

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Gambaran Umum

Desain rehabilitasi embung adalah upaya meningkatkan kembali fungsi bangunan embung (*Oka,2007*). Dalam pekerjaan perencanaan rehabilitasi embung diperlukan bidang – bidang ilmu pengetahuan yang saling mendukung demi kesempurnaan hasil perencanaan. Bidang ilmu yang dimaksud yaitu geologi, hidrologi, hidrolika, dan mekanika tanah (*Subarkah, 1980*).

Fungsi utama dari Rehabilitasi adalah menyediakan air baku bagi masyarakat disekitaran embung tersebut. Oleh sebab itu embung yang direncanakan harus memenuhi beberapa kriteria sebagai berikut :

- 1) Mampu menampung air, sehingga tercipta suatu kolam air dengan volume dan lama masa tampungan yang optimal.
- 2) Konstruksi mudah di laksanakan
- 3) Biaya pembuatan konstruksi embung minimal.
- 4) Sedapat mungkin memanfaatkan sumber daya yang terdapat di sekitaran lokasi embung.

Untuk dapat memenuhi kriteria-kriteria fungsi embung yang disebutkan diatas, maka diperlukan pengenalan yang akurat berbagai komponen pendukung embung yang merupakan fungsi dari keberlanjutan sistem embung. Sistem pendukung embung mencakup tiga komponen yang berpengaruh besar terhadap keberlanjutan fungsi embung. Tiga komponen tersebut meliputi kondisi dari kolam embung, kondisi dari lahan tangkapan hujan di sekeliling embung, dan kondisi penduduk disekitar embung. Pengenalan yang akurat akan ketiga faktor penentu yang sangat berpengaruh terhadap keberadaan embung akan sangat bermanfaat bagi keberhasilan Rehabilitasi embung.

Pada uraian ini juga akan dibicarakan mengenai pengertian embung, fungsi embung, tujuan embung, dan manfaat embung. Untuk itu, akan di perjelas pada uraian dibawa ini

2.1.1. Pengertian Embung

Embung adalah bangunan yang berfungsi menampung air hujan untuk persediaan suatu desa di musim kering. Selama musim kering, air akan di manfaatkan suatu desa untuk memenuhi kebutuhan penduduk, ternak, dan untuk sawah atau kebun. Di musim hujan, embung tidak beroperasi karena air diluar embung cukup banyak untuk memenuhi ketiga kebutuhan di atas. Oleh karena itu, pada setiap akhir musim hujan, sangat di harapkan kolam embung dapat terisi penuh air sesuai dengan desain (*Kasiro dkk, 1994*). Berdasarkan lama embung menampung air, diklasifikasikan menjadi embung dengan tampungan sebentar (Kemampuan menyimpan air antara 3 – 5 bulan), dan embung dengan penampungan panjang atau lestari (kemampuan menyimpan air antara 6 – 8 bulan).

Untuk menjamin fungsi dan keamanan, desain rencana pengembangan embung mempunyai beberapa bagian yang perlu di pertimbangkan meliputi hal - hal seperti berikut ini :

- 1) Tubuh embung berfungsi untuk menutup lembah atau cekungan, sehingga air dapat tertampung di sebelah hulunya.
- 2) Kolam embung berfungsi untuk menampung air hujan yang masuk
- 3) Bangunan sadap berfungsi untuk mengeluarkan air di kolam bila di perlukan.
- 4) Bangunan pelimpah berfungsi untuk mengalirkan air banjir dari kolam ke lembah dan untuk mengamankan tubuh embung terhadap peluapan.
- 5) Kolam jebakan air berfungsi untuk menangkap air yang tersisa pada musim kemarau agar air terkumpul pada kolam embung.
- 6) Kolam jebakan lumpur digunakan untuk menangkap sedimentasi yang masuk ke kolam embung, agar efektifitas embung tetap terjaga.
- 7) Jaringan irigasi atau distribusi dapat berupa rangkaian saluran terbuka atau pipa yang berfungsi membawa air dari kolam embung ke daerah irigasi atau ke bak penampung air harian yang terletak dekat pemukiman (bila hal ini memungkinkan) secara grafitasi dan bertekanan dengan cara pemberian air tidak kontinyu.



Gambar 2.1. Gambaran Umum Embung

Sumber : Kasiro, dkk (1994)

2.1.2. Fungsi Embung

Fungsi utama dari suatu embung adalah menyediakan air baku bagi masyarakat yang membutuhkan di sekitar lokasi embung tersebut. Oleh sebab itu, embung yang harus di buat atau di rencanakan harus memenuhi beberapa kriteria antara lain sebagai berikut :

- 1) Mampu menampung air, sehingga tercapai suatu kolam air dengan volume dan lama masa tampungan yang optimal.
- 2) Konstruksi mudah di laksanakan, artinya proses pengerjaan embung tidak menemui kesulitan – kesulitan yang berarti di lapangan agar dapat terlaksana dengan baik.
- 3) Biaya pembuatan konstruksi embung minimal artinya dari tahap perencanaan sampai proses pengerjaan selesai tidak mengeluarkan biaya yang terlalu besar sehingga pelaksanaan berjalan dengan lancar.
- 4) Sedapat mungkin memanfaatkan sumber biaya yang terdapat disekitar lokasi embung.

2.1.3. Tujuan Embung

Tujuan dari pembuatan embung antara lain adalah sebagai berikut :

- a) Menyediakan air untuk pengairan tanaman di musim kemarau.
- b) Meningkatkan produktifitas lahan, masa pola tanam, dan pendapatan petani dilahan tadah hujan.
- c) Mengaktifkan tenaga kerja petani pada musim kemarau sehingga mengurangi urbanisasi dari desa ke kota.
- d) Mencegah atau mengurangi luapan air di musim hujan dan menekan resiko banjir.

2.1.4. Manfaat Embung

Adapun manfaat dari pembuatan embung antara lain :

- a) Untuk mengairi tanaman padi pada periaode kritis air, yaitu pada fase primordia (bunting), pembuangan, dan pengisian gabah. Air di salurkan ke petak tanaman menggunakan selang plastik hingga kondisi tanah jenuh air.
- b) Untuk mengairi tanaman palawija dan sayuran seperti jagung, kacang hijau, kacang tanah, ubi jalar, dan bawang merah.
- c) Tempat pelihara ikan mujair, gurami, tawes, dan lele.
- d) Menyediakan minuman bagi ternak
- e) Dapat meningkatkan muka air tanah
- f) Tanggul embung dapat di gunakan untuk menanam rumput gajah, setaria, dan rumput raja yang berguna bagi ternak, penutup tanah, penguat teras atau penahan erosi.

2.2. Geoteknik Embung Kecil

2.2.1. Umum

Penyelidikan geoteknik dapat dilakukan secara sederhana, misalnya dengan melakukan pemboran tanah, pembuatan sumur uji atau parit uji, sesuai kebutuhan dengan memperhatikan hal-hal sebagai berikut :

- a) Penyelidikan geoteknik bertujuan untuk menilai karakteristik pondasi, bahan bangunan kolam (*quary*) dan dinding kolam embung.
- b) Jika daerah embung berupa tanah maka harus dilakukan pengambilan sampel dan diuji di laboratorium. Pengujian yang harus dilakukan mencakup kadar air asli (bila lempung), distribusi butir, batas konsistensi atterberk dan pemadatan proctor.
- c) Jika daerah embung berupa batu maka perlu pengamatan struktur batuan untuk menilai sifat lurus air dan stabilitasnya bila digali.
- d) Penyelidikan geoteknik secara rinci dapat mengacu pada :
 - 1) Pd T-03.1- 2005-A, Pedoman penyelidikan geoteknik untuk fondasi bangunan air
 - 2) Pd T-03.2-2005-A, Pedoman penyelidikan geoteknik untuk fondasi bangunan air

Penyelidikan geoteknik tersebut bertujuan untuk membuat desain pondasi embung, bahan bangunan, dan kolam embung.

2.2.2. Pondasi Bangunan

Pondasi bangunan dibagi menjadi dua kelompok besar yaitu :

1) Batu

Batu adalah semua bahan kulit bumi yang tersemen dan sudah terkonsolidasi. Jenis batu dapat berupa batuan beku, batuan sedimen atau batuan malihan. Batu pada umumnya stabil jika digunakan untuk fondasi, kecuali bila terdapat struktur yang rentan terhadap pergerakan. Struktur adalah bidang diskontinuitas atau batuan hancur yang arah dan kemiringannya tidak menguntungkan. Fondasi batu dapat mendukung tubuh embung yang dibuat dari urugan tanah, pasangan batu, atau beton.

2) Tanah

Tanah adalah bahan kulit bumi yang belum terkonsolidasi. Tanah dibagi dua kelompok besar yaitu :

- a) Tanah berkohesi atau berbutir halus misalnya lempung.
- b) Tanah tak berkohesi atau butiran kasar misalnya pasir

Sifat umum tanah adalah akan mengalami konsolidasi jika mendapat beban, tetapi jika proses konsolidasi tidak seragam maka akan menimbulkan retak pada bangunan yang ada di atasnya. Tanah juga mempunyai kuat geser rendah, sehingga bangunan di atasnya berpotensi untuk rusak karena longsor. Bangunan yang cocok untuk pondasi tanah adalah tipe urugan. Jika lapisan tanah tidak terlalu tebal, sebaiknya lapisan tanah tersebut digali habis sampai dengan lapisan batu.

