

TUGAS AKHIR

**ANALISIS METODA PELAKSANAAN DINDING
DIAFRAGMA PADA DERMAGA**



Disusun Oleh :

ABDULRACHMAN MADJID SYAWAL

No.Mhs : 84 310 179

NIRM : 844330174

KHAIRI NASIHI

No.Mhs : 90 310 026

NIRM : 900051013114120024

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
1999**

TUGAS AKHIR

**ANALISIS METODA PELAKSANAAN DINDING
DIAFRAGMA PADA DERMAGA**

Diajukan kepada Universitas Islam Indonesia
untuk memenuhi persyaratan memperoleh
derajat Sarjana Teknik Sipil

Disusun Oleh

ABDULRACHMAN MADJID SYAWAL

No. Mhs : 84 310 179

NIRM: 844330174

KHAIRI NASIHI

No. Mhs : 90 310 026

NIRM: 900051013114120024

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
1999**

TUGAS AKHIR
ANALISIS METODA PELAKSANAAN DINDING
DIAFRAGMA PADA DERMAGA

ABDULRACHMAN MADJID SYAWAL

No.Mhs : 84 310 179

NIRM : 844330174

KHAIRI NASIHI

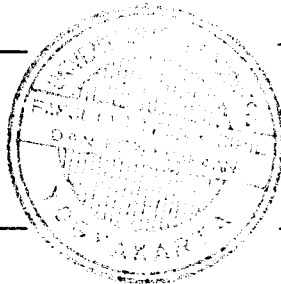
No.Mhs : 90 310 026

NIRM : 900051013114120024

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Ir. Susastrawan, MS
Dosen Pembimbing I

Ir. Faisol AM, MS
Dosen Pembimbing II



Susastrawan

Tanggal : 2 - 9 - 1999

Faisol AM

Tanggal : 2 - 9 - 1999

Motto :

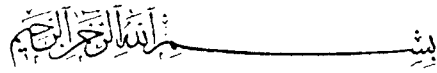
“Allah akan meninggikan orang-orang yang beriman diantaramu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat”
(**QS. Al Kahfi : 109**)

“Hai jema'ah jin dan manusia, jika kamu sanggup menembus (melintasi) penjuru langit dan bumi, maka lintasilah, kamu tidak dapat menembusnya melainkan dengan kekuatan”.
(**QS. Ar Rahman : 33**)

“...Katakanlah, “apakah sama orang-orang yang mengetahui dengan orang-orang yang tidak mengetahui?”. Sesungguhnya orang yang berakallah yang dapat menerima pelajaran.”
(**QS. Az Zumar : 9**)

*Tugas Akhir ini ku persembahkan kepada:
Wan Haji (alm), Mak Haji, Kakak dan Adikku
serta orang yang terdekat yang telah memberikan
segalanya dengan penuh perhatian*

KATA PENGANTAR



السلام عليكم ورحمة الله وبركاته

Puji dan syukur yang sedalam-dalamnya penyusun panjatkan ke hadirat Allah SWT, serta shalawat dan salam kepada junjungan kita nabi Muhammad SAW, karena atas segala kuasa, rahmat dan hidayahNya penyusunan Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik.

Tugas Akhir ini merupakan studi kasus dengan judul : *Analisis Metoda Pelaksanaan Dinding Diafragma Pada Dermaga* disusun dan diajukan sebagai salah satu bagian persyaratan guna memperoleh derajat Sarjana Teknik Sipil, pada Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini, penyusun banyak mendapat bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini kami menyampaikan penghargaan dan terima kasih yang setinggi-tingginya kepada :

1. Bapak Ir. Widodo, MSCE, Ph.D, sebagai Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
2. Bapak Ir. Tadjuddin BMA, MS, sebagai Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

3. Bapak Ir. Susastrawan, MS sebagai Dosen Pembimbing I yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan.
4. Bapak Ir. Faisol AM, MS, sebagai sebagai Dosen Pembimbing II yang juga telah memberikan bimbingan dan pengarahan.
5. Bapak Ir. Kadarman H, sebagai perencana dari LAPI ITB, Bandung.
6. Bapak Ir. Awal Surono, sebagai pengawas dari LAPI ITB, Bandung.
7. Bapak Ir. Amir Hasan, sebagai pihak pelaksana dari PT. Indopora Jakarta.
8. Kedua orang tua dan seluruh keluarga serta tambatan hati tercinta yang telah memberikan doa restu dan motivasi hingga selesainya Tugas Akhir kami.
9. Sahabat, teman dan semua pihak yang telah banyak memberikan dorongan dan bantuan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.

Semoga segala bimbingan, bantuan dan dorongan yang diberikan dapat merupakan amalan dan ibadah kepada Allah SWT, amin.

Pada akhirnya dengan segala hormat dan penghargaan bila berkenan memberikan kritik dan saran yang membangun.

والسلام عليكم ورحمة الله وبركاته

Yogyakarta, Agustus 1999

Hormat kami

Penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	v
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Pokok Masalah.....	3
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Manfaat.....	4
1.5 Batasan Masalah.....	4
1.6 Metodologi.....	4
BAB II LANDASAN TEORI	
2.1 Pengertian Dinding Diafragma.....	5
2.2 Fungsi Dinding Diafragma.....	5
2.3 Jenis Dinding Diafragma.....	6
2.4 Penggunaan.....	6
2.5 Keunggulan dan Kelemahan.....	7
2.5.1 Keunggulan.....	7
2.5.2 Kelemahan.....	7
2.6 Stabilitas Parit.....	8

2.6.1	<i>Guide wall</i>	8
2.6.2	<i>Slurry bentonite</i>	12
2.7.	Metode Pelaksanaan.....	18
2.7.1	Pekerjaan persiapan.....	18
2.7.2	Pembuatan <i>guide wall</i>	18
2.7.3	Pembuatan parit.....	19
2.7.4	Sistem penyambungan tiang bor dan panel.....	23
2.7.5	Pembetonan.....	26
2.8	Dinding Diafragma Pada Dermaga.....	29
BAB III METODA PELAKSANAAN DINDING DIAFRAGMA PADA		
DERMAGA		
3.1	Pekerjaan Persiapan.....	37
3.1.1	Peralatan.....	37
3.1.2	Perlengkapan <i>slurry</i>	39
3.1.3	Komposisi <i>slurry</i>	42
3.1.4	Sirkulasi <i>slurry bentonite</i>	42
3.1.5	Pembuatan sangkar tulangan.....	45
3.1.6	Pembuatan jalan kerja.....	47
3.1.7	Pembuatan sumur air kerja.....	47
3.1.8	Pembuatan gudang <i>spare part</i> dan bengkel kerja.....	47
3.2	Pembuatan <i>Guide Wall</i>	47
3.2.1	<i>Site clearing</i>	49

3.2.2	<i>Guide wall excavation</i>	49
3.2.3	<i>Fixing of steel bars</i>	50
3.2.4	<i>Fixing of form work</i>	50
3.2.5	<i>Concreting on curing</i>	50
3.2.6	<i>Form work dismanting</i>	50
3.3	Pembuatan Parit (<i>Trenching</i>).....	51
3.4	Pemasangan <i>Stop End</i>	53
3.5	Pengecekan <i>Verticality</i> Lubang Galian.....	55
3.6	Pemasangan Sangkar Tulangan.....	57
3.7	Pengecoran Beton.....	61
BAB IV ANALISIS METODA PELAKSANAAN DINDING DIAFRAGMA		
4.1	Pembuatan <i>Guide Wall</i>	67
4.1.1	Perencanaan struktur <i>guide wall</i>	67
4.1.2	Pelaksanaan <i>guide wall</i>	75
4.2	Pembuatan Parit.....	86
BAB V PEMBAHASAN		
5.1	Stabilitas Parit.....	99
5.2	Dinding Diafragma.....	105
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN		
6.1	Kesimpulan.....	111
6.2	Saran.....	112
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN		

ABSTRAKSI

Era globalisasi yang ditandai dengan semakin meningkatnya kerja sama regional maupun internasional membawa konsekuensi persaingan pasar bebas semakin tajam. Kebutuhan dermaga sebagai salah satu sarana pendukung utama kelancaran arus lalu lintas barang, terasa cukup pesat peningkatannya sehingga dalam pengembangan dermaga dibutuhkan teknologi yang efisien dan efektif dalam pembangunan dermaga tersebut. Dinding diafragma (*diaphragm walls*) sudah lama diterapkan di benua Amerikan dan Eropa serta Asia untuk bangunan *basement*, *subway*, *underpass*, bendungan dan sebagainya. Untuk pertama kali di Asia Tenggara, Indonesia menerapkannya pada proyek dermaga yaitu pada dermaga peti kemas Tanjung Priok Jakarta. Ini merupakan hal yang menarik untuk dipelajari, karena dinding diafragma di Indonesia penerapannya baru hanya pada bangunan gedung sebagai dinding *basement*.

Dinding diafragma (*diaphragm walls*) merupakan suatu konstruksi beton bertulang yang dibangun dengan cara *slurry trenching*, yaitu selama pembuatan dinding diafragma mulai penggalian parit sampai dengan pembetonan digunakan *slurry bentonite* sebagai stabilisator dinding galian. Proyek dermaga peti kemas Tanjung Priok Jakarta ini terletak di daerah Koja Kanal Utara digunakan dinding diafragma dengan kedalaman -34 m. dan tebalnya 1,40 m dibangun sepanjang 262,5m difungsikan sebagai dinding penahan tanah dan pemikul beban berat *gantry crane*. Sistem angkur digantikan dengan sistem plat dan balok beton bertulang yang ditopang oleh tiang-tiang pancang dan tiang *barrete*. Keistimewaan proyek dermaga ini adalah keseluruhan kegiatan konstruksi dilaksanakan di darat.

Adapun analisis yang digunakan adalah deskriptif, komparasi dan analisis pelaksanaan struktur, terutama pada tinjauan keamanan metoda pelaksanaan, dimana *guide wall* (dinding pengarah) harus diperhitungkan sedemikian rupa sehingga dapat menahan beban-beban yang bekerja pada permukaan tanah serta pengaturan jarak aman alat gali terhadap parit. Dan diambil dermaga tiang pancang sebagai bahan komparasi dinding diafragma.

Dinding diafragma ternyata merupakan suatu struktur beton tulang yang multi fungsi serta lebih murah, cepat dan mudah dalam pelaksanaannya.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Memasuki Milenium ketiga tahun 2000-an mendatang, yang ditandai dengan era globalisasi, berbagai tantangan dan peluang yang dihadapi Indonesia semakin kompetitif. Kerjasama Regional dan Internasional membawa konsekuensi persaingan bebas yang semakin tajam, khususnya permintaan barang dan jasa.

Transportasi laut sebagai salah satu pendukung utama kelancaran arus lalu lintas barang antar pulau, export dan import, merupakan unsur penting dalam meningkatkan roda perekonomian Indonesia, sehingga diperlukan sarana dan prasarana pendukung, seperti pelabuhan dimana dermaga sebagai pendukung utama fungsi dari pelabuhan itu sendiri.

Seiring dengan kemajuan dibidang teknik sipil, serta semakin meningkatnya arus bongkar muat barang, yang berarti kebutuhan sarana bongkar muat barang yaitu dermaga semakin mendesak. Hal ini merupakan tantangan bagi para rekayasawan pada proyek dermaga untuk memilih teknologi dan metode konstruksi yang lebih efektif dan efisien dalam pelaksanaannya .

Sementara itu muncul harapan bahwa teknik-teknik yang sudah dikenal luas sebagaimana diterapkan dalam industri manufaktur dapat

dipakai untuk memperbaiki produktifitas tenaga kerja di lapangan. Keadaan tersebut membawa langsung kepada pilihan sistem pra-pabrikasi dan industrialisasi bangunan, dan tidak meragukan lagi bahwa kecenderungan tersebut dipercepat jika produktifitas tenaga kerja memang bisa diperbaiki.

Beberapa prestasi telah membuktikan bahwa metode yang berdasarkan pada konsep industrialisasi dalam konstruksi bangunan besar ternyata memang banyak mengimbangi kecenderungan kenaikan biaya yang disebabkan produktifitas rendah dari tenaga kerja lapangan. Sebagai contoh adalah penggunaan derek menara (*tower crane*) dan derek panjat (*climbing crane*). Peralatan tersebut telah membuat revolusi dalam metode konstruksi. Kenyataan tersebut merupakan awal pengaruh bagi perencana dalam mengembangkan pendekatannya untuk memanfaatkan sebaik-baiknya alat tersebut. Tidak saja manfaat keleluasaan yang lebih longgar dalam pemikiran tradisional, akan tetapi lebih utama adalah merangsang gagasan dan inovasi baru dalam merencanakan sistem bangunan, baik yang berkaitan dengan segi struktural maupun arsitekturalnya. Inovasi gagasan cemerlang dari kebanyakan perencana yang berhasil justru berangkat dari penguasaan atas pengetahuan dan penemuan teknologi mutakhir, berlandaskan semangat untuk memenuhi kebutuhan dan memecahkan permasalahan nyata. Jangan sampai terjadi sebaliknya, dimana pihak perencana menuangkan gagasan akan tetapi sembari menebar bahkan menambah

ketidak pastian karena tidak tahu bagaimana cara untuk melaksanakannya.

Sementara inovasi teknologi dan metode pelaksanaan melalui penemuan peralatan baru berkembang secara cepat, dikenalkan pula berbagai macam sistem konstruksi baru. Sistem *diaphragm wall* sudah biasa digunakan pada proyek-proyek bangunan gedung sebagai konstruksi basement, dan untuk pertama kalinya di Indonesia bahkan di Asia Tenggara sistem konstruksi ini diterapkan pada proyek pelabuhan, yaitu pada Proyek Dermaga Peti Kemas Koja Kanal II Utara, Tanjung Priok, Jakarta.

1.2 Pokok Masalah

Pokok masalah dalam Tugas Akhir ini adalah bagaimana penerapan metoda pelaksanaan sistem dinding diafragma pada dermaga.

1.3 Tujuan

Melakukan analisis metoda pelaksanaan sistem dinding diafragma pada dermaga.

1.4 Manfaat

Diharapkan dengan adanya penulisan ini, akan memberikan gambaran menyeluruh mengenai metoda pelaksanaan dinding diafragma pada dermaga.

1.5 Batasan Masalah

Pada penulisan ini dibatasi hanya pada hal-hal sebagai berikut:

1. pelaksanaan struktur dinding diafragma pada Dermaga Peti Kemas Koja Kanal II Utara, Tanjung Priok, Jakarta
2. anchorage system serta lantai dermaga pada penulisan ini tidak di bahas
3. mutu beton yang dipakai adalah K.300
4. bentonite yang dipakai adalah Bentonil GTC - 4 buatan Perancis dan bahan additive yang dipakai adalah Sodium bicarbonate dan GSTP
5. kedalaman dinding diafragma 34.00 m.

1.6 Metodologi

Metode yang dipakai dalam menyelesaikan penulisan Tugas Akhir ini, secara garis besar adalah sebagai berikut :

1. pengumpulan data diperoleh melalui :
 - a) observasi dan wawancara langsung dengan responden Konsultan perencana dan pengawas
 - b) foto dan slide
 - c) arsip
2. analisis yang digunakan adalah deskriptif, komparasi dan analisis pelaksanaan struktur.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Pengertian Dinding Diafragma

Dinding diafragma atau *slurry wall* (istilah yang dipakai di Amerika) adalah suatu konstruksi dinding beton bertulang yang dibuat dengan cara *slurry trenching* yaitu mengisikan beton pada galian *trench* (parit) yang sudah dibuat lebih dahulu dan diisi dengan *slurry bentonite* sebagai stabilisator dinding galian, kemudian diisi dengan beton setelah sangkar tulangan dipasang (Awal Surono , 1997).

2.2 Fungsi Dinding Diafragma

Fungsi dinding diafragma dapat dibagi atas :

1. *cut of wall*

sebagai penutup lapisan-lapisan pembawa air (*water proofing structure*) pada konstruksi bawah tanah

2. *retaining wall*

sebagai pemikul tekanan tanah dan tekanan hidrostatik yang besar.

3. *load bearing wall*

sebagai suatu struktur yang dapat memikul beban vertikal yang besar. Pada proyek dermaga ini digunakan sebagai fondasi *crane rail*.

2.3 Jenis Dinding Diafragma

Melihat dari penggunaan *slurry* (lumpur) serta metoda pelaksanaannya, maka dinding diafragma dapat dibedakan atas dua macam sistem.

1. *The continuous bored pile wall*

terdiri dari tiang-tiang bor yang disusun secara berhimpit beruntun dan membentuk suatu dinding.

2. *The mud filled bore hole*

terdiri dari panel-panel yang disambung menjadi satu membentuk suatu dinding.

2.4 Penggunaan

Sejak tahun 1959 bendungan *Santa Maria* di Dolomites Italia dibangun dengan sistem dinding diafragma, kemudian perkembangannya semakin banyak menggunakan sistem ini di berbagai proyek di negara-negara Eropa lainnya, Amerika Serikat, sampai negara Asia seperti Jepang, Hongkong, Taipei dan Indonesia. Mulai dari bangunan bawah tanah (*basement, sub-way, under pass*), bendungan, dam sampai pada dermaga. Dengan begitu banyaknya contoh penggunaan sistem ini, membuat kita berpikir apa sebenarnya kelebihan dari sistem atau metode ini.

2.5 Keunggulan dan Kelemahan

2.5.1 Keunggulan

Dinding diafragma mempunyai beberapa keunggulan antara lain:

1. secara teori dapat dilaksanakan dalam berbagai macam jenis tanah dan berbagai kedalaman, tanpa memperhatikan air tanah. Kedalaman praktis dibatasi hanya oleh kemampuan mesin saja
2. suatu dinding diafragma dimungkinkan dapat memenuhi tugas dari *sheeting* (lembar dinding penahan), *water proofing* (kedap air), *load bearing* (pemikul beban). Sejak tugas-tugas ini dapat dipikul hanya oleh satu jenis struktur yaitu dinding diafragma dalam satu operasi pelaksanaan, berarti penghematan waktu dan uang
3. setiap fase pelaksanaan dilaksanakan dengan mekanisasi, sehingga upah buruh minimal dan produktifitas tinggi
4. dibandingkan dengan pemancangan *sheet pile* yang menggunakan *hammer* pengendali, maka sistem dinding diafragma tidak menimbulkan getaran dan tidak berisik
5. dalam lingkungan yang telah padat dengan bangunan, serta jarak yang terbatas antar bangunan, sistem dinding diafragma adalah solusi yang tepat.

2.5.2 Kelemahan

Sebagaimana umumnya setiap metode konstruksi, disamping keunggulan yang ada tentunya dinding diafragma ini juga mempunyai beberapa kelemahan, diantaranya :

1. mutu permukaan dinding tidak halus
2. mengatasi polusi yang disebabkan *slurry* (lumpur) terhadap lingkungan sekitar proyek, sehingga perlu usaha-usaha pencegahan khusus
3. dinding diafragma dapat dibuat setelah kesiapan kerja pada kasus-kasus berikut :
 - a) dalam air
 - b) dalam pemadatan tanah urugan
 - c) tidak diketahui keberadaan gudang bawah tanah, gua-gua, utilitas dan pipa saluran (air, minyak, gas)
 - d) dekat dengan bangunan gedung atau jika pipa saluran gua dan bangunan lama bawah tanah, tidak diketahui keberadaannya.

2.6 Stabilitas Parit

Faktor-faktor yang sangat mempengaruhi kestabilan dinding parit dari kelongsoran adalah sebagai berikut;

2.6.1 Guide wall

Guide wall adalah suatu konstruksi beton bertulang yang bersifat sementara, dibangun sejajar dengan permukaan parit. Adapun fungsi dari *guide wall* ini adalah sebagai berikut :

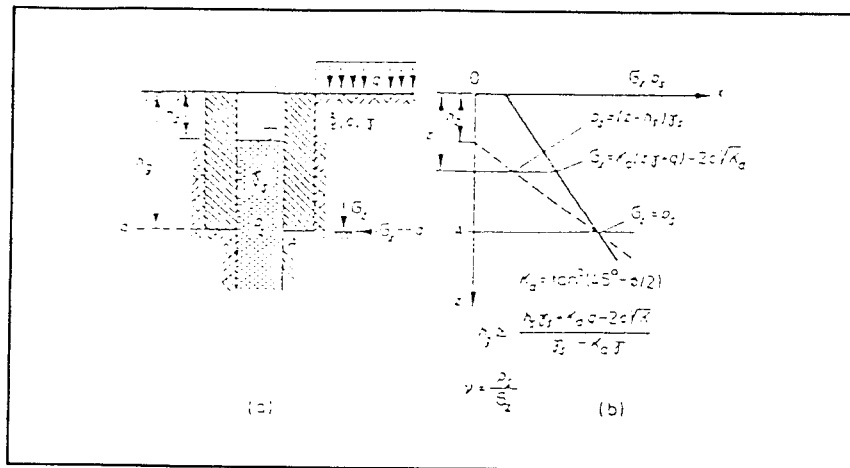
1. melindungi sisi atas panel dari kerusakan akibat alat gali

2. mencegah dan mengurangi pergerakan horizontal lapisan tanah permukaan pada saat penggalian
3. mencegah keruntuhan pada lapisan tanah permukaan
4. bilamana perlu dapat dibuat lebih tinggi dari permukaan tanah asli.
Dengan demikian tekanan pada dinding dapat lebih besar dan dinding dapat lebih stabil
5. sebagai saluran pengantar *slurry* kedalam dan keluar parit.

Agar *guide wall* dapat berfungsi dengan baik, harus memenuhi kriteria di bawah ini :

1. permukaan *guide wall* harus datar dan rata, sehingga dapat dipasang rel untuk landasan kerja alat gali
2. konstruksinya harus benar-benar vertikal
3. garis tengah *guide wall* harus segaris dengan dinding diafragma
4. jarak bersih antara *guide wall*, lebih besar 5 cm dari lebar dinding diafragma
5. penopang dari timber perlu dipasang untuk menghindari pergerakan atau keruntuhan dari *guide wall*
6. dipasang tulangan baja
7. desain berdasarkan beban yang akan bekerja di atasnya.

Rumus-rumus yang dipakai untuk memperhitungkan kesetimbangan lobang sekitar *guide wall* :



Gambar 2.1 Kesetimbangan parit pada dasar *guide wall*
(oleh I. Hajnal dkk., *Construction of Diaphragm Walls* 1984)

Dari gambar 2.1 didapat persamaan sebagai berikut :

a) tegangan horizontal

$$\sigma_x = K_a (h_g \cdot \gamma + q) - 2 c \cdot \sqrt{K_a} \quad (2.1)$$

b) tekanan slurry

$$(2.2)$$

$$P_s = (h_g - h_s) \gamma_s$$

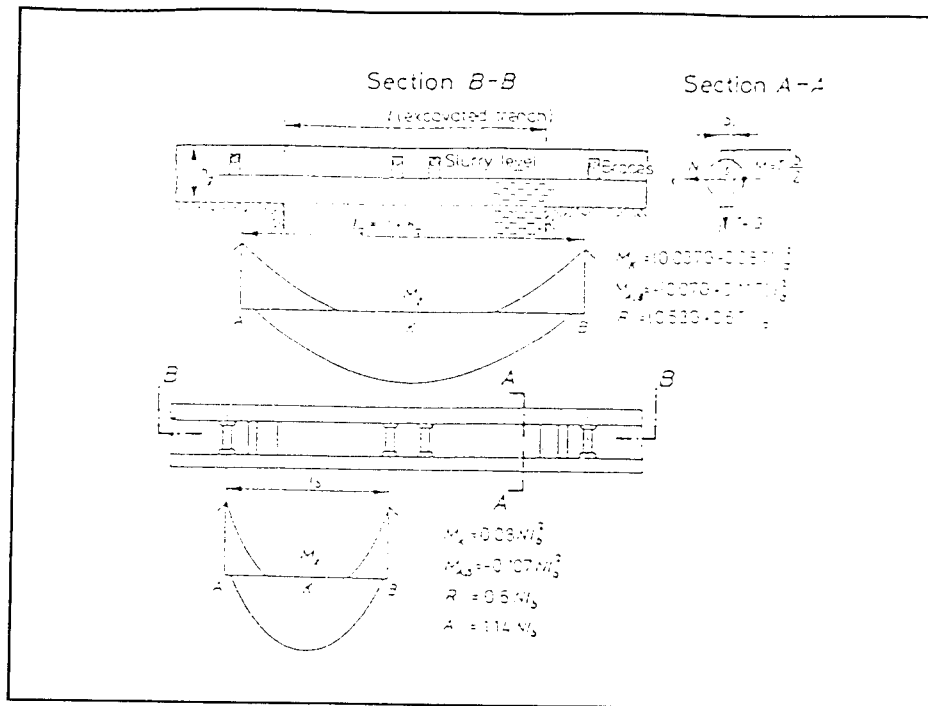
c) tinggi *guide wall*

$$h_g > \frac{h_s \cdot \gamma_s + K_a \cdot q - 2 c \cdot \sqrt{K_a}}{\gamma_s - K_a \cdot \gamma} \quad (2.3)$$

d) faktor Keamanan

$$V = P_s / \sigma \quad (2.4)$$

Tegangan pada *guide wall* dapat dihitung seperti yang diperlihatkan pada gambar 2.2 dibawah ini:



Gambar 2.2 Tegangan-tegangan pada *guide wall*
(oleh I. Hajnal dkk., *Construction of Diaphragm Walls* 1984)

e) beban vertikal

$$M_z = (0.037 G + 0.08 T) l a^2 \quad (2.5)$$

$$M_{AB} = -(0.07 G + 0.11 T) l a^2 \quad (2.6)$$

$$R = (0.053 G + 0.6) l a \quad (2.7)$$

f) beban horizontal

$$M_x = 0.08 N l b^2 \quad (2.8)$$

$$M_{AB} = -0.107 N l b^2 \quad (2.9)$$

$$R = 0.6 N l b \quad (2.10)$$

g) momen torsi

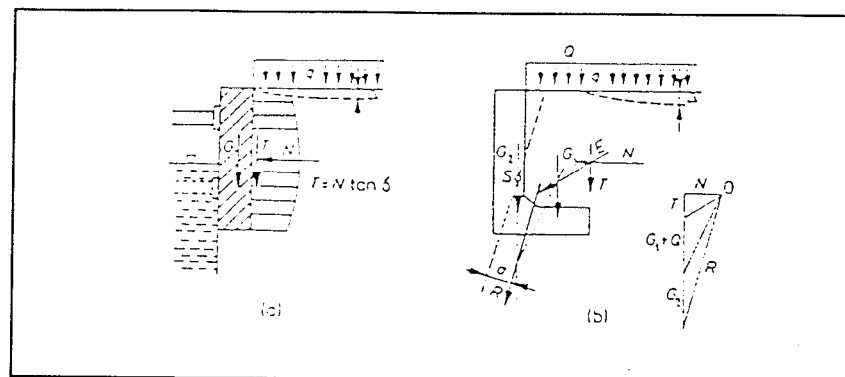
$$M = T.b/2 \quad (2.11)$$

dimana :

G = beban mati guide wall

b = tebal guide wall

T dan N = komponen tekanan tanah seperti yang terlihat pada gambar 2.3



Gambar 2.3 Gaya-gaya yang bekerja pada *guide wall*
(oleh I. Hajnal dkk., *Construction of Diaphragm Walls* 1984)

2.6.2 Slurry bentonite

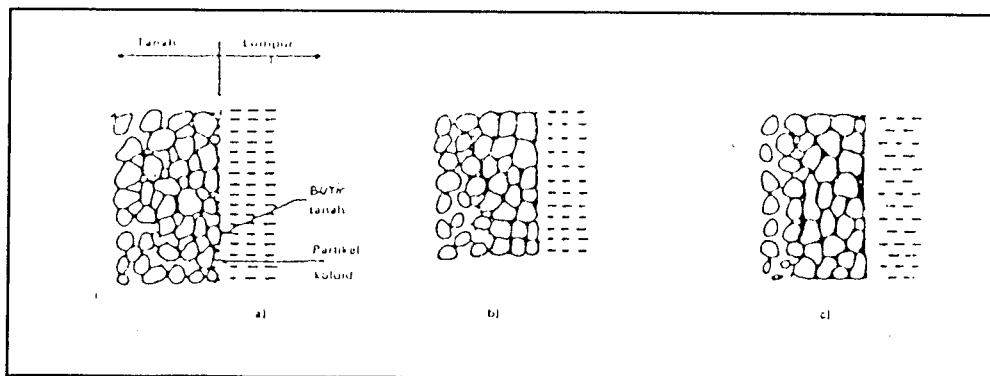
Slurry bentonite atau lumpur *bentonite* merupakan bahan yang digunakan pada pembuatan dinding diafragma, yang sifatnya untuk menjaga dinding galian agar tetap stabil, karena adanya tekanan hidrostatik dari *slurry*.

Stabilitas parit akan terjadi lebih efisien dan efektif, mengingat hal-hal sebagai berikut :

1. lumpur *bentonite* mempunyai berat jenis yang lebih besar daripada air (1.05 --- 1.10), sehingga memberi tekanan yang lebih besar kepada

dinding parit dan karenanya memberi efek pemantapan yang lebih besar

2. larutan *slurry bentonite* secara perlahan-lahan merembes ke dalam pori-pori tanah sambil mengendapkan partikel-partikel koloid di dalamnya, disusul dengan terbentuknya suatu lapisan lempung tipis pada permukaan dinding, lapisan lempung permukaan ini sangat kedap air, sehingga tekanan dari *slurry* dapat bekerja penuh pada permukaan dinding parit, yang akan menghasilkan efek pemantapan dinding yang maksimal dan lapisan yang terpenetrasi oleh partikel-partikel koloid ini sering disebut *bentonite cake* atau tahu lumpur (lihat gambar 2.4)



Gambar 2.4. Pembentukan tahu lumpur:(a) pengendapan partikel koloid didalam pori tanah (b) agar-agar(gel) membentuk tahu lumpur (c) pembentukan lapisan permukaan yang kedap air (Oleh Prof. Wiratman Wangsadinata , Konstruksi 1990)

3. karena *slurry bentonite* mempunyai berat jenis dan kekentalan yang lebih tinggi dari air maka selama proses pengeboran/penggalian, hasil galian (*cutting*) dapat dipertahankan dalam larutan dan terbawa dengan mudah dalam sirkulasi *slurry bentonite*

4. pada dinding parit terbentuk lapisan permukaan yang sangat kedap air, maka *slurry bentonite* tidak kehilangan kadar airnya dengan cepat.

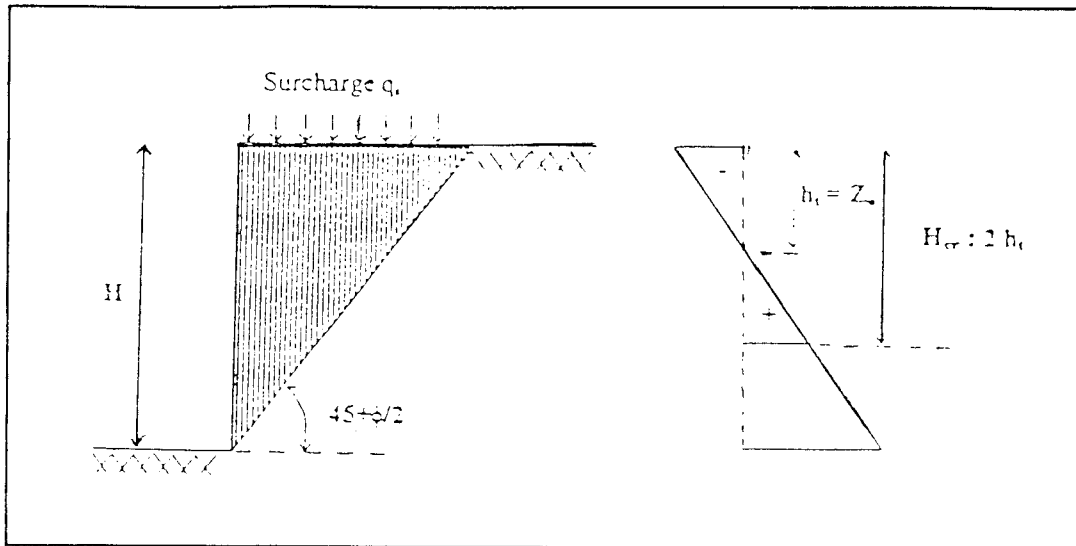
Keunggulan *slurry bentonite* terhadap air dalam memantapkan dinding parit, terletak pada sifat *thixotropy* dari *slurry bentonite*, yaitu:

1. *lubricity* (bersifat seperti pelumas)
2. *thickerring* (bersifat menebal)
3. *gelling* (bersifat seperti agar-agar/semisolid)
4. *plastring/sealing ability* (bersifat dapat melapis)

dengan kata lain bahwa *slurry bentonite* mempunyai sifat dapat menjadi cair apabila diaduk-aduk dan kembali menjadi agar-agar (*gel*) apabila didiamkan *gel* yang kedap air inilah yang terbentuk didalam pori-pori tanah membentuk tahu lumpur.

Supaya tekanan *slurry bentonite* pada dinding parit tersebut cukup efektif, pada umumnya permukaan-permukaan lumpur didalam parit harus berada paling sedikit 1.00 meter di atas permukaan air tanah.

