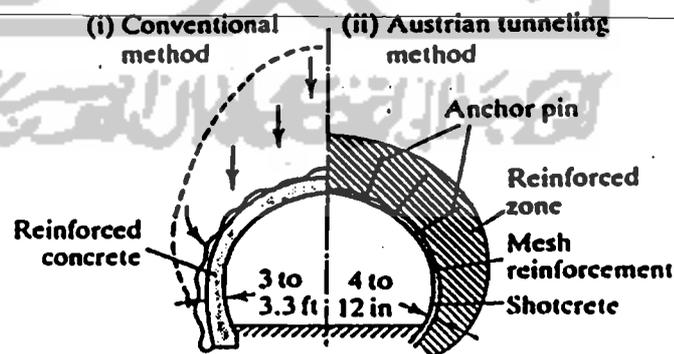


BAB II

ELEMEN-ELEMEN “SOIL NAILING” SEBAGAI STRUKTUR PERKUATAN DINDING GALIAN

2.1 Tinjauan Umum

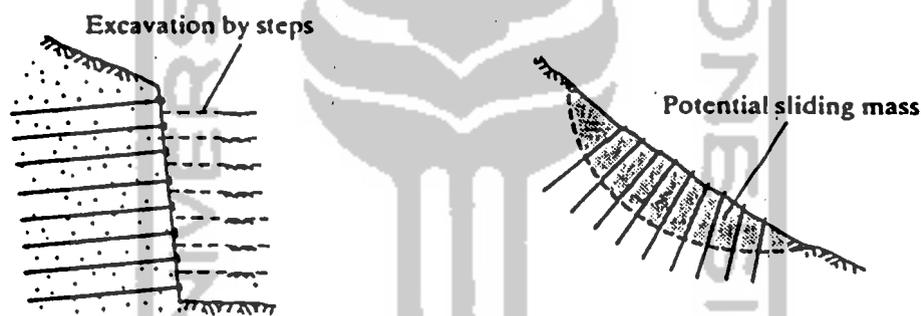
Metode “soil nailing” lahir dari pengembangan sistem kombinasi antara “shotcrete” dan “rockbolting” (gambar 2.1) yang dipakai sebagai sistem penunjang pada galian terowongan yang digunakan pada New Austrian Tunnelling Methode (NATM). Pada prinsipnya metode ini dapat dikatakan sebagai struktur “reinforced earth”, di mana perbedaan utama keduanya hanya pada masalah pemakaian : “soil nailing” digunakan pada pekerjaan penggalian (“excavation”) dan “reinforced earth” pada pekerjaan penanggulan (“embankment”).



Gambar 2.1 Perbedaan metode konvensional dengan metode “soil nailing” pada pekerjaan galian terowongan di Austria (Juran, 1990)

Pada dasarnya aplikasi metode “soil nailing” ini adalah perkuatan lereng dan struktur perkuatan dinding galian (gambar 2.2). Perbedaan diantara keduanya adalah:

1. Pada “soil nailing” sebagai perkuatan lereng penempatan inklusinya mendekati tegak lurus terhadap bidang kelongsoran, fungsi yang bekerja dominan adalah tegangan geser dan kekakuan dari inklusi tersebut.
2. Pada “soil nailing” sebagai struktur perkuatan dinding galian, penempatan inklusinya cenderung kearah horisontal sedangkan fungsi yang bekerja dominan adalah kuat tariknya (pull out).



Gambar 2.2 “Soil nailing” (a) sebagai struktur dinding penahan tanah dan (b) sebagai perkuatan lereng (Juran, 1990)

Nilai ekonomis dan efektif pada metode ini didasarkan pada tingkat pelaksanaannya yang fleksibel serta komponen-komponen utamanya yang mudah diperoleh. Oleh karena itu, sangat diperlukan pengetahuan tentang teknologi pemasangan dan pengetahuan tentang material komponen itu sendiri.

