

**ANALISA PERANCANGAN DINDING TURAP (*SHEET PILES*)
PADA PROYEK PEMBANGUNAN DERMAGA DI BELAWAN
INTERNATIONAL CONTAINER TERMINAL**

SKRIPSI

OLEH:

FACHRIYAN CHALID

158110119



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2018**

**ANALISA PERANCANGAN DINDING TURAP (*SHEET PILES*)
PADA PROYEK PEMBANGUNAN DERMAGA DI BELAWAN
INTERNATIONAL CONTAINER TERMINAL**

SKRIPSI

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh
Gelar Sarjana di Fakultas Teknik
Universitas Medan Area

Oleh:

FACHRIYAN CHALID

158110119



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2018**

HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan Skripsi ini saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas dan sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah.

Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku apabila dikemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam Skripsi ini.

Medan, Juli 2018

Penulis



Fachriyan Chalid

15.811.0119

Judul Skripsi : Analisa Perancangan Dinding Turap (*Sheet Piles*) pada Proyek
Pembangunan Dermaga di Belawan International Container
Terminal

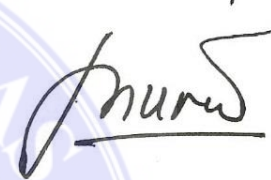
Nama : Fachriyan Chalid
NPM : 15.811.0119
Fakultas : Teknik

Disetujui Oleh
Komisi Pembimbing



Ir. H. Edy Hermanto, M.T.

Pembimbing I



Ir. Nuril Mahda Rangkuti, M.T.

Pembimbing II



Dr. Ir. Armansyah Ginting, M.Eng

Dekan



Ir. Kamaluddin Lubis, M.T.

Ka. Program Studi

Tanggal Lulus: 24 Januari 2018

ABSTRAK

Dinding turap merupakan sebuah struktur yang di desain dan dibangun untuk menahan tekanan lateral tanah ketika terdapat perubahan dalam elevasi tanah yang melampaui kedalaman tanah. Konstruksi ini juga sering digunakan untuk membangun sebuah dinding yang berfungsi sebagai penahan tanah dalam konstruksi dermaga untuk menjaga kestabilan tanah dan mencegah keruntuhan konstruksi akibat tekanan tanah. Perencanaan dinding turap yang dilakukan pada proyek pembangunan dermaga di Belawan International Container Terminal ini adalah perencanaan dinding turap kantilever yang direkomendasikan untuk dinding dengan ketinggian sedang, dimana turap kantilever ini dipancangkan pada tanah berpasir. Maksud dari penelitian ini adalah untuk menganalisa perancangan dinding turap pada proyek pembangunan dermaga di Belawan International Container Terminal. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui profil dimensi dinding turap yang digunakan untuk menahan masuknya air kedalam lubang galian dalam pembangunan dermaga di Belawan International Container Terminal. Metode yang digunakan yang digunakan pada perancangan dinding turap adalah metode perhitungan turap kantilever pada tanah berpasir yang didasarkan pada teori tekanan tanah Rankine. Berdasarkan hasil pembahasan perancangan dinding turap, maka dapat disimpulkan bahwa kedalaman pemancangan dinding turap (D_{aktual}) adalah 9,7 m dan dengan hasil section modulus sebesar $2197,77 \text{ cm}^3$ tiap lebar dinding turap (m), maka profil turap baja yang bisa digunakan adalah Profil U tipe FSP-IV dengan panjang 18 m yang berukuran $W = 400 \text{ mm}$, $h = 170 \text{ mm}$, $t = 15,5 \text{ mm}$. Tipe ini dipilih karena memiliki momen lawan sebesar 2270 cm^3 tiap lebar dinding turap (m) yang berarti lebih besar dari hasil momen lawan yang telah direncanakan, sehingga dapat menahan momen yang telah direncanakan.

Kata kunci: Dinding turap, turap kantilever, kedalaman pemancangan, profil turap.

ABSTRACT

Sheet pile wall is a structure that was designed and built to withstand lateral ground pressure when there is a change in ground elevation that extends beyond the depth of the soil. This construction is also often used to build a wall that serves as a retaining ground in a dock construction to maintain soil stability and prevent construction collapse due to soil pressure. Planning of sheet pile wall undertaken on a dock construction project at Belawan International Container Terminal is cantilever wall that recommended for medium-height walls, where the cantilever wall is fixed on sandy soil. The purpose of this study is to analyze the design of sheet pile wall on a dock construction project at Belawan International Container Terminal. The purpose of this research is to find out the dimension wall profile of plaster used to withstand water entry into the excavation pit in dock construction at Belawan International Container Terminal. The method used in the design of plaster walls is a cantilever wall calculation method on sandy soils based on the Rankine soil pressure theory. Based on the result of the discussion of sheet pile wall design, it can be concluded that the depth of sheet pile wall (D_{aktual}) is 9.7 m with the modulus section of $2197,77 \text{ cm}^3$ per width of sheet pile wall (m), the steel sheet pile profile that can be used is Profile U type FSP-IV with a length of 18 m, with the size $W = 400 \text{ mm}$, $h = 170 \text{ mm}$, $t = 15.5 \text{ mm}$. This type is chosen because it has an opponent moment of 2270 cm^3 per width of the sheet pile wall (m) which means greater than the result of a planned opponent moment, so it can withstand the moment that has been planned.

Keywords: Sheet pile wall, cantilever wall, depth of embedment, steel sheet pile profile.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala berkat, perlindungan, serta kasih sayang-Nya yang tidak pernah berhenti mengalir dan selalu menyertai, yang selalu diberikan kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini dengan baik dan tepat waktu.

Penulis menyadari keberhasilan dalam menyelesaikan penulisan Skripsi ini tidak lepas dari dukungan dan bantuan dari berbagai pihak-pihak, baik yang secara langsung maupun tidak langsung telah membantu. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Dadan Ramdan, M.Eng, M.Sc., selaku Rektor Universitas Medan Area;
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Armansyah Ginting, M.Eng, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area;
3. Bapak Ir. Kamaluddin Lubis, M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil;
4. Bapak Ir. H. Edy Hermanto, M.T., selaku Pembimbing I, atas kesabaran, bimbingan, waktu yang telah banyak diberikan kepada penulis dan masukan yang telah diberikan serta ilmu yang telah diajarkan;
5. Ibu Ir. Nuril Mahda Rangkuti, M.T., selaku Pembimbing II atas kesabaran, bimbingan, waktu yang telah banyak diberikan kepada penulis dan masukan yang telah diberikan serta ilmu yang telah diajarkan;
6. Seluruh Dosen, Karyawan, dan Staf Universitas Medan Area;
7. Orang tua tercinta dan saudara-saudara yang telah memberikan curahan kasih sayang, doa, dan bantuan berupa moral dan material yang tak terhingga dalam pelaksanaan Skripsi ini;

8. Seluruh sahabat penulis yang telah memberikan saran, masukan, dukungan, perhatian, semangat dan doa kepada praktikan dalam pelaksanaan.

Penulis menyadari bahwa Skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu penulis sangat mengharapkan saran dan kritik yang membangun guna perbaikan penulisan Skripsi ini. Penulis berharap semoga Skripsi ini dapat bermanfaat bagi para pembacanya.



Medan, Juli 2018

Penulis

Fachriyan Chalid

15.811.0119

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR NOTASI	x
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Maksud dan Tujuan Penelitian	2
1.3. Rumusan Masalah.....	2
1.4. Kerangka Berpikir	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Pembentukan Tanah.....	4
2.2. Klasifikasi Tanah	6
2.2.1. Sistem Klasifikasi USDA	12
2.2.2. Sistem Klasifikasi AASTHO.....	14
2.2.3. Sistem Klasifikasi USCS	18
2.3. Hubungan Antarfase	22
2.4. Tanah Lempung	24
2.5. Tekanan Tanah.....	27
2.4.1. Tekanan Tanah dalam Keadaan Diam	27
2.4.2. Tekanan Tanah Aktif menurut Rankine	30
2.4.3. Tekanan Tanah Pasif menurut Rankine	34
2.6. Dinding Turap (<i>Sheet Piles</i>)	37
2.7. Turap Kayu	38
2.8. Turap Beton dan Baja	39
2.9. Jenis dan Metode Konstruksi Turap	42

2.9.1. Turap Kantilever.....	44
2.9.1.1. Turap Kantilever pada Pasir.....	45
2.9.1.2. Turap Kantilever pada Lempung	50
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	55
3.1. Lokasi Penelitian	55
3.2. Waktu Penelitian.....	55
3.3. Metode Analisis Data	55
3.4. Instrumen Penelitian	55
3.5. Teknik Pengumpulan Data	56
3.4.1. Data Hasil Laboratorium Mekanika Tanah	56
3.4.2. Data Hasil Boring di Lapangan	56
3.4.3. Gambar, Layout, dan Profil Proyek.....	57
BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN.....	58
4.1. Perencanaan Turap.....	58
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	66
5.1. Kesimpulan	66
5.2. Saran	66
DAFTAR PUSTAKA	67
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

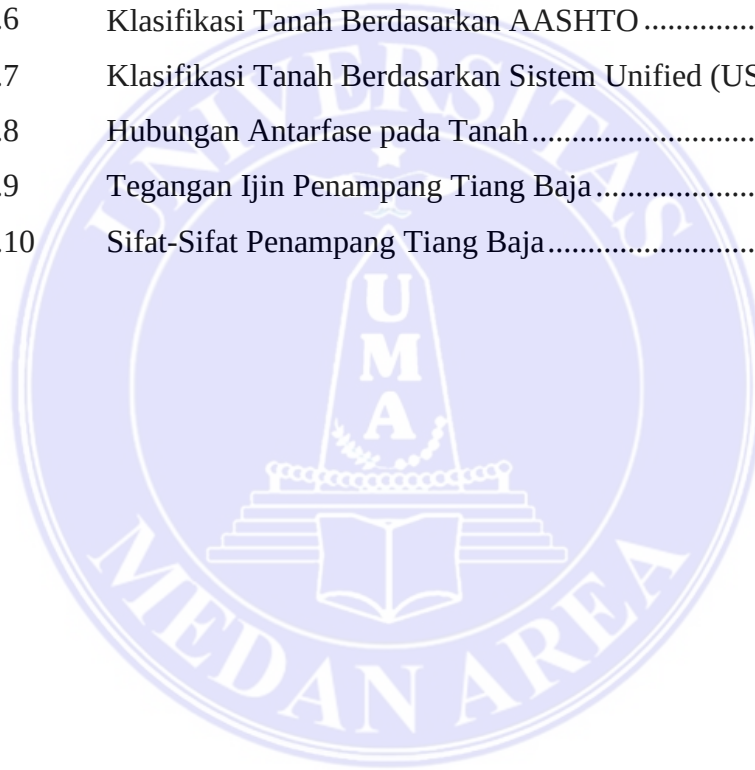
	Halaman
Gambar 2.1	Cara Pembentukan Tanah 5
Gambar 2.2	Klasifikasi Berdasarkan Tekstur oleh Departemen Pertanian Amerika Serikat (USDA) 13
Gambar 2.3	Nilai-Nilai Batas Atterberg untuk Subkelompok Tanah 17
Gambar 2.4	Grafik Plastisitas untuk Klasifikasi USCS 21
Gambar 2.5	Grafik Plastisitas 21
Gambar 2.6	Variasi Indeks Plastisitas dengan Persen Fraksi Lempung . 26
Gambar 2.7	Tekanan Tanah dalam Keadaan Diam (<i>at Rest</i>)..... 29
Gambar 2.8	Distribusi Tekanan Tanah dalam Keadaan Diam (<i>at Rest</i>) pada Dinding Penahan 29
Gambar 2.9(a)	Tekanan Tanah Aktif menurut Rankine 32
Gambar 2.9(b)	Lingkar Mohr pada Tekanan Aktif 33
Gambar 2.9(c)	Keadaan saat Tekanan Tanah Aktif menurut Rankine..... 33
Gambar 2.9(d)	Distribusi Tekanan Tanah Aktif menurut Rankine pada Dinding Penahan 34
Gambar 2.10(a)	Tekanan Tanah Pasif menurut Rankine 35
Gambar 2.10(b)	Lingkar Mohr pada Tekanan Pasif 36
Gambar 2.10(c)	Keadaan saat Tekanan Tanah Pasif menurut Rankine 36
Gambar 2.10(d)	Distribusi Tekanan Tanah Pasif menurut Rankine pada Dinding Penahan 37
Gambar 2.11	Contoh Dinding Turap 38
Gambar 2.12	Berbagai Jenis Turap Kayu dan Beton..... 39
Gambar 2.13	Hubungan Tiang Turap 40
Gambar 2.14	Langkah-Langkah Konstruksi untuk Struktur Urugan..... 43
Gambar 2.15	Langkah-Langkah Konstruksi untuk Struktur Galian..... 44
Gambar 2.16	Tiang Turap Kantilever Tertanam pada Pasir 45
Gambar 2.17	Tiang Turap Kantilever Tertanam pada Pasir 46
Gambar 2.18	Tekanan Tanah Aktif pada Turap..... 47
Gambar 2.19	Tiang Turap Kantilever Tertanam pada Tanah Lempung ... 51

Gambar 4.1	Perencanaan Turap Cantilever pada Pasir	58
Gambar 4.2	Tekanan Tanah Aktif pada Turap.....	60
Gambar 4.3	Gaya-Gaya pada Turap di atas Titik dengan Gaya Lintang Nol	63
Gambar 4.4	Diagram Momen dan Tekanan Tanah pada Tiang Turap Kantilever dalam Pasir	64

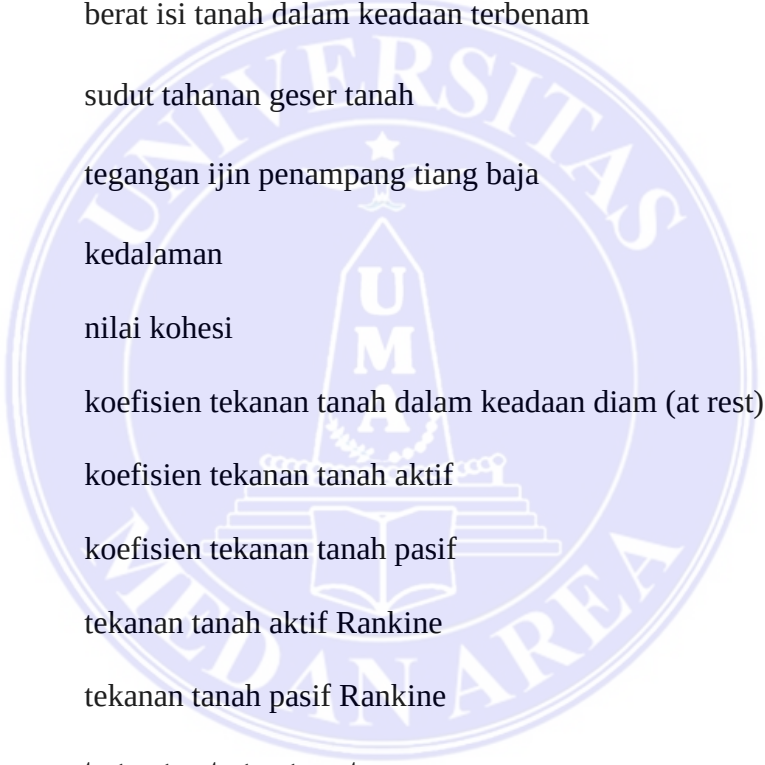


DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Komponen dalam Berbagai Macam Tipe Tanah	9
Tabel 2.2 Sifat Tanah Berdasarkan Uji Lapangan	10
Tabel 2.3 Uraian Struktur Endapan Tanah.....	11
Tabel 2.4 Penggolongan Jenis Tanah Berdasarkan Ukuran Butir Tanah	11
Tabel 2.5 Proporsi Fraksi menurut Kelas Tekstur Tanah	14
Tabel 2.6 Klasifikasi Tanah Berdasarkan AASHTO	15
Tabel 2.7 Klasifikasi Tanah Berdasarkan Sistem Unified (USCS)..	20
Tabel 2.8 Hubungan Antarfase pada Tanah.....	23
Tabel 2.9 Tegangan Ijin Penampang Tiang Baja	40
Tabel 2.10 Sifat-Sifat Penampang Tiang Baja	41



DAFTAR NOTASI



γ	berat isi tanah
γ_d	berat isi tanah dalam keadaan kering
γ_w	berat isi air
γ_{sat}	berat isi tanah dalam keadaan jenuh
γ'	berat isi tanah dalam keadaan terbenam
ϕ	sudut tahanan geser tanah
σ_{all}	tegangan ijin penampang tiang baja
z	kedalaman
c	nilai kohesi
K_0	koefisien tekanan tanah dalam keadaan diam (at rest)
K_a	koefisien tekanan tanah aktif
K_p	koefisien tekanan tanah pasif
P_a	tekanan tanah aktif Rankine
P_p	tekanan tanah pasif Rankine
$p_{1, 2, 3}$	tegangan-tegangan utama
P	tekanan atau tegangan efektif

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Dinding turap (*sheet pile walls*) merupakan sebuah struktur yang di desain dan dibangun untuk menahan tekanan lateral (horizontal) tanah ketika terdapat perubahan dalam elevasi tanah yang melampaui kedalaman tanah. Konstruksi ini juga sering digunakan untuk membangun sebuah dinding yang berfungsi sebagai penahan tanah dalam konstruksi dermaga. Perencanaan dinding turap yang dilakukan pada proyek pembangunan dermaga di Belawan International Container Terminal ini adalah perencanaan dinding turap kantilever yang direkomendasikan untuk dinding dengan ketinggian sedang, dimana turap kantilever ini dipancangkan pada tanah berpasir.

