

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Tanah

3.1.1 Komposisi Tanah dan Klasifikasi

Dari berbagai campuran partikel tanah yang ada dipermukaan bumi, terdapat beberapa jenis tanah yang kita ketahui :

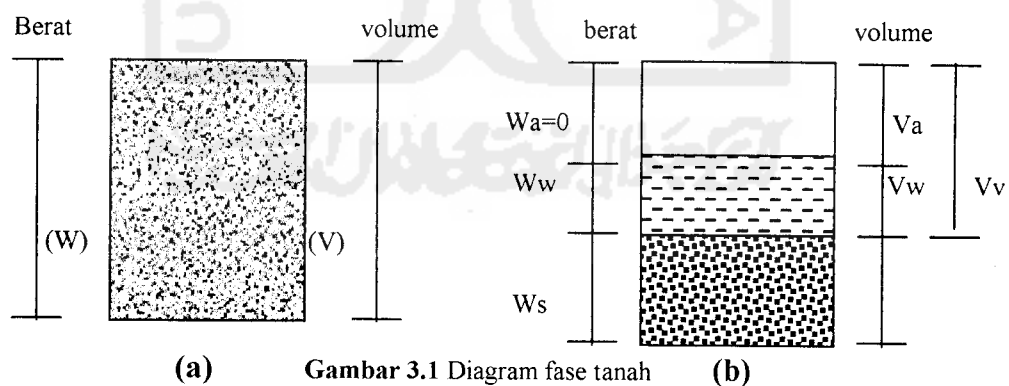
1. Berangkal (*boulders*), yaitu potongan batuan yang lebih besar dari 250 sampai 300 mm. Untuk kisaran 150 sampai 250 mm, fragmen batuan ini disebut kerakal (*cobbles*) atau pebbles.
2. Kerikil (*gravel*), yaitu partikel batuan yang berukuran 5 sampai 159 mm.
3. Pasir (*Sand*), yaitu partikel batuan yang berukuran 0,074 sampai 5 mm. Dengan gradasi kasar 3 sampai 5 mm, hingga gradasi halus yang berukuran kurang dari 1 mm.
4. Lanau (*Silt*), yaitu partikel batuan yang berukuran dari 0,002 sampai 0,074. Deposit loose terjadi bila angin mengangkut partikel lanau kesuatu lokasi. Angkutan oleh angin ini dapat membatasi ukuran partikel yang dibawanya sehingga dihasilkan deposit lanau yang homogen.
5. Lempung (*Clay*) yaitu partikel mineral yang berukuran lebih kecil dari 0,002 mm. Partikel ini merupakan sumber utama dari kohesi pada tanah yang kohesi.

6. Koloid (*colloids*), yaitu partikel tanah yang diam dalam arti merupakan partikel tanah yang dianggap paling kecil, berukuran lebih kecil dari 0,001 mm.

Apabila dalam suatu deposit diberi nama sesuai dengan jumlah partikel terbanyak, maka deposit diberi nama sesuai dengan jumlah partikel terbanyak yang dikandungnya.

3.1.2 Hubungan Antara Fase Tanah

Pada segumpal tanah dapat terdiri dari dua atau tiga bagian. Dalam tanah yang kering, hanya akan terdapat dua bagian, yaitu butir-butir tanah dan pori-pori udara. Dalam tanah yang jenuh juga terdapat dua bagian, yaitu bagian padat atau butiran dan air pori. Dalam keadaan tidak jenuh, tanah terdiri dari tiga bagian, yaitu bagian padat atau butiran, pori-pori udara dan air pori. Bagian-bagian dari tanah itu sendiri dapat kita gambarkan dalam bentuk diagram fase, seperti yang ditunjukkan gambar 3.1.



Gambar 3.1a memperlihatkan elemen tanah yang mempunyai volume V dan berat total W , sedangkan **Gambar3.1b** memperlihatkan hubungan berat dan volumenya.

Dari gambar tersebut dapat dibentuk persamaan berikut :

$$W = W_s + W_w$$

dan

$$V = V_s + V_w + V_a$$

$$V_v = V_w + V_a$$

Dengan:

W_s = berat butiran padat

W_w = berat air

V_s = volume butiran padat

V_w = Volume air

V_a = Volume udara.

