

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.

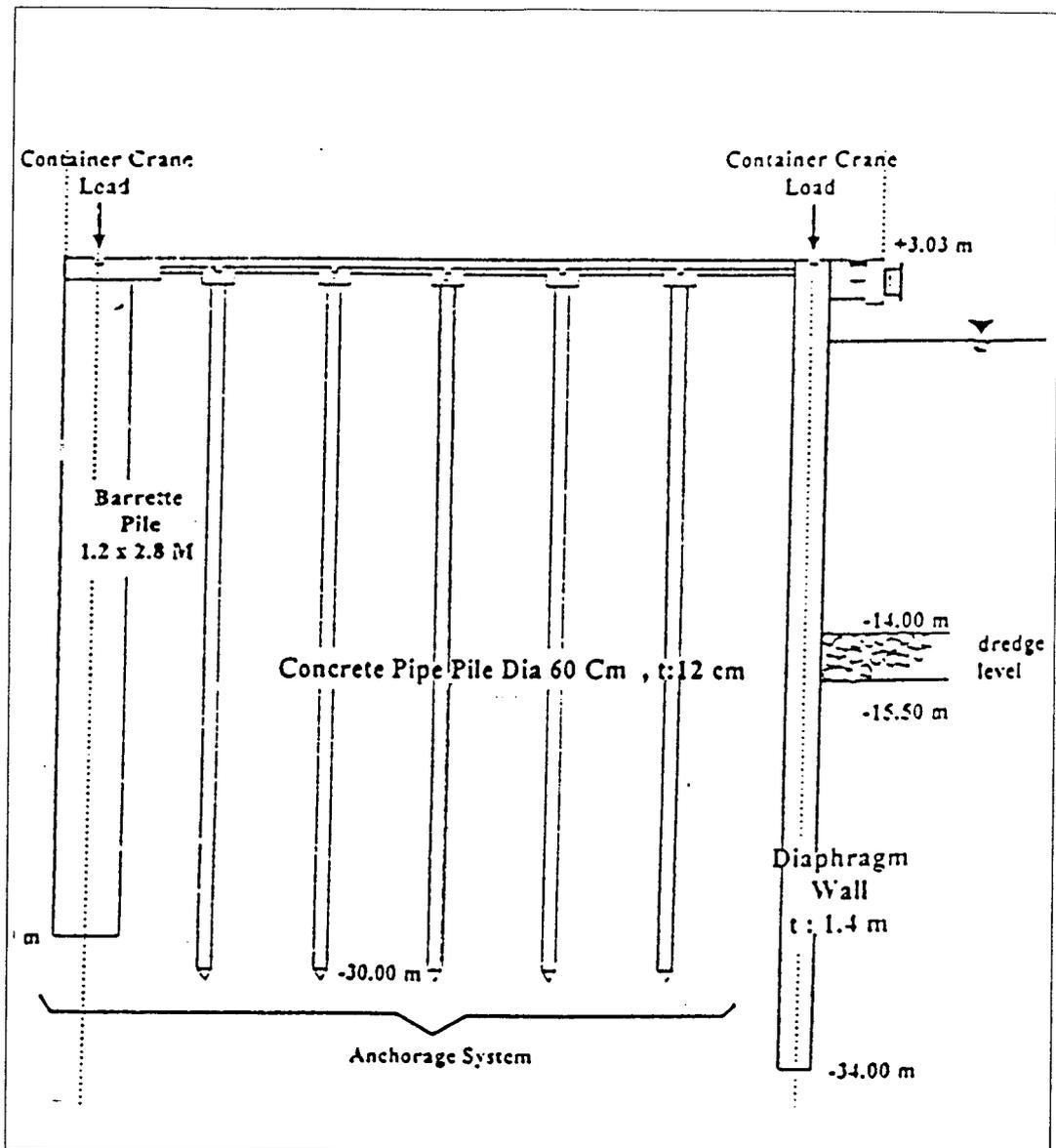
Ukuran tiap group adalah :

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*).

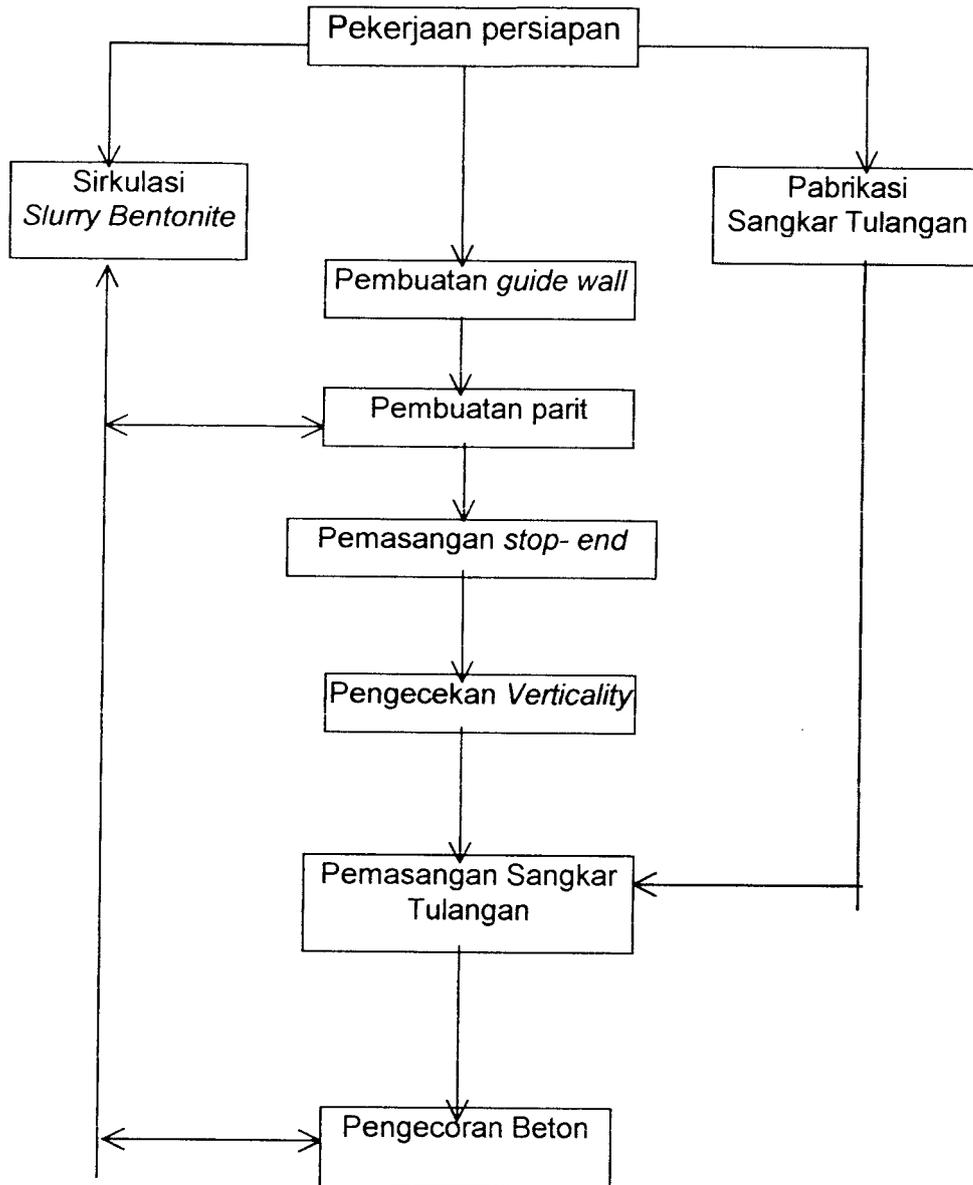
Pada proyek dermaga *container* ini, dinding diafragma selain difungsikan sebagai *retaining wall* , juga difungsikan sebagai bagian konstruksi yang memikul beban vertikal berat yang berasal dari *container crane* yaitu sebagai fondasi dari *rel container crane*.