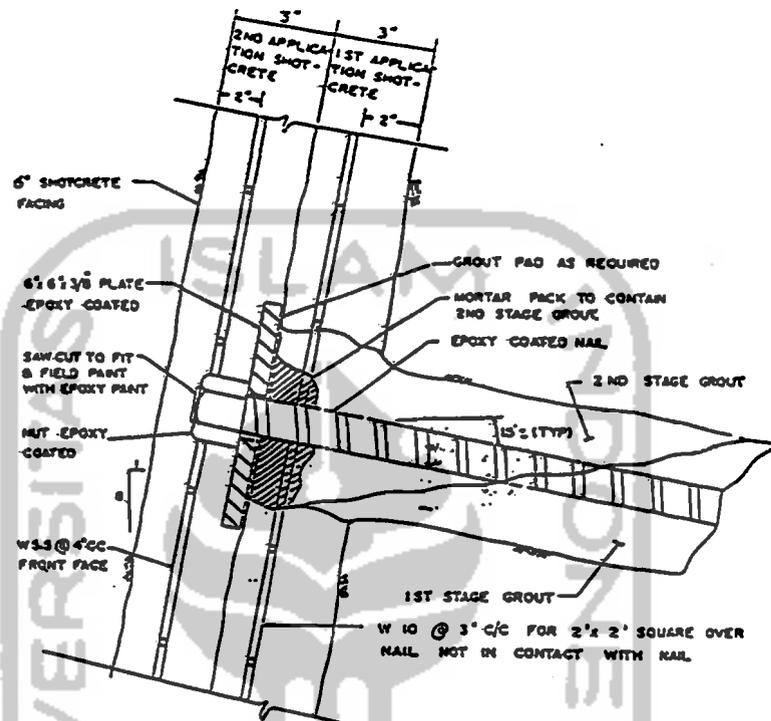
2.2 Elemen-elemen “Soil nailing”

Elemen struktur merupakan bagian struktur yang langsung berhubungan dengan beban yang ditahan dalam hal ini elemen strukturnya berupa inklusi. Sedangkan bagian yang merupakan pelengkap struktur disebut elemen non struktur yaitu berupa “facing”, drainasi dan pengunci. Detail elemen-elemen struktur dan non struktur “soil nailing” dapat dilihat pada gambar (2.3).

Inklusi yang biasa digunakan adalah berupa baja tulangan atau baja jenis lainnya yang mampu menahan gaya-gaya tarik, geser dan momen lentur. Inklusi tersebut ditempatkan dalam lubang-lubang bor dan diisi adukan beton cair (“grouting”) sepanjang total panjang lubang, atau dipancang kedalam tanah. Penempatan inklusi dilakukan pada jarak yang rapat dan biasanya seragam antara spasi horisontal dan spasi vertikalnya. “Facing” sebagai elemen non struktur berfungsi untuk menjamin kestabilan lokal tanah antar lapis perkuatan dan mencegah erosi permukaan tanah serta pengaruh cuaca. Inklusi dan “facing” dikerjakan segera setelah penggalian tiap lapis selesai untuk mengatasi dekompresi tanah juga mencegah berubahnya karakteristik mekanik tanah tersebut.

“Soil nailing” biasanya digunakan untuk “temporary retaining wall” karena pertimbangan keawetan inklusi baja di dalam tanah dan keawetan “facing”. Untuk mengatasi keterbatasan ini, beberapa tahun terakhir perkembangan teknologi

difokuskan pada produksi “nail” yang tahan korosi dan “facing” dari beton fabrikasi juga dari baja panel.



Gambar 2.3 Detail “soil nailing” (Juran&Elias,1990)

2.2.1 Inklusi (“nail”)

Inklusi yang digunakan terdiri dari berbagai jenis dengan karakteristik yang berbeda dan dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

1. “Driven nail”

Inklusi jenis ini dipancang langsung ke dalam tanah tanpa tanah dibor terlebih dahulu. Alat yang digunakan adalah “vibropercussion pneumatic” dan “hydraulic

hammer". Pemancangan dengan "vibropercussion pneumatic" memanfaatkan getaran yang dihasilkan mesin untuk memudahkan "nail" terpancang ke dalam tanah akibat bergetarnya struktur tanah. Alat ini mempunyai kelebihan antara lain tidak menimbulkan polusi suara serta getarannya yang lembut tidak menimbulkan gangguan pada bangunan-bangunan di sekitarnya. Sedangkan pemancangan dengan "hydraulic hammer" pada prinsipnya "nail" dipukul dengan hammer yang digerakkan dengan tenaga hidrolik agar dapat masuk ke dalam tanah.