Berat udara dianggap sama dengan nol. Hubungan-hubungan volume yang biasa digunakan dalam mekanika tanah adalah angka pori, porositas, dan derajat kejenuhan. Adapun hubungan-hubungannya adalah sebagai berikut:

Kadar air (w), didefinisikan sebagai perbandingan antara berat air (W_w) dengan berat butiran (W_s) dalam tanah tersebut, dinyatakan dalam persen.

$$w (\%) = \frac{W_w}{W_s} \times 100\% \quad \dots \dots \dots (3. 1)$$

Porositas (n), didefinisikan sebagai perbandingan antara volume rongga (V_v) dengan volume total (V). Dalam hal ini dapat digunakan dalam bentuk persen maupun desimal.

$$\boxed{n = \frac{V_v}{V}} \dots\dots\dots(3. 2)$$

Angka pori (e), didefinisikan sebagai perbandingan volume rongga (V_v) dengan volume butiran (V_s). Biasanya dinyatakan dalam desimal.

$$\boxed{e = \frac{V_v}{V_s}} \dots\dots\dots(3. 3)$$

Berat volume tanah basah (γ_b), adalah perbandingan antara berat butiran tanah termasuk air dan udara (W) dengan volume total tanah (V).

$$\boxed{\gamma_b = \frac{W}{V}} \dots\dots\dots(3. 4)$$

Dengan $W = W_w + W_s + W_v$ ($W_v = \text{berat udara} = 0$). Bila ruang udara terisi oleh air seluruhnya ($V_a = 0$), maka tanah menjadi jenuh.

Berat volume kering (γ_d), adalah perbandingan antara berat butiran (W_s) dengan volume total (V) tanah.

$$\boxed{\gamma_d = \frac{W_s}{V}} \dots\dots\dots(3. 5)$$

Berat volume butiran padat (γ_s), didefinisikan sebagai perbandingan antara berat butiran padat (W_s) dengan volume butiran padat (V_s).

$$\boxed{\gamma_s = \frac{W_s}{V_s}} \dots\dots\dots(3. 6)$$

Berat jenis (specific gravity) tanah (G_s) didefinisikan sebagai perbandingan berat volume butiran padat (γ_s) dengan berat volume air (γ_w) pada temperature 4° C

3.1.3 Tanah Kohesif dan Tidak Kohesif

Apabila karakteristik fisis yang selalu terdapat pada massa butir-butir tanah bersatu sesamanya sehingga sesuatu gaya akan diperlukan untuk memisahkannya dalam keadaan kering tersebut, maka tanah tersebut disebut *kohesif*. Apabila butir-butir tanah terpisah-pisah sesudah dikeringkan dan hanya bersatu apabila berada dalam keadaan basah karena gaya tarik permukaan didalam air, maka tanah ini disebut tidak *kohesif*.

3.1.4 Batas Konsistensi Tanah

Suatu hal yang penting pada tanah berbutir halus adalah sifat plastisnya, dimana plastisitas disebabkan oleh adanya partikel mineral lempung dalam tanah. Batas-batas konsistensi tanah yang dikemukakan oleh A. Atterberg, 1911 didasarkan kepada kadar air, yaitu:

1. Batas Cair/*Liquid Limit* (LL)

Batas cair didefinisikan sebagai kadar air pada batas antara keadaan cair dan keadaan plastis, yaitu batas atas dari daerah plastis, dimana untuk nilai-nilai di atasnya tanah akan bersifat sebagai cairan kental (campuran tanah tanpa-air tanpa kuat geser yang dapat diukur).

2. Batas Plastis/*Plastic Limit* (PL)

Batas Plastis (PL) didefinisikan sebagai kadar air pada kedudukan antara daerah plastis dan semi padat, yaitu persentase kadar air dimana tanah dengan diameter silinder 3,2 mm mulai retak-retak ketika digulung.