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

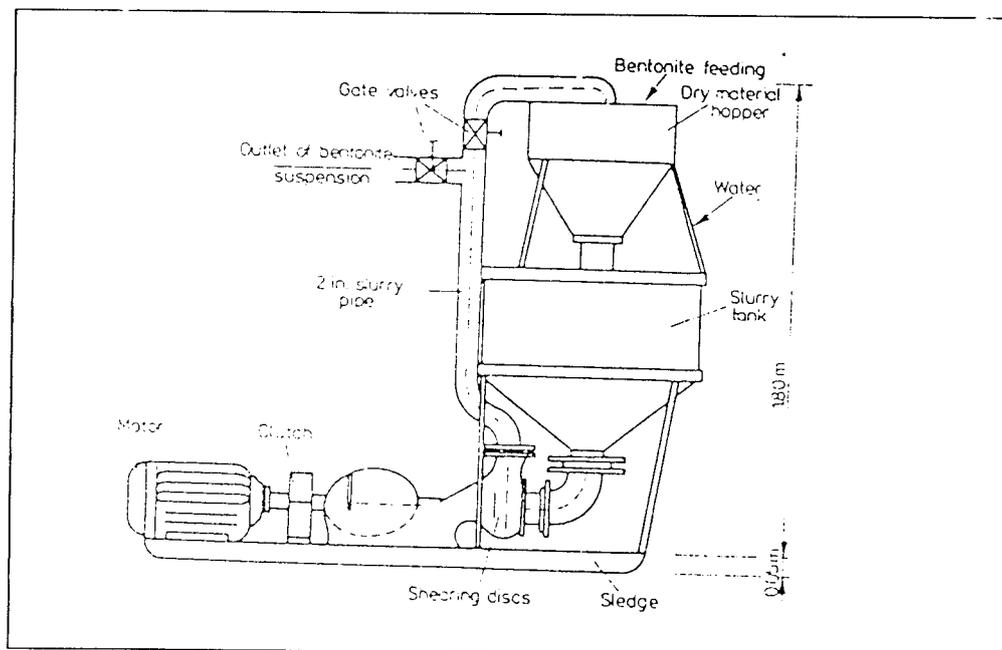
11. Kapal keruk

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*.

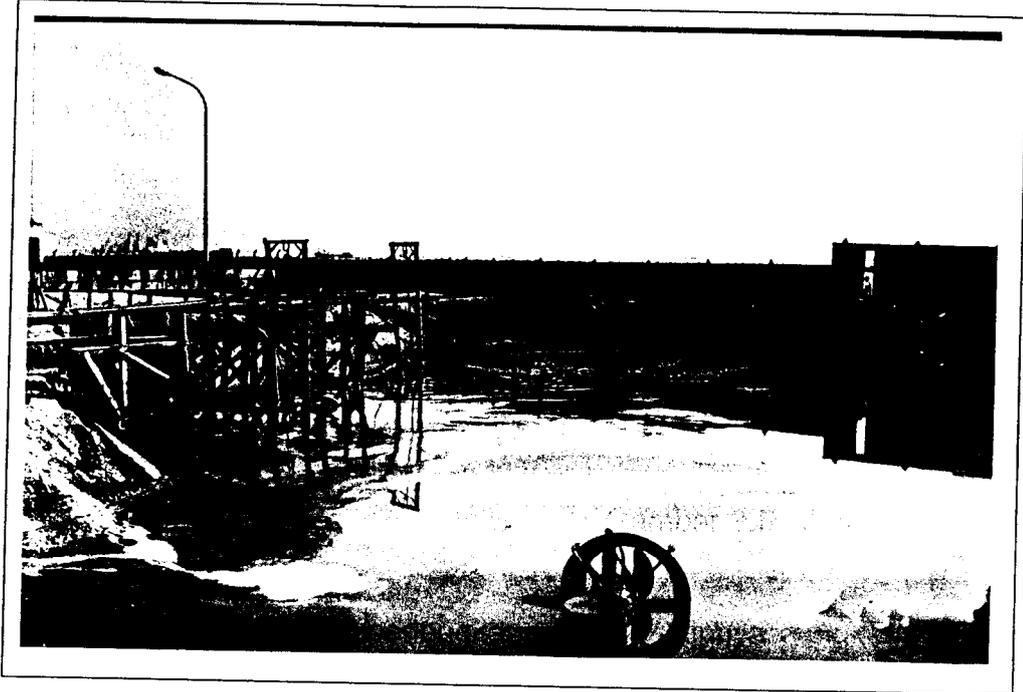


Gambar 3.3 *Mixer disaggregator*

2. kolam *slurry*

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

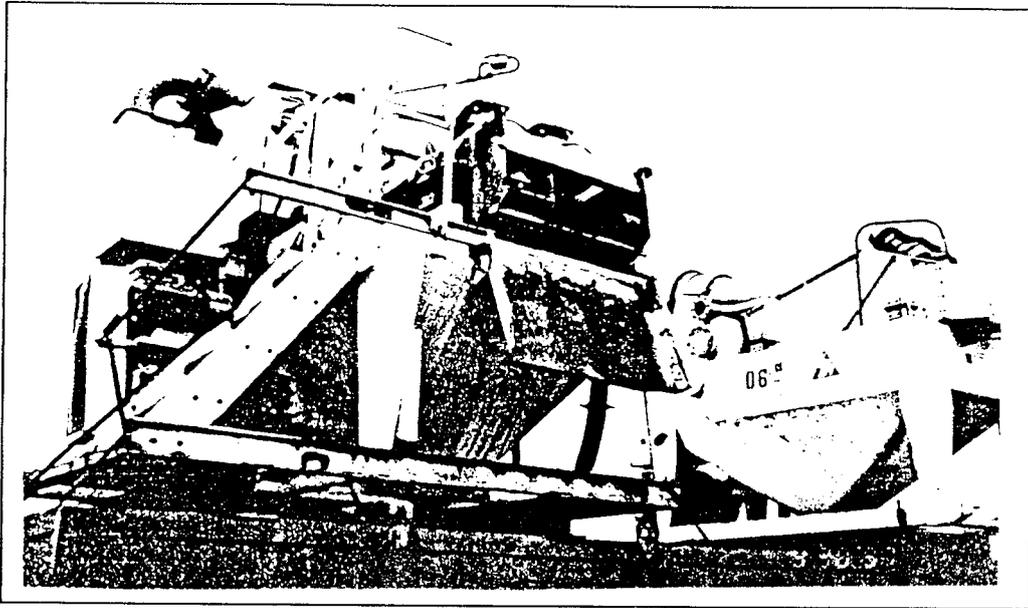
tersebut yaitu *slurry bentonite* yang dimasukkan ke dalam kolam/silo melalui pipa besi $\phi 10$ cm



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

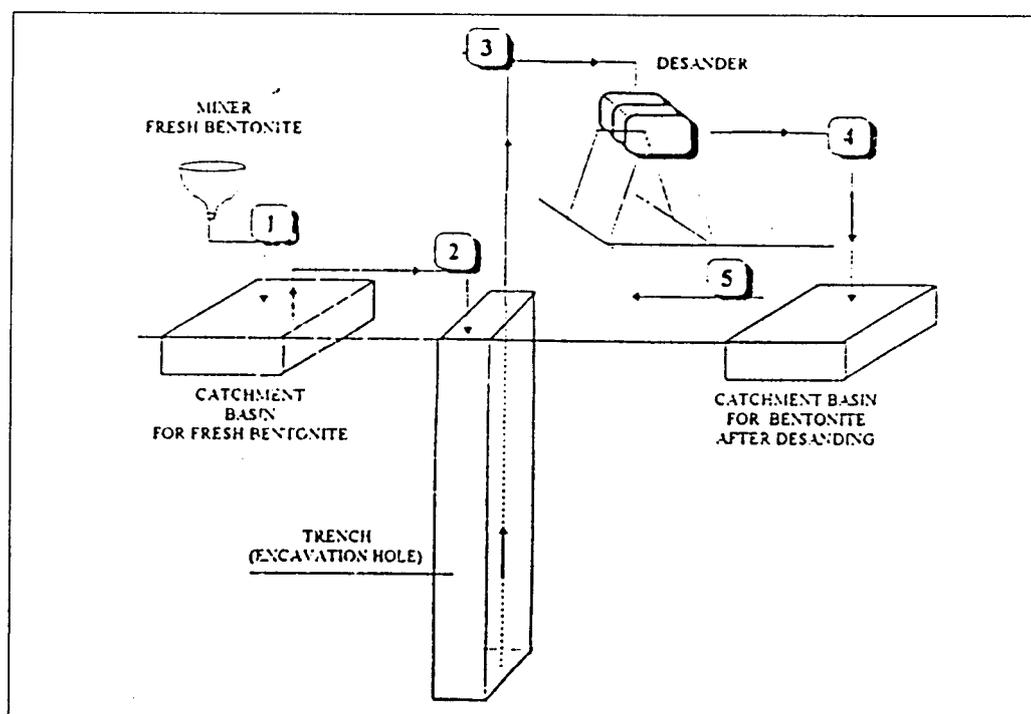
Bagian ini terdiri dari kolam penyuplai, pompa untuk menyuplai ke lubang galian dan pompa untuk mengalirkan kembali ke kolam penampungan. Dari kolam penyuplai *slurry bentonite* dialirkan kembali ke lubang penggalian selama proses penggalian parit. Untuk mengalirkan kembali *slurry bentonite* dari lubang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