2.2.3. Bahan Bangunan

Tubuh embung bisa berupa urugan, pasangan batu atau beton, tergantung bahan bangunan yang tersedia di tempat. Bahan bangunan tanah dapat dibagi dalam tiga jenis sebagai berikut :

a) Tanah berkohesi (lempung)

Bahan ini bisa di dapat sedemikian rupa sehingga permeabilitasnya cukup rendah. Lempung merupakan hasil pelapukan batuan yang ada di permukaan tanah. Ketebalannya bervariasi dari beberapa sentimeter sampai beberapa meter. Lempung dapat di gali dari kolam tanpa menimbulkan efek negatif, tetapi jika lapisan tersebut terlalu tipis maka penggalian akan menyebabkan batuan dasar tersingkap dan bisa meningkatkan infiltrasi (kehilangan) air kolam. Lempung

sangat cocok untuk urugan homogen tubuh embung, inti kedap air, dan selimut (*blanket*) kedap air di dasar dan dinding kolam.

b) Tanah tak berkohesi (lanau, pasir halus hingga kasar)

Tanah jenis ini mudah di dapat tetapi bersifat sangat lulus air dan mudah mengalami erosi, sehingga di sarankan untuk digunakan sebagai urugan “filter” dan “*backfill*”.

c) Pecahan Batu

Pecahan batu adalah batu keras yang di pecah - pecah akibat proses alami atau perbuatan manusia sehingga mudah di pakai sebagai bahan bangunan. Pecahan batu bisa di gunakan sebagai bahan urugan, pasangan batu, dan beton untuk tubuh embung. Bangunan ini bersifat kaku sehingga fondasinya harus mantap, yaitu fondasi batu. Pecahan batu bisa di pakai sebagai bahan urugan asal dilengkapi dengan tirai atau zona kedap air. Bongkah yang diameternya melebihi 50 cm biasanya harus di pecah agar mudah dikerjakan.

Pecahan batu – batuan diambil dari singkapan - singkapan batuan. Pengambil dan pemecah bisa dilakukan dengan tenaga manusia bila batuannya banyak mengandung retakan. Jika batuannya masih perlu digunakan alat berat atau bahan peledak.

2.3. Tanah

2.3.1. Definisi Tanah

Pembentukan tanah yang utama berasal dari pelapukan batuan-batuan yang mempunyai ukuran butir yang besar dan melebihi diameter 30 milimeter (mm) sampai puluhan meter (m). Batuan tersebut akan hancur dan menjadi diameter yang kecil dan bahkan halus dikarenakan beberapa faktor antara lain, cuaca, organisme (Vegetasi, Jasad Renik / Mikroorganisme), bahan induk, topografi, dan waktu.

Tanah dalam pandangan teknik sipil dapat didefinisikan sebagai sisa atau produk yang dibawah dari pelapukan batuan dalam proses geologi yang dapat digali tanpa peledakan dan dapat ditembus dengan peralatan pengambilan contoh (*sampling*) pada saat pemboran (*Hendarsin,2000*). Selain itu, tanah juga didefinisikan sebagai material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral - mineral padat tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan dari bahan organik yang telah melapuk (yang berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong diantara partikel padat tersebut (*Das,1995*). Menurut *Bowles*, tanah adalah campuran partikel – partikel yang terdiri dari salah satu atau seluruh jenis berikut :

- a) Berangkal (*boulders*), merupakan potongan batu yang besar, biasanya lebih besar dari 250 mm sampai 300 mm. Untuk kisaran antara 150 mm sampai 250 mm, fragmen batuan ini disebut kerakal (*cobbles*).
- b) Kerikil (*gravel*), partikel batuan yang berukuran 5 mm sampai 150 mm.
- c) Pasir (*sand*), partikel batuan yang berukuran 0,074 mm sampai 5 mm, berkisar dari kasar (3 – 5 mm) sampai halus (kurang dari 1 mm)
- d) Lanau (*silt*), partikel batuan berukuran dari 0,002 mm sampai 0,074 mm.
- e) Lempung (*Clay*), partikel mineral yang berukuran lebih kecil dari 0,002 mm. Partikel – partikel ini merupakan sumber utama dari kohesi pada tanah yang kehesif.

2.3.2. Klasifikasi Tanah

Klasifikasi tanah adalah suatu sistem pengaturan beberapa jenis tanah yang berbeda-beda tetapi mempunyai sifat yang serupa kedalam kelompok-kelompok dan subkelompok-subkelompok berdasarkan pemakaiannya (*Das,1995*). Sistem klasifikasi tanah dimaksudkan untuk menentukan dan mengidentifikasi tanah dengan sistem guna menentukan kesesuaian terhadap pemakaian tertentu dan juga berguna untuk menyampaikan informasi mengenai kondisi tanah dari suatu daerah ke daerah lain dalam bentuk suatu data dasar. Klasifikasi tanah juga berfungsi untuk studi yang lebih terperinci mengenai keadaan tanah tersebut serta kebutuhan akan pengujian untuk menentukan sifat teknis.

Sistem Klasifikasi tanah digunakan untuk mengelompokkan tanah-tanah sesuai dengan perilaku umum dari tanah pada kondisi fisis tertentu. Tanah-tanah yang dikelompokkan dalam urutan berdasarkan suatu kondisi-kondisi fisis tertentu bisa saja mempunyai urutan yang tidak sama jika berdasarkan pada kondisi - kondisi fisis yang lainnya (*Dunn,1992*). Kebanyakan klasifikasi tanah menggunakan indeks pengujian yang sangat sederhana untuk memperoleh karakteristik tanahnya. Umumnya klasifikasi didasarkan atas ukuran partikel yang diperoleh dari analisis saringan (percobaan sedimentasi) dan plastisitasnya (*Hardiyatmo, 2002*)

Sistem Klasifikasi tanah yang umum digunakan dalam perencanaan Banguna air adalah *Sistem Unifed (Unified Soil Classification / USCS)*. Dalam USCS, suatu tanah diklasifikasikan kedalam dua kategori utama yaitu :

- a) Tanah berbutir kasar (*coarse-grained soil*) yaitu tanah kerikil dan pasir yang kurang dari 50 % berat total contoh tanah berat saringan No. 200. Simbol untuk

kelompok ini adalah G untuk tanah berkelikil dan S untuk tanah berpasir. Selain itu juga dinyatakan gradasi tanah dengan simbol W untuk tanah bergradasi baik dan P untuk tanah bergradasi buruk.

- b) Tanah berbutir halus (*fine-grained soil*) yaitu tanah yang lebih dari 50 % berat contoh tanahnya lolos dari saringan No. 200. Simbol kelompok ini adalah C untuk lempung anorganik dan O untuk lanau organik. Simbol Pt digunakan untuk gambut (*peat*), dan tanah dengan kandungan organik tinggi. Plastisitas dinyatakan dengan L untuk plastisitas rendah dan H untuk plastisitas tinggi.

Menurut Bowles, 1991 Kolompok-kelompok tanah utama sistem klasifikasi Unified dapat dilihat pada tabel 2.1. berikut ini :

Tabel 2.1. Sistem Klasifikasi Tanah Unified

Jenis Tanah	Prefiks	Sub Kelompok	Sifiks
Kerikil	G	Gradasi Baik	W
		Gradasi Buruk	P
Pasir	S	Berlanau	M
		Berlempung	C
Lanau	M		
Lempung	C	WL < 50 %	L
Organik	O	WL > 50 %	H
Gambut	Pt		

Sumber : Bowles, 1991

Keterangan :

- G = Untuk kerikil (*Gravel*) atau tanah berkerikil (*Gravelly Soil*)
- S = Untuk pasir (*sand*) atau tanah berpasir (*Sandy Soil*)
- M = Untuk lanau inorganik (*Inorganic Silt*)
- C = Untuk lempung inorganik (*inorganic clay*)
- O = Untuk lanau dan lempung organik
- Pt = Untuk gambut (*peat*) dan tanah dengan kandungan organik tinggi
- W = Untuk gradasi baik (*well graded*)
- P = Gradasi buruk (*poorly graded*)
- L = Plastisitas rendah (*low pasticity*)

Tabel 2.2. Klasifikasi Tanah Berdasarkan Sistem *Unified*

Pembagian Utama			Sistem Kelompok	Nama Tipe
Tanah berbutir kasar lebih dari 50 % tidak lolos / tertahan saringan No .200	Kerikil 50 % atau lebih fraksi kasar tidak lolos saringan no. 4	Kerikil Bersih	GW	kerikil bergradasi baik, campuran kerikil-pasir, dengan sedikit atau tanpa bahan halus
			GP	Kerikil bergradasi jelek, campuran kerikil-pasir, dengan sedikit atau tanpa bahan halus
			GM	kerikil lanaua, bercampur kerikil-pasir-lanau yang agak kasar
			GC	Kerikil lempung, campuran kerikil-pasir -lempung yang agak kasar
			SW	Pasir bergradasi baik, pasir kerikil, dengan sedikit atau tanpa bahan halus
	Pasir lebih 50 % dari fraksi kasar lolos saringan No. 4		SP	Pasir bergradasi jelek, pasir kerikil, dengan sedikit atau tanpa bahan halus
			SM	Pasir lanau, campuran pasir-lanau
			SC	Kerikil kelempungan, campuran pasir-lempung yang agak kasar
			ML	lanau inorganik dan pasir, batu berdebu yang amat halus atau kerikil lumpuran halus, plastisitas rendah
Tanah berbutir halus 50 % atau lebih lolos saringan No. 200	Batas cair 50 % atau kurang		CL	Lempung inorganik dengan palstisitas rendah-sedang, lempung lanau, pasiran, kerikil, dan lempung kurus
			OL	Lanau organik dan lempung lanauan dengan plastisistas rendah
			HH	Lanau inorganik, pasi halus atau lanau bermika, lanau elestis
	Batas cair lebih dari 50 %		CH	Lempung inorganik dengan plastisitas tinggi, lempung gemuk
			OH	Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi
			Tanah organik tinggi	

Sumber : Kasiro, dkk, 1997.

2.3.3. Sifat Teknik Tanah

Sifat teknik tanah bertujuan untuk memperoleh permeabilitas. Permeabilitas dipengaruhi oleh ukuran butiran dan volume pori-pori tanah. Permeabilitas akan semakin besar pada butiran berukuran besar, begitu pula sebaliknya dan juga akan berkurang jika dipadatkan. Tingkat permeabilitas atau biasa disebut koefisien permeabilitas atau filtrasi bisa ditampilkan dalam satuan cm/det. Koefisien permeabilitas dapat diperoleh dari uji di lapangan dan di laboratorium. Di laboratorium uji dapat dilakukan untuk contoh tanah tidak terganggu. Untuk tanah kasar, cocok di ukur dengan uji tinggi tekanan tetap (*constant head*), untuk tanah berbutir halus di ukur dengan uji tinggi tekanan jatuh (*falling head*). Uji dilakukan dengan mengacu pada prinsip rumus Darcy sebagai berikut :

$$Q = K i A \dots\dots\dots(2.0)$$

Dimana :

Q = debit yang mengalir melalui suatu penampang persatuan waktu (cm^3/dt).