Inklusi yang digunakan biasanya baja mutu sedang dengan kuat leleh 350 Mpa dipasang dengan jarak rapat (2 - 4 buah "nail" per meter persegi) dan dapat berupa:

- a) pipa baja ataupun baja tulangan ulir diameter (15 - 46 mm)
- b) baja profil siku ukuran 5x50x50 dan 6x60x60 mm

Inklusi semacam ini cocok untuk digunakan pada kondisi tanah granular sebab dengan metode "driven nails" berarti tanah ini menjadi lebih padat sehingga dapat mengikat sepanjang inklusi dan cukup meningkatkan kuat geser tanah pada areal yang diperkuat. Keuntungan menggunakan "driven nails" adalah teknik pemasangannya yang cepat dan ekonomis mencapai 4 - 6 "nail" per jam. Sedangkan kerugiannya, panjang inklusi terbatas pada panjang baja yang tersedia di pasaran (12 meter) dan ketukan yang dilakukan terhadap inklusi dapat menghilangkan lapisan proteksi dan mengurangi batas waktu korosi.

“Driven nail” mempunyai sifat yang mirip dengan tiang pancang, yaitu pertahanan sepanjang inklusi baja dilakukan oleh gesekan dan atau lekatan tanah dengan baja. Untuk tanah dengan nilai sudut gesek dalam tinggi (seperti jenis tanah pasir) maka beban akan ditahan oleh gesekan antara “nail” dengan tanah sekelilingnya (sifat “friction pile”). Sedangkan bila kondisi tanah mempunyai nilai kohesi tinggi, beban akan ditahan oleh pelekatan antara tanah dengan “nail” (sifat “adhesive pile”). Mengingat sifat tersebut, maka penggunaan baja tulangan bersirip akan lebih efektif dibanding dengan penggunaan baja tulangan polos karena daerah pertahanan gesekan dan atau lekatan akan lebih luas pada baja tulangan bersirip selain itu daerah antar sirip pada tulangan bersirip dengan jarak tertentu akan memberikan tahanan pasif yang cukup tinggi.

Satu hal lagi yang perlu diperhatikan adalah dalam pemancangan untuk jenis “nail” ini adalah bahaya tekuk (“buckling”) yang mungkin terjadi pada “nail” jika jarak alat pemancangan dengan muka dinding galian terlalu jauh, mengingat pada penampang baja yang kecil akan mudah terjadi tekuk akibat bekerjanya gaya tekan pemancang. Jika hal ini dibiarkan maka sampai pada suatu batas tertentu baja dapat patah akibat tekuk yang terjadi.

2. “Grouted nails”

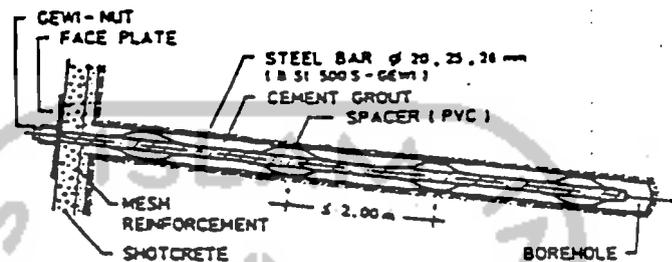
Untuk inklusi jenis ini biasanya digunakan baja tulangan dengan kuat leleh rata-rata 1050 Mpa. Diklasifikasikan sebagai “grouted nail” karena inklusi ini (gambar

2.4) dimasukkan ke dalam tanah yang telah dibor terlebih dahulu (diameter lubang 10-15 cm) kemudian lubang bor tersebut diisi adukan beton cair (“grouting”). Penempatan antar inklusi berjarak sedang 1 - 3 meter dan biasanya dibuat seragam pada arah horizontal ataupun vertikal.

Ada beberapa metode yang dapat digunakan untuk melakukan pengeboran lubang, yaitu :

- 1) “rotary wash boring”, pengeboran lubang dilakukan dengan cara menekan tanah secara berputar diikuti tekanan air untuk masuknya alat bor ke dalam tanah sekaligus untuk memadatkan tanah di sekeliling lubang. Cara ini akan efektif pada tanah granular seperti “medium dense sand” karena karakteristik butiran tanah yang berongga menjadi mungkin dipadatkan dengan digunakannya alat ini.
- 2) “rotary percussive boring”, caranya hampir sama pada metode “rotary wash boring” namun cara ini menggunakan tekanan udara sebagai pendorongnya. Cara ini tidak cocok digunakan pada daerah penduduk padat karena kebisingan suara mesin sangat mengganggu.
- 3) “dry auger boring”, merupakan cara pengeboran yang memungkinkan pada daerah tanah lempung dan berbatu “soft rock”. Karena dengan pengeboran ini tanah akan tetap kering sehingga ketika akan diisi adukan

beton cair lubang bor tetap bersih sehingga dapat mempertahankan kualitas adukan beton cair tersebut.