Secara teoritis dapat dijelaskan peranan *slurry bentonite* dalam menahan terjadinya kelongsoran pada dinding galian seperti di bawah ini



Gambar 2.5 Diagram tegangan tanah horisontal

Z_o : kedalaman dimana tegangan horisontal = 0

K_a : *lateral active earth pressure coefficient* : $\tan^2 (45 - \phi/2)$

γ : berat jenis tanah

H_{cr} : tinggi galian maksimum yang masih stabil SF : 1

ϕ : sudut geser tanah

q_s : beban luar

Tegangan sama dengan nol akan terjadi pada kedalaman h_t

Besarnya h_t dihitung sebagai berikut:

$$\sigma_3 = (q_s + \gamma h_t)K_a - 2c\sqrt{K_a} = 0$$

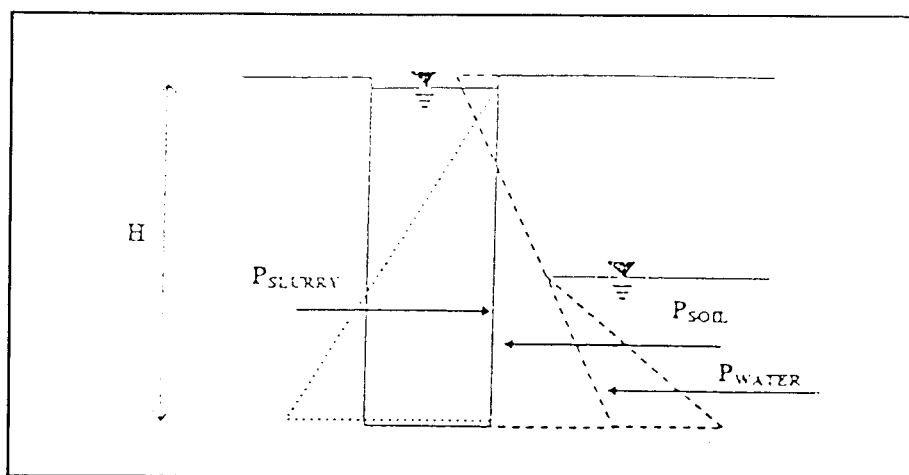
$$h_t = \frac{2c\sqrt{K_a}}{\gamma.K_a} - \frac{q_s - K_a}{\gamma.K_a} \quad (2.12)$$

$$\text{Apabila tidak ada beban luar maka } h_t = \frac{2c\sqrt{K_a}}{\gamma.K_a} \Rightarrow h_t = \frac{2c}{\gamma\sqrt{K_a}} \quad (2.13)$$

Apabila tanah adalah clay, maka ϕ (sudut geser) dapat dianggap : 0

$$\text{jadi } h_t = \frac{2c}{\gamma} \quad (2.14)$$

Dengan menambahkan *slurry bentonite* pada lubang galian akan terjadi lapisan *filter* pada dinding galian yang akan menghambat larinya *slurry* keluar dari lubang galian. Tekanan tanah aktif dan tekanan air tanah akan diimbangi oleh tekanan hidrostatik dari *slurry* sehingga posisi tegangan : 0 berada lebih dalam atau kedalaman galian kritis h_t lebih besar.



Gambar 2.6a Diagram tegangan *slurry* akibat air tanah

$$P_{slurry} = 1/2 \gamma_{slurry} H^2 \quad (2.15)$$

$$P_{soil} = 1/2 (\gamma_{soil} - \gamma_{water}) K_a H^2 - 2c\sqrt{K_a} H \quad (2.16)$$

$$P_{water} = 1/2 \gamma_{water} H^2 w \quad (2.17)$$

Posisi tegangan didapat dari persamaan tekanan di bawah ini :

$$P_{slurry} \geq P_{soil} + P_{water} \quad (2.18)$$

Dari persamaan diatas akan didapat besarnya H sebagai fungsi dari (γ_{slurry} , γ_{water} , γ_{soil} dan kohesi c merupakan besaran konstanta)

Besarnya H yang menunjukkan kedalaman galian dapat diatur sedemikian rupa disesuaikan dengan kondisi tanah setempat dengan jalan mengatur

jumlah *bentonite* yang digunakan sesuai dengan besarnya γ_{slurry} yang diinginkan agar didapat galian yang stabil terhadap kelongsoran.

Kelongsoran pada dinding dapat diakibatkan oleh tekanan tanah lateral dengan adanya tambahan beban. Tekanan tanah lateral pada dinding dengan tambahan beban berdasarkan teori elastisitas Boussinesq dimana dengan adanya beban titik atau terpusat P adalah sebagai berikut;

Dianggap bilangan Poisson $\nu = 0.50$

$$\Delta p_x = \sigma_x = \frac{P}{2\pi} \left(\frac{3x^2 \cdot z}{L^2} \right) \quad (2.19)$$

dalam hal ini $L = \sqrt{x^2 + z^2}$

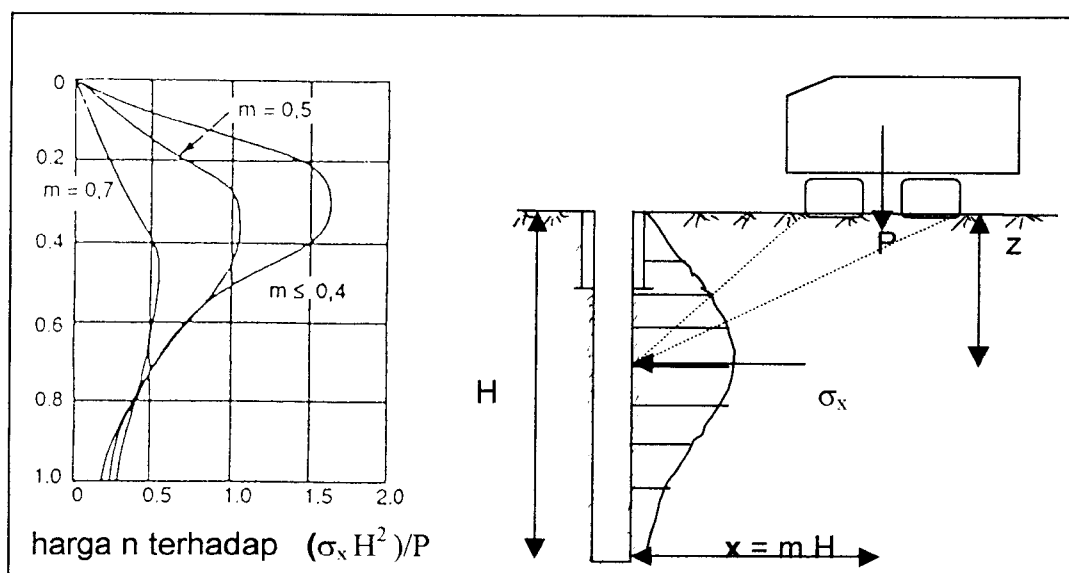
substitusi $x = mH$ dan $z = nH$ ke dalam persamaan (2.19) sehingga :

$$\sigma_x = \frac{3P}{2\pi \cdot H^2} \cdot \frac{m^2 \cdot n}{(m^2 + n^2)^{3/2}} \quad (2.20)$$

berdasarkan eksperimen oleh Gerber (1929) dan Spangler (1938), persamaan (2.20) telah diubah sesuai dengan kenyataan sebagai berikut :

Rumus 1 (R_1) untuk $m > 0.40$

$$\sigma_x = \frac{1.77 P}{H^2} \cdot \frac{m^2 \cdot n^2}{(m^2 + n^2)^3} \quad (2.21)$$



Gambar 2.26b Tekanan lateral karena beban titik

Rumus 2 (R_2) untuk $m \leq 0.40$

$$\sigma_x = \frac{0.28 P}{H^2} \cdot \frac{n^2}{(0.16^2 + n^2)^3} \quad (2.22)$$

2.7 Metoda Pelaksanaan

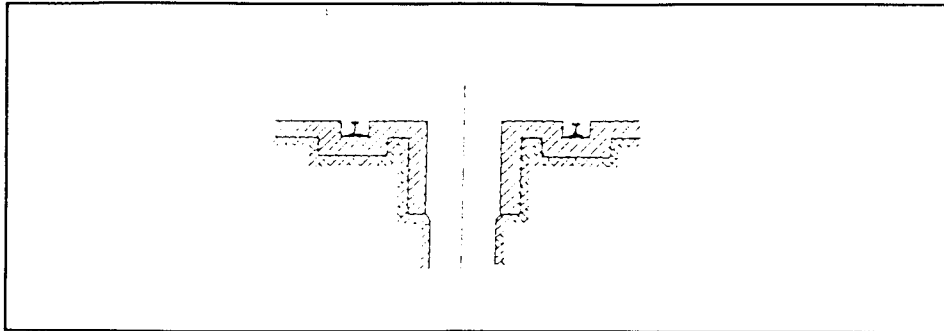
2.7.1 Pekerjaan Persiapan

Sebelum dilakukan pembuatan dinding diafragma perlu dilakukan pekerjaan-pekerjaan persiapan untuk kelancaran pekerjaan dan untuk menjaga mutu *slurry bentonite*. Pekerjaan persiapan yang tersebut diatas adalah :

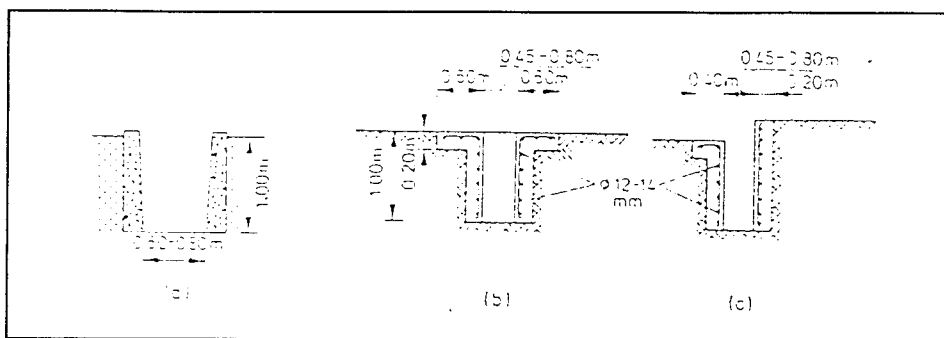
1. pembuatan laboratorium *bentonite* dilapangan
2. pembuatan jalan kerja atau *concrete platform* untuk landasan *crawler crane*, *concrete mixer truck*, dan *dump truck* pengangkut tanah galian
3. pembuatan gudang *spareparts* dan bengkel kerja
4. pembuatan sumur untuk penyediaan air kerja
5. penyimpanan pembersian serta pembuatan sangkar tulangan (*reinforcement cage*)
6. pembuatan instalasi pencampuran (*mixing*) dan *desanding/recycling slurry bentonite*

2.7.2 Pembuatan *guide wall*

Ada beberapa tipe *guide wall*, yang dapat dipilih, tergantung kebutuhan situasi proyek atau metoda yang dipakai.



Gambar 2.7 *Guide wall* dengan rel
(oleh I. Hajnal dkk., *Construction of Diaphragm Walls* 1984)



Gambar 2.8 Variasi tipe *guide wall*
(oleh I. Hajnal dkk., *Construction of Diaphragm Walls*, 1984)

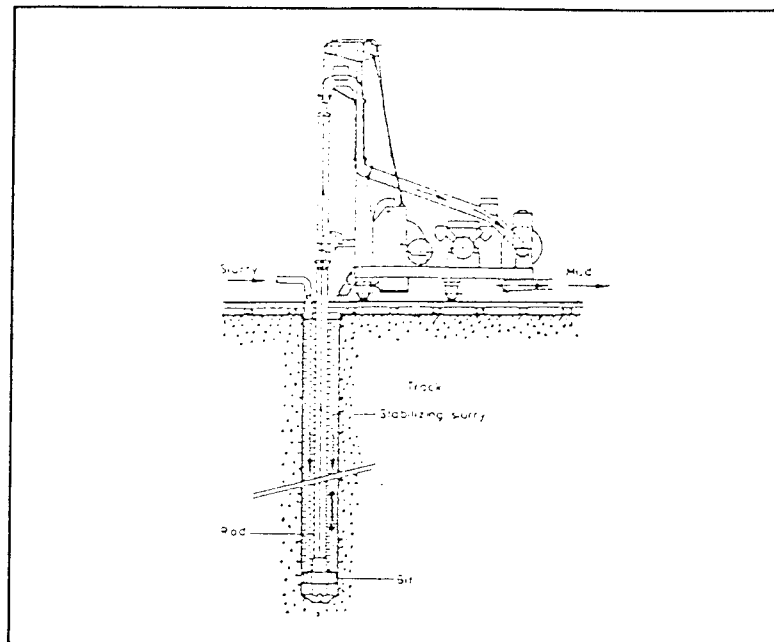
Pada gambar 2.7 diperlihatkan *guide wall* yang dilengkapi rel, yang digunakan untuk mesin *trenching* selama pelaksanaan penggalian. Sedang pada gambar 2.8 adalah beberapa tipe *guide wall*.

2.7.3 Pembuatan parit (*trenching*)

Dalam pembuatan parit dikenal beberapa metoda yang dipakai sebagai berikut;

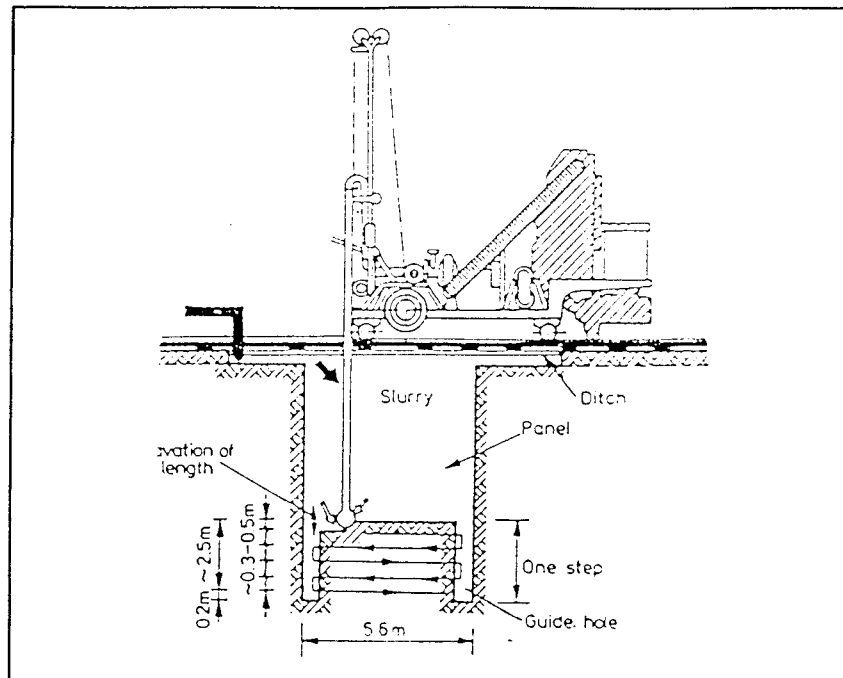
1. *trenching* dengan *drill*

digunakan untuk pembuatan tiang bor beruntun(*continuous bore pile*) juga untuk pembuatan panel-panel dinding diafragma. Untuk pembuatan dinding tiang bor beruntun, *drill* bekerja secara vertikal.



Gambar 2. 9 Pengeboran untuk tiang bor beruntun
(The Radio Company)

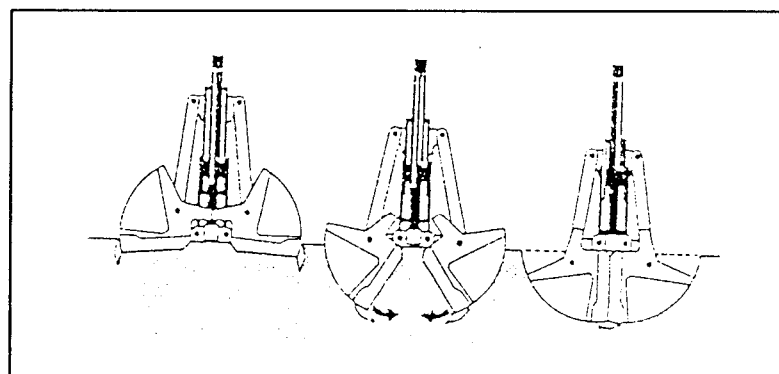
Sedangkan pada pembuatan panel-panel dinding diafragma, metoda kerjanya *drill* adalah pertama membuat lobang di kedua ujung panel sampai ke dasar parit (Gambar 2.10) sesuai rencana kedalaman yang diinginkan, kemudian alat *drill* ini akan memotong tanah yang ada diantara kedua lobang tersebut sampai ke dasar parit.



Gambar 2.10 Pembuatan panel dengan alat *drill* (the CIS-Type Equipment)

2. *trenching* dengan *grab*

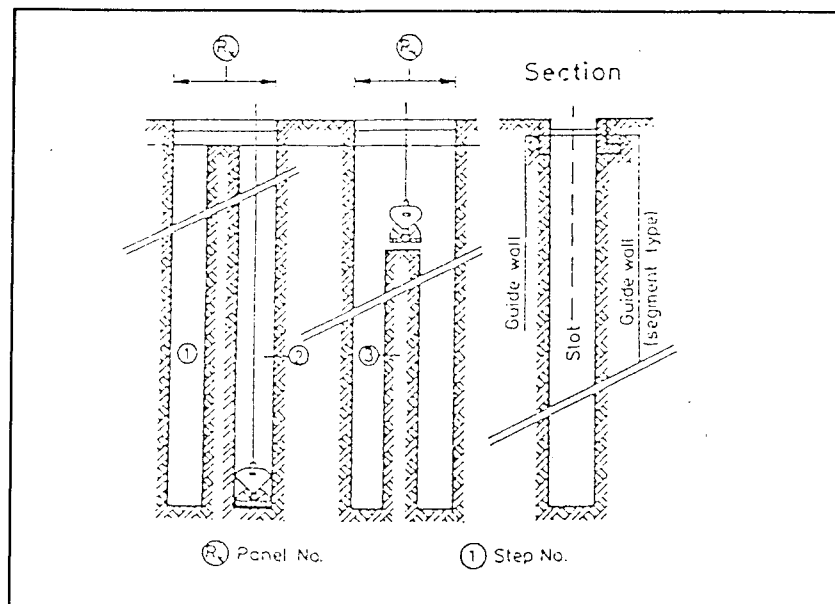
dimana *grab* adalah sebuah *bucket* yang pada ujung-ujungnya terdapat gigi-gigi, yang digerakkan secara mekanik atau hidrolis



Gambar 2.11 Cara kerja *grab* (P.Xanthakos)

Penggalian parit dengan *grab* harus mengikuti langkah-langkah berikut; pertama adalah menggali pada salah satu sisi panel (1),

kemudian dilanjutkan pada sisi satunya (2), dan terakhir penggalian di tengah-tengah panel, seperti yang terlukis pada sketsa gambar 2.12

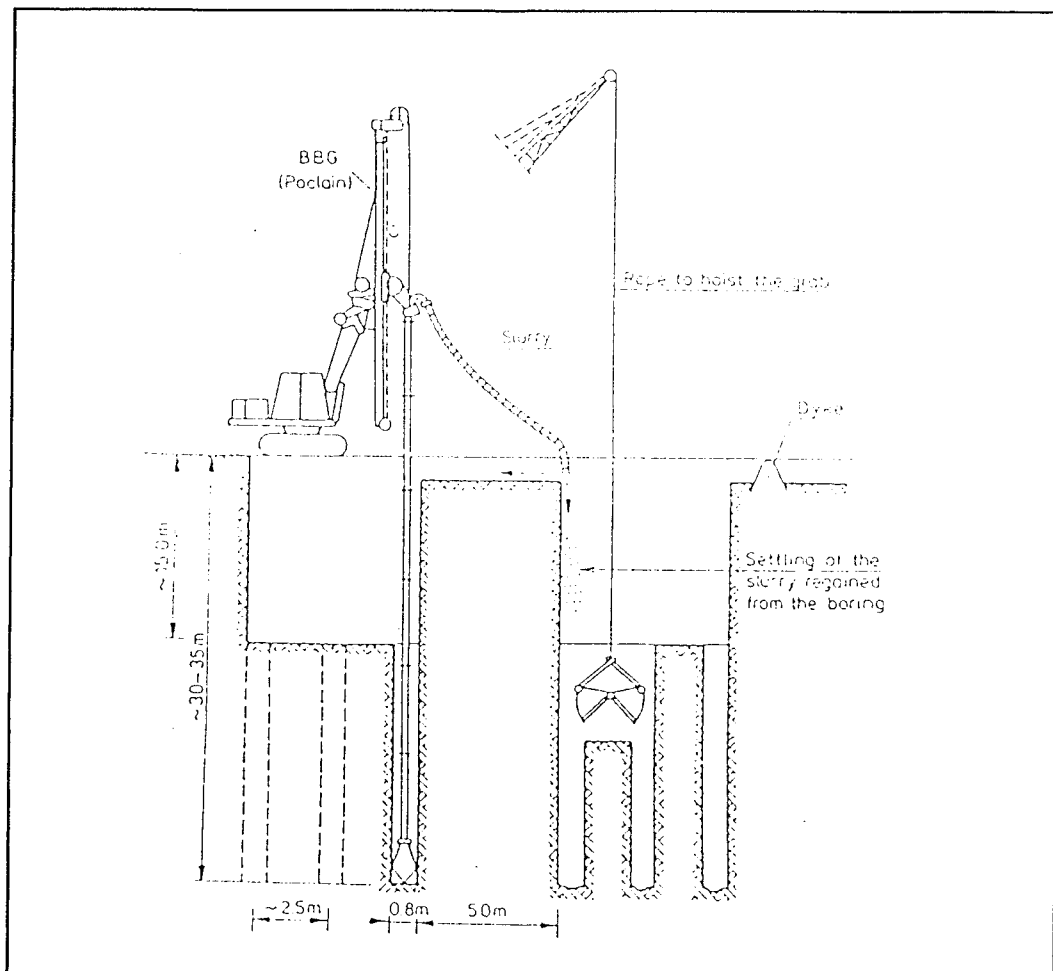


Gambar 2.12 Pembuatan panel dengan grab
(oleh I. Hajnal dkk, *Construction of Diaphragm Walls* 1984)

3. *trenching* dengan metoda kombinasi

yaitu memakai *grab* dan *drill* sekaligus dalam pembuatan parit

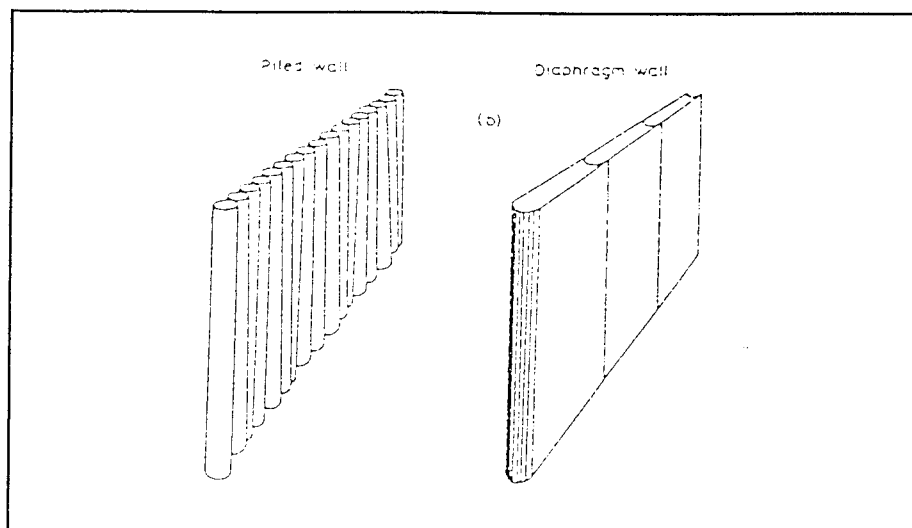
Gambar 2.13 (Schulz, 1968)



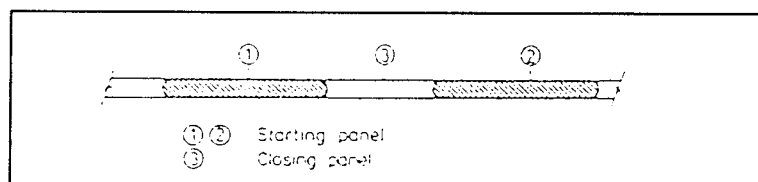
Gambar 2. 13 Metoda kombinasi *grab* dan *drill*

2.7.4 Sistem penyambungan tiang bor dan panel

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya bahwa pembuatan dinding diafragma adalah dengan menyambung panel-panel, (gambar 2.14b) dan pembuatan panel (penggalian *trench* dan pengecoran) tidak dilakukan pada panel yang berurutan, tapi dilakukan “dengan antara” (gambar 15),

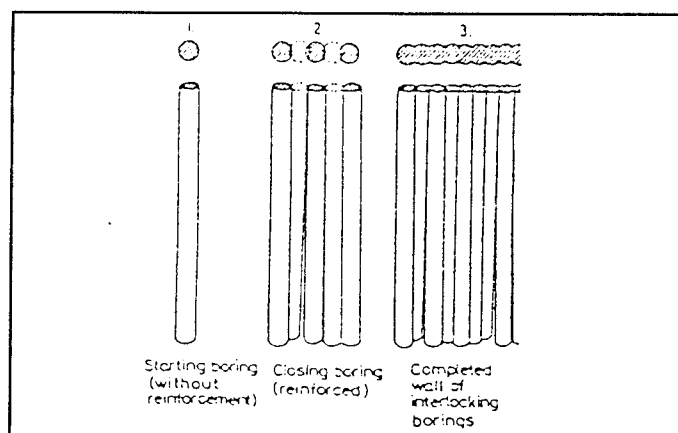


Gambar 2.14 (a) Dinding tiang bor beruntun.
 (b) Dinding diafragma
 (oleh I. Hajnal dkk, *Construction of Diaphragm Walls* 1984)



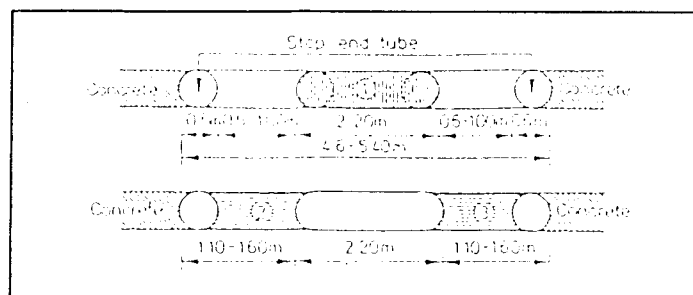
Gambar 2.15 Metoda pembuatan parit
 (oleh I. Hajnal dkk, *Construction of Diaphragm Walls* 1984)

Ditutup dengan panel penutup antara. Demikian juga dengan tiang bor beruntun Gambar 2.14 a) , pembuatan dinding tiang bor “dengan antara” tiang bor (gambar 2.16).



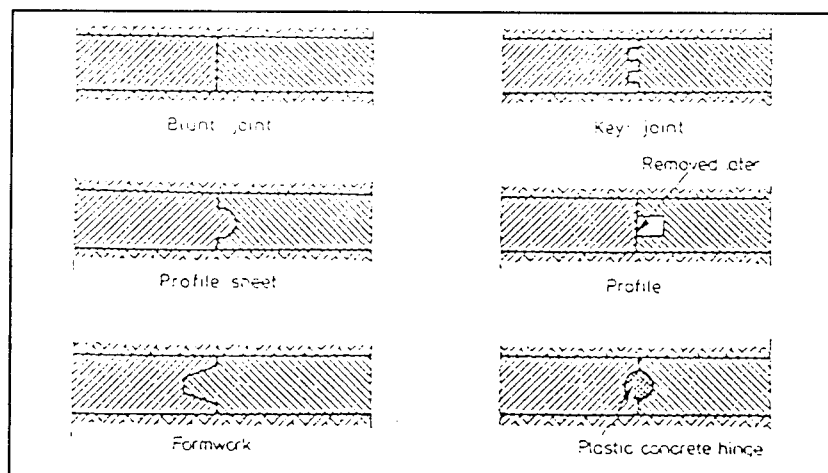
Gambar 2.16 Penyambungan tiang bor
 (oleh I. Hajnal dkk, *Construction of Diaphragm Walls* 1984)

Perlu dijelaskan disini bahwa untuk pembuatan sebuah panel diperlukan *stop-end* yang dipasang ke dalam parit secara vertikal pada kedua sisi daripada panel (gambar 2.17).



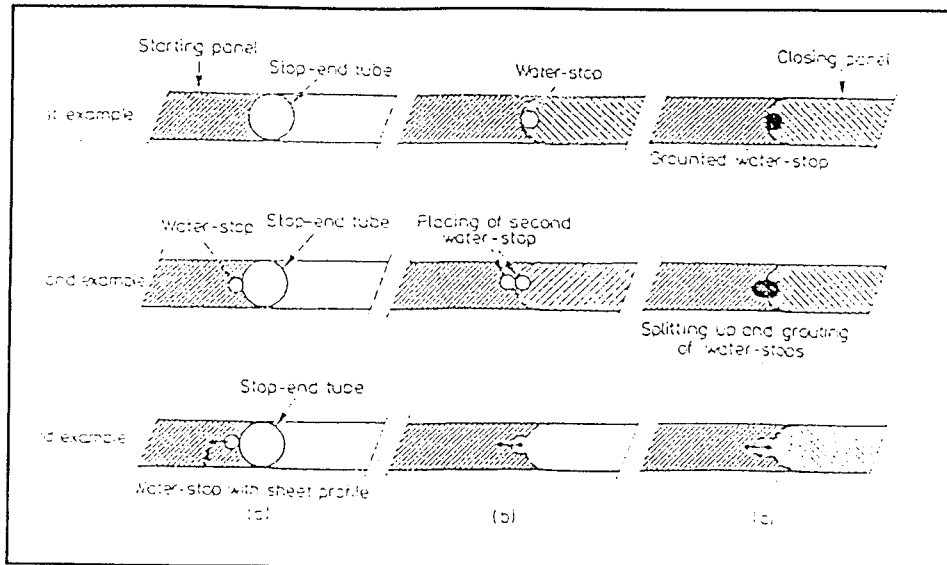
Gambar 2.17 Pemakaian *stop-end*
(oleh I. Hajnal dkk, *Construction of Diaphragm Walls* 1984)

Selain daripada itu, juga ada beberapa tipe-tipe *joint* untuk penyambungan antara panel (gambar 2.18)



Gambar 2.18 Yang biasa dipakai pada *joint* panel
(Oleh I. Hajnal dkk, *Construction of Diaphragm Walls* 1984)

Pada penyambungan panel-panel, supaya tidak ada rembesan air pada dinding diafragma, maka dipakai/dipasang *water stop* pada setiap sambungan panel (*joint*). Contoh pemakaian *water-stop* ini dapat dilihat pada gambar 2.19



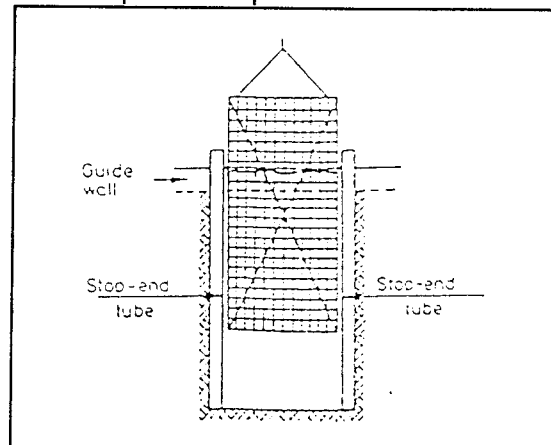
Gambar 2.19 Variasi water stop
(oleh I. Hajnal dkk, *Construction of Diaphragm Walls* 1984)

2.7.5 Pembetonan

Setelah *stop end* dan *water stop* dipasang pada kedua sisi panel, maka proses selanjutnya adalah pembetonan, dengan tahapan sebagai berikut :

1. penulangan

tulangan yang digunakan berupa rangka baja yang benar-benar kaku, untuk menghindari perubahan bentuk. Sangkar tulangan ini dapat dibuat di lokasi atau dipesan di pabrik.



Gambar 2.20 Pemasangan sangkar
(oleh I. Hajnal dkk, *Construction of Diaphragm Walls* 1984)

2. pengecoran beton

beton sebagai penguat dan pengaku struktur dinding diafragma, harus memenuhi syarat-syarat adukan beton segar sebagai berikut :

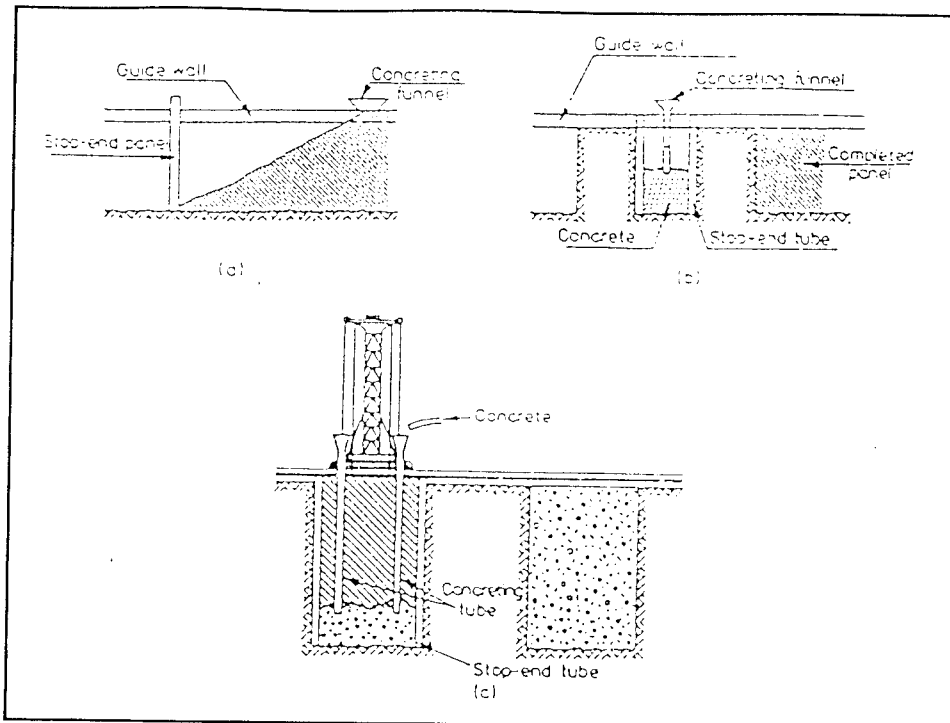
- a) adukan beton segar harus dapat mengalir melalui pipa *tremie* akibat gaya gravitasi
- b) beton segar harus cukup kohesif untuk menghindari segregasi dan *bledding*
- c) pengikatan awal *setting time* tidak boleh terlalu cepat, harus diperhitungkan sampai penuangan beton selesai.