K = Koefisien filtrasi (cm/det), menunjukkan tingkat permeabilitas bahan tanah.

i = gradien hidrolik

A = penampang lintang (cm^2)

2.3.4. Koefisien Permeabilitas

Hukum Darcy menunjukkan bahwa permeabilitas tanah di tentukan oleh Koefisien permeabilitas. Koefisien permeabilitas tanah tergantung pada beberapa faktor yaitu :

- 1) Viskositas cairan, semakin tinggi viskositasnya, koefisien permeabilitas tanahnya semakin kecil.
- 2) Distribusi ukuran pori, semakin merata distribusi ukuran porinya, koefisien permeabilitasnya cenderung semakin kecil.
- 3) Distribusi ukuran butir, semakin merata distribusi ukuran butirnya, koefisien permeabilitasnya cenderung semakin kecil.
- 4) Rasio kekosongan (*void*), semakin besar rasio kekosongannya, koefisien permeabilitas tanah akan semakin tinggi.
- 5) Semakin besar partikel mineralnya, semakin kasar partikel mineralnya, koefisien permeabilitas tanah akan semakin tinggi.
- 6) Derajat kejenuhan tanah. Semakin jenuh tanahnya, koefisien permeabilitas tanahnya akan semakin tinggi. Beberapa harga koefisien permeabilitas tanah diberikan pada tabel berikut :

Tabel 2.3. Nilai k untuk beberapa jenis tanah

Jenis Tanah	k (cm/det)
Pasir mengandung Lempung	0,01 - 0,05
Pasir Halus	0,05 - 0,002
Pasir Kelanauan	0,002 - 0,0005
Lanau	0,0005 - 0,00005
Lempung	0,00005 - 0,000000005

Sumber : Das, 2010

Tabel 2.4. Permeabilitas Berdasarkan Klasifikasi Tanah

Jenis Tanah	Keterangan	USC	Permeabilitas,m/s
Kerikil	Baik	GW	$10^{-3} - 10^{-1}$
	Buruk	GP	$10^{-2} - 10$
	Berlumpur	GM	$10^{-7} - 10^{-5}$
	Liat	GC	$10^{-8} - 10^{-6}$
Pasir	Baik	SW	$10^{-5} - 10^{-3}$
	Buruk	SP	$10^{-4} - 10^2$
	Berlumpur	SM	$10^{-7} - 10^{-5}$
	Liat	SC	$10^{-8} - 10^{-6}$
Lanau anorganik	Plastisitas Rendah	ML	$10^{-9} - 10^7$
	Plastisitas Tinggi	MH	$10^{-9} - 10^7$
Lempung anorganik	Plastisitas rendah	CL	$10^{-9} - 10^7$
	Plastisitas tinggi	CH	$10^{-10} - 10^{-8}$
Organik	Lanau atau Lempung plastisitas	OL	$10^{-8} - 10^6$
	Lanau atau Lempung plastisitas	OH	$10^{-7} - 10^{-5}$
Tanah Gambut	Tanah sangat organik	Pt	$10^{-6} - 10^4$

Sumber : Burt G. Look, 2007

Pada penelitian ini, untuk memperoleh nilai koefisien permeabilitas dilakukan dengan cara pengambilan sampel di lapangan dengan menggunakan tabung contoh dan di uji di laboratorium

2.4. Penyelidikan Mekanika Tanah

Penyelidikan mekanika tanah dilakukan bertujuan untuk memperoleh karakteristik dan sifat-sifat dari sampel tanah pada Embung Faut Fane. Lingkup dan jenis kegiatan penyelidikan mekanika tanah :

1. Metode pengambilan Sempel
2. Pengujian karakteristik bahan tanah di Laboratorium

2.4.1. Metode Pengambilan Sample

a) Pembuatan Sumur Uji (*test pit*)

Pembuatan tes pit dari *Trench* untuk mendapatkan data yang lebih detail. Jumlah total sumur uji dalam penelitian ini adalah 3 titik. Ukuran sumur uji 10 cm x 30 cm dengan kedalaman 10 cm - 40 cm disesuaikan dengan keadaan lapisan tanah.

Pekerjaan sumur uji atau test pit ini gunanya untuk mengetahui jenis dan ketebalan lapisan di bawah top soil dengan lebih jelas, baik lokasi tersebut untuk pondasi kolam bangunan maupun untuk jenis-jenis bahan timbunan pada daerah borrow areanya. Dengan demikian dapat lebih positif dalam menguraikan jenis lapisan dan ketebalannya. Pada saat pelaksanaan tersebut juga perlu dicatat uraian-uraian jenis dan warna tanah disertai foto dari atas dan foto dari samping, juga harus di catat elevasi ketinggian lokasi tersebut. Stratigrafi hasil sumur uji digambarkan dalam tes pit log.

Pengujian sumur uji ini dihentikan apabila :

1. Telah di jumpai lapisan keras dan diperkirakan benar-benar keras pada sekeliling lokasi tersebut.
2. Bila di jumpai rembesan air tanah yang cukup besar sehingga sulit untuk di atasi.
3. Bila dinding galian mudah runtuh, sehingga pembuatan galian mengalami kesulitan, tapi diusahakan terlebih dahulu dengan membuat papan-papan penahan dinding galian.

b. Pengambilan Contoh Tanah

Metode pengambilan contoh untuk pekerjaan pemboran dilaksanakan untuk saluran kedalaman yang di mintakan dengan memakai "*couble tube barrel*". Dalam pelaksanaan pemboran ini diwajibkan memakai buku catatan harian lapangan mengenai kemajuan pemboran. Untuk mengadakan penelitian tanah di laboratorium, pengambilan contoh tanah sangat penting sekali, selain untuk mengetahui sifat dan jenis tanahnya, juga untuk perkiraan elevasi hasil penelitian tanahnya, sehingga pengambilan contoh tanah ini mutlak harus di lakukan.

Pengambilan contoh tanah asli (*undisturbed sample*), perlu perhatian khusus agar data parameter dan sifat-sifat tanah masih dapat di gunakan. Pada saat pengambilan, pengangkutan dan penyimpanan contoh-contoh tanah ini, diperhatikan agar struktur tanah tidak terlalu terganggu atau berubah, sehingga mendekati keadaan yang sama dengan keadaan lapangan. Sebelum pengambilan contoh tanah dilakukan, dinding tabung sebelah dalam diberi pelumas (oli) agar gangguan terhadap contoh tanah dapat diperkecil, terutama pada waktu mengeluarkan contoh tanah ini. Agar kadar asli contoh tanah ini tidak terlalu berubah, maka kedua ujung tabung ini perlu diberi atau ditutup dengan parafin yang cukup tebal dan tabung tersebut di beri simbol lokasi dan kedalaman dari contoh tanah tersebut. Pada saat pengambilan contoh tanah ini diusahakan dengan

memberikan tekanan sentris sehingga struktur tanahnya yang berbeda, atau pada kedalaman tertentu tidak berubah. Pada waktu pengangkatan dan penyimpanan tabung sampel, perlu diperhatikan agar terhindar dari suhu yang cukup panas.

Pengambilan contoh tanah terganggu (*disturbed sample*), merupakan pengambilan contoh tanah tidak asli, dapat diperoleh dari pembuatan sumur uji atau test pit atau Trench (Paritan Uji). Pengambilan contoh tanah ini dilakukan apabila :

1. Masing-masing lapisan tanah cukup tebal maka harus diambil masing-masing lapisan dengan pengambilan vertikal.
2. Bila lapisan-lapisan 0,5 meter, maka contoh tanah tersebut diambil secara keseluruhan dengan pengambilan vertikal. Contoh-contoh ini akan dikenakan percobaan tanah di laboratorium dengan cara proktor. Untuk pengukuran kadar air asli dengan menggunakan tabung PVC yang selanjutnya ditutup dengan parafin. Dari hasil masing-masing karung dan tabung PVC dicatat dengan simbol dan kedalaman dimana sampel diambil. Penyimpanan contoh-contoh hasil pengeboran harus dimasukkan ke dalam kantong plastik dan ditempatkan dalam peti kayu serta disusun sesuai dengan kedalaman pengambilan. Diwajibkan untuk menyimpan contoh, minimal untuk waktu 21 hari.

2.4.2. Pengujian Karakteristik Bahan Tanah di Laboratorium

Dari hasil pengambilan sample tanah pada lokasi Embung, selanjutnya melakukan penyelidikan mekanika tanah di laboratorium untuk beberapa pengujian sehingga dapat memperoleh parameter dan sifat-sifat tanah. Pengujian tersebut dilakukan di Laboratorium Program Studi Teknik Sipil Universitas Katolik Wadaya Mandira Kupang, meliputi :

- 1) Pengujian Kadar air (*Water Content*)
- 2) Pengujian Berat jenis
- 3) Pengujian Berat Isi
- 4) Pengujian batas-batas Atterberg yaitu Batas susut, Batas Plastis, dan Batas Cair.
- 5) Analisis Saringan
- 6) Analisis Hidrometer
- 7) Pengujian Permeabilitas

Berikut ini merupakan penjelasan dari setiap pengujian :

1. Pengujian Kadar Air (*Water Content*)

Kadar air (*w*) adalah masa air yang dapat dihilangkan dari partikel tanah dengan dipanaskan dalam oven pada suhu 105 ° C - 110 ° C, dan dinyatakan dalam presentase masa kering. Berikut ini merupakan prosedur analisis uji Kadar air :

