

BAB II

DASAR TEORI

2.1 PENDAHULUAN

Berbeda dengan bangunan yang lain, maka proyek gedung bertingkat memiliki karakteristik yang spesifik, khususnya dalam teknologi pelaksanaannya. Sifat yang spesifik ini perlu diperhatikan dalam rangka penyusunan metode pelaksanaan. Beberapa hal yang spesifik antara lain sebagai berikut:

1. Urutan Pekerjaan

Tiap bagian pekerjaan sangat terkait dengan bagian pekerjaan yang lain, sehingga perlu disusun urutan pelaksanaannya. Bila urutan kegiatan disusun tidak tepat, maka akan menimbulkan berbagai masalah pelaksanaan, yang dapat berdampak pada tidak tercapainya sasaran efisiensi dan efektivitas. Urutan kegiatan pelaksanaan ini pun juga dapat berubah sesuai dengan penemuan cara-cara pelaksanaan yang baru.

2. Jenis Pekerjaan

Bangunan gedung, dikenal memiliki banyak jenis kegiatan dan memerlukan banyak jenis material dengan berbagai macam spesifikasi. Bahkan jenis material konstruksi pun ikut berkembang sesuai dengan penemuan-penemuan baru yang dihasilkan. Untuk dapat merinci jenis kegiatan pada bangunan gedung secara lengkap diperlukan kemampuan menyusun *work breakdown structures*.

3. Kegiatan Pengangkutan Vertikal

Angkutan vertikal ini merupakan jantungnya kegiatan dari proyek gedung bertingkat dan sangat besar pengaruhnya terhadap kelancaran pelaksanaan. Oleh karena itu sistem angkutan vertikal ini harus direncanakan sebaik-baiknya, baik untuk angkutan tenaga kerja maupun angkutan material dan diperlukan juga penggunaan peralatan yang semakin canggih, seperti tower crane, climbing crane, passenger hoist dan lain sebagainya.

4. Keselamatan Kerja

Banyak kegiatan pekerjaan yang rawan terhadap kecelakaan, baik disebabkan oleh

manusia, alat, material, maupun desain dan metode yang tidak aman. Oleh karena itu *safety plan* sangat diperlukan, baik untuk menjaga keselamatan orang yang bekerja pada bangunan itu, dan orang yang mungkin berada di sekitar tempat bangunan. Begitu juga terhadap keamanan bangunan itu sendiri selama proses pelaksanaan.

5. Keterbatasan Lokasi

Pada umumnya letak lokasi proyek ada di tengah kota yang terbatas areal kerjanya. Sehingga diperlukan suatu perencanaan site (*site plan*) yang baik, untuk menjamin kelancaran proses pelaksanaan pekerjaan. Perencanaan *site plan* ini harus dianggap penting karena akan berpengaruh pada kelancaran pelaksanaan, di mana meletakkan perkantoran, pergudangan, jalan kerja, dan lain sebagainya. Dalam hal ini kita patut untuk meniru perencanaan tata letak mesin-mesin pada suatu pabrik, yang direncanakan dengan sempurna untuk memperoleh tingkat produktivitas yang maksimal.

6. Air Tanah

Khususnya untuk bangunan bertingkat yang memiliki ruang *basement* yang dalam, kondisi air tanah setempat akan cukup berpengaruh pada proses pelaksanaan. Dari beberapa kondisi yang spesifik tersebut di atas, maka proses pelaksanaan gedung bertingkat tinggi, sangat perlu didahului dengan pekerjaan-pekerjaan persiapan untuk menjamin kelancaran dan keamanan proses tersebut. Pekerjaan-pekerjaan persiapan tersebut, yang biasanya masuk dalam pos *preliminaries*, di mana besarnya cukup berarti terhadap total biaya proyek. Untuk beberapa proyek besar, pos tersebut dapat mencapai lebih dari 10% dari total biaya.

2.2 PEKERJAAN PERSIAPAN

Sebelum pekerjaan pokok dimulai, untuk menjamin lancarnya pelaksanaan perlu dilakukan dan dipikirkan hal-hal yang mempengaruhinya, antara lain sebagai berikut:

2.2.1 Access Road (Jalan Masuk)

Untuk keperluan transportasi/pengangkutan *raw material, fabricc ed material*, peralatan dan lain-lain, maka diperlukan *access road* yang cukup memadai, baik lebarnya maupun kekuatan strukturnya.

Access Road ini ditinjau dari lokasinya ada dua, yaitu:

1 . *Off Site Access*

Jaringan jalan yang ada di luar lokasi dimanfaatkan sebagai *access road*. Untuk ini perlu diketahui hal-hal sebagai:

- a. apakah ada yang perlu pelebaran
- b. apakah ada yang perlu perkuatan
- c. apakah ada peraturan lalu lintas atau peraturan daerah yang perlu diperhatikan.

2. *On Site Access*

Di dalam lokasi sendiri, diperlukan juga jalan untuk transportasi dalam lokasi dan pergerakan dari peralatan yang digunakan. *On site access* ini perlu direncanakan sebaik-baiknya, terutama untuk menghindari gangguan yang ada di dalam lokasi seperti:

- a. gangguan di atas (*over head obstruction*)
- b. gangguan di permukaan tanah (*ground obstruction*)
- c. gangguan di bawah tanah (*underground obstruction*)

Perencanaan *access* ini menjadi satu kesatuan dalam perencanaan site (*site plan*).

2.2.2 **Site Plan**

Lahan pada lokasi proyek, perlu direncanakan sebaik-baiknya untuk keperluan menampung dan mengatur seluruh kegiatan yang ada di lokasi meliputi:

- a. kantor-kantor (*offices*)
- b. gudang (terbuka dan tertutup)
- c. barak kerja/tempat fabrikasi
- d. *on site access*
- e. fasilitas-fasilitas kerja lain, seperti *car wash* misalnya.

Bila lahan lokasi proyek sangat terbatas, maka perlu pemanfaatan lahan lain yang berdekatan atau bila terpaksa menggunakan lahan bangunan permanen secara sementara dengan penjadwalan yang detail dan rinci, agar tidak terlalu mengganggu kelancaran pekerjaan.

2.2.3 **Pedoman Pengukuran**

Agar bangunan dapat diletakkan pada posisi yang diinginkan sesuai rencana maka diperlukan pedoman-pedoman pengukuran.

Pedoman pengukuran yang diperlukan adalah:

- a. Pedoman titik koordinat, hal ini diambil dari "Bench Mark" (BM) yang ada di sekitar/di dekat lokasi atau berpedoman pada bangunan yang telah ada.
- b. Pedoman elevasi, untuk dapat menetapkan elevasi ± 0 untuk bangunan tersebut.

Kedua pedoman tersebut harus selalu dijaga agar tidak mengalami perubahan dan senantiasa harus dicek kembali, sampai dengan pedoman tersebut telah dipindahkan pada bagian bangunan yang telah dilaksanakan, secara tetap.

2.2.4 Alat Angkat

Kegiatan transportasi vertikal adalah merupakan jantungnya kegiatan pelaksanaan, oleh karena itu pemilihan alat angkat yang digunakan serta letak dan pergerakannya perlu ditetapkan/direncanakan lebih dahulu.

2.2.4.1 Jenis Alat Angkat

Dari objek yang diangkat, maka alat angkat dibagi menjadi dua, yaitu:

1. Alat angkat barang-barang kecil dan tenaga kerja/orang yaitu: passenger hoist.

Passenger hoist ini berbentuk boks yang tertutup dan memiliki pintu untuk keluar masuk, dan dilayani oleh seorang operator di dalamnya untuk mengoperasikannya. Boks tersebut bergerak secara vertikal pada tiang rangka baja yang menempel pada gedung.

2. Alat angkut barang-barang besar dan berat, yaitu: mobile crane dan atau tower crane. Mobile crane ada dua jenis yaitu *wheel* (roda ban) dan *crawler* (rantai baja), biasanya digunakan untuk mengangkat barang yang tidak tinggi (2 atau 3 lantai).

Sedangkan tower crane, digunakan untuk transportasi vertikal pada pelaksanaan gedung bertingkat tinggi.

Tower crane ada tiga jenis, yaitu:

1. Static base crane, berdiri secara tetap pada fondasi dan untuk kekakuannya diangker ke bagian gedung yang selesai dibangun.

2. Rail mounted crane atau traveling crane, berdiri bebas dan dapat bergerak sepanjang rail yang ada.
3. Climbing crane, bergerak ke atas dengan bertumpu pada lantai bangunan yang telah selesai dan terletak di tengah-tengah gedung yang dibangun.

Kapasitas tower crane tergantung dari jenis dan tipe tower crane, serta panjang lengan pada saat mengangkat (makin panjang lengan angkatnya, kemampuan angkatnya menurun).

2.2.4.2 Letak Alat Angkat

Untuk mobile crane, karena sifatnya yang dapat bergerak bebas, tidak tergantung pada letaknya. Tetapi yang perlu dipikirkan adalah manuver/pergerakannya efisien atau tidak.

Sedangkan untuk tower crane dan passenger hoist, perlu direncanakan letaknya secara tepat karena akan mempengaruhi produktivitas kerja.

1. Letak passenger hoist

Letak passenger hoist diupayakan sebagai berikut :

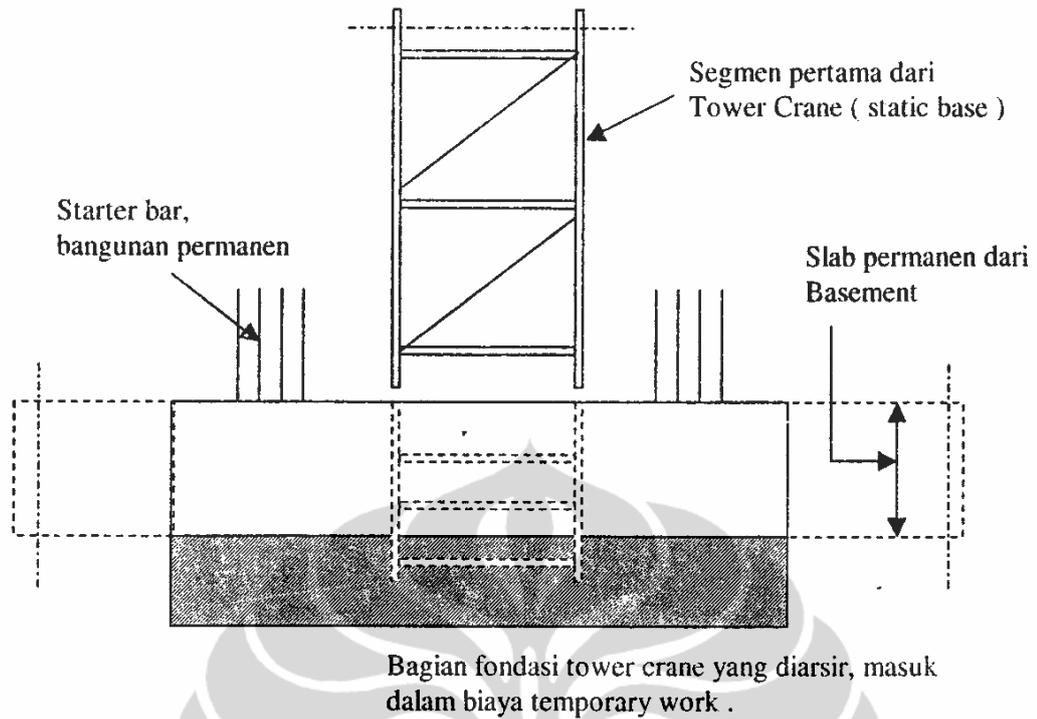
- a. Sedekat mungkin dengan pusat dari daerah yang dilayani
- b. Tidak terlalu banyak mengganggu kegiatan pekerjaan finishing.

2. Letak tower crane/climbing crane

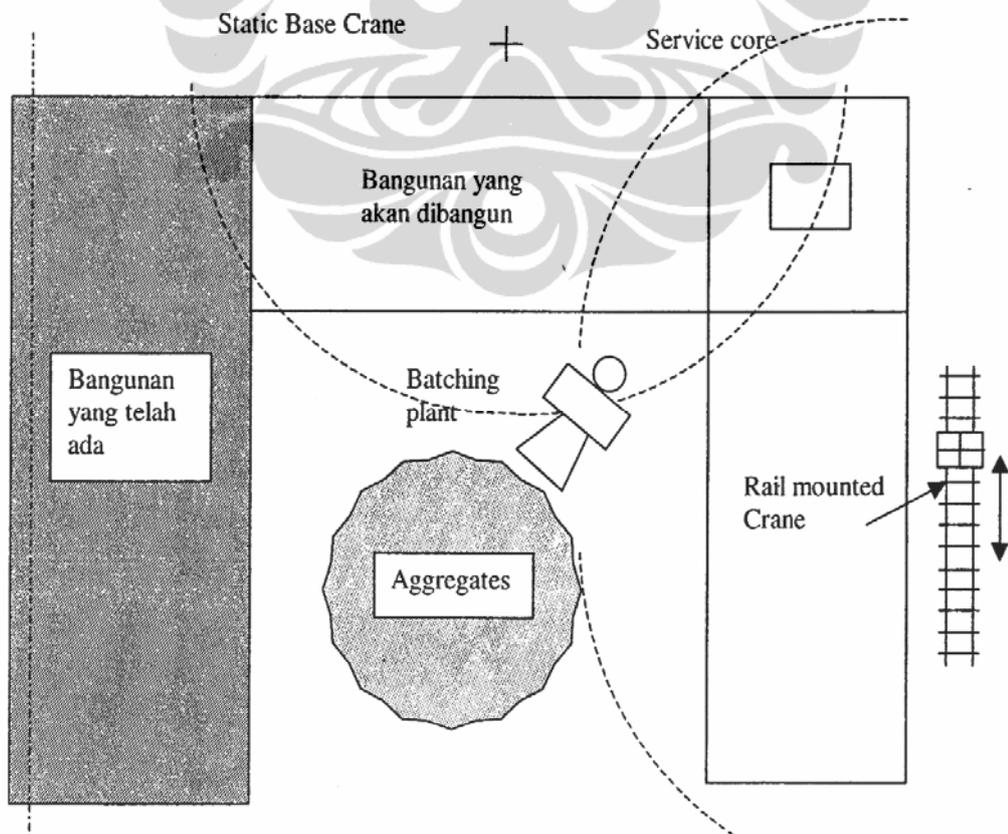
Letak tower crane diupayakan sebagai berikut:

- a. Memiliki daerah pelayanan yang maksimal
- b. Dapat memanfaatkan struktur bangunan sebagai fondasi
- c. Over swing tower crane tidak mengganggu pihak lain (seperti bangunan, jalan raya, jalan kereta api, dan lain-lain).
- d. Khusus climbing crane, struktur tempat berpijak cukup kuat menahan climbing crane selama operasi.

Contoh bangunan permanen yang dimanfaatkan untuk fondasi tower crane lihat Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Fondasi Tower Crane



Gambar 2.2 Letak Tower Crane

2.3 PEKERJAAN DEWATERING

Pekerjaan galian untuk basement, sering kali terganggu oleh adanya air tanah. Oleh karena itu, sebelum galian tanah untuk basement dimulai sudah harus dipersiapkan pekerjaan pengeringan (*dewatering*), agar air tanah yang ada, tidak mengganggu proses pelaksanaan basement.

Metode pengeringan yang dipilih, tergantung beberapa faktor, antara lain:

- Debit rembesan air
- Jenis tanah
- Kondisi lingkungan sekitarnya

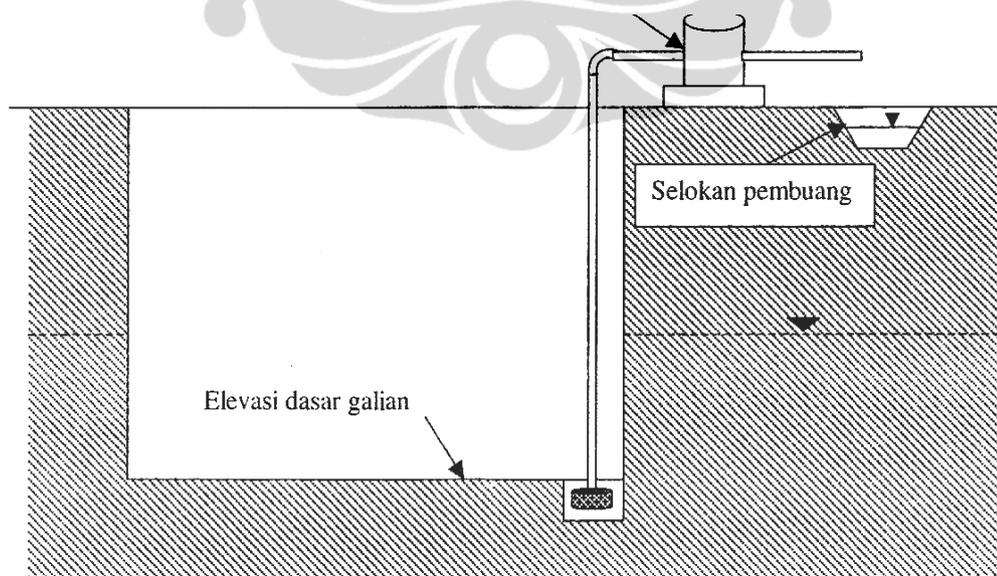
Ada tiga macam cara pengeringan yang dapat dipilih, yaitu:

2.3.1 Open Pumping

Metode open pumping dipilih, bila :

- Karakteristik dari tanah merupakan tanah padat, bergradasi baik dan berkohesi.
- Debit rembesan air tidak besar.
- Sumur/selokan untuk pemompaan tidak mengganggu atau merugikan pada tanah/bangunan yang akan dilaksanakan.

Pompa

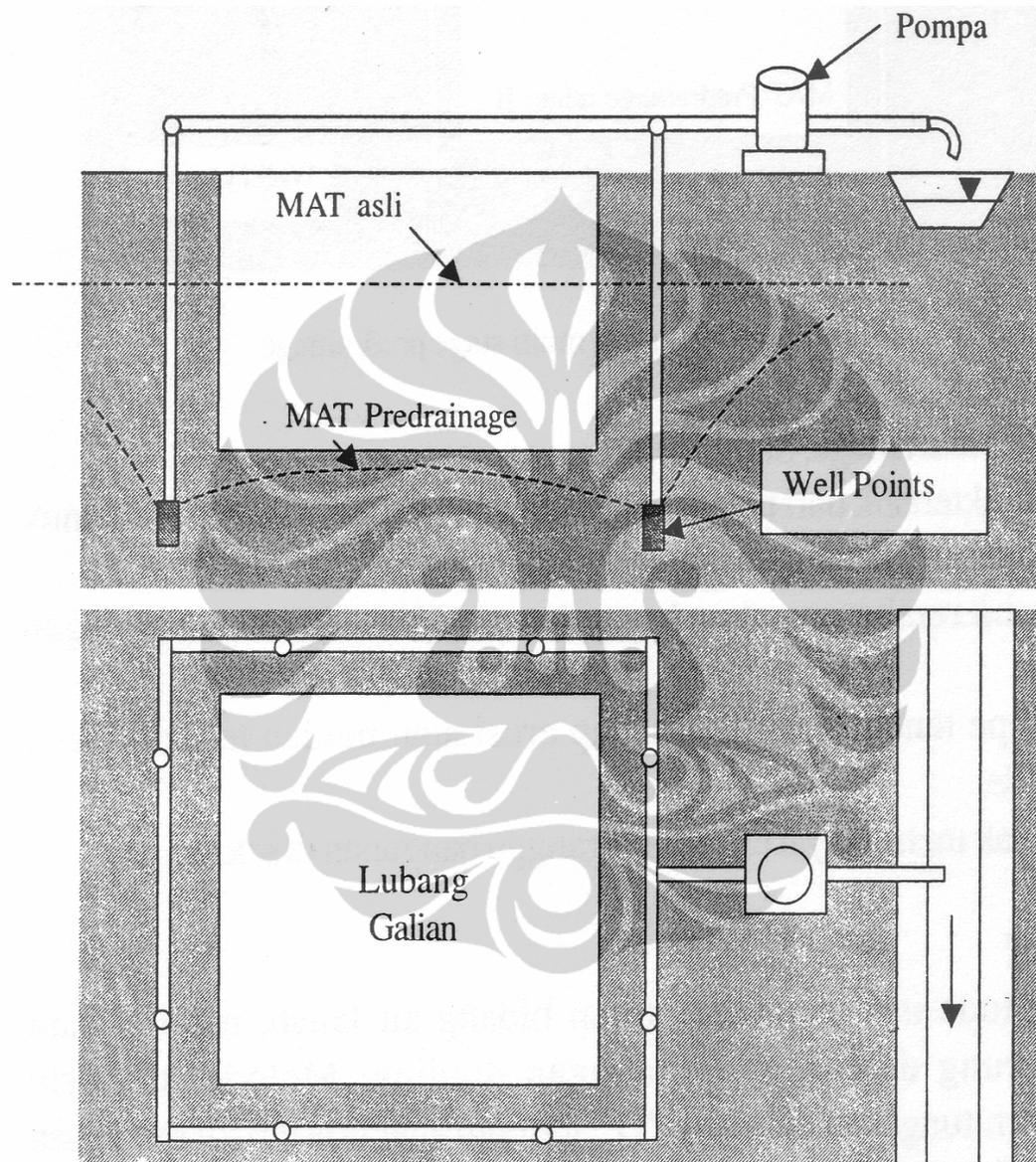


Gambar . 2.3 Sistem Open Pumping

2.3.2 Predrainage

Metode ini, menurunkan muka air terlebih dahulu sebelum pekerjaan galian dimulai, dengan menggunakan pompa well-points.

- Single Stage Predrainage



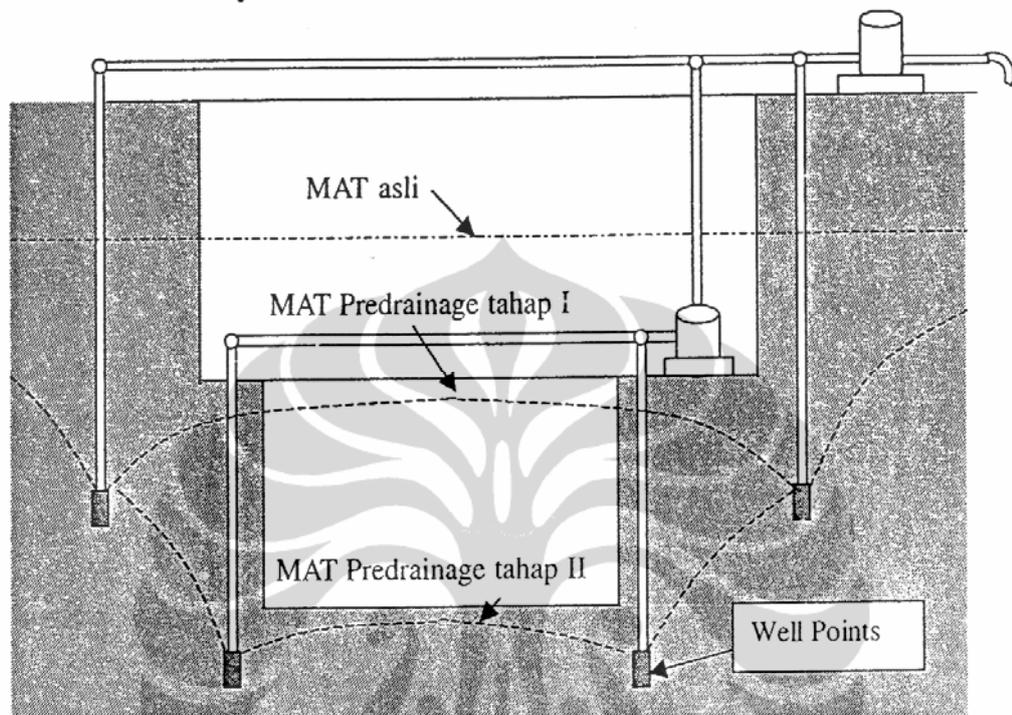
Gambar 2.4 Sistem Predrainage

- Multi Stage Predrainage (bila penurunan muka air tanah melebihi suction liftnya).