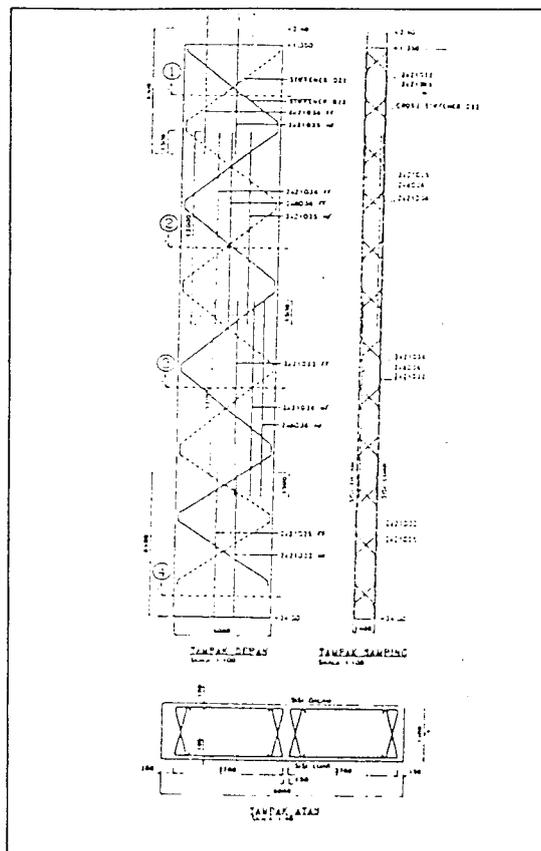
2. dalam proses *desanding*, *bentonite* segar dipompa ke lubang galian melalui pipa. Ujung pipa berada pada permukaan galian
3. bersamaan dengan itu *bentonite* kotor dipompa keluar melalui pipa yang ujungnya berada di dasar galian. *Bentonite* kotor ini masuk ke dalam alat *desander* untuk dibersihkan 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*)

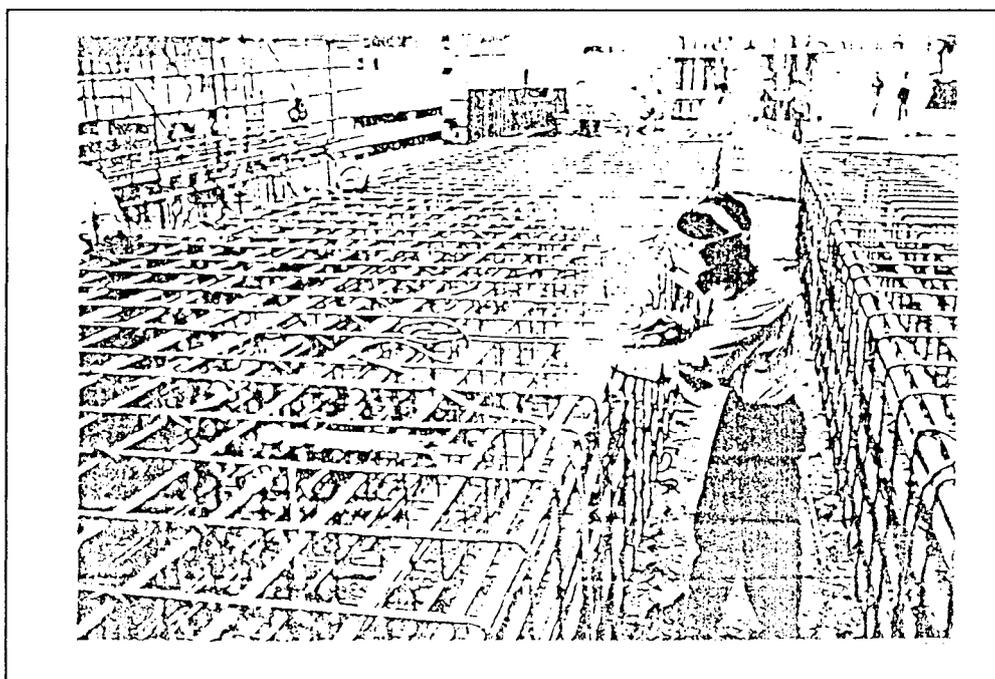
Perakitan sangkar tulangan (pabrikan) dilakukan ketika penggalian/pembuatan *guide wall* sedang dilaksanakan.

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

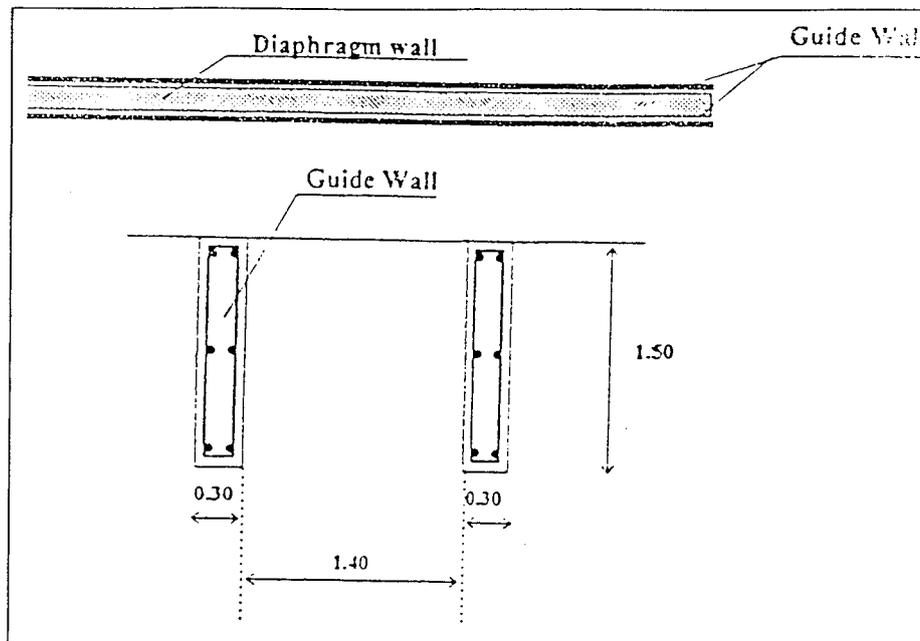
Karena dalam pelaksanaan dinding diafragma sangat dibutuhkan air yang banyak dengan mutu air yang cukup untuk campuran *slurry bentonite*, beton dan kebutuhan lainnya.

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.