- a) Menghitung berat tanah basah, dengan cara :

$$W = W_2 - W_1 \text{ (gr)} \quad \dots\dots\dots(2.1)$$

- b) Menghitung berat tanah kering, dengan cara :

$$W_s = W_3 - W_1 \text{ (gr)} \quad \dots\dots\dots(2.2)$$

- c) Menghitung berat air dengan cara :

$$W_w = W - W_s \text{ (gr)} \quad \dots\dots\dots(2.3)$$

- d) Menghitung kadar air dari setiap sample dengan rumus :

$$W = \frac{W_w}{W_s} \times 100 \% \quad \dots\dots\dots(2.4)$$

- e) Menghitung kadar air rata – rata

Dimana :

$$W_1 = \text{Berat Container}$$

$$W_2 = \text{Berat tanah basah + Container}$$

$$W_3 = \text{Berat tanah kering + Container}$$

$$W = \text{Kadar air (\%)}$$

$$W_w = \text{Berat air yang dihilangkan (gr)}$$

$$W_s = \text{berat butir tanah solid kering (gr)}$$

Tabel 2.5. Pengujian Kadar Air

No. Uji	I		
	1	2	3
No. Container			
Berat container, W_1 (g)			
Berat tanah basah + container, W_2 (g)			
Berat tanah kering + container, W_3 (g)			
Berat tanah basah, $W = W_2 - W_1$ (g)			
Berat tanah kering, $W_s = W_3 - W_1$ (g)			
Berat air, $W_w = W - W_s$			
Kadar air, $w = (W_w/W_s) \times 100\%$			
Kadar air rata-rata, w (%)			

Sumber : Praktikum Mekanika Tanah UNPAR, 2019

2. Pengujian Berat Jenis

Berat jenis (*specific gravity*) adalah rasio berat isi tertentu pada suhu tertentu terhadap masa air terdestilasi yang mempunyai volume dan suhu yang sama. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk menentukan berat jenis tanah (G_s). Berikut ini merupakan prosedur analisis Berat Jenis

- a) Menghitung berat tanah kering dengan cara :

$$M_o = M_{fo} - M_f \text{ (gr)} \quad \dots\dots\dots(2.5)$$

- b) Menghitung berat jenis pada setiap suhu dengan cara :

$$G_s \text{ Pada } T_b = \frac{M_o}{M_o + (M_{ab} - M_b)} \quad \dots\dots\dots(2.6)$$

- c) Menghitung berat jenis rata-rata

Dimana :

G_s = Berat jenis tanah (gr)

M_o = Berat tanah kering (gr)

M_f = Berat piknometer

M_{fo} = Berat piknometer + tanah kering (gr)

M_{ab} = berat piknometer + air (gr)

M_b = Berat piknometer + larutan tanah (gr)

Tabel 2.6. Pengujian Berat Jenis

BERAT JENIS		
Suhu, Tc (°C)		
Berat Piknometer, Mf (gr)		
Berat piknometer + tanah kering Mfo (gr)		
Berat Piknometer + Larutan tanah Mb (gr)		
Berat tanah kering ,Mo = Mfo - Mf (gr)		
Berat Piknometer + air, Mab (gr)		
Gs pada Tb = Mo / Mo + (Mab - Mb)		
Factor kohesi, K		
Gs pada 20 °C = K x Gs pada Tb		
Gs rata - rata		

Sumber : Panduan Praktikum Mekanika Tanah,2014

3. Berat Isi

Berat isi (γ) adalah berat tanah per satuan volume. Percobaan ini untuk mengukur berat isi tanah dengan menggunakan uji ring gamma. Maksud dari pengujian ini untuk mengukur sifat fisik tanah. Tujuannya sebagai bagian dari klasifikasi tanah. Berikut ini merupakan prosedur analisis Berat Isi :

- a) Berat tanah basah

$$W = W_2 - W_1 \quad \dots\dots\dots(2.7)$$

- b) Berat tanah kering

$$W_s = W_3 - W_1 \quad \dots\dots\dots(2.8)$$

- c) Berat air

$$W_w = W - W_s \quad \dots\dots\dots(2.9)$$

- d) Kadar air

$$w = \frac{W_w}{W_s} \times 100 \% \quad \dots\dots\dots(2.10)$$

- e) Berat isi tanah basah

$$\gamma = \frac{W}{V} \quad \dots\dots\dots(2.11)$$

f) Berat isi tanah kering

$$\gamma_d = \frac{\gamma}{1 + w} \quad \dots\dots\dots(2.12)$$

Dimana :

V = Volume contoh tanah

Vs = Volume butir

Gs = Spesific gravity

Vv = Volume pori

Ws = Berat tanah kering

γ_w = berat isi air

γ = berat isi tanah

W₁ = Berat ring

W₂ = Berat tanah basah + ring

W = Berat tanah basah

Tabel 2.7. Pengujian Berat Isi

No. Ring	I
Tinggi ring, t (cm)	
Diameter ring, d (cm)	
Volume ring, V (cm ³)	
Berat Ring, W ₁ (gr)	
Berat tanah basah + ring, W ₂ (gr)	
Berat tanah kering + ring, W ₃ (gr)	
Berat tanah basah, W = W ₂ -W ₁ (gr)	
Berat tanah kering, W _s = W ₃ -W ₁ (gr)	
Berat Air, W _w = W-W _s	
Kadar Air, w = (W _w /W _s) X 100%	
Berat isi tanah basah, $\gamma = W/V$ (gr/cm ³)	
Berat isi tanah kering, $\gamma_d = \gamma/(1+w)$	

Sumber : Praktikum Mekanika Tanah UNPAR, 2019

4. Pengujian Batas- Batas Atterberg

Maksud dari uji batas-batas atterberg adalah untuk menentukan angka-angka konsistensi Atterberg Yaitu :

- a) Batas Cair (*Liquid Limit, WL*)
- b) Batas Plastis (*Plastic Limit, Wp*)
- c) Batas susut (*Shrinkage Limit, Ws*)

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk klasifikasi tanah butir halus.

a) Pengujian Batas Cair (*Liquid Limit*)

Batas cair (WL) adalah kadar air tertentu dimana perilaku berubah dari kondisi plastis ke cair. Pada kadar air tersebut, tanah mempunyai kuat geser yang terendah. Berikut ini merupakan prosedur analisis Batas Cair :

1) Mencari berat tanah basah $W_4 = W_2 - W_1$ (2.13)

2) Mencari berat tanah kering $W_5 = W_3 - W_1$ (2.14)

3) Berat air $W_6 = W_4 - W_5$ (2.15)

4) Kadar Air $w = \left(\frac{W_6}{W_5} \right) \times 100$ (2.16)

5) Batas Cair (WL) $= w \times \left(\frac{N}{25} \right) \times 0,121$ (2.17)

Dimana :

W_1	=	Berat container (gr)
W_2	=	Berat tanah basah + container (gr)
W_3	=	Berat tanah kering + container
W_4	=	Berat tanah basah
W_5	=	Berat tanah kering
W_6	=	Berat air
w	=	Kadar air

Tabel 2.8. Pengujian Batas Cair

No. Uji	I				
No. Container	1	2	3	4	5
Berat container, W_1 (g)					
Berat tanah basah + container, W_2 (g)					
Berat tanah kering + container, W_3 (g)					
Berat tanah basah, $W_4 = W_2 - W_1$ (g)					
Berat tanah kering, $W_5 = W_3 - W_1$ (g)					
Berat air, $W_6 = W_4 - W_5$ (g)					
Kadar air, $w = (W_6/W_5) \times 100$ (%)					
Banyaknya ketukan, N					
Batas cair, W_L (%)					

Sumber : Praktikum Mekanika Tanah UNPAR, 2019

b) Batas Plastis (*Plastic Limit*)

Batas plastis (W_p) adalah kadar air terendah dimana tanah mulai bersifat plastis. Dalam hal ini sifat plastis ditentukan berdasarkan kondisi dimana tanah yang digulung dengan telapak tangan, diatas kaca mulai retak. Berikut ini merupakan prosedur analisis Batas Plastis :

1) Menghitung berat tanah basah $W_4 = W_2 - W_1$ (2.18)

2) Menghitung berat tanah kering $W_5 = W_3 - W_1$ (2.19)

3) Menghitung berat air $W_6 = W_4 - W_5$ (2.20)

4) Menghitung batas Plastis $W_p = \frac{W_w}{W_s} \times 100\%$ (2.21)

Tabel 2.9. Pengujian Batas Plastis

No. Uji	I		
No. Container	1	2	3
Berat container, W_1 (g)			
Berat tanah basah + container, W_2 (g)			
Berat tanah kering + container, W_3 (g)			
Berat tanah basah, $W_4 = W_2 - W_1$ (g)			
Berat tanah kering, $W_5 = W_3 - W_1$ (g)			
Berat air, $W_6 = W_4 - W_5$			
Batas Plastis, $W_p = (W_6/W_5) \times 100\%$			
batas plastis rata-rata, W_p (%)			

Sumber : Praktikum Mekanika Tanah UNPAR, 2019

c) Batas Susut (*Shrinkage Limit*)

Batas susut (W_s) adalah batas kadar air dimana tanah dengan kadar air dibawah nilai tersebut tidak menyusut lagi (tidak berubah volume)

Tabel 2.10. Pengujian Batas Susut

No. Ring	I
Tinggi ring, t (cm)	
Diameter ring, d (cm)	
Volume ring, V (cm ³)	
Berat Ring, W ₁ (gr)	
Berat tanah basah + ring, W ₂ (gr)	
Berat tanah kering + ring, W ₃ (gr)	
Berat tanah basah, W ₄ = W ₂ -W ₁ (gr)	
Berat tanah kering, W ₅ = W ₃ -W ₁ (gr)	
Berat air, W ₆ = W ₄ - W ₅	
Kadar air, w = (W ₆ /W ₅) X 100%	
Volume Tanah Basah, V _o (cm ³)	
Berat piring W ₇ , (gr)	
Berat piring + air raksa, W ₈ (gr)	
Berat air raksa W ₉ (gr)	
Volume tanah kering, V _f = W ₉ /B _J _{air raksa} (cm ³)	
Batas susut, w _s = w - (((V _o - V _f) X γ _w)/W ₅) X 100%	
Rasio Susut, SR = W _s /γ _w × V _f	

Sumber : Panduan Praktikum Mekanika Tanah,2014

5. Analisa Saringan

Analisa saringan atau analisis ukuran butir adalah analisis yang menyatakan proporsi kuantitatif berdasarkan berat dari beberapa macam ukuran butir yang ada dalam tanah. Ukuran saringan mengikuti standar *American Standart Testing and Material* (ASTM) dapat dilihat pada tabel 2.11. Maksud dari pengujian ini adalah untuk mengetahui distribusi ukuran butir tanah. Manfaat yang dapat diperoleh dengan klasifikasi tanah, jenis tanah dapat ditentukan sehingga sifat teknis tanah secara umum dapat di perkirakan. Perhitungan dan laporan hasil uji ialah sebagai berikut :

- 1) Hitung berat tanah yang tertahan oleh masing-masing saringan
- 2) Hitung jumlah berat tanah yang lolos saringan tersebut secara kumulatif.