Metode predrainage, dipilih bila:

- Karakteristik dari tanah merupakan tanah lepas, berbutir seragam, cadas lunak dengan banyak celah.

- Debit rembesan cukup besar dan tersedia saluran pembuangan air.
- Slope tanah sensitif terhadap erosi atau mudah terjadi *rotary slide*.
- Tidak mempunyai efek mengganggu bangunan di sekitarnya.



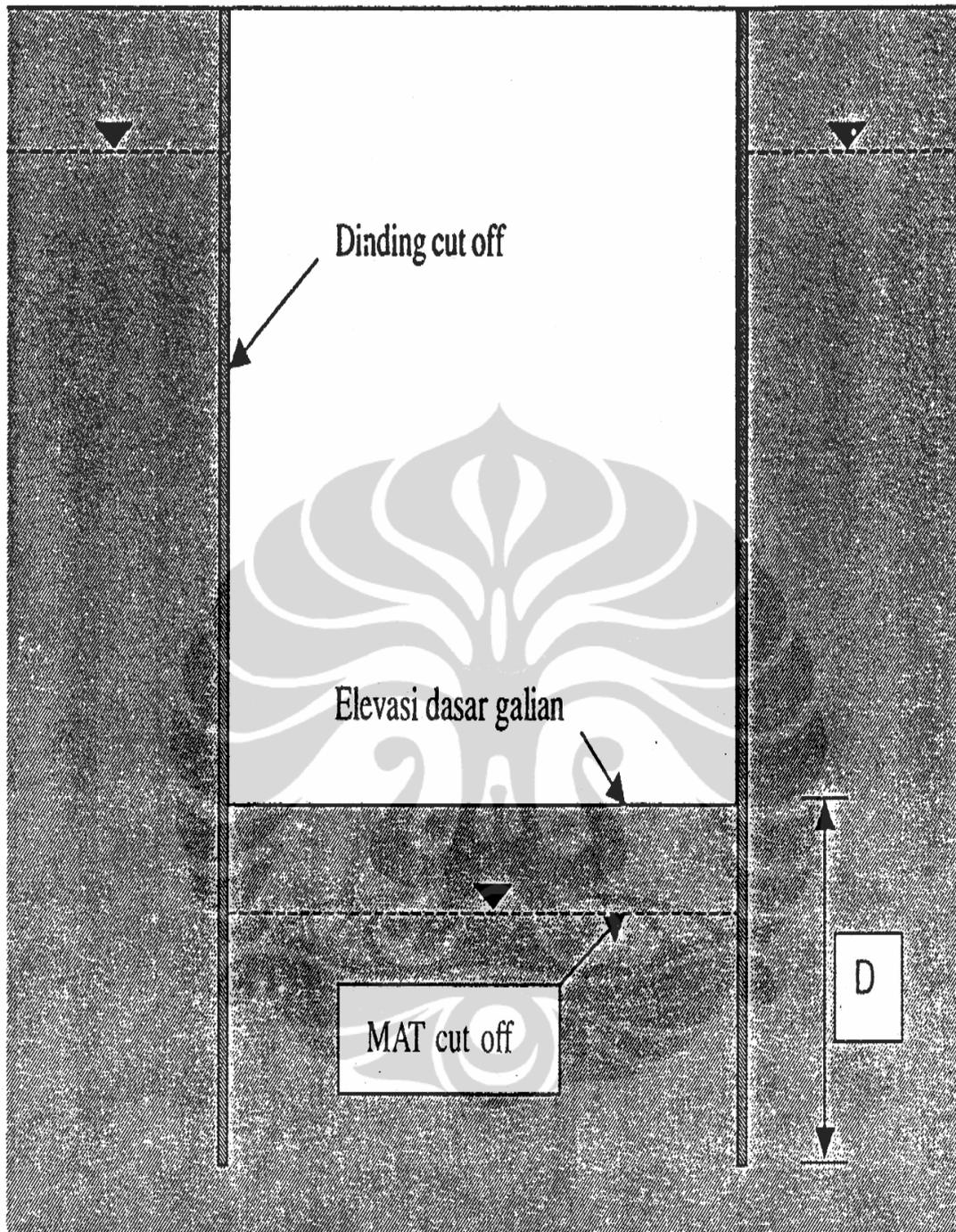
Gambar 2.5 Sistem Muli Stage Pre-drainage

2.3.3 Cut Off

Metode ini memotong aliran bidang air tanah, melalui cara mengurung daerah galian dengan dinding. Metode ini perlu memperhitungkan dalamnya "D" tertentu agar tidak terjadi rembesan air masuk ke dalam daerah galian.

Dinding cut off dapat menggunakan:

- Steel sheet pile (tidak dipakai sebagai struktur dinding permanen).
- Concrete diaphragm wall (sebagai struktur dinding permanen).
- Concrete secant pile (dapat dipakai sebagai dinding permanen).

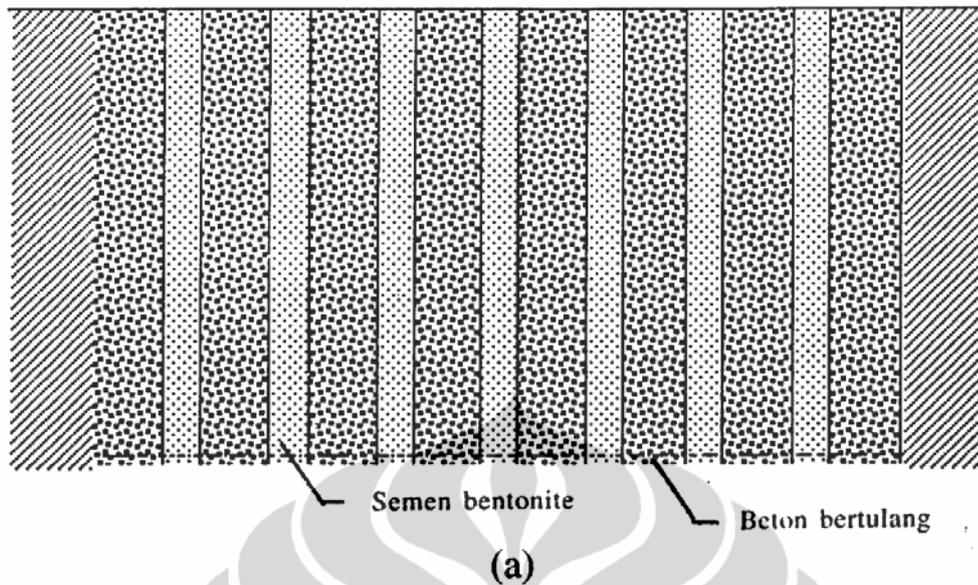


Gambar 2.6 Sistem Cut Off

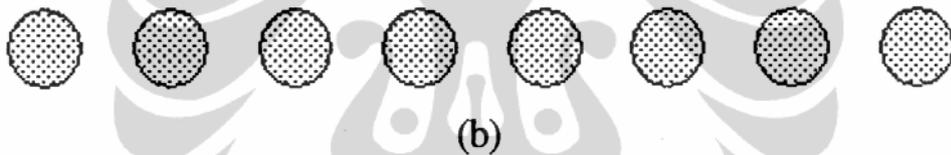
Metode cut off, dipilih bila:

- Kondisi sama dengan pemilihan predrainage.
- Dinding cut off difungsikan juga sebagai penahan tanah atau sebagai dinding basement.
- Penurunan MAT akan mengganggu/merugikan lingkungan sekitarnya

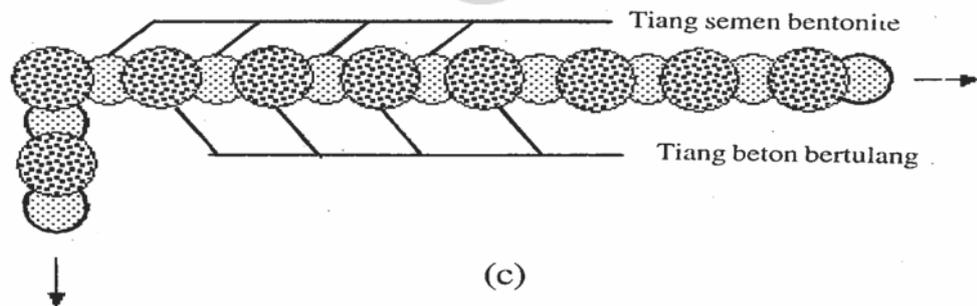
Dinding Cut Off dengan Metode Secant Pile



- Tahap 1:
Bor dan cor tiang semen bentonite sedalam yang diperlukan



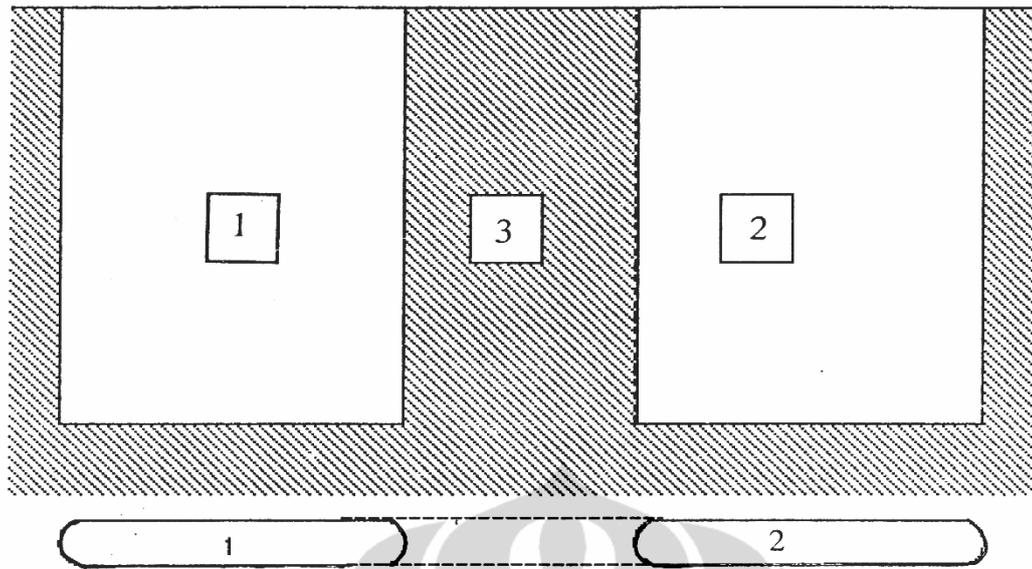
- Tahap 2:
Bor dan cor tiang beton bertulang, sedalam tiang semen bentonite, di antara dua tiang semen bentonite, sehingga menggerus dua tiang semen bentonite yang bersebelahan, membentuk dinding rapat.



Gambar 2.7 a, b, c Metode Secant Pile

Dinding Cut Off dengan Metode Diaphragm Wall (Cast Inplace)

- Tahap 1:
Galian tiap panel secara selang-seling (panel *female*), dipandu dengan Guide Wall



- Tahap 2: Cor panel No. 1 dan 2, dengan diberi pipa, untuk sambungan dengan panel disebelahnya.



- Tahap 3: Galian panel 3 (*panel male*), di antara panel female, setelah beton cukup umur dan pipa diambil .



- Tahap 4: Cor panel 3 (*panel male*), dan begitu seterusnya.

Cor panel 3 (*panel male*), dan begitu seterusnya.



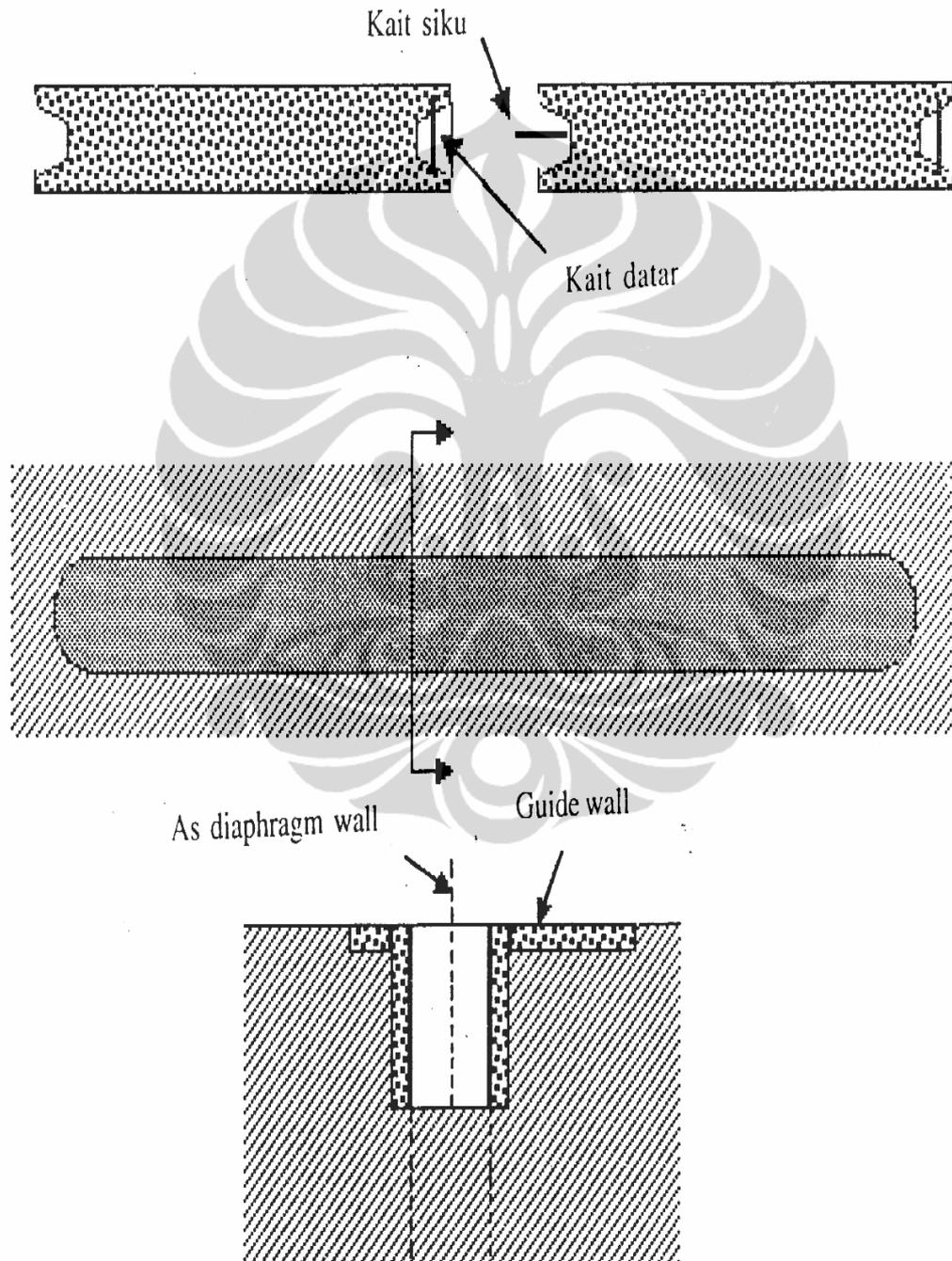
Gambar. 2.8 Metode Diaphragm Wall

Pada metode ini (*cut off*), tidak ada pembuangan air tanah sama sekali, sehingga tidak diperlukan saluran drainage. Oleh karena itu muka air tanah di luar bangunan (di luar daerah galian) sama sekali tidak mengalami perubahan.

Dinding Cut Off dengan Metode Diaphragm Wall (Precast Concrete)

- Tahap 1:

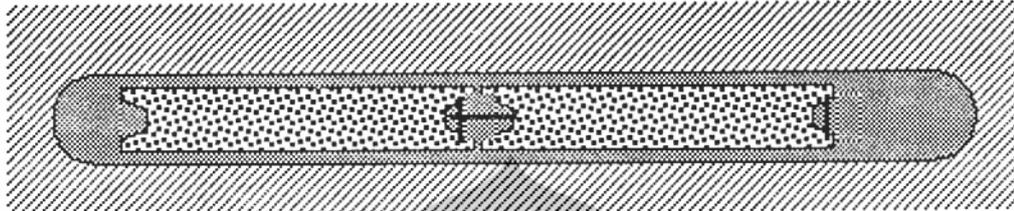
Dicor precast concrete wall, selebar kurang lebih satu meter, dengan dilengkapi kait di bagian bawah untuk menjamin hubungan antara *precast* satu dengan yang lain.



Gambar 2.9 Sistem Precast Diaphragm Wall

- Tahap 2:

Dipasang *precast concrete wall*, dengan cara diturunkan menggunakan crane, sampai dipastikan bahwa kait di bagian bawah telah tersambung dengan baik. Sisa bentonite yang ada akan mengeras dan akan berfungsi sebagai *grouting/water stop*.



Gambar 2.10. Hubungan precast

2.4 PEKERJAAN FONDASI

Untuk gedung bertingkat pada umumnya menggunakan "Fondasi Dalam", hingga mencapai kedalaman di mana daya dukung tanah sudah cukup tinggi.

Fondasi dalam, biasanya berbentuk tiang, dan ada tiga jenis, yaitu :

2.4.1 Tiang Pancang

Ditinjau dari jenis material, tiang pancang dapat dibuat dari :

- Beton berlulang.
- Baja (Pipa, Baja profil).

Ditinjau dari *Soil Displacement* yang terjadi selama proses pemancangan ada dua jenis yaitu:

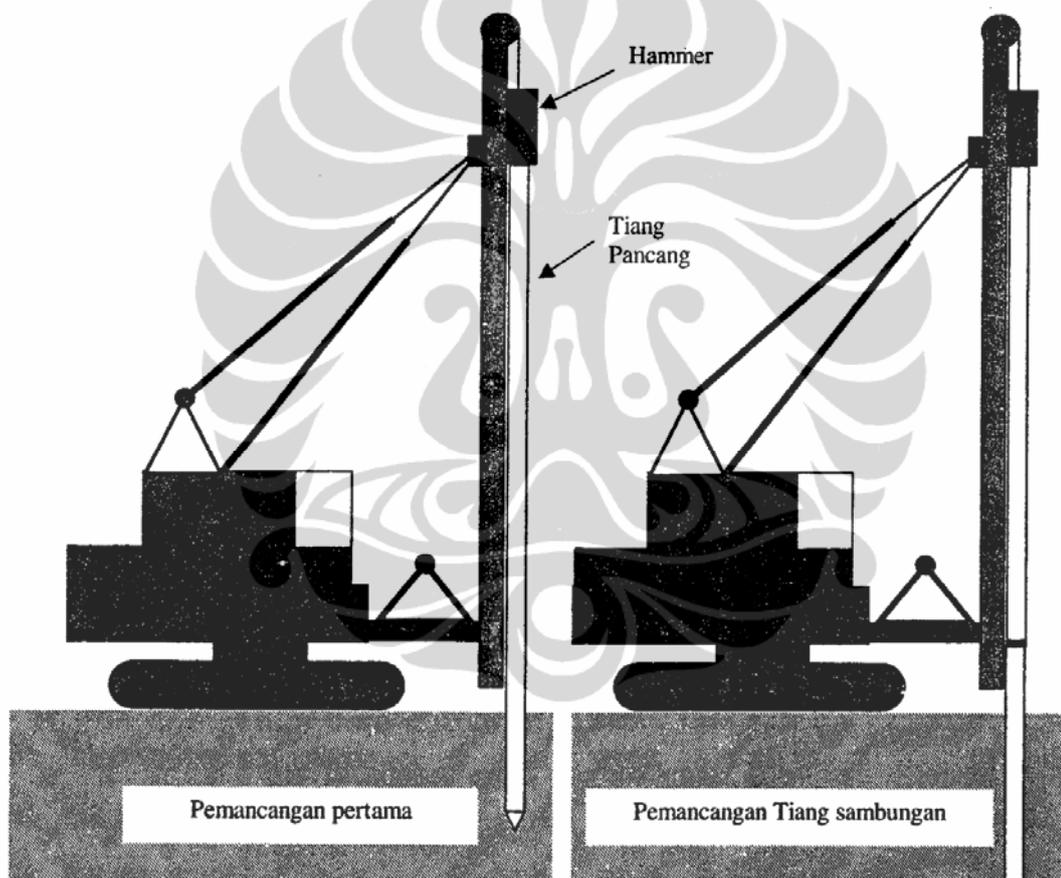
- Large soil displacement, untuk jenis jenis tiang pancang beton masif dan pipa close ended.
- Small soil displacement, untuk jenis jenis tiang pancang baja profile dan pipa open ended.

Bila panjang tiang pancang menurut desain dibutuhkan lebih panjang dari tinggi alat pancang yang dipergunakan, maka selama proses pemancangan tiang pancang dapat dibagi menjadi dua bagian, di mana bagian pertama dipancang, kemudian disambung dengan bagian kedua, dan dilanjutkan dengan pemancangan berikutnya.

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam pekerjaan pemancangan, antara lain sbb:

- Titik-titik ukur untuk memberikan *guide* posisi letak titik pancang

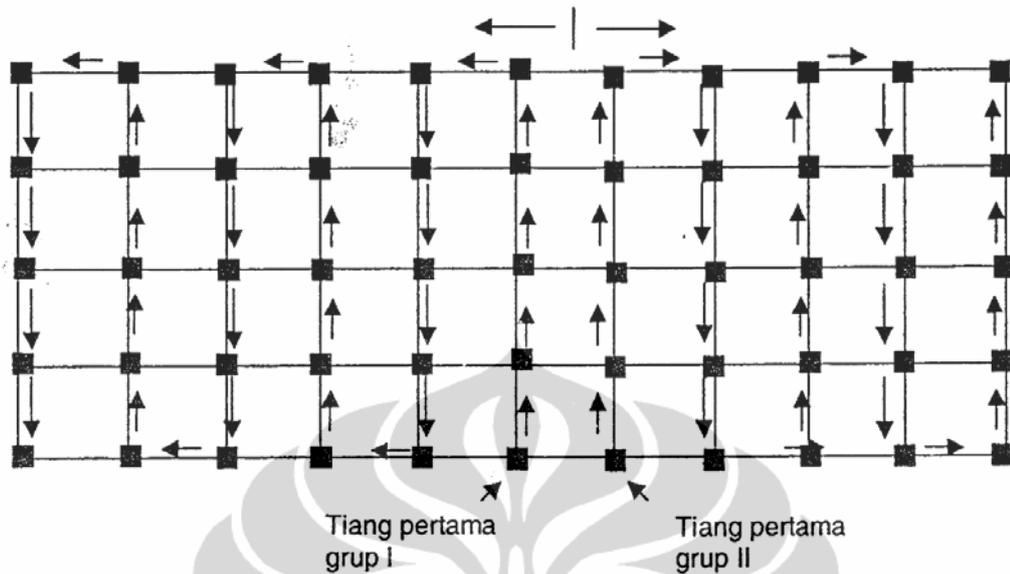
- Untuk kelompok tiang pancang, arah pemancangan dimulai dari dalam ke arah luar, terutama untuk tiang yang *large soil displacement* dan berjarak rapat, untuk menghindari terjadinya *heaving* pada tiang.
- Pergerakan alat pancang sebaiknya ke arah belakang (mundur), agar tidak terhalang oleh sisa ketinggian tiang-tiang yang masih muncul di atas permukaan tanah, yang baru selesai dipancang.
- Pemancangan tiap titik sebaiknya dilakukan sampai selesai, jangan ditinggal di tengah proses pemancangan. Karena bila ditinggal, jepitan (*friction*) tanah akan bekerja sehingga tiang akan sulit diturunkan lagi.