Gambar 2.4 "Grouted nails" (Juran, 1990)

Komponen "grouted nails" yang lain adalah material adukan beton cair yang terdiri dari campuran air dan semen dengan perbandingan berat 1 : 2 . Tujuan pengisian adukan beton cair tersebut adalah untuk menurunkan permeabilitas dan kompresibilitas tanah serta meningkatkan kuat geser tanah (Robert M. Koerner, 1984).

Untuk mempercepat pengerasan campuran tersebut dapat dilakukan penambahan zat additive tertentu seperti Conbex 100, Interplast Z dan lain sebagainya. Pengisian adukan beton cair ke dalam lubang bor dilakukan dengan tekanan rendah (kurang dari 150 psi) yang disalurkan dari tempat pencampuran bahan menuju ke lubang bor melalui pipa tremie.

Lekatan antara “nail” dan tanah akan bertambah kuat dengan adanya adukan beton cair yang menyelubungi baja. Hal ini disebabkan luas permukaan gesekan tanah dengan “nail” bertambah akibat pembesaran diameter oleh adukan beton cair tersebut. Sedangkan pada tulangan baja itu sendiri terdapat kekuatan lekat yang dihasilkan oleh adhesi kimiawi dan gesekan mekanis antara adukan beton cair dan tulangan baja tersebut. Oleh karena itu penggunaan tulangan baja bersirip akan lebih efektif dibandingkan dengan penggunaan tulangan baja polos sebab sirip pada permukaan tulangan akan menekan beton cair disekelilingnya dan memberikan kekuatan lekat yang sangat besar. Berdasarkan percobaan yang dilakukan di Universitas Texas dan pada Biro Standarisasi Amerika (Winter G. & Nilson Arthur, 1993) besarnya gaya lekat batas dapat dicari dengan rumus :

$$U_n = 35(f'_c)^{1/2} \dots\dots\dots (2.1)$$

di mana : f'_c adalah kuat tekan beton karakteristik.

Agar tidak terjadi kegagalan lekat antara tulangan baja dan beton maka gaya tarik yang terjadi sehubungan dengan kekuatan baja tidak boleh melebihi gaya lekat batas, yaitu :

$$U = (A_s \cdot f_y) / L \dots\dots\dots (2.2)$$

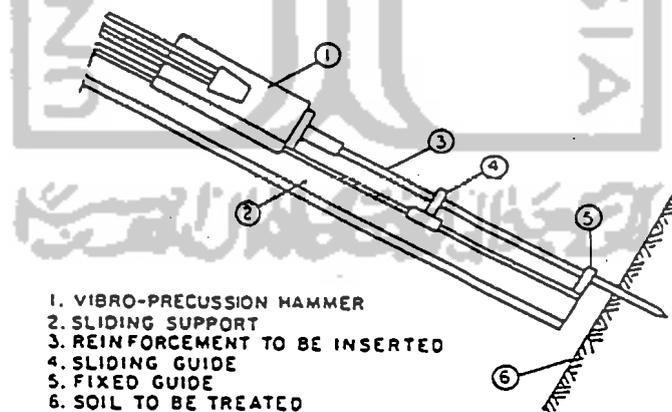
$$U_n > U \dots\dots\dots (2.3)$$

di mana : f_y adalah tegangan luluh baja, A_s adalah luas baja tulangan dan L adalah panjang baja tulangan.

Untuk memeriksa apakah kuat tekan adukan beton cair tersebut mencapai kuat tekan rencana maka perlu diadakan pengujian dengan mengambil sampel benda uji kubus untuk adukan beton cair setiap 20 buah “nail”.

3. “Jet Grouted nails”

Inklusi ini berupa pipa baja khusus (diameter 30-40 mm) yang dipasang dengan “vibropercussion hammer” (gambar 2.5) berfrekuensi tinggi (mencapai 70 Hz). Pengisian adukan beton cair tersebut dilaksanakan bersamaan pemasangan pipa baja dengan alat khusus (“jet grout”) melalui lubang kecil pada ujung pipa baja. Adukan beton cair ini berfungsi sebagai pelumas yang mempercepat pemasangan pipa baja. Pemasangan dengan teknik “jet grouting” cocok untuk tanah berbutir sebab teknik ini dapat lebih memadatkan tanah sekitar dan meningkatkan ketahanan pull-out pada inklusi komposit tersebut.