Kuat desak beton yang disarankan untuk dinding diafragma antara 210 Kg/cm sampai 315 Kg/cm².

Pada waktu mengalirkan beton ke dalam parit tidak memerlukan *vibrator* untuk meratakan adukannya, tetapi dibiarkan mengalir sendiri melalui pipa *tremie* dan akan mengisi parit mulai dari dasar parit sampai ke atas. Diameter pipa *tremie* tergantung pada lebar parit dan besarnya agregat maksimum.

Apabila pada pengadukan beton ada ketidaksempurnaan pengadukan, maka akan terjadi penyumbatan pada *tremie* dan bercampurnya beton dengan *slurry*. Maka dari itu untuk menghindari ketidaksempurnaan tersebut, perlu diperhatikan hal-hal sebagai berikut :

- a) sifat mudah dikerjakan (*workability*), dapat ditentukan dengan *slump test*
- b) jumlah air yang dipakai serta mutu dan jumlah semen



Gambar 2.21 Metode pengecoran
(oleh I. Hajnal dkk, *Construction of Diaphragm Walls* 1984)

Pada gambar 2.21 diperlihatkan tiga metoda pengecoran , gambar 2.21(a) menunjukkan pengisian dengan metode *free slope*, yaitu pipa akhir (*stop end*) ditempatkan pada satu sisi panel. Gambar 2.21(b) menunjukkan metode dengan menggunakan pipa akhir (*stop end*) pada kedua sisi panel. Gambar 2.21(c) menggunakan dua *tremie*, metoda ini digunakan jika panjang dari panel lebih dari 6 meter.

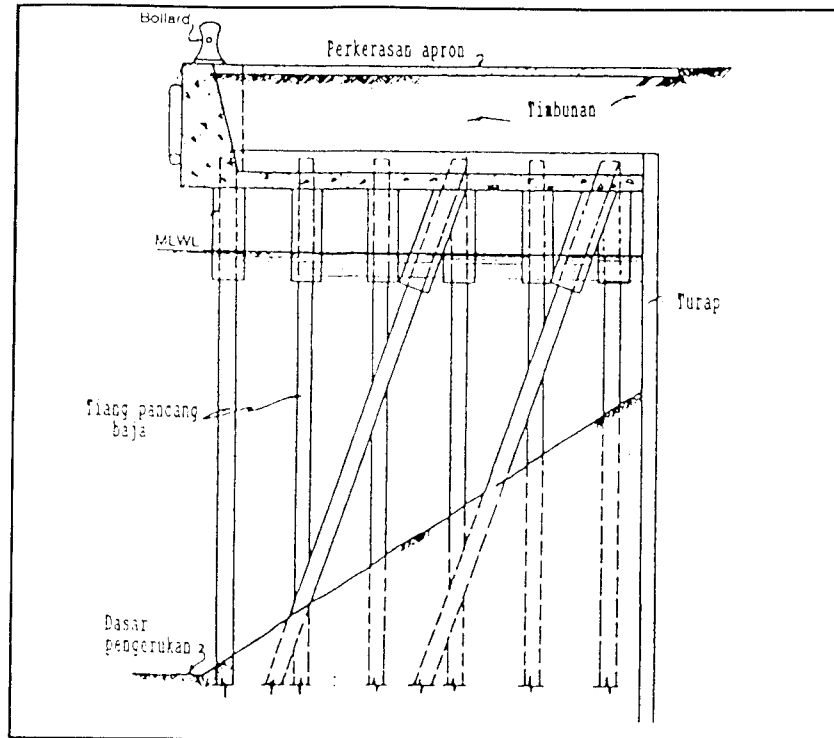
Diutamakan untuk memulai pengecoran adalah secepat mungkin, dan tidak kurang dari 4 sampai 5 jam sesudah penyempurnaan dari penggalian parit. Pengecoran harus dibatasi dalam waktu 6 sampai 10 jam, dan penuangannya tergantung dari dimensi panel, volume, *suply* pengecoran, dan diameter dari pipa *tremie* yang digunakan.

2.8 Dinding Diafragma Pada Dermaga

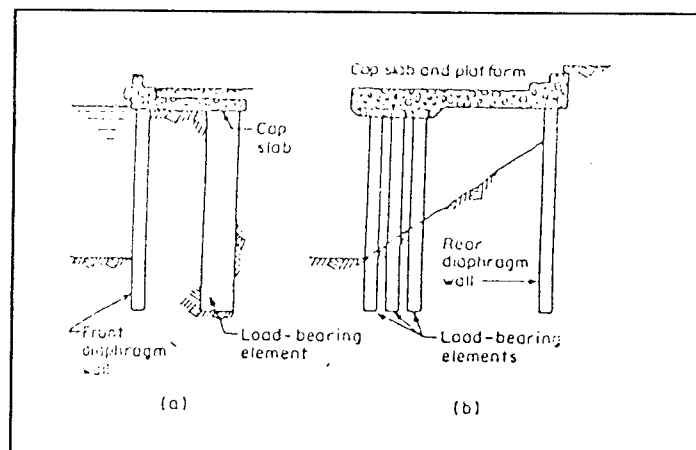
Dermaga adalah suatu bangunan pelabuhan yang digunakan untuk merapat dan menambatkan kapal yang melakukan bongkar muat barang dan menaik-turunkan penumpang (Bambang Triatmodjo, 1996), dapat dibedakan atas dua tipe yaitu *jetty* atau *pier* dan *wharf* atau *quay*.

Wharf atau *quay*, menurut strukturnya dapat dibedakan atas dua tipe yaitu :

1. dermaga konstruksi terbuka, dimana lantai dermaga didukung oleh tiang-tiang pancang (gambar 2.22)
2. dermaga konstruksi tertutup atau *solid*, seperti dinding massa, kaison, turap dan dinding penahan tanah. Struktur dinding penahan tanah untuk dermaga yaitu *sheet pile wall*, *gravity wall* dan *diaphragm wall* (Awal Surono 1997).



Gambar 2.22 Wharf konstruksi terbuka



Gambar 2.23 Skema tipe dermaga sistem dinding diafragma
(Oleh I. Hajnal dkk, *Construction of Diaphragm Walls* 1984)

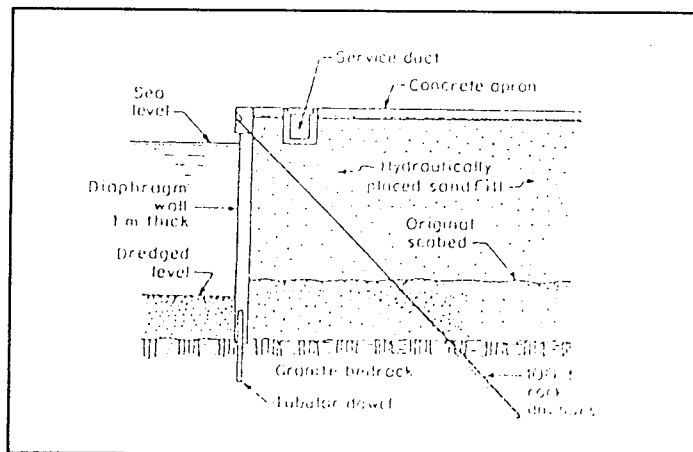
Pada gambar 2. 23 (a) adalah tipe dinding gravitasi yang cara kerjanya berdasarkan gaya gravitasi. Bagian atas (*cap slab*) biasanya dibuat slab beton. Tipe dinding gravitasi dapat menahan penggulingan jika *cap slab* mengikat kaku pada dinding dan jika dasar dinding adalah tanah

padat. Pada gambar terlihat dinding diafragma diletakkan di depan dermaga.

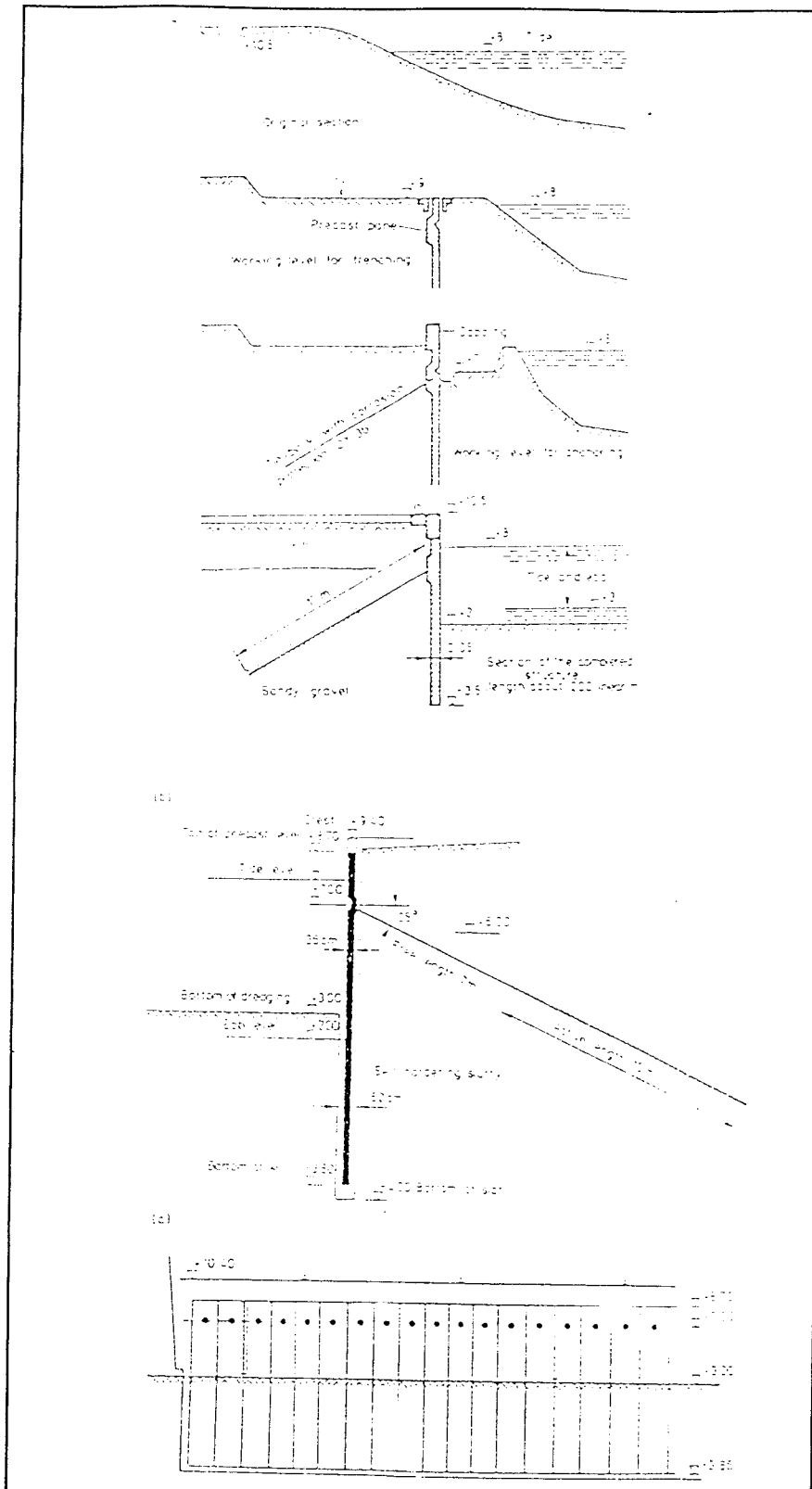
Pada gambar 2.23. (b) adalah kombinasi antara sebagian tipe dinding gravitasi dan sebagian *free cantilever*. Tipe ini biasanya digunakan dalam situasi dimana *cab slab* menahan beban-beban besar (*loading crane* dan lain-lain). Untuk mendapat hasil yang baik, dinding diafragma yang diletakkan dibelakang tersebut harus dibangun pada tanah padat.

- Contoh proyek dinding diafragma pada dermaga

Pada gambar 2.24 diperlihatkan *quay wall* untuk pelabuhan *Peterhead* Inggris, dimana tebal dinding diafragma 1 meter. Dorongan lateral pada dinding bagian atas ditahan oleh *ground anchor*



Gambar 2.24 Quay wall pada pelabuhan Peterhead Inggris (oleh I. Hajnal dkk, *Construction of Diaphragm Walls* 1984)



Gambar 2.25 Pembuatan dermaga bentuk *wharf* di pelabuhan *Deauville-Trouville*, Perancis.

(oleh I. Hajnal dkk, *Construction of Diaphragm Walls* 1984)

- (a) rangkaian tahap pelaksanaan
- (b) susunan tiap bagian
- (c) tampak depan dermaga *wharf*

Pada gambar 2.25 diatas , adalah proyek konstruksi *wharf* pada tahun 1977 oleh *Soletanche Company* , untuk pelabuhan *Deauville-Trouville* Perancis. Pada proyek tersebut dinding diafragma panjangnya 200 meter yang terdiri dari 80 buah panel, tiap panel panjangnya 12.5 meter dengan ketebalan 35 cm.

BAB III

METODA PELAKSANAAN DINDING DIAFRAGMA PADA DERMAGA

(Studi Kasus Dermaga Peti Kemas Koja Kanal II Utara Tanjung Priok Jakarta)

Proyek Dermaga Peti Kemas Koja Kanal II Utara Tanjung Priok Jakarta ini dibangun dengan ukuran 262.5 m X 34.88 m. Dinding diafragma (*diaphragm wall*) dibangun sepanjang dermaga dan terdiri dari unit-unit /panel-panel yang dibagi ke dalam beberapa ukuran panjang, sedangkan lebarnya sama yaitu 1.40 m. Dinding diafragma dengan ukuran panjang yang sama dinamakan satu group.

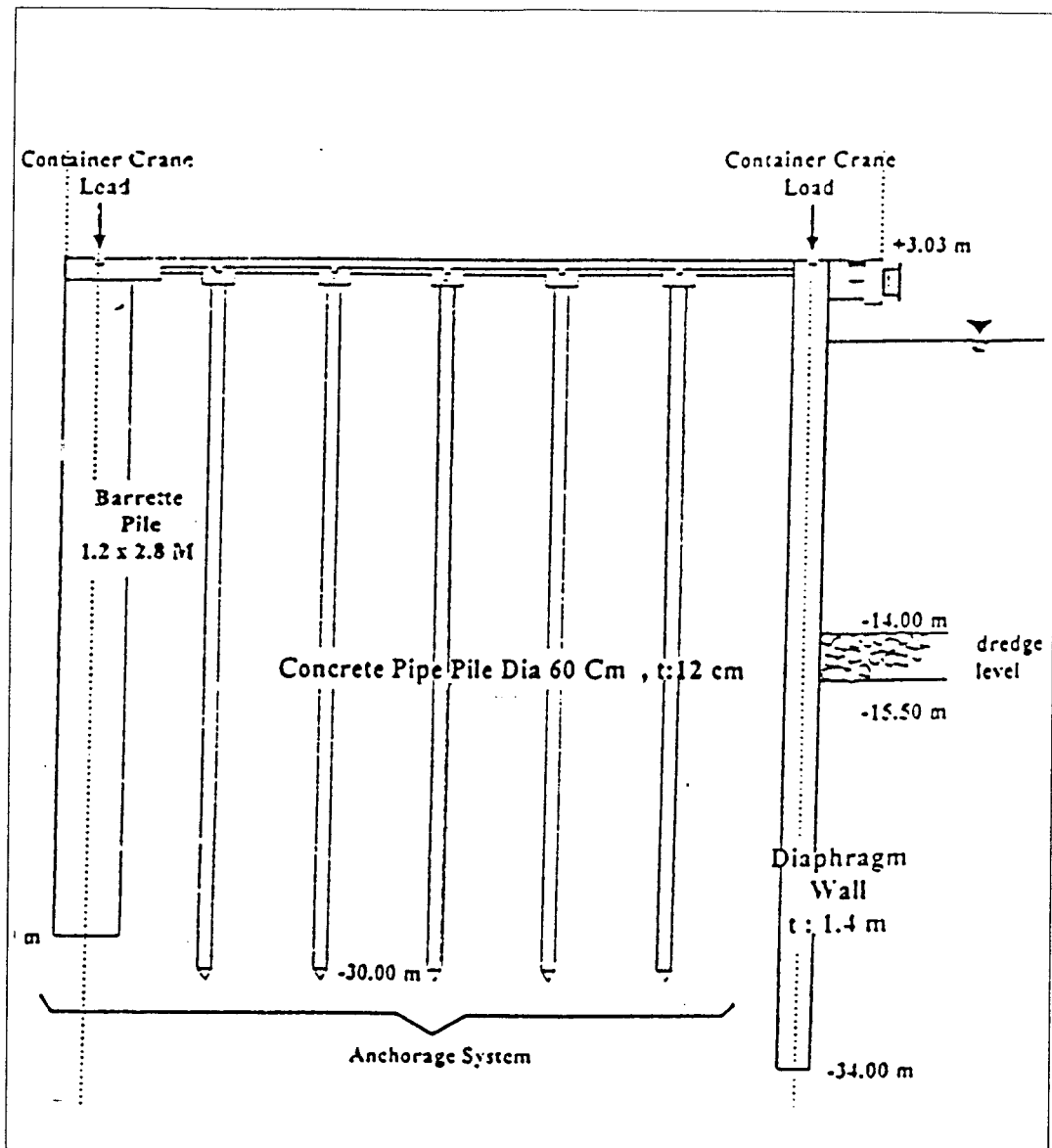
Ukuran tiap group adalah :

1. group 1 ; 14 unit dengan panjang 6.250 m = 87.5 m
2. group 2 ; 14 unit dengan panjang 6.250 m = 87.5 m
3. group 3 ; 12 unit dengan panjang 6.250 m = 75.0 m
4. antara group 1 dan 2 dibuat 1 unit /panel dengan panjang = 6.0 m
5. antara group 2 dan 3 dibuat 1 unit /panel dengan panjang = 6.5 m +
panjang total = 262.5 m

dan jumlah panel adalah 42 buah dengan kedalaman dinding diafragma terletak pada elevasi - 34.00 m LWS (*Low Water Spring*).

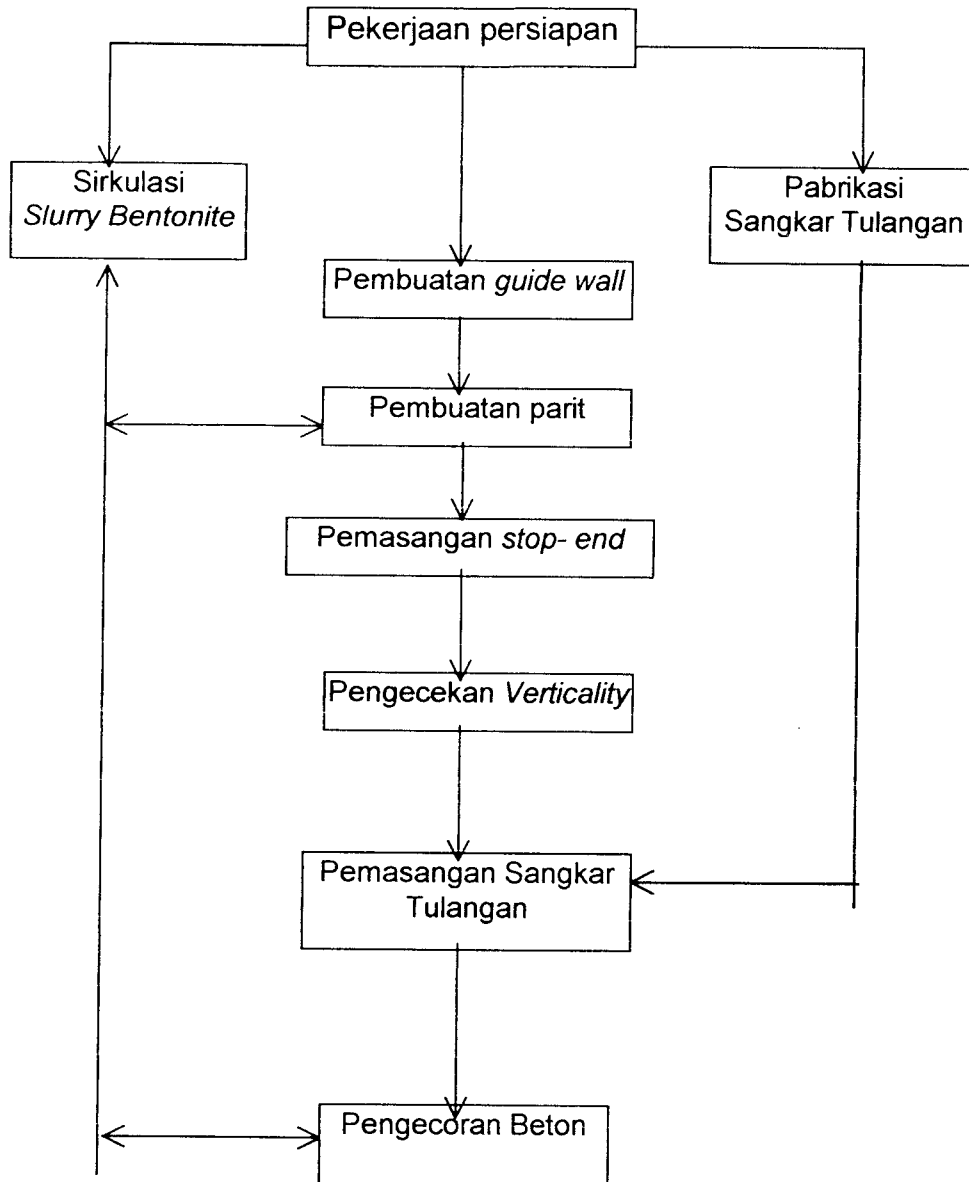
Pada proyek dermaga *container* ini, dinding diafragma selain difungsikan sebagai *retaining wall* , juga difungsikan sebagai bagian konstruksi yang memikul beban vertikal berat yang berasal dari *container crane* yaitu sebagai fondasi dari *rel container crane*.

Anchorage system digantikan dengan sistem plat dan balok beton bertulang yang ditunjang oleh tiang-tiang pancang serta barette pile. Potongan melintang sistem ini dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 3.1 Sistem dermaga peti kemas Tanjung Priok

Pelaksanaan pekerjaan dinding diafragma pada dermaga dapat dibagi dalam beberapa tahap yang terlihat pada gambar 3.2



Gambar 3.2 Bagan tahap pelaksanaan

3.1 Pekerjaan Persiapan

Sebelum dilakukan pembuatan dinding diafragma, perlu dilakukan pekerjaan persiapan. Adapun Pekerjaan persiapan tersebut adalah sebagai berikut:

- a) mobilisasi peralatan
- b) mobilisasi perlengkapan *slurry*
- c) komposisi *slurry*
- d) sistim sirkulasi *slurry*
- e) pembuatan sangkar tulangan
- f) pembuatan jalan kerja
- g) pembuatan sumur untuk air kerja
- h) pembuatan gudang *spare part* dan bengkel kerja

3.1.1 Peralatan

1. *Grab*

berfungsi sebagai alat untuk penggalian parit. Pada proyek dermaga peti kemas Koja Kanal II Utara Tanjung Priok dipakai *grab* jenis *DHG-B-Bauer* dengan berat 15.8 ton yang digerakkan secara mekanik.

2. *Crane*

alat yang berfungsi untuk penggalian parit, pemasangan sangkar tulangan, pemasangan *form work* , penggantung corong tremie dan penggantung unting-unting raksasa.

3. *Spreader Weight*

adalah gantungan semacam *hanger* pada waktu pemasangan sangkar tulangan.

4. *Drilling Monitor* KODEN

adalah sebagai alat pengamat *verticality* galian

5. *Chissel* CWS

adalah peralatan untuk melepas CWS (*form work*)

6. *Tremie*

adalah peralatan untuk pengecoran yang terdiri dari beberapa komponen ;

a. *pipe rack* : 4 buah , fungsinya untuk dudukan alat-alat *tremie*

b. *pipe tunnel* : 4 buah, fungsinya sebagai corong untuk memasukkan adukan beton ke dalam galian

c. *pipe clamp* : 6 buah, fungsinya sebagai penjepit (*clamp*) pipa *tremie*

d. *pipe* per 1 meter untuk persediaan penyambungan pipa *tremie*

7. *Theodolit*

sebagai alat untuk pemantauan di lapangan

8. *Waterpass*

sebagai alat untuk *setting* tulangan

9. *Truck Mixer*

sebagai pengangkut adukan beton

10. *Bachoe*

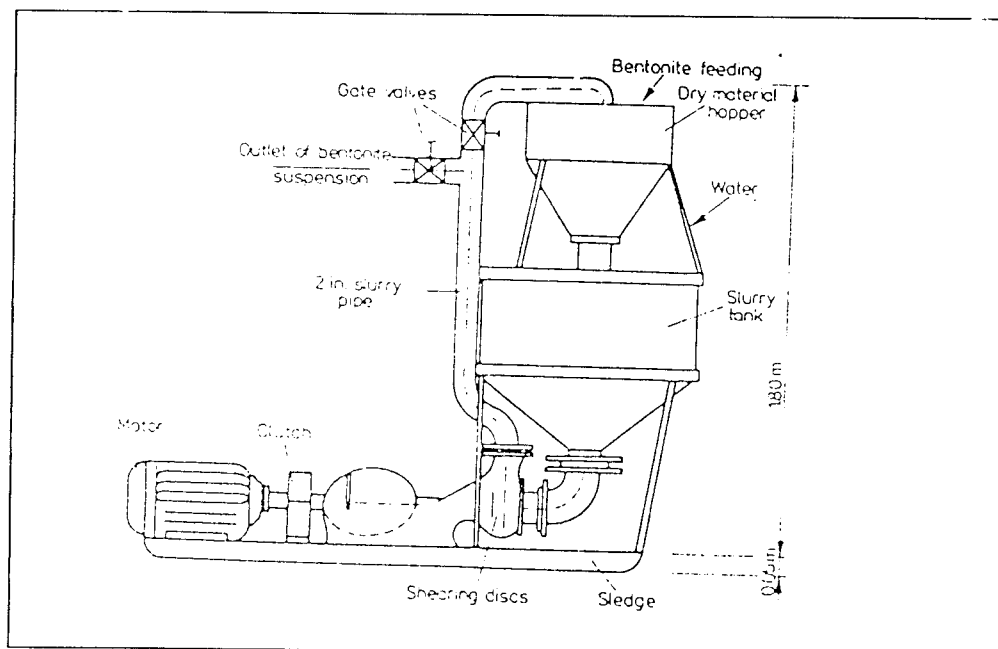
alat untuk pengerukan/penggalian di darat

11. Kapal keruk

alat untuk pengerukan/penggalian di laut

3.1.2 Perlengkapan *slurry*1. pencampur *slurry*

pencampur (*mixer*) sebagai pengaduk bahan-bahan pada waktu pembuatan *slurry* dipakai *disaggregator* 1 (satu) buah dengan pompa pengaduk dan penekan bentonite *flygt agytateur*.

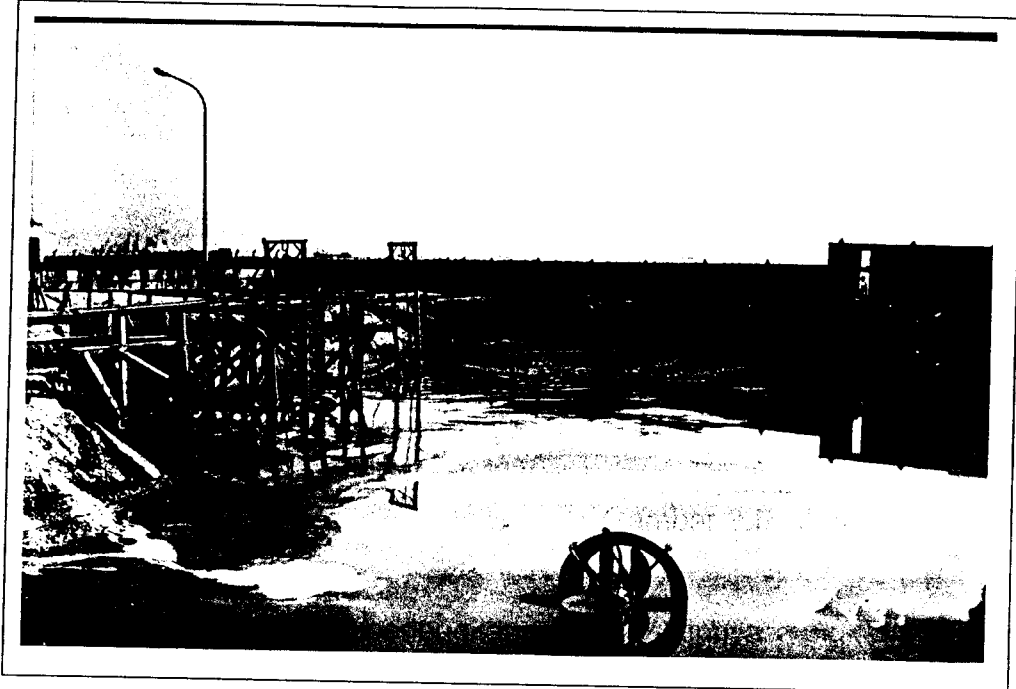


Gambar 3.3 *Mixer disaggregator*

2. kolam *slurry*

sebagai kolam penyimpanan (*catchmen basin*) yang menampung *slurry* setelah proses pencampuran dilaksanakan. Bahan campuran

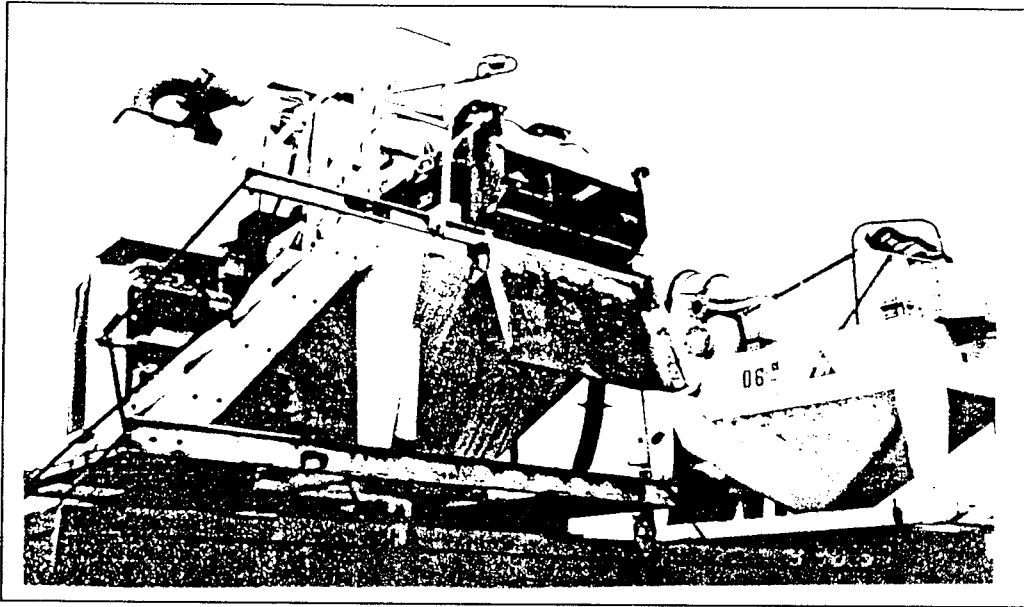
tersebut yaitu *slurry bentonite* yang dimasukkan ke dalam kolam/silo melalui pipa besi $\phi 10$ cm



Gambar 3.4 Kolam/silo *slurry*

3. pembersih *slurry*

adalah perlengkapan untuk pembersih *slurry* dari campuran tanah/pasir dari lubang galian. Alat yang dipakai *Desander Stores* dan pompa merk TOYO DP 15-3B



Gambar 3.5 Mesin pembersih *slurry*

4. perlengkapan *slurry* lainnya

a) *water tanks*

untuk penyediaan air lapangan, kapasitas 30 m jumlah 1 buah
sedangkan untuk penyediaan *bentonite* kapasitas 30 m³, jumlah
1 buah. Penyediaan air kerja 60 m³, jumlah 1 buah

b) *fuel tank*

kapasitas 8000 liter, jumlah 2 buah, berfungsi sebagai
penampung bahan bekas

c) *storage tank*

kapasitas 1000 m³, jumlah 2 buah, berfungsi sebagai
penampung *bentonite* segar dan *bentonite* bersih.