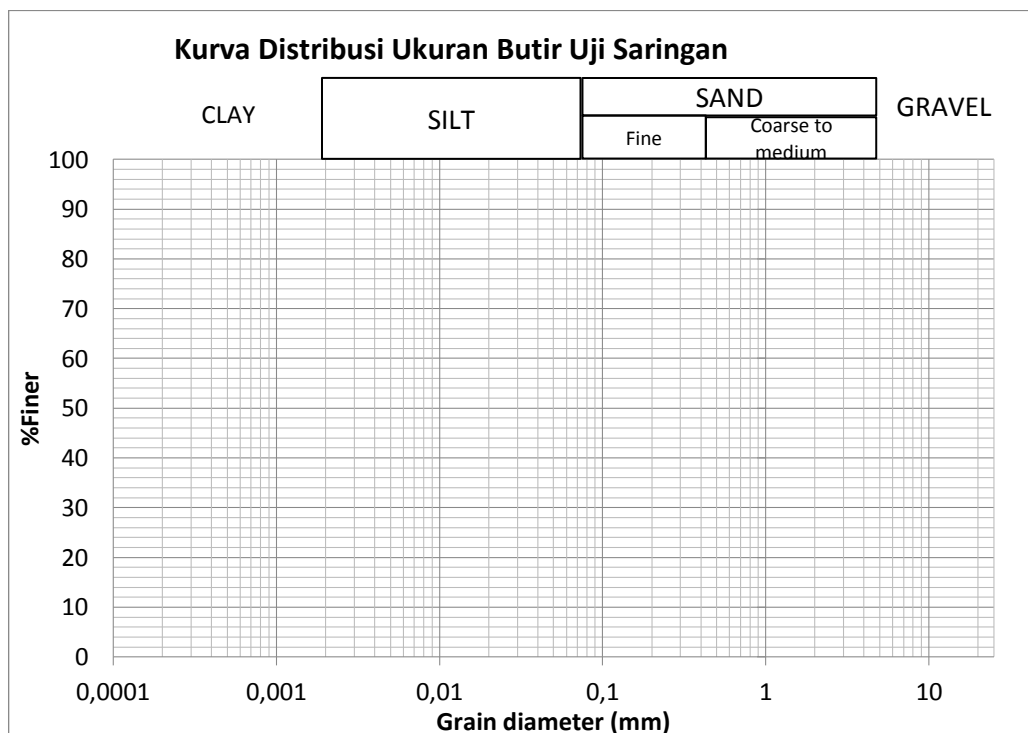
- 3) Hitung presentase jumlah berat tanah yang lolos saringan tersebut terhadap total berat tanah
- 4) Dari hasil-hasil percobaan tersebut digambarkan grafik dalam suatu susunan kordinat semilog, yaitu ukuran diameter butir sebagai absis dalam skala log dan % lebih halus sebagai kordinat dengan skala linear.

Tabel 2.11. Pengujian Analisis Saringan

No. Saringan	Ukuran Lubang (mm)	Berat Saringan (gr)	Berat Tanah + Saringan (gr)	Berat Tertahan (gr)	% Tertahan	% Lolos
4	4.750					
10	2.000					
20	0.850					
40	0.425					
80	0.180					
120	0.125					
200	0.075					
Dasar/Pan	-					
			Jumlah			

Sumber : Praktikum Mekanika Tanah UNPAR, 2019

Gambar 2.2. Kurva Distribusi Ukuran Butir Uji Saringan



Sumber : Praktikum Mekanika Tanah UNPAR, 2019

6. Analisis Hidrometer

Analisis Hidrometer adalah suatu cara dari analisis distribusi ukuran butir tanah berdasarkan sedimentasi tanah dalam air. Analisis hidrometer ini bertujuan untuk mengetahui pembagian ukuran butir tanah yang berbutir halus. Manfaat dari pengujian ini adalah untuk perbandingan dengan sifat tanah yang ditentukan dari uji batas-batas atterberg dan untuk menentukan aktifitas tanah.

Perhitungan Uji Hidrometer dilakukan dengan beberapa persamaan yaitu :

1. Faktor Koreksi, a

$$a = \frac{1,65 \times G_s}{2,65 \times (G_s - 1)} \dots\dots\dots(2.22)$$

Keterangan :

G_s = Specific gravity of soil

Atau dapat juga dilihat pada Tabel 2.12.

Tabel 2.12. Corection Factor For Unit Weight of Soil

Unit Weight of Soil Solid, G_s	Correction Factor, a
2.85	0.96
2.80	0.97
2.75	0.98
2.70	0.99
2.65	1.00
2.60	1.01
2.55	1.02
2.50	1.02

Sumber : Praktikum Mekanika Tanah UNPAR, 2019

2. Corection Hydrometer Reading

R_c = R_a - Zero Correction + C_t

R_a = Koreksi pembacaan Hidrometer

C_0 = Koreksi nol (Zero Correction)

$$\begin{aligned}
 \text{Temp.} &= \text{Temperatur} \\
 C_t &= (\text{Dapat dilihat pada Tabel 2.13}) \\
 R_c &= \text{Koreksi pembacaan Hidrometer} \\
 &= R_a - (C_0 + C_t) \dots\dots\dots(2.23)
 \end{aligned}$$

Tabel 2.13. Correction Factors

Temperatur (° C)	Ct
15	-1,10
16	-0,90
17	-0,70
18	-0,50
19	-0,30
20	0,00
21	0,20
22	0,40
23	0,70
24	1,00
25	1,30
26	1,65
27	2,00
28	2,50
29	3,05
30	3,80

Sumber : Praktikum Mekanika Tanah UNPAR, 2019

$$\begin{aligned}
 &3. \text{ Berat Tanah Kering, } W_s \\
 &\text{Berat dish, } W_{\text{dish}} \text{ (gr)} \\
 &\text{Berat tanah kering + dish, } W_s + \text{dish (gr)} \dots\dots\dots(2.24) \\
 &\text{Berat tanah kering, } W_s \text{ (gr)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &4. \% \text{ Finer} \\
 &\% \text{ Finer} = \frac{R_c \times a}{W_s} \times 100 \% \dots\dots\dots(2.25)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &5. \text{ Harga } K \\
 &K = \frac{30 \eta}{g (G_s - G_w)} \dots\dots\dots(2.26)
 \end{aligned}$$

Dapat juga dilihat pada tabel 2.15.

Keterangan :

- η = Viskositas aquades (*poise*) (dilihat pada tabel 2.14)
- Gw = Specific gravity of water (dilihat pada tabel 2.14)
- g = Percepatan gravitasi = 9,81 (cm/det)

Tabel 2.14. Properties Of Distilled Waret

Temperatur (° C)	Specific Grafity of Water, Gw	Viscosity of Water, η
4	100.000	0.01567
16	0.99897	0.01111
17	0.99889	0.01083
18	0.99862	0.01056
19	0.99844	0.01030
20	0.99823	0.01005
21	0.99802	0.00981
22	0.99780	0.00958
23	0.99757	0.00936
24	0.99733	0.00914
25	0.99708	0.00894
26	0.99682	0.00874
27	0.99655	0.00855
28	0.99627	0.00836
29	0.99598	0.00818
30	0.99568	0.00801

Sumber : Praktikum Mekanika Tanah UNPAR, 2019

Tabel 2.15. Values of K several Unit Weight oh Soil Solid and Temperature Cobination

Temperatur (°C)	Unit Weight of Soil Solid							
	2.50	2.55	2.60	2.65	2.70	2.75	2.80	2.85
16	0.0151	0.0148	0.0146	0.0144	0.0141	0.0139	0.0137	0.0136
17	0.0149	0.0146	0.0144	0.0145	0.0140	0.0138	0.0136	0.0134
18	0.0148	0.0144	0.0142	0.0146	0.0138	0.0136	0.0134	0.0132
19	0.0145	0.0143	0.0140	0.0147	0.0136	0.0134	0.0132	0.01331
20	0.0143	0.0141	0.0139	0.0148	0.0134	0.0133	0.0131	0.0129
21	0.0141	0.0139	0.0137	0.0149	0.0133	0.0131	0.0129	0.0127
22	0.0140	0.0137	0.0135	0.0150	0.0131	0.0129	0.0128	0.0126
23	0.0138	0.0136	0.0134	0.0151	0.0130	0.0128	0.0126	0.0124
24	0.0137	0.0134	0.0132	0.0152	0.0128	0.0126	0.0125	0.0123
25	0.0135	0.0133	0.0131	0.0153	0.0127	0.0125	0.0123	0.0122
26	0.0131	0.0131	0.0129	0.0154	0.0125	0.0124	0.0122	0.0120
27	0.0132	0.0130	0.0128	0.0155	0.0124	0.0122	0.0120	0.0119
28	0.0130	0.0128	0.0126	0.0156	0.0123	0.0121	0.0119	0.0117
29	0.0129	0.0127	0.0125	0.0157	0.0121	0.0120	0.0118	0.0116
30	0.0128	0.0126	0.0124	0.0122	0.0120	0.0118	0.0117	0.0115

Sumber : Praktikum Mekanika Tanah UNPAR, 2019

6. Harga R

$$R = R_a + \text{Meniscus Correction} \dots\dots\dots(2.27)$$

R_a = Koreksi pembacaan Hidrometer

7. Harga L

$$R = (\text{nilai dari Harga R})$$

$$L = (\text{Dilihat pada tabel 2.16})$$

Tabel 2.16. Value of L (Effective Depth) for use in stokes formula for diameter of partikel from ASTM soil Hydrometer 152 H