Gambar 2.11. Pemancangan pertama dan sambungan

Pemancangan kelompok tiang yang jaraknya cukup rapat dengan *large soil displacement* (tiang masif atau tiang yang *closed ended*) dapat menimbulkan persoalan *heaving*, yaitu munculnya kembali bang yang sudah dipancang. Untuk menghindari persoalan tersebut, maka urutan pemancangan harus diperhatikan, yaitu dengan arah dari tengah ke luar.

Urutan pemancangan kelompok tiang dengan *large soil displacement* (dari pusat ke arah luar).



Gambar 2.12 Urutan Pemancangan

2.4.2 Tiang Bor (*Bored Pile*)

Tiang bor dibuat dari beton bertulang, dan jenis tiang bor ini memiliki daya dukung yang jauh lebih besar dibanding tiang pancang. Untuk memperbesar daya dukung tiang bor dan menambah kekuatan tarik, pada pangkalnya dapat dibuat bendolan yang membesar.

Pada pelaksanaan tiang bor, dipancang pipa *casing* terlebih dahulu, kemudian dilakukan pengeboran tanah. Untuk menjaga agar tidak terjadi keruntuhan tanah, maka selama pengeboran lubang diisi dengan bentonite. Setelah elevasi bor tercapai (diperiksa jenis tanah diujung pengeboran), maka dimasukkan tulangan dan dicor beton dengan menggunakan pipa termi.

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam pekerjaan tiang bor, antara lain sbb:

- Titik-titik ukur untuk memberi *guide* posisi letak titik tiang
- Disiapkan drainase, penampungan dan pembuangan lumpur hasil pengeboran.
- Keakuratan kedalaman bor (*bottom level*)
- Kecermatan kualitas beton.
- Penggunaan bentonite untuk mencegah runtuhnya tanah pada lubang bor.

- Pergerakan Alat bor ke arah belakang (mundur)
- Keakuratan elevasi pemberhentian cor beton (*top level*).

Kondisi tanah di bawah biasanya tidak dapat diketahui secara pasti, oleh karena itu, volume pengecoran beton untuk *bore pile* tidak dapat dipastikan. Untuk menghindari risiko ketidakpastian, dapat ditempuh dengan cara diukur kenyataan yang terjadi saja.

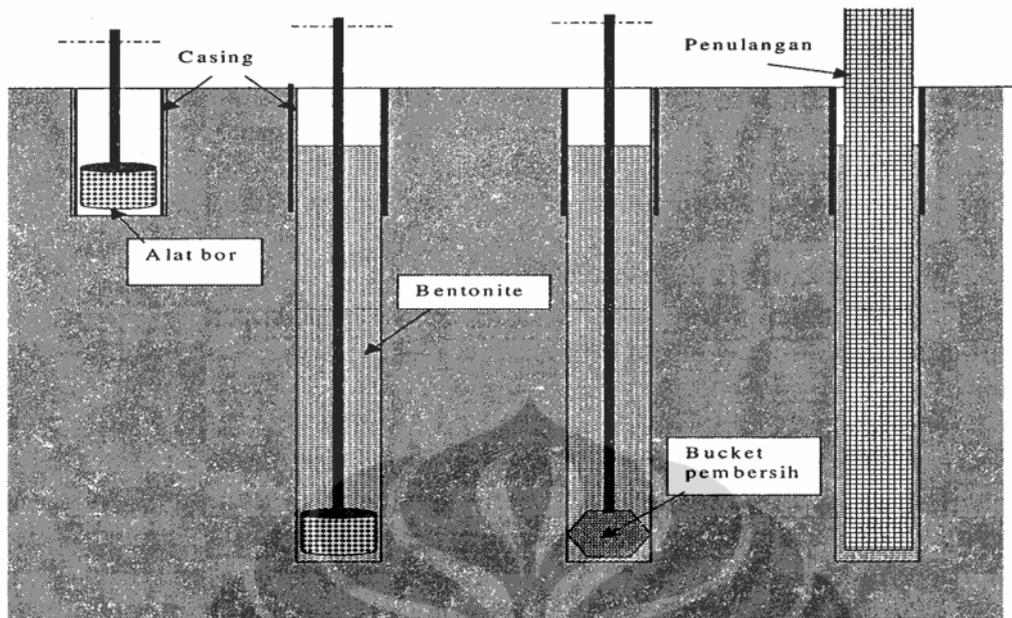
2.4.3 Tiang Franki (*Franki Pile*)

Sistem Franki Pile, dilihat dari proses pelaksanaannya, menggunakan kombinasi antara pemancangan dan pengecoran, yaitu dengan cara:

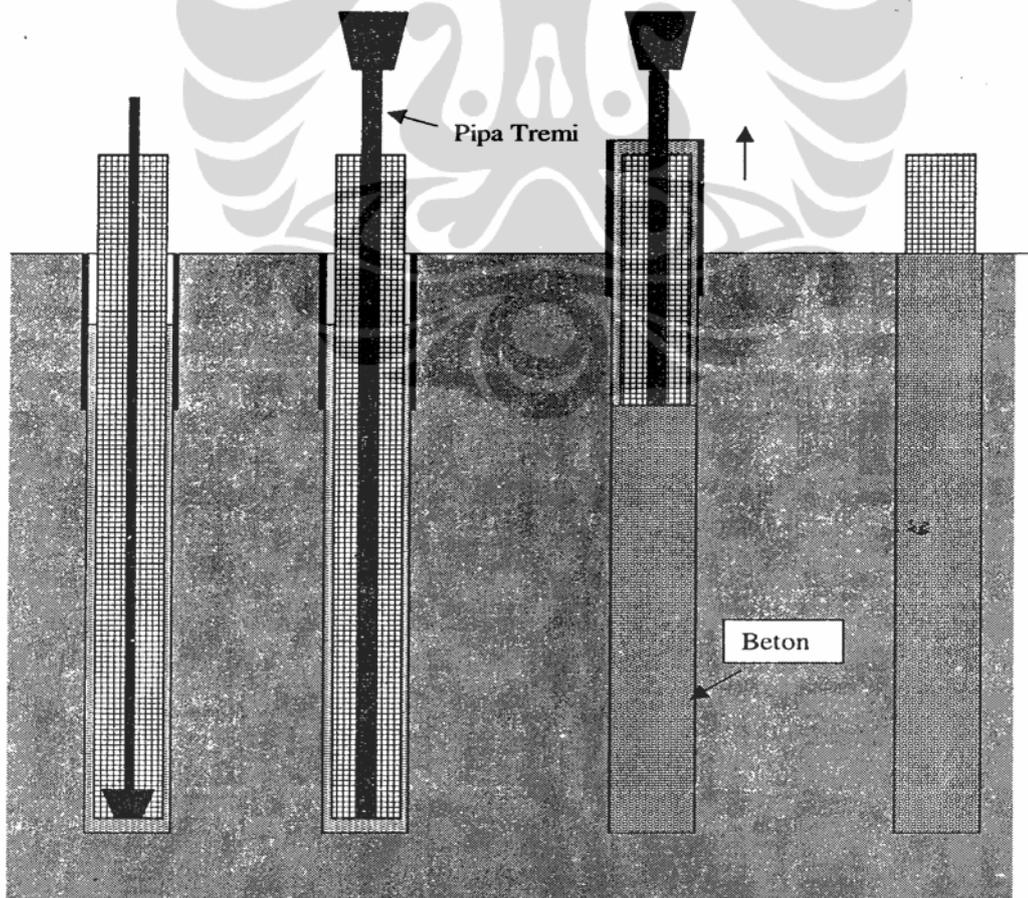
- Membuat lubang dengan cara penumbukan material dalam pipa casing sampai mencapai elevasi yang disyaratkan.
- Kedalam lubang yang ada diisi penulangan kemudian di cor beton.

Urutan pelaksanaan bored pile, dapat dijelaskan sebagai berikut:

- (1) Mengebor tanah pada titik-titik yang telah ditetapkan, bila perlu menggunakan pipa casing, sampai kedalaman yang dipasang pipa casing.
- (2) Mengebor tanah sampai kedalaman yang direncanakan, bila kondisi tanahnya mudah runtuh, digunakan/diisi lumpur bentonite
- (3) Dasar lubang bor, dibersihkan dari bekas-bekas pengeboran dengan menggunakan bucket.
- (4) Rangkaian penulangan tiang bor dimasukkan, bila perlu penyambungan, digunakan sambungan las agar kuat menahan.
- (5) Pembersihan ulang bila masih ada kotoran, dengan menggunakan alat penyedot khusus.
- (6) Pasang pipa tremi untuk pengecoran beton, sampai ke lubang dasar bor.
- (7) Pengecoran beton tiang bor, sambil menarik/mencabut casing.
- (8) Tiang bore selesai dan siap dihubungkan dengan *pile cap*.



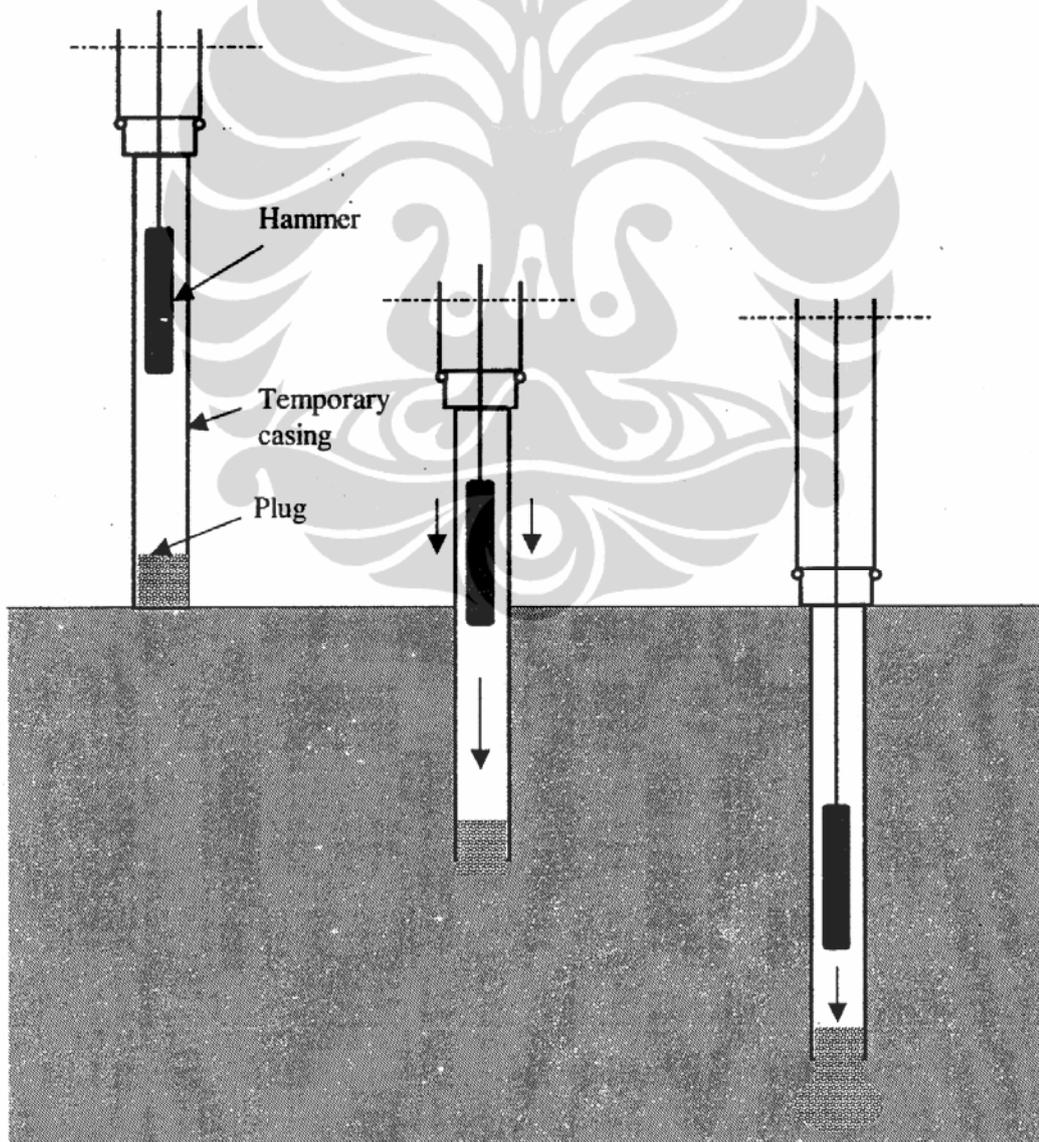
Gambar 2.13 Proses (1) sampai dengan (4) Fondasi Bore Pile



Gambar 2.14. Proses (5) sampai (8), fondasi bore file

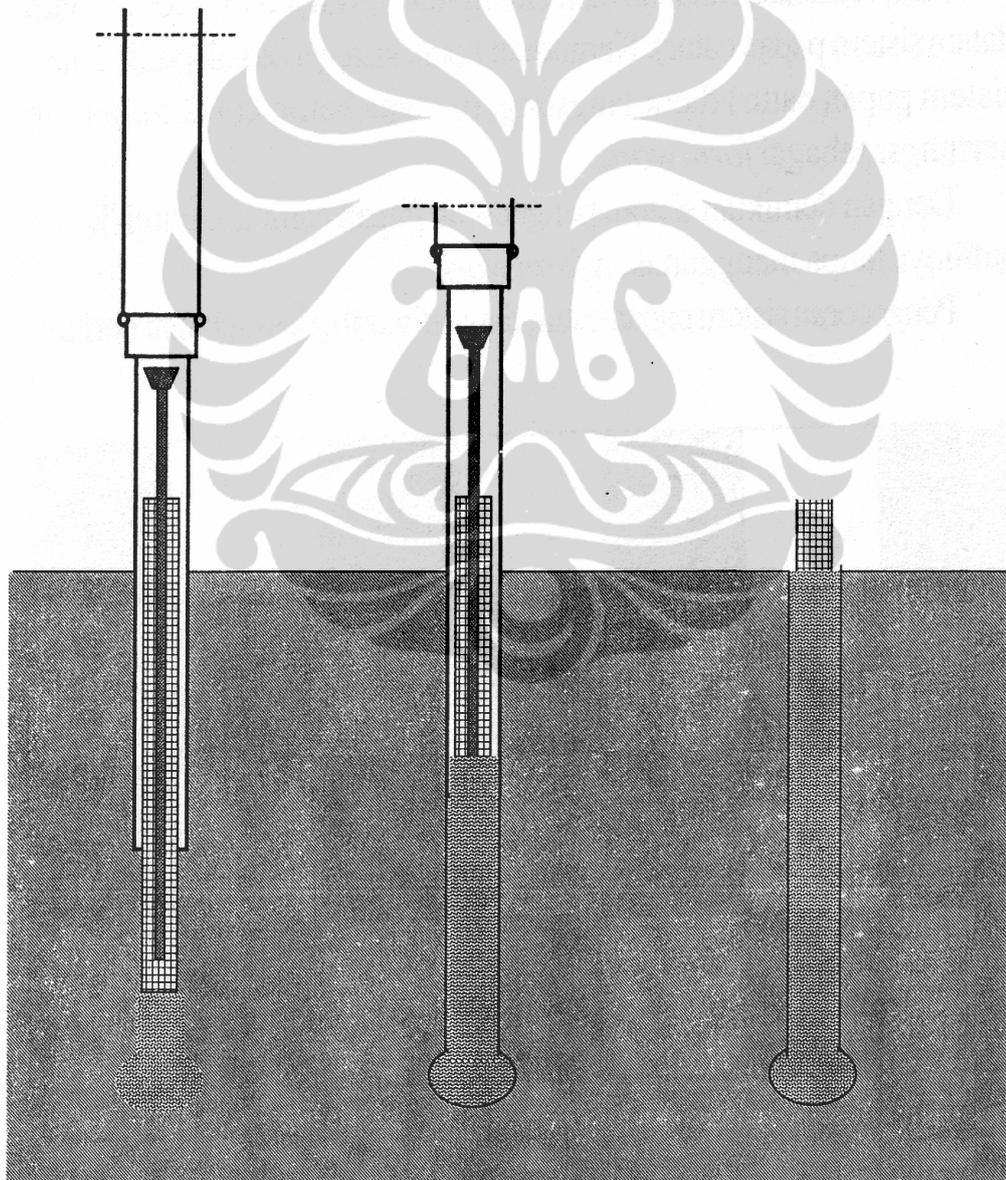
Urutan pelaksanaan franki pile, dapat dijelaskan sebagai berikut:

- (1) Temporary casing ditancapkan pada posisi titik tiang, kemudian diisi adukan beton kering secukupnya sebagai sumbat (*plug*).
- 2) Plug ditumbuk dengan hammer, dan plug akan turun diikuti oleh pipa casing, air tanah tidak akan masuk ke pipa casing karena ada plug.
- (3) Setelah mencapai kedalaman yang dikehendaki, casing ditahan dan plug tetap ditumbuk sampai keluar dari pipa casing, dan bentuknya akan membesar.



Gambar 2.15 Proses (1) sampai dengan (3) Fondasi Franki File

- (1) Proses penumbukan plug didasar casing, hanya akan menimbulkan getaran dan suara yang relatif kecil, sehingga tidak mengganggu seperti tiang pancang. Setelah kedalaman cukup, lalu dilanjutkan dengan memasukkan penulangan tiang, dan pipa tremi.
- (2) Pengecoran tiang beton dilakukan dengan pipa tremi sambil mengangkat *temporary casing*.
- (3) Tiang frankie selesai dan siap dihubungkan dengan pile cap. Pada sistem ini tidak ada tanah yang dibuang.



Gambar 2.16 Proses (4) sampai dengan (6), Fondasi Franki Pile

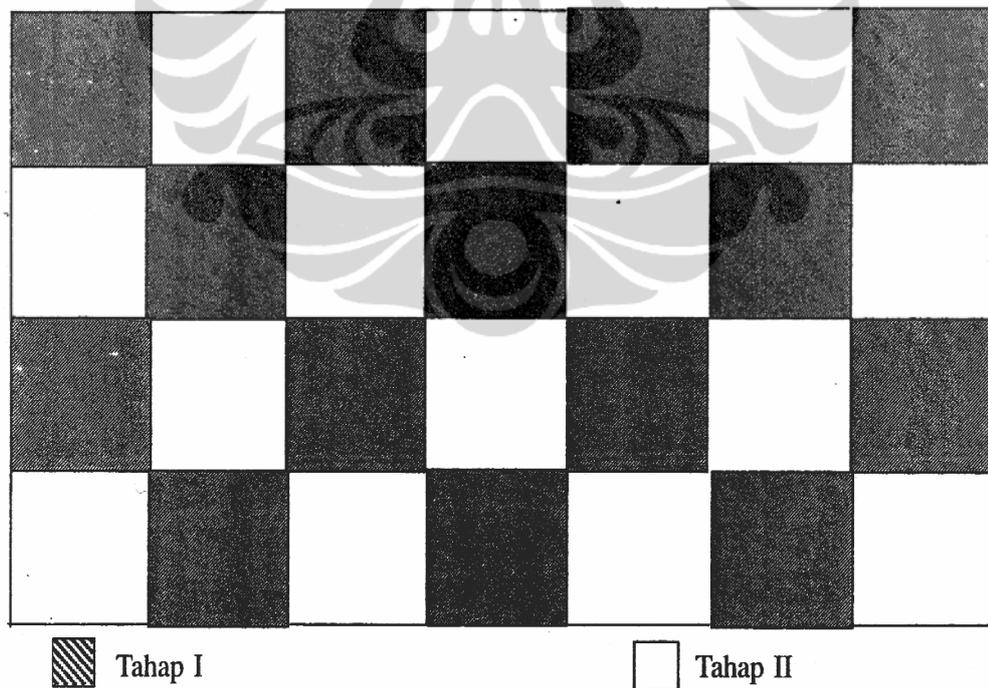
2.4.4 Raft Foundation

Untuk bangunan tingkat tinggi, biasanya menggunakan *raft foundation* yang terletak diatas tiang, berbentuk beton blok dengan ketebalan lebih dari dua meter. *Raft, foundation* ini volumenya besar sekali, sehingga tidak mungkin dicor sekaligus.

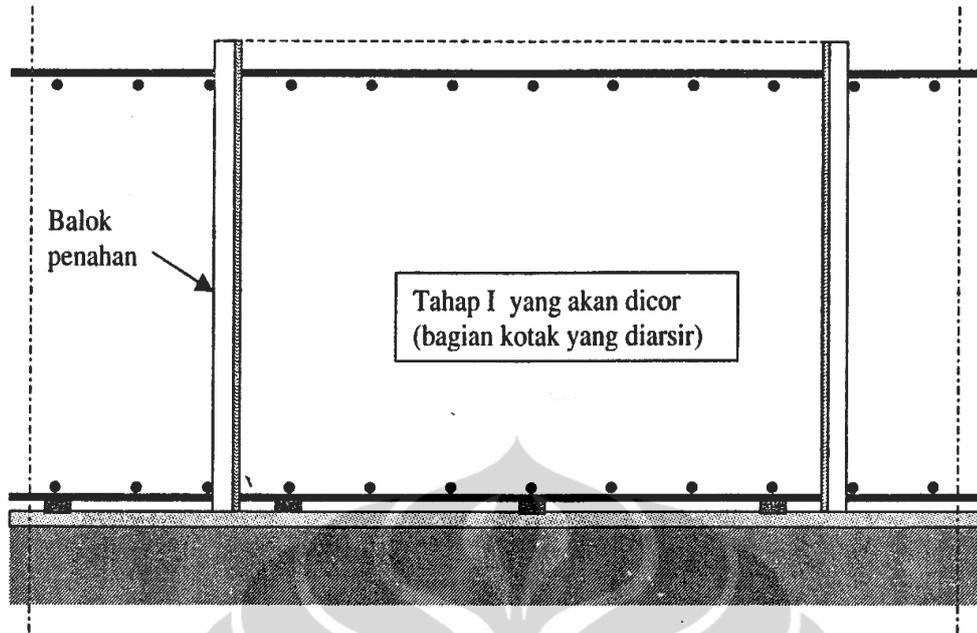
Metode pengecoran *raft foundation* biasanya menggunakan metode papan catur yaitu dicor satu kotak demi satu kotak dengan volume yang dapat diselesaikan dalam sekali cor saja. Untuk tiap kotak yang dicor duluan menggunakan pembatas dari anyaman baja yang halus dan sementara ditahan oleh batang-batang kayu/besi (kotak hitam dalam sistem papan catur). Kemudian kotak sisanya (kotak putih dalam sistem papan catur) dicor langsung, di mana beton kotak terdahulu berfungsi sebagai *form work*.

Dengan demikian sistem pengecoran papan catur ini, untuk kotak putihnya tanpa menggunakan *form work*.