3.1.3 Komposisi *slurry*

1. Air

air yang digunakan adalah air yang seminim mungkin mengandung kotoran. Pada proyek ini dipakai 1.6 s/d 2 m³.

2. *Bentonite*

bentonite adalah sejenis lempung mineral (*clayies mineral*) yang sebagian besar terdiri dari *montomorillonite* dan berbentuk butiran berwarna muda (dapat abu-abu muda atau coklat muda), *bentonite* yang dipakai adalah jenis *bentonil* GTC-4 buatan Perancis, dipakai sebanyak 50 kg.

3. Bahan *Additive*

a. *sodium bicarbonate*

berfungsi menjaga kestabilan pH dari pengaruh air semen, pemakaiannya tergantung keadaan *bentonite*

b. GSTP

untuk penstabil *bentonite* akibat pencampuran dengan air laut, dipakai sebanyak 0.75 kg.

3.1.4 Sirkulasi *slurry bentonite*

Penggunaan *slurry bentonite* memerlukan pembuatan kolam silo untuk pembuatan *slurry*, penampungan *bentonite* segar (yang belum digunakan) dan penampungan *bentonite* bekas pakai.

Slurry ini akan dipompa kedalam lubang galian dari kolam/silo penyimpanan (*catchment basin*) melalui pipa besi diameter 10 cm dan

setelah digunakan, dari lubang galian (*trench*) dimasukkan ke dalam instalasi saringan/*desander* kemudian dimasukkan ke dalam *catchment basin after desanding* agar dapat digunakan lagi pada tahap penggalian berikutnya. Untuk jelasnya secara garis besar sistim sirkulasi *slurry bentonite* dapat dibagi atas 3 (tiga) tahapan.

1. Tahap pencampuran (*mixer*)

Bentonite diolah dan dicampur pada *mixer* yang terdiri dari kolam *bentonite*, pencampur *slurry*, kolam pengolah/silo, pemipaan dan *delivery pump*. Bubuk *bentonite* dicampur merata dengan air dengan kecepatan pemutaran *mixer* yang tinggi agar diperoleh campuran yang homogen. Lumpur (*slurry*) baru ini harus diendapkan terlebih dahulu selama 24 jam pada kolam pengolah untuk memisahkan butiran kotoran

2. Tahap pemrosesan

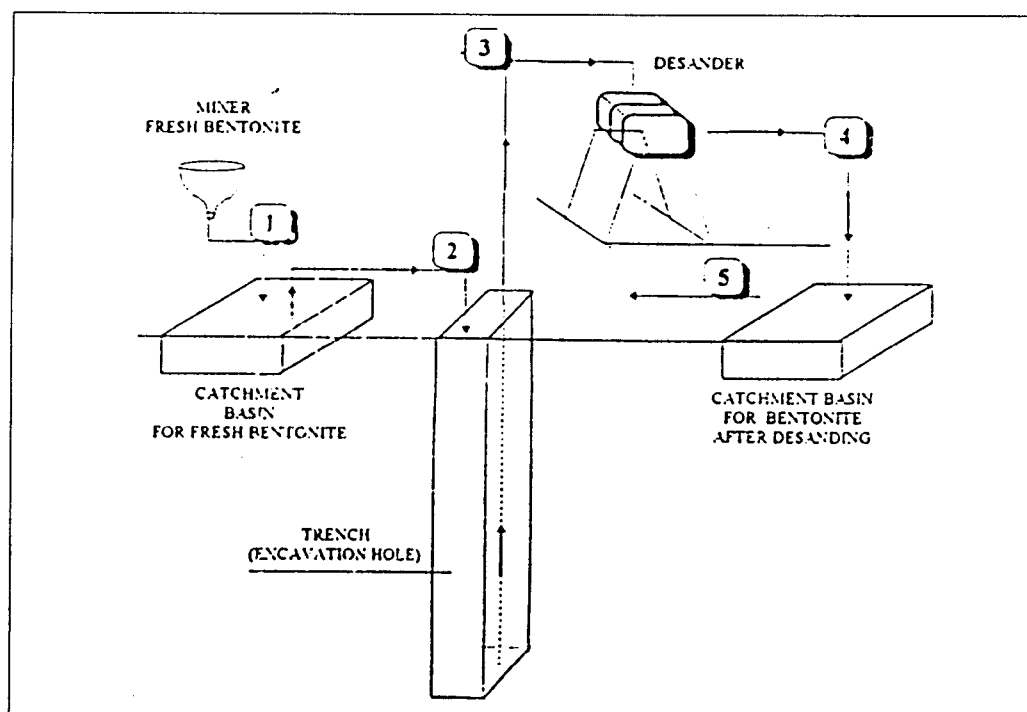
Bagian ini terdiri dari kolam penyuplai, pompa untuk menyuplai ke lubang galian dan pompa untuk mengalirkan kembali ke kolam penampungan. Dari kolam penyuplai *slurry bentonite* dialirkan kembali ke lubang penggalian selama proses penggalian parit. Untuk mengalirkan kembali *slurry bentonite* dari lubang parit ke kolam penampungan digunakan pompa listrik

3. Tahap pembersihan

Pada tahap ini pembersihan lumpur dilakukan oleh *desander unit* yaitu memisahkan butiran-butiran pasir dari *bentonite* dengan mesin

sentrifugal. Proses pembersihan dihentikan bila sudah tidak ada lagi pasir yang keluar dari *desander*. Untuk satu lubang galian proses ini biasanya berlangsung selama 5-6 jam.

Proses *recycling* (sirkulasi) ini hanya dapat dilakukan sebanyak 3-4 kali saja, karena setelah itu *bentonite* bekas sudah tidak dapat memenuhi persyaratan lagi untuk digunakan, karena sudah tercampur dengan tanah dan bahan-bahan lain dari galian. Proses *recycling slurry bentonite* selama penggalian dapat digambarkan secara skematik di bawah ini.



Gambar 3.6 Sirkulasi *slurry bentonite*

Keterangan gambar:

1. bubuk *bentonite*, air dan bahan *additive* dicampur dalam *mixer* dan dialirkan ke kolam penampungan *bentonite* segar

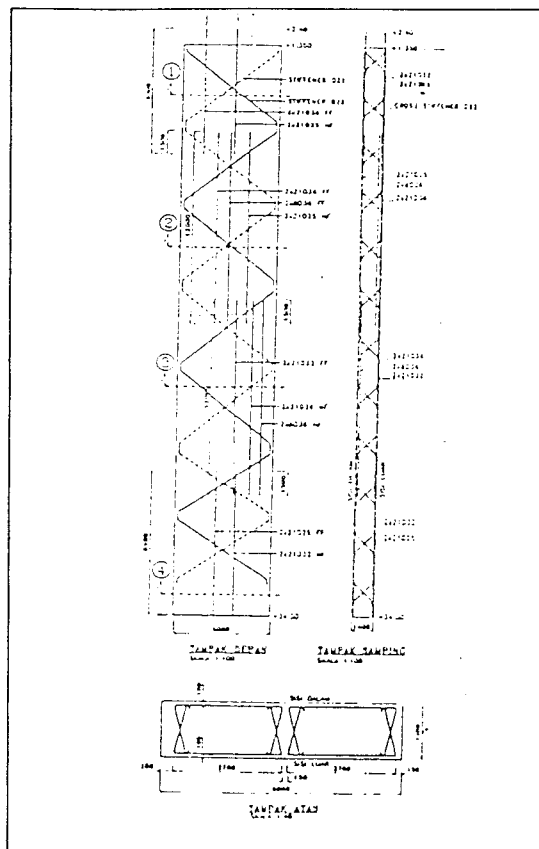
2. dalam proses *desanding*, *bentonite* segar dipompa ke lubang galian melalui pipa. Ujung pipa berada pada permukaan galian
3. bersamaan dengan itu *bentonite* kotor dipompa keluar melalui pipa yang ujungnya berada di dasar galian. *Bentonite* kotor ini masuk ke dalam alat *desander* untuk dibersihkan dalam tumpukan pasir
4. *bentonite* bekas pakai yang sudah dibersihkan ditampung ke dalam kolam penampungan
5. *bentonite* bekas yang sudah dibersihkan siap untuk digunakan pada penggalian lubang (*trench*) berikutnya.

3.1.5 Pembuatan sangkar tulangan (*reinforcement cage*)

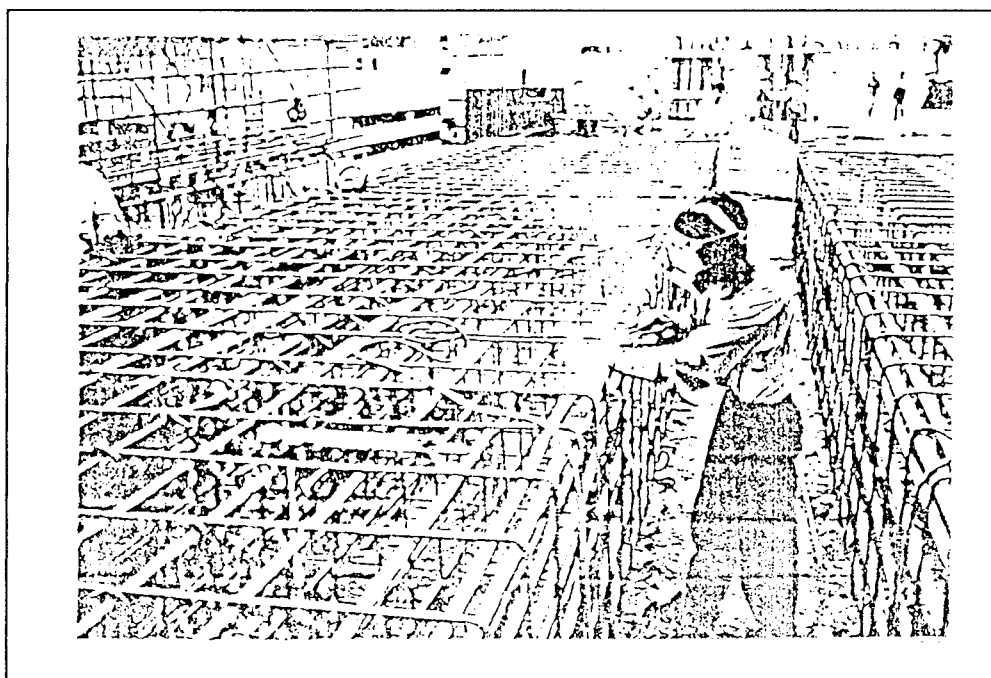
Perakitan sangkar tulangan (pabriksi) dilakukan ketika penggalian/pembuatan *guide wall* sedang dilaksanakan.

Sangkar tulangan diusahakan sedemikian rupa sehingga merupakan rakitan tulangan yang kaku dan kuat. Hal ini disamping untuk menjaga kekakuan struktur, juga menjaga supaya pada waktu pengangkatan dan penurunan sangkar tulangan ke parit tidak berubah bentuk dan susunannya.





Gambar 3.7 Sangkar tulangan



Gambar 3.8 Pengelasan sangkar tulangan

3.1.6 Pembuatan jalan kerja

Pembuatan jalan kerja atau *concrete platform* digunakan untuk landasan *crawler crane*, *concrete mixer truck* dan *dump truck* pengangkut tanah galian

3.1.7 Pembuatan sumur untuk air kerja

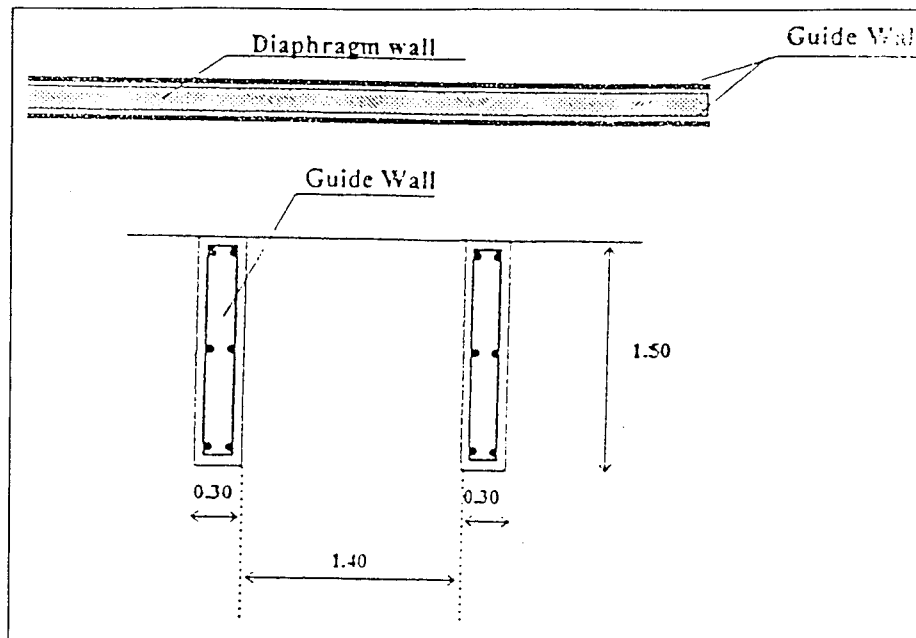
Karena dalam pelaksanaan dinding diafragma sangat dibutuhkan air yang banyak dengan mutu air yang cukup untuk campuran *slurry bentonite*, beton dan kebutuhan lainnya.

3.1.8 Pembuatan gudang *spare part* dan bengkel kerja

Dalam pelaksanaan yang banyak menggunakan mesin, maka dibutuhkan suatu gudang *spare part* (suku cadang) peralatan/mesin serta bengkel kerja

3.2 Pembuatan *Guide Wall*

Guide wall dibuat sepanjang rencana dinding diafragma dan akan dibongkar setelah pekerjaan dinding diafragma selesai. Pada proyek ini *guide wall* yang dibongkar adalah yang sisi laut, sedangkan sisi darat tidak dibongkar karena dianggap sebagai penambah kekakuan sistim konstruksi.

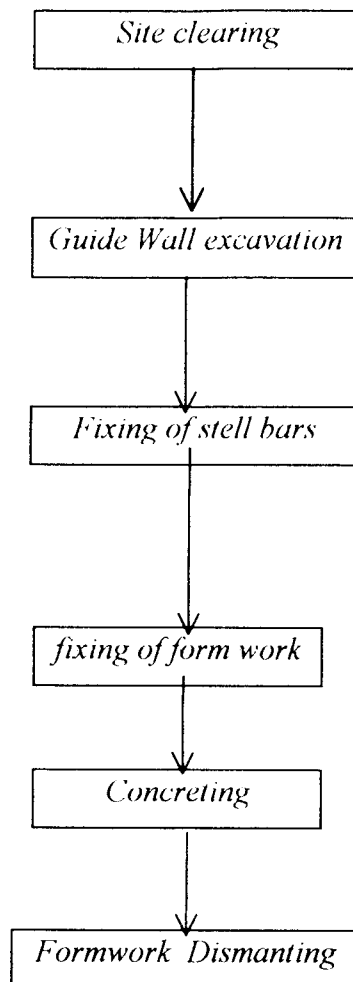


Gambar 3.9 Konstruksi *guide wall*

Pada proyek ini, fungsi dari *guide wall* adalah :

1. sebagai sarana pengarah *grab* agar berada pada posisi vertikal selama penggalian dilaksanakan. Ini dapat terjadi dengan suatu anggapan bahwa *grab* dengan *rope* (tali)nya sebagai bandul raksasa yang akan terus berada pada posisi vertikal selama penggalian
2. sebagai *reference* untuk mengamati posisi *rope* (tali), agar penggalian dapat dikoreksi bila terjadi penggeseran *rope*
3. sebagai dudukan dari penggantung sangkar (*cage*) tulangan dinding diafragma pada waktu dimasukkan ke dalam lubang galian (*trench*), juga sebagai dudukan pipa *tremie* dan peralatan lainnya
4. sebagai penjaga elevasi permukaan *slurry bentonite*
5. sebagai *marking point* untuk menentukan posisi horisontal kedudukan tiap panel dinding diafragma

Tahap pelaksanaan *guide wall* dapat dilihat pada gambar 3.10



Gambar 3.10 Bagan pelaksanaan *guide wall*

3.2.1 *Site clearing*

Site clearing merupakan pembersihan lokasi proyek dari segala macam-macam barang bekas dan penentuan as-as untuk penggalian *guide wall*.

3.2.2 *Guide wall excavation*

Penggalian *guide wall* dilakukan dengan menggunakan *bachoe*..

Dalam penggalian ini, toleransi yang digunakan selalu mengarah keluar (ke sisi laut), hal ini untuk menghindari terambilnya lebar efektif bangunan dermaga.

3.2.3 *Fixing of steel bars*

Untuk menghemat waktu, maka prepabrikasi tulangan dilakukan ketika penggalian dilakukan. Setelah galian telah siap. Tulangan dipasang dan pemeriksaan harus dilakukan untuk menghindari pemasangan yang tidak tegak lurus dan tidak sejajar.

3.2.4 *Fixing of form work*

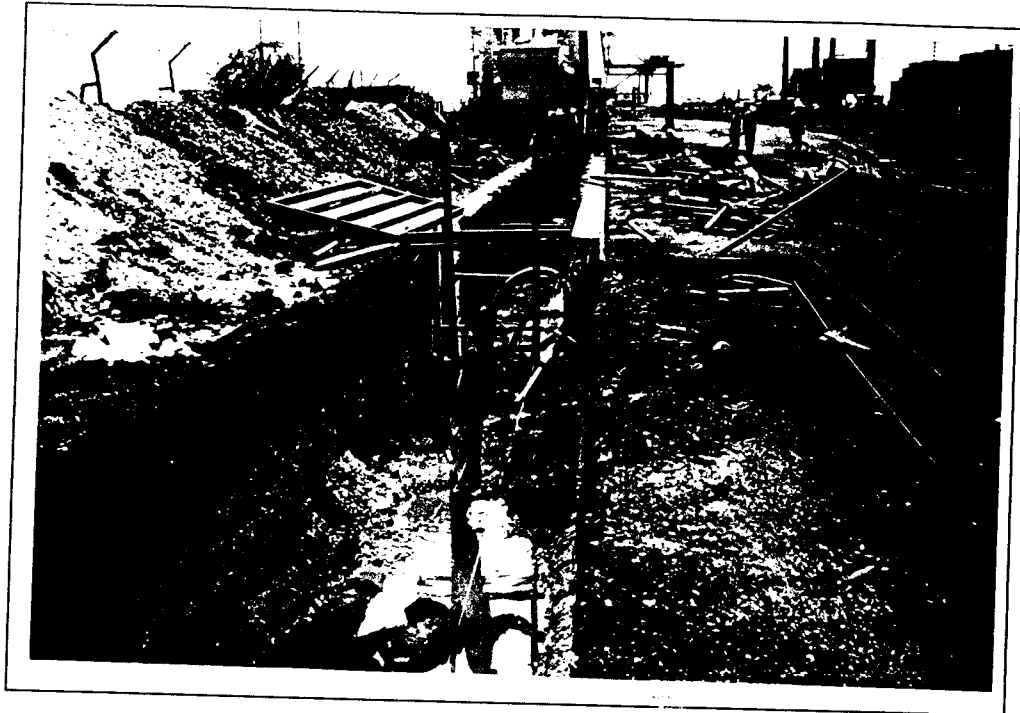
Setelah pemasangan tulangan selesai, dilanjutkan dengan pemasangan *bekisting* (kotak cetak).

3.2.5 *Concreting and curing*

Pengecoran beton dilaksanakan apabila sudah diyakini apabila *bekisting* dan tulangan sudah terpasang dengan benar.

3.2.6 *Form work dismantling*

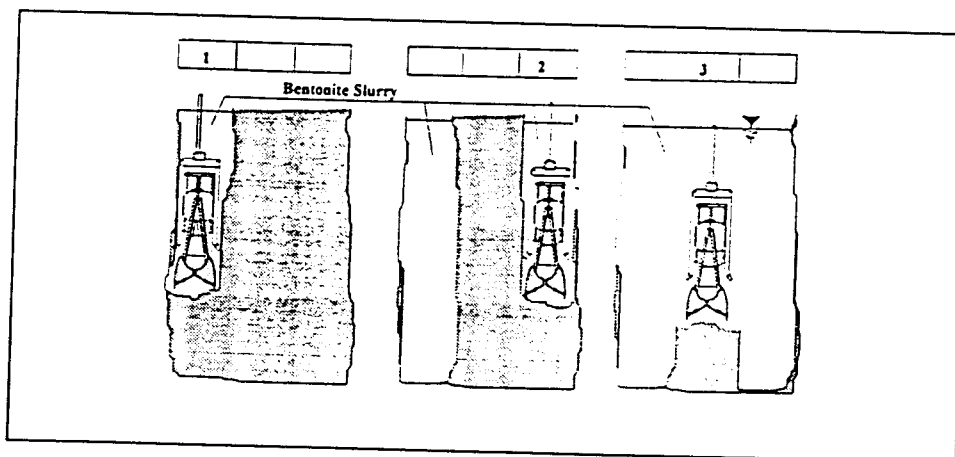
Pembongkaran *bekisting* dilakukan apabila beton sudah cukup keras, biasanya setelah 1 - 2 hari *bekisting* dapat dibongkar.



Gambar 3.11 Pembuatan *guide wall*

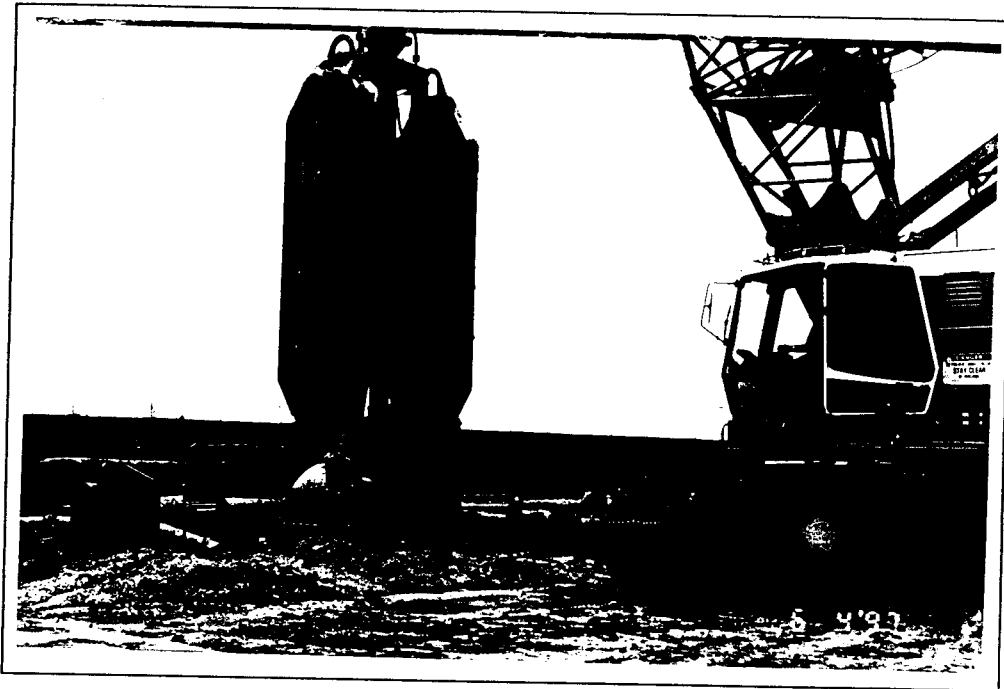
3.3 Pembuatan Parit (*Trenching*)

Setelah pelaksanaan pembuatan *guide wall* selesai, dilanjutkan dengan penggalian untuk *trench* dinding diafragma. Penggalian parit dengan menggunakan grab (gambar 3.13), dilakukan per unit/panel.



Gambar 3.12 Metoda penggalian dengan *grab*

Proses penggalian *trench* untuk 1 panel dinding diafragma dilakukan dalam 3 tahap seperti terlukis dalam gambar (3.12)

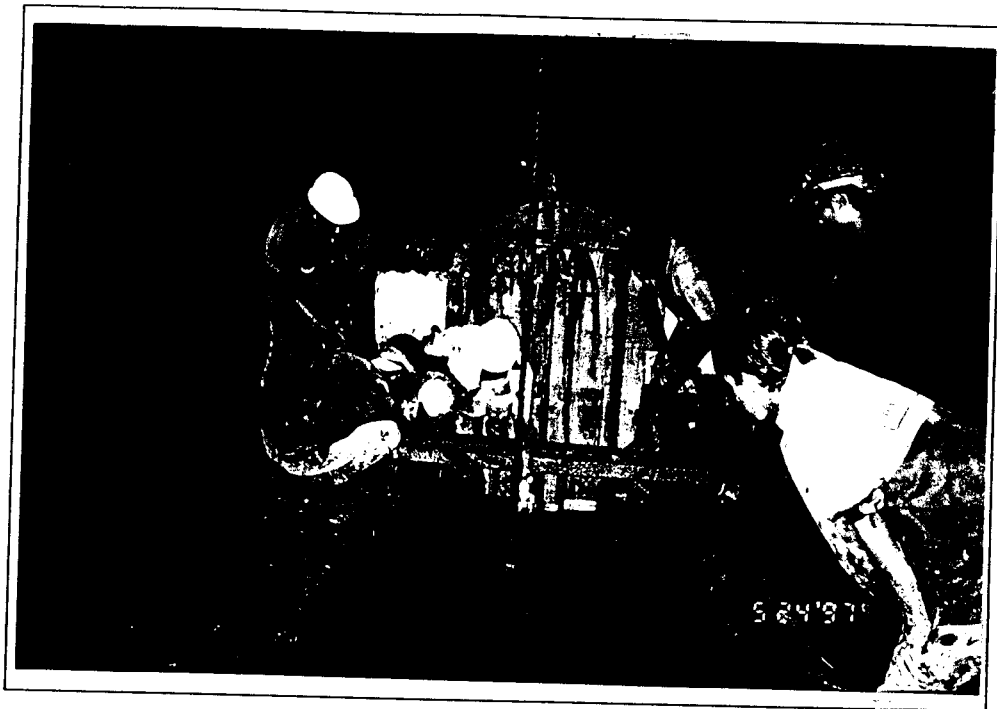


Gambar 3.13 Penggalian dengan *grab*

Selama penggalian *trench* berlangsung, *slurry bentonite* selalu dijaga pada level yang konstan. Pengecoran *slurry bentonite* kedalam parit, berjalan simultan dengan penggalian dan mengikuti sistem *Sirkulasi Slurry Bentonite* seperti yang telah dijelaskan dibagian pekerjaan persiapan

3.4 Pemasangan *Stop-End*

Fungsi *stop - end* adalah merupakan batas akhir dari suatu panel. Pada proyek Koja Kanal dipakai *stop-end form work* (CWS) yang terbuat dari baja kanal yang dilas (pada gambar 3.13). CWS selain sebagai *stop-end form work*, juga sebagai alat untuk memasang *water stop*. Fungsi dari



Gambar 3.14 Tampak CWS telah terpasang bersama *water stop*

Water stop dipasang vertikal sampai kedalaman 3.00 m di bawah *dredge level* (± 18.00 m). *Water stop* yang digunakan adalah *rubber water stop* "EVA" *heavy duty joint filter type, Center Bulb Corrugated, CBC* 15.

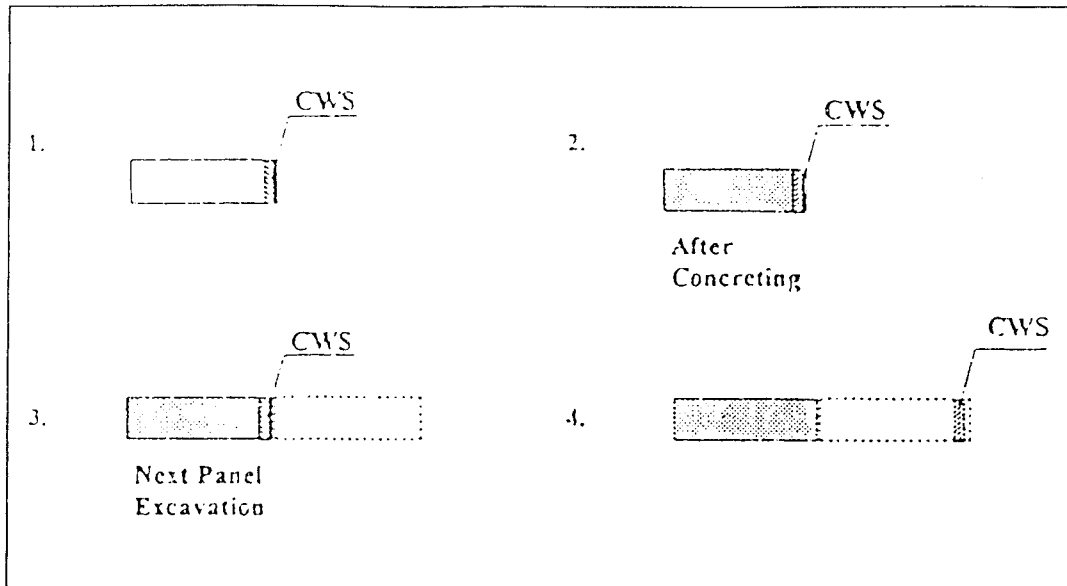
Rubber water stop jenis ini terbuat dari bahan karet, berbentuk pipih (gambar 3.14) dengan tebal ± 1.5 cm, lebar ± 25 cm dan panjangnya tergantung dalamnya galian.



Gambar 3.14 Tampak CWS telah terpasang bersama *water stop*

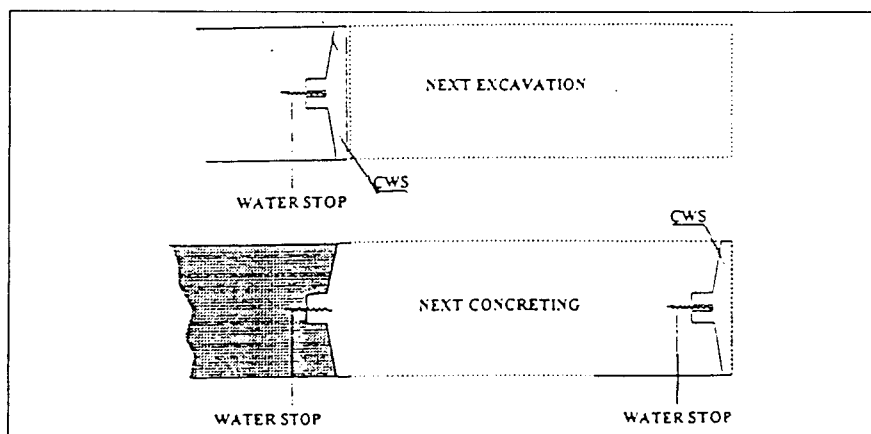
Water stop dipasang vertikal sampai kedalaman 3.00 m di bawah *dredge level* (± 18.00 m). *Water stop* yang digunakan adalah *rubber water stop* "EVA" *heavy duty joint filter type, Center Bulb Corrugated, CBC* 15.

Rubber water stop jenis ini terbuat dari bahan karet, berbentuk pipih (gambar 3.14) dengan tebal ± 1.5 cm, lebar ± 25 cm dan panjangnya tergantung dalamnya galian.