Original Reading (Corection For Menicus Only)	Effective Depth, L (cm)	Original Hyd. Reading (Corrected for Menicus Only)	Effective Depth, L (cm)
0	16.3	31	11.2
1	16.1	32	11.1
2	16.0	33	10.9
3	15.8	34	10.7
4	15.6	35	10.5
5	15.5	36	10.4
6	15.3	37	10.2
7	15.2	38	10.1
8	15.0	39	9.9
9	14.8	40	9.7
10	14.7	41	9.6
11	14.5	42	9.4
12	14.3	43	9.2
13	14.2	44	9.1
14	14.0	45	8.9
15	13.8	46	8.8
16	13.7	47	8.6
17	13.5	48	8.4
18	13.3	49	8.3
19	13.2	50	8.1
20	13.0	51	7.9
21	12.9	52	7.8
22	12.7	53	7.6
23	12.5	54	7.4
24	12.4	55	7.3
25	12.2	56	7.1
26	12.0	57	7.0
27	11.9	58	6.8
28	11.7	59	6.6
29	11.5	60	6.5
30	11.4		

Sumber : Praktikum Mekanika Tanah UNPAR, 2019

$$8. \quad L / t \quad \dots\dots\dots(2.28)$$

Keterangan :

L = Effective depth (cm) dari tabel 2.16

t = elapsed time (menit)

9. Diameter, D

$$D = K \times \frac{L}{t} \quad \dots\dots\dots(2.29)$$

Keterangan :

D = diameter butir (mm)

L = Effective depth (cm) dari tabel 2.16

t = elapsed time (menit)

Tabel 2.17. Uji Hidrometer

Date	Elapsed Time t (minute)	Temp (°C)	Actual Hyd. Reading Ra	Corr. Hyd. Reading Rc	%Finer	Hyd. Corr Only for Meniscus R	L	L/t	K	Diameter D (mm)
	0									
	1									
	2									
	4									
	8									
	16									
	30									
	45									
	90									
	210									
	1290									
	1440									

Sumber : Praktikum Mekanika Tanah UNPAR, 2019

7. Pengujian Permeabilitas Tanah

Permeabilitas tanah adalah suatu sifat tanah yang mampu meloloskan air. Untuk menentukan koefisien permeabilitas tanah dilaboratorium, pada pengujian ini menggunakan Metode Uji tinggi energi tetap (*Constant Head*). Berikut ini merupakan persamaan yang digunakan dalam pengujian Permeabilitas tanah :

$$k = \frac{Q \times L}{A \times h \times t} \quad \dots\dots\dots(2.30)$$

Dimana :

Q = Volume air yang lolos

t = Waktu

h	=	Tinggi air pada permukaan tanah
i	=	Gradien Hidrolik
A	=	Luas penampang
k	=	Koefisien Permeabilitas (cm/det)

Berikut ini adalah langkah - langkah praktikum Permeabilitas *constan head* di Laboratorium Universitas Katholik Widya Mandira :

1) Alat dan Bahan

a. Permeameter

Permeameter adalah alat yang digunakan dalam pengujian permeabilitas bertujuan mendapatkan nilai koefisien untuk memprediksi jenis tanah.

b. Silinder

Silinder yang mempunyai $L = 13$ cm dan $D = 10$ cm, terbuat dari logam berbentuk tabung tanpa penutup atas dan bawah berfungsi untuk tempat sampel tanah.

c. Buret

Buret adalah salah satu alat terbuat dari kaca yang mempunyai diameter 1 cm dan panjang 50 cm yang mempunyai fungsi pada pengujian tempat air sebelum mengalir kedalam tanah sampel.

d. Termometer

Termometer adalah alat untuk mengukur suhu air sebelum di pakai pengujian.

e. Stopwatch

Stopwatch adalah alat yang di gunakan untuk mengukur lamanya waktu air turun dari h yang di rencanakan.

f. Kertas Filter

Kertas Filter bertujuan untuk air mengalir keseluruh permukaan tanah sampel.

g. Botol Air

Botol air berfungsi untuk tempat air sebelum air di masukan kedalam buret.

h. Sampel Tanah

Terdapat 5 langkah prosedur pengujian Permeabilitas *constan head* di Laboratorium Universitas Katholik Widya Mandira :

Langkah Pertama :

- a. Siapkan tanah yang menjadi sampel pengujian. Sebelum tanah dimasukkan di beri kertas filter terlebih dahulu.
- b. Masukkan tanah sampel sedikit demi sedikit kedalam sel selinder kemudian padatkan.
- c. Jika sudah terisi penuh, maka tanah diatas permukaan tanah selinder diberi kertas filter yang bertujuan untuk air mengalir diseluruh permukaan tanah. Sel selinder baru boleh di tutup serta dikencangkan dengan baut pengunci.

Langkah Kedua :

- a. Siapkan alat permeameter. Lalu pasanglah selang yang menghubungkan buret yang telah ditentukan ketinggian air.

Langkah Ketiga :

- a. Air dimasukkan ke dalam buret dan keran dalam posisi terbuka sampai tanah sampel yang di uji dalam kondisi jenuh. Dengan air yang sudah di ketahui suhunya.

Langkah Keempat :

- a. Jika tanah sampel sudah dalam keadaan jenuh air. Maka tutup keran yang ada pada selang. Masukkan air yang sudah di ketahui suhunya kedalam buret dengan ketinggian h yang direncanakan.

Langkah Kelima :

- a. Buka keran pada bagian bawah buret, bersamaan dengan menghidupkan *stopwatch* untuk perhitungan waktu. Dan tampung air yang keluar pada benda uji. Biarkan air mengalir beberapa waktu yang telah di rencanakan. Setelah terjadi perbedaan tinggi (Δh), air pada buret yang telah di rencanakan dan merasa cukup, tutup kran bersamaan dengan mematikan *stopwatch*.

Langka Keenam :

- a. Catat dan masukan air kedalam gelas ukur yang keluar dari benda uji untuk mengetahui nilai Q .

2.5. Kolam Embung

Aspek geoteknik kolam embung yang harus di perhatikan adalah sebagai berikut :

a) Infiltrasi Air

Infiltrasi air bisa terjadi melalui rongga antar butir atau melalui retakan

1. Infiltrasi melalui rongga antar butir terjadi pada tanah tak berkoheesi, misalnya pasir, lanau, tanah berkoheesi yang permeabilitasnya tinggi atau batu pasir.
2. Infiltrasi melalui retakan pada batu yang mengandung banyak retakan yang bersifat terbuka dan saling berhubungan. Rongga-rongga dalam batu gamping yang terbentuk karena pelarutan kimia dan meninggalkan rongga-rongga yang saling berhubungan dalam batu gamping juga dapat menyebabkan infiltrasi.

Infiltrasi melalui fondasi tubuh embung dapat meyebabkan stabilitas tubuh embung terganggu karena rembesan. Rembesan melalui pondasi lanau atau pasir dapat meyebabkan terjadinya proses erosi buluh. Sedangkan infiltrasi yang terjadi pada dinding kolam menyebabkan kehilangan air kolam. Besarnya kehilangan air tergantung pada sifat lurus air material dasar dinding kolom. Untuk kebutuhan praktis, sifat lurus air dalam hubungannya dengan kehilangan air tersebut, dibagi menjadi tiga kelas yaitu : lulus air, semi lulus air, dan kedap air (Dapat dilihat pada tabel 2.18).

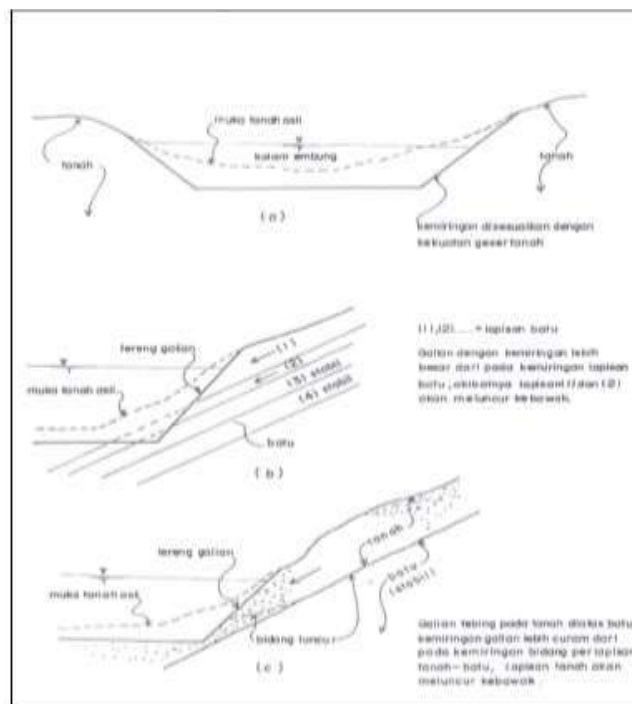
b) Stabilitas Dinding Kolam

Didaerah depresi (cekungan) pada umumnya bahan urugan terdapat didalam lembah calon kolam embung. Penggalan bahan tersebut dari dasar kolam akan menambah kapasitas tampungan embung. Kemiringan galian harus dibuat dengan mempertimbangkan kondisi geotekniknya. Dinding kolam bisa terdiri dari tanah atau batu, atau keduanya.

1. Bila dinding kolam terdiri atas tanah maka lereng kolam harus di sesuaikan dengan sudut lereng alam dalam kondisi jenuh (lihat bagian a pada gambar 2.3).

2. Bila dinding kolam terdiri atas batu perlu diperhatikan kemiringan bidang diskontinuitasnya. Yang dimaksud dengan bidang diskontinuitasnya adalah semua struktur yang menyebabkan masa batuan terpisah atau bahkan terpecah-pecah. Bidang itu bisa berupa pelapisan atau kekar. Apabila bidang diskontinuitas miring ke arah kolam dengan sudut kemiringan berkisar antara 20° sampai dengan 80° maka lereng cenderung tidak stabil dan cenderung longsor kedalam Embung. Galian pada batu seperti itu harus dibuat dengan kelandaian minimal sebesar kemiringan bidang diskontinuitasnya (lihat bagian b pada gambar 2.3).
3. Bila dinding kolam terdiri atas lapisan tanah yang menampung diatas batu, maka galian pada lapisan tanah akan berpotensi longsor. Longsor ini terjadi akibat lereng kehilangan tumpuannya sehingga lapisan tanah bergerak meluncur diatas batu (longsor planar). Kejadian seperti ini hanya dapat dicegah dengan cara menempatkan bangunan penahan, atau menggali lapisan tanah sesuai kemiringan batuan dasarnya (lihat bagian c pada gambar 2.3).