3. Batas Susut / *Shrinkage Limit* (SL)

Batas susut (SL), didefinisikan sebagai kadar air pada kedudukan antara daerah semi padat dan padat, yaitu persentase kadar air dimana pengurangan kadar air selanjutnya tidak mengakibatkan perubahan volume tanahnya. Batas Susut dinyatakan dalam persamaan:

$$SL = \frac{(m_1 - m_2) - (V_1 - V_2) \gamma_w}{m_2} \times 100\% \quad (3.7)$$

dengan:

m_1 = berat tanah basah dalam cawan percobaan (gr)

m_2 = berat tanah kering dalam oven (gr)

V_1 = Volume tanah basah dalam cawan (cm³)

V_2 = Volume tanah kering oven (cm³)

γ_w = berat isi air

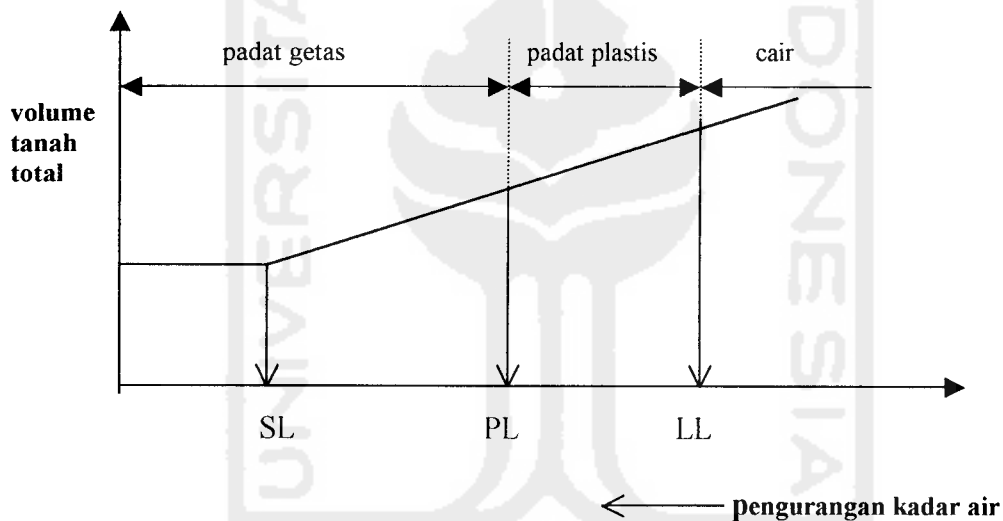
4. Indeks Plastisitas

Indeks plastisitas merupakan interval kadar air dimana tanah masih bersifat plastis. Karena itu, indeks plastisitas menunjukkan sifat keplastisan tanahnya. Jika tanah mempunyai interval kadar air daerah plastis yang kecil, maka keadaan ini disebut dengan tanah kurus. Kebalikannya, jika tanah mempunyai interval kadar air daerah plastis yang besar disebut tanah gemuk. Batasan mengenai indeks plastis, sifat, macam tanah, dan kohesinya diberikan oleh Atterberg terdapat dalam tabel 3.1

Tabel 3.1 Nilai indeks plastisitas dan macam tanah

PI	Sifat	Macam tanah	Kohesi
0	Nonplastis	Pasir	Nonkohesif
< 7	Plastisitas rendah	Lanau	Kohesif sebagian
7 – 17	Plastisitas sedang	Lempung berlanau	Kohesif
>17	Plastisitas tinggi	Lempung	Kohesif

Sumber : Mektan 1, Hary christady,2002



Gambar 3.2 Variasi volume dan kadar air pada kedudukan batas cair, batas plastis dan batas susutnya

3.2 Penelitian Sifat Mekanis Tanah

3.2.1 Uji Proktor Standar

Pemadatan adalah suatu usaha untuk mempertinggi kerapatan tanah dengan pemakaian energi mekanik untuk menghasilkan pemampatan partikel. Proktor (1933) telah mengamati bahwa ada hubungan yang pasti antara kadar air dan berat volume

kering supaya tanah padat. Selanjutnya terdapat satu nilai kadar air optimum tertentu untuk mencapai nilai berat volume kering maksimumnya.