Gambar 3.15 Metoda penggunaan CWS

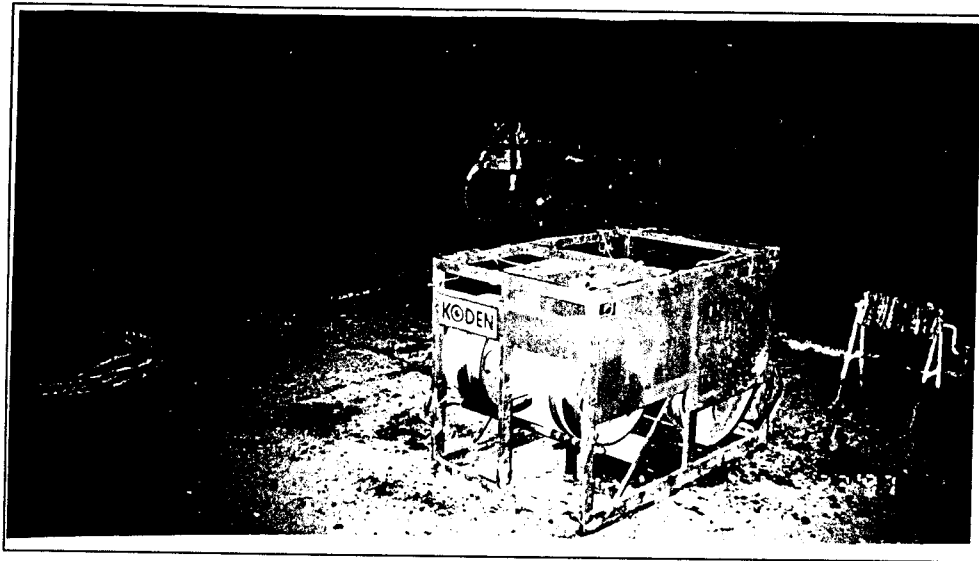
CWS dipasang sebelum pengecoran dimulai dan diangkat pada saat penggalian panel berikutnya dilakukan dan kemudian dipindahkan posisinya pada yang lain dari galian panel berikutnya (gambar 3.15). Bentuk dan penempatan dari CWS dapat dilihat pada sketsa di bawah ini



Gambar 3.16 Bentuk dan penempatan CWS serta water stop

3.5 Pengecekan *Verticality* Lubang Galian (*Trench*)

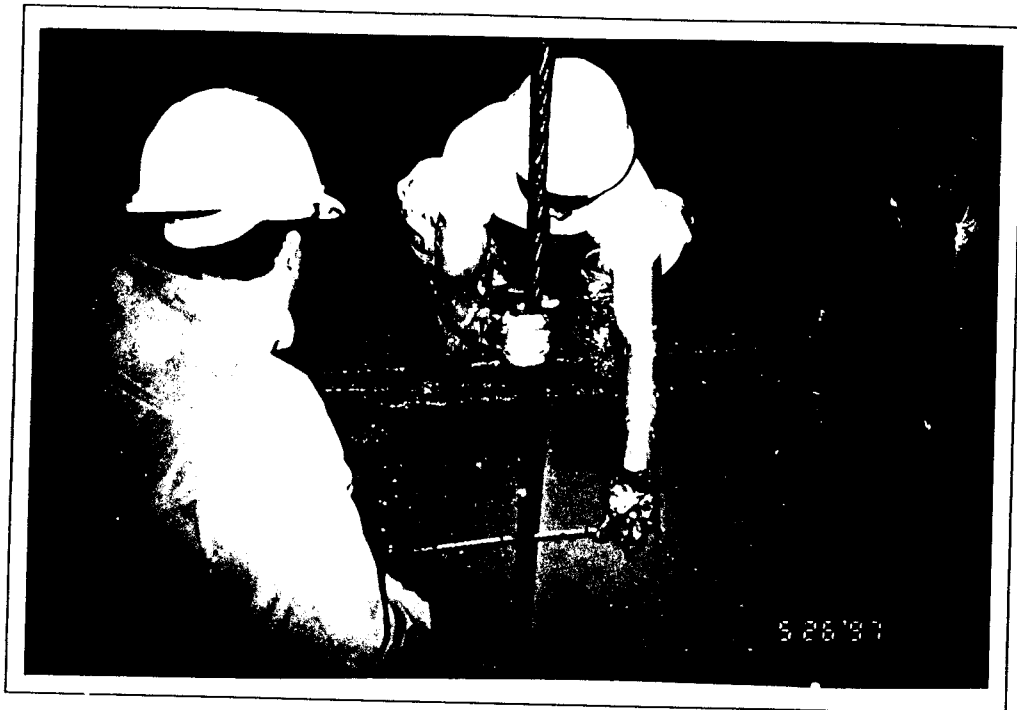
Verticality trench dilakukan dengan *monitoring device* merek KODEN, mirip suatu alat untuk mengukur kedalaman laut (*echo sounder*). Alat ini (gambar 3.17) dapat mengukur jarak dari posisi sensor yang diturunkan ke dalam lubang galian dengan bantuan *crane* (gambar 3.18).



Gambar 3.17 Alat untuk pengecekan *verticality* galian

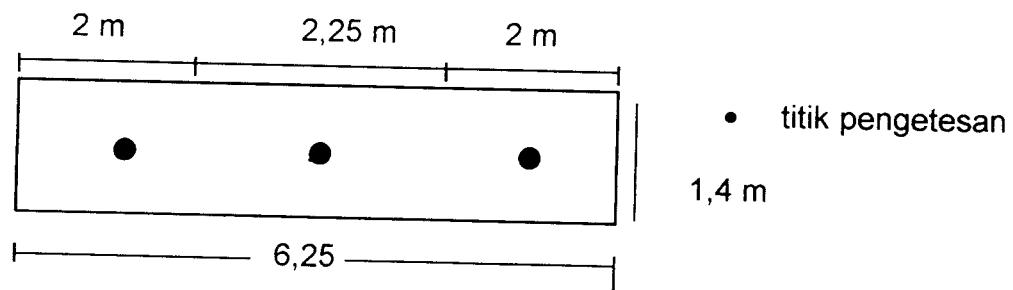
Pengecoran beton dinding diafragma baru dapat dilaksanakan apabila hasil test *verticality* memenuhi syarat yaitu :

1. dimensinya sesuai dengan yang direncanakan
2. deviasi dalam arah vertikal $< 1/80$ depth



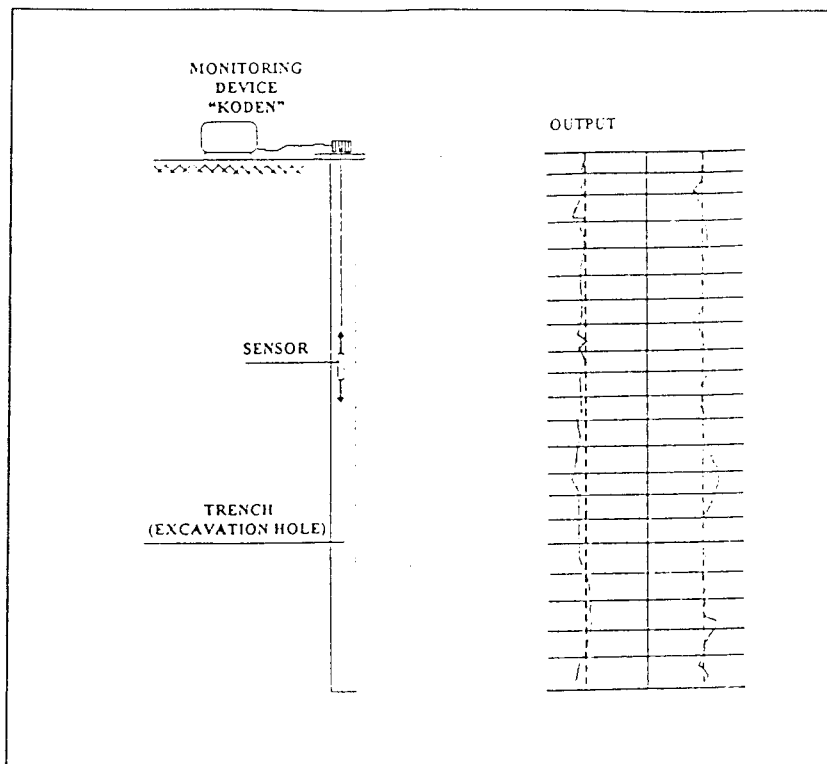
Gambar 3.18 Alat sensor yang dimasukkan ke dalam lubang galian

Pelaksanaan pengesanan *verticality* dilakukan pada 3 lokasi dari setiap panel yaitu pada ± 1.00 m dari setiap 1 titik tengah panel (gambar 3.19)



Gambar 3.19 Lokasi titik-titik pengecekan

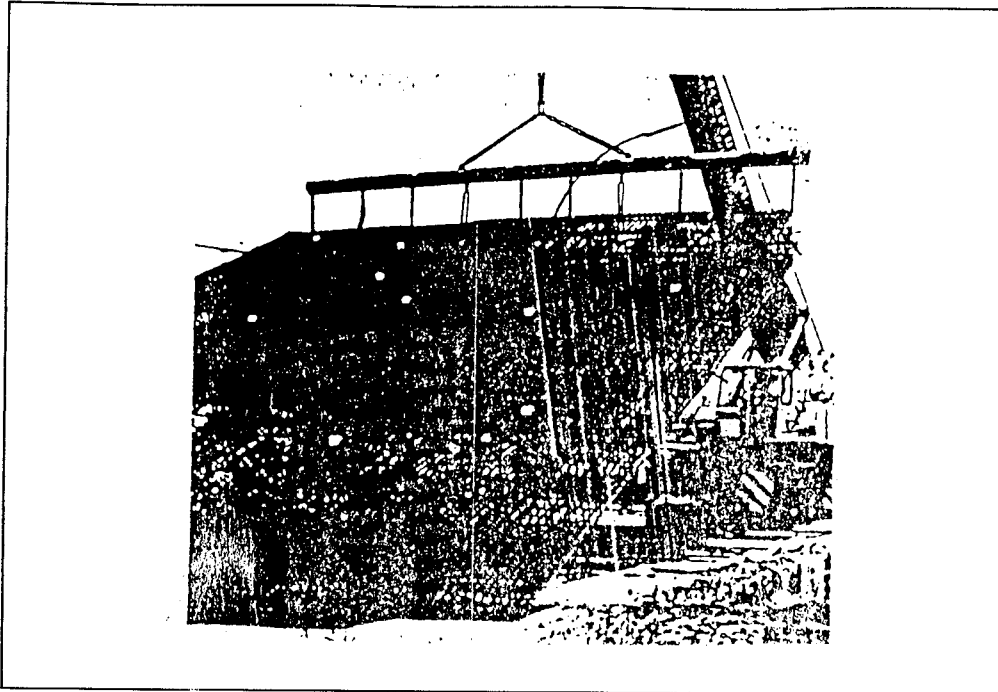
Output pengukuran berupa grafik yang menggambarkan lebar galian pada setiap kedalaman (gambar 3.20). Dari grafik ini juga dapat dilihat adanya penyimpangan-penyimpangan dalam arah vertikal lubang galian.



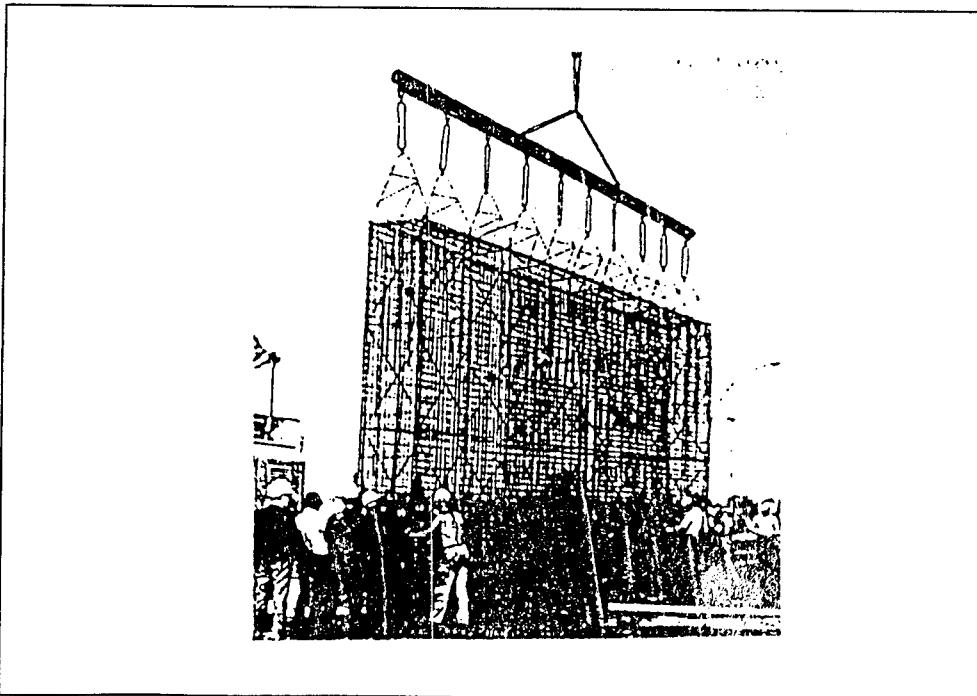
Gambar 3.20 Pengecekan *verticality*
 (a) alat sensor pada lubang galian
 (b) grafik *verticality*

3.6 Pemasangan Sangkar Tulangan

Pemasangan sangkar tulangan pada panel dengan menggunakan crane dibantu *spreader weight (hanger)* sebagai tempat menggantungnya sangkar tulangan (gambar 3.21)



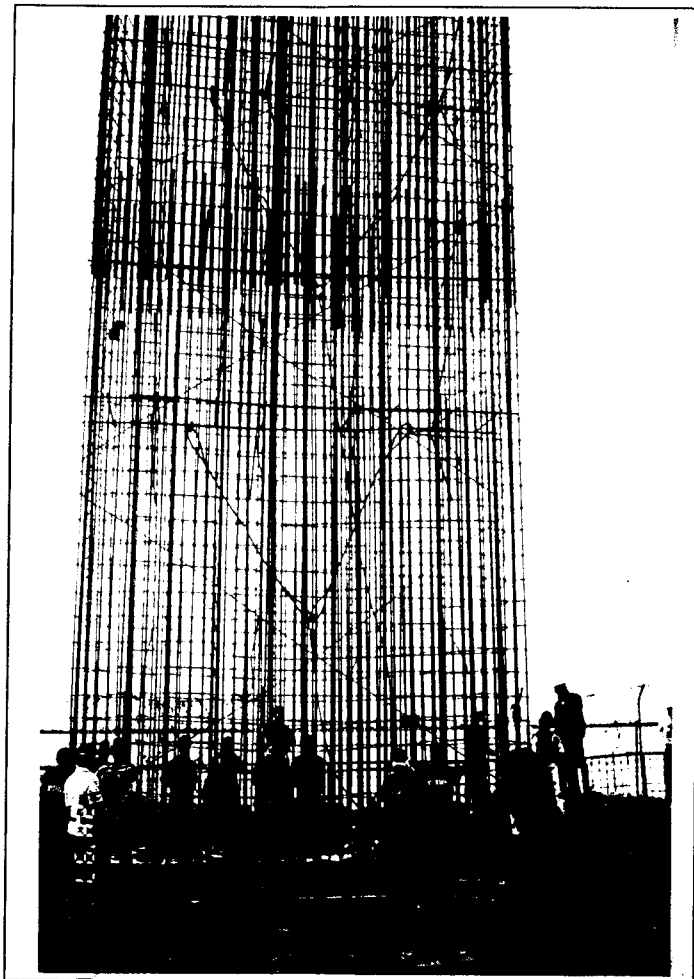
(a)



(b)

Gambar 3.21 Metoda pengangkatan sangkar tulangan
(a) sangkar cukup kaku waktu diangkat
(b) sangkar tulangan dimasukkan ke parit

Sangkar tulangan yang pertama dimasukkan (gambar 3.21b), tidak langsung menyentuh dasar galian tetapi ditahan terlebih dahulu dengan *crane* untuk mengerjakan penyambungan (gambar 3.22). Penyambungan dilakukan dengan las.

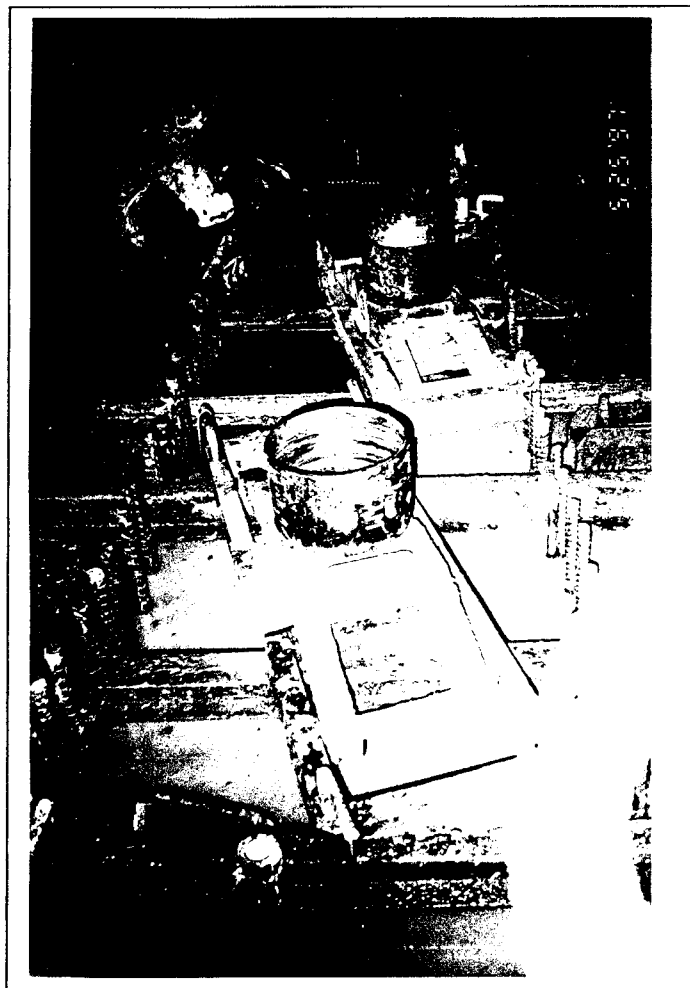


Gambar 3.22 Penyambungan sangkar tulangan

Setelah penyambungan selesai, sangkar tulangan baru dapat diturunkan dan harus diperiksa dengan teliti, bahwa sangkar tulangan telah tegak vertikal pada parit. Apabila sangkar tulangan tidak vertikal, maka akan menyebabkan ketidakstabilan struktur serta pemborosan beton,

karena dengan adanya kemiringan, akan ada kebocoran beton pada saat pengecoran.

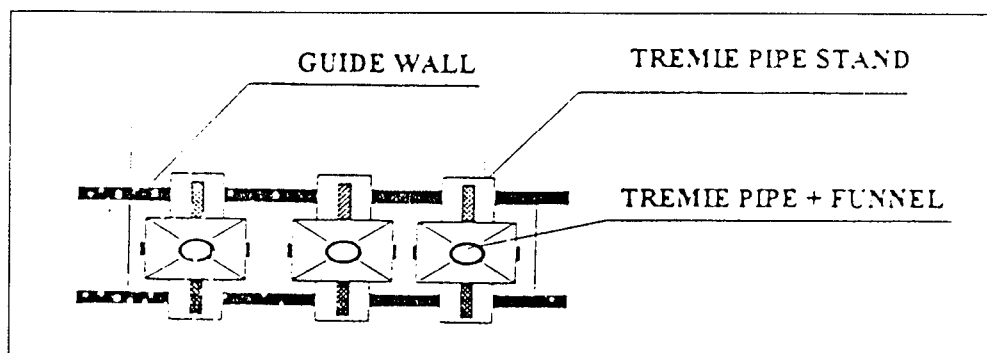
Pemasangan sangkar tulangan tidak diperbolehkan menyentuh dasar galian. Ketentuan jarak ujung tulangan dengan dasar galian adalah 20 cm sampai 40 cm. Agar tidak menyentuh dasar parit, maka sangkar tulangan digantung pada potongan-potongan baja profil yang dipasang melintang sepanjang permukaan atas *guide wall* (gambar 3.23)



Gambar 3.23 Baja profil sebagai penggantung sangkar tulangan dan sebagai dudukan pipa *tremie*

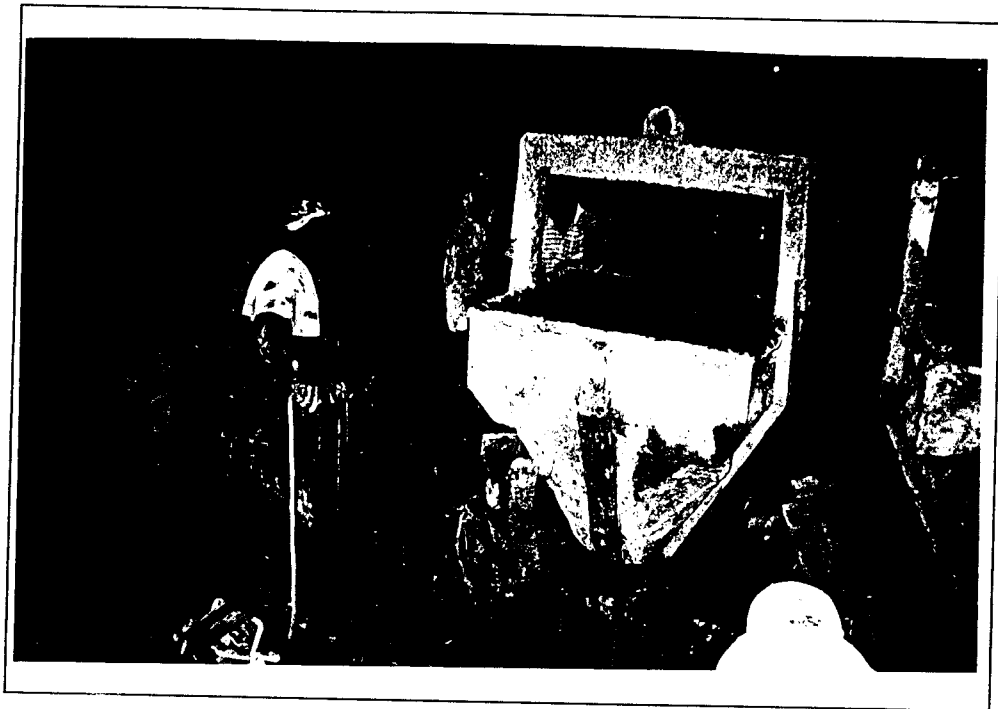
3.7 Pengecoran Beton

Pengecoran beton ke dalam lubang galian dilakukan dengan menggunakan 3 set pipa *tremie*. Ujung atas pipa *tremie* dilengkapi dengan corong segi empat untuk memudahkan memasukkan beton dalam pipa (gambar 3.24). Pipa *tremie* terdiri dari pipa baja diameter 12 inchi dengan panjang segmen 3 m. Ujung bawah pipa *tremie* dilengkapi dengan baja tulangan berbentuk segitiga.



Gambar 3.24 Posisi pipa *tremie*

Pada corong pipa *tremie* terdapat kait yang dapat dihubungkan dengan *sling* dan *crane* (gambar 3.25), sedemikian rupa, sehingga pada saat pengecoran berlangsung, pipa *tremie* dapat dinaik-turunkan agar beton dalam lubang galian dapat tersebar dengan merata (pada pengecoran dengan sistem ini tidak digunakan *vibrator*). *Slump* yang digunakan pada sistem pengecoran seperti ini cukup besar (*encer*) yaitu 18 s/d 20 cm, sehingga penyumbatan pada pipa *tremie* dapat dihindari.

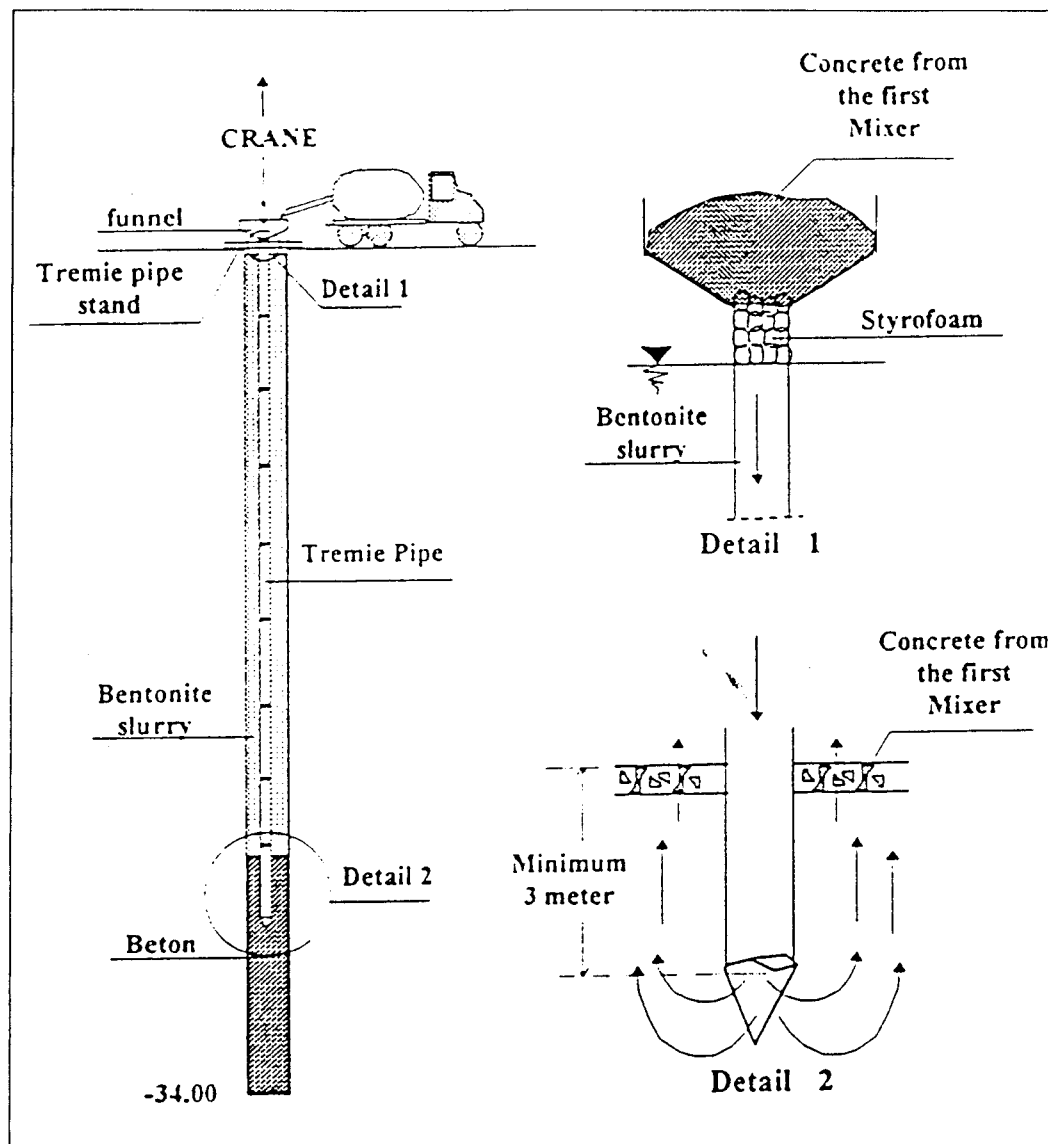


Gambar 3.25 Corong *tremie* dengan lobang pengait

Pada saat pengecoran pertama, pipa *tremie* sampai *elevasi slurry bentonite* diisi dengan *styrofoam*, yang maksudnya agar tidak terjadi segregasi beton dalam pipa *tremie*. Tiga buah beton *mixer* disiapkan untuk mengisi masing-masing corong, demikian pula pada pengecoran kedua. Untuk pengecoran yang ketiga dan selanjutnya hanya satu corong yang bekerja secara bergantian, dimaksudkan agar penyebaran beton lebih merata.

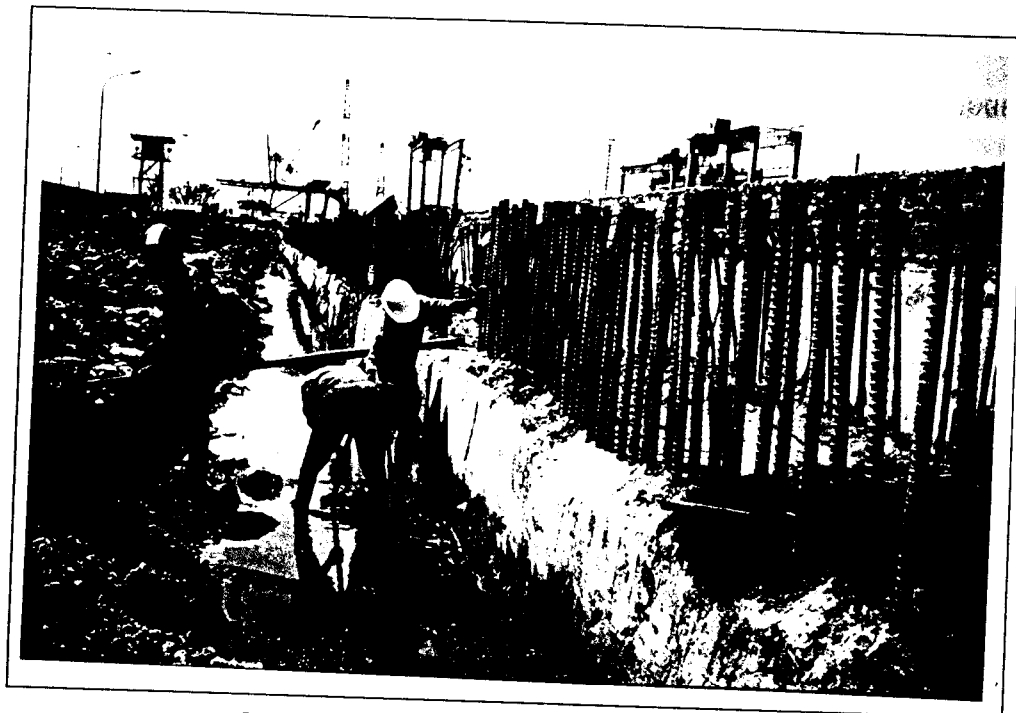
Selama pengecoran, ujung bawah pipa *tremie* tetap dipertahankan pada jarak minimum 3 m di bawah permukaan beton yang telah dicor (gambar 3.26). Hal ini dilakukan untuk menghindari tercampurnya beton yang telah keluar dari pipa *tremie* dengan *slurry bentonite* di dalam lubang galian. Sebagian beton yang berasal dari awal pengecoran yang dikhawatirkan terkontaminasi oleh *slurry bentonite*, akan terus terangkat

ke permukaan, untuk selanjutnya dibuang. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada (gambar 3.26)

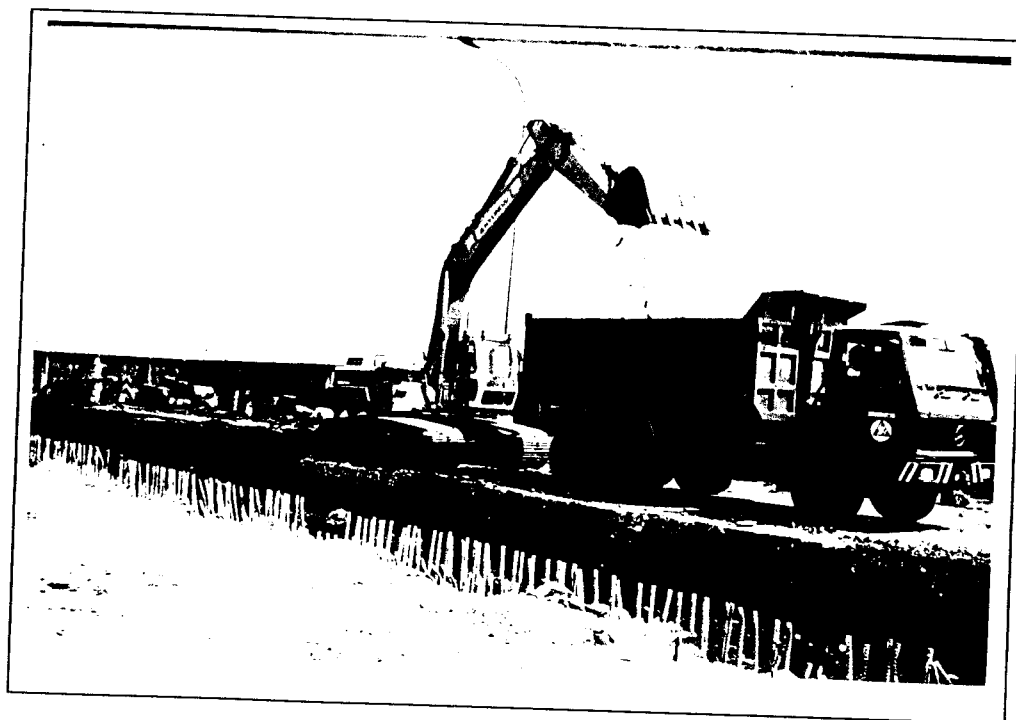


Gambar 3.26 Detail metoda pengecoran

Dalam pembuatan satu panel, mulai dari penggalian parit sampai dengan pengecoran beton (yang dilakukan pada malam hari. seluruhnya dikerjakan dalam satu hari penuh. Demikian juga panel-panel lainnya, sampai terbentuk suatu struktur yang kokoh dinding diafragma.