Pengecoran sistem papan catur, dapat digambarkan sebagai berikut:

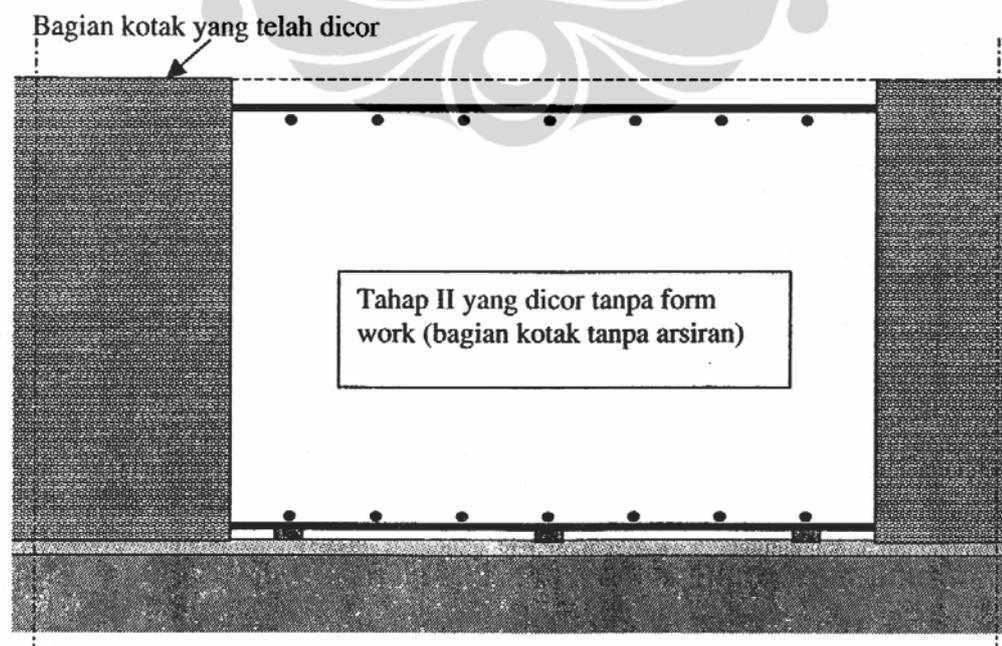


Gambar 2.17. *Form work* untuk kotak yang dicor



Gambar 2.18 Form work untuk kotak yang dicor

Setelah kotak-kotak yang dicor tahap pertama selesai, maka dilanjutkan dengan pengecoran pada kotak-kotak tahap kedua, yang berbatasan dengan beton kotak pertama, sehingga pengecoran kotak-kotak tahap kedua ini tanpa memerlukan *form work*.



Gambar 2.19 Pengecoran kotak tanpa form work

2.5 PEKERJAAN GALIAN

Bila muka air tanah berada pada daerah dangkal (di atas elevasi dasar galian) serta air tanah cukup mengganggu proses galian, maka pekerjaan dewatering perlu dipersiapkan lebih dahulu.

Metode galian yang dipilih dipengaruhi oleh hal-hal sebagai berikut:

- Luas lahan
- Kedalaman galian
- Jenis tanah dan strukturnya

Untuk pekerjaan galian ini, terlebih-lebih galian yang dalam, sudah harus dipikirkan *construction safety*, agar dapat menghindari kecelakaan.

Secara garis besar metode penggalian dibagi menjadi 2 (dua), yaitu:

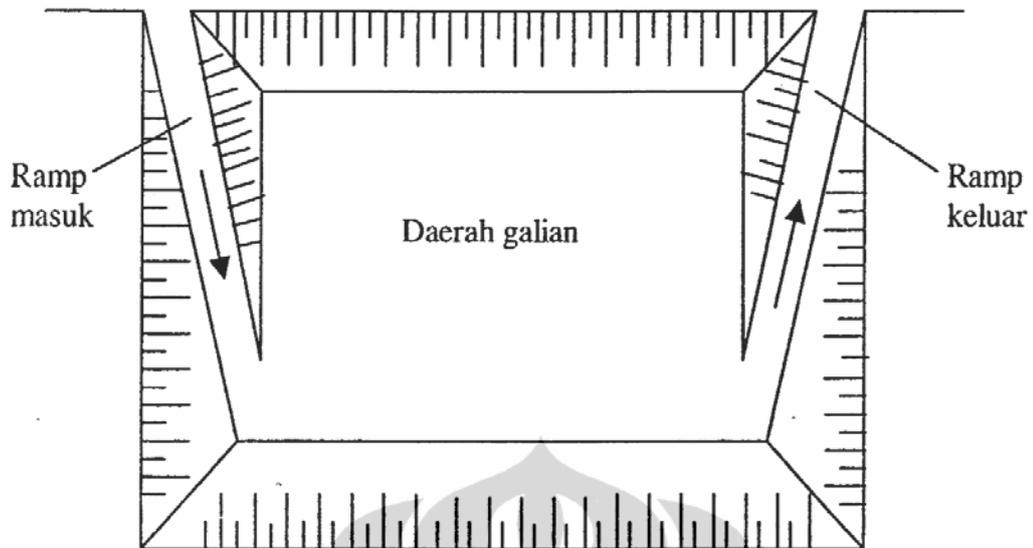
2.5.1 Galian Terbuka Tanpa Penahan

Pada metode ini tanah langsung digali tanpa perkuatan/penahan. Untuk galian tipe ini biasanya diperlukan *slope*, sehingga memerlukan lahan yang luas. Sudut *slope* yang diperlukan tergantung stabilitas struktur tanah. Bila tanah cukup stabil ada kemungkinan digali secara tegak.

Untuk melindungi *slope* lereng galian terhadap kelongsoran/erosi karena hujan, dapat digunakan *shot crete* (lapisan beton yang disemprotkan) atau dapat juga ditutup terpal/plastik (khusus untuk mencegah erosi karena hujan).

Untuk galian tanah yang luas dan cukup dalam, pada umumnya menggunakan alat berat berupa *excavator* untuk menggali dan *dump truck* untuk alat pengangkutnya. Oleh karena itu luas galian harus dlebihhkan terhadap keperluan bangunan, karena diperlukan space untuk turun naiknya alat berat, berupa *ramp* yang cukup kemiringannya.

Untuk melayani keluar masuknya alat-alat gali dan alat angkut, di tepi galian dibuat ramp. Bila lokasi cukup luas, maka *ramp* dapat dibuat dua buah, khusus untuk yang keluar dan khusus untuk alat yang masuk, dengan demikian, arus kegiatan pembuangan tanah dapat berjalan lebih lancar. Lihat Gambar 2.20.



Gambar 2.20 Galian Terbuka

2.5.2 Galian dengan Penahan

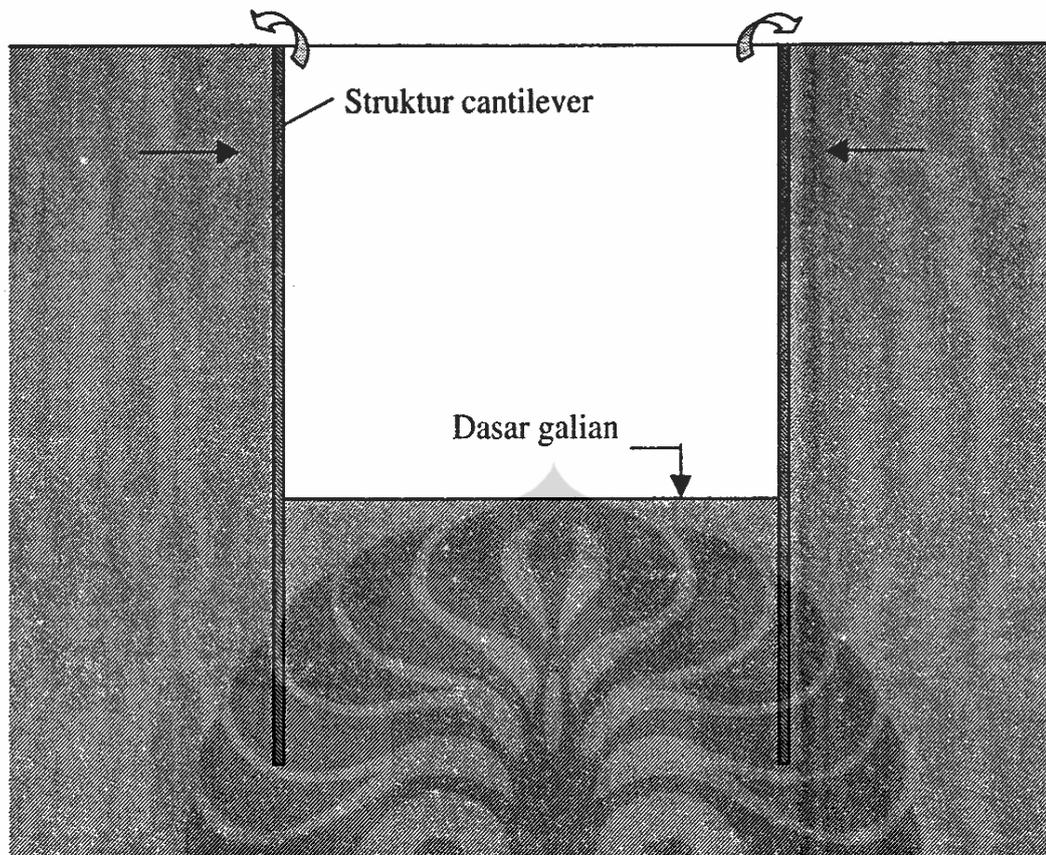
Untuk lahan yang sempit atau struktur tanah yang tidak stabil, maka galian tanah harus diberi penahan. Dinding struktur penahan galian dipasang lebih dahulu sebelum galian dimulai. Struktur penahan ini dapat dibuat dengan pemancangan atau pengeboran untuk membentuk suatu dinding penahan.

Secara garis besar struktur penahan galian ada 2 (dua), yaitu:

Free Cantilever (lihat Gambar 2.21)

Pada jenis ini, struktur penahan tertancap secara bebas, tanpa disokong dan berfungsi sebagai cantilever sepenuhnya. Sistem ini menguntungkan proses pelaksanaan bangunan basement, karena lubang galian bebas dari rintangan, tetapi hal ini memerlukan struktur penahan yang kuat.

Untuk galian yang cukup dalam atau beban horizontal yang terlalu besar, struktur penahan seperti ini menjadi mahal, karena diperlukan struktur yang cukup kuat dengan dimensi yang besar.



Gambar 2.21. Penahan dengan free cantilever penuh

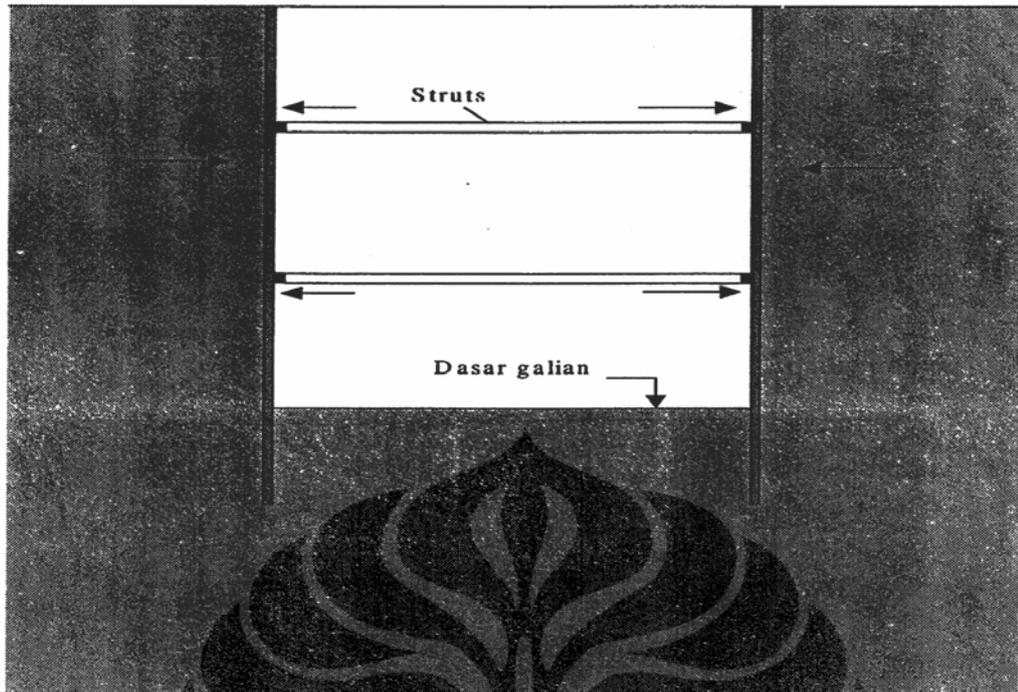
Dengan Penyokong

Bila struktur penahan tanah dengan struktur *free cantilever* sudah tidak efisien lagi (terlalu mahal), maka struktur penahan tanah perlu penyokong. Ditinjau dari letak penyokong ada dua cara, yaitu:

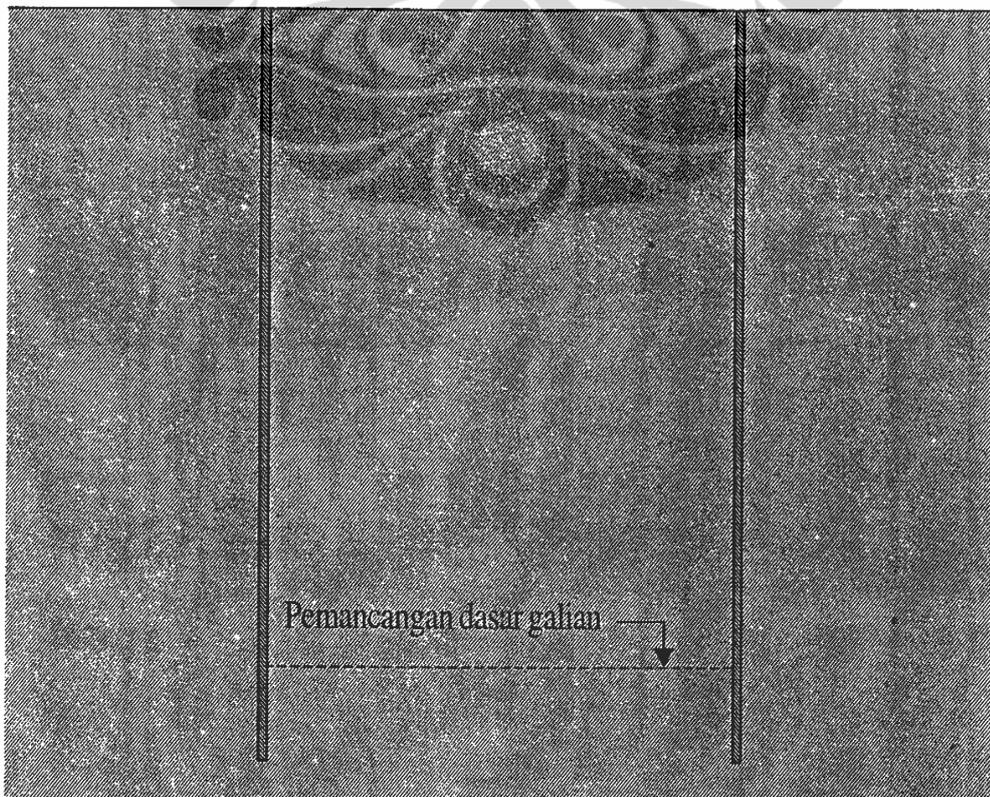
1. Penyokong di Dalam Area Galian

Support internal ini dapat dilakukan dengan dua cara yaitu :

- Penyokong horizontal, untuk galian yang tidak terlalu lebar, penyokong dapat langsung dari sisi yang satu ke sisi yang lain (lihat Gambar 2.22).
- Penyokong bersudut, untuk galian yang lebar, maka tidak mungkin lagi menggunakan penyokong yang langsung, karena akan mahal sekali, oleh karena itu digunakan penyokong bersudut (lihat, Gambar 2.23).

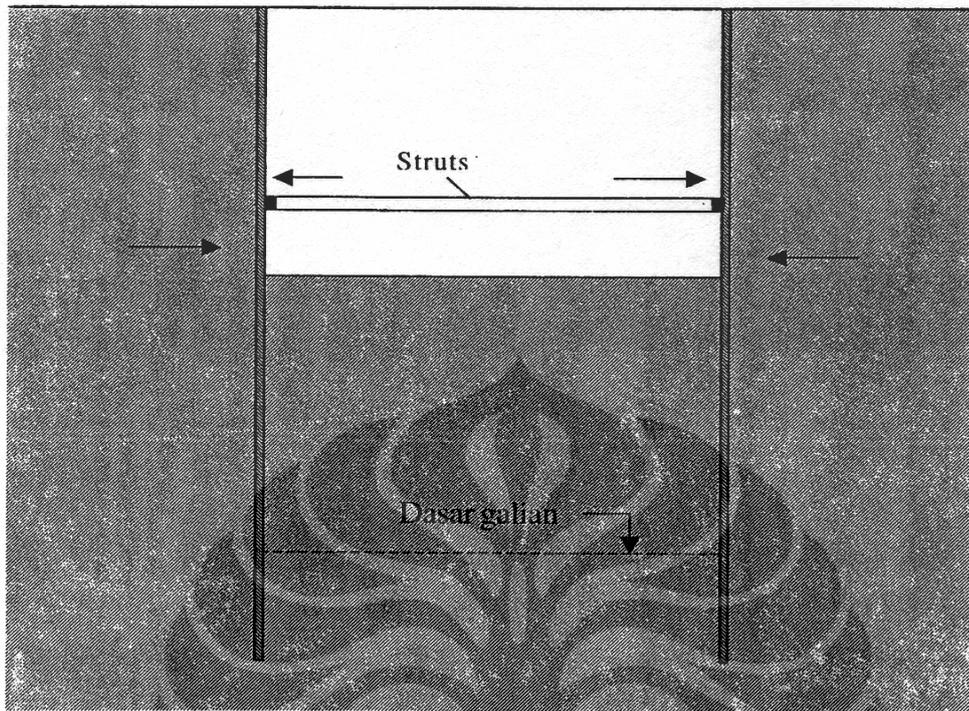


Gambar 2.22. Galian dengan penahan horizontal
 Tahapan pelaksanaannya penyokong horizontal, sebagai berikut:
 - Pemasangan struktur penahan tanah



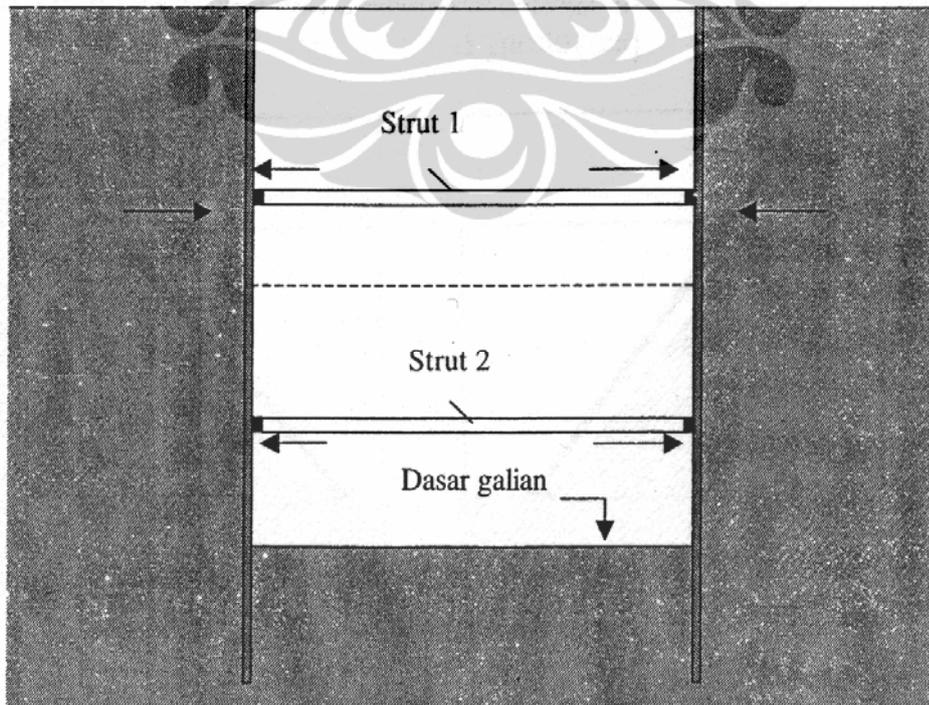
Gambar 2.22a.

- Galian tahap I, dan memasang Strut 1, bagian ian atas

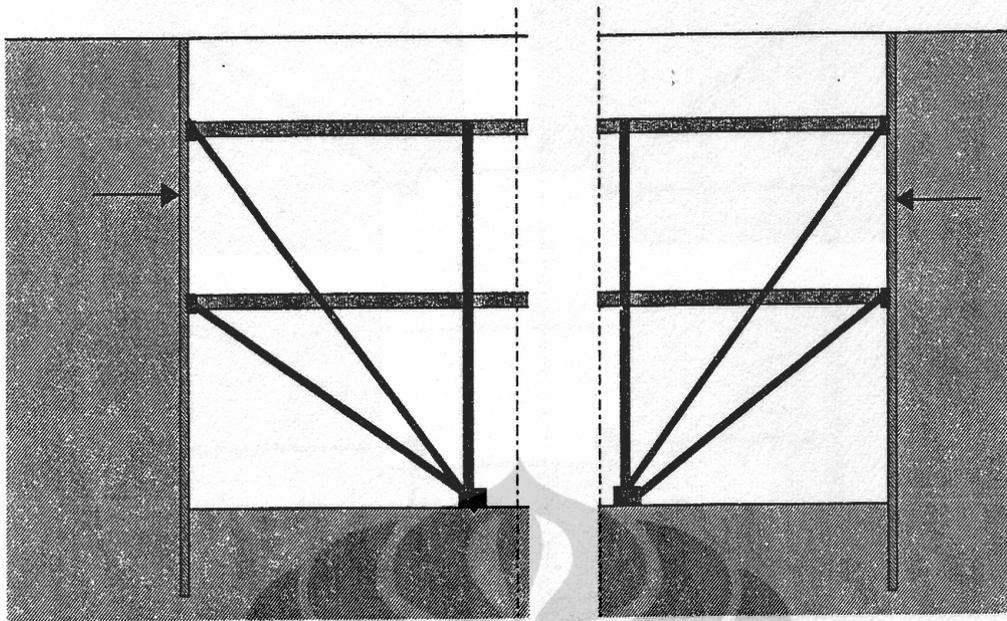


Gambar 2.22b.

- Galian tahap II , dan memasang Strut 2, bagian bawah



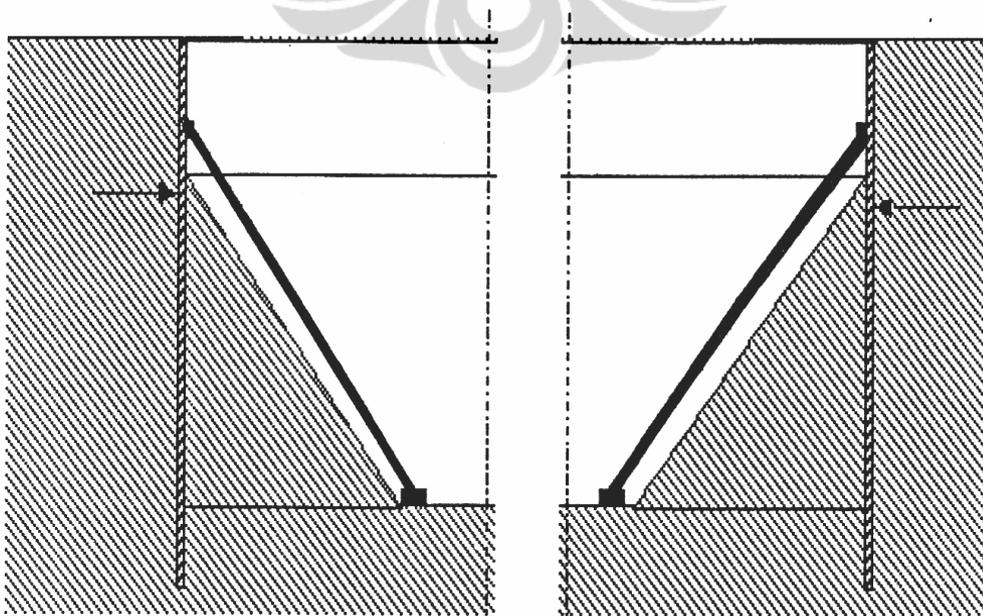
Gambar 2.22c.