Dalam perencanaan dinding turap perlu diperhatikan aspek geoteknik mengenai perencanaan konstruksi dinding turap tersebut. konstruksi dinding ini digunakan untuk menjaga kestabilan tanah dan mencegah keruntuhan konstruksi akibat tekanan tanah. Karena itu sangat penting untuk merencanakan dinding turap dengan baik untuk keamanan dan kestabilannya demi mencegah hal-hal yang merugikan.

Ada banyak faktor yang menentukan dalam perencanaan dinding turap ini seperti berat jenis tanah kondisi lapangan dan kondisi kering, nilai kohesi tanah, sudut geser tanah, dan data lainnya dari hasil pengujian tanah di laboratorium. Hal inilah yang melatarbelakangi penulis untuk mengangkat judul mengenai perencanaan dinding turap sebagai skripsi sesuai kebutuhan konstruksi, dengan

kondisi tanah yang berpasir dan dengan ketinggian rencana dinding turap 8 m diatas garis galian, serta menggunakan jenis dinding turap kantilever.

1.2. Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud dari penelitian ini adalah untuk menganalisa perancangan dinding turap (*sheet pile walls*) pada proyek pembangunan dermaga di Belawan International Container Terminal.

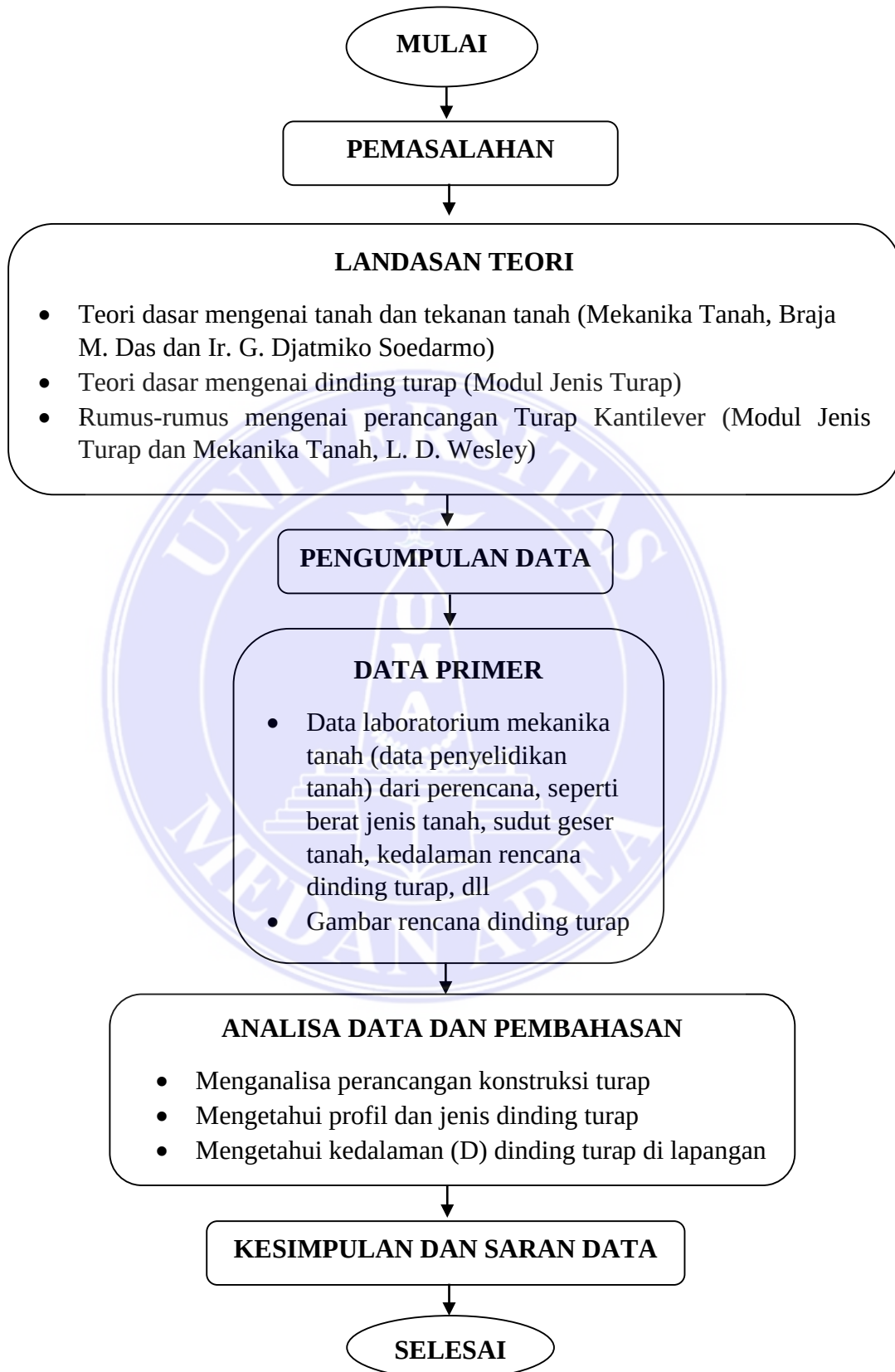
Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui profil dimensi dinding turap yang digunakan untuk menahan masuknya air kedalam lubang galian dalam pembangunan dermaga di Belawan International Container Terminal.

1.3. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang digunakan pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Data tanah yang ditinjau adalah tanah berpasir hasil dari laboratorium mekanika tanah.
2. Jenis dinding turap yang direncanakan adalah dinding turap kantilever.
3. Ketinggian rencana dinding turap yang akan digunakan dalam perancangan adalah 8 m diatas garis galian.

1.4. Kerangka Berpikir



BAB II

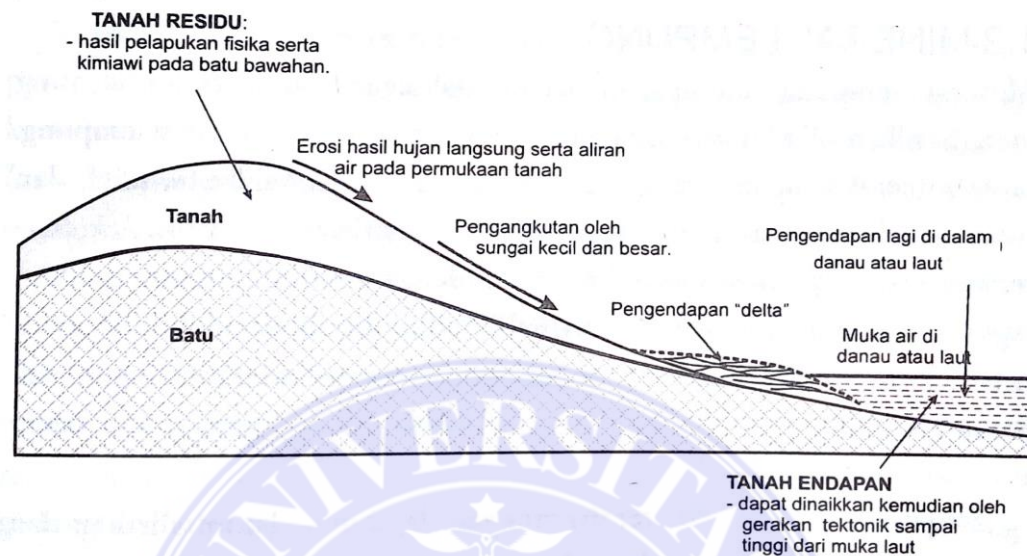
TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pembentukan Tanah

Menurut (Wesley, 2010; 1-3) Tanah dibentuk oleh pelapukan fisika dan kimiawi pada batuan. Pelapukan fisika terdiri atas dua jenis. Jenis pertama adalah penghancuran, disebabkan terutama oleh pembasahan dan pengeringan terus-menerus ataupun pengaruh salju dan es. Jenis kedua adalah pengikisan, akibat air, angin, ataupun sungai es (*glacier*). Proses ini menghasilkan butir yang kecil sampai yang besar, namun komposisinya masih tetap sama dengan batuan asalnya. Butir lanau dan pasir biasanya terdiri atas satu mineral saja. Butir yang lebih kasar terdiri atas beberapa jenis mineral, seperti halnya pada batuan asalnya. Pelapukan fisika tidak pernah menghasilkan tanah yang bersifat lempung meskipun ukurannya sama kecilnya dengan butir lempung. Untuk menghasilkan lempung, harus ada juga pelapukan kimiawi.

Pelapukan kimiawi adalah proses yang lebih rumit daripada pelapukan fisika. Pelapukan kimiawi memerlukan air serta oksigen dan karbon dioksida. Proses kimiawi ini mengubah mineral yang terkandung dalam batuan menjadi jenis mineral lain yang sangat berbeda sifatnya. Mineral baru ini disebut mineral lempung. Mineral ini masih termasuk bahan yang disebut kristalin, dan besarnya umumnya lebih kecil dari 0,002 mm. Mineral lempung inilah yang menghasilkan sifat lempung yang khusus, yaitu kohesi serta plastisitas. Kohesi menunjukkan kenyataan bahwa bagian-bagian itu melekat satu sama lainnya, sedangkan plastisitas adalah sifat yang memungkinkan bentuk bahan itu dirubah-rubah tanpa

perubahan isi atau tanpa kembali ke bentuk aslinya, dan tanpa terjadi retakan-retakan atau terpecah-pecah.



Gambar 2.1 Cara Pembentukan Tanah.

Sumber: Mekanika Tanah, L. D. Wesley, 2010

Jenis mineral lempung yang dihasilkan pada suatu keadaan tertentu bergantung pada batuan asal dan lingkungan pelapukan. Faktor-faktor penting adalah iklim, topografi, dan nilai pH dari air yang merembes dalam tanah.

Semua macam tanah secara umum terdiri dari tiga bahan, yaitu butiran tanahnya sendiri, serta air dan udara yang terdapat dalam ruangan yang berupa pori (*void*) antara butir-butir tersebut. Apabila tanah sudah benar-benar kering maka tidak akan ada air sama sekali dalam porinya, keadaan semacam ini jarang ditemukan pada tanah yang masih dalam keadaan asli di lapangan. Air hanya dapat dihilangkan sama sekali dari tanah apabila kita ambil tindakan khusus, misalnya dengan memanaskan di dalam oven.

Peranan tanah ini sangat penting dalam perencanaan atau pelaksanaan bangunan karena tanah tersebut berfungsi untuk mendukung beban yang ada

diatasnya, oleh karena itu tanah yang akan dipergunakan untuk mendukung konstruksi harus dipersiapkan terlebih dahulu sebelum dipergunakan sebagai tanah dasar (*subgrade*).

2.2. Klasifikasi Tanah

Menurut (Terzaghi, 1993: 4-5) berdasarkan asal mula penyusunannya, tanah dapat dibedakan ke dalam dua kelompok besar, yaitu sebagai hasil pelapukan (*weathering*) secara fisis dan kimia, dan yang berasal dari bahan organik. Jika hasil pelapukan masih berada di tempat asalnya disebut **tanah residual**, apabila telah berpindah tempat disebut **tanah angkutan**.

Tanah residual yang terjadi di daerah iklim sedang atau setengah kering biasanya kaku dan stabil serta tidak meluas ke kedalaman yang besar. Akan tetapi, khususnya di iklim lembab panas dimana lama penyinaran matahari lebih panjang, tanah residual mungkin meluas hingga kedalaman beberapa ratus meter. Tanah jenis ini mungkin kuat dan stabil, tapi mungkin mengandung bahan yang sangat kompresibel (mudah mampat) di sekitar bongkah-bongkah batuan yang belum begitu lapuk. Dalam keadaan seperti ini, tanah tersebut dapat menimbulkan kesulitan pada pondasi dan konstruksi jenis lainnya.

Tanah angkutan atau yang biasa disebut tanah organik biasanya terbentuk di tempatnya berada, baik melalui pertumbuhan dan peluruhan beruntun tumbuhan seperti lumut gambut, atau melalui penumpukan fragmen-fragmen rangka bahan anorganik atau kulit-kulit organisme. Ini berarti, yang dimaksud dengan tanah organik adalah tanah yang dapat berupa susunan unsur organik

ataupun anorganik yang bisa berupa hasil pelapukan batuan dengan suatu campuran hasil luruhan bahan-bahan tumbuhan.

Sedangkan untuk dilapangan, tanah diklasifikasikan menjadi beberapa jenis seperti pasir, hardpan, lanau anorganik, lanau organik, lempung, lempung organik, gambut, kerikil, dan bongkah.

Pasir dan **kerikil** merupakan agregat yang tak berkoheisi yang tersusun dari fragmen-fragmen yang bersudut (*angular*), biasanya berasal dari batuan atau mineral yang belum mengalami perubahan. Partikel yang berukuran sampai 2 mm dinamakan pasir, yang berukuran 2 mm sampai 200 mm disebut kerikil, sedangkan yang lebih besar dari 200 mm dikenal sebagai **bongkah** (*boulders*).

Hardpan merupakan tanah yang tahanannya terhadap penetrasi alat pemboran besar sekali. Sebagian besar tanah jenis ini dijumpai dalam keadaan bergradasi baik, sangat padat, dan merupakan agregat partikel mineral yang kohesif.

Lanau anorganik (*inorganic silt*) merupakan tanah berbutir halus dengan plastisitas kecil atau sama sekali tidak memiliki plastisitas. Jenis yang plastisitasnya paling kecil biasanya mengandung butiran kuarsa sedimen, yang kadang-kadang disebut tepung batuan (*rock flour*), sedangkan yang sangat plastis mengandung partikel berwujud serpihan dan dikenal sebagai **lanau plastis**. Karena teksturnya halus, lanau anorganik sering dianggap sebagai lempung, tetapi sebenarnya dapat dibedakan tanpa pengujian laboratorium. Jika diguncang dalam telapak tangan, selapis lanau anorganik jenuh akan mengeluarkan air sehingga permukaannya akan nampak berkilat. Selanjutnya bila dilekukkan di antara jari tangan, permukaannya kembali pudar/tak berkilat. Setelah mengering, lapisan

menjadi rapuh, dan debu dapat dikelupas dengan menggosokkan jari tangan. Lanau bersifat kedap air, namun dalam keadaan lepas, lanau bisa naik ke lubang pengeboran atau lubang galian seperti cairan kental. Tanah jenis ini bersifat sangat tidak stabil.

Lanau organik merupakan tanah agak plastis, berbutir halus dengan campuran partikel-partikel bahan organik terpisah secara halus. Mungkin juga ditemukan adanya kulit-kulit dan fragmen tumbuhan yang meluruh sebagian. Warna tanah bervariasi dari abu-abu terang ke abu-abu gelap, di samping itu mungkin mengandung H_2S , CO_2 , serta berbagai gas lain hasil peluruhan tumbuhan yang akan memberikan bau khas kepada tanah. Permeabilitas lanau organik sangat rendah sedangkan kompresibilitasnya sangat tinggi.

Lempung merupakan agregat partikel-partikel berukuran mikroskopik dan submikroskopik yang berasal dari pembusukan kimiawi unsur-unsur penyusun batuan dan bersifat plastis dengan kadar air yang sedang sampai tinggi. Dalam keadaan kering sangat keras dan tidak mudah terkelupas hanya dengan jari tangan. Permeabilitas lempung sangat rendah, pada keadaan dengan kadar air yang tinggi (basah) lempung bersifat lengket.

Lempung organik adalah lempung yang sebagian sifat-sifat fisis pentingnya dipengaruhi oleh adanya bahan organik yang terpisah. Dalam keadaan jenuh lempung organik cenderung bersifat sangat kompresibel, tapi pada keadaan kering kekuatannya sangat tinggi. Warnanya biasanya abu-abu tua atau hitam, di samping itu mungkin berbau menyengat.

Gambut (*peat*) adalah agregat agak berserat yang berasal dari serpihan makroskopik dan mikroskopik tumbuh-tumbuhan. Warnanya bervariasi antara

cokelat terang dan hitam. Gambut juga bersifat kompresibel, sehingga hampir selalu tidak mungkin menopang pondasi. Berbagai macam teknik telah dicoba untuk mendirikan tanggul tanah di atas lapisan gambut tanpa risiko runtuh, namun penurunan (*settlement*) tanggul tetap cenderung besar serta berlanjut dengan laju yang makin berkurang selama bertahun-tahun.