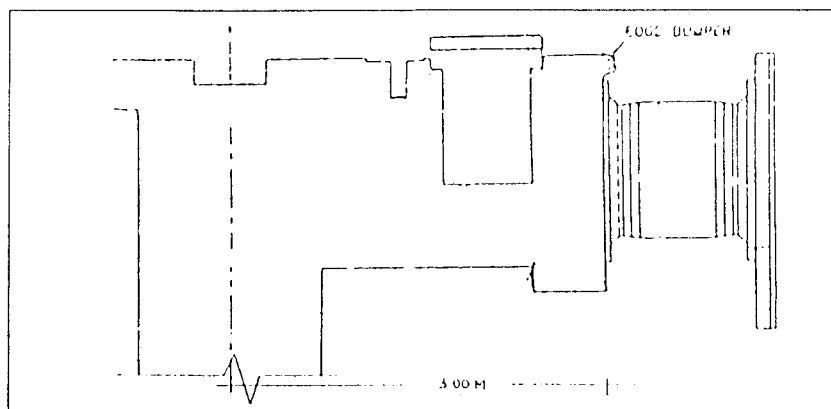


Gambar 3.27 Pembongkaran *guide wall*

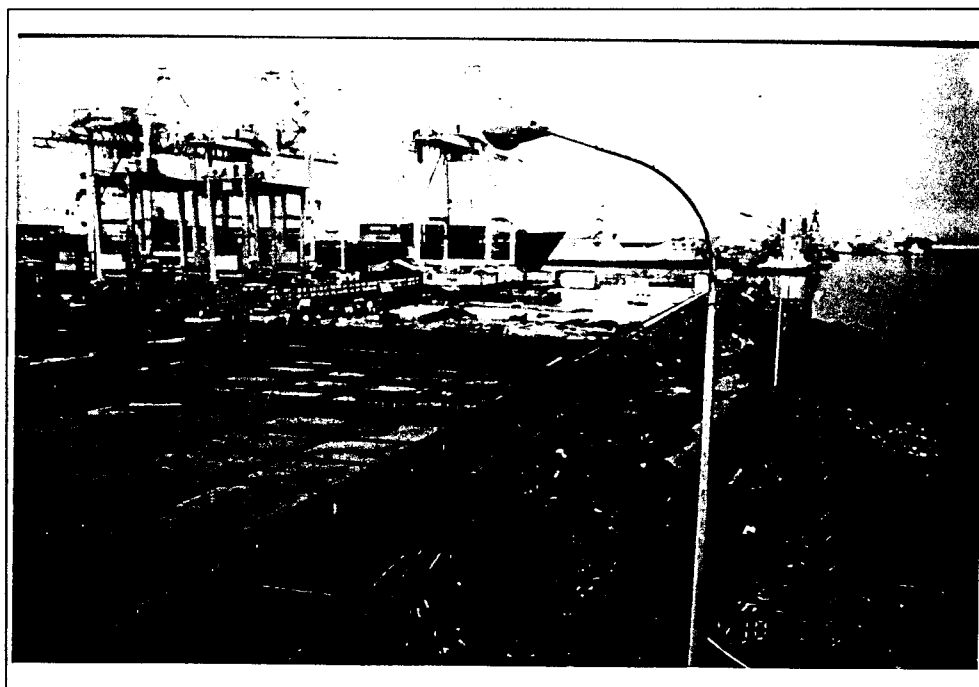


Gambar 3.28 Pengerukan untuk lantai kerja

Pembongkaran *guide wall* dilakukan hanya pada sisi laut saja beserta pengerukan untuk lantai kerja pembuatan dudukan *fender* terlihat pada gambar 3.27 dan 3.28



Gambar 3.29 Detail dudukan *fender*



Gambar 3.30 Situasi pembuatan *fender*

Sebagai penghubung dinding diafragma dengan tiang *barette* dan tiang pancang sebagai sistem angkur, maka dibuat balok-balok melintang dan memanjang serta lantai yang menyatukan kedua struktur tersebut, sehingga membentuk suatu bangunan dermaga (gambar 3.31)



Gambar 3.31 Tampak tulangan balok balok melintang dan memanjang dari sistem angkur

Pengerukan kolam pelabuhan baru dapat dilakukan apabila struktur pelat balok dermaga sudah merupakan struktur *monolit* dengan dinding diafragma. Untuk itu disyaratkan bahwa umur beton sudah harus mencapai 28 hari pada waktu *dredgeding* (pengerukan) dilaksanakan.

BAB IV

ANALISIS METODA PELAKSANAAN DINDING DIAFRAGMA

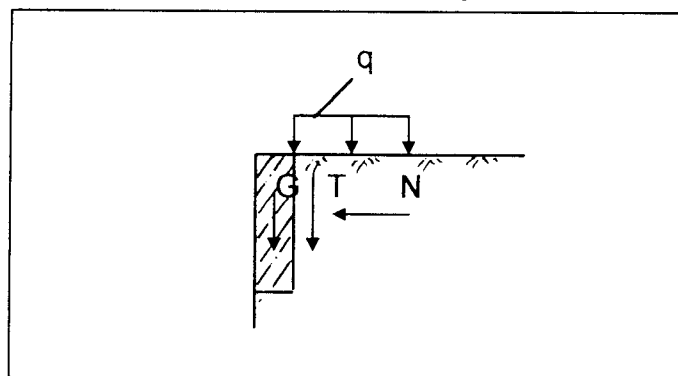
Analisa dari metoda konstruksi sangat diperlukan agar dapat diketahui bahwa metoda yang akan digunakan benar-benar aman dan tepat. Pada bab ini merupakan uraian analisa metoda konstruksi dinding diafragma dengan tinjauan aspek keamanan struktur pada waktu pelaksanaan.

4.1 Pada Pembuatan *Guide Wall*

Guide wall (dinding pengarah) harus direncanakan sedemikian rupa sehingga fungsi *guide wall* sebagai dinding pengarah dapat optimal. Untuk itu, maka harus dilihat beban-beban yang bekerja diatas *guide wall* pada saat pelaksanaan pekerjaan dinding diafragma.

4.1.1 Perencanaan struktur *guide wall*

Adapun gaya yang bekerja dapat dilihat pada gambar 4.1 berikut ini :



Gambar 4.1 Gaya-gaya pada *guide wall*

Dimana G adalah berat mati *guide wall* serta gaya N dan T merupakan komponen-komponen tekanan tanah.

Data yang diperoleh adalah sebagai berikut :

- a. tanah berpasir dengan $\varphi = 35^\circ$
- b. berat jenis tanah, $\gamma = 21 \text{ KN/m}^3$
- c. *specific gravity slurry*, $\gamma_s = 10.8 \text{ KN/m}^3$
- d. beban yang bekerja , $q = 8 \text{ KN/m}^2$
- e. tinggi *slurry* dari atas *guide wall* , $h_s = 0.5 \text{ m}$
- f. panjang panel , $\ell = 6.250 \text{ m}$
- g. Lebar mulut *grab* pada saat terbuka (L) = 2.20 m

Dari data diatas maka dapat dihitung tinggi *guide wall* dengan menggunakan rumus 2.1 yaitu :

$$K_a = \tan^2(45 - \varphi/2)$$

$$K_a = \tan^2(45 - 35/2)$$

$$K_a = 0.27$$

a) Tinggi *guide wall*

$$h_g > \frac{h_s \cdot \gamma_s + K_a \cdot q - 2c\sqrt{K_a}}{\gamma_s - K_a \cdot \gamma} \longrightarrow c = 0$$

$$h_g > \frac{0.5 \cdot 10.8 + 0.27 \cdot 8}{10.8 - 0.27 \cdot 21}$$

$$h_g > 1.47 \text{ m} , h_g \text{ diambil} = 1.5 \text{ m}$$

Berarti dengan $h_g = 1.5 \text{ m}$ aman terhadap gaya luar sebesar 8 KN/m^2

b) Beban-beban pada *guide wall*

1. gaya normal (N)

$$N = P \times hg$$

$$P = \rho ((hg \times \gamma) + q) K_a$$

$$\rho = 0.6 \text{ (faktor density)}$$

$$K_a = \tan^2 (45^\circ - \varphi/2)$$

$$= \tan^2 (45 - 17.5) = 0.27$$

$$P = 0.6 ((1.5 \times 21) + 8) 0.27 = 6.399 \text{ KN/m}^2$$

$$N = 6.399 \times 1.5 = 9.5985 \text{ KN/m}$$

2. gaya tangensial (T)

$$T = N \tan \delta \text{ ————— } \delta = 35^\circ$$

$$T = 9.5985 \tan 35^\circ = 9.5985 \times 0.700$$

$$T = 5.9978 \text{ KN/m}$$

3. berat mati *guide wall*

$$G = hg \times b \times \gamma_{\text{beton}}$$

$$G = 1.5 \times 0.3 \times 24 = 10.8 \text{ KN/m}$$

c) Tegangan pada *guide wall*

Dalam merancang *guide wall*, juga diperhitungkan tegangan yang terjadi akibat beban-beban alat berat, *truck mixer* dan sebagainya pada waktu *trenching* dilaksanakan, serta tegangan yang terjadi pada *guide wall* akibat beban *grab* yang masuk ke parit.

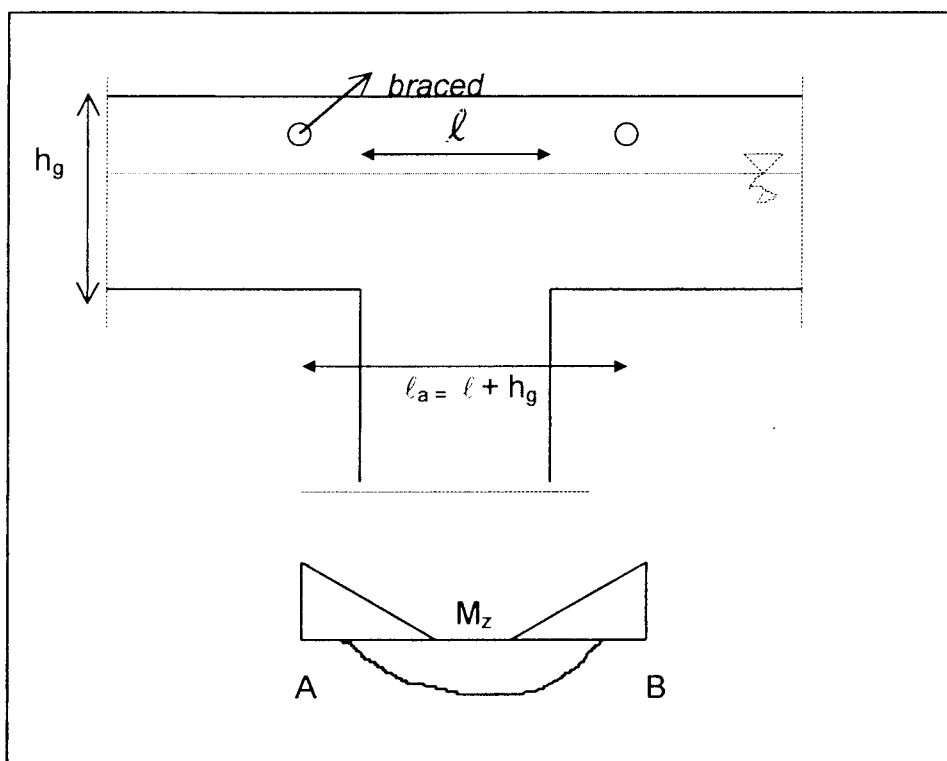
1. Beban vertikal

Beban vertikal yang diterima oleh *guide wall*, yaitu sepanjang $l_a = l + h_g$

l = panjang panel ; h_g = tinggi *guide wall* l_a = jarak antar *braced*

$$l_a = 6.25 + 1.5 = 7.75 \text{ m}$$

Dapat dilihat pada gambar 4.2 berikut ini



Gambar 4.2 Tegangan akibat beban vertikal

Maka beban vertikal yang dipikul oleh *guide wall* menurut rumus 2.5,

2.6, 2.7 adalah:

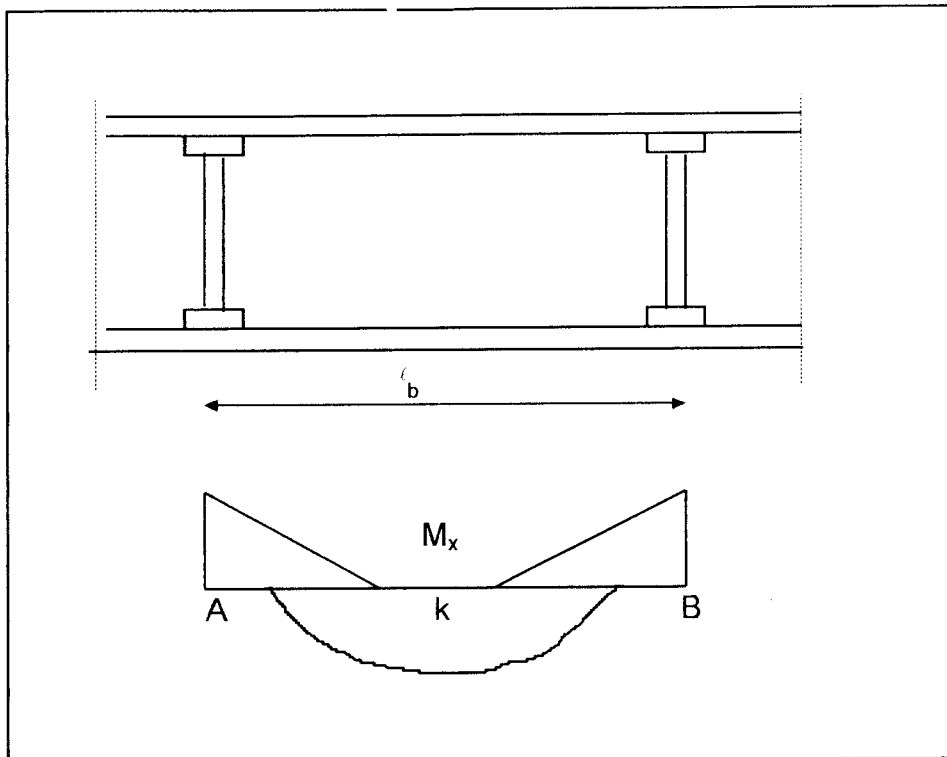
$$M_K = ((0.037 \times 10.8) + (0.08 \times 5.9978)) \times 7.75^2 = 52.8404 \text{ KN.m}$$

$$M_{AB} = - ((0.07 \times 10.8) + (0.11 \times 5.9978)) \times 7.75^2 = -85.034 \text{ KN.m}$$

$$R = ((0.053 \times 10.8) + 0.6 \times 5.9978) \times 7.75 = 72.2508 \text{ KN.m}$$

2. Beban horisontal

Pada waktu penggalian parit, *guide wall* akan menerima beban-beban dan untuk perkuatan dipasang *bracing* (penopang). dapat dilihat pada gambar 4.3 berikut ini



Gambar 4.3 Tegangan akibat beban horisontal

Jarak maksimum yang dipakai antara *bracing* adalah lebar mulut *grab* ditambah 1 m dimana mulut *grab* dalam keadaan terbuka adalah 2.20 m, maka jarak yang didapat adalah $\ell_b = 2.20 \text{ m} + 1.0 \text{ m} = 3.20 \text{ m}$.

Beban yang ditahan oleh *bracing* ini adalah untuk menahan beban horisontal . Menurut rumus (2.8), (2.9), dan (2.10) didapat:

$$M_k = 0.08 \times 9.5985 \times 3.20^2 = 7.8361 \text{ KN.m}$$

$$M_{AB} = - 0.107 \times 9.5985 \times 3.20^2 = - 10.5169 \text{ KN.m}$$

$$R = 0.6 \times 9.5985 \times 3.20 = 18.4291 \text{ KN.}$$

3. Beban pada *bracing*

$$P_A = 1.14 \times 9.5985 \times 3.2 = 35.0153 \text{ KN}$$

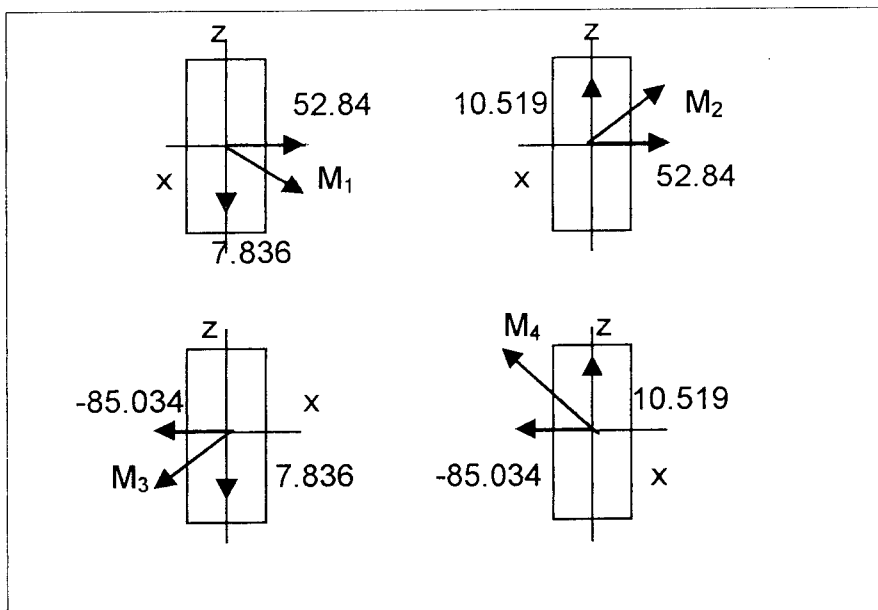
Dipakai 2 batang *bracing* timber dengan $\phi = 0.15 \text{ m}$ maka

$$- A = \frac{2\pi d^2}{4} = 35343 \text{ mm}^2$$

$$- \sigma = P/A$$

$$- \sigma = 350153/35343 = 0.9907 \text{ N/mm}^2 = 990.7 \text{ KN/m}^2$$

Dari perhitungan tegangan akibat beban-beban horisontal dan vertikal didapat beberapa kemungkinan momen yang akan terjadi terlihat pada gambar 4.4 berikut ini



Gambar 4.4 Momen yang terjadi

Sehingga resultan momen yang terjadi dari gambar 4.4 dapat dihitung sebagai berikut :

$$- M_1 = (52.8204^2 + 7.8631^2)^{0.5} = 53.4025 \text{ KN.m}$$

- $M_2 = (52.8204^2 + 10.5169^2)^{0.5} = 53.8572 \text{ KN.m}$
- $M_3 = - (85.034^2 + 7.8631^2)^{0.5} = - 85.3968 \text{ KN.m}$
- $M_4 = - (85.034^2 + 10.5169^2)^{0.5} = - 85.6819 \text{ KN.m}$

- **Untuk axis z**

$$* z_i = \sum \frac{Mx_i \cdot b'}{Mz_i} \Rightarrow b' = \frac{\ell_g - t_s}{2} = \frac{300 - 56}{2} = 122 \text{ mm}$$

$$* z_1 = \frac{52.8204 \times 122}{7.8631} = 819.5354 \text{ mm}$$

$$* z_2 = \frac{52.8204 \times 122}{10.5169} = 612.7315 \text{ mm}$$

$$* z_3 = \frac{85.034 \times 122}{7.8631} = 1319.3458 \text{ mm}$$

$$* z_4 = \frac{85.034 \times 122}{10.5169} = 986.4264 \text{ mm}$$

- **Untuk koordinat q**

$$* q_i = 2(z_i^2 + b'^2)^{1/2}$$

$$* q_1 = 2(819.5354^2 + 122^2)^{1/2} = 1657.1328 \text{ mm}$$

$$* q_2 = 2(612.7365^2 + 122^2)^{1/2} = 1249.5279 \text{ mm}$$

$$* q_3 = 2(1319.3458^2 + 122^2)^{1/2} = 2649.9489 \text{ mm}$$

$$* q_4 = 2(986.4264^2 + 122^2)^{1/2} = 1987.8843 \text{ mm}$$

- Untuk luas penampang Ast

$$* A_{st,i} = \sum \frac{Mx_i}{q_i \left(\frac{lg - 2b'}{2} \right)} \Rightarrow \left(\frac{lg - 2b'}{2} \right) = \left(\frac{300 - 2 \times 122}{2} \right) = 280mm$$

$$* A_{st,1} = \frac{53402500}{1657.1328 \times 280} = 115.0923mm^2$$

$$* A_{st,2} = \frac{53857200}{1249.5279 \times 280} = 153.9359mm^2$$

$$* A_{st,3} = \frac{85396800}{2649.9489 \times 280} = 115.0922mm^2$$

$$* A_{st,4} = \frac{85681900}{1987.8843 \times 280} = 153.9359mm^2$$

$$\bullet \bar{z}_c = \frac{\sum A_{st,i} \cdot \bar{z}_i}{\sum A_{st}} = \frac{(115.1 \times 819.5) + (153.9 \times 612.7) + (115.1 \times 1319.3) + (153.9 \times 986.4)}{(115.1 + 153.9 + 115.1 + 153.9)}$$

$$= 916.9908 \text{ mm}$$

$$\bullet x_c = \frac{\sum A_{st,i} \cdot x_i}{\sum A_{st}} = 122mm$$

$$\bullet q_{oz} = \frac{x_{oz}}{2} + \bar{z}_c = \frac{1500}{2} + 916.9908 = 1291.9908mm$$

$$\bullet q_{ox} = \frac{x_{ox}}{2} + x_c = \frac{300}{2} + 122 = 197mm$$

$$\bullet \mathbf{Rx = 18.4291 \text{ KN} \qquad \mathbf{Rz = 72.2508 \text{ KN}}$$

$$\tau_{iz} = \frac{Rz}{(lg \cdot q_{oz})} = \frac{72250,8}{(300 \times 1291.9908)} = 0.18641N/mm^2$$

$$\tau_{ix} = \frac{Rx}{(hg \cdot q_{ox})} = \frac{18429.1}{(1500 \times 197)} = 0.0624N/mm^2$$

$$\tau_{\max} = \left(\tau_{iz}^2 + \tau_{ix}^2 \right)^{0.5} = \left(0.18641^2 + 0.0624^2 \right)^{0.5} = 0.1966N/mm$$

- $P_A \text{ bracing} = 35,0153 \text{ KN}$
- $\tau_{al} = 4/3 \ Q/r^2 \rightarrow r = 0,075 \text{ m}$
- $\tau_{al} = \frac{4 \times 350153}{3 \times \pi \times 0.075^2} = 2463.28 \text{ KN} / \text{m}^2 = 2.46 \text{ N} / \text{mm}^2$
- $\tau_{al} = 2,46 \text{ N/mm}^2 > \tau_{max} = 0,1966 \text{ N/mm}^2$

Berarti struktur *guide wall* aman terhadap pengaruh pada waktu pelaksanaan dinding diafragma.

4.1.2 Pelaksanaan *guide wall*

Pada pembuatan *guide wall* atau dinding pengarah ini terdiri dari beberapa tahap pekerjaan yaitu :

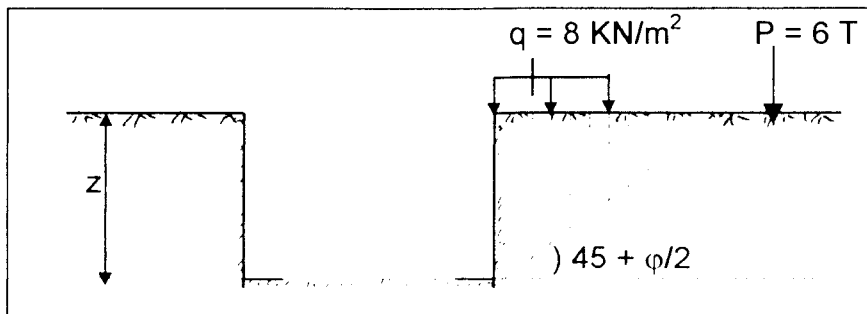
- a) penggalian tanah
- b) pembuatan *bekisting*
- c) pembetonan

a) penggalian tanah

analisa pada tahap penggalian ini dibagi dalam 2 tahap tinjauan yaitu pada tahap separuh galian rencana sebesar 0.75 m dan pada tahap penyelesaian galian sebesar 1.5 m.

1. Pada saat galian mencapai 0.75 m

Dapat dilihat pada gambar 4.5 berikut ini



Gambar 4.5 Pada saat kedalaman galian mencapai 0.75 m

Analisa dengan ketinggian galian sebesar 0.75 m dengan beban merata sebesar $q = 8 \text{ KN/m}^2$:

$$\Rightarrow \sigma_z = \gamma \cdot z \cdot \tan^2(45 - \phi/2) - 2c \tan(45 - \phi/2) + q \cdot \tan^2(45 - \phi/2)$$

$$\Rightarrow \sigma_z = \gamma \cdot z \cdot \tan^2(45 - \phi/2) + q \cdot \tan^2(45 - \phi/2), c = 0$$

$$\Rightarrow \sigma_z = 0$$

$$\Rightarrow q = \gamma \cdot z$$

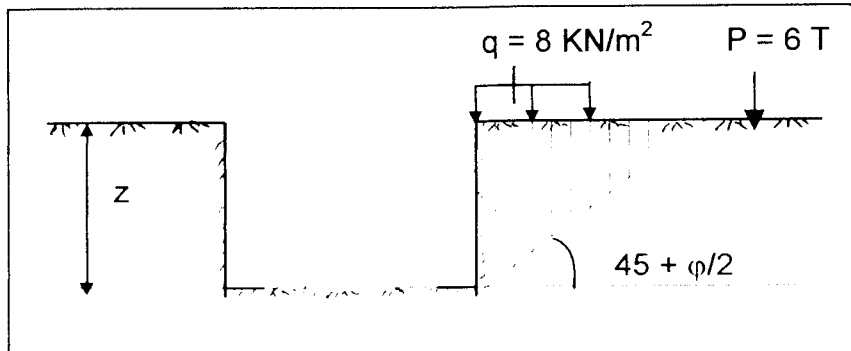
$$\Rightarrow \bar{q} = 21 \times 0.75$$

$$\Rightarrow \bar{q} = 15.75 \text{ KN/m}^2 \geq q = 8 \text{ KN/m}^2 (\text{OK})$$

Beban ijin lebih besar dari beban yang bekerja berarti selama pelaksanaan, tanah tidak mengalami kelongsoran.

2. Pada saat galian mencapai 1.5 m

Dapat dilihat pada gambar 4.6 berikut ini



Gambar 4.6 Pada saat galian mencapai kedalaman 1.5 m

Analisa dengan ketinggian galian sebesar 1.5 m dengan beban merata sebesar $q = 8 \text{ KN/m}^2$:

$$\Rightarrow \sigma_z = \gamma \cdot z \cdot \tan^2(45 - \phi/2) - 2c \tan(45 - \phi/2) + q \cdot \tan^2(45 - \phi/2)$$

$$\Rightarrow \sigma_z = \gamma \cdot z \cdot \tan^2(45 - \phi/2) + q \cdot \tan^2(45 - \phi/2), c = 0$$

$$\Rightarrow \sigma_z = 0$$

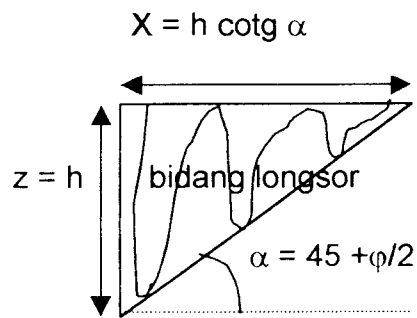
$$\Rightarrow q = \gamma \cdot z$$

$$\Rightarrow \bar{q} = 21 \times 1.5$$

$$\Rightarrow \bar{q} = 31.5 \text{ KN/m}^2 \geq q = 8 \text{ KN/m}^2 (\text{OK})$$

Beban ijin lebih besar dari beban yang bekerja berarti selama pelaksanaan, tanah tidak mengalami kelongsoran.

Untuk beban alat berat sebesar 6 ton pada saat penggalian mencapai 0.75 m dan 1.5 m, posisi alat berat harus berada diluar bidang longsor dan dapat diperkirakan jarak aman sebagai berikut :

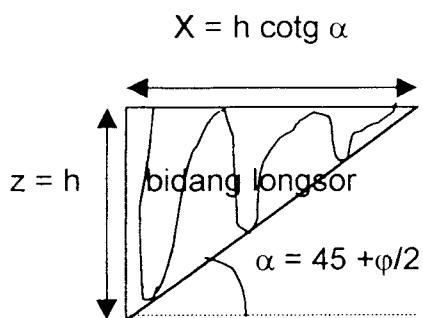


$$h = 0.75 \text{ m}$$

$$\varphi = 35^\circ$$

$$x = 0.75 \cotg 62.5^\circ = 0.846 \text{ m}$$

$$x \approx 1 \text{ m}$$



$$h = 1.5 \text{ m}$$

$$\varphi = 35^\circ$$

$$x = 1.5 \cotg 62.5^\circ = 1.69 \text{ m}$$

$$x \approx 2 \text{ m}$$

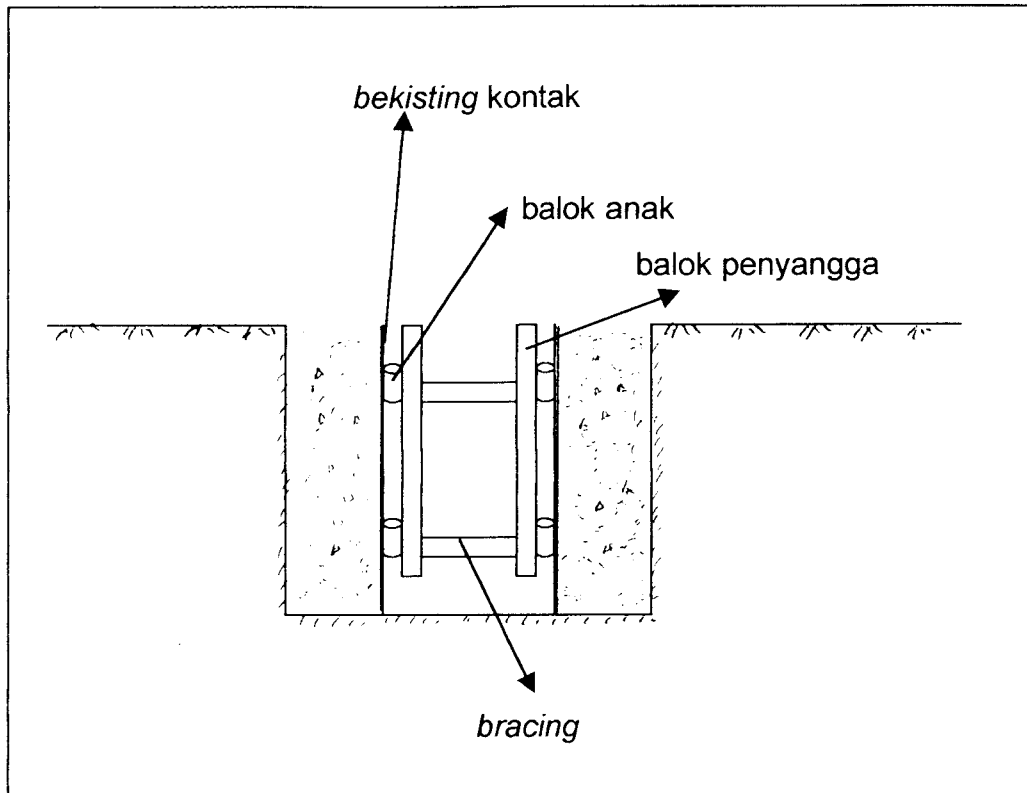
diambil jarak aman alat berat rata-rata minimal yaitu 2 m .

b. Pembuatan *bekisting*

Untuk kotak cor (*bekisting*) *guide wall* terdiri dari :

- 1) *bekisting* kontak
- 2) balok anak
- 3) balok penyangga
- 4) *bracing*

Analisa perhitungan dengan menggunakan per meter panjang dan untuk jelasnya dapat dilihat pada gambar sketsa rancangan *bekisting* berikut ini ;



Gambar. 4.8. Gambar bekisting guide wall

1. Bekisting kontak

bahan yang digunakan merupakan *multiplex* sehingga perhitungannya perhitungan *bekisting kontak*.

- Pembebanan

$$\text{berat beton} \quad 1.5 \times 25 = 37,5 \quad \text{KN/m}^2$$

$$\text{berat kerja} \quad = 1,5 \quad \text{KN/m}^2$$

$$\text{berat sendiri bekisting} \quad = \underline{0,45 \quad \text{KN/m}^2}$$

$$= 39,45 \quad \text{KN/m}^2$$

$$q = 39.45 \text{ N/mm}^1$$

$$W \text{ x per m}' = 1/6 \cdot bh^2 = 1/6 \cdot 1000 \cdot 20^2 = 66,67 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$I \text{ x per m}' = 1/12 \cdot Bh^2 = 1/12 \cdot 1000 \cdot 20^3 = 666,67 \cdot 10^3 \text{ mm}^4$$

a. Kekuatan

$$\sigma \geq \frac{M_{\max}}{W} \longrightarrow \text{dipakai kayu kelas II} \\ \text{sebagai balok anak } 60/120 \text{ mm}^2 \\ \sigma = 10 \text{ } \phi = 10 \text{ N/mm}^2$$

$$M_{\max} \leq \frac{\sigma}{W}$$

$$M_{\max} \leq \frac{10}{66.7 \times 10^3}$$

$$\frac{1 \cdot qL^2}{10} \leq \frac{10}{66.7 \times 10^3}$$

$$L \leq \sqrt{\frac{10 \times 10 \times 6.67 \times 10^3}{39.45}}$$

$$L \leq 411,1 \text{ mm} \dots \dots \dots (1)$$

b. Kekakuan

$$\delta_{AB} \leq 0,003 L \text{ (pekerjaan bersih)}$$

$$\frac{5qL^4}{384EI} - \frac{1qL^2 \times L^2}{10 \times EI} \leq 0,003 L$$

$$E = 10.000 \text{ N/mm}^2, I = 666,67 \cdot 10^3 \text{ mm}^4, q = 39,45 \text{ N/m}'$$

$$qL^4 \left(\frac{5}{384} - \frac{1}{10} \right) \leq 0,003 L$$

$$q \cdot L^3 \cdot 0,00677 \leq 0,003 EI$$

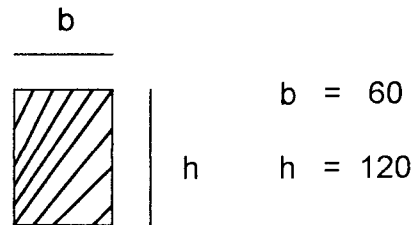
$$L^3 \leq \frac{0,003 \times 10000 \times 666,67 \times 10^3}{0,00677 \times 39,45}$$

$$L \leq 421 \text{ mm} \dots \dots \dots (2)$$

Dari hasil (1) dan (2) yang dipakai hasil (1) atau yang terkecil sehingga jarak antara balok anak sebesar $L = 411 \text{ mm}$.