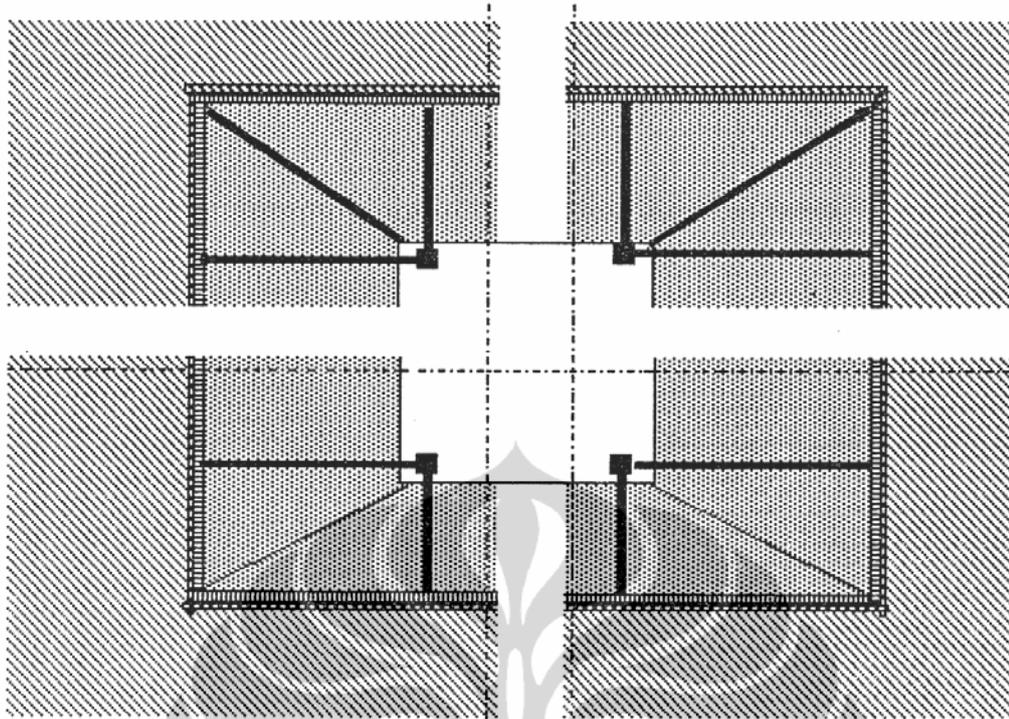
Gambar 2.23. Galian dengan penyokong bersudut

Penyokong bersudut pada galian yang lebar, dilakukan dengan menggali secara bertahap, sebagai berikut:

- Galian tahap I, menyisakan tanah untuk tahanan sementara dan kemudian memasang penahan horizontal I, dan penyokong I.

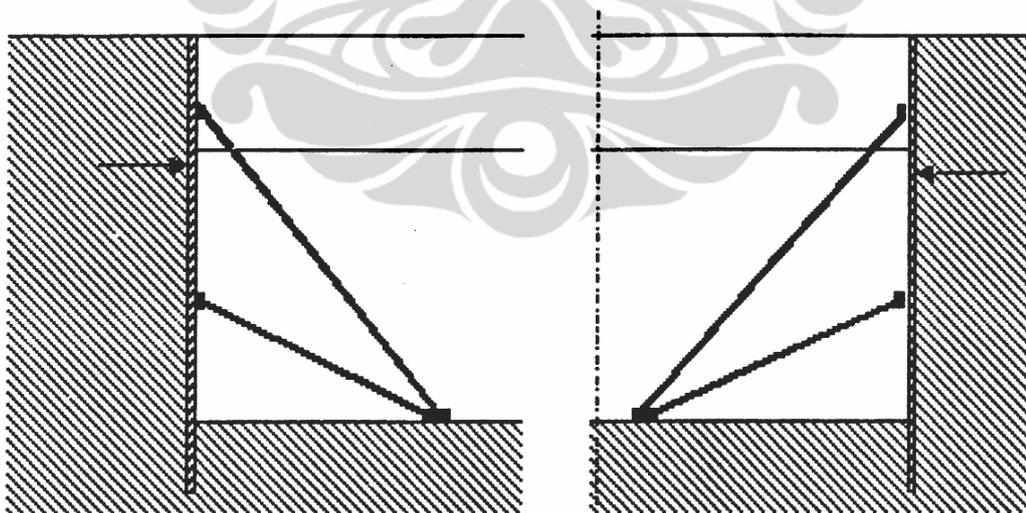


Gambar 2.23a.



Gambar 2.23.b tampak atas

- Galian tahap II, sedalam rencana penahan horizontal II, dan dipasang penyokong II, terakhir digali sisanya.



Gambar .2.23c.

2. Di Luar Area Galian

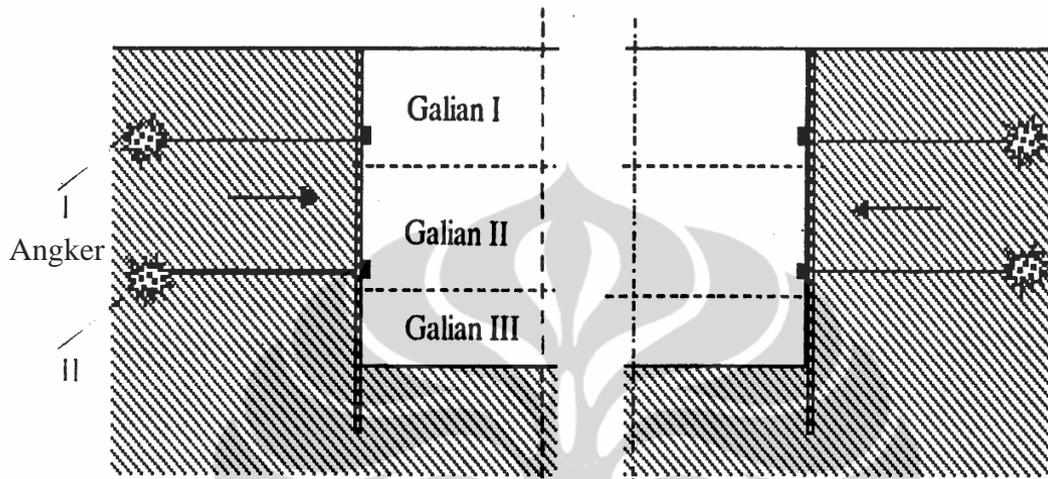
Support eksternal ini menguntungkan seperti halnya *free cantilever*, karena daerah galian bersih dari rintangan. Namun cara ini perlu persyaratan apakah di luar area

galian memungkinkan untuk pemilihan cara ini.

Support eksternal ini dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu:

1) Angker horizontal (lihat Gambar 2.24)

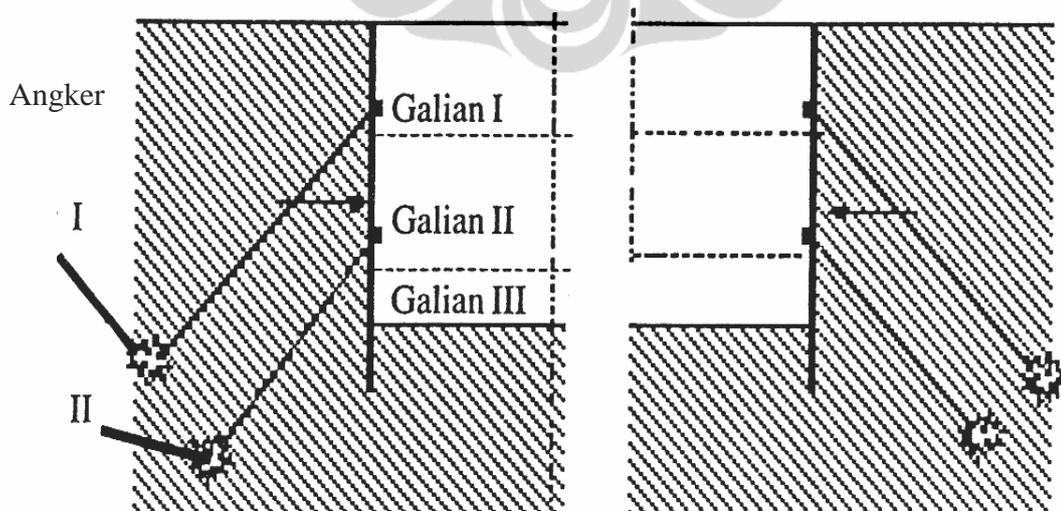
Galian tahap I dilaksanakan, dilanjutkan dengan pengangkeran I, Galian tahap II diselesaikan dan dipasang angker II, dan seterusnya.



Gambar 2.24 Angker horizontal

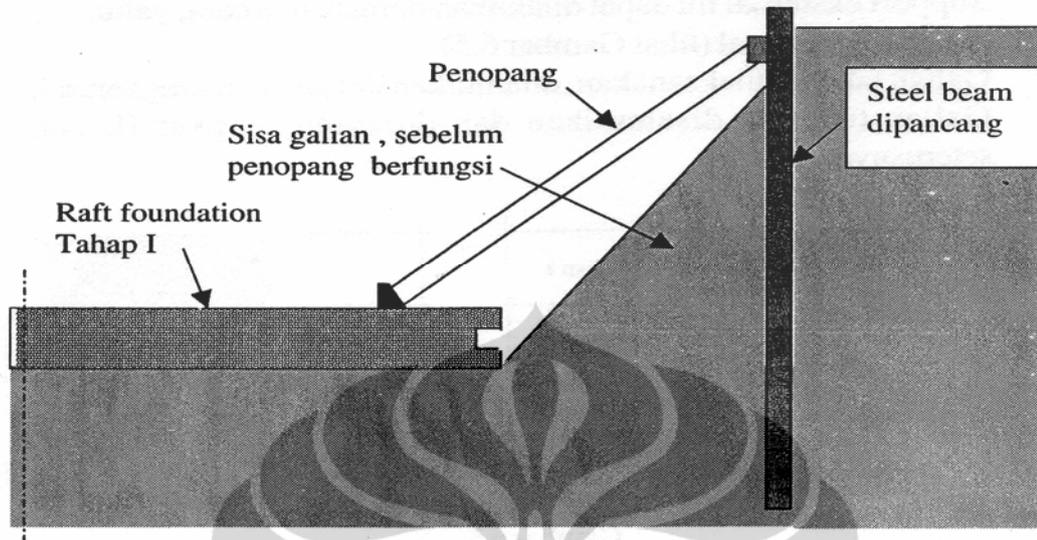
2) Angker bersudut (lihat Gambar 2.25)

Galian tahap I dilaksanakan, dilanjutkan dengan pengangkeran bersudut I, galian tahap II diselesaikan dan dipasang angker II, selanjutnya menyelesaikan sisa galian.



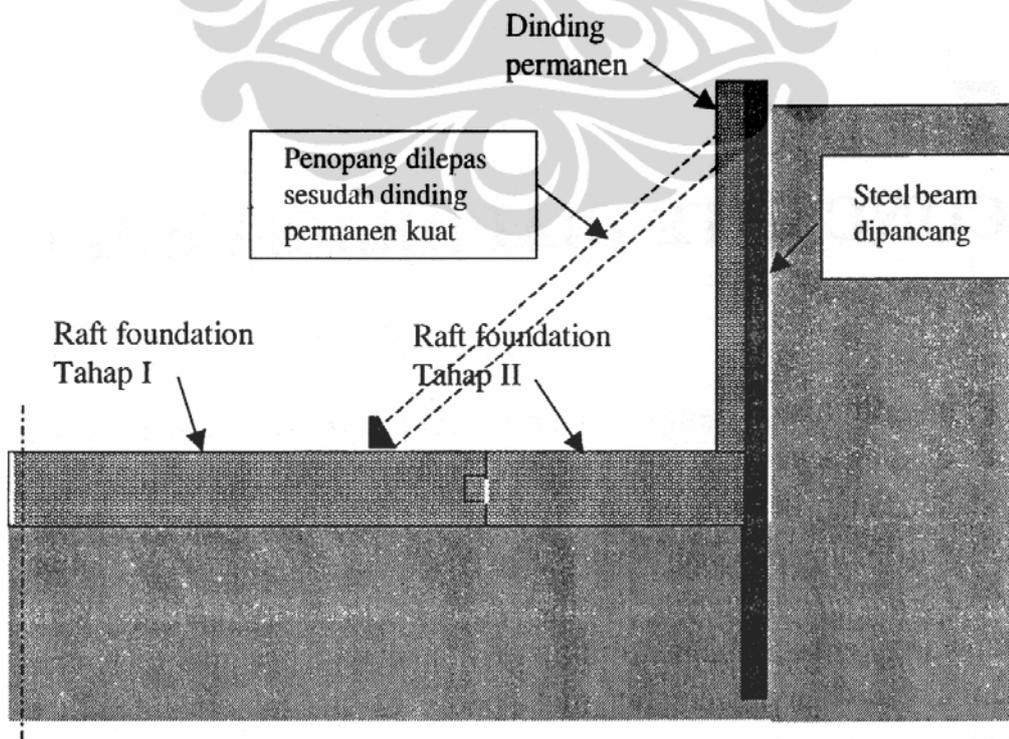
Gambar 2.25 Angker bersudut

2.5.3 Metode basement dangkal tanpa fondasi tiang (lihat Gambar 2.26a & 26b)



Gambar 2.26.a Metode basement dangkal tanpa fondasi tiang

Setelah penopang berfungsi, sisa tanah galian digali habis, dan disusul dengan penyelesaian raft foundation serta dinding basement.



Gambar 2.26b

2.6 CONCRETE DIAPHRAGM WALL

Yang dimaksud dengan *concrete diaphragm wall* adalah sebuah dinding beton yang proses pembuatannya/pengecorannya dilakukan didalam tanah, di mana biasanya memiliki fungsi tripel yaitu: *pertama*, sebagai dinding penahan tanah galian basement, yang *kedua*, sekaligus sebagai *cut off dewatering* sistem pada saat pekerjaan galian basement, dan yang *ketiga*, sebagai dinding permanen bagi basement. Dengan fungsi yang banyak tersebut, maka penggunaan concrete diaphragm wall akan menjadi efisien.

Pembangunan gedung bertingkat didalam kota umumnya memiliki lahan yang terbatas, sehingga galian harus dilakukan dengan cara galian tegak, oleh karena itu penggunaan *diaphragm wall* sangat sering digunakan sebagai struktur penahan galian tanah basement. Untuk memanfaatkan multifungsinya, maka *diaphragm wall* dibuat dengan struktur beton bertulang, yang sekaligus nantinya berfungsi sebagai dinding permanen bagi basement sebuah bangunan. *Concrete diaphragm wall* biasanya digunakan untuk bangunan yang memiliki lantai basement yang banyak, misalnya lima lantai, dan dilaksanakan lebih dulu, sebelum pekerjaan galian basement dimulai.

Tebal *concrete diaphragm wall* ini bisa mencapai 80 sampai 100 cm tergantung perhitungan desainnya. Untuk mengurangi ketebalan *concrete diaphragm wall*, dapat dilakukan dengan tahanan *ground anchor* atau *bracing* dari dalam galian dalam proses galian basement. Untuk sistem *top down* maka lantai basement dapat berfungsi sebagai *bracing* bagi *diaphragm wall* selama proses penggalian basement. Sedang sistem *ground anchor*, baru mungkin dilakukan bila daerah sekitar bangunan bebas.

Kedalaman *concrete diaphragm wall* tergantung pada kebutuhan desain, dan dapat mencapai kedalaman 40 meter atau bahkan lebih, di samping tergantung dalamnya basement juga kedalaman tambahan yang diperlukan dalam fungsinya sebagai *cut off dewatering*. Saat ini *concrete diaphragm wall* banyak dikombinasikan dengan pembuatan basement dengan sistem *top down*.

2.6.1 Pekerjaan Persiapan

Untuk dapat menjamin kelancaran pelaksanaan pekerjaan, serta menjamin ketepatan ukuran dan letak bangunan, maka diperlukan pekerjaan-pekerjaan persiapan antara lain sebagai berikut:

- Dibuat patok-patok pengukuran untuk menetapkan aligment dari *diaphragm*

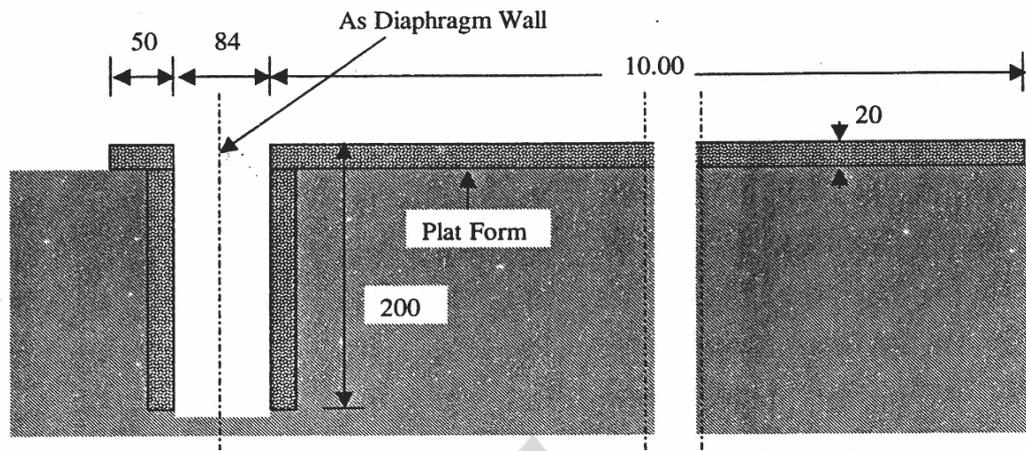
wall, termasuk patok-patok elevasi bangunan.

- Menetapkan letak bangunan-bangunan kantor/Direksi Keet, dan lain-lain dengan suatu *site plan* yang efisien, untuk menunjang kelancaran seluruh kegiatan yang ada.
- Siapkan lokasi fabrikasi untuk pembesian *diaphragm wall*.
- Siapkan saluran drainase untuk membuang air dan lumpur selama proses penggalian *diaphragm wall*.
- Berdasarkan atas patok-patok pengukuran, dibuat *guide wall* dari beton bertulang, untuk mengarahkan pekerjaan galian untuk *diaphragm wall*, termasuk *platform* untuk melayani jalan kerja crane selama penggalian dan pengecoran.
- Bila dipersyaratkan, di sebelah luar *guide wall* dipasang instrumen monitoring, untuk memantau gerakan tanah yang terjadi selama proses penggalian *diaphragm wall*.

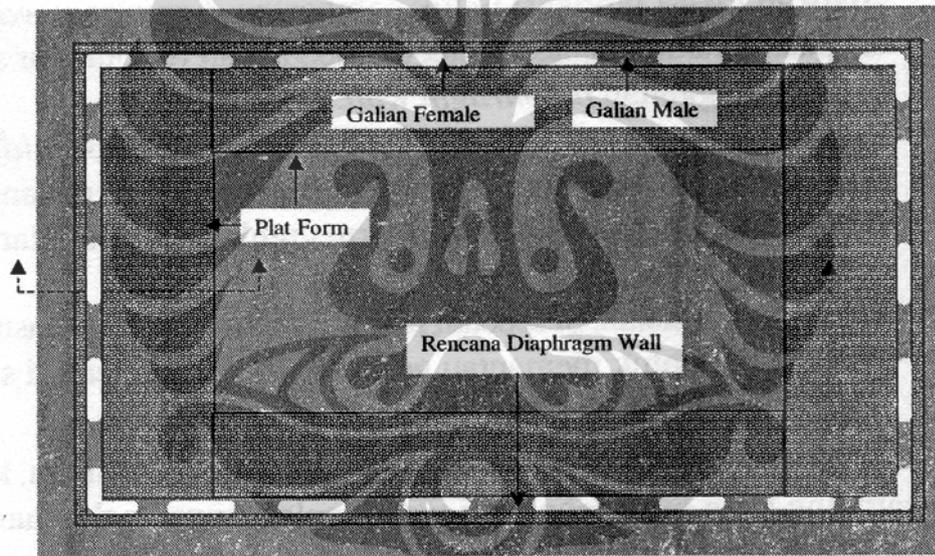
Pekerjaan persiapan ini penting sekali untuk diperhatikan, karena di samping akan mempengaruhi waktu pelaksanaan pekerjaan juga akan mempengaruhi biaya.

Pembuatan *guide wall* dapat dijelaskan sebagai berikut:

- Berdasarkan patok pengukuran (*as diaphragm wall*) dicor *guide wall* bagian luar dan bagian dalam (yang berfungsi sebagai *plat form*).
- Di antara *guide wall* luar dan dalam (*as guide wall*) digali sedalam kurang lebih 2 (dua) meter.
- Pasang dinding *guide wall*, kurang lebih sedalam galian (2 meter). Lihat Gambar 2.27a dan Gambar 2.27b.
- Sepanjang *as diaphragm wall*, direncanakan untuk galian female dan galian male, yang dimulai dari rencana galian female pada sudut-sudut *diaphragm wall*.
- Di antara sudut-sudut *diaphragm wall*, direncanakan galian female dan galian male, dengan memberi tanda sebagai pedoman urutan penggalian (galian bagian female dilaksanakan lebih dahulu). Lihat Gambar 2.27b.



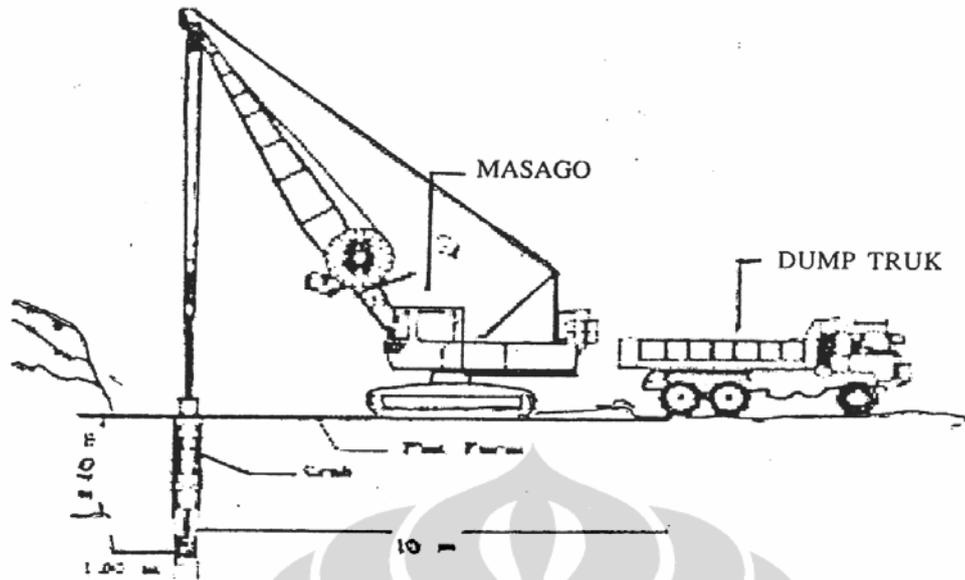
Gambar 2.27a. Guide wall (potongan



Gambar 2.27b Guide Wall (tampak atas)

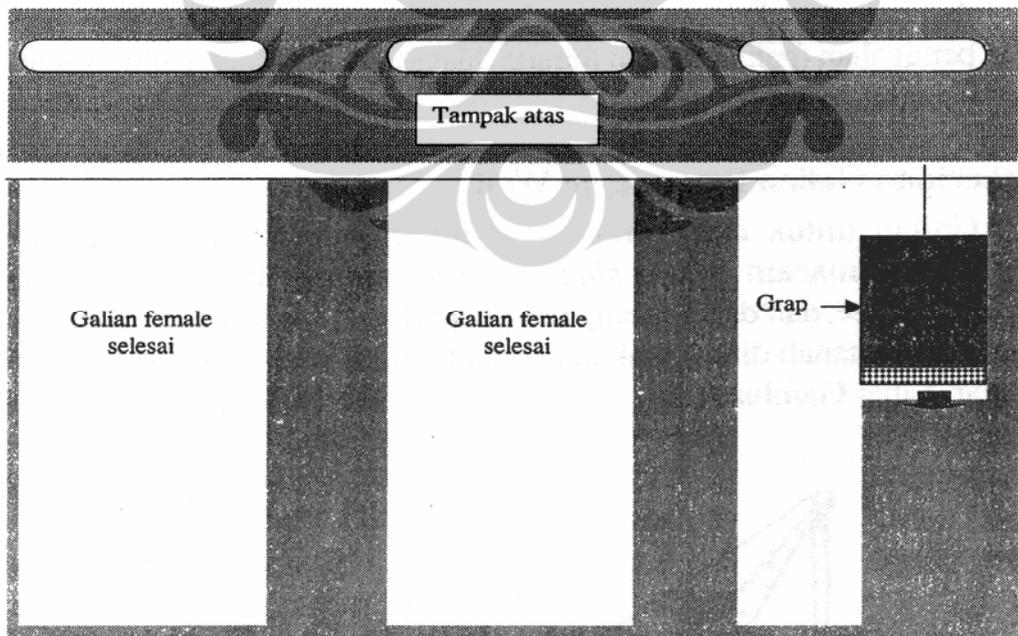
2.6.2 Pekerjaan Galian Diaphragm Wall

Galian untuk *diaphragm wall* dilakukan dengan peralatan (GRAP), semacam *clamp shell* yang digantung/dilayani dengan *crawler crane*, dan dapat mengeruk tanah dengan kekuatan hidrolik. Hasil galian tanah ditumpahkan kedalam dump truck untuk diangkut keluar. Lihat Gambar 2.28.