Tipe-tipe tanah yang telah dijelaskan di atas akan lebih mudah dipahami melalui tabel-tabel berikut,

Tabel 2.1. Komponen dalam Berbagai Macam Tipe Tanah

KERIKIL sedikit berpasir	sampai 5% pasir
KERIKIL berpasir	5% - 20% pasir
KERIKIL sangat berpasir	pasir di atas 20%
KERIKIL/PASIR	proporsinya kurang lebih sama
PASIR sangat berkerikil	kerikil di atas 20%
PASIR berkerikil	5% - 20% kerikil
PASIR sedikit berkerikil	sampai 5% kerikil
PASIR (atau KERIKIL) sedikit berlanau	sampai 5% lanau
PASIR (atau KERIKIL) berlanau	5% - 15% lanau
PASIR (atau KERIKIL) sangat berlanau	15% - 35% lanau
PASIR (atau KERIKIL) sedikit berlempung	sampai 5% lempung
PASIR (atau KERIKIL) berlempung	5% - 15% lempung
PASIR (atau KERIKIL) sangat berlempung	15% - 35% lempung
LANAU (atau LEMPUNG) berpasir	35% - 65% pasir
LANAU (atau LEMPUNG) berkerikil	35% - 65% kerikil

Sumber: Mekanika Tanah, R. F. Craig, 1987

Tabel 2.2. Sifat Tanah Berdasarkan Uji Lapangan

Tipe Tanah	Sifat	Uji Lapangan
Pasir/Kerikil	Lepas	Dapat digali dengan sekop; pasak kayu 50 mm dapat ditancapkan dengan mudah.
	Padat	Dibutuhkan cangkul untuk menggali; pasak kayu 50 mm sulit ditancapkan.
	Sedikit terikat	Pengujian secara visual; cangkul memindahkan gumpalan-gumpalan tanah yang dapat terkikis.
Lanau	Lunak atau Lepas	Mudah diremas dengan jari.
	Keras atau Padat	Dapat diremas dengan tekanan yang kuat pada jari-jari tangan.
Lempung	Sangat Lunak	Meleleh diantara jari-jari tangan ketika diperas.
	Lunak	Dapat diremas dengan mudah.
	Keras	Dapat diremas dengan tekanan jari yang kuat.
	Kaku	Tidak dapat diremas dengan jari; dapat ditekan dengan ibu jari.
	Sangat Kaku	Dapat ditekan dengan kuku ibu jari.
Organik/Gambut	Keras	Serat-serat telah tertekan.
	Berongga	Sangat kompresibel dan struktur terbuka.
	Plastis	Dapat diremas dengan tangan dan menyebar pada jari-jari.

Sumber: Mekanika Tanah, R. F. Craig, 1987

Tabel 2.3. Uraian Struktur Endapan Tanah

Homogen	Endapan mengandung satu tipe tanah saja.
Saling melapis	Lapisan-lapisan bolak-balik (alternating) dari beragam tipe atau dengan batas atau lensa dari material lain (skala interval untuk jarak-jarak alas atau tebal lapisan dapat dipakai).
Heterogen	Campuran dari beberapa tipe tanah.
Lapukan	Partikel-partikel kasar dapat melemah dan membentuk pelapisan satu titik.
	Tanah halus biasanya memiliki struktur kolom atau remah-remah.
Bercelah (lempung)	Pecah menjadi segi banyak sepanjang celah (skala interval dapat dipakai untuk jarak diskontinuitas).
Sempurna (lempung)	Tidak ada celah-celah.
Berserat (humus)	Tumbuh-tumbuhan yang tersisa dapat diterima dan memiliki sedikit kekuatan.
Tak berbentuk/ Amorfis (Gambut)	Tidak terdapat sisa-sisa tumbuhan.

Sumber: Mekanika Tanah, R. F. Craig, 1987

Tabel 2.4. Penggolongan Jenis Tanah Berdasarkan Ukuran Butir Tanah

Berangkal (<i>boulder</i>)	> 20 cm
Kerakal (<i>cobblestone</i>)	8 – 20 cm
Kerikil (<i>gravel</i>)	0,2 – 8 cm
Pasir kasar (<i>course sand</i>)	0,06 – 0,2 cm
Pasir sedang (<i>medium sand</i>)	0,02 – 0,06 cm
Pasir halus (<i>fine sand</i>)	0,006 – 0,02 cm
Lanau (<i>silt</i>)	0,0002 – 0,006 cm
Lempung (<i>clay</i>)	< 0,0002 cm

Sumber: Buku Teknik Sipil, Ir. V. Sunggono K. H., 1995

2.2.1. Sistem Klasifikasi USDA

Klasifikasi tekstur ini dikembangkan oleh Departemen Pertanian Amerika Serikat (*U.S. Department of Agriculture*) dan deskripsi batas susunan butir tanah di bawah sistem USDA. Kemudian dikembangkan lebih lanjut dan digunakan untuk pekerjaan jalan raya yang lebih dikenal dengan klasifikasi berdasarkan persentase susunan butir tanah oleh *U.S. Public Roads Administration* (Soedarmo, 1997).

Pada umumnya, tanah terbagi dalam beberapa kelompok seperti kerikil (*gravel*), pasir (*sand*), lanau (*silt*), dan lempung (*clay*). Tanah asli merupakan campuran dari butir-butir yang mempunyai ukuran yang berbeda-beda. Dalam sistem klasifikasi tanah berdasarkan tekstur, tanah diberi nama atas dasar komponen utama yang dikandungnya, misalnya lempung berpasir (*sandy clay*), lempung berlanau (*silty clay*), dan seterusnya. Gambar 2.2 menunjukkan sistem sistem klasifikasi berdasarkan tekstur tanah yang dikembangkan oleh USDA, sistem ini didasarkan pada ukuran batas dari butiran tanah (Das, 1993).

Pemakaian bagan dalam gambar 2.2 dapat diterangkan secara jelas dengan menggunakan sebuah contoh. Apabila distribusi ukuran butir tanah A adalah 30% pasir, 40% lanau, dan 30% butiran dengan ukuran lempung ($< 0,002 \text{ mm}$), klasifikasi tanah yang bersangkutan dapat ditentukan dengan cara seperti yang ditunjukkan dengan anak panah dalam gambar 2.2. Jenis tanah A termasuk dalam daerah lempung tanah liat. Bagan ini hanya didasarkan pada bagian tanah yang lolos lewat ayakan No. 10, apabila tanahnya mengandung butiran berdiameter lebih dari 2 mm dalam persentase tertentu, maka perlu diadakan koreksi. Sebagai contoh, apabila tanah B mempunyai pembagian ukuran butiran 20% kerikil, 10%

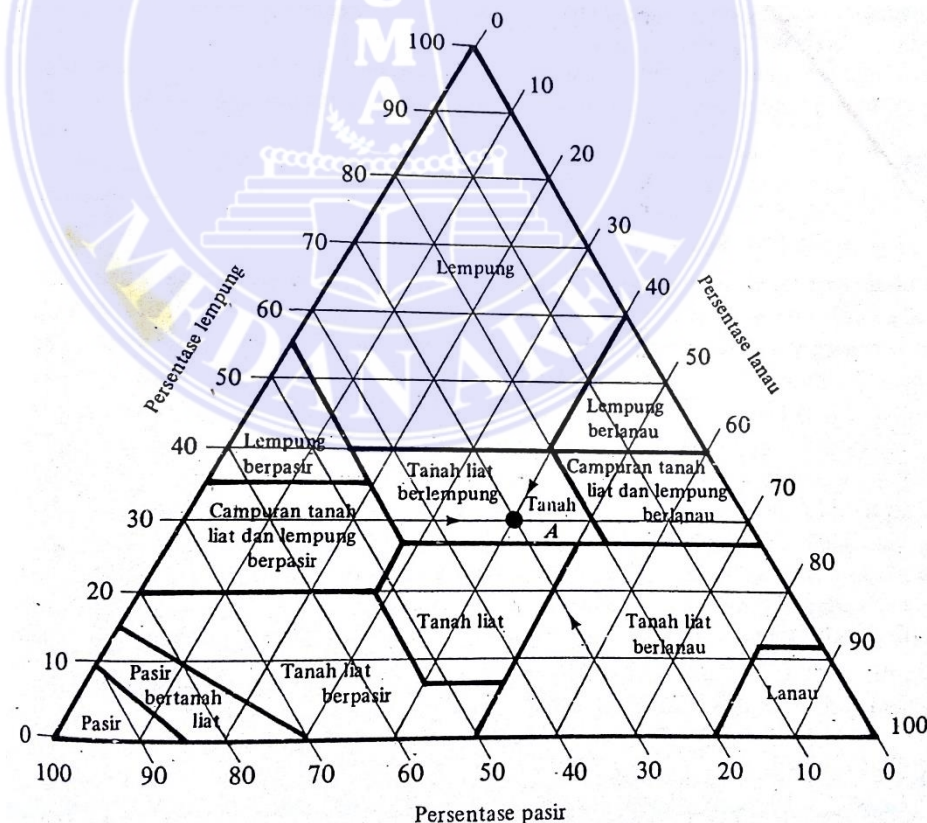
pasir, 30% lanau, dan 40% lempung, komposisi tekstural yang dimodifikasi adalah:

$$\text{Pasir} : \frac{10 \times 100}{(100 - 20)} = 12,5\%$$

$$\text{Lanau} : \frac{30 \times 100}{(100 - 20)} = 37,5\%$$

$$\text{Lempung} : \frac{40 \times 100}{(100 - 20)} = 50,0\%$$

Berdasarkan pada persentase butiran yang telah dimodifikasi tersebut, sistem klasifikasi USDA menunjukkan bahwa tanah B termasuk tanah lempung. Tetapi, karena persentase kerikil oleh tanah B cukup besar, maka tanah tersebut dapat dinamakan sebagai lempung berkerikil (*gravelly clay*).



Gambar 2.2 Klasifikasi Berdasarkan Tekstur oleh Departemen Pertanian Amerika Serikat (USDA)

Sumber: Mekanika Tanah 1, Braja M. Das, 1993

Tabel 2.5. Proporsi Fraksi menurut Kelas Tekstur Tanah

Kelas Tekstur Tanah	Proporsi Fraksi Tanah (%)		
	Pasir(Sand)	Debu(Silt)	Liat (Clay)
Pasir (Sandy)	> 85	< 15	< 10
Pasir Berlempung (Loam Sandy)	70-90	15-30	< 15
Lempung Berpasir (Sandy Loam)	40-87.5	< 50	< 20
Lempung (Loam)	22.5-52.5	30-50	10-30
Lempung Liat Berpasir (Sandy-Clay-Loam)	45-80	< 30	20-37.5
Lempung Liat berdebu (Sandy-silt loam)	< 20	40-70	27.5-40
Lempung Berliat (Clay Loam)	20-45	15-52,5	27.5-40
Lempung Berdebu (Silty Loam)	< 47.5	50-87,5	< 27,5
Debu (Silt)	< 20	> 80	< 12.5
Liat Berpasir (Sandy-Clay)	45-62.5	< 20	37.5-57.5
Liat Berdebu (Silty-Clay)	< 20	40-60	40-60
Liat (Clay)	< 45	< 40	> 40

Sumber: <http://www.generasibiologi.com/2016/03/tekstur-tanah.html>,

diakses tanggal 1 Oktober 2017

2.2.2. Sistem Klasifikasi AASHTO

Sistem klasifikasi AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials Classification*) berguna untuk menentukan kualitas tanah dalam perencanaan timbunan jalan, *subbase*, dan *subgrade*. Tanah–tanah dalam

tiap kelompoknya dievaluasi terhadap indeks kelompoknya yang dihitung dengan rumus-rumus empiris. Pengujian yang dilakukan adalah analisis saringan dan batas-batas Atterberg (Hardiyatmo, 2002).

Tabel 2.6. Klasifikasi Tanah Berdasarkan AASHTO

Klasifikasi umum	Tanah berbutir (35% atau kurang dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No.200)						
Klasifikasi kelompok	A-1		A-3	A-2			
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7
Analisis ayakan (%) No.10 No.40 No.200	Maks 50 Maks 30 Maks 15	Maks 50 Maks 25	Min 51 Maks 10	Maks 35	Maks 35	Maks 35	Maks 35
Sifat fraksi yang lolos ayakan No.40 Batas Cair (LL) Indeks Plastisitas (PI)	Maks 6		NP	Maks 40 Maks 10	Min 41 Maks 10	Maks 40 Min 11	Min 41 Min 41
Tipe material yang paling dominan	Batu pecah, kerikil dan pasir		Pasir halus	Kerikil dan pasir yang berlanau atau berlempung			
Penilaian sebagai bahan tanah dasar	Baik sekali sampai baik						
Klasifikasi umum	Tanah berbutir (Lebih dari 35% dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No.200)						
Klasifikasi kelompok	A-4		A-5		A-6		A-7
Analisis ayakan (%) No.10 No.40 No.200	Min 36		Min 36		Min 36		Min 36
Sifat fraksi yang lolos ayakan No.40 Batas Cair (LL) Indeks Plastisitas (PI)	Maks 40 Maks 10		Maks 41 Maks 10		Maks 40 Maks 11		Min 41 Min 11
Tipe material yang paling dominan	Tanah berlanau				Tanah Berlempung		
Penilaian sebagai bahan tanah dasar	Biasa sampai jelek						

Catatan:

Untuk A-7-5, $PI \leq LL - 30$

Untuk A-7-6, $PI > LL - 30$

Sumber: Mekanika Tanah 1, Braja M. Das, 1993

Sistem klasifikasi AASTHO yang sekarang digunakan mengklasifikasikan tanah ke dalam tujuh kelompok besar yaitu A-1 sampai A-7. Tanah-tanah yang diklasifikasikan dalam kelompok A-1, A-2, dan A-3 adalah tanah-tanah berbutir kasar dimana 35 % atau kurang dari jumlah butiran tanah tersebut lolos ayakan No. 200. Tanah-tanah yang 35% atau lebih lolos ayakan No. 200 diklasifikasikan dalam kelompok A-4, A-5, A-6, dan A-7. Pada umumnya tanah-tanah ini adalah lanau dan lempung (Soedarmo, 1997).

Menurut (Das, 1993), sistem klasifikasi AASHTO didasarkan pada kriteria-kriteria sebagai berikut:

1. Ukuran Butir:

Kerikil, bagian tanah yang lolos ayakan dengan diameter 5 mm dan yang tertahan pada ayakan No. 10 (2 mm).

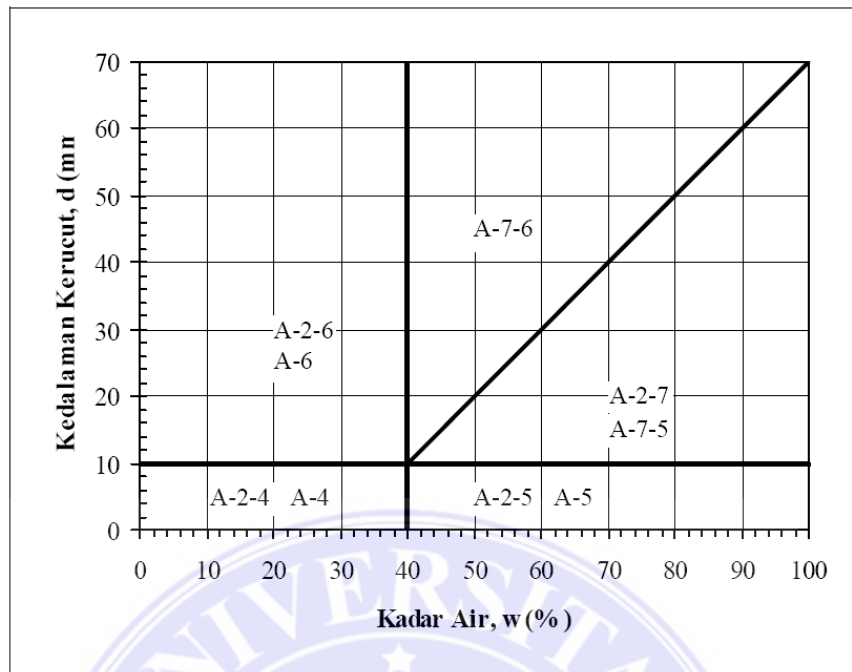
Pasir, bagian tanah yang lolos ayakan No. 10 (2 mm) dan yang tertahan pada ayakan No. 200 (0,075 mm).

Lanau dan lempung, bagian tanah yang lolos ayakan No. 200.

2. Plastisitas:

Apabila bagian-bagian yang halus dari tanah mempunyai indeks plastisitas (PI) sebesar 10 atau kurang, maka tanah tersebut dinamakan **lanau**. Apabila bagian-bagian halus dari tanah mempunyai indeks plastisitas (PI) sebesar 11 atau lebih maka tanah tersebut dinamakan **lempung**.

3. Apabila **batuan** (ukuran lebih besar dari 75 mm) ditemukan di dalam contoh tanah yang akan ditentukan klasifikasi tanahnya, maka batuan-batuan tersebut harus dikeluarkan terlebih dahulu. Tetapi, persentase dari batuan yang dikeluarkan tersebut harus dicatat.