Ketiga hal tersebut diatas harus pula dipertimbangkan dalam mendesain kemiringan galian dinding saluran pelimpah dan lainnya.



Gambar 2.3. Galian dan stabilitas dinding kolam

Sumber : Indrawan,dkk, 2018

2.6. Selimut (blanket) Kolam Embung

2.6.1. Umum

Kehilangan air yang cukup besar akibat infiltrasi berupa rembesan dari dasar maupun dinding kolam tampungan embung sangat mempengaruhi nilai ekonomis dari ketersediaan airnya. Pada kolam embung dengan kondisi geologis yang kurang menguntungkan dilihat dari segi kelulusan airnya, diperlukan selimut rapat air agar tidak terjadi infiltrasi atau kehilangan air berlebihan. Selimut kedap air hanya akan diterapkan pada tanah atau batuan lulus air. Sedangkan pada tanah atau batuan dengan klasifikasi semi lulus air, selimut kedap air diperlukan apabila kehilangan air pada kolam di pandang cukup besar dibandingkan dengan daya tampungan embung. Untuk satuan tanah atau batu yang kedap air selimut secara praktis tidak diperlukan.

Apabila sifat lulus air fondasi tubuh embung, dasar, dan dinding kolam merata, maka selimut kedap air harus dipasang menutup seluruh bagian kolam hingga sampai setinggi elevasi pelimpah dan dihubungkan dengan bagian tubuh embung yang kedap air. Tetapi bila sifat lulus air tersebut tidak merata, terdapat di bagian tertentu, maka selimut cukup di pasang di bagian yang lulus air.

Jenis atau tipe selimut yang akan diterapkan tergantung dari macam material atau bahan alami yang tersedia di tempat. Apabila bahan alami tidak tersedia di tempat dapat di pakai bahan substitusi (buatan). Berbagai bahan selimut kedap air antara lain : Selimut lempung, semen-tanah, dan membran sintetik.

2.6.2. Jenis-Jenis Selimut Kedap Air

Jenis selimut yang dapat di gunakan dalam pembuatan embung adalah sebagai berikut :

a. Selimut Lempung

Apabila di daerah sekitar kolam embung terdapat material lempung, maka selimut lempung dapat di gunakan sebagai selimut kedap air yang paling murah. Lokasi atau material lempung yang berjarak jauh dari kolam embung akan dapat menyebabkan biayanya menjadi mahal. Dalam hal ini perlu membandingkan biaya konsturksi selimut lempung dan selimut bahan substitusi (buatan).

Material lempung yang akan digunakan sebagai selimut paling baik yang termasuk klasifikasi CH, tetapi tanah yang mengandung lempung minimal 25 % berdasarkan berat cukup baik pula bila digunakan. Tebal selimut lempung minimal 50 cm, terdiri atas tiga lapis yang dipadatkan dalam kondisi basah. Untuk

melindungi selimut lempung terhadap retakan pada waktu kering, maka perlu dilindungi dengan hamparan pasir kelikir setebal 30 cm di atasnya.

b. Selimut Semen Tanah

Selimut kedap air kolam tampungan dapat juga dibuat dengan material setempat yang tersedia di campur dengan semen (semen-tanah). Untuk menentukan prosentase semen yang akan di gunakan dan ketebalan yang di perlukan perlu dilakukan percobaan terlebih dahulu. Namun untuk jenis tanah yang berpasir semen yang di gunakan sebagai selimut kedap air di kolam embung minimal harus diterapkan setebal 30 cm yang di padatkan sehingga menjadi 15 cm.

c. Selimut Bahan Sintetik

Metoda lain yang digunakan untuk mengurangi kehilangan air yang berlebihan dari kolam tampungan embung adalah dengan menggunakan lapisan kedap air dari membran fleksibel yang terbuat dari bahan dasar plastik (*polythylene*) atau dari bahan karet (*butyl rubber*). Metoda ini lebih mahal daripada metoda (a) dan (b), karena ia akan dipakai bila metoda (a) dan (b) tidak dapat di terapkan atau sudah di terapkan namun masih saja kehilangan air yang berlebihan.

Membran fleksibel ini sangat tipis dengan tebal sampai dengan beberapa mm. Selimut dari bahan karet (*butyl rubber*) harus dilindungi dari sinar matahari dan cuaca. Lapisan pelindung membran karet dapat berupa hamparan tanah (pasir dan kelikir), pasangan batu, atau semen tanah. Beberapa jenis membran fleksibel yang terbuat dari *polythylene* (misalnya : geomembrane) dapat di pasang terbuka terhadap sinar matahari maupun cuaca sehingga tidak di perlukan pelindung. Selimut *polythylene* jauh lebih murah dari pada selimut *butyl rubber*.

Daerah yang akan di beri selimut kedap air harus di bersihkan dari tanaman dan akar-akarnya , batu-batu tajam, atau obyek lainnya dapat merusak atau merobek membran. Seluruh tebing galian, dan urugan di tempat yang akan di beri lapisan membran harus memiliki kemiringan yang seragam dan tidak boleh lebih curam dari 1 v : 1h untuk lapisan membrane yang terbuka dan 1 v : 3 h untuk lapisan membrane yang di beri sistem pelindung. Kemiringan yang landai di perlukan untuk mencegah terjadinya longsor pada sistem pelindung.

2.7. Kehilangan Air Pada Embung

Kehilangan secara internal yang berlangsung didalam embung sebenarnya sulit untuk di deteksi (Sjodahl,2009). Sifat lulus air material dasar dapat diklasifikasikan menurut nilai konduktivitas yang di tunjukan pada tabel 2.18. (Setiono,dkk,2003).

Tabel 2.18. Klasifikasi sifat lulus air dengan nilai K

Klasifikasi	Nilai K (cm/d)	Deskripsi tanah dan batu	Kebutuhan Selimut
(1). Lulus Air	$K \geq 10^{-3}$	Umumnya pada jenis tanah tidak berkoheisi (berbutir kasar), yaitu : lanau, pasir sampai kerakal, atau batu dengan diskontinuitas rapat tanpa isi, dan satuan batu dengan lubang pelarutan	Sangat Perlu
(2). Semi lulus air	$K = 10^{-3}$ Sampai $K = 10^{-4}$	Umumnya pada jenis tanah dengan sedikit koheisi, yaitu pasir halus dengan sedikit tanah lempung, atau batu dengan diskontinuitas sedang sampai rapat yang terisi sebagian	Perlu
(3). Kedap Air	$K \leq 10^{-5}$	Umumnya pada jenis tanah berkoheisi, yaitu lempung atau lempung pasir atau lanau atau batu dengan diskontinuitas sedang sampai rapat yang terisi seluruhnya.	Tidak Perlu

Sumber : Setiono,dkk.,2003

Lapisan buatan seperti *geotekstil non woven* atau *geomembrane* memiliki nilai $K < 10^{-6}$ cm/dtk (Setiono,dkk 2003). Karena nilai K yang di peroleh kecil, kehilangan air akibat rembesan pada embung dengan pelapisan *geotekstil non woven* dan *geomembrane* dapat di asumsikan 0.

Sehingga untuk mengatasi permasalahan yang terjadi pada genangan embung Faut Fane menggunakan bahan buatan dari *geotekstil non woven* dan *Geomembrane*. Berikut akan di jelaskan prosedur penanganan kebocoran.

2.8. Desain Rehabilitasi Genangan Embung

Beberapa proses yang dilakukan dalam melakukan desain rehabilitasi terhadap genangan embung Faut Fane hingga pada penggunaan geotekstil non woven dan geomembran yaitu :

- 1) Pekerjaan Pembersihan (*Clearing, Grubbing, dan Stripping*)
- 2) Pekerjaan Galian Tanah Pengunci Ujung *Geomembrane*
- 3) Pekerjaan Pemasangan Pipa Peforansi HDPE $\varnothing 3'' / \varnothing 90$ mm

- 4) Panel Geotekstil non woven dan Geomembran
- 5) Pekerjaan Pemasangan *Geotekstil Non Woven*
- 6) Pekerjaan Pemasangan *Geomembran*
- 7) Pekerjaan Pemasangan batu pengunci Geomembrane
- 8) Pekerjaan Pemasangan peel Scale atau mistar Ukur

Berikut merupakan penjelasan dari setiap penanganan :

a) Pekerjaan Pembersihan dan Pengupasan

Daerah yang akan di beri selimut kedap air harus dibersihkan dari tanaman dan akar-akarnya, batu - batu tajam, dan objek lain yang dapat merusak atau merobek membran. Akar – akar yang telah di cabut lubang - lubang diisi kembali dengan tanah dan di padatkan. Sedangkan tanaman yang di cabut dibuang dari tempat pekerjaan. Pembersihan harus di lakukan sampai minimal 15 m dari atas galian atau timbunan atau sesuai dengan petunjuk direksi. Sedangkan *Stripping* dilakukan sampai pada kedalaman minimal 15 cm.

Seluruh tebing galian, dan urugan yang akan di beri lapisan membran harus mempunyai kemiringan yang seragam dan tidak boleh lebih curam dari 1V : 3 H untuk lapisan membran yang di beri lapisan pelindung. Kemiringan yang landai diperlukan untuk mencegah terjadinya longsor pada sistem pelindung.

b) Penggalian Tanah Pengunci Geomembran

Penggalian tanah pengunci ujung geomembrane bertujuan untuk tidak terjadi penurunan atau pergeseran dari posisi awal pemasangan. Sehingga dalam perencanaan di buat galian pengunci dengan kedalaman 50 cm dan lebar 50 cm, mengelilingi daerah genangan.