Derajat kepadatan tanah diukur dari berat volume keringnya. Hubungan berat volume kering (γ_d) dengan berat volume basah (γ_b) dan kadar airnya (w), dinyatakan:

$$\gamma_d = \frac{\gamma_b}{1 + w} \quad \dots\dots\dots (3. 8)$$

Dalam pengujian pemadatan, percobaan diulang paling sedikit 5 kali dengan kadar air tiap percobaan divariasikan. Selanjutnya, digambarkan sebuah grafik hubungan kadar air dan berat volume keringnya.

Kurva yang dihasilkan dari pengujian memperlihatkan nilai kadar air yang terbaik untuk mencapai berat volume kering terbesar atau kepadatan maksimum. Kadar air pada keadaan ini disebut kadar air optimum. Pada nilai kadar air yang rendah, untuk kebanyakan tanah, tanah cenderung bersifat kaku dan sulit dipadatkan. Setelah kadar air ditambah, tanah menjadi lebih lunak. Pada kadar air yang tinggi, berat volume kering berkurang. Bila seluruh udara didalam tanah dapat dipaksa keluar pada waktu pemadatan, tanah akan berada dalam kedudukan jenuh dan nilai berat volume kering akan menjadi maksimum.

3.2.2 Pengujian Triaksial Tipe UU

Pada pengujian Triaksial menggunakan tanah benda uji dengan diameter kira-kira 3,81 cm dan tinggi 7,62 cm. Benda uji dimasukkan dalam selubung karet tipis dan diletakkan kedalam tabung kaca. Biasanya, ruang didalam tabung diisi dengan air atau gliserin. Benda uji mendapat tegangan sel (σ_3), dengan jalan penerapan

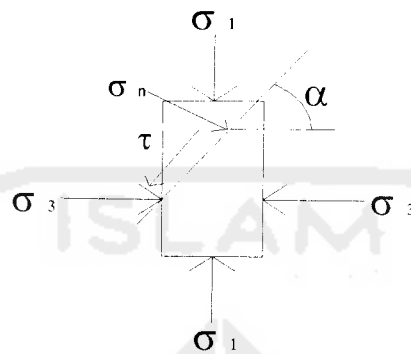
tekanan pada cairan didalam tabung plastikny. Udara kadang-kadang dapat digunakan sebagai media untuk penerapan tegangan selnya (tegangan kelilingnya). Alat penguji dihubungkan dengan pengatur drainasi kedalam maupun keluar dari benda uji. Untuk menghasilkan kegagalan geser pada benda ujinya, gaya aksial dikerjakan melalui bagian atas benda ujinya.

Tegangan σ_1 disebut tegangan utama mayor (*major principal stress*), tegangan σ_3 disebut tegangan utama minor (*minor principal stress*). Tegangan yang terjadi selisih σ_1 dan σ_3 disebut tegangan deviator (*deviator stress*) atau beda tegangan (*stress difference*). Regangan aksial diukur selama penerapan tegangan deviatornya. Untuk menentukan besarnya kuat geser tanah, tanah dengan kondisi kering maupun jenuh dapat digunakan. Jika katup drainasi dibiarkan terbuka selama penerapan tegangan sel maupun tegangan deviatornya, volume air yang mengalir keluar dari benda uji yang jenuh selama pengujian, akan memberikan nilai perubahan volume benda ujinya. Pada pengujian katup drainasi terbuka atau pengujian *drained* (dengan drainasi), tegangan total akan sama dengan tegangan efektifnya. Jadi tegangan utama mayor efektifnya $\sigma_1' = \sigma_1 = \sigma_3 + \Delta\sigma$, tegangan utama minor efektifnya $\sigma_3' = \sigma_3$.

Pada saat keruntuhan terjadi tegangan utama mayor efektif sama dengan $\sigma_3 + \Delta\sigma_f$ dimana $\Delta\sigma_f$ adalah tegangan tegangan deviator pada saat keruntuhan terjadi dan tegangan utama minor efektif adalah σ_3' .