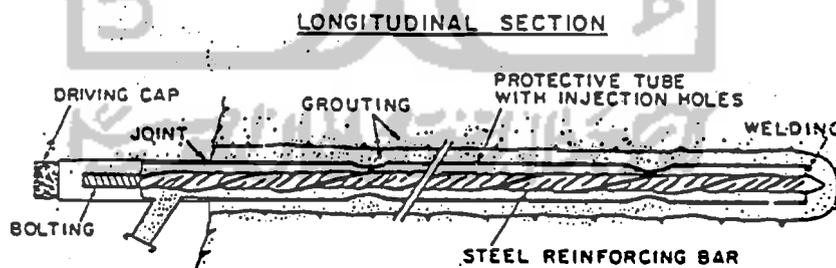


Gambar 2.5 “Jet-grouted nails” (Juran,1990)

4. "Corrossion Protected nails"

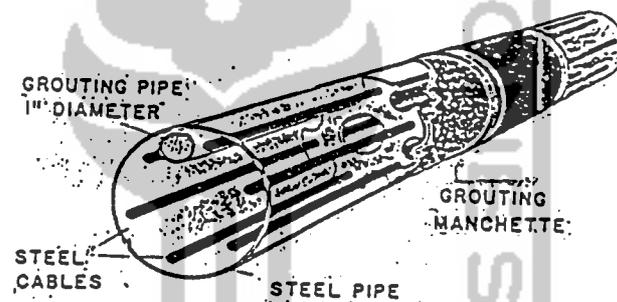
Inklusi ini dikembangkan untuk "soil nailing" sebagai struktur permanen mengingat semakin bervariasinya kebutuhan di lapangan. Inklusi ini merupakan "nail" yang dilapisi oleh lapisan proteksi sehingga mampu melawan tekanan air yang dapat menyebabkan korosi. Ada dua macam tipe inklusi yang dikembangkan oleh para teknisi di Perancis yaitu:

- 1) "Solrenfor nails" yaitu inklusi berupa baja tulangan dilapisi terlebih dahulu oleh pipa pelindung yang terbuat dari baja atau plastik (hasil fabrikasi), kemudian diisi adukan beton cair (gambar 2.6). Dengan adanya pipa pelindung tersebut keawetan baja tulangan sebagai komponen pokok "nail" akan meningkat karena terlindung dari pengaruh air dan udara dari adukan beton cair maupun dari tanah.



Gambar 2.6 "Solrenfor nails" (Juran,1990)

- 2) “Intrafor-color nails” yaitu inklusi berupa pipa baja yang dilengkapi beberapa kabel baja di dalamnya. Karena inklusi ini dibuat dengan perilaku layaknya struktur beton prategang, maka sebelum pipa baja tersebut diisi adukan beton cair, kabel-kabel baja yang ada di dalam pipa ditarik terlebih dahulu (pratarik). Dengan adanya prategang ini tekanan pengisian adukan beton cair akan selalu konstan sehingga terjadinya retak-retak kecil (“microcracking”) dapat dihindari (gambar 2.7).



Gambar 2.7 “Intra-color nail”(Juran, 1990)

Dari uraian di atas dapat diambil suatu rangkuman perihal karakteristik masing-masing “nail” yang ditampilkan dalam tabel 2.1 berikut.

Tabel 2.1 Rangkuman karakteristik berbagai jenis "nail"

Keterangan	Driven nail	Grouted nail	Jet Grouted nail	Corossion Protected nail
1. Jenis "nail"	a.tulangan baja b.baja profil siku	tulangan baja dengan grouting	pipa baja komposit	a.baja tulangan dilapisi pipa pelindung(fabrikasi) b.pipa baja pra-tarik
2. Pemasangan	dipancang dengan vibropercussion pneumatic atau hydraulic hammer	tanah dibor dahulu, kemudian "nail" dimasukkan dengan manual	dipasang dengan vibropercussion hammer ber frekuensi tinggi	tanah dibor dahulu kemudian "nail" dimasukkan
3. Keuntungan	a.pemancangan cepat (4-6 /jam) b.cocok untuk tanah berbutir c.dapat meningkatkan kuat geser tanah	a.dapat dipasang pada berbagai jenis tanah b.material grouting memperluas daerah pertahanan	a.cocok untuk tanah berbutir b.dapat memadatkan tanah sekitar c.grouting berlangsung dengan rapi	a.tahan korosi b.dapat mencegah terjadinya micro cracking c.cocok untuk permanent retaining wall
4. Kerugian	a.pemancangan mengurangi lapis proteksi baja. b.kemungkinan bahaya tekuk pada baja	a.perlu pengawasan mutu dan pelak sanaan grouting b.hanya cocok untuk temporary retaining wall	perlu pengawasan pelaksanaan grouting,karena tekanan grouting yang tinggi menyebabkan keretakan tanah sekitar	a.butuh biaya lebih besar b.butuh waktu pemesanan