Gambar 2.3 Nilai-Nilai Batas Atterberg untuk Subkelompok Tanah.

Sumber: Mekanika Tanah 1, Ir. G. Djatmiko Soedarmo, 1997

Menurut (Hardiyatmo, 2002), untuk mengevaluasi lebih lanjut tanah-tanah dalam kelompoknya digunakan indeks kelompok (GI) yang dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$GI = (F-35)[0,2 + 0,005 (LL-40)] + 0,01 (F-15)(PI-10).....(2.1)$$

GI = indeks kelompok (*group index*)

F = persen butiran lolos saringan no.200 (0,075 mm)

LL = batas cair

PI = indeks plastisitas

Bila indeks kelompok (GI) semakin tinggi, maka tanah semakin berkurang ketepatan penggunaannya. Tanah granular diklasifikasikan ke dalam A-1 sampai A-3. Tanah A-1 merupakan tanah granular bergradasi baik, sedangkan A-3 adalah pasir bersih bergradasi buruk. Tanah A-2 termasuk tanah granuler (kurang dari

35% lolos ayakan No. 200), tetapi masih mengandung lanau dan lempung. Tanah berbutir halus diklasifikasikan dari A-4 sampai A-7, yaitu tanah lempung lanau.

Menurut (Soedarmo, 1997), terdapat beberapa ketentuan dalam menentukan indeks kelompok (GI), yaitu:

1. Jika persamaan (2.1) menghasilkan harga GI negatif, maka diambil $GI = 0$.
2. Indeks kelompok yang diitung dari persamaan (2.1) dibulatkan ke bilangan bulat yang terdekat dan ditempatkan dalam tanda kurung di belakang kelompok dan sub kelompok tanah, misalnya A-2-3 (3).
3. Dalam hal ini tidak ada batas lebih tinggi untuk indeks kelompok.
4. Indeks kelompok tanah digolongkan ke dalam kelompok-kelompok:
A-1-a, A-1-b, A-2-4, A-2-5 dan A-3 akan selalu nol
5. Jika mengitung indeks kelompok untuk tanah-tanah yang tergolong dalam kelompok-kelompok A-2-6 dan A-2-7, maka bagian indeks kelompok untuk PI dapat digunakan persamaan:
$$GI = 0,01 (F-15)(PI-10) \dots \dots \dots (2.2)$$

2.2.3. Sistem Klasifikasi Unified (USCS)

Sistem klasifikasi yang umum digunakan di dunia adalah *Unified Soil Classification System* (USCS) atau sistem klasifikasi kesatuan. Sistem ini dikembangkan oleh Casagrande untuk digunakan dalam penilaian tanah dalam pembangunan lapangan terbang (Wesley, 2010).

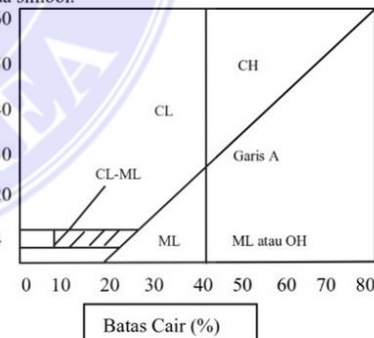
Menurut (Das, 1993), sistem klasifikasi USCS mengklasifikasikan tanah ke dalam dua kategori utama yaitu:

1. Tanah berbutir kasar (*coarse-grained soil*), yaitu tanah kerikil dan pasir yang kurang dari 50% berat total contoh tanah lolos saringan No.200. Simbol untuk kelompok ini adalah G (*gravel*) untuk tanah berkerikil dan S (*sand*) untuk tanah berpasir. Selain itu juga dinyatakan gradasi tanah dengan simbol W (*well*) untuk tanah bergradasi baik dan P (*poor*) untuk tanah bergradasi buruk.
2. Tanah berbutir halus (*fine-grained soil*), yaitu tanah yang lebih dari 50% berat contoh tanahnya lolos dari saringan No.200. Simbol kelompok ini dimulai dengan huruf awal M untuk lanau (*silt*) anorganik, C (*clay*) untuk lempung anorganik dan O untuk lanau organik. Simbol Pt (*peat*) digunakan untuk gambut (*peat*), dan tanah dengan kandungan organik tinggi. Plastisitas dinyatakan dengan L (*low*) untuk plastisitas rendah dan H (*high*) untuk plastisitas tinggi.

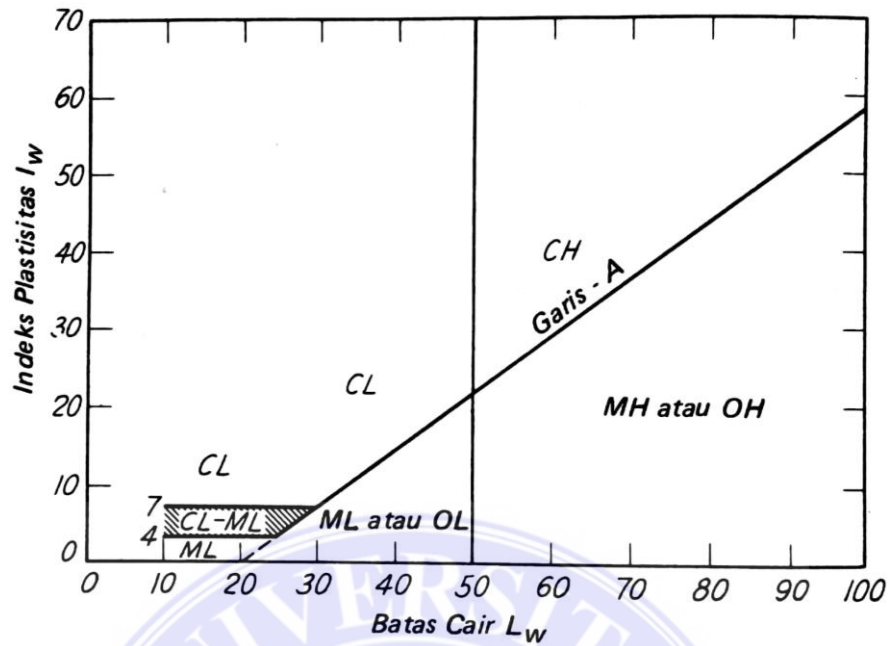
Tanah berbutir kasar ditandai dengan simbol kelompok seperti GW, GP, GM, GC, SW, SP, dan SC. Untuk klasifikasi yang benar, faktor-faktor berikut ini perlu diperhatikan:

1. Persentase butiran yang lolos ayakan No. 200 (fraksi halus).
2. Persentase fraksi kasar yang lolos ayakan No. 40.
3. Koefisien keseragaman (*uniformity coefficient*, C_u) dan koefisien gradasi (*graduation coefficient*, C_c) untuk tanah di mana 0-12% lolos ayakan No. 200.
4. Batas cair (LL) dan indeks plastisitas (PI) bagian tanah yang lolos ayakan No. 40 (untuk tanah di mana 5% atau lebih lolos ayakan No. 200)

Tabel 2.7. Klasifikasi Tanah Berdasarkan Sistem Unified (USCS)

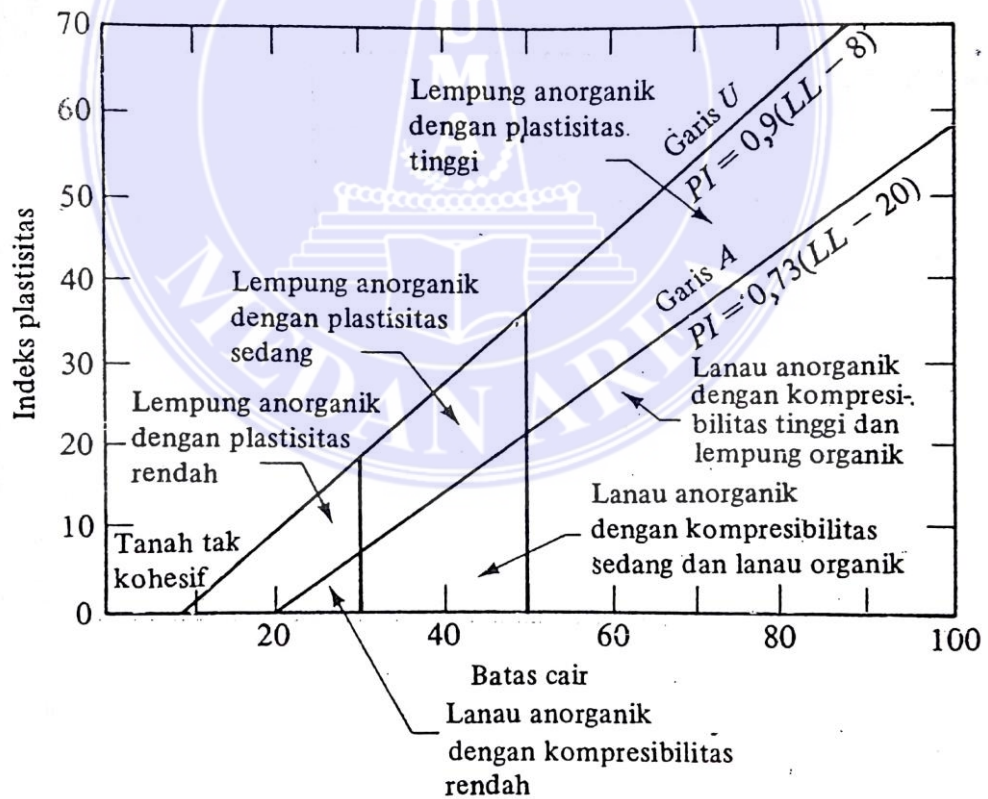
Divisi Utama		Simbol	Nama Umum	Kriteria Klasifikasi	
Tanah berbutir kasar $\geq 50\%$ butiran tertahan saringan No. 200	Kerikil $50\% \geq$ fraksi kasar tertahan saringan No. 4	Kerikil bersih (hanya kerikil)	GW	Klasifikasi berdasarkan prosentase butiran halus ; Kurang dari 5% lolos saringan no.200: GM, GP, SW, SP. Lebih dari 12% lolos saringan no.200 : GM, GC, SM, SC. 5% - 12% lolos saringan No.200 : Batasan klasifikasi yang mempunyai simbol doble	$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$ $Cc = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Antara 1 dan 3 Tidak memenuhi kedua kriteria untuk GW
		Kerikil dengan Butiran halus	GP		
			GM		Batas-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI < 4$ Bila batas <i>Atterberg</i> berada didaerah arsir dari diagram plastisitas, maka dipakai simbol
			GC		Batas-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI > 7$ Bila batas <i>Atterberg</i> berada didaerah arsir dari diagram plastisitas, maka dipakai doble simbol
	Pasir $\geq 50\%$ fraksi kasar lolos saringan No. 4	Pasir bersih (hanya pasir)	SW		$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 6$ $Cc = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Antara 1 dan 3 Tidak memenuhi kedua kriteria untuk SW
		Pasir dengan butiran halus	SP		
			SM		Batas-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI < 4$ Bila batas <i>Atterberg</i> berada didaerah arsir dari diagram plastisitas, maka dipakai simbol
			SC		Batas-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI > 7$ Bila batas <i>Atterberg</i> berada didaerah arsir dari diagram plastisitas, maka dipakai doble simbol
Tanah berbutir halus 50% atau lebih lolos ayakan No. 200	Lanau dan lempung batas cair $\leq 50\%$		ML	Diagram Plastisitas: Untuk mengklasifikasi kadar butiran halus yang terkandung dalam tanah berbutir halus dan kasar. Batas <i>Atterberg</i> yang termasuk dalam daerah yang di arsir berarti batasan klasifikasinya menggunakan dua simbol. 	
			CL		
			OL		
	Lanau dan lempung batas cair $\geq 50\%$		MH		
			CH		
			OH		
					Garis A : $PI = 0.73 (LL-20)$
Tanah-tanah dengan kandungan organik sangat tinggi		PT	<i>Peat</i> (gambut), <i>muck</i> , dan tanah-tanah lain dengan kandungan organik tinggi	Manual untuk identifikasi secara visual dapat dilihat di ASTM Designation D-2488	

Sumber: Mekanika Tanah 1, Hary Christady Hardiyatmo, 2002



Gambar 2.4 Grafik Plastisitas untuk Klasifikasi USCS.

Sumber: Mekanika Tanah dalam Praktik Rekayasa, Karl Terzaghi, 1993



Gambar 2.5 Grafik Plastisitas.

Sumber: Mekanika Tanah 1, Braja M. Das, 1993

Seperti yang terlihat pada gambar 2.5, bila mengabaikan garis U, lanau adalah tanah yang mempunyai batas cair dan indeks plastisitas terletak dibawah garis A dan lempung berada diatas garis A. Lanau, lempung dan tanah organis dibagi lagi menjadi batas cair yang rendah (L) dan tinggi (H). Garis pembagi antara batas cair yang rendah dan tinggi ditentukan pada angka 50 seperti:

1. Kelompok ML dan MH adalah tanah yang diklasifikasikan sebagai lanau pasir, lanau lempung atau lanau organis dengan plastisitas relatif rendah.
2. Kelompok CH dan CL terutama adalah lempung anorganik. Kelompok CH adalah lempung dengan plastisitas sedang sampai tinggi mencakup lempung gemuk. Lempung dengan plastisitas rendah yang dikalsifikasikan CL biasanya adalah lempung kurus, lempung kepasiran atau lempung lanau.
3. Kelompok OL dan OH adalah tanah yang ditunjukkan sifat-sifatnya dengan adanya bahan organik. Lempung dan lanau organik termasuk dalam kelompok ini dan mereka mempunyai plastisitas pada kelompok ML dan MH.

2.3. Hubungan Antarfase

Tanah merupakan komposisi dari dua atau tiga fase yang berbeda. Tanah yang benar-benar kering terdiri dari dua fase yang disebut partikel padat dan udara pengisi pori (*void*). Tanah yang jenuh sempurna (*fully saturated*) juga tersiri dari dua fase, yaitu partikel padat dan air pori. Sedangkan tanah yang jenuh sebagian terdiri dari tiga fase yaitu partikel padat, udara pori, dan air pori. Komponen-komponen tanah dan hubungannya dapat dilihat dalam suatu diagram fase dan tabel berikut,

Tabel 2.8. Hubungan Antarfase pada Tanah

Sifat	contoh jenuh (W_s, W_w, G , diketahui)	contoh tak jenuh (W_s, W_w, G, V , diketahui)	Hubungan rumus-rumus			
V_s (volume butir)	$\frac{W_s}{G \cdot \rho_w}$	$V - (V_a + V_w)$	$V(1-n)$	$\frac{V}{(1+e)}$	$\frac{V_v}{e}$	
V_w (volume air)	$\frac{W_w}{\rho_w}$	$V_v - V_a$	SV_v	$\frac{SV_e}{(1+e)}$	$SV_s e$	
V_a (volume udara)	nol	$V - (V_s + V_w)$	$V_v - V_w$	$(1-S)V_v$	$\frac{(1-S)V_e}{1+e}$	$(1-S)V_s e$
V_v (volume pori)	$\frac{W_w}{\rho_w}$	$V - \frac{W_s}{G}$	$V - V_s$	$\frac{V_s n}{1-n}$	$\frac{V_e}{(1+e)}$	$V_s e$

Sifat	contoh jenuh (W_s, W_w, G , diketahui)	contoh tak jenuh (W_s, W_w, G, V , diketahui)	Hubungan rumus-rumus			
V (volume total)	$V_s + V_w$	diukur (hitung)	$V_s + V_a + V_w$	$\frac{V_s}{1-n}$	$V_s(1+e)$	$\frac{V_v(1+e)}{e}$
n (porositet)	$\frac{V_v}{V}$	$\frac{1 - V_s}{V}$	$1 - \frac{W_s}{GV\rho_w}$	$\frac{e}{1+e}$		
e (angka pori)	$\frac{V_v}{V_s}$	$\frac{V}{V_s} - 1$	$\frac{GV\rho_w}{W_s} - 1$	$\frac{W_w G}{W_s S}$	$\frac{n}{1-n}$	$\frac{WG}{S}$
W_s (berat butir)	diukur (timbang)	$\frac{W_T}{(1+w)}$	$GV\rho_w(1-n)$	$\frac{W_w G}{eS}$		
W_w (berat air)	diukur (timbang)	wW_s	$S_w V_v$	$\frac{eW_s S}{G}$		
W_T (berat total)	$W_s + W_w$	$W_s(1+w)$				
ρ_d (berat isi kering)	$\frac{W_s}{V_s + V_w}$	$\frac{W_s}{V}$	$\frac{W_T}{V(1+w)}$	$\frac{G\rho_w}{1+e}$	$\frac{G\rho_w}{1+wG/S}$	

Sumber: Buku Teknik Sipil, Ir. V. Sunggono K. H., 1995

Tabel 2.8. Hubungan Antarfase pada Tanah (Lanjutan)

Sifat	contoh jenuh (W_s, W_w, G , diketahui)	contoh tak jenuh (W_s, W_w, G, V , diketahui)		Hubungan rumus-rumus		
ρ_T (berat isi basah)	$\frac{W_s + W_w}{V_s + V_w}$	$\frac{W_s + W_w}{V}$	$\frac{W_T}{V}$	$\frac{(G+Se)\rho_w}{1+e}$	$\frac{(1+w)\rho_w}{w/S+1/G}$	—
ρ_{sat} (berat isi jenuh)	$\frac{W_s + W_w}{V_s + V_w}$	$\frac{W_s + V_v \rho_w}{V}$	$\frac{W_s}{V} \frac{e}{1+e} \rho_w$	$\frac{(G+e)\rho_w}{1+e}$	$\frac{(1+w)\rho_w}{w+1/G}$	—
w (kadar air)	$\frac{W_w}{W_s}$	$\frac{W_T}{W_s} - 1$	$\frac{Se}{G}$	$S[\frac{\rho_w}{\rho_d} - (1/G)]$	—	—
S (derajat kejenuhan)	1,00	$\frac{V_w}{V_v}$	$\frac{W_w}{V_v \rho_w}$	$\frac{wG}{e}$	$\frac{w}{(\frac{\rho_w}{\rho_d} - \frac{1}{G})}$	—
G (berat jenis)	$\frac{W_s}{V_s \rho_w}$	$\frac{Se}{w}$	—	—	—	—
ρ_{sub} (berat isi celup)	$\rho_{sat} - \rho_w$	$\frac{W_s}{V} \frac{e}{1+e} \rho_w$	$\frac{(G+e)}{1+e} \rho_w$	$\frac{(1-1/G)\rho_w}{w+1/G}$	—	—

Sumber: Buku Teknik Sipil, Ir. V. Sunggono K. H., 1995

2.4. Tanah Lempung

Tanah lempung sebagian besar terdiri dari partikel-partikel berukuran mikroskopik dan submikroskopik yang berbentuk lempengan-lempengan pipih dan merupakan partikel-partikel dari mika, mineral-mineral lempung, dan mineral-mineral yang sangat halus lainnya. Lempung didefinisikan sebagai golongan partikel yang berukuran kurang dari 0,002 mm sampai 0,005 mm juga masih digolongkan sebagai partikel lempung (Das, 1993).