Yang akan dilaksanakan nantinya pada pengujian laboratorium hanya dengan pengujian cara *unconsolidated-undrained*. Kondisi '*unconsolidated*' berarti pelaksanaan penggeseran dilakukan sebelum benda uji mengalami konsolidasi.

Kondisi '*undrained*' berarti selama penggeseran, air pori tanah tidak diberi kesempatan untuk mengalir keluar.



Gambar 3.3 Percobaan Triaksial Tipe UU

3.2.3 Pengujian Kuat Tekan Bebas

Pengujian Kuat Tekan Bebas bermaksud untuk menentukan besarnya sudut gesek dalam (ϕ), kohesi tanah (c) dan kuat tekan tanah. Kuat tekan bebas tanah adalah besarnya axial (kg/cm^2) yang diperlukan untuk menekan suatu silinder tanah sampai pecah atau besarnya tekanan yang memberikan pemendekan tanah hingga 20%, apabila tanah sampai pemendekan 20% tanah tersebut tidak pecah. Pengujian Kuat Tekan Bebas ini termasuk hal yang khusus dari pengujian triaksial *unconsolidated-undrained* (tanpa konsolidasi tanpa drainasi). Kondisi pembebanannya sama dengan yang terjadi pada pengujian triaksial, hanya tegangan selnya nol.

Pengujian Kuat Tekan Bebas ini hanya cocok terhadap jenis tanah lempung jenuh, dimana pada pembebanan cepat, air tidak sempat mengalir keluar dari benda ujinya. Tegangan aksial yang diterapkan berangsur ditambah sampai benda uji mengalami keruntuhan. Pada saat keruntuhannya, karena $\sigma_3 = 0$ maka:

$$\sigma_1 = \Delta\sigma_3 + \Delta\sigma_f = \Delta\sigma_f = q_u$$

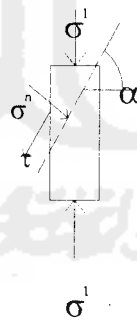
dengan q_u adalah kuat geser tanah pada pengujian Kuat tekan bebas. Secara teoritis, nilai dari $\Delta\sigma_f$ pada lempung jenuh seharusnya sama seperti yang diperoleh dari pengujian-pengujian triaksial *unconsolidated undrained* dengan benda uji yang sama.

Jadi,

$$s_u = c_u = q_u/2$$

(3. 9)

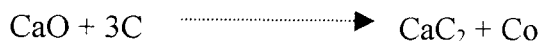
Dimana s_u atau c_u adalah kuat geser undrained tanah.



Gambar 3.4 Percobaan Kuat Tekan Bebas

3.3 Kapur Karbid

Kapur karbid dihasilkan dari reaksi kimia kalsium oksida (CaO) dengan unsur Karbon (C).



Kemudian apabila kapur karbid ini (CaC₂) dicampur dengan air akan menghasilkan gas asetilin (C₂H₂) dan kapur susu (Ca(OH)₂). Adapun reaksi kimianya adalah sbb:



(“Compressed Cias Association, 1970”)

Dari hasil reaksi kapur karbit yang menghasilkan kapur susu dimana rumus kimianya sama dengan kapur padam yang sudah populer digunakan, yaitu kapur padam berupa kawur (“*bulk*”) dengan rumus kimia Ca(OH)₂ (Dept. Perindustrian SII 0024, 1973).

Pada penelitian ini diambil kapur karbid yang berasal dari limbah hasil industri pabrik PT. Iga Murni Sejahtera.

3.4 Geotekstil

Geotekstil adalah suatu material geosintetik atau bahan yang berasal dari polymermer sintetik seperti polypropilen, polyetilen, nylon, polyvynil dari dua tahap:

1. Membentuk / membuat elemen-elemen garis seperti filament, serat (*fiber*) dan benang (*Yarn*) yang berasal dari bahan-bahan polymer seperti polypropylene dan polyetilen.

2. Elemen-elemen garis ini kemudian dikombinasikan menjadi suatu material bidang yang kemudian disebut kain / tenunan, melalui suatu proses pabrikasi yang memenuhi standar sesuai persyaratan yang telah ditentukan.