2.2.2 Lapis Permukaan ("facing")

Fungsi utama dari lapis permukaan adalah untuk melindungi tanah dari erosi dan efek cuaca, menjamin stabilitas tanah lokal antar lapis perkuatan dan membatasi dekompresi segera setelah penggalian. Oleh sebab itu, pelaksanaan lapis

permukaan harus dikerjakan secara terus menerus setelah pelaksanaan pemasangan “nail” selesai. Dari beberapa aplikasi dan tipe tanah, lapis permukaan dapat dibedakan menjadi:

1. “Shotcrete facing”

Lapis permukaan ini diperkuat dengan “welded wire mesh”, yaitu jaringan kawat baja yang dilas yang terdiri dari serangkaian kawat-kawat baja yang disusun secara membujur dan melintang dengan arah tegak lurus satu dengan lainnya. Sebagai pengikat antara kawat-kawat arah membujur dan arah melintang tersebut, pada titik pertemuannya dilakukan pengelasan. Jaringan kawat baja tersebut dipasang menempel pada dinding struktur, kemudian diberikan lapisan “shotcrete” yaitu campuran dari air + semen + pasir + kerikil (4-8 mm) dengan perbandingan volume semen : pasir : kerikil = 2 : 5 : 3 dengan fas 0.4 dan nilai slump 5-15 setebal 10 - 25 cm.

Lapis permukaan ini cukup fleksibel untuk menutup lubang atau retak- retak di sekitar tanah dengan cara menyemprotkan bahan shotcrete dengan “sprayer” berupa pipa PVC. Lapis permukaan ini tidak terlalu cocok untuk struktur permanen jika dilihat dari segi keawetan dan keindahannya mengingat mutu “shotcrete” yang digunakan bukan merupakan beton mutu tinggi. Keawetan dari lapis permukaan ini dipengaruhi oleh air tanah, rembesan dan faktor lingkungan seperti perubahan iklim dan juga udara yang sangat dingin dapat menyebabkan retak-retak.

2. "Welded wire mesh facing"

Sama dengan "shotcrete facing", lapis permukaan ini menggunakan jaringan kawat baja dipasang pada dinding strukturnya, namun tidak diikuti dengan pekerjaan "shotcrete". Lapis permukaan ini cocok untuk kondisi tanah "fragmented rock" atau "intermediate soil" seperti tanah kapur dan tanah serpih, di mana kemungkinan kelongsoran pada permukaan dinding struktur tidak begitu besar.

3. "Cast- in- place Concrete facing"

Lapis permukaan ini dibuat dari beton yang dicetak di tempat dan digunakan untuk struktur permanen. Cocok untuk tanah "soft rock" di mana dapat dilakukan penggalian dengan kedalaman lebih dari 2 meter sehingga efisiensi pelaksanaan lapis permukaan ini dapat tercapai.

Urutan pelaksanaan konstruksi dengan menggunakan lapis permukaan ini adalah sebagai berikut:

- a) penggalian diikuti dengan pemasangan "nail"
- b) pelapisan dinding dengan material shotcrete secara tipis
- c) pemasangan bekisting untuk pengerjaan beton
- d) pengecoran lapis permukaan

Namun seringkali penggunaan lapis permukaan ini membutuhkan waktu pengerjaan yang lama serta memakan bahan dan biaya yang tidak sedikit. Kelemahan tersebut menjadi dasar dikembangkannya lapis permukaan beton fabrikasi.

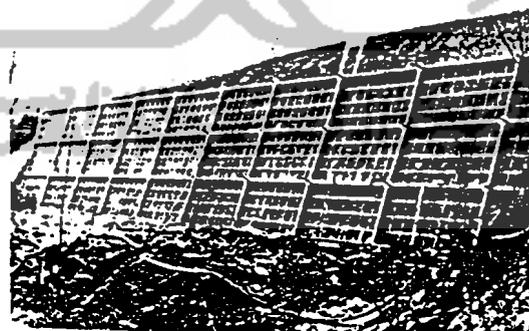
4. "Prefabricated Facing Element"

Lapis permukaan ini berupa beton cetakan atau panil baja hasil fabrikasi sehingga bentuknya bisa dibuat lebih artistik (gambar 2.8) dan cocok bagi struktur permanen. Tipe lapis permukaan ini cocok untuk tanah kohesif dan "soft rock " di mana galian vertikal sampai 1.5 meter masih dapat dilakukan tanpa pendukung.