Gambar 2.28. Penggalian panel galian

Pekerjaan galian dilakukan secara bertahap, yaitu didahului dengan galian bagian female. Sedangkan galian bagian male, dilakukan setelah bagian female selesai dicor beton. Setiap bagian galian kurang lebih sepanjang 3,5 meter, atau sesuai dengan perencanaan yang ditetapkan. Lihat Gambar 2.29.



Gambar 2.29. Galian panel female

Urut-urutan pekerjaan galian dapat diuraikan sebagai berikut:

- Pada permukaan *guide wall* diberi tanda panel female dan panel male

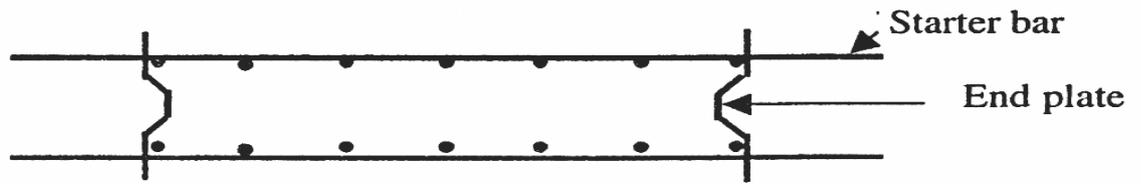
sepanjang as *diaphragm wall*.

- Tahap pertama dilakukan penggalian pada bagian semua female, sampai kedalaman rencana.
- Untuk menjaga agar tidak terjadi kelongsoran dinding galian, lubang diisi dengan lumpur bentonite..
- Tanah hasil galian grap, diangkat keluar oleh crane dan ditumpahkan kedalam dump truck, untuk diangkut keluar (harus sudah disiapkan disposal areanya terlebih dahulu).
- Bila panel female telah mencapai kedalaman rencana dan sudah dibersihkan, maka dipasang pembesian panel female, dan dicor beton. Setelah itu baru dilakukan galian bagian male sebagai tahap berikutnya.
- Proses penggalian bagian male, dilaksanakan sama dengan female.
- Bila galian *diaphragm wall* menggunakan lumpur bentonite, maka pada proses pengecoran beton, lumpur bentonite tersebut akan terdesak keluar dan akan meluap. Oleh karena itu harus disediakan saluran untuk menampung lumpur bentonite tersebut.

2.6.3 Pekerjaan Pembesian Panel Female dan Male

Fabrikasi pembesian untuk panel female dan panel male dapat dilakukan bersama-sama dengan pekerjaan galian dan bahkan dapat dilakukan lebih dulu dari galian, di tempat fabrikasi yang telah ditetapkan. Pembesian panel ada dua jenis yaitu pembesian panel female dan pembesian panel male. Lihat Gambar 2.30 dan Gambar 2.31. Pembesian panel female didahulukan, karena akan dipasang lebih dulu dari pembesian panel male, sesuai dengan urutan metodenya. Bila kedua jenis pembesian tersebut diselesaikan sekaligus, maka cara penumpukannya harus dipikirkan bahwa pembesian panel female akan diambil lebih dulu. Pada jenis pembesian panel female, di bagian tepinya dipasang *end plate* yang mempunyai fungsi ganda yaitu:

- Sebagai *form work*, untuk membentuk sambungan antara panel female dan panel male.
- Sebagai *waterstop* pada sambungan dari *diaphragm wall*, karena proses pengecorannya bertahap.

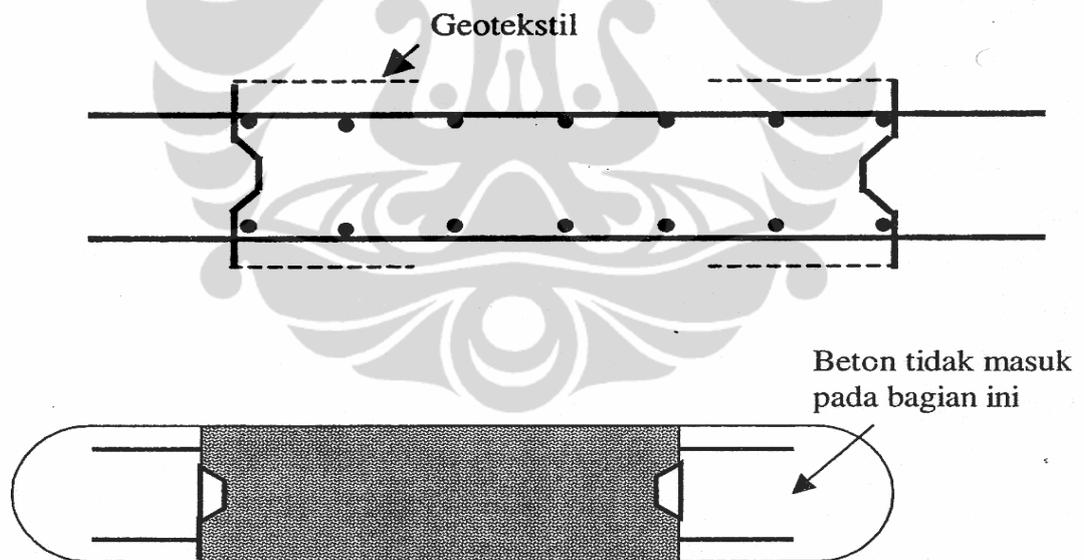


Gambar 2.30. Pembesian panel female



Gambar 2.31. Pembesian panel male

Rangkaian pembesian untuk panel female, terkadang dilengkapi dengan geotekstil pada ujung-ujung *end plate*-nya, agar pada saat proses pengecoran panel female, beton tidak bocor keluar dari *end plate*. Lihat Gambar 2.32.

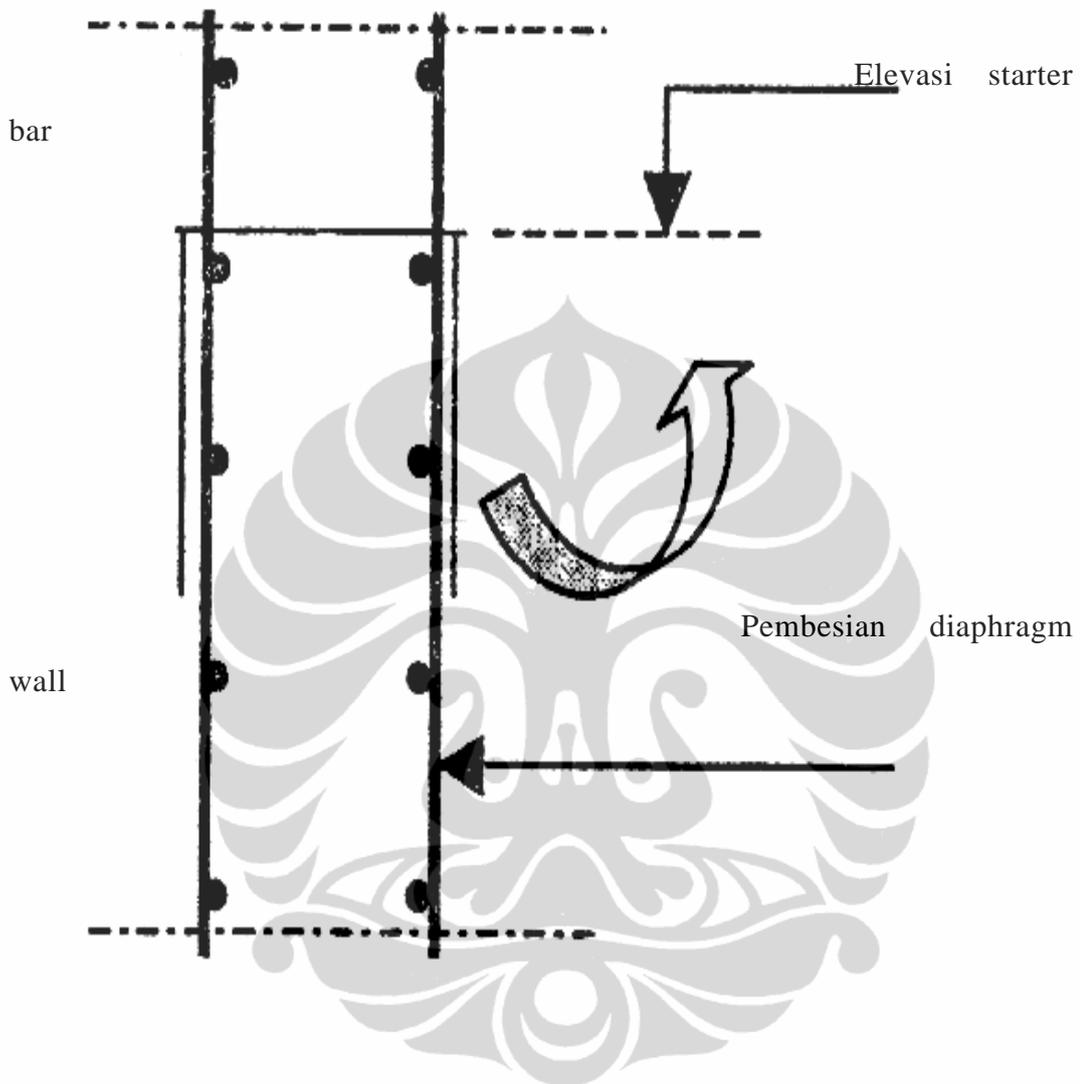


Gambar 2.32. Panel female sebelum dan sesudah dicor

Fabrikasi pembesian panel sebaiknya sepanjang mungkin sesuai dengan kemampuan angkat dari crane yang akan memasukkan kedalam lubang galian. Lihat Gambar 2.34. Bila tidak memungkinkan, maka dibuat dua bagian di mana bagian pertama dimasukkan dulu kemudian ditahan unluK disambung dengan bagian keduanya. Biasanya sambungan menggunakan sambungan las, agar kuat.

Sebelum rangkaian besi dimasukkan kedalam lubang, dipasang terlebih dulu

besi/tulangan untuk keperluan sebagai starter bar dalam penyambungannya dengan penulangan lantai basement. Lihat Gambar 2.33.

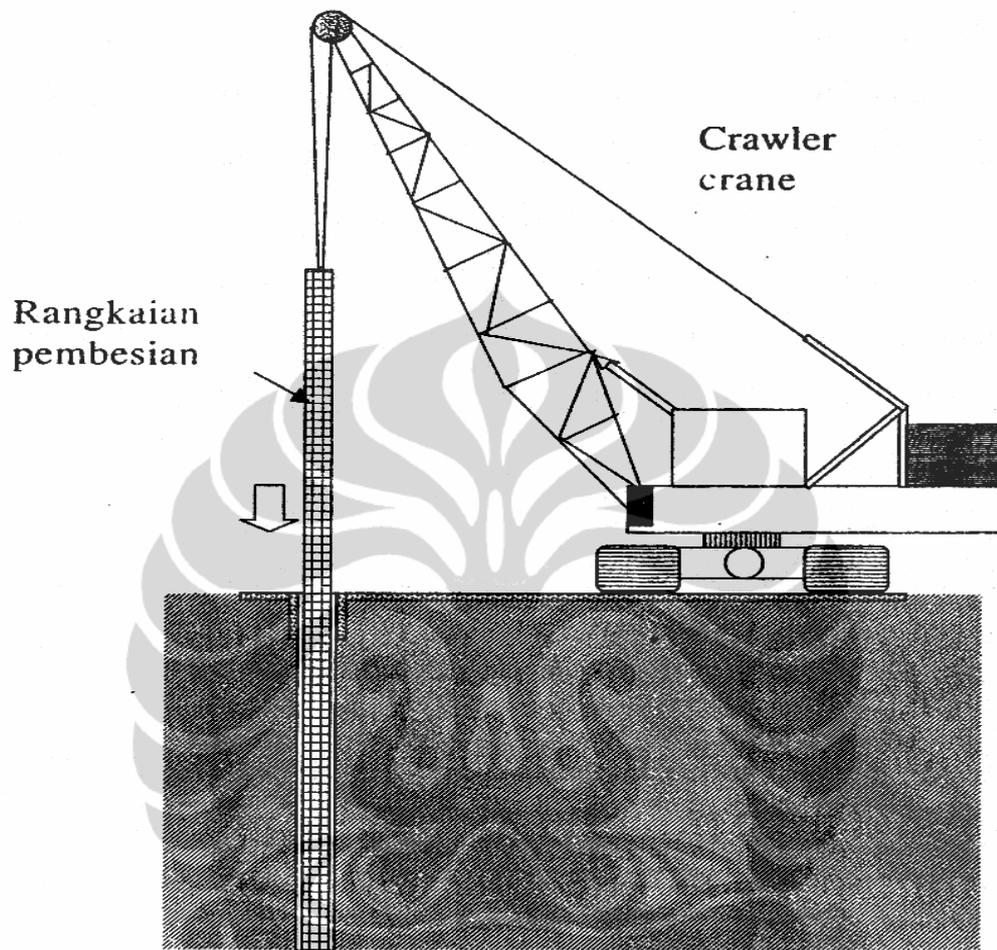


Gambar 2.33. Pemasangan starter bar untuk slab

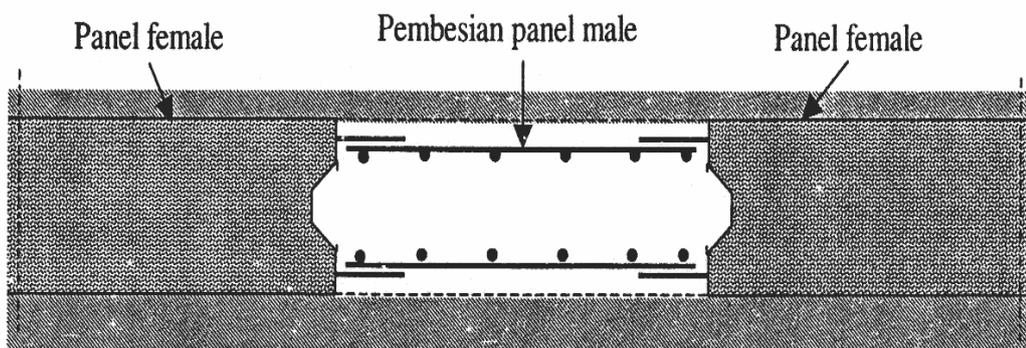
Karena elevasi slab basement telah ditentukan, maka pemasangan starter bar tersebut juga harus diperhitungkan masak-masak. Serta untuk akurasi letak starter bar maka penurunan rangkaian besi harus menggunakan *crane hydraulic*, sehingga penurunan rangkaian besi dapat dikendalikan secara cermat.

Starter bar tersebut tertanam dalam beton, sehingga nantinya perlu dibongkar dan diluruskan untuk disambung dengan tulangan slab basement.

Pemasangan pembesian panel male, dilakukan setelah panel-panel female dicor dan galian bagian male dilaksanakan. Lihat Gambar 2.34.



Gambar 2.34 Crane memasukan rangkaian besi



Gambar 2.35. Pemasangan pembesian panel male

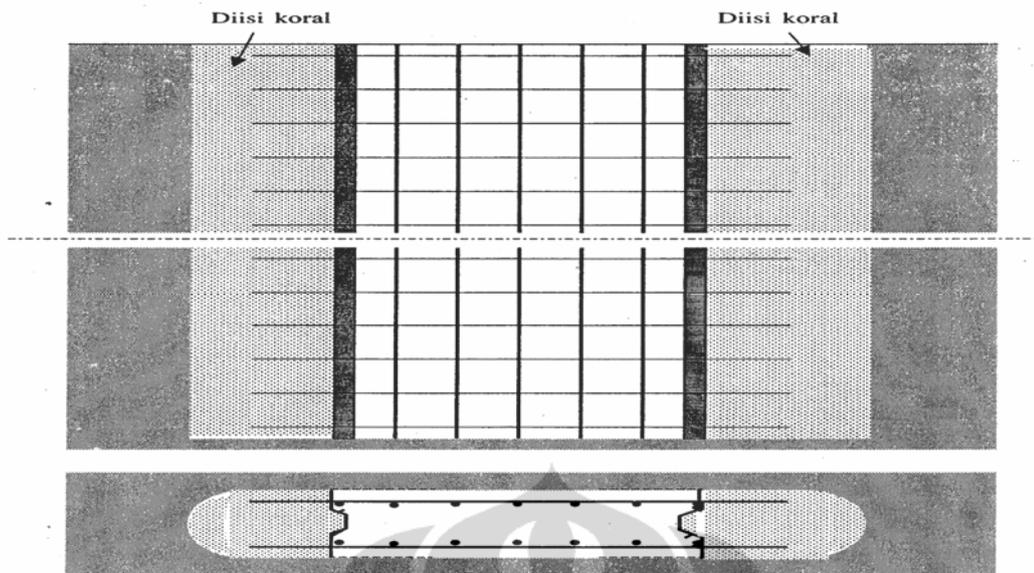
2.6.4. Pekerjaan Pengecoran Panel Female dan Male

Pengecoran beton diaphragm wall dibagi menjadi dua jenis yaitu, panel female dan panel male, yang letaknya berselang-seling satu dengan yang lain.

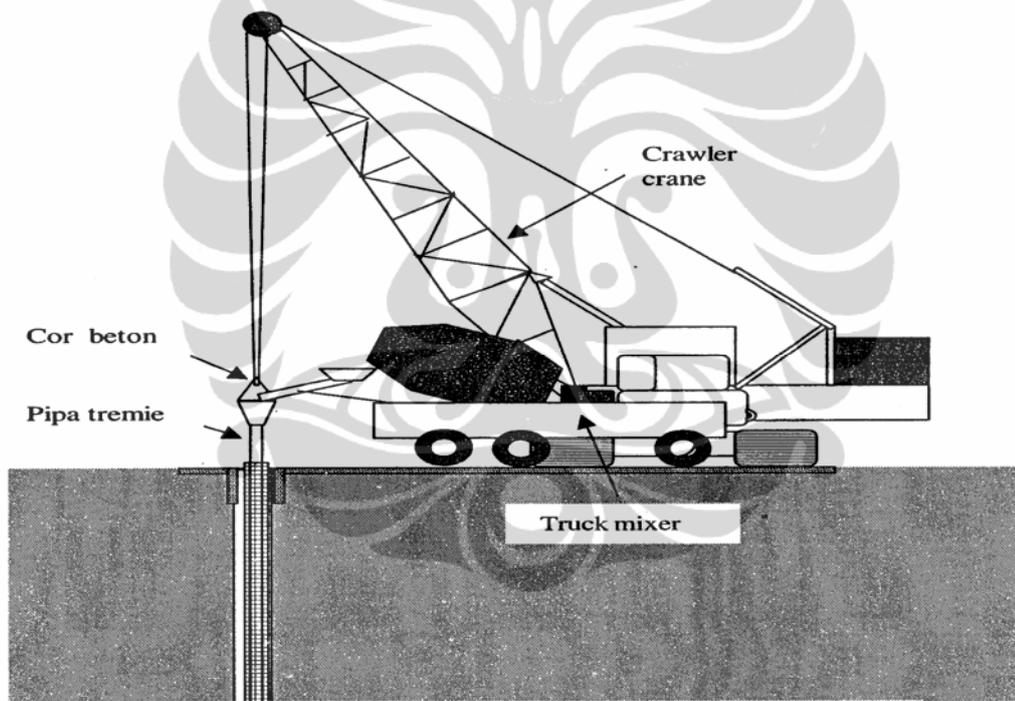
Sesuai dengan urutan penggalian maka panel female dicor lebih dahulu, baru kemudian panel male yang terletak di antara dua panel female, dicor.

Cara pengecoran panel female dapat dijelaskan sebagai berikut:

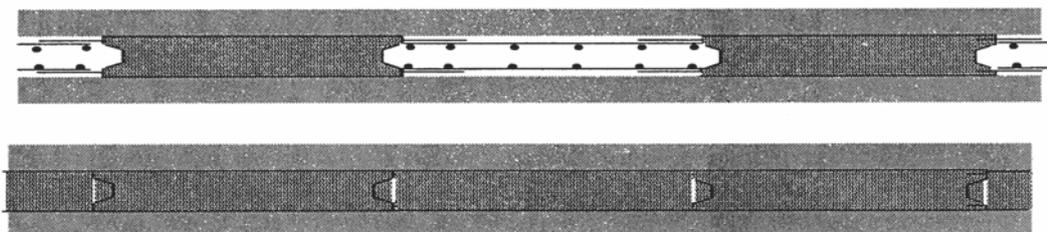
- Rangkaian pembesian untuk panel female, diturunkan kedalam lubang secara pelan-pelan sambil memposisikan elevasi starter bar untuk slab basement. Lihat Gambar 2.34.
- Setelah sampai pada posisinya, rangkaian pembesian untuk sementara ditahan, agar tidak turun ke bawah, sampai proses pengecoran selesai.
- Lubang kedua ujung sampai dengan *end plate* diisi dengan koral sampai penuh agar berfungsi menahan *end plate* sebagai *form work* pengecoran panel female, yang akan terdesak oleh beton cair. Lihat Gambar 2.35.
- Panel female dicor dengan menggunakan pipa tremi, agar tidak terjadi segregasi dari campuran beton, secara pelan-pelan sambil mendesak lumpur bentonite (bila ada) keluar. Lihat Gambar 2.36.
- Bersamaan dengan pengecoran beton, maka lumpur bentonite akan meluap keluar yang harus ditampung dengan saluran yang disiapkan.
- Setelah panel female selesai dicor, bagian male digali sampai bersih, termasuk mengangkat isian koral yang akan ikut runtuh pada saat penggalian.
- Rangkaian pembesian untuk panel male diturunkan seperti proses penurunan rangkaian besi panel female.
- Pengecoran panel male dilakukan sama dengan panel female, dengan demikian akan membentuk dinding penuh dari *diaphragm wall*. Lihat Gambar 2.38.