Menurut (Wesley, 2010), lempung adalah tanah yang terdiri dari butiran yang halus dan sangat kecil. Lempung memiliki sifat kohesif yang berarti butirannya saling menempel dan plastisitas yang memungkinkan tanah dapat berubah bentuk tanpa mengubah volume dan tidak menyebabkan retak atau pecah,

serta tidak mengandung sejumlah bahan kasar yang dapat terlihat. Lempung memiliki ukuran butir lebih kecil dari 0,002 mm dan sebagian besar lempung hanya memiliki sekitar 15% sampai 50% kadar lempung. Lempung memiliki beberapa sifat yang dapat mempengaruhi konstruksi yang dibangun di atasnya, beberapa sifat tersebut adalah:

1. **Kepekaan (*sensitivity*)**, merupakan hilangnya kekuatan tanah lempung akibat gangguan atau pembentukan ulang tanah. Kepekaan lempung (S_t) dapat didefinisikan dengan rumus berikut,

$$S_t = \frac{\text{kekuatan geser (tak terdrainasi) tanah asli}}{\text{kekuatan geser (tak terdrainasi) setelah dibentuk ulang, pada kadar air yang sama}}$$

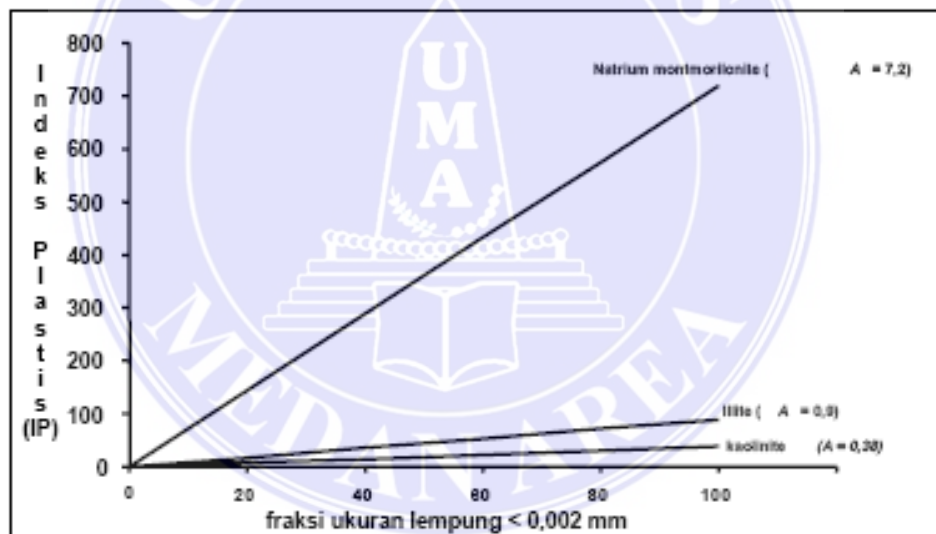
cukup diketahui bahwa kekuatan geser tak terdrainasi adalah pengukuran yang sederhana dari kuat geser tanah. Besarnya kepekaan lempung umumnya antara 1 sampai 4, tetapi sering juga ditemukan yang bernilai lebih dari 4. Ada banyak tanah dengan kekuatan geser tak terdrainasi sebesar 100 kPa, tetapi mungkin juga indeks kecairan sebesar 1. Ketika tanah semacam ini dibentuk ulang, kekuatan geser turun sampai sekecil 2 kPa, sehingga kepekaannya menjadi 50. Terdapat jenis lempung yang memiliki kepekaan lebih dari 100 dan disebut quick clay.

2. **Thixotropi**, merupakan istilah yang berarti kecenderungan lempung untuk memperoleh kekuatannya kembali setelah hilang akibat dibentuk ulang. Sangat jarang ada tanah yang memperoleh kembali kekuatan aslinya, pada kebanyakan tanah hanya sedikit kekuatan yang kembali.

3. **Aktivitas**, didefinisikan sebagai perbandingan antara Indeks Plastisitas (PI) dengan presentase butiran yang lebih kecil dari 0,002 mm (kadar lempung), disederhanakan dalam persamaan berikut:

$$\text{Aktivitas} = \frac{\text{Indeks Plastisitas}}{\text{Kadar Lempung}}$$

Apabila nilai aktivitas kurang dari 0,75 dianggap rendah, di antara 0,75 sampai 1,25 normal, dan di atas 1,25 menunjukkan aktivitas yang tinggi. Ada hubungan erat antara jenis mineral lempung dan aktivitasnya. Kaolinite, halloysite, dan allophone beraktivitas rendah, illite beraktivitas sedang atau normal, sedangkan montmorillonite beraktivitas tinggi.



Gambar 2.6 Variasi Indeks Plastisitas dengan Persen Fraksi Lempung.

Sumber: Mekanika Tanah 1, Hary Christady Hardiyatmo, 2002

Seperti yang telah dijelaskan dalam tabel 2.2, bahwa ada beberapa kriteria tertentu dalam pengujian lapangan untuk menentukan sifat-sifat tanah lempung yaitu apabila meleleh diantar jari ketika diperas maka sifatnya **sangat lunak**, bila dapat diperas dengan mudah maka sifatnya **lunak**, bila dapat diperas dengan

tekanan jari yang kuat maka sifatnya **keras**, bersifat **kaku** bila tidak dapat diperas dengan jari tapi dapat ditekan dengan jari, dan bersifat **sangat kaku** bila dapat ditekan dengan jari.

2.5. Tekanan Tanah

Menurut (Das, 1994), konstruksi penahan tanah seperti dinding penahan, dinding bangunan bawah tanah (*basement*), dan turap baja biasanya digunakan untuk menahan massa tanah dengan talud vertikal. Agar dapat merencanakan konstruksi penahan tanah dengan benar, maka perlu diketahui gaya horizontal yang bekerja antara konstruksi penahan dan massa tanah yang ditahan. Gaya horizontal tadi disebabkan oleh tekanan arah horizontal.

2.5.1. Tekanan Tanah dalam Keadaan Diam

Pada gambar 2.7 ditunjukkan massa tanah yang dibatasi oleh dinding dengan permukaan licin (*frictionless wall*) AB yang dipasang sampai kedalaman tak terhingga. Suatu elemen tanah yang terletak pada kedalaman (z) akan terkena tekanan arah vertikal σ_v dan tekanan arah horizontal σ_h yang berupa tekanan efektif dan tekanan total, sedangkan tegangan geser pada bidang tegak dan bidang datar diabaikan.

Bila dinding AB dalam keadaan diam, dimana dinding tidak bergerak ke salah satu arah baik ke kanan maupun ke kiri dari posisi awal, maka massa tanah akan berada dalam keadaan “keseimbangan elastis (*elastic equilibrium*)”. Rasio tekanan arah horizontal dan tekanan arah vertikal dinamakan “koefisien tekanan tanah dalam keadaan diam (*coefficient of earth pressure at rest*), K_0 ”, atau

$$K_0 = \frac{\sigma_h}{\sigma_v}$$

karena $\sigma_v = \gamma z$, maka

$$\sigma_h = K_0 (\gamma z)$$

Untuk tanah berbutir, koefisien tanah dalam keadaan diam dapat dicari dengan menggunakan persamaan berikut:

$$K_0 = 1 - \sin \phi$$

Sedangkan untuk tanah lempung yang terkonsolidasi normal (*normally consolidated*) harga K_0 dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$K_0 = 0,95 - \sin \phi$$

atau

$$K_0 = 0,19 + 0,233 \log(IP)$$

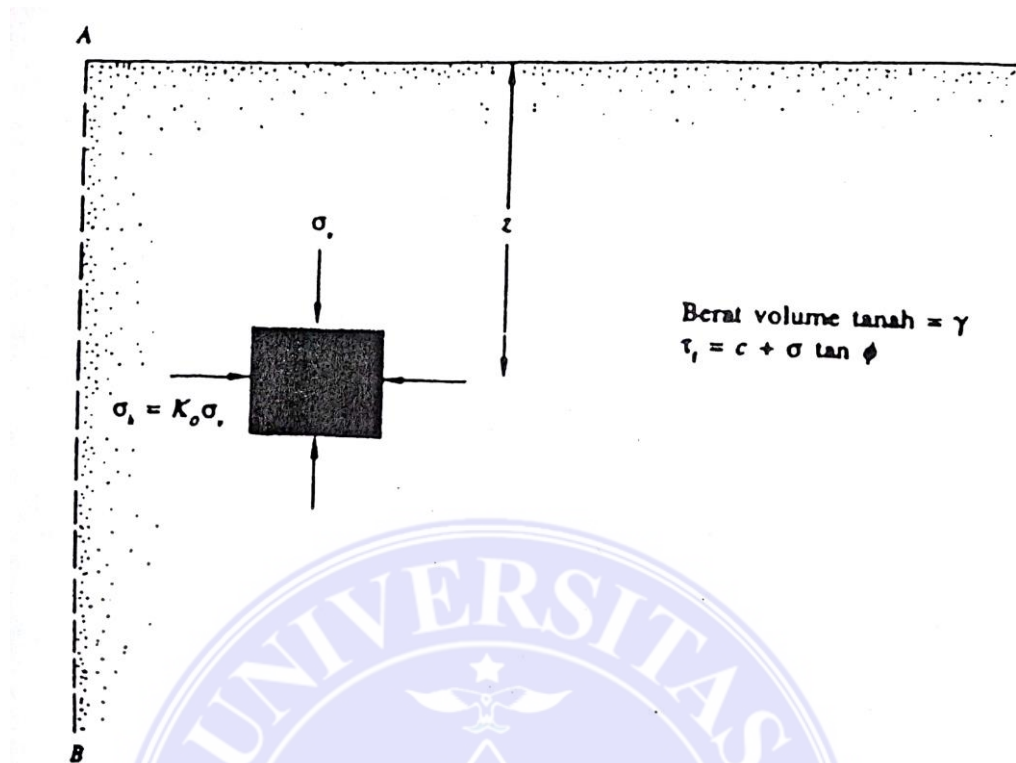
dimana ϕ adalah sudut geser tanah dalam keadaan air teralirkan (*drained*) dan IP adalah indeks plastisitas tanah.

Untuk tanah lempung yang terkonsolidasi lebih (*over consolidated*), koefisien tanah dalam keadaan diam dapat diperkirakan sebagai berikut:

$$K_{0 \text{ (over consolidated)}} = K_{0 \text{ (normally consolidated)}} \sqrt{OCR}$$

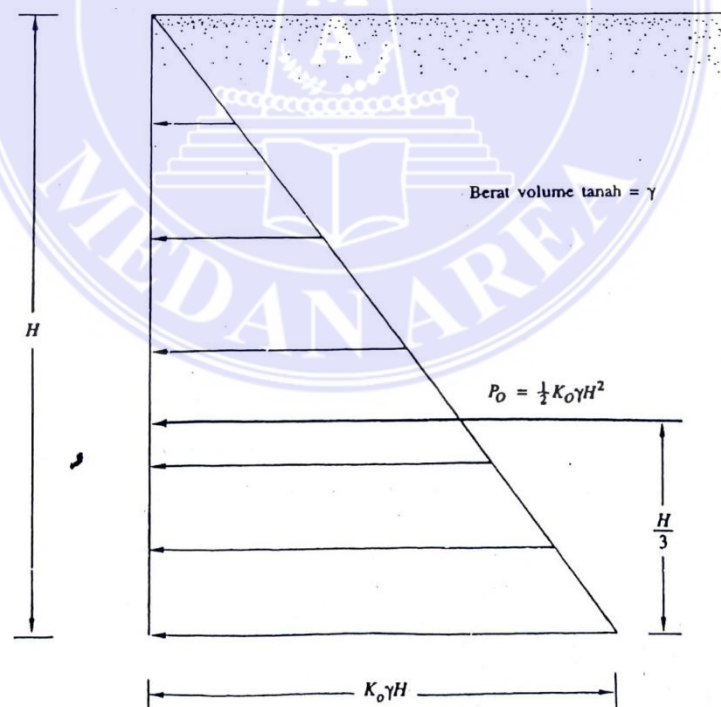
dimana OCR (*Over Consolidated Rasio*) adalah rasio tanah lempung yang terkonsolidasi dalam keadaan berlebih atau dapat didefinisikan dengan persamaan berikut:

$$OCR = \frac{\text{tekanan pra konsolidasi}}{\text{tekanan efektif akibat lapisan tanah di atasnya}}$$



Gambar 2.7 Tekanan Tanah dalam Keadaan Diam (*at Rest*).

Sumber: Mekanika Tanah 2, Braja M. Das, 1994



Gambar 2.8 Distribusi Tekanan Tanah dalam Keadaan Diam (*at Rest*) pada Dinding Penahan.

Sumber: Mekanika Tanah 2, Braja M. Das, 1994

Pada gambar 2.8 ditunjukkan distribusi tekanan tanah dalam keadaan diam yang bekerja pada dinding setinggi H . Gaya total per satuan lebar dinding (P_0) adalah sama dengan luas dari diagram tekanan tanah yang bersangkutan, maka:

$$P_0 = \frac{1}{2} K_0 \gamma H^2$$

2.5.2. Tekanan Tanah Aktif menurut Rankine

Keseimbangan plastis (*plastic equilibrium*) di dalam tanah adalah suatu keadaan yang menyebabkan tiap-tiap titik di dalam massa tanah menuju proses ke suatu keadaan runtuh. Teori tekanan tanah menurut Rankine menyelidiki keadaan tegangan di dalam tanah yang berada pada kondisi keseimbangan plastis. Pada gambar 2.9(a) ditunjukkan suatu massa tanah seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.7. Tanah tersebut dibatasi oleh tembok dengan permukaan licin (AB) yang dipasang sampai kedalaman tak terhingga. Tegangan-tegangan utama arah vertikal dan horizontal (total dan efektif) pada elemen tanah di suatu kedalaman (z) adalah berturut-turut σ_v dan σ_h .