Keuntungan yang dicapai dengan menggunakan elemen fabrikasi ini adalah :

- a) mutu beton cetakan dan panel baja lebih terjamin karena dikerjakan dengan ketelitian yang tinggi.
- b) memberikan penampilan luar yang artistik
- c) penghijauan dan penataan lingkungan dapat diwujudkan

Hal yang harus diperhatikan adalah pemasangan elemen yang berat tersebut secara langsung akan membebani terhadap penggalian selanjutnya sedangkan stabilitas lokal harus tetap terjamin.



Gambar 2.8 Lapis permukaan "Prefabricated Steel Panels" menghasilkan penampilan yang estetik (Juran,1990)

Uraian dari berbagai jenis lapis permukaan di atas, dapat diambil suatu rangkuman di dalam tabel 2.2 berikut :

Tabel 2.2 Rangkuman karakteristik berbagai lapis permukaan

Keterangan	Shotcrete	Welded Wire Mesh	Cast in Place Concrete	Prefabricated Element
1. Elemen penyusun	a.campuran air + semen + kerikil b.jaringan kawat baja	jaringan kawat baja	bekisting dan adukan beton	a. panel baja b. beton cetakan
2. Pemasangan	jaringan kawat baja dipasang me-nempel dinding, lalu disemprot dengan campuran shotcrete	dipasang menempel pada dinding	dicor di tempat	dipasang dalam bentuk hasil fabrikasi
3. Keuntungan	pelaksanaan mudah dan cepat	cocok untuk jenis tanah kapur dan serpih	cocok untuk tanah "soft rock"	a.cocok untuk tanah kohesif dan "soft rock" b.mutu terjamin c.penampilan luar artistik d.bisa diikuti penghijauan dan penataan lingkungan
4. Kerugian	a.hanya cocok untuk temporary retaining wall b.dari segi artistik kurang indah	a.hanya cocok untuk temporary retaining wall b.dari segi artistik kurang indah	a.butuh bahan dan biaya yang tidak sedikit b.butuh waktu pelaksanaan lama	a.butuh biaya yang besar b.butuh waktu pemesanan c.berat elemen membebani galian selanjutnya

2.2.3 Drainasi

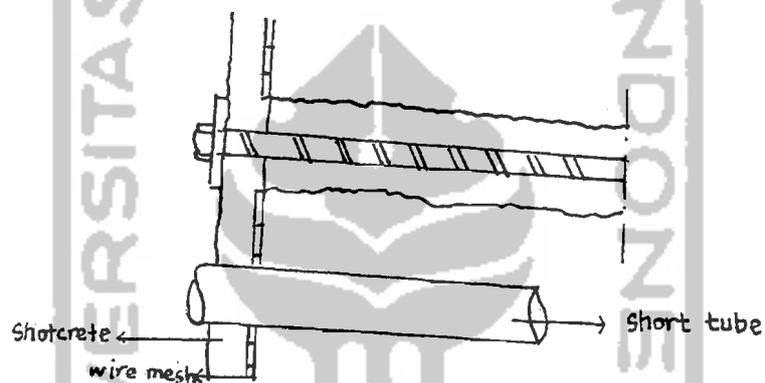
Drainasi adalah sistem penunjang yang penting pada “soil nailing” seperti struktur perkuatan galian yang lain, sebab pada umumnya struktur perkuatan dinding galian tidak didisain terhadap adanya muka air tanah. Muka air tanah dapat meningkatkan tekanan tanah efektif secara drastis, sehingga suatu struktur perkuatan dinding galian perlu dilengkapi sistem drainasi untuk mencegah naiknya permukaan air tanah di belakang dinding tersebut. Sistem drainasi diletakkan di daerah-daerah bidang luncur berupa pipa buangan atau material yang mudah menyerap air seperti geotekstil. Tergantung dari kondisi lapangan yang ada, berikut ini merupakan tipe-tipe drainasi yang dapat dipertimbangkan untuk dipakai :

1. “short tubes”