Gambar 2.36 Proses pengisian koral



Gambar 2.37. Pengecoran dengan pipa tremie



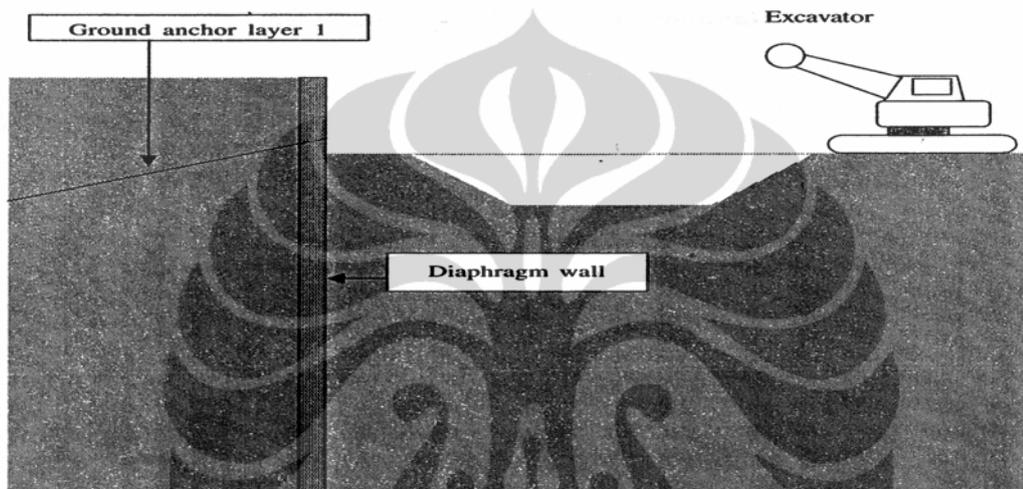
Gambar 2.38 Pengecoran Panel male

2.6.5 Pekerjaan Galian Basement

Galian basement dapat dilakukan dengan dua cara yaitu, cara konvensional dan cara *top down*. Untuk galian cara *top down*, lihat metode *top down* yang ada pada uraian pekerjaan basement. Sedang untuk cara konvensional, galian dilakukan secara bertahap, menggunakan excavator.

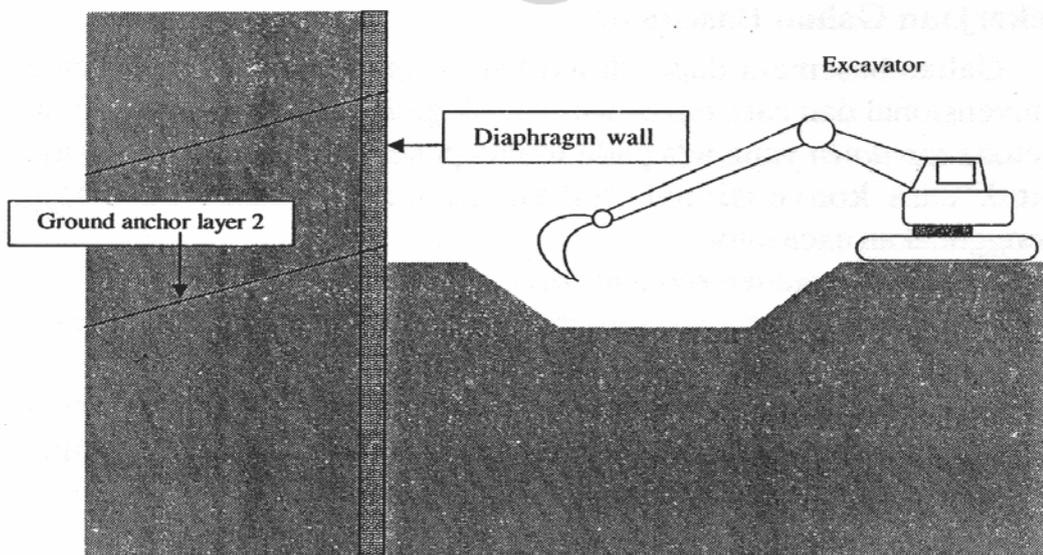
Urutan cara penggalian sebagai berikut:

- Galian tahap pertama, sedalam secukupnya, sampai pada level perkuatan *ground anchor*. Lihat Gambar 2.39.



Gambar 2.39 Galian tahap pertama

- Galian berikutnya, sama dengan tahap pertama sampai level pemasangan *ground anchor* berikutnya. Begitu seterusnya sampai mencapai level dasar fondasi. Lihat Gambar 2.40.



Gambar 2.40. Galian tahap berikutnya dst

2.7 STRUKTUR BASEMENT

Struktur basement gedung bertingkat (tidak termasuk fondasi tiang), secara garis besar, terdiri dari:

- Raft foundation
- Kolom
- Dinding basement
- Balok dan plat lantai

Struktur-struktur tersebut di atas adalah struktur beton bertulang dengan sistem dicor di tempat (*cast in place*). Pelaksanaan struktur basement saat ini ada dua cara, yaitu: metode konstruksi Top-Down dan Bottom-Up.

Dalam pelaksanaan pembangunan konstruksi basement banyak dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya adalah kemampuan teknis dan kondisi lingkungan sekitar konstruksi tersebut dibangun⁷, Getaran akibat pekerjaan pelaksanaan, jumlah lantai basement, mobilisasi/transportasi ke dan dari lokasi proyek dan terlebih lagi parameter-parameter tanah di lokasi. Hal ini dapat dimengerti mengingat tanah adalah salah satu obyek dalam bidang geoteknik sebagai bagian dari ilmu teknik sipil, yang mempunyai tingkat ketidakpastian (*Uncertainty*) yang tinggi⁸, sedang sebagaimana diketahui basement adalah bangunan konstruksi yang terletak di bawah permukaan tanah. Kesulitan ini akan makin bertambah dengan semakin berkembangnya budaya manusia, sehingga manusia itu sendiri membentuk lingkungan yang mempengaruhi sekelilingnya. Pembangunan fasilitas infrastruktur yang diikuti dengan bangunan-bangunan gedung disekitarnya memberikan dampak terhadap pola pembangunan gedung dari arah perkembangan horisontal menjadi vertikal., sehingga pada akhirnya selain semakin tinggi keatas juga semakin dalam kebawah. Dan dengan semakin berkembangnya tuntutan akan jadwal pelaksanaan yang efektif, biaya yang efisien dan mutu konstruksi yang baik, maka aspek ekonomi, selain aspek teknis, juga memberikan tambahan aspek pada manajemen pelaksanaan konstruksi untuk dilakukan secara terintegrasi.

⁷ Kajewski, Stephen. ” *Construction Techniques And Methodology*” Makalah QUT untuk Short Course Pasca Sarjana Teknik Sipil, Jakarta, 1994

⁸ Nolan, David, ” *Geotechnical Construction For Top-Down Method*” Makalah Seminar satu hari Top-Down Construction, Jakarta, 1993

Begitu juga dalam proses pelaksanaan basement telah berkembang sesuai dengan perkembangan kebutuhan manusia dan kemampuan manusia itu sendiri merancang suatu pelaksanaan sesuai dengan perkembangan pengetahuannya. Sehingga teknik manajemen konstruksi pelaksanaan basement yang diperlukan adalah bagaimana memilih metode konstruksi yang tepat dan bagaimana mengendalikannya sebagai konsekuensi logis dari tuntutan-tuntutan tersebut di atas.

Metode konstruksi basement bottom-up merupakan yang pertama kali digunakan yaitu dengan memasang *sheet pile* sebagai dinding penahan tanah sementara untuk menahan tanah selama proses penggalian tanah. Hal ini dilakukan pada jumlah lantai *basement* hanya berkisar antara 1 sampai 3 lantai, dan luas lahan proyek masih memungkinkan. Kemudian baru dimulai pelaksanaan *basement* tersebut yang dimulai dari lantai yang paling bawah dan secara bertahap ke lantai-lantai di atasnya. Perkembangan berikutnya adalah mulai digunakannya berbagai jenis dinding penahan tanah seperti *bor pile*, *soldier pile* dan lain sebagainya, yang fungsinya sudah tidak sementara lagi tetapi juga bisa tetap, sebagai bagian dari konstruksi penahan tanah. Tetapi secara prinsip metode pelaksanaannya masih sama, yaitu pelaksanaan dimulai dari lantai yang paling dasar. Kemudian perkembangan berikutnya adalah didasari kebutuhan akan solusi atas permasalahan teknis dan tuntutan ekonomi seperti tersebut di atas. Maka dikembangkanlah suatu metode yang disebut metode Top-Down pada akhir dekade tahun 80 an. Yaitu metode pelaksanaan konstruksi basement yang bertahap dari lantai yang paling atas dan kemudian secara bertahap ke lantai-lantai basement di bawahnya.

Untuk mengetahui kelebihan dan keuntungan masing-masing metode konstruksi basement Bottom-up dan Top Down dibawah ini akan dijelaskan secara terperinci dari masing-masing metode konstruksi basement tersebut.

2.7.1 Metode Konstruksi Top-Down

Pada metode konstruksi Top Down, struktur basement dilaksanakan bersamaan dengan pekerjaan galian basement. Urutan penyelesaian balok dan plat lantainya dimulai dari atas ke bawah, dan selama proses pelaksanaan, struktur plat dan balok tersebut didukung oleh tiang baja yang disebut *King Post* (yang dipasang bersamaan dengan *bored pile*). Sedang dinding basement dicor lebih dulu dengan sistem *diaphragm wall*, dan sekaligus *diaphragm wall* tersebut

berfungsi sebagai *cut off dewatering*.

Biasanya untuk penggalian basement digunakan alat khusus, seperti excavator ukuran kecil. Bila jumlah lantai basement banyak, misal lima lantai, maka untuk kelancaran pekerjaan, galian dilakukan langsung untuk dua lantai sekaligus, sehingga space cukup tinggi untuk kebebasan proses penggalian. Lantai yang dilalui, nantinya dilaksanakan dengan cara biasa, menggunakan scaffolding (seperti pada sistem bottom up biasa).

Bila struktur basement telah selesai, maka tiang *king post* dicor beton dan bila diperlukan dapat ditambah penulangannya. Lubanglubang lantai basement yang dipergunakan untuk pengangkutan tanah galian, ditutup kembali. Pengecoran struktur atas, dilaksanakan seperti biasa, yaitu dari bawah ke atas (lantai satu, dua, dan seterusnya).

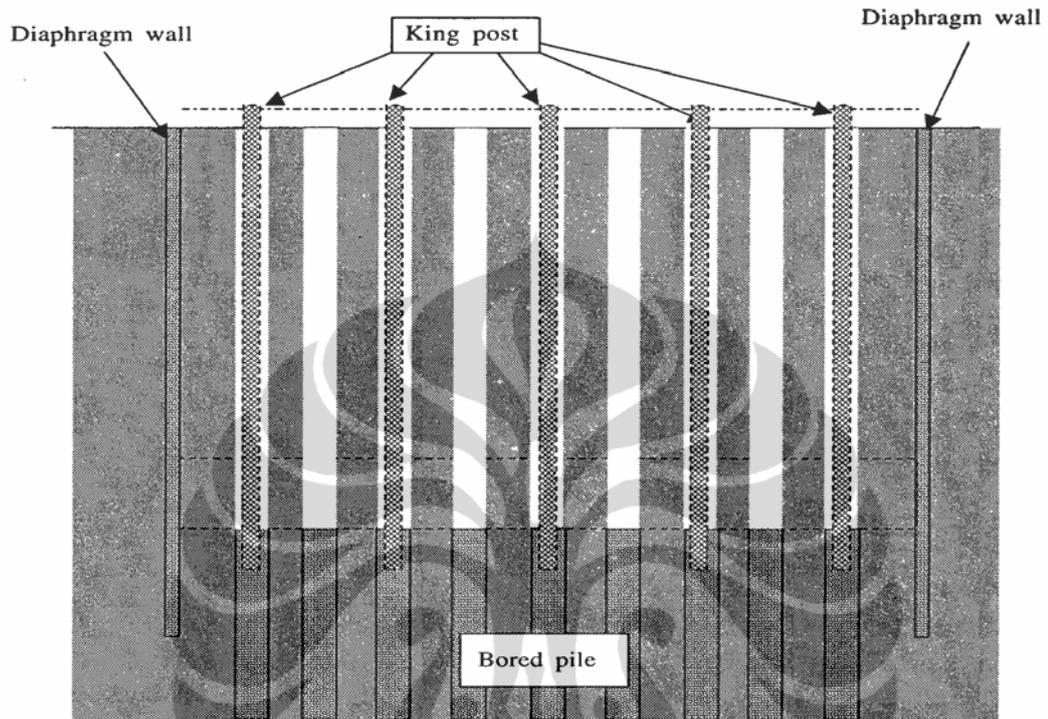
Untuk pelaksanaan lantai yang dilalui agar space galian cukup longgar, maka lantai yang bersangkutan dicor dengan sistem *scaffolding* biasa. Bila struktur *king post* cukup kuat, maka pada saat menyelesaikan basement, dapat dibarengi dengan struktur atas (sering disebut dengan sistem *up and down*).

Pada prinsipnya metode Top-Down dapat disebut sebagai cara membangun terbalik, yaitu membangun dari atas ke bawah. Secara teknis, metode ini sudah bukan menjadi masalah lagi di Indonesia, tetapi mengingat bahwa metode baru pada akhir-akhir ini dicoba, maka permasalahan yang timbul adalah kapan digunakan metode ini serta bagaimana teknik manajemennya agar tercapai tujuan utama proyek tsb.

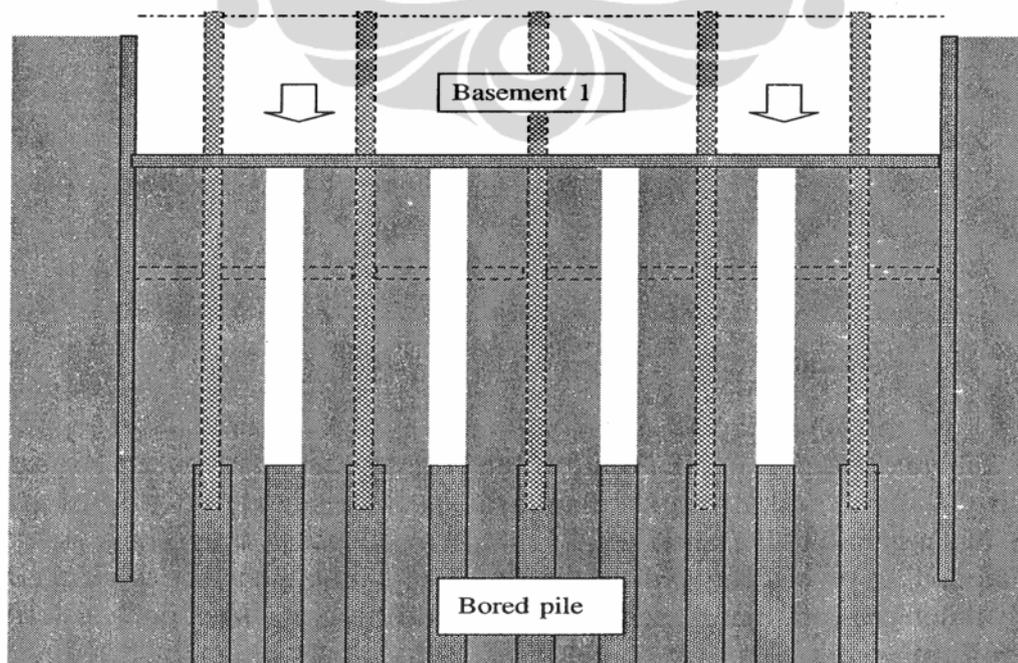
Berikut ini tahapan dalam pelaksanaan metode konstruksi top down:

- Pengecoran bored pile dan pemasangan *king post*.
- Pengecoran *diaphragm wall*.
- Lantai basement 1, dicor di atas tanah dengan lantai kerja
- Galian basement 1, dilaksanakan setelah lantai basement 1 cukup strengthnya (menggunakan excavator kecil). Disediakan lubang lantai dan ramp sementara, untuk pembuangan tanah galian.
- Lantai basement 2, dicor diatas tanah dengan lantai kerja.
- Galian basement 2, dilaksanakan seperti galian basement 1, begitu seterusnya.
- Terakhir mengecor raft foundation.
- King post dicor, sebagai kolom struktur.

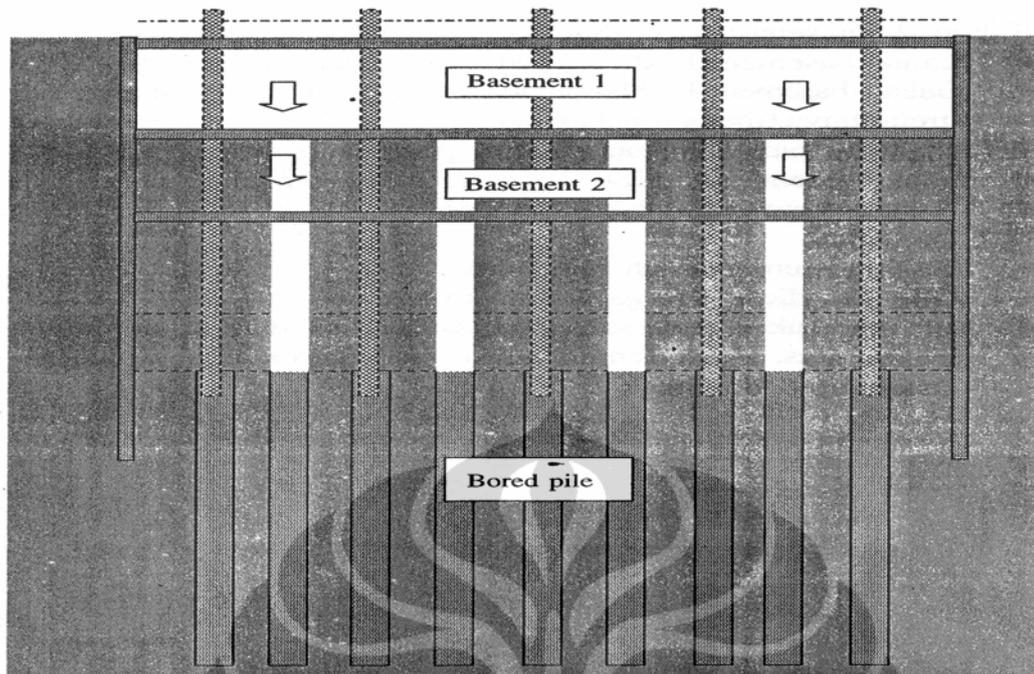
- Bila diperlukan, pada saat pelaksanaan basement, dapat dimulai struktur atas, sesuai dengan kemampuan dari king post yang ada (sistem up & down).



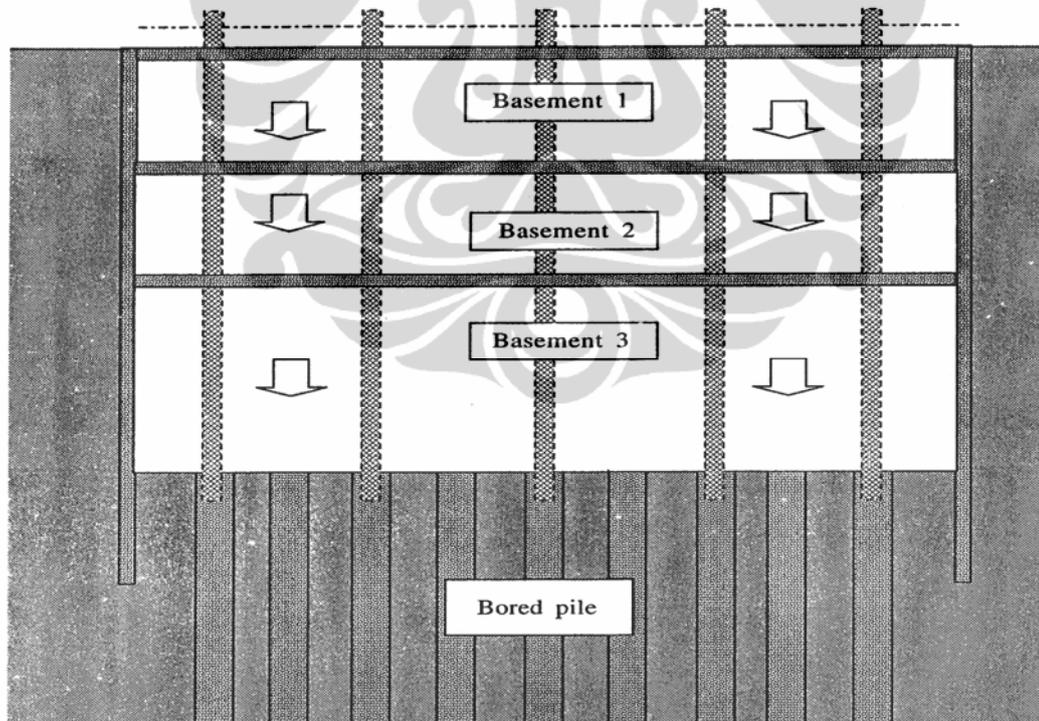
Gambar 2.41. Pemasangan bore pile dan king post



Gambar 2.42a Pengecoran lantai basement 1 dan 2



Gambar 2.42b Pengecoran lantai basement 1,2 dan 3



Gambar 2.42c Galian Raft Fondation

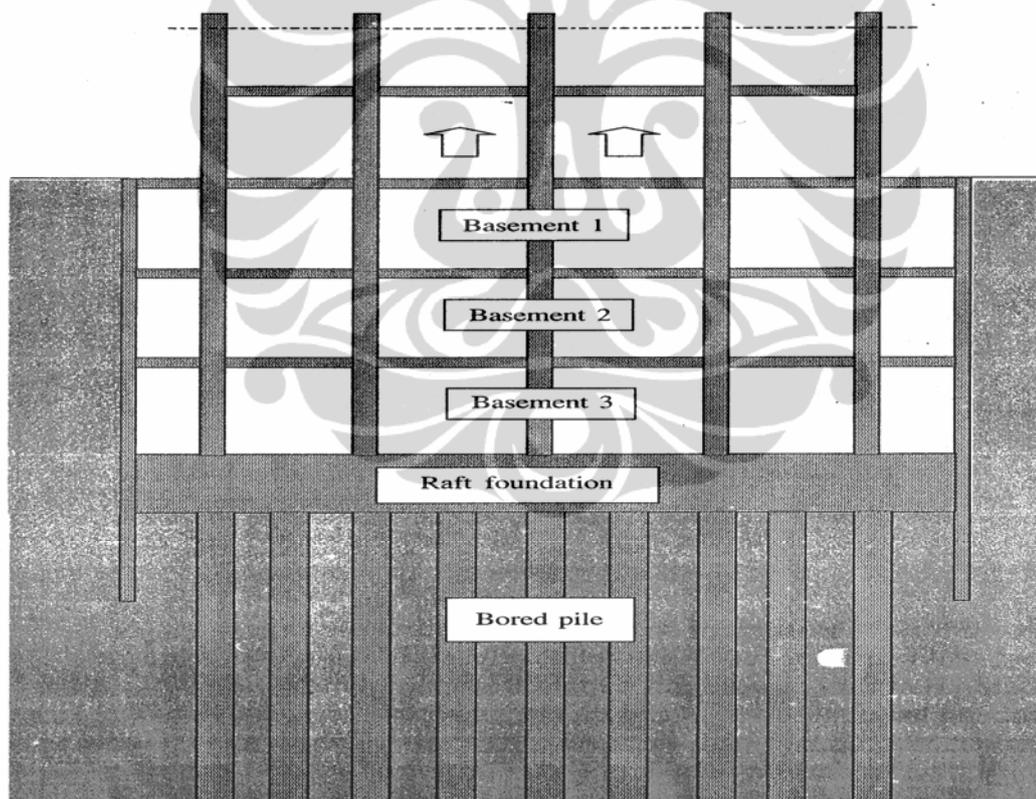
Biasanya untuk penggalian basement digunakan alat khusus, seperti excavator ukuran kecil. Bila jumlah lantai basement banyak, misal lima lantai, maka untuk kelancaran pekerjaan, galian dilakukan langsung untuk dua lantai

sekaligus, sehingga space cukup tinggi untuk kebebasan proses penggalian. Lantai yang dilalui, nantinya dilaksanakan dengan cara biasa, menggunakan scaffolding (seperti pada sistem bottom up biasa).