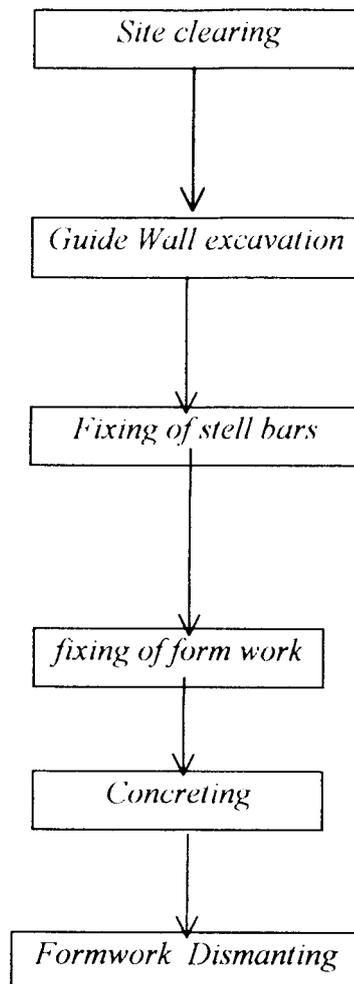


Gambar 3.9 Konstruksi *guide wall*

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*

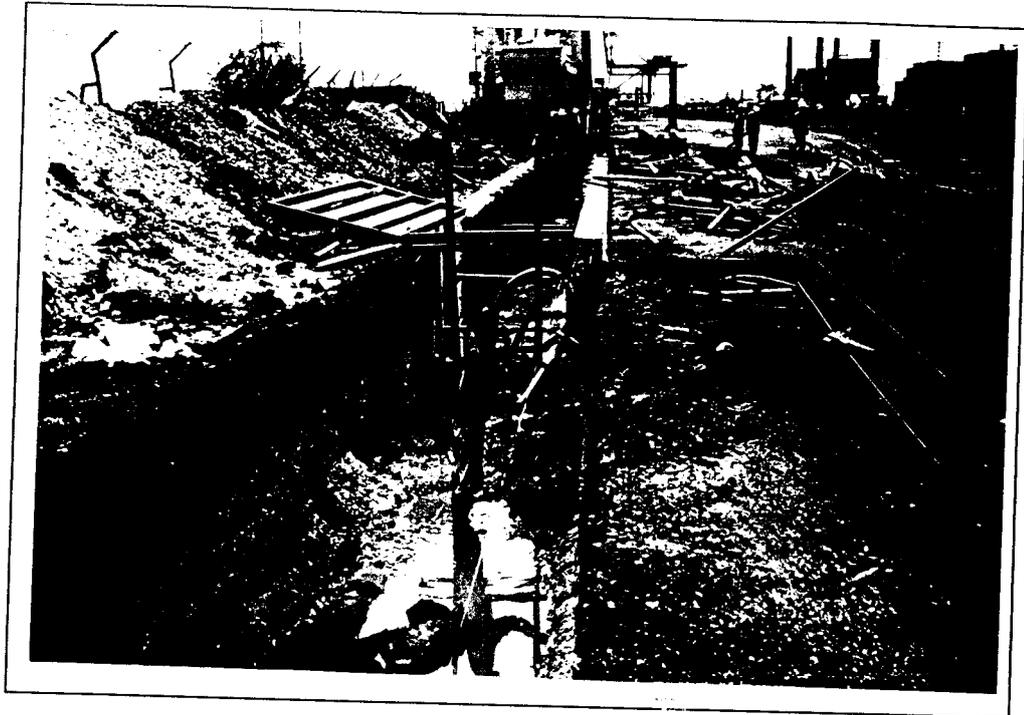
Setelah pemasangan tulangan selesai, dilanjutkan dengan pemasangan *bekisting* (kotak cetak).

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*

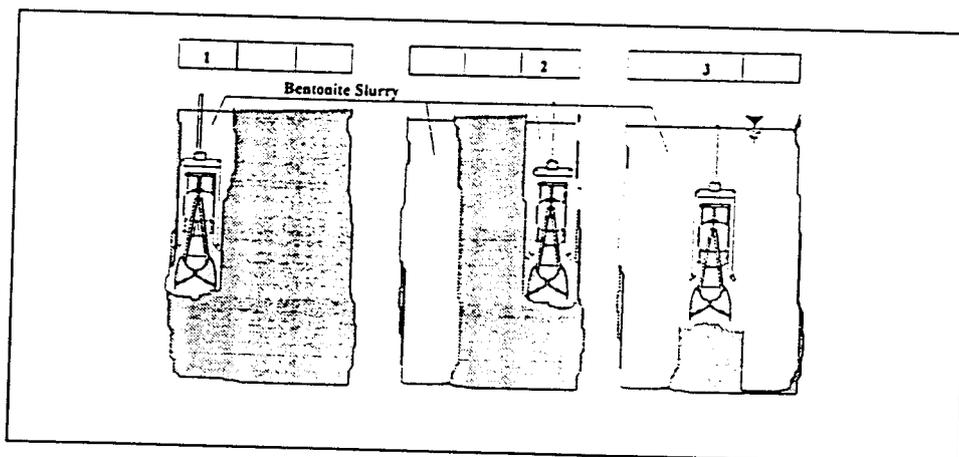
Pembongkaran *bekisting* dilakukan apabila beton sudah cukup keras, biasanya setelah 1 - 2 hari *bekisting* dapat dibongkar.



Gambar 3.11 Pembuatan *guide wall*

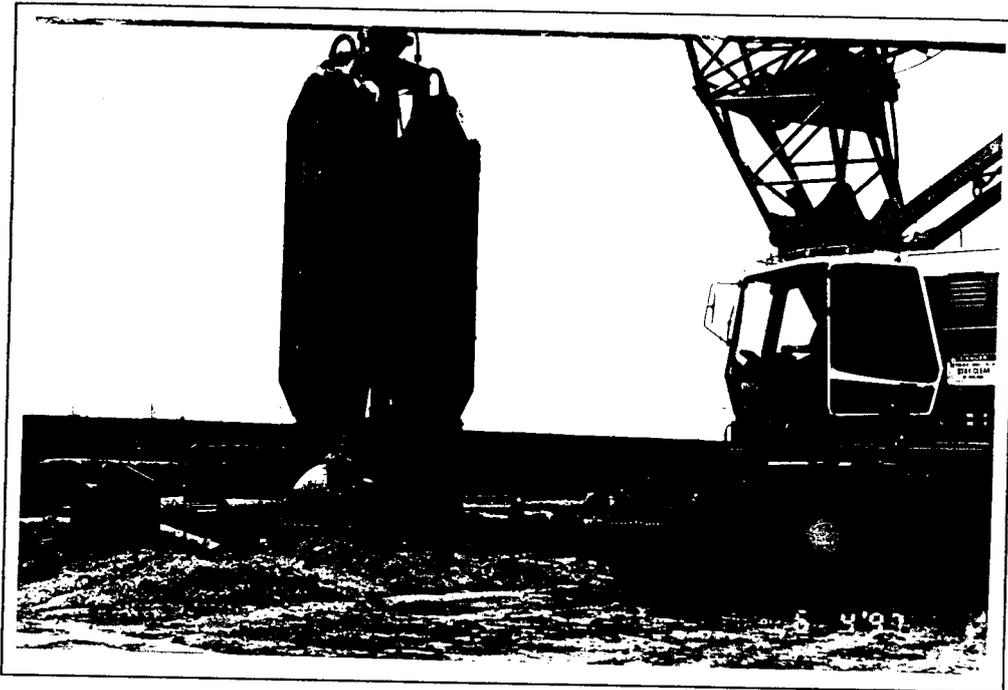
3.3 Pembuatan Parit (*Trenching*)

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)

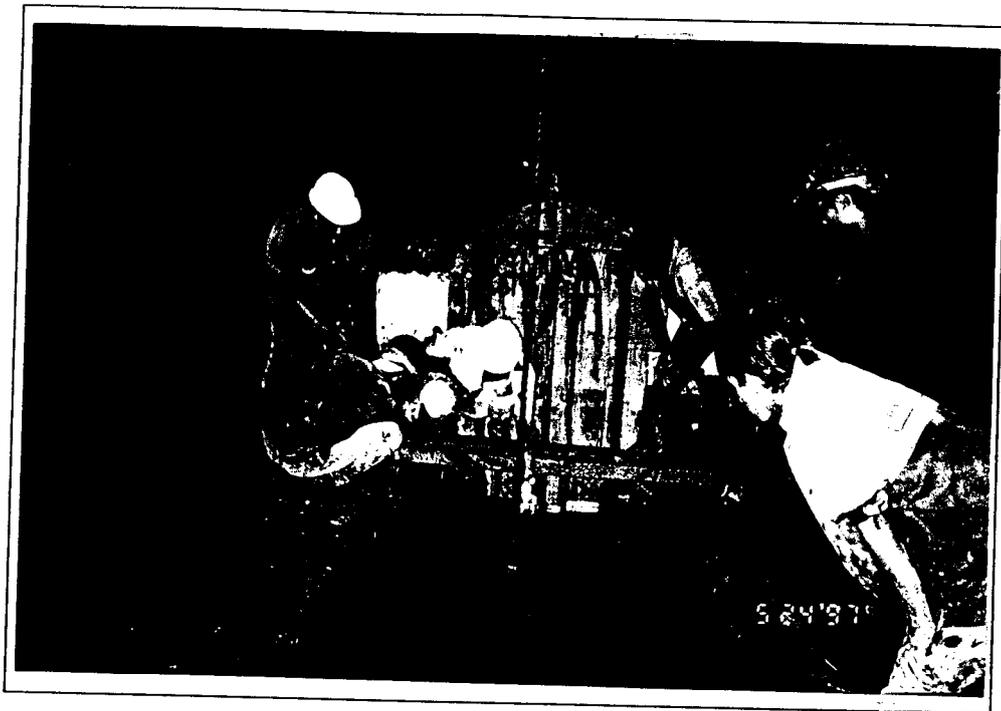


Gambar 3.13 Penggalian dengan *grab*

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.