2. balok anak

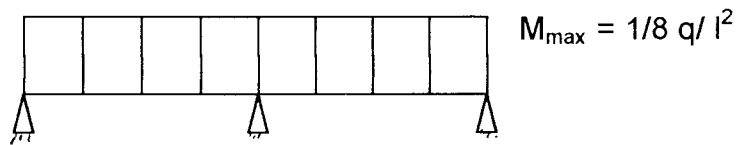
balok anak menggunakan kayu kelas II dengan ukuran 60 x 120 mm



jarak antara balok anak $L = 411 \text{ mm}$

beban merata balok $q = 411 \times 39,45 / 10^3 \text{ mm}^1 = 16,214 \text{ N/mm}^1$

balok anak ditumpu oleh 3 penyangga



a. Kekuatan

$$\sigma \geq M/W \longrightarrow M \leq \sigma W$$

$$W = 1/6 bh^2 = 1/6 \cdot 60 \cdot 120^2 = 144 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$I = 1/12 bh^3 = 1/12 \cdot 60 \cdot 120^3 = 8640 \cdot 10^3 \text{ mm}^4$$

$$10 \leq \frac{1/8 \times 16.214 \times L^2}{144 \times 10^3}$$

$$L \leq \sqrt{\frac{10 \times 144 \times 10^3 \times 8}{16.214}}$$

$$L \leq 842,91 \text{ mm} \dots \dots \dots (1)$$

b. Kekakuan

$$\delta_{12} \leq 0,003 L$$

$$L^3 \leq 1.003EI \times \frac{1}{0.00677 \times 33.256}$$

$$L \leq 1311,64 \text{ mm} \dots\dots\dots (2)$$

Hasil (1) dan (2) diambil jarak 843 mm (hasil (1) untuk jarak antar balok penyangga.

3. balok penyangga

balok yang digunakan ukuran 80 x 140 mm dengan beban penyangga
 $= 843 \times 39,45 \cdot 10^{-3} = 33,256 \text{ N/mm}$ dan penyangga bertumpu pada
 4 bracing sehingga $M_{\max} = 1/10 ql^2$.

a. Kekuatan

$$W = 1/6 \cdot (80) \cdot (140)^2 = 261,33 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$I = 1/12 \cdot (80) \cdot (140)^3 = 18,3 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$10 \leq \frac{1/10 \times 33,256 \times L^2}{261,33 \times 10^3}$$

$$L \leq 886,5 \approx 887 \text{ mm} \dots\dots\dots (1)$$

b. Kekakuan

$$\delta = 0,003 L$$

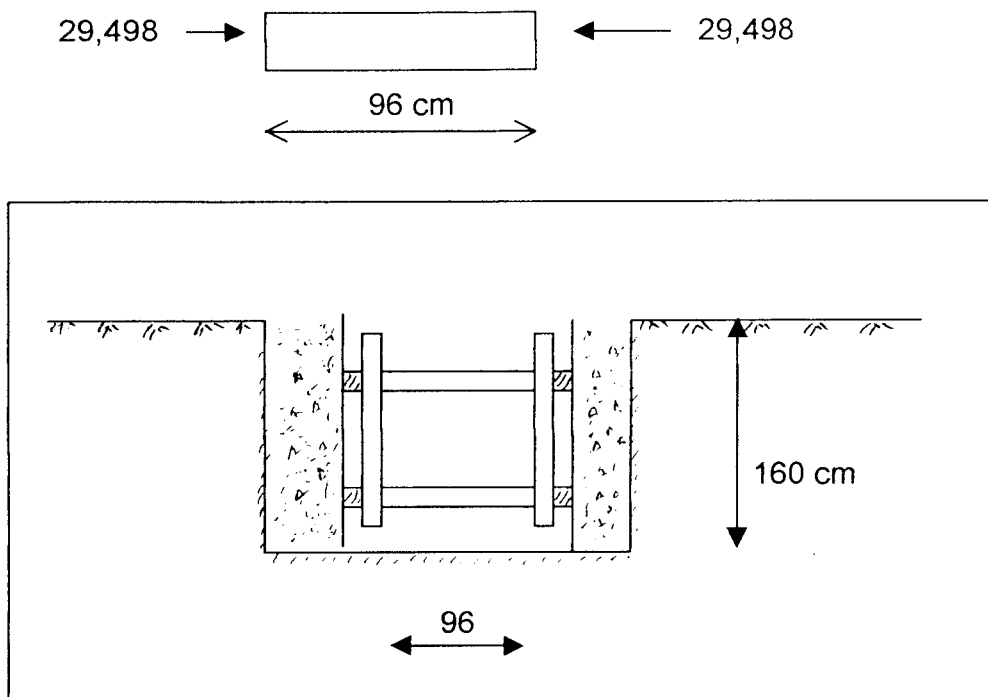
$$L^3 \leq 0,003 E \cdot I \frac{1}{0,00677,33,256}$$

$$L \leq 1345,97 \approx 13,46 \text{ mm} \dots\dots\dots (2)$$

diambil hasil (1), maka jarak bracing $L = 897 \text{ mm}$

4. bracing

digunakan empat (4) buah *bracing* dengan beban terpusat
 $= 0,887 \times 0,843 \times 39,45 = 29,498$ KN dan kayu yang digunakan
 ukuran (80 x 80) mm².



Gambar 4.9 Ukuran *bracing*

a. panjang bracing 96 cm = 0,96 m

b. $r_{\min} = 0,298$, $b = 2,312$ cm

c. $\lambda = \frac{96}{2,312} = 41,52$

ω (faktor tekuk) = 1,38 $\longrightarrow \lambda = 41$

1,39 $\longrightarrow \lambda = 42$

ω interpolasi = 1,385

$\sigma_{tk} // = 110$ kg/cm²

$$\sigma_{tk} // \geq \frac{P.\omega}{b.h}$$

$$\sigma_{tk} // \geq \frac{29,498.1,385}{8.h}$$

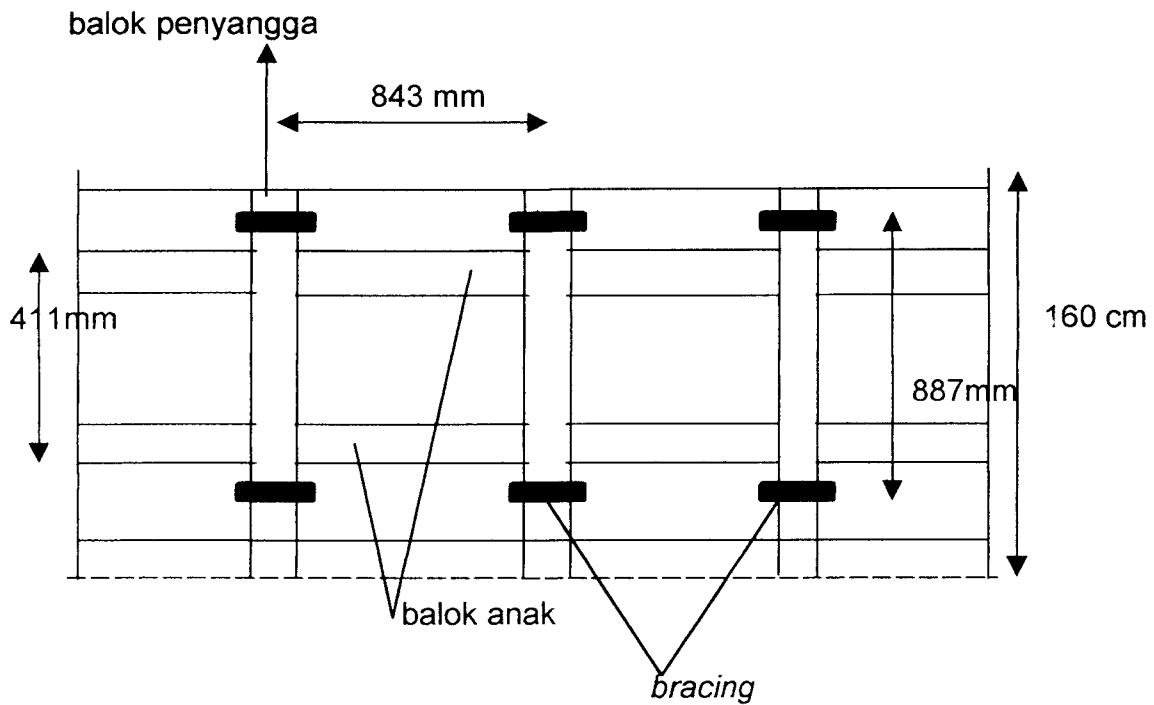
$$110 \geq \frac{29,498 . 1,385}{8.h}$$

$$h \geq \frac{29,498.1,385}{110.8}$$

$$h \geq 4,64 \text{ cm}$$

berarti ukuran 80 x 80 mm untuk bracing aman atau dapat menahan gaya sebesar 29,448 KN.

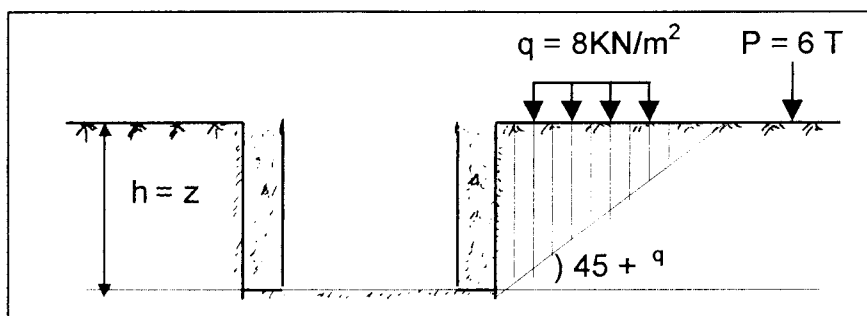
Dari hasil perhitungan struktur bekisting diatas maka dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 4.10 Komposisi *bekisting*

3. Pembetonan *guide wall*

Tinjauan pada saat pembetonan *guide wall*, beban yang bekerja adalah *truck mixer* sebesar 6 T, kemudian pekerja dan lainnya di perkirakan total beban yang bekerja adalah $q = 8 \text{ KN/m}^2$. Dapat dilihat pada gambar berikut 4.11 berikut ini :



Gambar 4.11 Gambar pada saat pengecoran

$$\Rightarrow \sigma_z = \gamma \cdot z \cdot \tan^2(45 - \varphi/2) - 2c \tan(45 - \varphi/2) + q \cdot \tan^2(45 - \varphi/2)$$

$$\Rightarrow \sigma_z = \gamma \cdot z \cdot \tan^2(45 - \varphi/2) + q \cdot \tan^2(45 - \varphi/2), c = 0$$

$$\Rightarrow \sigma_z = 0$$

$$\Rightarrow q = \gamma \cdot z$$

$$\Rightarrow \bar{q} = 21 \times 1.5$$

$$\Rightarrow \bar{q} = 31.5 \text{ KN/m}^2 \geq q = 8 \text{ KN/m}^2 (\text{OK})$$

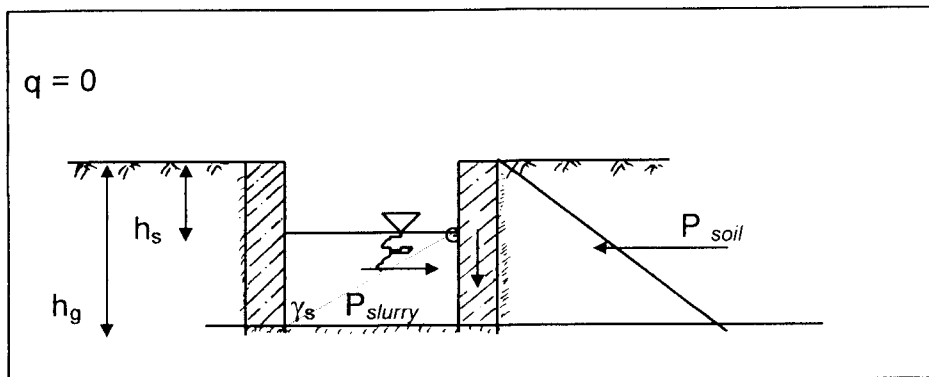
Beban ijin lebih besar dari beban yang bekerja berarti selama pelaksanaan, tanah tidak mengalami kelongsoran.

Setelah *guide wall* jadi maka akan dilihat gaya-gaya yang bekerja baik pada *guide wall* itu sendiri dan gaya-gaya luar pada saat dimulai proses pembuatan parit. Untuk beban alat besar sebesar 6T untuk *truck mixer*, maka posisi *truck mixer* harus diluar bidang longsor yaitu dengan jarak antara 1 – 2 meter dan dapat dilihat dari perhitungan kedalaman galian pada saat mencapai $h=1,5$ m pada halaman 78.

4. 2 Pada Pembuatan Parit

Analisa pelaksanaan struktur pada waktu penggalian parit yang terisi *slurry* dilakukan dengan melihat beberapa tinjauan pias-pias kedalaman galian, beban –beban yang bekerja dan pengaruh muka air tanah pada waktu penggalian.

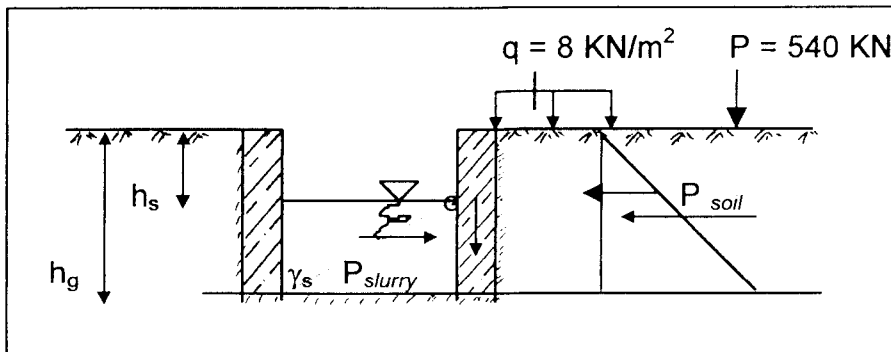
a) Fase sebelum ada gaya luar dan parit terisi *slurry*



Gambar 4.12 Tanpa gaya luar

- $P_{slurry} = \frac{\gamma_s}{2} \cdot (h_g - h_s)^2$
- $P_{slurry} = \frac{10.8 \times 1^2}{2} = 5.4 \text{ KN / m}$
- $P_G = 0.3 \times 1.5 \times 24$
- $P_G = 10.8 \text{ KN/m}$
- $P_{soil} = 0.5 \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot K_a$
- $P_{soil} = 6.378 \text{ KN/m}^2$
- Syarat kesetimbangan $P_{slurry} + P_G > P_{soil}$
Berarti $(5.4 + 10.8) \text{ KN/m} > 6.378 \text{ KN/m} \text{ (OK)}$

b) Fase setelah ada gaya luar



Gambar 4.13 Dengan gaya luar

- $P_{slurry} = \frac{\gamma_s}{2} (h_g - h_s)^2$
- $P_{slurry} = \frac{10.8 \times 1^2}{2} = 5.4 \text{ KN / m}$
- $P_G = 0.3 \times 1.5 \times 24$
- $P_G = 10.8 \text{ KN/m}$
- $P_{soil} = 0.5 \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot K_a + q \cdot K_a \cdot H$
- $P_{soil} = 9.618 \text{ KN/m}^2$
- Syarat kesetimbangan $P_{slurry} + P_G > P_{soil} + P_t$

Bila Beban $P = 540 \text{ KN}$ dianggap bekerja beban titik dengan jarak sejauh

$x = 3 \text{ m}$ maka dipakai rumus Bousinesg yaitu :

- $X = m \cdot H$ $x = \text{jarak}$
- $3 = m \cdot H \rightarrow m = 3/1.5 = 2$
- $z = n \cdot H$ $z = \text{kedalaman tinjauan}$
- $n = z/H$ $H = \text{kedalaman total}$

$$R_1 \rightarrow m \leq 0.4 \rightarrow \sigma_{x(z)} = \frac{0.28xn^2xP}{(0.16 + n^2)^3 xH^2}$$

$$R_2 \rightarrow m \geq 0.4 \rightarrow \sigma_{x(z)} = \frac{1.77xm^2xn^2xP}{(m^2 + n^2)^3 xH^2}$$

- $P_t(z) = 0.5 (\sigma_{x(z-1)} - \sigma_{x(z)}) \cdot 1 \text{ m}$

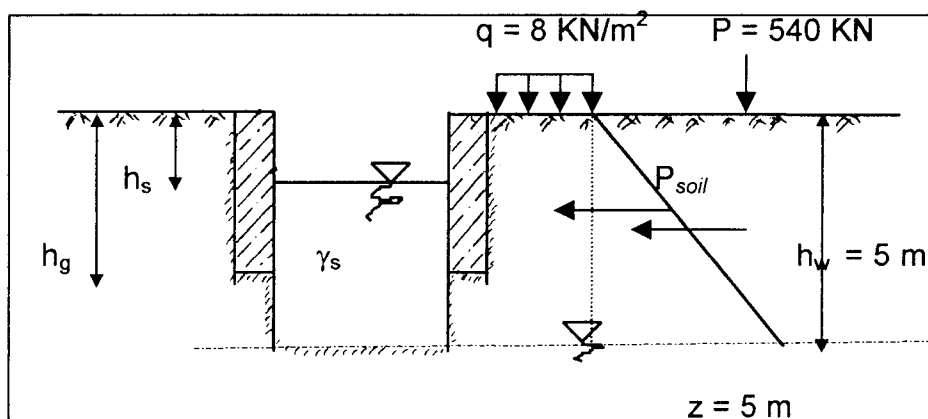
ditabelkan dengan variasi kedalaman sebagai berikut :

Tabel 4.1 kedalaman galian 1.5 m

no	Z(meter)	n	$R_2 \quad \sigma_x \quad (\text{KN/m}^2)$	$P_t \quad (\text{KN/m})$
1	0,5	0,33	$\sigma_{x1} = 2,71225$	$P_{t1} = 1/2 (0 + \sigma_{x1}) \cdot 1\text{m} = 1,356$
2	0,75	0,5	$\sigma_{x2} = 5,5337$	$P_{t2} = 1/2 (\sigma_{x1} + \sigma_{x2}) \cdot 1\text{m} = 4,123$
3	1,5	1	$\sigma_{x3} = 13,5936$	$P_{t3} = 1/2 (\sigma_{x2} + \sigma_{x3}) \cdot 1\text{m} = 9,564$
			$\sum \sigma_x = 21.8385$	$\sum P_t = 15,043$

$P_{\text{tot}} = 15,043 \text{ KN/m} + 9.618 \text{ KN/m} < P_{\text{slurry}} + P_{\text{guide}} = 16,2 \text{ KN/m}$
 tidak aman, namun diperkuat oleh bracing dengan $P = 35.0153 \text{ KN}$ dan
 $\sigma_x = 990.7 \text{ KN/m}^2$ sehingga aman.

c) Fase pada saat penggalian mencapai 5 m (H_w)



Gambar 4.14 Saat penggalian parit sedalam 5 m

1. Dengan beban merata sebesar $q = 8 \text{ KN/m}^2$ akan diperoleh tekanan tanah yaitu :

$$\bullet P_{soil} = 0.5 (\gamma_{soil} - \gamma_{water}) \cdot Ka \cdot H^2 + q \cdot Ka \cdot H$$

$$P_{soil} = 0,5 (21-10) \cdot 0,27 \cdot 5^2 + 8 \cdot 0,27 \cdot 5$$

$$P_{soil} = 47.925 \text{ KN/m}$$

$$\bullet P_{water} = 0,5 \cdot \gamma_{water} \cdot (H - H_w)^2$$

$$P_{water} = 0,5 \cdot 10 (5 - 5)^2$$

$$P_{water} = 0 \text{ KN/m}$$

2. Dengan beban titik sebesar $P = 540 \text{ KN}$, berlaku persamaan Boussinesq

$$R_1 \rightarrow m \leq 0.4 \rightarrow \sigma_{x(z)} = \frac{0.28 \cdot x n^2 \cdot x P}{(0.16 + n^2)^3 \cdot x H^2}$$

$$R_2 \rightarrow m \geq 0.4 \rightarrow \sigma_{x(z)} = \frac{1.77 \cdot x m^2 \cdot x n^2 \cdot x P}{(m^2 + n^2)^3 \cdot x H^2}$$

Diperoleh tekanan tanah dalam tabel perhitungan di bawah ini :

Tabel 4.2 pada kedalaman 5 m

No	Z (m)	n	$R_1 \quad m < 0.4 \quad x = 1 \text{ m}$	$R_2 \quad m > 0.4 \quad x = 3 \text{ m}$	$P_{11} \text{ (KN/m)}$	$P_{12} \text{ (KN/m)}$
			$\sigma_{x1} \text{ (KN/m}^2\text{)}$	$\sigma_{x2} \text{ (KN/m}^2\text{)}$		
1	1	0.2	30.240	8.6022	15.1200	4.3011
2	2	0.4	29.533	15.6617	29.8865	12.1320
3	3	0.6	15.485	13.275	22.5090	14.4684
4	4	0.8	7.560	8.8087	11.5225	11.0419
5	5	1.0	3.875	5.4716	5.7175	7.1402
					$\Sigma P_{11} = 84.7555$	$\Sigma P_{12} = 49.0836$

$$\text{Jadi } P_{tot} = P_{soil} + P_{water} + P_{titik}$$

$$= 47.925 + 0 + 84.7555$$

$$= 132.681 \text{ KN/m}$$

$$\begin{aligned}
 P_{slurry} &= 0.5 \gamma_{slurry} \cdot (H - h_s)^2 \\
 &= 0.5 \times 10.8 \times 4.5^2 \\
 &= 109.35 \text{ KN/m}
 \end{aligned}$$

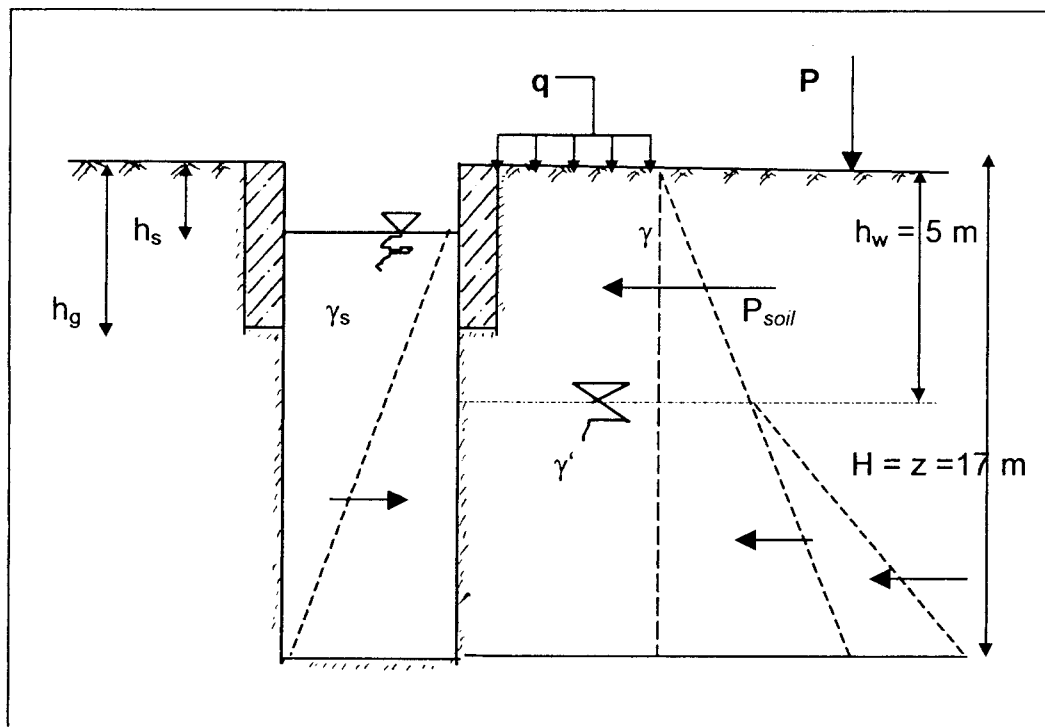
dapat dilihat $P_{slurry} = 109.35 \text{ KN/m} < P_{tot} = 132.681 \text{ KN/m}$

(pada jarak beban titik $x = 1 \text{ m}$), berarti tidak aman. Namun bila jarak alat berat diambil $x = 3 \text{ m}$ maka $P_{titik} = 49.0836 \text{ KN/m}$, sehingga

$$\begin{aligned}
 P_{total} &= P_{soil} + P_{water} + P_{titik} \\
 &= 97.011 \text{ KN/m}
 \end{aligned}$$

$P_{slurry} = 109.35 \text{ KN/m} > P_{total} = 97.011 \text{ KN/m}$ (aman)

d) Pada saat galian mencapai kedalaman 17 m



Gambar 4.16 Saat alat galian mencapai kedalaman 17 m

1. Dengan beban merata sebesar $q = 8 \text{ KN/m}^2$ diperoleh

- $P_{soil} = 0.5 (\gamma_{soil} - \gamma_{water}) \cdot Ka \cdot H^2 + q \cdot Ka \cdot H$
 $P_{soil} = 0,5 (21-10) \cdot 0,27 \cdot 17^2 + 8 \cdot 0,27 \cdot 17$
 $P_{soil} = 465,885 \text{ KN/m}$
- $P_{water} = 0,5 \cdot \gamma_{water} \cdot (H - h_w)^2$
 $P_{water} = 0,5 \cdot 10 (17 - 5)^2$
 $P_{water} = 720 \text{ KN/m}$

3. Dengan beban titik sebesar $P = 540 \text{ KN}$, berlaku persamaan Boussinesq

$$R_1 \rightarrow m \leq 0.4 \rightarrow \sigma_{x(z)} = \frac{0.28xn^2 xP}{(0.16 + n^2)^3 xH^2}$$

$$R_2 \rightarrow m \geq 0.4 \rightarrow \sigma_{x(z)} = \frac{1.77xm^2 xn^2 xP}{(m^2 + n^2)^3 xH^2}$$

Tabel 4.3 pada kedalaman 17 m

No	z(m)	n	$R_1 \quad m < 0.4 \quad x = 3 \text{ m}$	$R_2 \quad m > 0.4 \quad x = 7 \text{ m}$	$P_{t1} \text{ (KN/m)}$	$P_{t2} \text{ (KN/m)}$
			$\sigma_{x1} \text{ (KN/m}^2\text{)}$	$\sigma_{x2} \text{ (KN/m}^2\text{)}$		
1	1	0.06	0.4301	0.3954	0.2151	0.1977
2	2	0.12	1.4203	1.3171	0.9252	0.8563
3	3	0.18	2.3800	2.2348	1.9002	1.7760
4	4	0.24	2.9248	2.7853	2.6524	2.5101
5	5	0.29	3.0252	2.9147	2.9750	2.8500
6	6	0.35	2.8427	2.7752	2.9340	2.8450
7	7	0.41	2.4900	2.4593	2.6664	2.6173
8	8	0.47	2.0913	2.0863	2.2907	2.2728
9	9	0.53	1.7147	1.7252	1.9030	1.9058
10	10	0.59	1.3884	1.4070	1.5516	1.5661
11	11	0.65	1.1184	1.1402	1.2534	1.2736
12	12	0.71	0.9005	0.9227	1.0095	1.0315
13	13	0.76	0.7530	0.7744	0.8268	0.8486
14	14	0.82	0.6099	0.6269	0.6815	0.7020
15	15	0.88	0.4966	0.5142	0.5533	0.5719
16	16	0.94	0.4067	0.4223	0.4517	0.4683
17	17	1.00	0.3352	0.3488	0.3710	0.3856
					$\Sigma P_{t1} = 25.161$	$\Sigma P_{t2} = 24.6786$

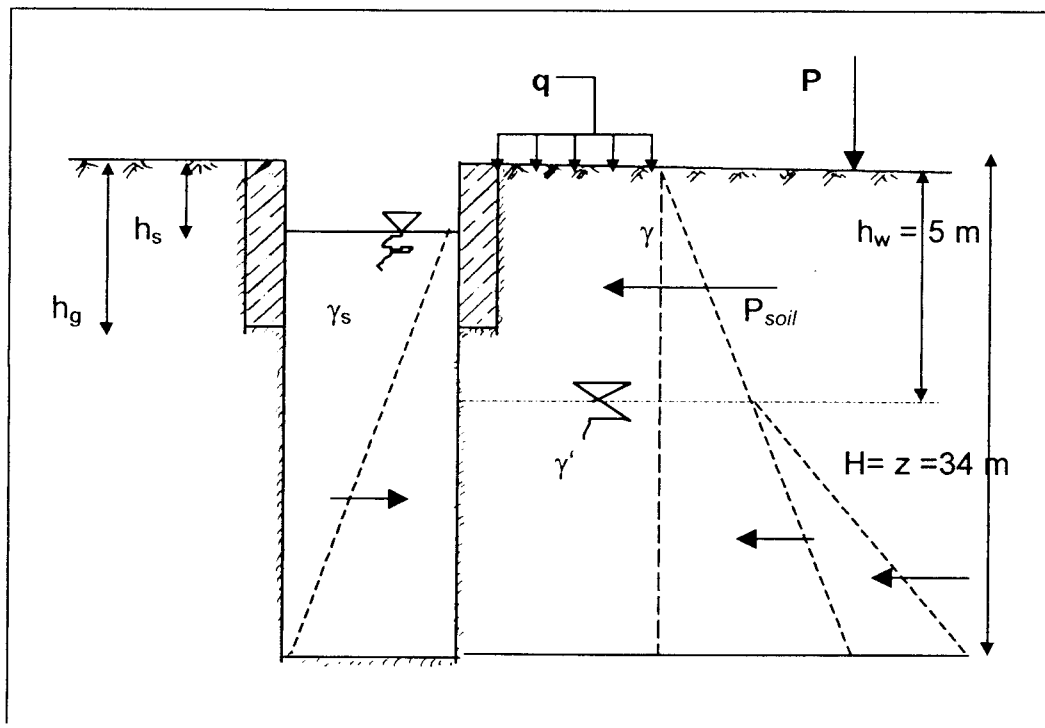
Diambil $P_{titik} = 25.161 \text{ KN/m}$

$$\begin{aligned}
 \text{Jadi } P_{\text{tot}} &= P_{\text{soil}} + P_{\text{water}} + P_{\text{titik}} \\
 &= 465.885 + 720 + 25.161 \\
 &= 1174.326 \text{ KN/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{\text{slurry}} &= 0.5 \gamma_{\text{slurry}} \cdot (H-h_s)^2 \\
 &= 0.5 \times 10.8 \times 16.5^2 \\
 &= 1470.15 \text{ KN/m}
 \end{aligned}$$

dapat dilihat $P_{\text{slurry}} = 1470.15 \text{ KN/m} > P_{\text{tot}} = 1174.326 \text{ KN/m}$ berarti aman.

e) Pada galian mencapai kedalaman 34 m



Gambar 4.17 Saat alat galian mencapai kedalaman 34 m

1. Dengan beban merata sebesar $q = 8 \text{ KN/m}^2$ diperoleh

$$P_{\text{soil}} = 0.5 (\gamma_{\text{soil}} - \gamma_{\text{water}}) \cdot K_a \cdot H^2 + q \cdot K_a \cdot H$$

$$P_{\text{soil}} = 0,5 (21-10) \cdot 0,27 \cdot 34^2 + 8 \cdot 0,27 \cdot 34$$

$$P_{soil} = 1790.1 \text{ KN/m}$$

$$\bullet P_{water} = 0,5 \cdot \gamma_{water} \cdot (H - h_w)$$

$$P_{water} = 0,5 \cdot 10 \cdot (34 - 5)^2$$

$$P_{water} = 4205 \text{ KN/m}$$

2. Dengan beban titik sebesar $P = 540 \text{ KN}$, berlaku persamaan Boussinesq

$$R_1 \rightarrow m \leq 0.4 \rightarrow \sigma_{x(z)} = \frac{0.28xn^2 xP}{(0.16 + n^2)^3 xH^2}$$

$$R_2 \rightarrow m \geq 0.4 \rightarrow \sigma_{x(z)} = \frac{1.77xm^2 xn^2 xP}{(m^2 + n^2)^3 xH^2}$$

Tabel 4.4 pada kedalaman 34 m dengan $P = 540 \text{ KN}$

No	z(m)	n	R_1 $m < 0.4$	R_2 $m > 0.4$	P_{t1} (KN/m)	P_{t2} (KN/m)
			σ_{x1} (KN/m ²)	σ_{x2} (KN/m ²)		
1	1	0.03	0.0283	0.0259	0.0142	0.0130
2	2	0.06	0.1075	0.0989	0.0679	0.0624
3	3	0.09	0.2230	0.2058	0.1653	0.1524
4	4	0.12	0.3551	0.3293	0.2892	0.2076
5	5	0.15	0.4842	0.4516	0.4197	0.3905
6	6	0.18	0.5950	0.5587	0.5396	0.5052
7	7	0.21	0.6784	0.6415	0.6367	0.6001
8	8	0.24	0.7312	0.6963	0.7048	0.6689
9	9	0.27	0.7548	0.7239	0.7430	0.7101
10	10	0.29	0.7563	0.7287	0.7556	0.7263
11	11	0.32	0.7413	0.7191	0.7488	0.7239
12	12	0.35	0.7107	0.6938	0.7260	0.7065
13	13	0.38	0.6696	0.6577	0.6902	0.6758
14	14	0.41	0.6225	0.6148	0.6461	0.6363
15	15	0.44	0.5727	0.5686	0.5976	0.5917
16	16	0.47	0.5228	0.5216	0.5478	0.5451
17	17	0.50	0.4744	0.4754	0.4986	0.4985
18	18	0.53	0.4287	0.4313	0.4516	0.4534
19	19	0.56	0.3861	0.3899	0.4074	0.4106
20	20	0.59	0.3471	0.3571	0.3666	0.3708
21	21	0.62	0.3116	0.3168	0.3294	0.3343
22	22	0.65	0.2796	0.2851	0.2956	0.3101
23	23	0.68	0.2508	0.2564	0.2652	0.2708
24	24	0.71	0.2251	0.2307	0.2380	0.2436
25	25	0.74	0.2022	0.2076	0.2137	0.2192
26	26	0.77	0.1817	0.1869	0.1920	0.1973
27	27	0.79	0.1693	0.1745	0.1755	0.1807
28	28	0.82	0.1525	0.1574	0.1609	0.1660
29	29	0.85	0.1375	0.1422	0.1450	0.1498
30	30	0.88	0.1242	0.1286	0.1309	0.1354
31	31	0.91	0.1123	0.1164	0.1183	0.1225
32	32	0.94	0.1017	0.1056	0.1070	0.1110
33	33	0.97	0.0922	0.0959	0.0970	0.1001
34	34	1.00	0.0838	0.0872	0.0880	0.0916
					$\Sigma P_{t1} = 12.5731$	$\Sigma P_{t2} = 12.3324$