■ Struktur Basement selesai (lihat Gambar 2.44)

Bila struktur basement telah selesai, maka tiang *king post* dicor beton dan bila diperlukan dapat ditambah penulangannya. Lubang-lubang lantai basement yang dipergunakan untuk pengangkutan tanah galian, ditutup kembali. Pengecoran struktur atas, dilaksanakan seperti biasa, yaitu dari bawah ke atas (lantai satu, dua, dan seterusnya).

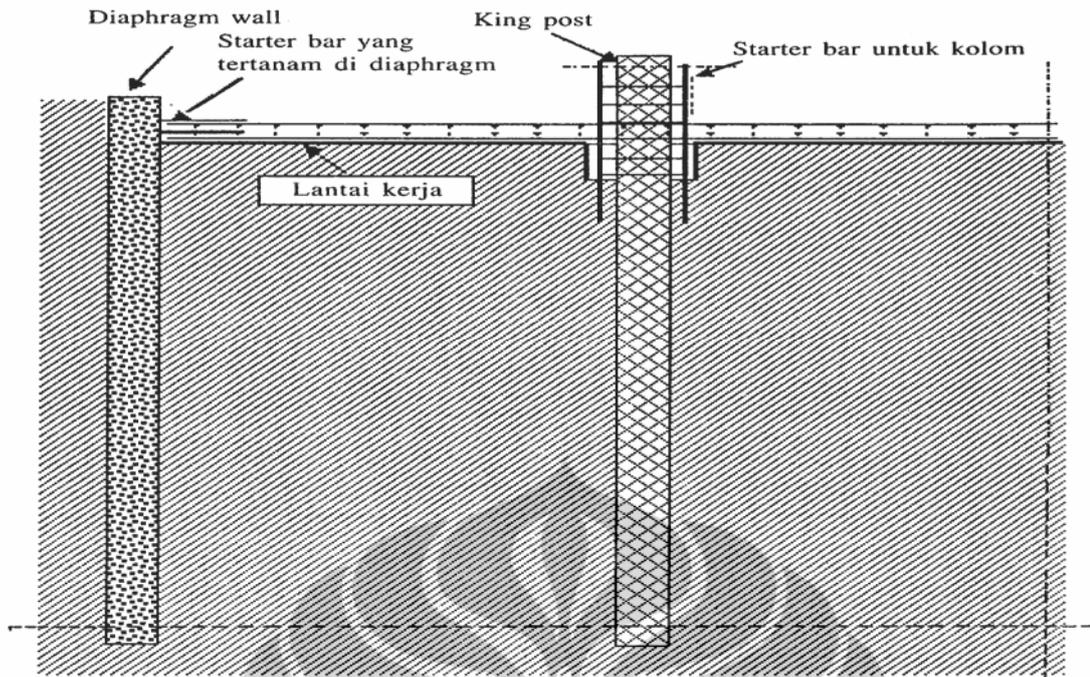
Untuk pelaksanaan lantai yang dilalui agar space galian cukup longgar, maka lantai yang bersangkutan dicor dengan sistem *scaffolding* biasa. Bila struktur *king post* cukup kuat, maka pada saat menyelesaikan basement, dapat dibarengi dengan struktur atas (sering disebut dengan sistem *up and down*).



Gambar 2.43 Struktur basement Top-Down

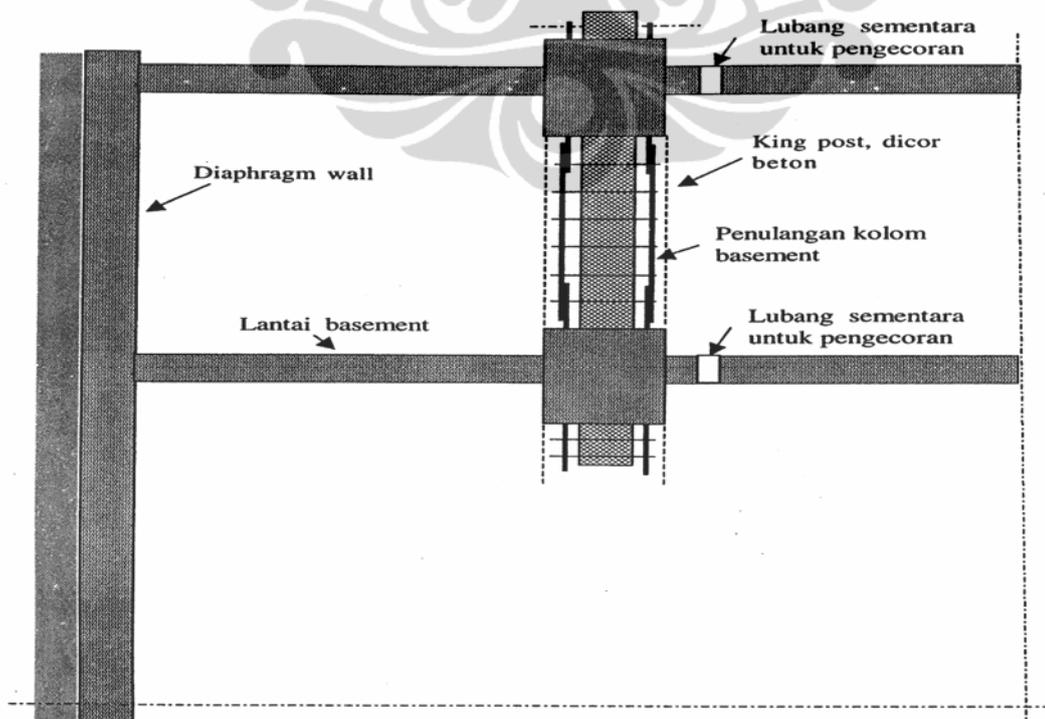
Salah satu detail *king post*, dapat dijelaskan sebagai berikut:

■ Lantai pertama, dan sebagian kolom dicor, dengan memasang starter bar untuk kolom. Lihat Gambar 2.44.



Gambar 2.44 Penulangan lantai basement

■ Lantai berikutnya juga dicor dengan cara yang sama. Kemudian starter bar kolom bawah dan atasnya disambung, kemudian kolom yang bersangkutan, dicor. Lihat Gambar 2.45.



Gambar 2.45 Penulangan tiang king post

2.7.2 Metode Konstruksi Bottom-Up

Pada sistem metode konstruksi bottom-up, struktur basement dilaksanakan setelah seluruh pekerjaan galian selesai mencapai elevasi rencana (sistem bottom up). Raft foundation dicor dengan metode papan catur, kemudian basement diselesaikan dari bawah ke atas, dengan menggunakan *scaffolding*. Kolom, balok dan slab dicor di tempat.

Pada sistem ini menggunakan dewatering sistem *predrainage* dan struktur dinding penahan tanahnya menggunakan *steel sheet pile*. Dalam hal ini, bila pekerjaan dewatering akan diberhentikan, harus dihitung lebih dulu apakah struktur basement yang telah selesai dibangun mampu menahan tekanan ke atas dari air tanah yang ada, agar tidak terjadi deformasi dari bangunan yang dapat menyebabkan keretakan struktur.

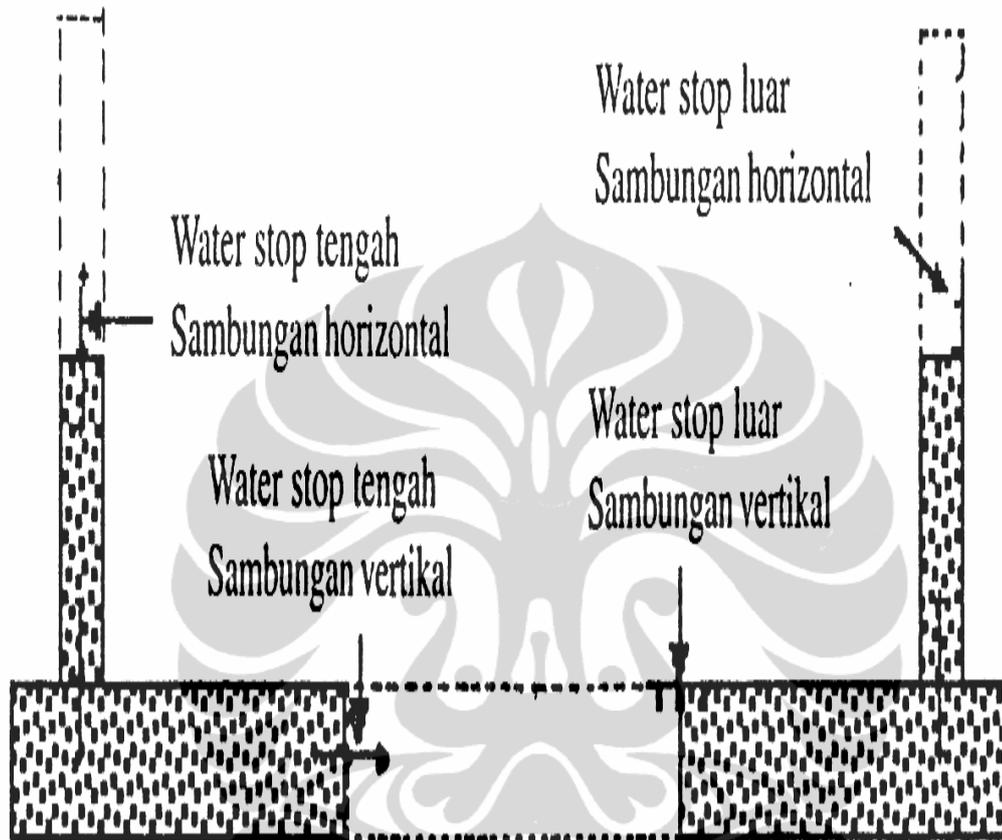
Kebocoran yang terjadi pada basement merupakan masalah yang tidak mudah mengatasinya dan bahkan memakan biaya yang besar. Oleh karena itu, proses pengecoran pada struktur basement harus dilakukan dengan teliti, dalam mencegah terjadinya kebocoran pada dinding atau lantai. Proses pengecoran, baik lantai maupun dinding basement biasanya tidak mungkin dilakukan sekaligus, di samping luas arealnya juga volumenya cukup besar.

Di sini masalah kebocoran yang sering timbul, sebagai akibat tidak rapatnya hubungan antara permukaan beton tahap pengecoran sebelumnya dengan permukaan beton tahap pengecoran berikutnya. Semakin banyak tahapan pengecorannya, maka semakin banyak titik lemah terhadap kemungkinan kebocoran. Untuk mengatasi potensi masalah ini, biasanya dilakukan, dua hal, yaitu:

1. Penggunaan *water stop* pada setiap sambungan tahap pengecoran.
2. Menggunakan *additive beton* untuk *water proofing*.

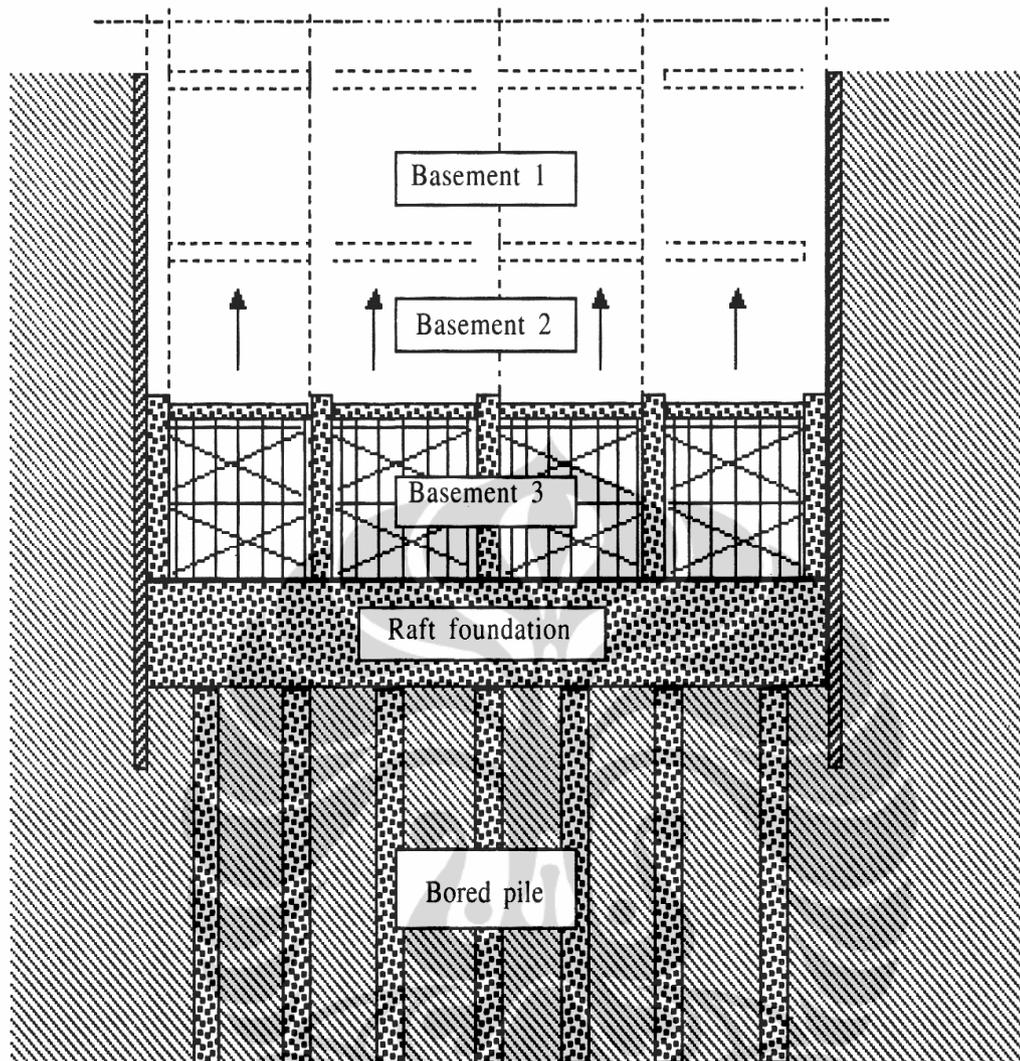
Posisi *water stop*, biasanya ada dua jenis yaitu, dipasang ditengah ketebalan beton (*central*), dan dipasang rata dengan permukaan beton (*external*). Material *water stop* terbuat dari karet/PVC, dan mudah disambung di lapangan dengan menggunakan alat pemanas saja. Fungsi *water stop* ada dua yaitu untuk *expansion joint* dan *construction Joint*. Sistem pemasangan *water stop*, harus direncanakan dengan baik agar dapat berfungsi sebagaimana yang diharapkan. *Water stop* harus dipasang pada tempat yang direncanakan sebelum proses

pegecoran beton dimulai. Oleh karena itu, letak *water stop* harus dikaitkan dengan kemampuan pengecoran yang ada, dan selama proses pengecoran letak *water stop* harus senantiasa dijaga.



Gambar 2.46 Contoh Pemasangan water stop

Sesuai dengan keterangan diatas maka dapat disimpulkan secara garis besar bahwa urutan dalam pelaksanaan metode konstruksi basement bottom-up, seperti yang dikenal dewasa ini adalah dimulai dengan pemancangan atau pemasangan dinding penahan tanah, kemudian dilanjutkan dengan penggalian tanah, pelaksanaan lantai dasar atau raft foundation bila ada, pemasangan dinding *basement* dan kolom sesuai lapisan, pemasangan formwork untuk lantai di atasnya, demikian seterusnya sampai di *basement* lantai 1. Kondisi ini menyebabkan pelaksanaan pekerjaan berdasarkan urutan pekerjaan, sesuai dengan jabaran kegiatannya, harus dimulai dari lantai dasar basement. lihat gambar dibawah ini.



Gambar 2.47 Pelaksanaan Basement dengan metode Bottom-Up

Metode ini memiliki keuntungan-keuntungan, yaitu :

- Peralatan yang digunakan adalah peralatan yang umum digunakan misalnya : *Backhoe*, *Shovel Loader* dan lainnya.⁹
- Biaya dinding penahan tanah yang digunakan relatif lebih murah dibanding dengan *diaphragm wall* yang umum digunakan untuk metode Top-Down¹⁰.

⁹ Ahuja, HN " Construction Performance Control By Networks", John Wiley & Sons, New York,

¹⁰ Gambin, M, Chiffolleau, Y. " *Diaphragm Walling*" Makalah Seminar 1 hari The Application of New Techniques To Solve Deep Basement And Foundation Problems, Tarumanegara University-IGEA, Jakarta, 1991.

- Sumber daya manusia yang terlatih sudah memadai¹¹.
- Teknik pengendalian pelaksanaan konstruksi sudah dikuasai karena sudah banyak proyek bangunan *basement* yang di kerjakan sehingga pengalaman dan contoh cukup mendukung (*project documentation*)¹².

Identifikasi secara garis besar atas kegiatan-kegiatan pekerjaan yang dilakukan pada pelaksanaan konstruksi *basement* dengan metode bottom-up sebagai berikut :

1. Mobilisasi peralatan.
2. Pelaksanaan pondasi tiang
3. Pelaksanaan dinding penahan tanah (sheet pile).
4. Exkavasi (penggalian) dan pembuangan tanah.
5. Dewatering.
6. Poer pondasi.
7. Waterproofing.
8. Tie beam dan Pondasi rakit.
9. Dinding *basement* dan struktur bertahap keatas.
10. Lantai *basement* bertahap ke atas.

Secara umum, kegiatan-kegiatan pekerjaan tersebut di atas adalah item pekerjaan utama yang hampir dapat selalu ditemukan dalam suatu pelaksanaan pekerjaan *basement* dengan metode bottom-up.

Kemungkinan lain dapat saja terjadi, tetapi pada umumnya tata cara pelaksanaan metode *basement* bottom-up akan mengikuti pola demikian. Beberapa hal yang dapat disebut merupakan ciri-ciri pelaksanaan *basement* dengan metode bottom-up yang lazim dilaksanakan dari jabaran di atas adalah :

1. Metode bottom-up tidak memerlukan tata cara manajemen proyek secara khusus, karena pada umumnya sudah menjadi hal yang biasa dilaksanakan di Jakarta.
2. Diperlukan pengendalian muka air tanah sekeliling secara intensif.

¹¹ Iman Soeharto, "Manajemen Proyek", Erlangga, Jakarta, 1997,1

¹² Cowdell, CA, " Deep Basement Construction in Saturated Sands On Gold Coast", Makalah Seminar Innovation And Economics in Building Conference, Brisbane, 1991.

3. Dinding penahan tanah dapat tetap atau sementara, tetapi yang pasti untuk pelaksanaannya tidak dapat dilakukan simultan dengan pekerjaan lain, dinding penahan tanah adalah awal dari pekerjaan *basement* yang mutlak dilakukan sebelum pekerjaan lainnya dimulai kecuali tiang pondasi
4. Setiap usaha mempercepat waktu pelaksanaan, pada umumnya menyebabkan penambahan sumber daya baik manusia maupun peralatan yang tidak sebanding dengan produksinya.
5. Semakin dalam (semakin banyak jumlah lantai *basement*) metode pelaksanaan ini akan semakin sulit.
6. Diperlukan luas lahan yang cukup untuk pengendalian transportasi galian tanah vertikal.
7. Akibat proses penggalian dan kebutuhan akan konstruksi sementara yang banyak, maka kondisi lingkungan proyek akan padat dan kotor.
8. Kemungkinan melakukan kombinasi pelaksanaan secara simultan dengan kegiatan lainnya amat minim karena metode konstruksi memberikan urutan kegiatann demikian.
9. Biaya pelaksanaan sampai dengan kedalaman tertentu relatif lebih murah.

2.7.3 Perbandingan Umum Metode Konstruksi Top Down dengan Bottom-Up

Perbandingan umum antara kedua metode konstruksi *basement* tersebut akan memberikan kriteria yang diharapkan dapat digunakan sebagai dasar-dasar penentuan kriteria kualitatif dalam teknik pemilihan metode konstruksi yang sesuai dengan kondisi lingkungan lokasi proyek. Oleh karenanya dalam membandingkan kedua metode tersebut diusahakan ditinjau dari pokok materi yang kurang lebih selaras, dan dari data-data yang sudah dibahas di atas dapatlah dibuat suatu perbandingan antara kedua metode tersebut diatas sebagai berikut :

- **Metode Konstruksi Top-Down**

Kekurangan :

1. Diperlukan peralatan berat yang khusus.

2. Diperlukan ketelitian dan ketepatan yang lebih.
3. Sumber daya manusia terbatas.
4. Diperlukan pengetahuan spesifik untuk mengendalikan proyek.
5. Biaya dinding penahan tanah yang digunakan lebih mahal dibanding dengan *sheet pile* yang umum digunakan untuk metode Bottom-Up.

Keuntungan :

1. Relatif tidak mengganggu lingkungan.
2. Jadwal pelaksanaan dapat dipercepat.
3. Memungkinkan pekerjaan simultan.
4. Area lahan kerja proyek lebih luas.
5. Resiko teknis kecil.
6. Mutu dinding penahan tanah dapat lebih dikontrol.

• **Metode Konstruksi Bottom-Up**

Kekurangan :

1. Transportasi vertikal membutuhkan lahan yang luasnya sebanding dengan kedalamannya.
2. Pelaksanaan Dewatering perlu lebih intensif.
3. Penggunaan konstruksi sementara sangat banyak.
4. Hampir dapat dipastikan diperlukan ground anchor.
5. "Waste material" tiang pancang pada saat penggalian.
6. Tidak memungkinkan pelaksanaan simultan dengan superstruktur secara efisien.

Keuntungan :

1. Biaya peralatan lebih murah.
2. Sumber daya manusia yang terlatih sudah banyak memadai.
3. Peralatan yang digunakan adalah peralatan yang umum digunakan misalnya : *Backhoe*, *Shovel Loader* dan lainnya, tidak diperlukan peralatan khusus.
4. Tidak memerlukan teknologi yang tinggi
5. Biaya dinding penahan tanah yang digunakan relatif lebih murah

dibanding dengan *diaphragm wall* yang umum digunakan untuk metode Top-Down.

6. Teknik pengendalian pelaksanaan konstruksi sudah dikuasai karena sudah banyak proyek bangunan *basement* yang sudah di kerjakan sehingga pengalaman dan contoh cukup mendukung (*project documentation*).

Dengan demikian dapat dikatakan bahwa masing-masing metode mempunyai kelebihan dan kekurangannya masing-masing.

Untuk di Indonesia (Jakarta), pilihan metode dan akibatnya sudah menunjukkan bahwa kebutuhan akan metode yang tepat sangat mempengaruhi faktor-faktor keselamatan dan nilai konstruksi itu sendiri. Teknik pemilihan dan manajemen suatu proyek semacam ini perlu disebar-luaskan lagi untuk membuka pemikiran-pemikiran baru yang mungkin berguna dalam mengantisipasi perkembangan dunia konstruksi di lingkungan perkotaan.