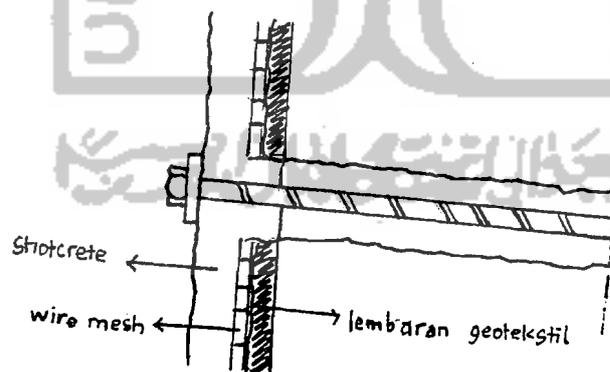
Merupakan pipa pendek (300 mm diameter 50-80 mm) yang mampu mengeluarkan air tanah di belakang lapis permukaan dengan cepat. Pipa ini ditempatkan pada lapis permukaan antar “nail” (gambar 2.9) di mana jumlah dan jarak pemasangannya tergantung dari kondisi air tanah setempat. Yang perlu diperhatikan pada drainasi dengan menggunakan “short tubes” ini adalah aliran air yang keluar dari pipa dapat membekas pada lapis permukaan dinding, sehingga akan mengurangi keindahan lapis permukaan terutama pada lapis permukaan struktur permanen.

2. "back facing drain"

Terdiri dari "vertical strip filter" berupa lembaran geotekstil (setebal 30 mm) atau pipa berlubang yang ditempatkan secara vertikal di belakang lapis permukaan sepanjang tinggi penggalian dengan jarak spasi antara 1.5 - 2 meter (gambar 2.10). Pada akhir penggalian, seluruh "vertical strip filter" dihubungkan dengan pipa memanjang horizontal yang berfungsi mengumpulkan dari seluruh "vertical strip filter" di atasnya.



Gambar 2.9 Drainasi menggunakan "short tubes"

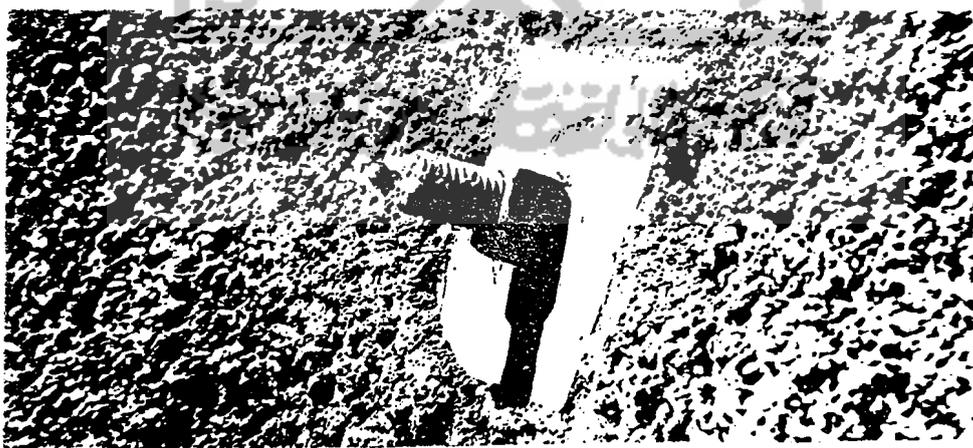


Gambar 2.10 Drainasi menggunakan "back facing drain" dari lembaran geotekstil

2.2.4 Pengunci

Proses akhir dari pekerjaan “soil nailing” adalah pemasangan plat baja dan baut sebagai pengunci “nail”. “nail” yang dipasang menyisakan bagian panjangnya di luar tanah (panjang 20-30 cm) dan pada sisa panjang tersebut telah dipersiapkan ulir (“drat”) sebagai tempat memasang baut. Setelah lapis permukaan selesai, terlebih dulu dipasang plat baja dengan dimensi 150x150x10 mm (p x l x t) diikuti dengan baut yang kemudian dikencangkan secara manual.

Pekerjaan ini harus dilakukan agar “nail” tidak bergeser dari posisinya dan selama pekerjaan pemasangan “nail” secara keseluruhan (sejumlah desain “nail”) belum selesai, dilakukan pengontrolan terhadap penguncian tersebut secara berkala agar baut tetap terpasang dengan kencang. Desain dari kuat geser baut dan plat didasarkan pada kapasitas “punching shear” yaitu $(0.58f_y \times A_s)$ agar lebih besar dari gaya tarik yang bekerja pada “nail”.



Gambar 2.11 “Nail” yang telah dilengkapi dengan pengunci