Diambil $P_{titik} = 12.5731 \text{ KN/m}$

Jadi $P_{tot} = P_{soil} + P_{water} + P_{titik}$

$$= 1790.1 + 4205 + 12.5731$$

$$= 6007.6731 \text{ KN/m}$$

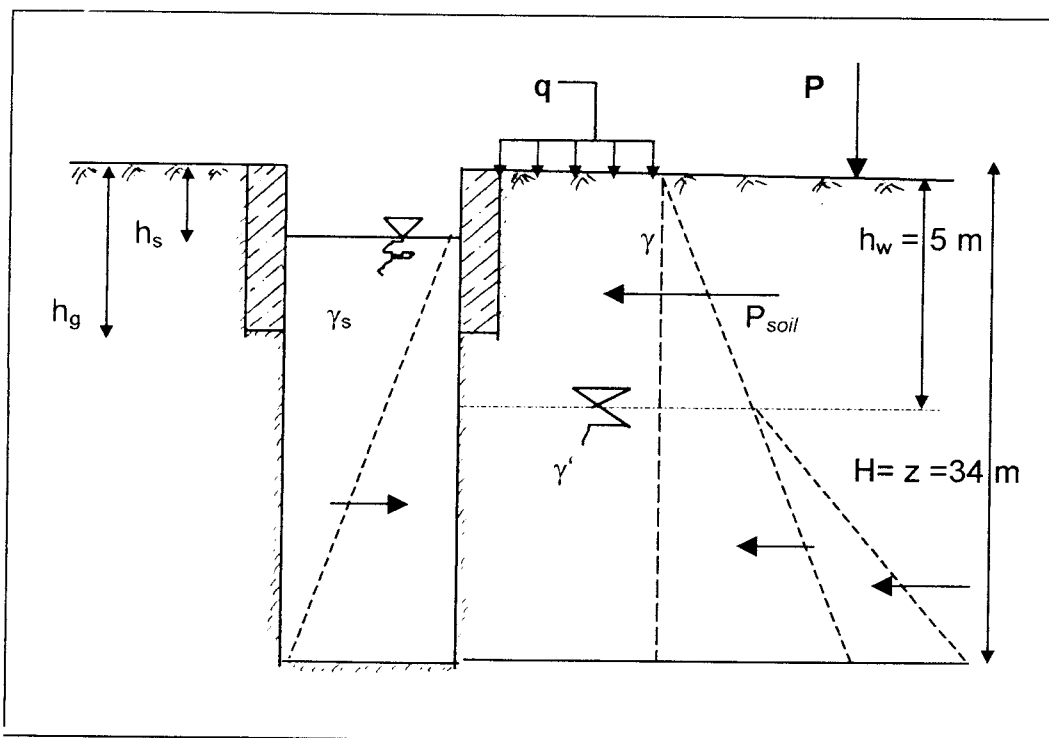
$$P_{slurry} = 0.5 \gamma_{slurry} \cdot (H-h_s)^2$$

$$= 0.5 \times 10.8 \times 33.5^2$$

$$= 6060.15 \text{ KN/m}$$

dapat dilihat $P_{slurry} = 6060.15 \text{ KN/m} > P_{tot} = 6007.6731 \text{ KN/m}$ (aman)

f) Pada galian kedalaman 34 m saat pemancangan ($P = 1000 \text{ KN}$)



Gambar 4.17 Saat alat galian mencapai kedalaman 34 m

1. Dengan beban merata sebesar $q = 8 \text{ KN/m}^2$ diperoleh

- $P_{soil} = 0.5 (\gamma_{soil} - \gamma_{water}) \cdot K_a \cdot H^2 + q \cdot K_a \cdot H$

$$P_{soil} = 0,5 (21-10) \cdot 0,27 \cdot 34^2 + 8 \cdot 0,27 \cdot 34$$

$$P_{soil} = 1790,1 \text{ KN/m}$$

- $P_{water} = 0,5 \cdot \gamma_{water} \cdot (H - h_w)$

$$P_{water} = 0,5 \cdot 10 (34 - 5)^2$$

$$P_{water} = 4205 \text{ KN/m}$$

3. Dengan beban titik sebesar $P = 1000 \text{ KN}$, berlaku persamaan

Boussinesq

$$R_1 \rightarrow m \leq 0,4 \rightarrow \sigma_{x(z)} = \frac{0,28 x n^2 x P}{(0,16 + n^2)^3 x H^2}$$

$$R_2 \rightarrow m \geq 0,4 \rightarrow \sigma_{x(z)} = \frac{1,77 x m^2 x n^2 x P}{(m^2 + n^2)^3 x H^2}$$

Tabel 4.5 pada kedalaman 34 m dengan $P = 1000 \text{ KN}$

No	z(m)	n	R_1	$P_{t1} \text{ (KN/m)}$
			$m < 0.4$ $\sigma_{x1} \text{ (KN/m}^2\text{)}$	
1.	1	0.03	0.0523	0.0142
2.	2	0.06	0.1991	0.1257
3.	3	0.09	0.4130	0.3061
4.	4	0.12	0.6575	0.5353
5.	5	0.15	0.8966	0.7771
6.	6	0.18	1.1019	0.9993
7.	7	0.21	1.2564	1.1792
8.	8	0.24	1.3541	1.3053
9.	9	0.27	1.3977	1.3759
10.	10	0.29	1.14005	1.3991
11.	11	0.32	1.3725	1.3867
12.	12	0.35	1.3161	1.3445
13.	13	0.38	1.2400	1.2781
14.	14	0.41	1.1528	1.1964
15.	15	0.44	1.0604	1.1066
16.	16	0.47	0.9881	1.0243
17.	17	0.50	0.8786	0.9334
18.	18	0.53	0.7938	0.8362
19.	19	0.56	0.7151	0.7545
20.	20	0.59	0.6428	0.6790
21.	21	0.62	0.5771	0.6400
22.	22	0.65	0.5178	0.5475
23.	23	0.68	0.4645	0.4912
24.	24	0.71	0.4169	0.4407
25.	25	0.74	0.3774	0.3957
26.	26	0.77	0.3365	0.3555
27.	27	0.79	0.3136	0.3251
28.	28	0.82	0.2824	0.2980
29.	29	0.85	0.2546	0.2685
30.	30	0.88	0.2299	0.2423
31.	31	0.91	0.2079	0.2189
32.	32	0.94	0.1883	0.1981
33.	33	0.97	0.1708	0.1796
34.	34	1.00	0.1552	0.1630
				$\Sigma P_{t1} = 23.3330$

Diambil $P_{titik} = 23.330 \text{ KN/m}$

Jadi $P_{tot} = P_{soil} + P_{water} + P_{titik}$

$$= 1790.1 + 4205 + 23.3330$$

$$= 6018.4300 \text{ KN/m}$$

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,

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.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

1. *Guide wall* dengan tinggi 1.5 m dan lebar 0.3 m serta penopang dari timber baja dengan diameter 15 mm merupakan dimensi yang aman
2. Pada pelaksanaan pembuatan *guide wall* yaitu pada tahap penggalian di dapat jarak aman alat berat terhadap dinding galian sebesar minimal 2 m.
3. Pada saat kedalaman galian mencapai 1.5 sampai 5 m atau mencapai muka air tanah dan parit sudah terisi *slurry* merupakan kedalaman kritis dan kemungkinan terjadinya kelongsoran sangat tinggi sehingga posisi alat berat minimal berjarak 3 m dari parit.
4. Pada kedalaman galian di atas 5 m posisi alat berat diperbolehkan mendekati parit karena aman dari bahaya kelongsoran.
5. Semakin dalam galian yang dicapai, semakin besar tekanan tanah yang terjadi dan semakin besar pula perlawanan *slurry* terhadap kelongsoran dinding akibat gaya luar yang ada.
6. Pelaksanaan pembangunan dermaga dengan sistem dinding diafragma lebih cepat, murah dan mudah dari pada memakai sistem tiang pancang.
7. Dinding diafragma pada dermaga merupakan struktur yang multifungsi.

1.2 Saran

1. Karena *bentonite* merupakan material yang licin, para pekerja harus dilindungi dengan pasir dan membersihkan sepatu karetnya dengan sikat sebelum meninggalkan lokasi proyek.
2. Parit harus dilindungi oleh pagar pengaman selama penggalian.
3. Perlengkapan pembuatan parit harus dioperasikan hanya dengan orang yang *qualified*.
4. Tidak seorangpun diperbolehkan mendekati radius kendali derek pengangkut dan lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

1. Awal Surono, 1997, *Laporan Penelitian Mengenai Pekerjaan Diaphragm Wall*, LAPI ITB, Bandung.
2. Bambang Triatmodjo, 1996, *Pelabuhan*, Beta Offset, Yogyakarta
3. Djatmiko Soedarmo.G, Edy Purnomo S.J, 1993, *Mekanika Tanah* jilid 2, Kanisius, Yogyakarta.
4. I. Hajnal, J. Marton, Z. Regelle, 1984, *Construction of Diaphragm Walls*, John Wiley and Sons, New York.
5. Petros P Xanthakos, 19979, *Slurry Walls*, Mc Graw Hill, New York.
6. R. F Craig, 1989, *Mekanika Tanah*, Erlangga, Jakarta.
7. Wiratman Wangsadinata, Januari 1990, *Penggunaan Bentonite Dalam Struktur Bangunan Bawah Gedung Tinggi*, Majalah Konstruksi, Jakarta.
8. Wiratman Wangsadinata, Februari 1990, *Perencanaan Dinding Diafragma*, Majalah Konstruksi, Jakarta.
9. Wiratman Wangsadinata, Maret 1990, *Berbagai Analisis Pelengkap*, Majalah Konstruksi, Jakarta

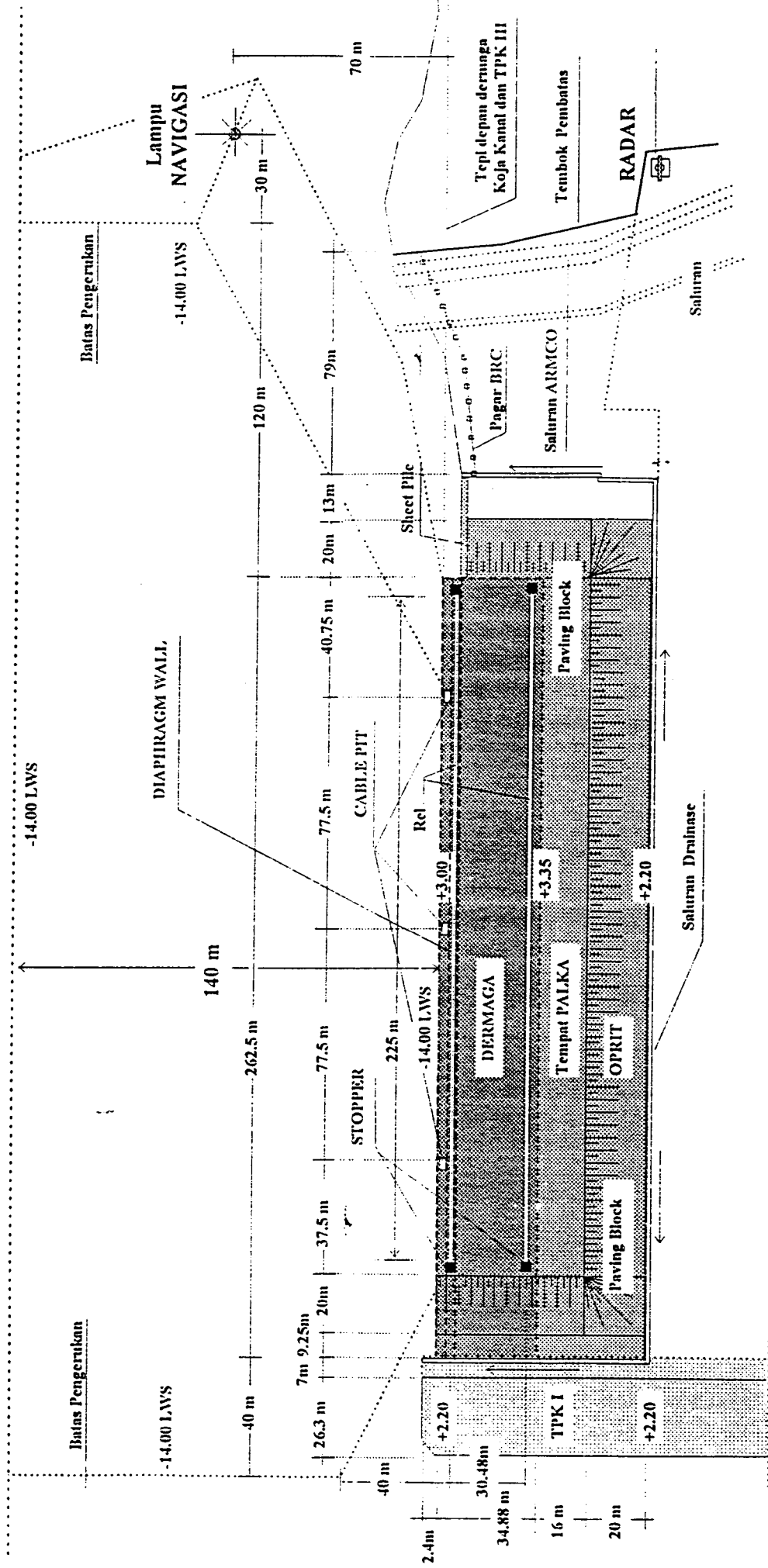
LAMPIRAN



-14.00 LWS

ALUR PELAYARAN

-14.00 LWS



Dermaga Petikemas di utara KOJA KANAL tahap II

Skala 1 : 2000

REVISI

REVISI

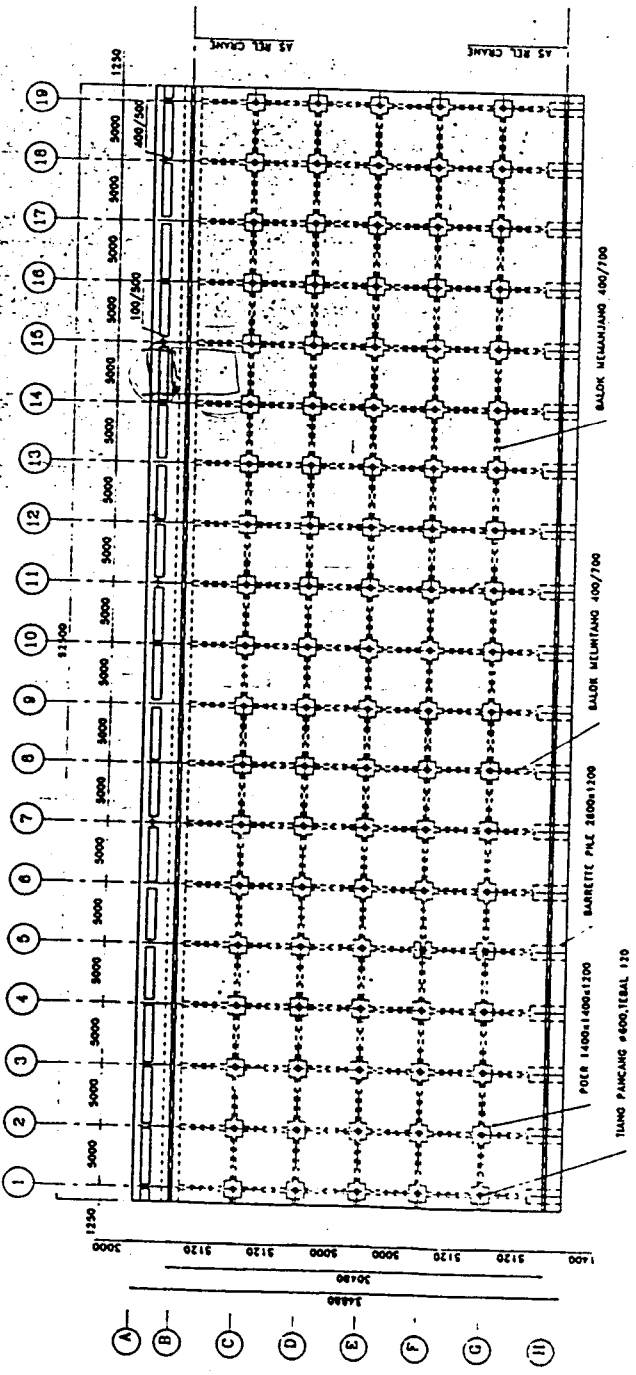
PT. (PERSERO) PELAYANAN HONGKONG &
TANJUNGPOROK
A. PAKSIAN NO. 1
Jl. ...
TANJUNGPOROK

PEMBANGUNAN DERAGAN
PETIKEMAS
DI SISI UTARA KOJA KANAL II
TANJUNGPOROK

LAPISAN
A. ...
B. ...
C. ...

REVISI
No. Revisi: 04
Tanggal: 04/12/16

DENAH BALOK DAN POER
No. Balok: 04
No. Poer: 04
No. Lembar: 04/12/16



DENAH BALOK DAN POER
SKALA 1:200

PLAN
SALA I

-TULANGAN
 D18 S/D D10U-88 (ULUR)
 D18 S/D D10U-88 (ULUR)
 TEBAL - 1000-1200
 -PF - BISI LUAR
 -MF - BISI DALAM
 -TUTUP TRENCH
 & BUAH/BESOMEN
 -UKURAN DALAM MM

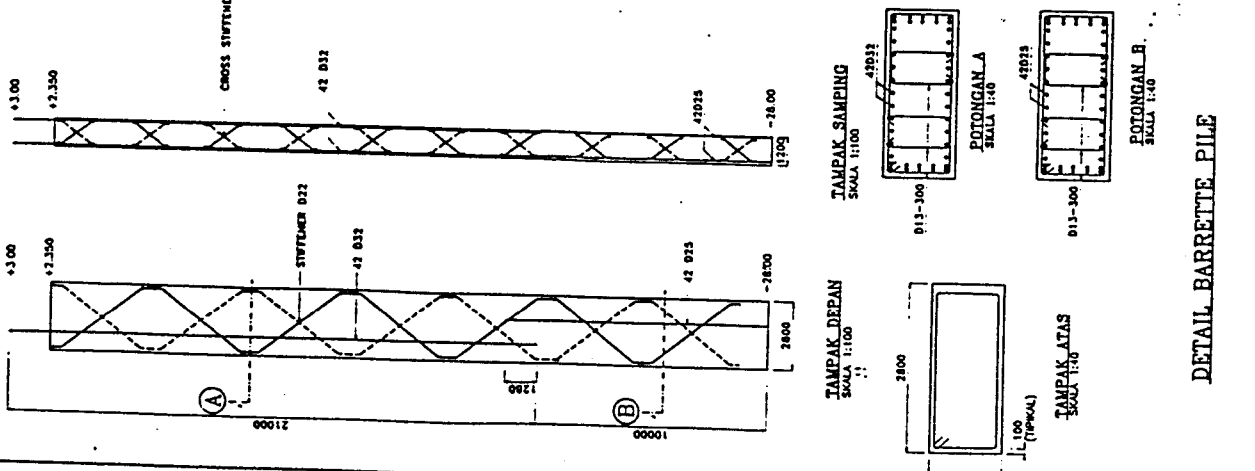
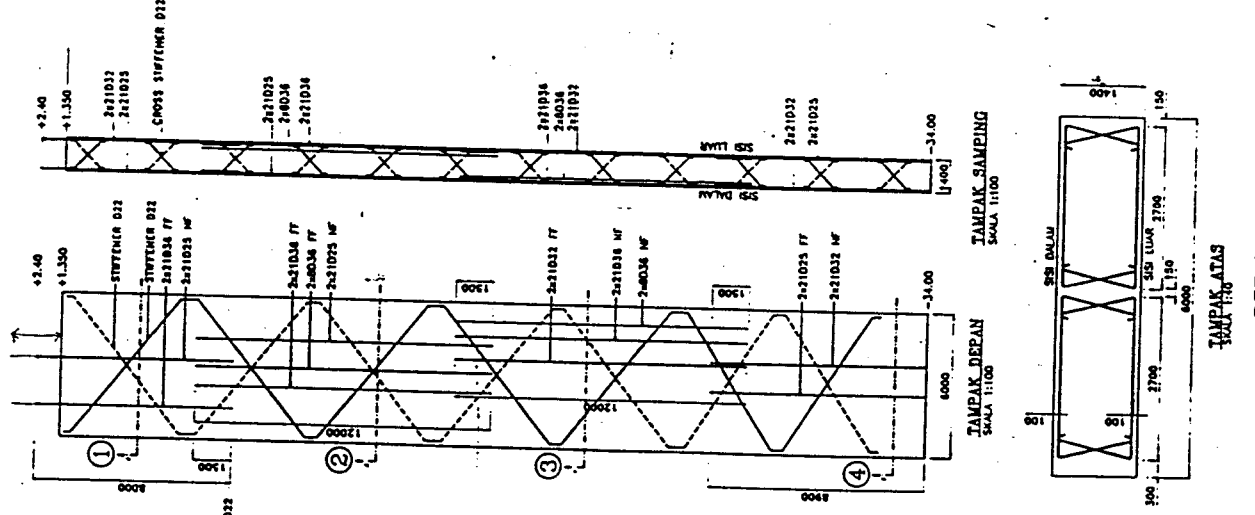
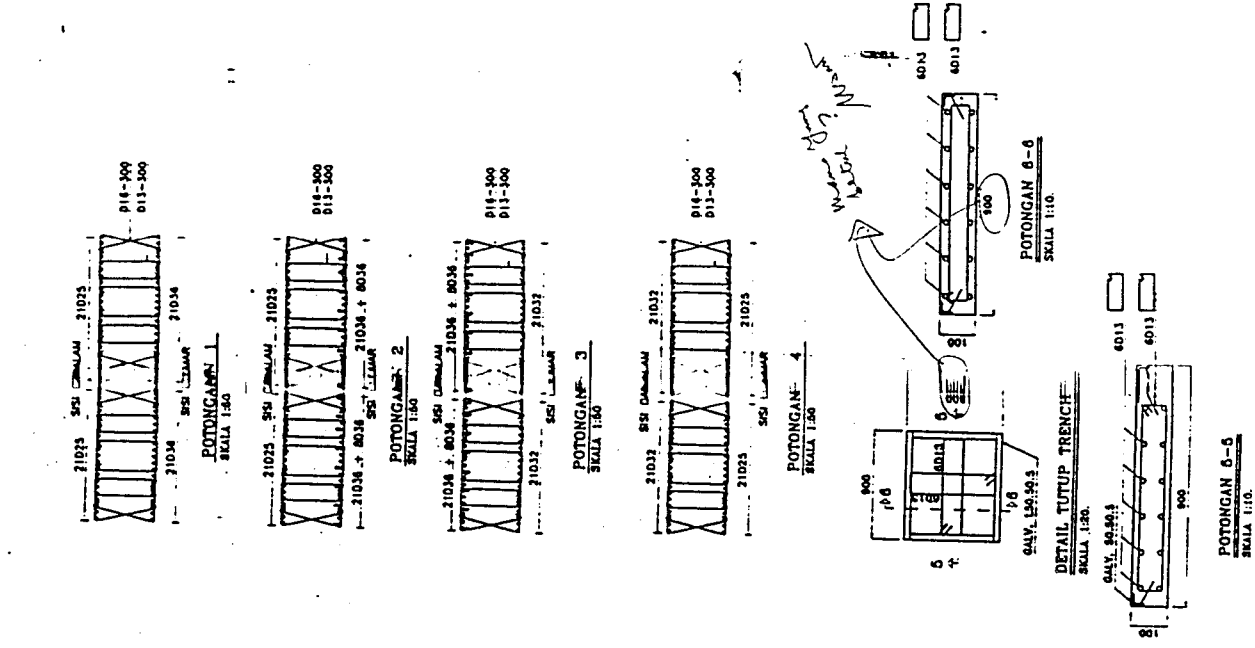
PT. PERKASA PERABAWA INDONESIA
 JALAN ...
 SURABAYA

PEMBANGUNAN DERAGAT
 PETIKENAS
 DI SISI UTARA KOJA KANAL II
 TANJUNGPRIK

L A P I T I B
 (KAWANAN)

DETAIL PERULANGAN
 DIAPHRAGM WALL,
 BARRETE PILE DAN
 TUTUP TRENCH

NO. 07
 8/1/76

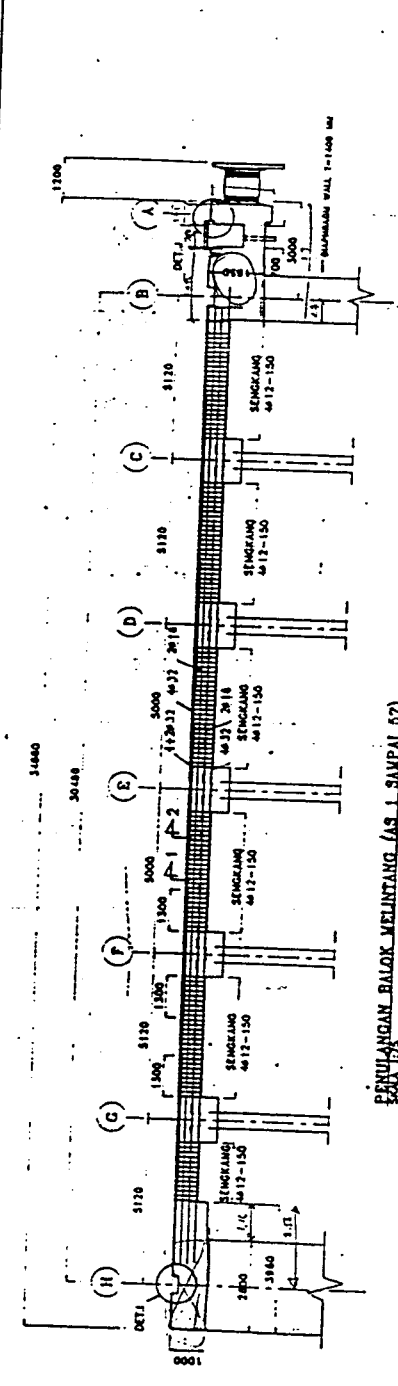


DETAIL DIAPHRAGM WALL
 TAMPAK DEPAN
 SKALA 1:100
 TAMPAK SAMPING
 SKALA 1:100
 TAMPAK ATAS
 SKALA 1:100
 TAMPAK BAWAH
 SKALA 1:100

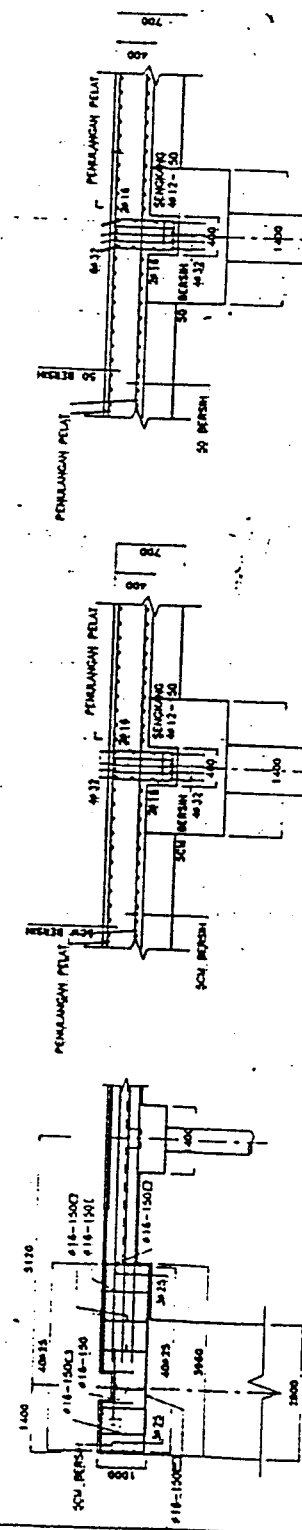
DETAIL BARRETE PILE
 TAMPAK DEPAN
 SKALA 1:100
 TAMPAK SAMPING
 SKALA 1:100
 TAMPAK ATAS
 SKALA 1:100
 TAMPAK BAWAH
 SKALA 1:100

14640

30.188

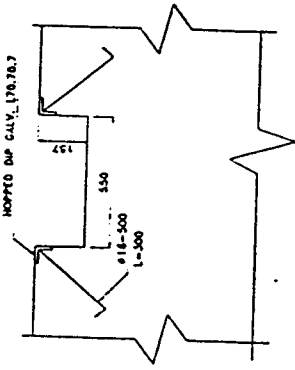


PENJANGKAN BALOK MELINTANG (AS 1, SAMPAL 67)

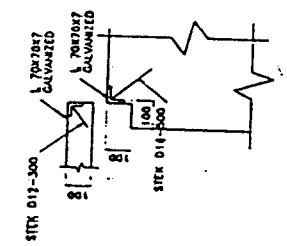


**DETAIL PENJANGKAN BALOK BARRETTI PILE (AS 11)
SKALA 1:20**

**DETAIL I
SKALA 1:10**

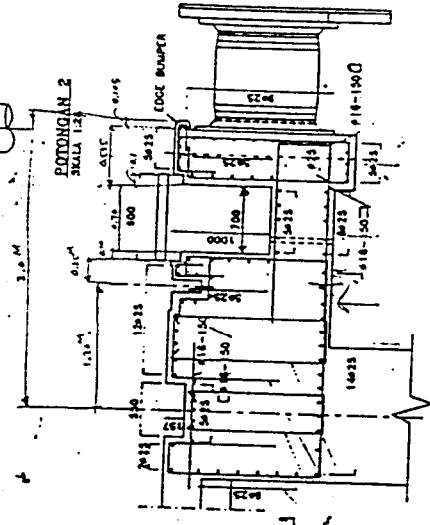


**DETAIL J
SKALA 1:10**



**DETAIL K
SKALA 1:10**

**DETAIL PENJANGKAN BALOK CRANE SISIL DEPAN / FENDER
SKALA 1:25**



PT. (PERSA) PELABUHAN INDONESIA 1
Jl. Pemuda No. 1 Jakarta

**PEMBANGUNAN PERUMBAHAN
DI SISI UTARA KANAL
TANJUNGPRIOK**

L. A. P. I. I. B.
MULIA MULIA MULIA I. B.
MULIA MULIA MULIA I. B.
MULIA MULIA MULIA I. B.

**TIPIKAL PENJANGKAN
BALOK MELINTANG**

NO. RENCANA	NO. SKALA	NO. DOKUMEN	NO. SHEET
01/181	60		10/181



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL
Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 95330 Yogyakarta

KARTU PESERTA TUGAS AKHIR

No.	Nama	No. Mhs.	N.I.R.M.	Bidang Studi
1.	ABIMUL FACHMAN MS	84 810 179		MENKON
2.	HAIRI NASHI	90 810 028		MENKON

JUDUL TUGAS AKHIR : METODA PELAKSANA BONDING PIRAFAGAMA PADA DEMAMAN

Dosen Pembimbing I : IR. H. SUSATRAWAN, MC
 Dosen Pembimbing II : IR. FAISOL AM, MCT

1

2



Yogyakarta, 18 Oktober 1998
 Ir. H. Talsudin EMA., MC
 Dekan,
 Ketua Jurusan Teknik Sipil.

IR. H. TALSUDIN EMA., MC

AN - KONSULTASI

No.	Tanggal	Konsultasi ke :	KETERANGAN	Paraf
1	4/11/98	1	Perbaikan, dikumpulkan & paksa masalah Tugasan Lab dan teori	ab
2	7/11/98	3	Membaca Tugasan, tugas praktik dan lab dan teori dan metode : yaitu cara kerja kawat kawat	ab
3	19/11/98	5	Proposal akhir dan konsep titik y prinsip (kawat) dan konsep pada waktu penulisan dan metode kawat	ab
4	20/11/98	4	Perbaikan Paket Masalah Tugasan dan kawat	ab
	21/11/98		Perbaikan dan lampiran untuk selanjutnya	SUS

CATATAN - KONSULTASI

No.	Tanggal	Konsultasi ke:	KETERANGAN	Paraf
1	21/01 /12	I.	Revisi dan tambah	[Signature]
	20/11 /15	I	Revisi dan tambah	[Signature]
	29/01 /16	.	Revisi perbaikan	[Signature]
	22/01 /14	—	Revisi perbaikan dan keseluruhan	[Signature]
	6/8 /99		Revisi	[Signature]
	13/01 /8	—	Dapat ke pembayar	[Signature]
	18/8 /99	—	perbaikan	[Signature]
	20/8 /99		ACC siap pendanaan	[Signature]