Apabila dinding AB tidak diijinkan bergerak sama sekali, maka $\sigma_h = K_0 \sigma_v$. Akan tetapi, bila dinding AB diijinkan bergerak menjauhi massa tanah secara perlahan-lahan, maka tegangan utama arah horizontal akan berkurang secara terus-menerus. Akhirnya suatu kondisi keseimbangan plastis akan dicapai bila kondisi tegangan di dalam elemen tanah dan kelonggaran di dalam tanah terjadi. Keadaan tersebut dinamakan “kondisi aktif menurut Rankine”, tekanan σ_a yang bekerja pada bidang vertikal (yang merupakan bidang utama) adalah tekanan

tanah aktif menurut Rankine. Nilai σ_a dapat dihitung dengan menggunakan persamaan yang didapat dari penurunan fungsi γ , z , c , dan ϕ dari gambar 2.9(b)

$$\sin \phi = \frac{CD}{AC} = \frac{CD}{AO + OC}$$

dengan, $CD = \text{jari-jari lingkaran keruntuhan} = \frac{\sigma_v - \sigma_a}{2}$

$$AO = c \cot \phi$$

$$OC = \frac{\sigma_v + \sigma_a}{2}$$

$$\sin \phi = \frac{\frac{\sigma_v - \sigma_a}{2}}{c \cot \phi + \frac{\sigma_v + \sigma_a}{2}}$$

atau

$$\left(c \cot \phi + \frac{\sigma_v + \sigma_a}{2} \right) \sin \phi = \frac{\sigma_v - \sigma_a}{2}$$

atau

$$\sigma_a = \sigma_v \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} - 2c \frac{\cos \phi}{1 + \sin \phi}$$

dalam kasus ini $\sigma_v = \text{tekanan efektif akibat lapisan tanah di atasnya} = \gamma z$

$$\frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} = \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right)$$

dan

$$\frac{\cos \phi}{1 + \sin \phi} = \tan \left(45 - \frac{\phi}{2} \right)$$

dengan menstutitusikan persamaan- persamaan diatas maka didapat:

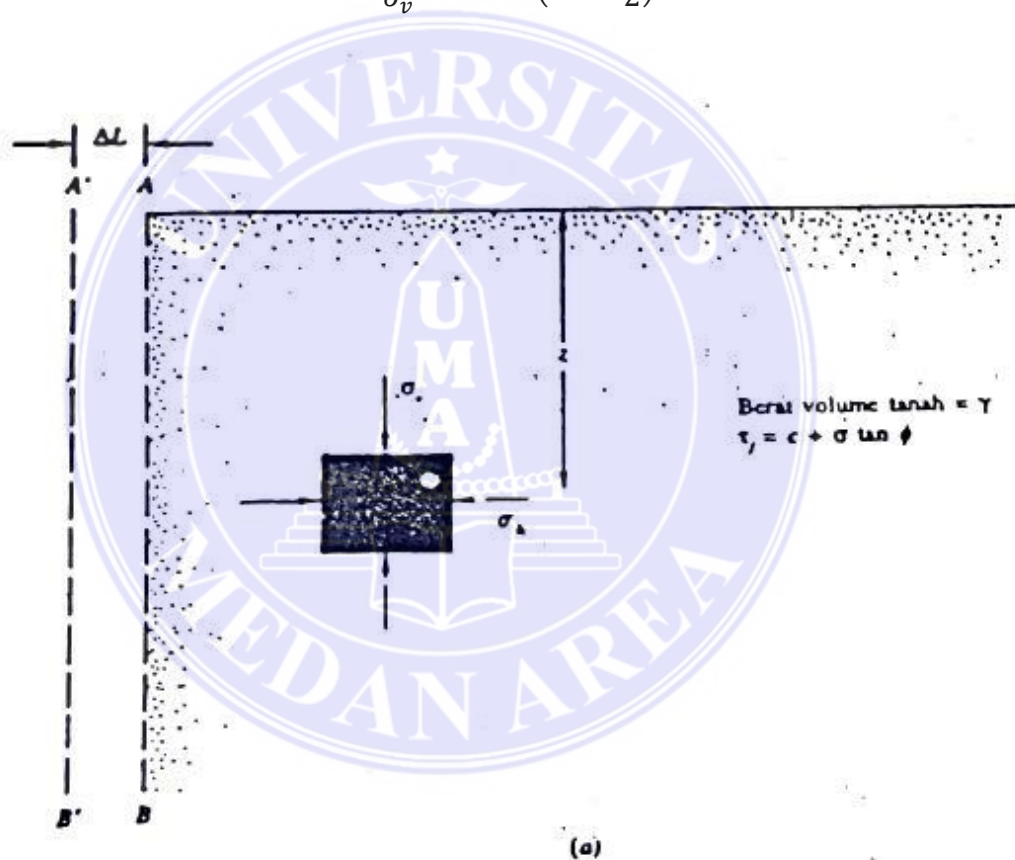
$$\sigma_a = \gamma z \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right) - 2c \tan \left(45 - \frac{\phi}{2} \right)$$

Variasi σ_a dengan kedalaman yang diberikan dalam gambar 2.9(d). Untuk tanah yang tidak berkoheisi, $c = 0$, maka:

$$\sigma_a = \sigma_v \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right)$$

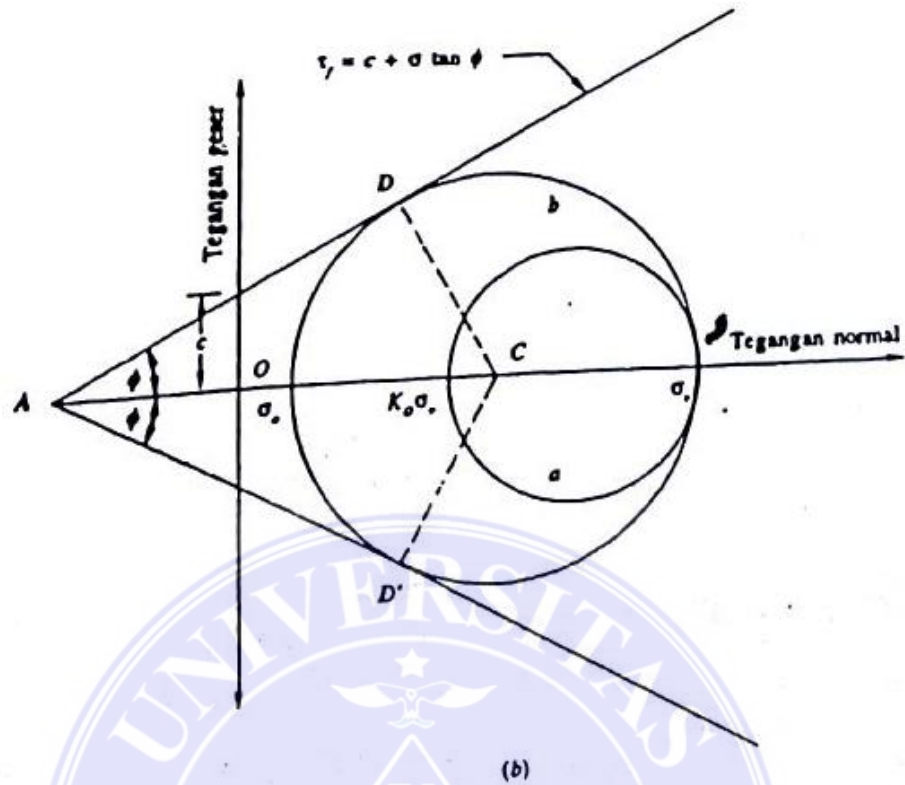
Rasio antara σ_a dan σ_v dinamakan koefisien tekanan tanah aktif (K_a) yang nilainya dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$K_a = \frac{\sigma_a}{\sigma_v} = \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right)$$



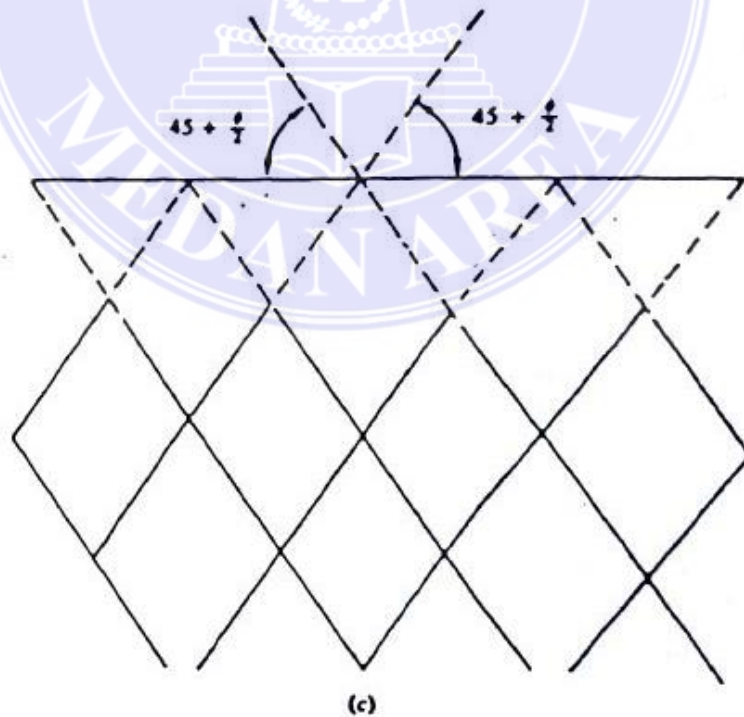
Gambar 2.9 (a) Tekanan Tanah Aktif menurut Rankine.

Sumber: Mekanika Tanah 2, Braja M. Das, 1994



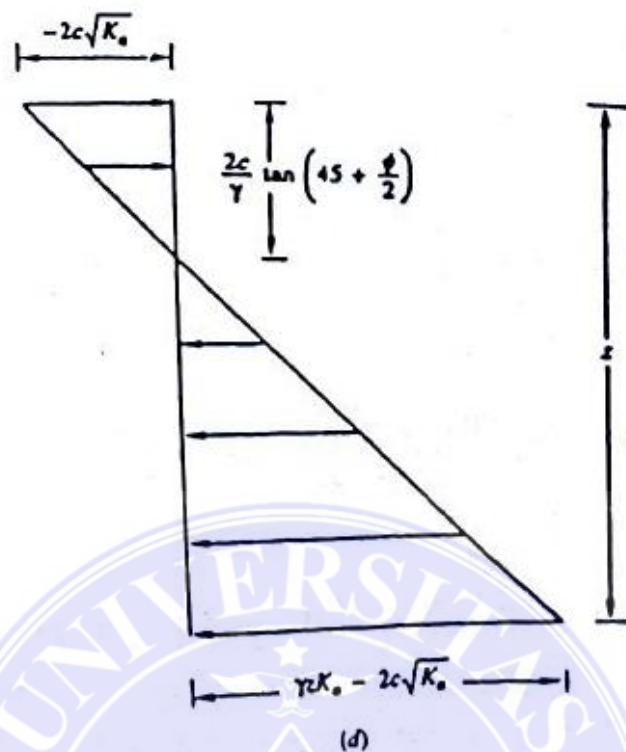
Gambar 2.9 (b) Lingkaran Mohr pada Tekanan Aktif.

Sumber: Mekanika Tanah 2, Braja M. Das, 1994



Gambar 2.9 (c) Keadaan saat Tekanan Tanah Aktif menurut Rankine.

Sumber: Mekanika Tanah 2, Braja M. Das, 1994



Gambar 2.9 (d) Distribusi Tekanan Tanah Aktif menurut Rankine pada Dinding Penahan.

Sumber: Mekanika Tanah 2, Braja M. Das, 1994

2.5.3. Tekanan Tanah Pasif menurut Rankine

Tekanan tanah pasif menurut Rankine dapat dijelaskan dengan gambar 2.10, dimana AB adalah tembok licin dengan kedalaman tak terhingga. Keadaan tegangan awal pada suatu elemen tanah dapat dilihat pada lingkaran Mohr di gambar 2.10(b). Apabila tembok didorong perlahan-lahan ke arah masuk ke dalam massa tanah, maka tegangan utama σ_h akan bertambah secara terus-menerus. Sehingga didapat suatu keadaan yang menyebabkan kondisi tegangan elemen tanah. Pada keadaan ini, keruntuhan tanah akan terjadi yang dikenal dengan kondisi pasif menurut Rankine. Di samping itu, tekanan tanah ke samping (σ_p) yang merupakan tegangan besar utama dinamakan tekanan tanah pasif menurut Rankine. Nilai σ_p dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\sigma_p = \sigma_v \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) + 2c \tan \left(45 + \frac{\phi}{2} \right)$$

$$\sigma_p = \gamma z \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) + 2c \tan \left(45 + \frac{\phi}{2} \right)$$

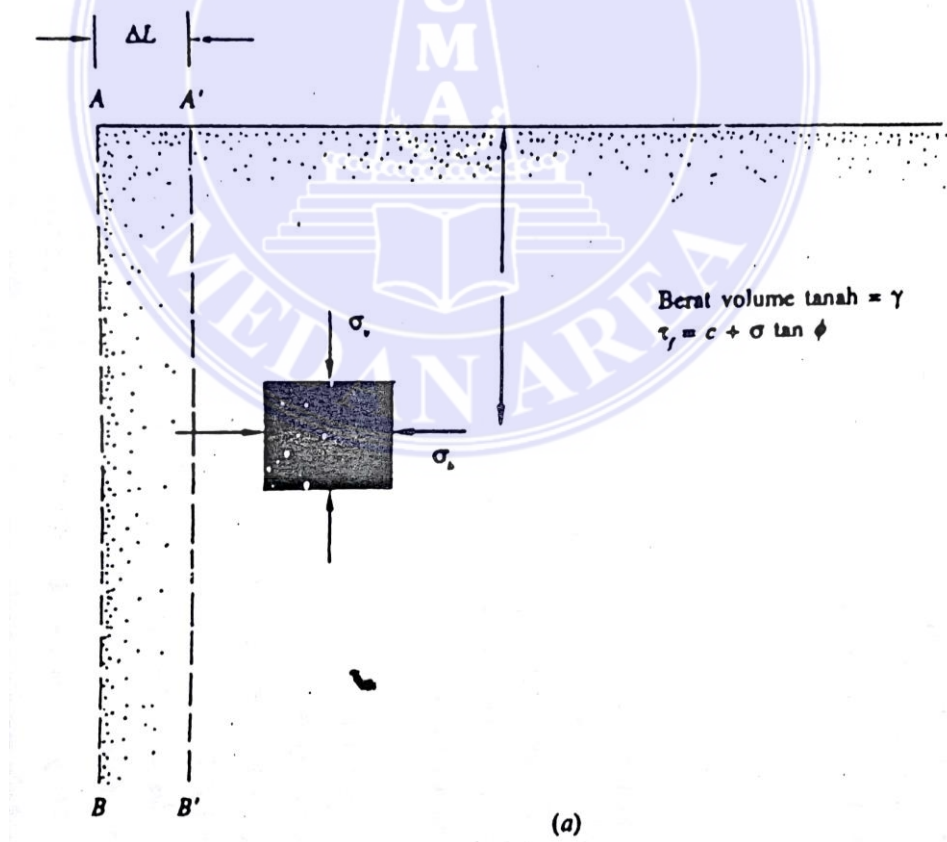
Penurunan fungsinya serupa dengan penurunan untuk kondisi aktif menurut Rankine. Untuk tanah tak berkohesi ($c = 0$) tekanan tanah aktif dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\sigma_p = \sigma_v \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right)$$

atau

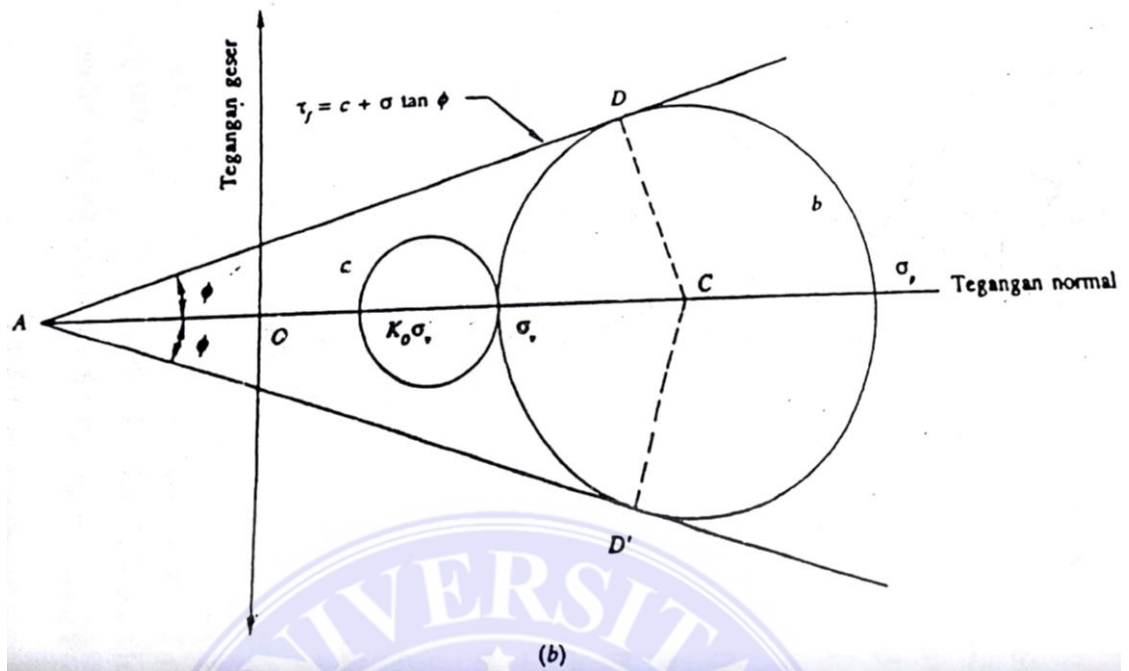
$$K_p = \frac{\sigma_p}{\sigma_v} = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right)$$

dimana K_p adalah koefisien tekanan tanah pasif menurut Rankine.