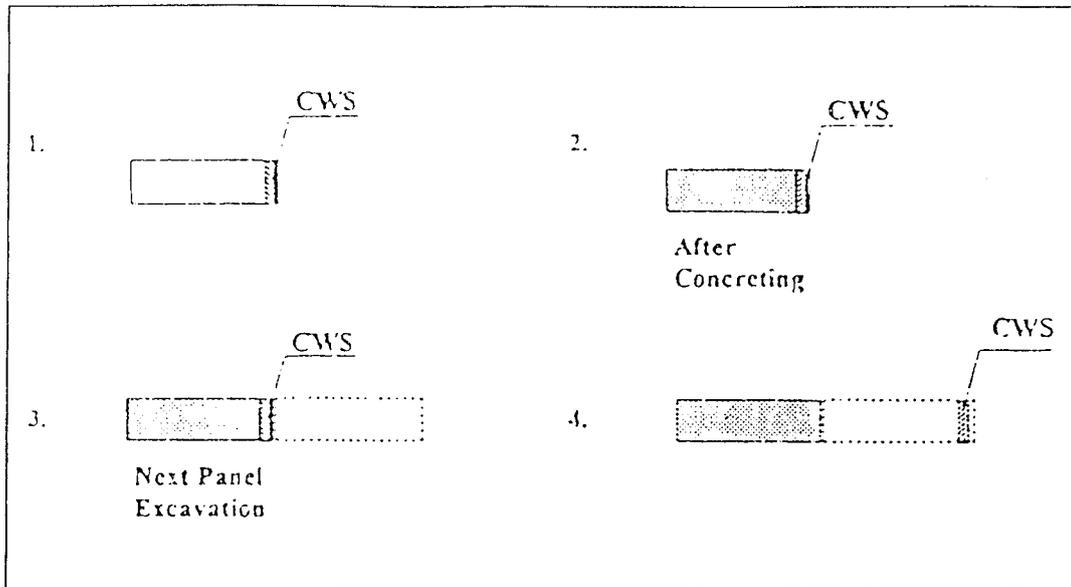
Rubber water stop jenis ini terbuat dari bahan karet, berbentuk pipih (gambar 3.14) dengan tebal ± 1.5 cm, lebar ± 25 cm dan panjangnya tergantung dalamnya galian.



Gambar 3.14 Tampak CWS telah terpasang bersama *water stop*

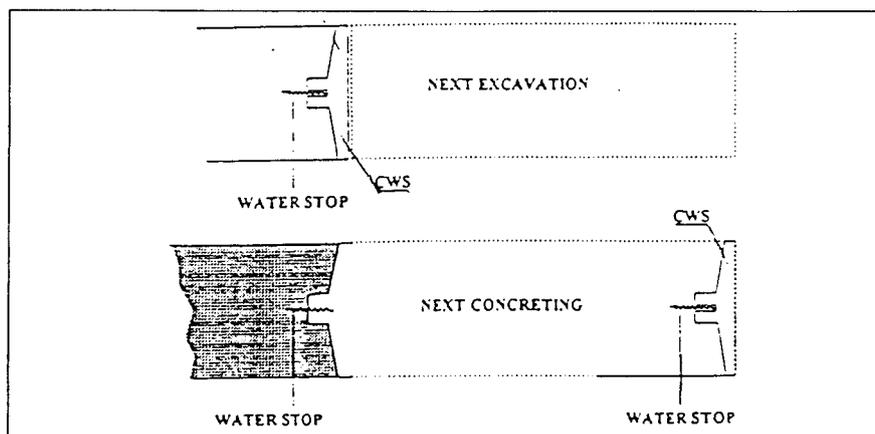
Water stop dipasang vertikal sampai kedalaman 3.00 m di bawah *dredge level* (± 18.00 m). *Water stop* yang digunakan adalah *rubber water stop* "EVA" *heavy duty joint filter type, Center Bulb Corrugated, CBC* 15.

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

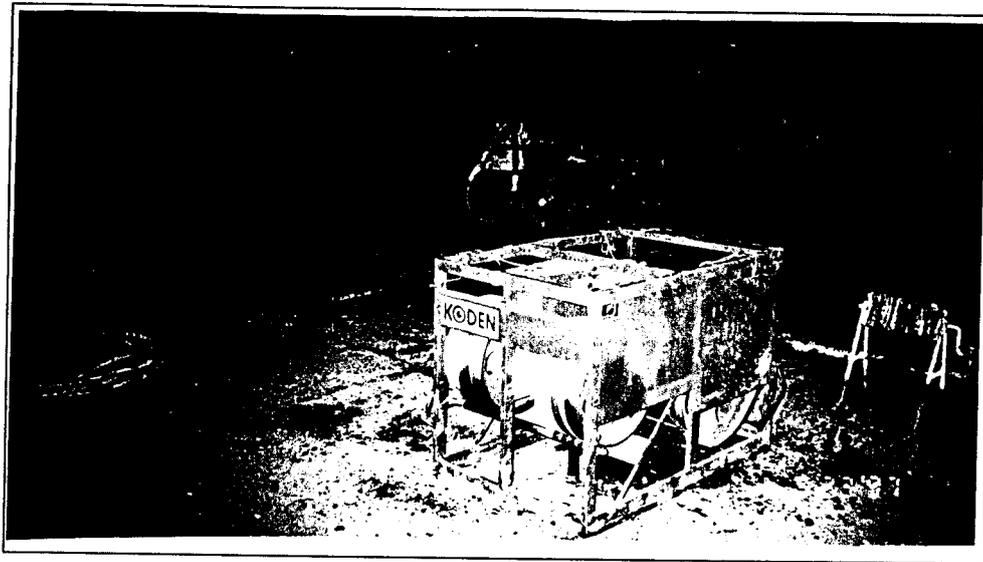
CWS dipasang sebelum pengecoran dimulai dan diangkat pada saat penggalian panel berikutnya dilakukan dan kemudian dipindahkan posisinya pada yang lain dari galian panel berikutnya (gambar 3.15). Bentuk dan penempatan dari CWS dapat dilihat pada sketsa di bawah ini



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

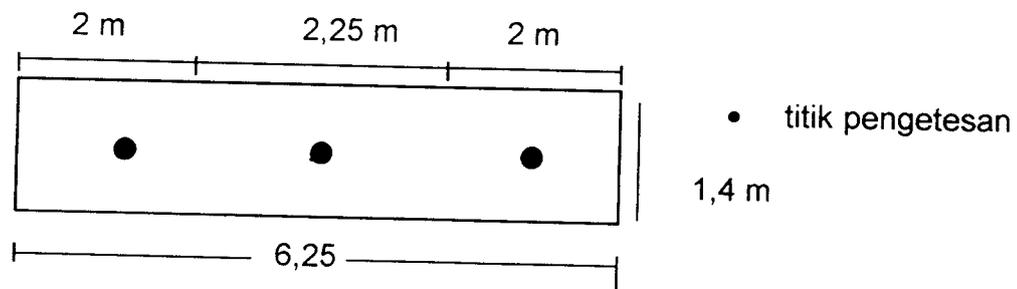
Pengecoran beton dinding diafragma baru dapat dilaksanakan apabila hasil test *verticality* memenuhi syarat yaitu :