Dua tipe utama geotekstil secara konvensional adalah :

1. **Woven Geotekstil** yaitu suatu geotekstil yang dibentuk dari dua elemen garis yang saling tegak lurus dimana keduanya dijalin atau dianyam menjadi suatu struktur bidang.
2. **Non Woven Geotekstil** adalah Geotekstil yang dibentuk dari elemen-elemen segaris (Filamen / serat-serat) yang diatur secara mekanis melalui suatu proses kimia dan pengontrolan suhu.

Selain itu geotekstil juga memiliki struktur yang lebih kasar dibandingkan dengan geotekstil itu sendiri. Produk-produk tersebut antara lain :

1. **Geogrid** adalah produk yang dibuat dengan proses memanasi dan menarik suatu serat polymer pada suatu arah atau lebih.
2. **Produk Alternatif Geogrid** adalah produk yang dibuat dari benang yang dikombinasikan dalam dua arah yang saling tegak lurus untuk membentuk suatu jaring.
3. **Geotekstil Rajutan (*knitted Geotextile*)** adalah produk yang dibuat dengan merajut beberapa benang bersama-sama untuk membentuk suatu struktur bidang atau kain.

3.4.1 Fungsi Geotekstil

Penggunaan Geotekstil pada suatu konstruksi umumnya dirancang berdasarkan fungsinya yang berhubungan dengan sifat-sifat tertentu dari geotekstil, yaitu :

1. Lapisan pemisah (*separation*) dibutuhkan pada saat geotekstil diletakkan diantara dua jenis material yang berbeda. Kegunaannya untuk menghindarkan terjadinya kontaminasi dan pencampuran yang mungkin terjadi diantara kedua material tersebut. Contohnya pada penggunaan geotekstil di dalam konstruksi jalan untuk memisahkan agregat dengan lapisan tanah dasar yang mempunyai daya dukung yang lemah. Sifat geotekstil yang perlu diperhatikan pada kondisi tersebut adalah : kekuatan terhadap pukulan (*puncture strength*), kekuatan terhadap sobek (*breaking strength*), tahan pecah (*brust resistance*), dan tembus air (*water permeability*).
2. Lapisan penyaring (*filtration*) adalah kemampuan geotekstil untuk meloloskan air, tetapi menahan partikel tanah yang ikut terbawa aliran dari suatu sisi permukaan ke sisi lainnya. Dalam beberapa kasus geotekstil juga dibutuhkan untuk meloloskan aliran tanpa rintangan, seperti dalam keadaan dimana tekanan air pori yang berlebihan tidak diijinkan. Contoh penggunaan dapat dilihat pada geotekstil yang digunakan untuk membungkus agregat batu drainasi pada konstruksi drainasi jalan. Sifat geotekstil hasil dari rancangan berdasarkan fungsi tersebut adalah *permitivy* dan *Equivalent Opening Size (EOS)*.
3. Penyaluran air (*drainage*) pada saluran drainasi umumnya, terdapat butiran kasar dan halus yang mempunyai fungsi ganda, yaitu sebagai saringan dan sebagai saluran air . Biasanya masuknya tanah disekitar kedalaman saluran drainasi karena terbawa oleh air tanah yang menuju saluran air tersebut. Dengan kemampuan geotekstil yang tembus air dan mempunyai kemampuan

menyaring maka bahan ini sangat tepat untuk berfungsi sebagai *filter*, yaitu menahan butiran tanah yang terbawa oleh air agar tidak masuk ke saluran drainasi. Sedangkan untuk drainasi vertikal biasanya digunakan *geocomposite* yang terdiri dari geotekstil yang berfungsi sebagai *filter* dan rangka yang berfungsi sebagai saluran air. Sifat geotekstil hasil dari desain berdasarkan fungsinya adalah *transmissivity* dan harga ukuran bukaan *Equivalent Opening Size (EOS)*