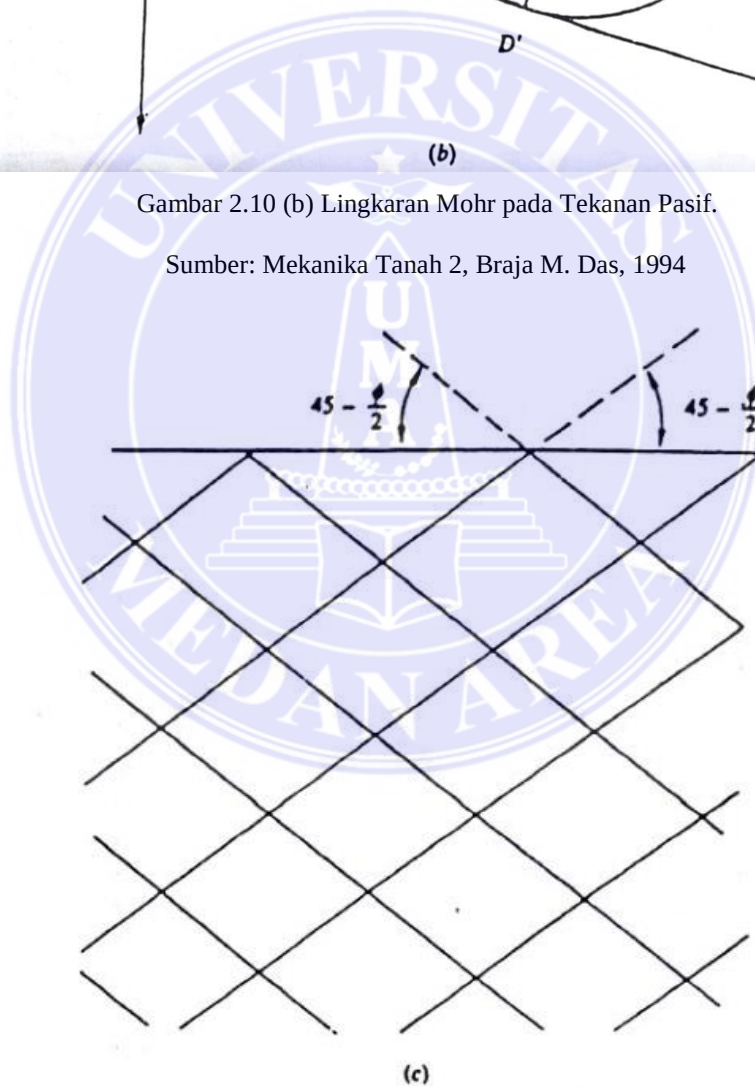
Gambar 2.10 (a) Tekanan Tanah Pasif menurut Rankine.

Sumber: Mekanika Tanah 2, Braja M. Das, 1994



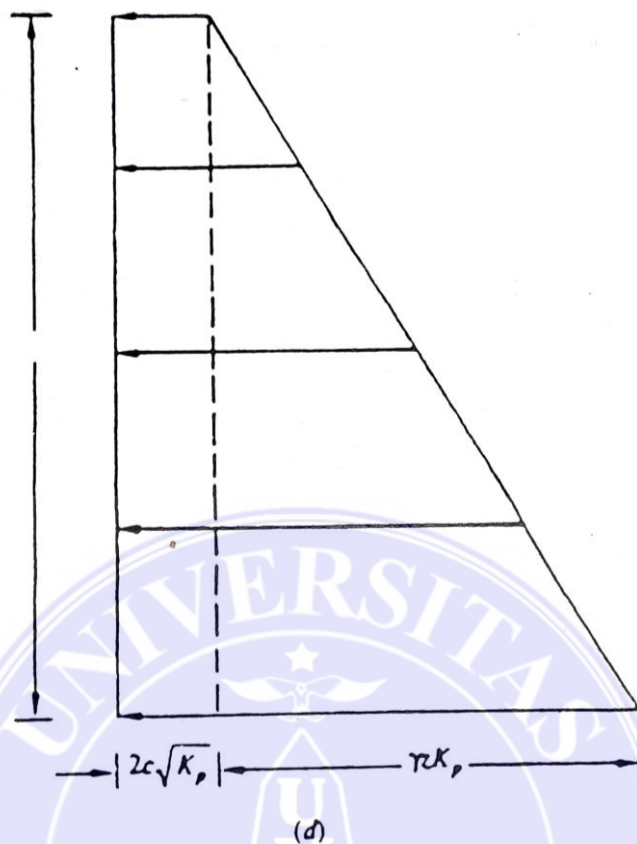
Gambar 2.10 (b) Lingkaran Mohr pada Tekanan Pasif.

Sumber: Mekanika Tanah 2, Braja M. Das, 1994



Gambar 2.10 (c) Keadaan saat Tekanan Tanah Pasif menurut Rankine.

Sumber: Mekanika Tanah 2, Braja M. Das, 1994



Gambar 2.10 (d) Distribusi Tekanan Tanah Pasif menurut Rankine pada Dinding Penahan.

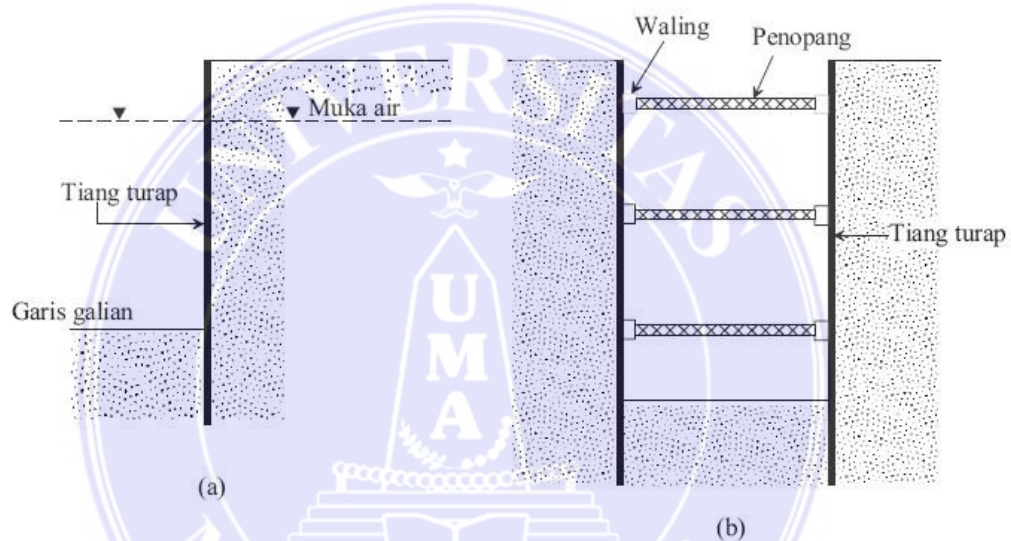
Sumber: Mekanika Tanah 2, Braja M. Das, 1994

2.6. Dinding Turap (*Sheet Piles*)

Menurut (Simatupang, 2008), tiang-tiang turap (*sheet piles*) sering digunakan untuk membangun sebuah dinding yang berfungsi sebagai penahan tanah, yang bisa berupa konstruksi berskala besar maupun kecil. Sebagai contoh pada gambar 2.11, terlihat konstruksi dinding turap (*sheet pile walls*) yang mengarah ke pantai yang dapat berupa sebuah dermaga atau sebuah fasilitas dok kapal. Dinding turap, oleh karena fungsinya sebagai penahan tanah, maka konstruksi ini digolongkan juga sebagai jenis lain dari dinding penahan tanah (*retaining walls*).

Perbedaan mendasar antara dinding turap dan dinding penahan tanah terletak pada keuntungan penggunaan dinding turap pada kondisi tidak diperlukannya pengeringan air (*dewatering*). Terdapat beberapa jenis tiang turap yang biasa digunakan:

1. Tiang turap kayu
2. Tiang turap beton pracetak (*precast concrete sheet piles*)
3. Tiang turap baja.



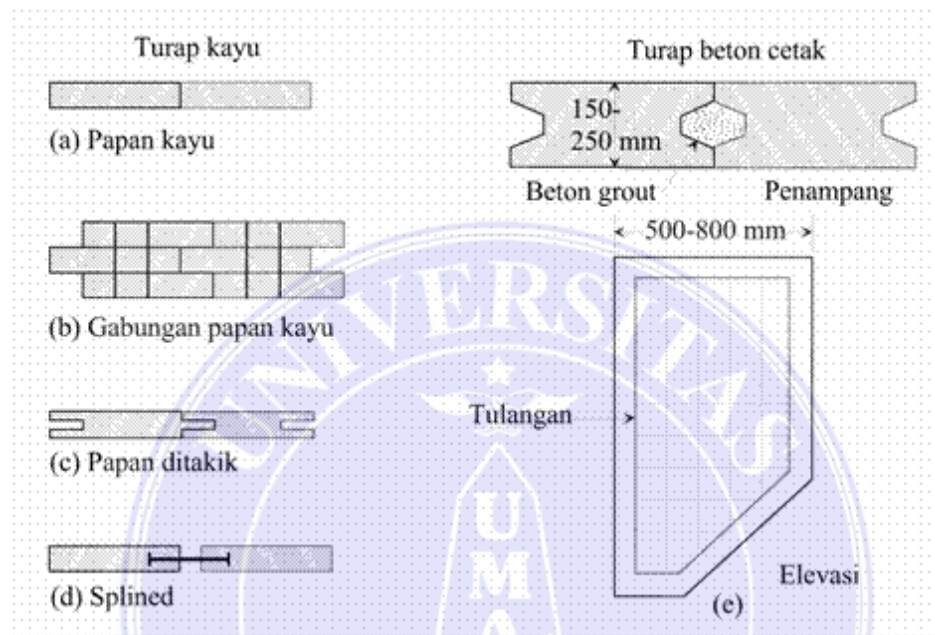
Gambar 2.11 Contoh Dinding Turap: (a) Turap di Air, (b) *Braced Cut*.

Sumber: Modul Jenis Turap Kantilever, DR. Ir. Pintor Tua Simatupang, MT, 2008

2.7. Turap Kayu

Tiang turap kayu digunakan hanya untuk konstruksi ringan yang bersifat sementara yang berada di atas permukaan air. Tiang turap yang biasa digunakan adalah papan kayu atau beberapa papan yang digabung (*wakefield piles*). Papan kayu kira-kira dengan ukuran penampang 50 mm x 300 mm dengan takik pada ujung-ujungnya seperti terlihat pada gambar 2.12(a). Tiang *wakefield* dibuat dengan memakukan tiga papan secara bersama-sama dimana papan tengahnya

di offset sejauh 50 - 75 mm seperti pada gambar 2.12(b). Papan kayu juga bisa ditakik dalam bentuk takik lidah dalam gambar 2.12(c). Atau pada gambar 2.12(d) dengan menggunakan besi yang ditanamkan pada masing-masing papan setelah tiang dimasukkan ke dalam tanah.



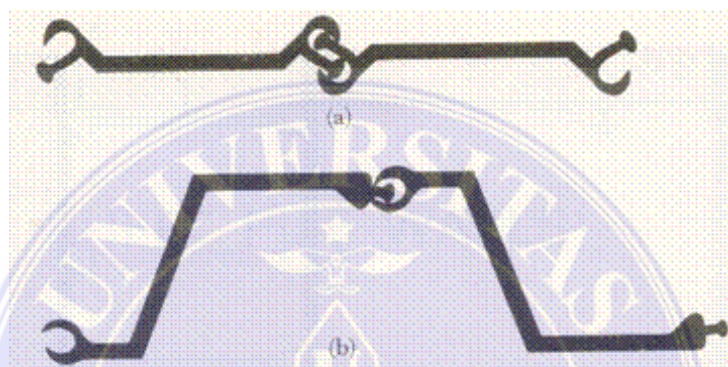
Gambar 2.12 Berbagai Jenis Turap Kayu dan Beton.

Sumber: Modul Jenis Turap Kantilever, DR. Ir. Pintor Tua Simatupang, MT, 2008

2.8. Turap Beton dan Baja

Tiang turap beton pracetak adalah untuk konstruksi berat yang dirancang dengan tulangan untuk menahan beban permanen setelah konstruksi dan juga untuk menangani tegangan yang dihasilkan selama konstruksi. Penampang tiang-tiang ini adalah sekitar 500 - 800 mm lebar dan tebal 150 - 250 mm. Gambar 2.12(e) memperlihatkan diagram skematik ketinggian dan penampang tiang turap beton bertulang. Tiang turap baja di USA adalah sekitar 10 - 13 mm tebal. Penampang tiang turap yang berasal dari Eropa bisa lebih tipis tetapi lebih lebar. Penampang tiang bisa berbentuk Z, lengkung dalam (*deep*

arch), lengkung rendah (*low arch*), atau sayap lurus (*straight web*). Sambungan pada tiang turap dibentuk seperti jempol-telunjuk atau bola-keranjang untuk hubungan yang ketat untuk menahan air. Gambar 2.13(a) memperlihatkan diagram skematik untuk hubungan sambungan jempol-telunjuk untuk penampang sayap lurus. Sedangkan tipe sambungan bola-keranjang untuk penampang Z diberikan pada gambar 2.13(b).



Gambar 2.13 Hubungan Tiang Turap: (a) Jenis Jempol-Telunjuk (b) Jenis Bola-Keranjang.

Sumber: Modul Jenis Turap Kantilever, DR. Ir. Pintor Tua Simatupang, MT, 2008

Tabel 2.9 dan Tabel 2.10 menunjukkan sifat-sifat penampang tiang turap baja. Tegangan lentur rencana yang diijinkan untuk tiang turap baja diberikan pada tabel di bawah ini:

Tabel 2.9 Tegangan Ijin Penampang Tiang Baja

Jenis baja	Tegangan ijin (MN/m^2)
ASTM A-328	170 ($\approx 25000 \text{ lb/in.}^2$)
ASTM A-572	210 ($\approx 30000 \text{ lb/in.}^2$)
ASTM A-690	210 ($\approx 30000 \text{ lb/in.}^2$)

Sumber: Modul Jenis Turap Kantilever, DR. Ir. Pintor Tua Simatupang, MT, 2008

Tabel 2.10 Sifat-Sifat Penampang Tiang Baja

PROFIL BENTUK U

JIS.