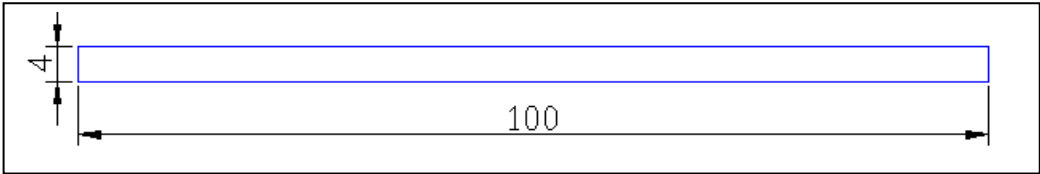
c) Pekerjaan Pemasangan Pipa Peforasi HDPE Ø 3"/ Ø 90 mm

Pekerjaan pemasangan pipa peforasi dengan tujuan agar geomembrane yang di pasang pada genangan tidak terjadi gelembung akibat tekanan udara dari dasar genangan. Pemasangan pipa peforasi melintang genangan dan muncul ke permukaan pengunci ± 50 cm, dan sepanjang pipa peforasi sudah di buat lubang 20 cm.

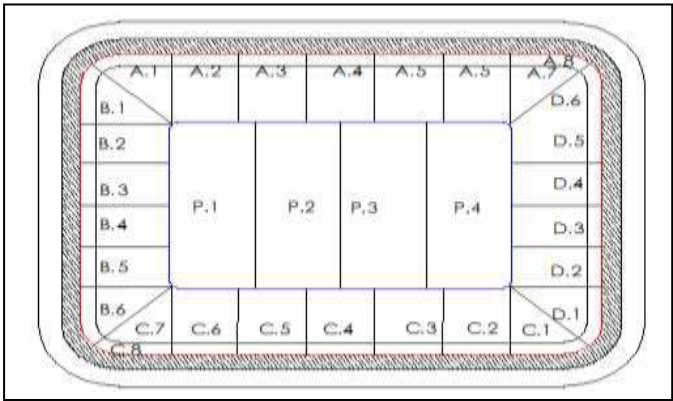
d) Panel Geotekstil non woven dan Geomembran

Gambar 2.4. panjang dan lebar ukuran geotekstil non woven dengan panjang 100 m, lebar 4 m, ketebalan 1,00 mm dan panel geotekstil non woven yang di rencanakan dapat

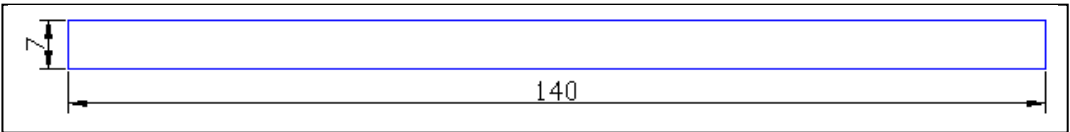
terlihat pada gambar 2.5. Sedangkan pada geomembran memiliki tebal 1,5 mm, panjang 140 m, dan lebar 7 m dapat di lihat pada gambar 2.6 dan penel perencanaan geomembran dapat dilihat pada gambar 2.7. Gambar tersebut menunjukan *layout* pemasangan Geomembrane dengan ketebalan 1,5 mm, panjang 140 m dan lebar 7 m.



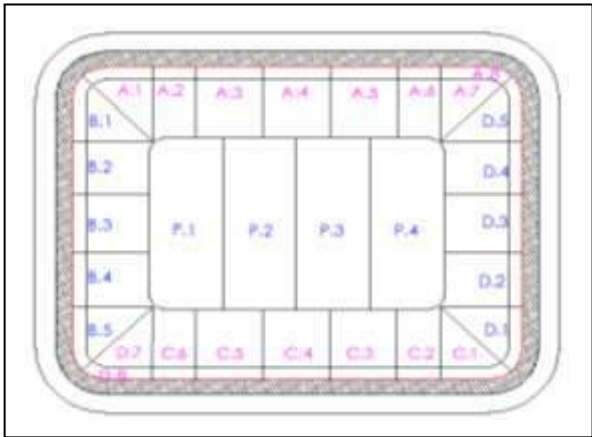
Gambar 2.4. Panjang dan lebar Ukuran Geotekstil Non Woven



Gambar 2.5. Panel Geotekstil Non Woven



Gamabr 2.6. Panjang dan lebar ukuran Geomembran



Gambar 2.7. Panel Geomebran

e) Geotekstil Non Woven

Geotekstil tidak dianyam (*Geotekstil Non-Woven*) adalah lembaran tekstil dengan struktur benang tidak beraturan, disatukan dengan proses bonding, *interlocking*, atau keduanya secara mekanik, kimiawi, thermal, solvent, atau kombinasinya. Geotekstil tidak dianyam (*Geotekstil Non-Woven*) dipilih dari jenis-jenis selimut kedap air karena kelebihan yang di miliki. Kelebihan dari Geotekstil tidak dianyam (*Geotekstil Non-Woven*) menurut PT. Tetrasa Geosynthetic Indonesia (Geosinindo) yaitu :

- 1) Mengurangi material pengisi
- 2) Efektifitas biaya
- 3) Ketahanan jebol tinggi
- 4) Prodduk dengan performa tinggi
- 5) Distribusi dan layanan global
- 6) Lapis filtrasinya yang baik
- 7) Meningkatkan kestabilan tanah
- 8) Ketahan terhadap sinar ultra violet
- 9) Tidak bereaksi terhadap Zat Kimia dan Biologi
- 10) Ketahanan terhadap panas dan kelembapan

Geotekstil tidak dianyam (*Geotekstil Non-Woven*) dipasang terlebih dahulu dari *geomembrane* dengan tujuan sebagai peredam tekanan tanah dari dasar genangan. Selain itu, Geotekstil dipilih bersamaan dengan geomembran dengan tujuan untuk dapat melindungi geomembran dari kemungkinan robek atau untuk terhindar dari benda tajam dan kerusakan akibat aksi peralatan saat pelaksanaan pekerjaan (*sumber : Hary, 2013*). Penyambungan geotekstil digunakan khusus memakai kabel rol meter yang disiapkan oleh pabrik. Penempatan geotekstil pada genangan dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 2.8. Geotekstil Non-Woven

Sumber : Kerja Praktek, 2017

f) Geomembran

Geomembran adalah sebuah lapisan tipis yang terbuat dari lembaran polimer tipis, namun bisa di buat dari geotekstil dengan aspal atau semprotan karet (elastomer) atau geokomposit. Susunan polimer *geomembrane* tidak benar – benar tidak dapat di tembus, namun relatif tidak dapat di tembus ketika dibandingkan dengan geotekstil atau tanah, bahkan untuk tanah liat. Fungsi utama dari *geomembrane* adalah sebagai wadah atau penghalang untuk air.

Geomembran dipilih sebagai solusi mengatasi kehilangan air yang berlebihan pada daerah genangan Embung Faut Fane disebabkan karena fungsi utamanya ialah dapat berfungsi menampung air dan memiliki ketahanan terhadap sinar matahari dan cuaca. Berikut ini, adalah kelebihan dari geomembran menurut PT. Tetrasa Geosynthetic Indonesia (Geosinindo) yaitu :

- 1) Biaya efektif
- 2) Ketahanan kimia sangat baik
- 3) Lapisan yang sangat kedap
- 4) Ketahanan terhadap sinar UV dan kondisi cuaca
- 5) Produksi yang sudah dikenal di dunia
- 6) Ketersediaan material dan kecepatan pengiriman
- 7) Performa jangka panjang
- 8) Kestabilan dimensi
- 9) Kuat sekaligus fleksibel
- 10) Ketahanan terhadap mikroorganisme
- 11) Instalasi cepat dan mudah

Berikut ini adalah prosedur pemasangan geomembran pada genangan embung ;

a) Pemasangan Geomembran

Gulungan geomembran di buka sambil berjalan menggunakan tenaga manusia. Setiap rol geomembran lebar 7 m dan panjang 140 m, *dengan* ketebalan 1,5 mm. Pemasanganpun harus mengikuti rekomendasi yang di keluarkan dari pabrik dibawa pengawasan tenaga teknik yang terlatih.



Gambar 2.9. Pemasangan Geomembran

Sumber : Kerja Praktek, 2017

b) Penyambungan Geomembrane

Penyambungan antara lembaran dilakukan menggunakan alat penyambung otomatis yang dapat bergerak sendiri dengan kecepatan tertentu setelah diprogram. Penyambungan geomembrane pada pipa PHDE, dilakukan dengan alat sambungan *Extrusion Welder* secara manual. Setelah seluruh permukaan embung selesai dilapisi geomembrane, dilakukan pengecoran atau inpeksi terutama pada sambungan – sambungannya.

g) Pekerjaan Pemasangan Batu Pengunci Geomembran

Pekerjaan pengunci geomembran dilakukan terlebih dahulu dengan menggunakan anker besi $\varnothing$ 12 dalam bentuk begel U, dengan jarak antara begel 50 cm ditanam atau diklem bersama geomembran ke galian pengunci geomembran agar tetap stabil pada posisi. Untuk tidak terjadi pergeseran maka di buat dengan pasangan batu sesuai ukuran spek 1 pc : 3 psr.

h) Pekerjaan Pemasangan Peil Scale atau Mistar Ukur

Peil Scale dibuat dari Pipa Galtanis $\varnothing$ 2,5", terlebih dahulu pada batang pipa dilas dengan besi beton $\varnothing$ 8 atau $\varnothing$ 10 dan panjang besi beton 40 cm. Jarak antara besi beton yang dilas pada batang pipa Peil Scale 50 cm atau 100 cm, diantara besi beton yang dilas pada batang pipa dicat dengan warna cat yang berbeda disetiap 50 cm atau 100 cm.

Besi beton yang dilas pada batang pipa Peil Scale, pada ujungnya dilas lagi dengan besi beton $\varnothing$ 6 dalam bentuk angka sampai setinggi muka air. Setelah selesai dilas atau dicat lalu dipasang pada dasar genangan atau dasar Pipa Transmisi. Kegunaan

dari Peil Scale dipasang agar kondisi genangan air dapat diketahui kedalaman genangan.