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



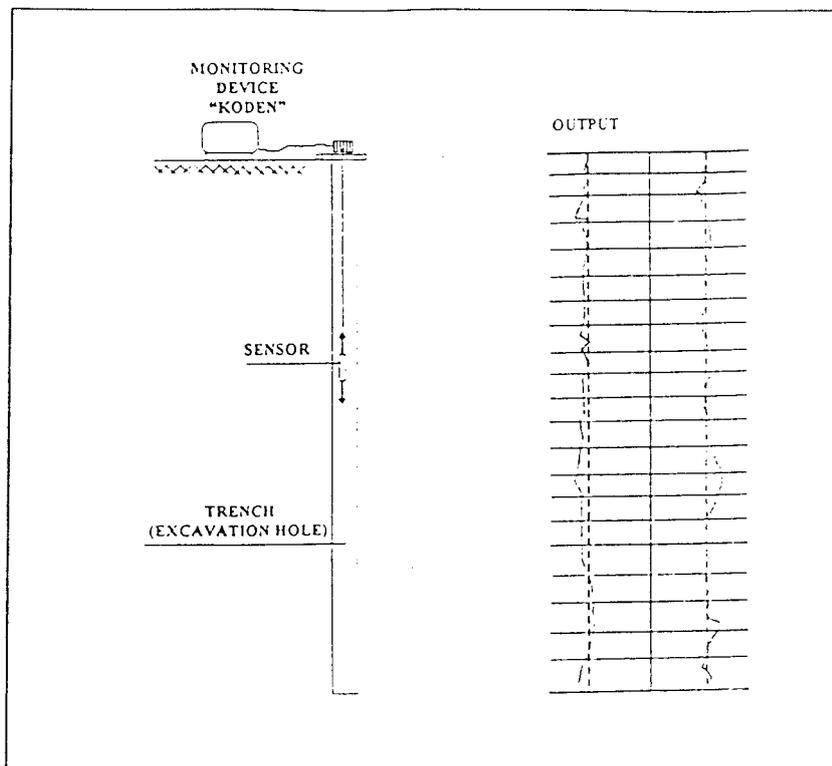
Gambar 3.18 Alat sensor yang dimasukkan ke dalam lubang galian

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

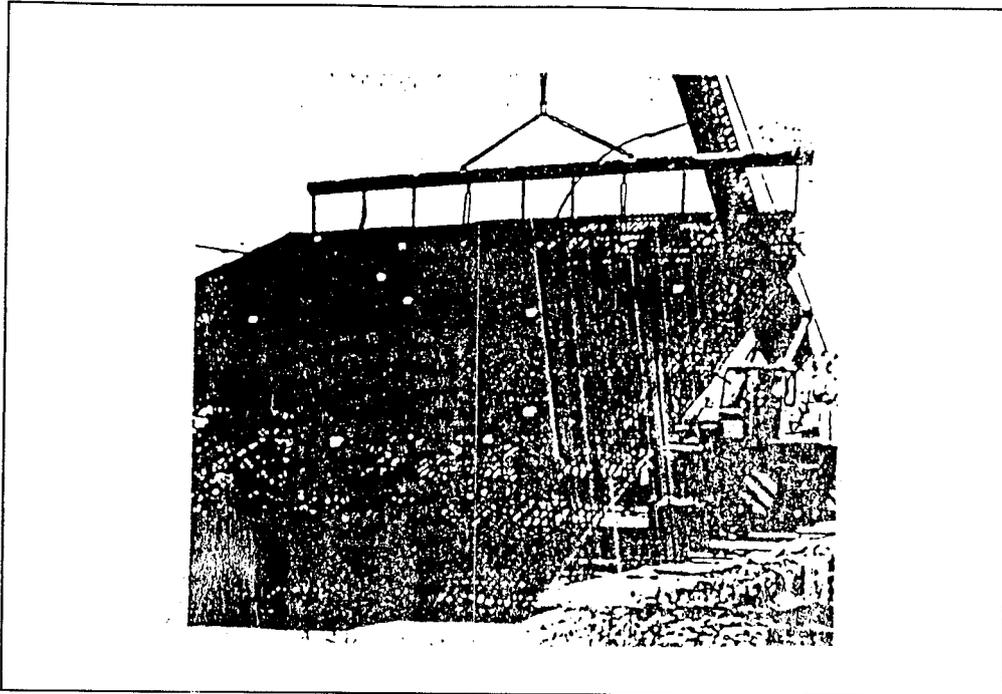
Output pengukuran berupa grafik yang menggambarkan lebar galian pada setiap kedalaman (gambar 3.20). Dari grafik ini juga dapat dilihat adanya penyimpangan-penyimpangan dalam arah vertikal lubang galian.



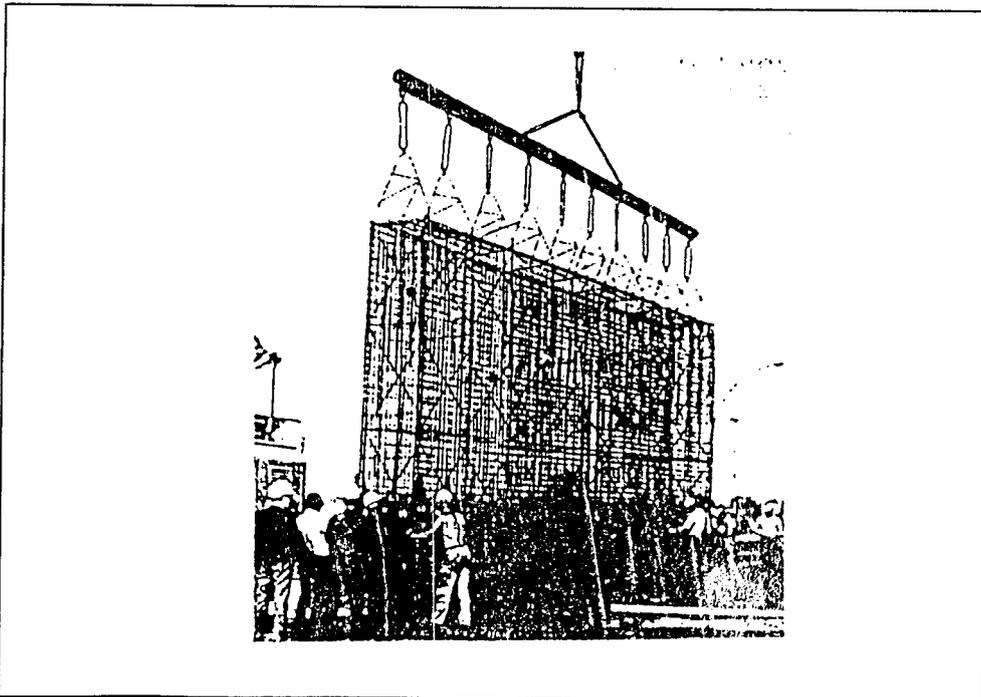
Gambar 3.20 Pengecekan *verticality*
 (a) alat sensor pada lubang galian
 (b) grafik *verticality*

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)



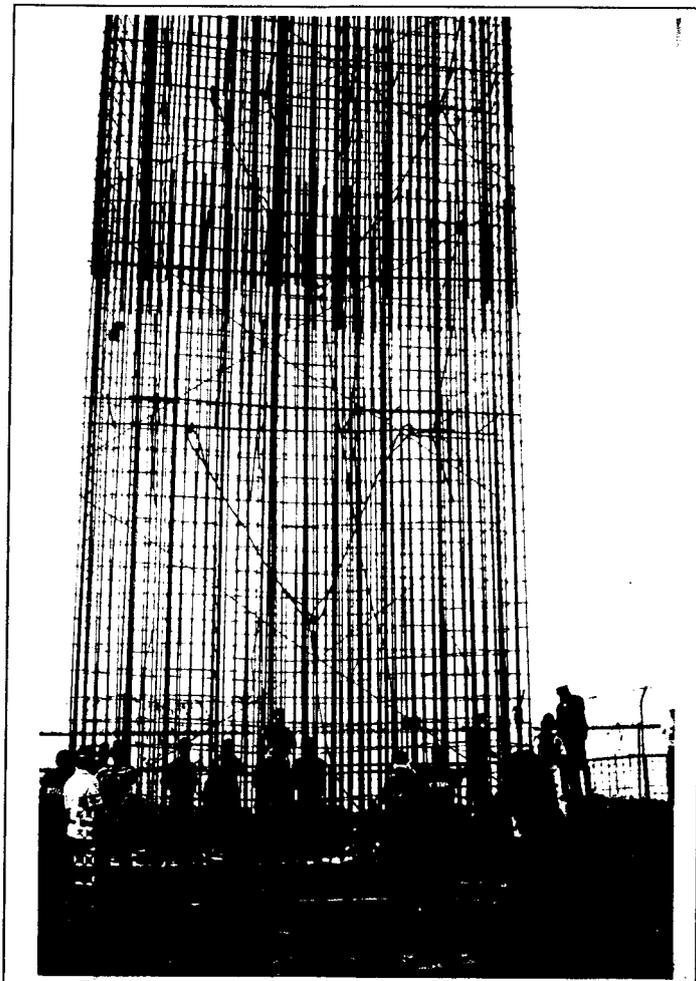
(a)



(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.