4. Perkuatan tanah (*reinforcement*). Pada umumnya tanah tidak mampu menahan tegangan tarik. Jika dijumpai kondisi tersebut diatas, maka akan dibuat suatu konstruksi geoteknik yang biasanya cukup mahal. Sebagai contoh adalah pembuatan lereng yang sangat curam, jika lereng tersebut terbuat alami dengan nilai kohesi tinggi, mungkin konstruksi masih aman. Tetapi jika dibuat dengan tanah urugan, maka biasanya diperkuat dengan tembok dinding penahan tanah (*retraining wall*). Tembok penahan tanah dari pasangan batu akan membutuhkan dimensi yang relatif besar sehingga akan membutuhkan areal yang cukup luas, jika dibuat dengan beton bertulang, membutuhkan waktu yang lama, biaya yang mahal serta kecermatan penulangan. Dengan kemampuan geotekstil yang mampu menahan tarikan dan mampu menahan geser (karena gesekan tanah), maka bahan tersebut dapat digunakan sebagai perkuatan (penulangan) pada tanah. Sifat geotekstil hasil dari rancangan berdasarkan fungsi tersebut adalah kuat (*strength*), perpanjangan (*elongation*), tanah rangkak (*creep resistance*) dan modulus yang dibutuhkan.

5. Pelindung air (*moisture barrier*), terjadi bila bahan tersebut diletakkan di atas aspal yang lama sebelum dihamparkan aspal yang baru. Contoh penggunaannya adalah sebagai lapisan pemisah yang berfungsi untuk mencegah terjadinya retak refleksi (*reflection cracking*) pada lapisan ulang aspal (*overlay*).

3.4.2 Keuntungan penggunaan Geotekstil

Penggunaan Geotekstil sebagai Bahan pemisah (*separator*) antara material timbunan yang baik dengan tanah dasar yang jelek akan memberikan banyak keuntungan-keuntungan dibandingkan tanpa menggunakan geotekstil atau dengan menggunakan metode konvensional. Sebelum ditemukan geotekstil, awalnya untuk bahan pemisah digunakan anyaman bambu. Namun karena bambu merupakan bahan yang mudah lapuk dan pori-pori anyamannya tidak teratur maka hasil yang dicapai tidak maksimum. Hal ini akan sangat berbeda jika dibandingkan penggunaan geotekstil. Selanjutnya keuntungan-keuntungan penggunaan geotekstil sebagai perkuatan badan jalan dapat dibedakan berdasarkan aspek-aspek berikut :

1. Keuntungan dari Aspek teknis

Geotekstil terbuat dari bahan sintesis yang tahan terhadap air, bahan-bahan kimia tanah, bakteri pembusukan, maupun sinar ultraviolet. Mempunyai kekuatan tarik, kekuatan coblos, kekuatan robek yang bermacam-macam sehingga mudah disesuaikan dengan permasalahan yang ada.

2. Keuntungan dari Aspek pekerjaan

Geotekstil dikemas dalam bentuk rol dan siap digelar pada lokasi proyek tanpa harus melakukan penggalian terlebih dahulu dan dapat memanfaatkan

tanah setempat yang ada. Tidak diperlukan perakitan yang bermacam-macam, dan tidak memerlukan tenaga kerja serta peralatan kerja yang banyak.

3. Keuntungan dari Aspek waktu

Sebagai material perkuatan yang telah jadi, geotekstil siap diaplikasikan sesuai dengan permasalahan yang ada tanpa perlu persiapan yang bermacam-macam. Geotekstil dapat digelar pada areal yang kering maupun basah tidak tergantung cuaca. Dengan jaminan stok bahan yang selalu ada dan mudah dalam hal instalasi, maka secara keseluruhan pekerjaan pelapisan jalan dengan geotekstil jauh lebih cepat dibandingkan dengan metode lainnya.

5. Keuntungan dari Aspek biaya

Dengan kemudahan dan kecepatan waktu dalam pelaksanaan pekerjaan, dan harga geotekstil yang relative tidak mahal, serta umur jalan yang menjadi lebih lama, maka dari segi biaya penggunaan geotekstil sebagai pelapis akan sangat memberikan keuntungan dibanding tanpa diberi perkuatan geotekstil.