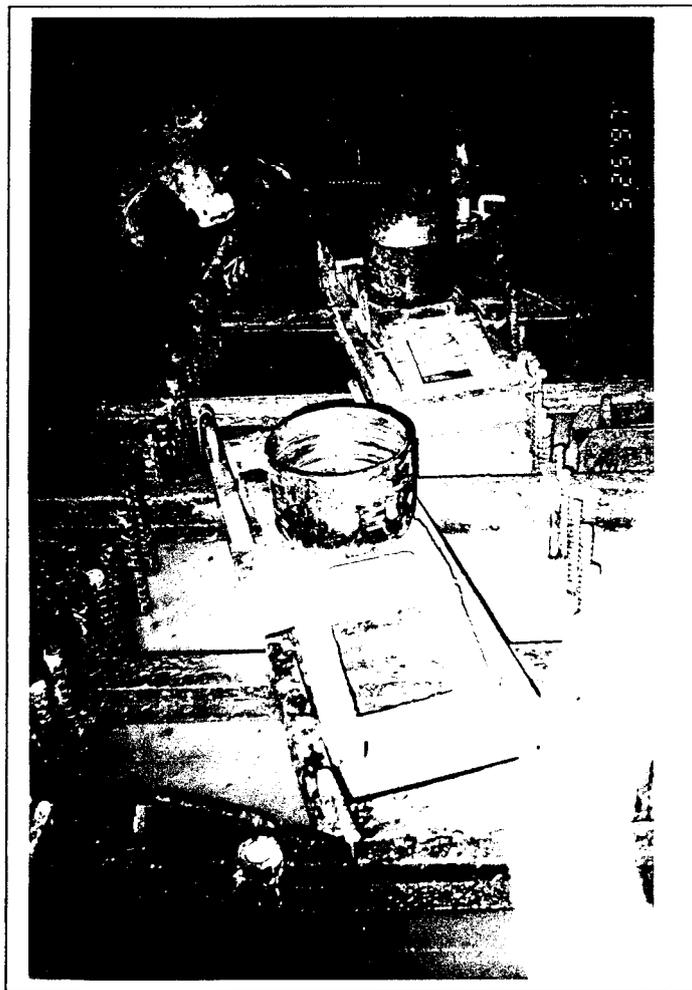


Gambar 3.22 Penyambungan sangkar tulangan

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.

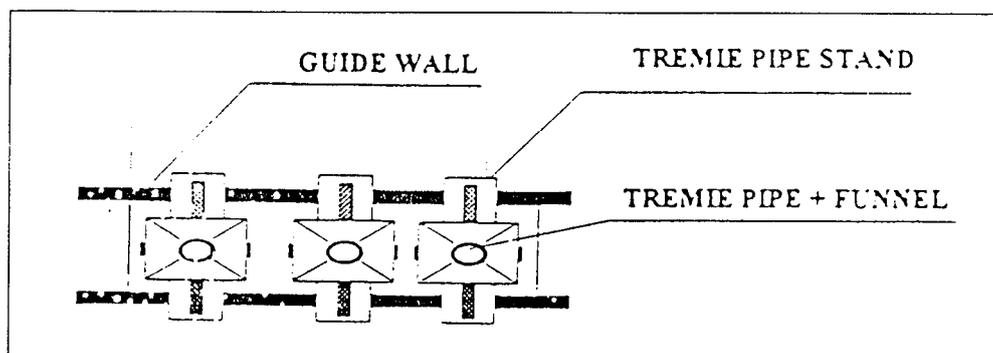
Pemasangan sangkar tulangan tidak diperbolehkan menyentuh dasar galian. Ketentuan jarak ujung tulangan dengan dasar galian adalah 20 cm sampai 40 cm. Agar tidak menyentuh dasar parit, maka sangkar tulangan digantung pada potongan-potongan baja profil yang dipasang melintang sepanjang permukaan atas *guide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



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

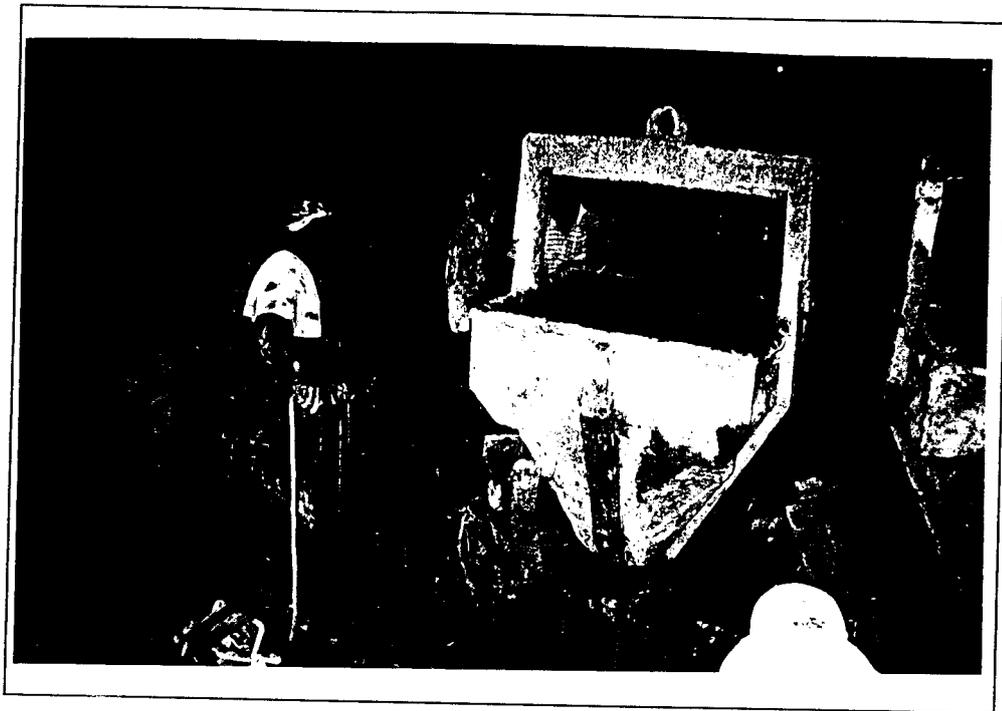
3.7 Pengecoran Beton

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.

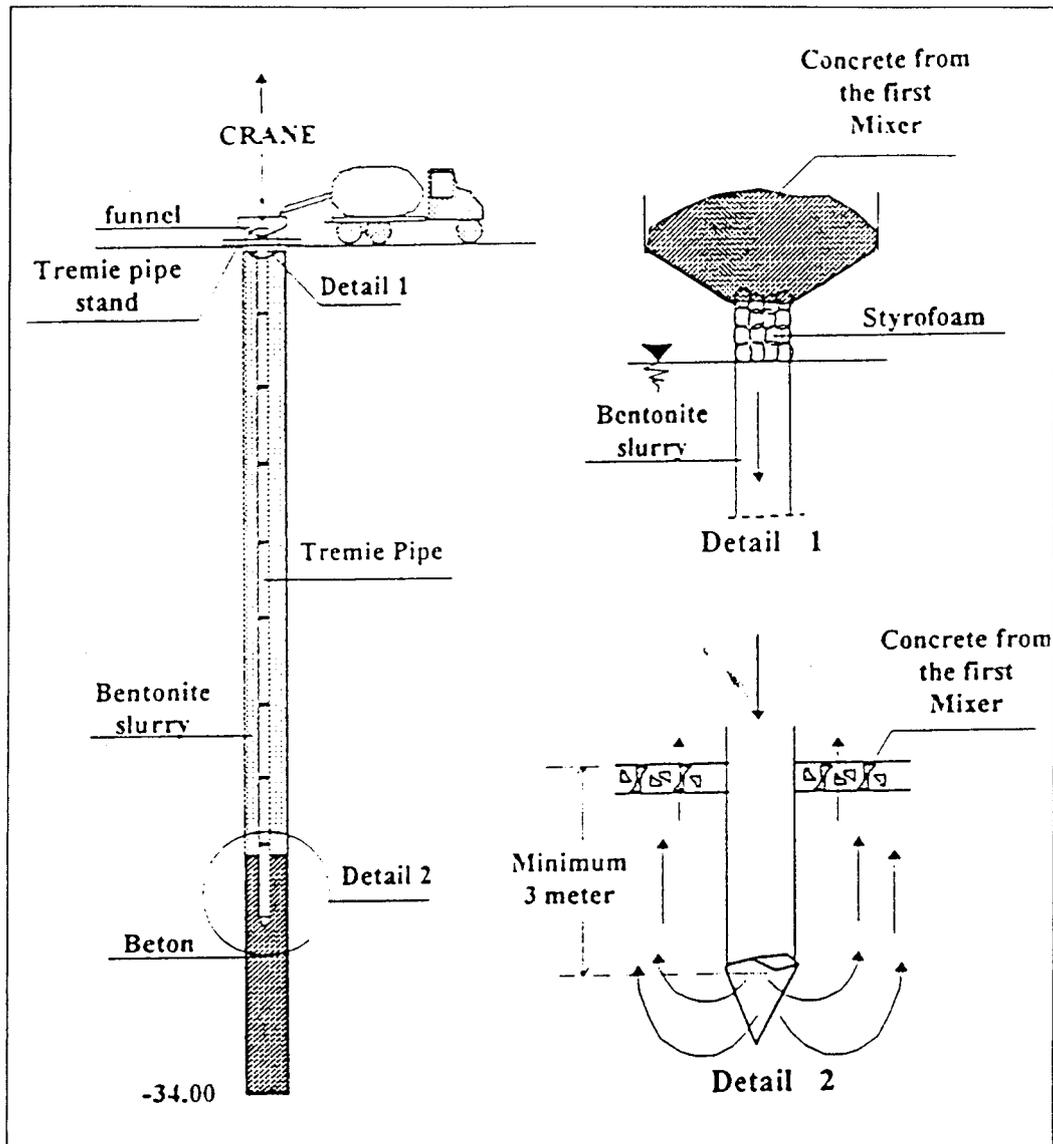


Gambar 3.25 Corong *tremie* dengan lobang pengait

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.

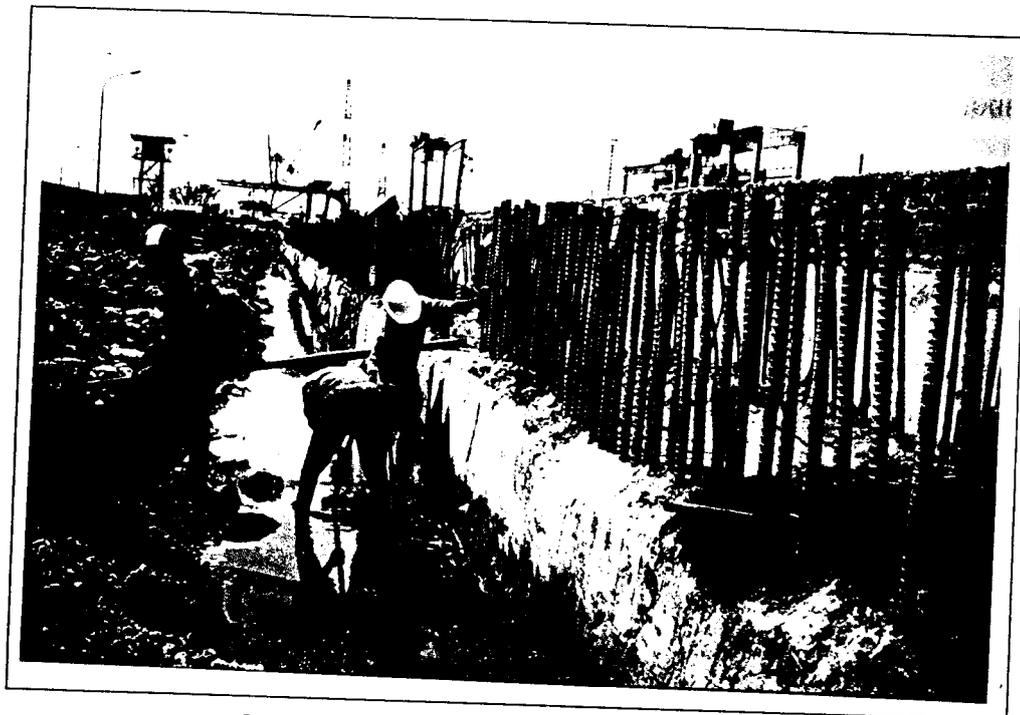
Selama pengecoran, ujung bawah pipa *tremie* tetap dipertahankan pada jarak minimum 3 m di bawah permukaan beton yang telah dicor (gambar 3.26). Hal ini dilakukan untuk menghindari tercampurnya beton yang telah keluar dari pipa *tremie* dengan *slurry bentonite* di dalam lubang galian. Sebagian beton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

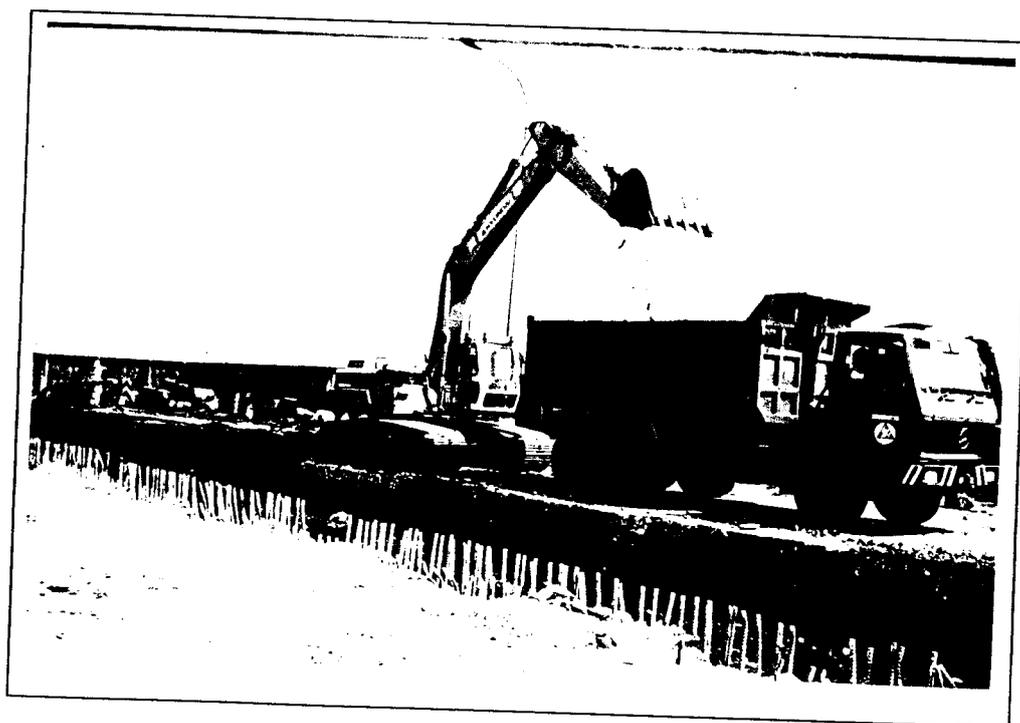


Gambar 3.26 Detail metoda pengecoran

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.

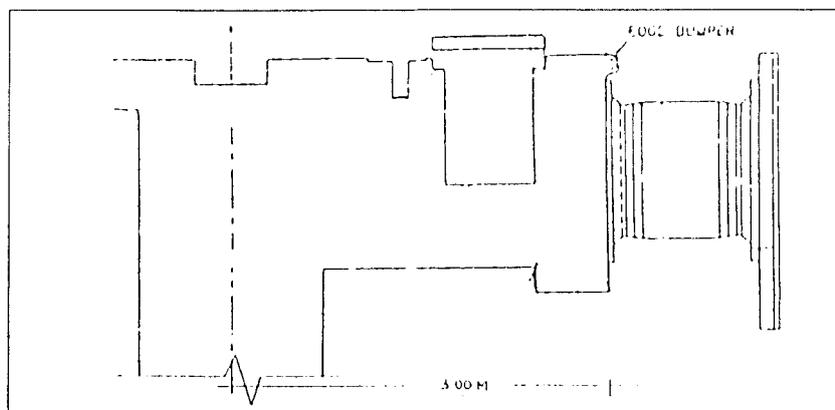


Gambar 3.27 Pembongkaran *guide wall*



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.