Profil	Ukuran			Luas penampang		Luas permukaan		Titik berat	Berat		Momen inersia		Jari-jari inersia	Momen lawan	
	W	h	t	per-profil	per-lebar dinding	per-profil	per-lebar dinding	C	per-profil	per-lebar dinding	per-profil	per-lebar dinding	per-profil	per-profil	per-lebar dinding
	mm	mm	mm	cm2	cm2/m	m2/m	m2/m2	cm	kg/m	kg/m2	cm4	cm4/m	cm	cm3	cm3/m
	in	in	in	in2	in2/ft	ft2/ft	ft2/ft2	in	lbs/ft	lbs/ft2	in4	in4/ft	in	in3	in3/ft
YSP-1	400 15,7	75 2,95	8.0 0,315	46,49 7,206	116,21 5,485	21,15 3,77	1,44 1,44	2,64 1,04	36,5 24,5	91,2 18,7	429 10,3	3,820 28,0	3,04 1,20	66,4 4,05	509 9,47
YSP-U5	400 15,7	80 3,15	7,6 0,299	45,21 7,008	113,01 5,334	1,17 3,84	1,47 1,47	2,78 1,09	35,5 23,9	88,8 18,2	454 10,9	4,220 30,9	3,17 1,25	64,7 3,95	527 9,80
FSP-1A	400 15,7	85 3,35	8,0 0,315	45,21 7,008	113,01 5,334	1,21 3,97	1,51 1,51	3,45 1,36	35,5 23,9	88,8 18,2	598 14,4	4,500 32,9	3,64 1,43	88,0 5,37	529 9,84
YSP-II	400 15,7	100 3,94	10,5 0,413	61,18 9,483	153,01 7,224	1,24 4,07	1,55 1,55	3,62 1,43	48,0 32,3	120 24,6	986 23,7	8,690 63,6	4,01 1,58	121 7,38	869 16,2
FSP-II	400 15,7	100 3,94	10,5 0,413	61,18 9,483	153,01 7,224	1,33 4,36	1,66 1,66	4,04 1,59	48,0 32,3	120 24,6	1,240 29,8	8,740 64,0	4,50 1,77	152 9,27	874 16,3
YSP-U9	400 15,7	110 4,33	9,3 0,366	55,01 8,527	137,51 6,490	1,29 4,23	1,61 1,61	3,86 1,52	43,2 29,0	108 22,1	1,070 25,7	9,680 70,9	4,42 1,74	120 7,32	880 16,4
FSP-IIA	400 15,7	120 4,72	9,2 0,362	55,01 8,527	137,51 6,490	1,34 4,40	1,68 1,68	4,72 1,86	43,2 29,0	108 22,1	1,460 35,0	10,600 77,6	5,15 2,03	160 9,76	880 16,4
YSP-III	400 15,7	125 4,92	13,0 0,512	76,42 11,859	191,01 9,015	1,33 4,36	1,66 1,66	4,72 1,86	60,0 40,3	150 30,8	1,920 46,1	16,400 120	5,01 1,97	196 12,0	1,310 24,1
FSP-III	400 15,7	125 4,92	13,0 0,512	76,42 11,859	191,01 9,015	1,44 4,72	1,80 1,80	4,90 1,93	60,0 40,3	150 30,8	2,220 53,3	16,800 123	5,39 2,12	223 13,6	1,340 24,9
YSP-U15	400 15,7	150 5,91	12,2 0,480	74,40 11,538	186,01 8,779	1,43 4,69	1,78 1,78	5,71 2,25	58,4 39,2	146 29,9	2,700 64,8	22,800 167	5,13 2,02	238 14,5	1,520 28,3
FSP-IIIA	400 15,7	150 5,91	13,1 0,516	74,40 11,538	186,01 8,779	1,44 4,72	1,80 1,80	5,84 2,30	58,4 39,2	146 29,9	2,790 67,0	22,800 167	6,12 2,41	250 15,2	1,520 28,3
YSP-IV	400 15,7	155 6,10	15,5 0,610	96,99 15,03	242,51 11,454	1,47 4,82	1,84 1,84	5,85 2,30	76,1 51,1	190 39,0	3,690 88,6	31,900 234	6,15 2,42	311 19,0	2,060 38,3
FSP-IV	400 15,7	170 6,69	15,5 0,610	96,99 15,03	242,51 11,455	1,61 4,82	2,01 2,01	6,45 2,54	76,1 51,1	190 39,0	4,670 112	38,600 283	6,94 2,73	362 22,1	2,270 42,2
YSP-U23	400 15,7	175 6,89	14,7 0,579	94,21 14,60	235,51 11,125	1,56 4,72	1,94 1,94	6,51 2,56	74,0 49,7	185 37,9	4,380 105	39,400 288	6,81 2,68	330 20,1	2,250 41,8
FSP-IVA	400 15,7	185 7,28	16,1 0,634	94,21 14,60	235,51 11,105	1,57 4,72	1,96 1,96	7,45 2,93	74,0 49,7	185 37,9	5,300 127	41,600 305	7,50 2,95	400 24,4	2,250 41,8
YSP-V	420 16,5	175 6,89	22,0 0,866	134,03 20,77	319,01 15,065	1,59 4,72	1,99 1,99	6,15 2,42	105 70,6	250 51,2	5,950 143	55,200 404	6,67 2,63	433 26,4	3,150 58,6
FSP-VL	500 19,7	200 7,87	24,3 0,957	133,82 20,74	267,61 12,635	1,75 5,47	1,75 1,75	6,94 2,73	105 70,6	210 43,0	7,960 191	63,000 461	7,71 3,04	520 31,7	3,150 58,6
FSP-VIL	500 19,7	225 8,86	27,6 1,09	153,03 23,72	306,01 14,446	1,83 5,00	1,83 1,83	8,09 3,19	120 80,6	240 49,2	11,400 274	86,000 630	8,63 3,40	680 41,5	3,820 71,1

Sumber: Buku Teknik Sipil, 1995

Tiang turap baja sangat baik digunakan karena daya tahannya terhadap tegangan yang tinggi selama penyorongan ke dalam tanah yang keras. Tiang ini juga relatif ringan dan dapat digunakan kembali (penggunaan yang berulang-ulang). Oleh karena itu turap baja sering dipakai untuk pemakaian sementara. Turap sementara dipakai ketika dilakukan penggalian, misalnya dalam pembuatan gorong-gorong. Setelah gorong-gorong berada pada kedudukan yang direncanakan, turap dicabut dan penggalian ditimbun kembali. Konstruksi sementara sering juga dipakai pada bendungan elak (*cofferdam*). Bendungan elak ini dibangun untuk melaksanakan proses dewatering selama konstruksi berlangsung.

2.9. Jenis dan Metode Konstruksi Turap

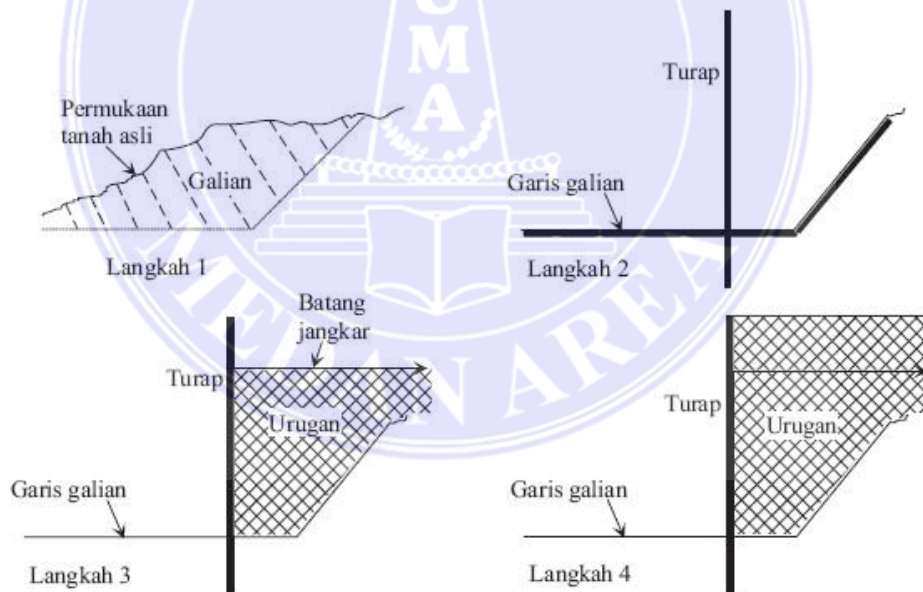
Pada prinsipnya, perencanaan dinding turap dapat dibagi menjadi dua jenis, yaitu:

1. Dinding kantilever (*cantilver walls*)
2. Dinding berjangkar (*anchored walls*).

Turap dengan dinding kantilever, sebagaimana dinyatakan dalam namanya adalah tiang yang ujungnya tertahan oleh tanah sehingga seolah-olah tergantung. Stabilitas turap jenis ini sangat tergantung pada panjang penanaman tiang. Sedangkan turap berjangkar, disamping ujungnya tertanam, di sekitar ujung lainnya dipasang jangkar yang akan memberikan gaya tarik melawan kecenderungan tiang turap terdorong ke arah yang berlawanan dengan tanah.

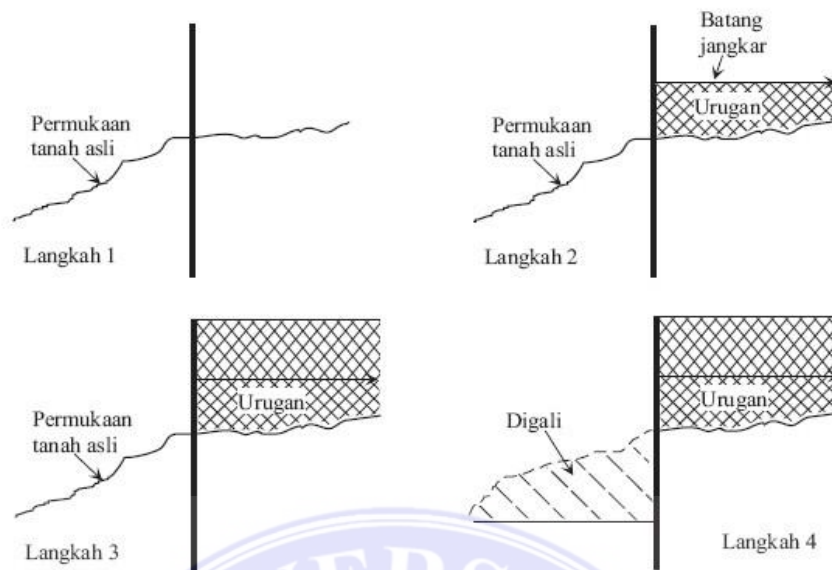
Dalam metode konstruksi tiang turap terdapat beberapa cara, yaitu pertama dengan meletakkannya di dalam tanah yang terlebih dahulu digali lalu

kemudian diisi kembali dengan tanah isian, dan yang kedua dengan memancangkannya ke dalam tanah, kemudian tanah di depannya digali. Atau dalam hal konstruksi dermaga, tiang turap dipancangkan dalam air hingga mencapai tanah, kemudian tanah isian diberikan di belakangnya. Dalam banyak kasus tanah isian yang diletakkan di belakang dinding turap biasanya adalah tanah granular. Sementara tanah di bawah garis penggalian bisa tanah pasir atau lempung. Permukaan tanah pada sebelah dimana air berada biasanya diacu sebagai garis galian (*dredge line*). Berdasarkan hal ini terdapat dua macam metode konstruksi turap, yaitu (a) struktur urugan (*backfilled structure*) dan (b) struktur galian (*dredged structure*). Langkah-langkah pelaksanaan struktur urugan diperlihatkan pada gambar 2.14 dan struktur galian pada gambar 2.15.



Gambar 2.14 Langkah-Langkah Konstruksi untuk Struktur Urugan.

Sumber: Modul Jenis Turap Kantilever, DR. Ir. Pintor Tua Simatupang, MT, 2008



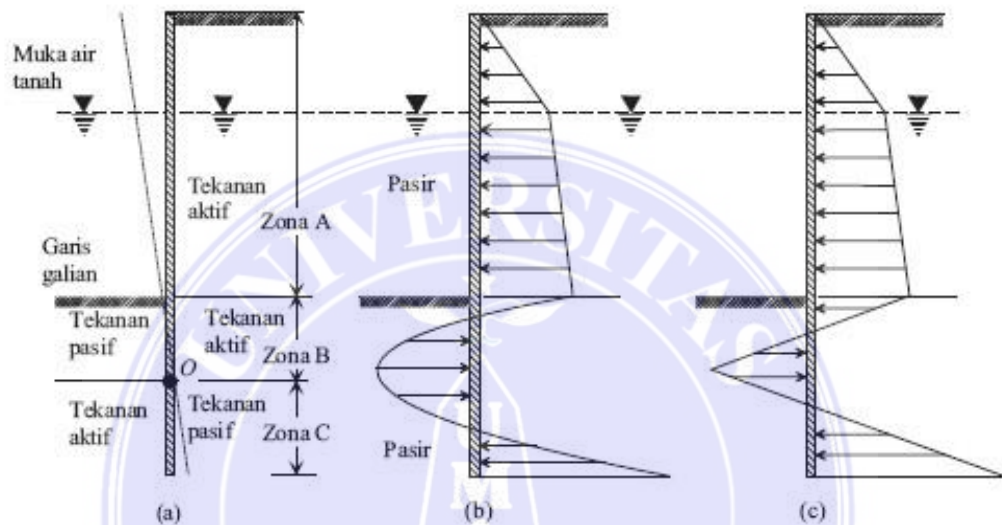
Gambar 2.15 Langkah-Langkah Konstruksi untuk Struktur Galian.

Sumber: Modul Jenis Turap Kantilever, DR. Ir. Pintor Tua Simatupang, MT, 2008

2.9.1. Turap Kantilever

Dinding turap kantilever biasanya direkomendasikan untuk dinding dengan ketinggian sedang, berkisar 8 m atau kurang di atas garis galian. Pada dinding ini, turap berperilaku seperti sebuah balok lebar kantilever di atas garis galian. Prinsip dasar untuk menghitung distribusi tekanan tanah lateral tiang turap kantilever dapat dijelaskan dengan bantuan gambar 2.16, yang menunjukkan perilaku leleh dinding kantilever yang tertanam pada lapisan pasir di bawah garis galian. Dinding berputar pada titik O. Oleh karena adanya tekanan hidrostatik pada masing-masing sisi dinding, maka tekanan ini akan saling menghilangkan, dengan demikian yang diperhitungkan hanya tekanan tanah lateral efektif saja. Pada Zona A, tekanan lateral hanyalah tekanan tanah aktif saja yang berasal dari tanah sebelah di atas garis galian. Sementara pada Zona B, oleh karena pelenturan dinding di daerah ini, maka bekerja tekanan tanah lateral aktif dari

bagian tanah sebelah atas garis galian dan tekanan tanah pasif di bawah garis galian di sebelah air. Kondisi pada Zona B ini akan berkebalikan dengan Zona C, yaitu di bawah titik rotasi *O*. Distribusi tekanan tanah bersih ditunjukkan pada gambar 2.16(b), namun untuk penyederhanaan biasanya gambar 2.16(c) akan digunakan dalam perencanaan.



Gambar 2.16 Tiang Turap Kantilever Tertanam pada Pasir.

Sumber: Modul Jenis Turap Kantilever, DR. Ir. Pintor Tua Simatupang, MT, 2008

Pada bagian berikut akan diberikan sejumlah formula matematis untuk analisis dinding turap kantilever. Namun perlu diperhatikan bahwa analisis ini berlaku untuk konstruksi yang sebelahnyanya menghadap air. Dan permukaan air biasanya akan berfluktuasi sebagai akibat pasang surut, oleh karena itu harus hati-hati dalam menentukan pengaruh air pada diagram tekanan bersih.

2.9.1.1. Turap Kantilever pada Pasir

Untuk mengembangkan hubungan untuk kedalaman penanaman tiang turap yang dibutuhkan di dalam tanah granular perhatikanlah gambar 2.17. Tanah

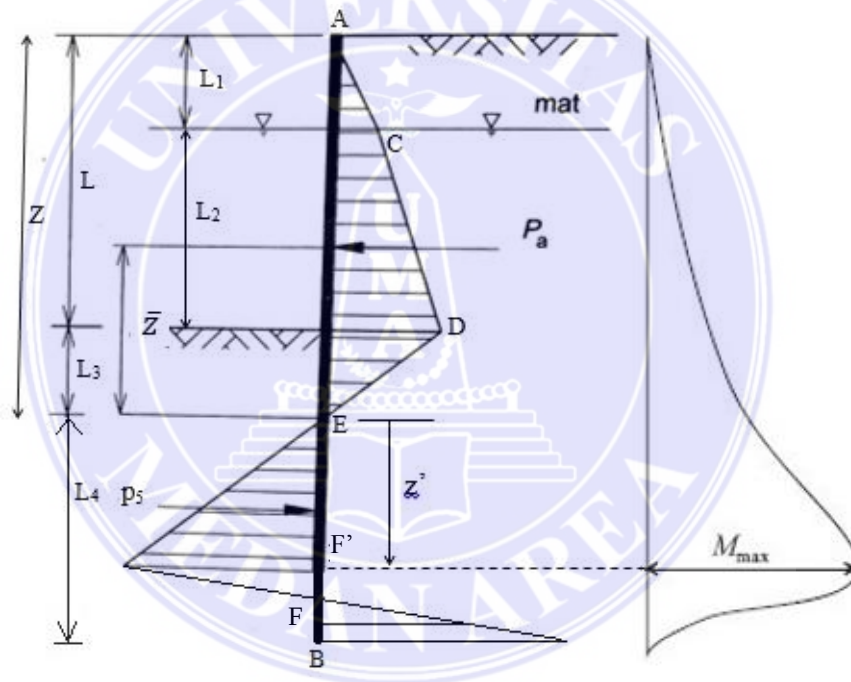
yang akan ditahan oleh dinding turap, berada di atas garis galian, adalah juga tanah granular. Permukaan air tanah berada pada kedalaman L_1 dari puncak tiang. Ambillah sudut gesek pasir sebagai ϕ . Intensitas tekanan aktif pada kedalaman L_1 dapat dinyatakan sebagai,

$$p_1 = 0,5 \gamma K_a L_1^2 \quad (1)$$

dimana,

K_a = koefisien tekanan aktif Rankine = $\tan^2(45 - \phi/2)$

γ = berat isi tanah di atas muka air



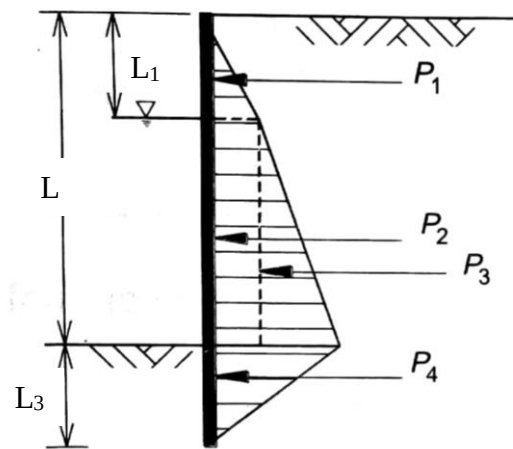
Gambar 2.17 Tiang Turap Kantilever Tertanam pada Pasir (Variasi Diagram Tekanan Bersih dan Variasi Momen).

Sumber: Modul Jenis Turap Kantilever, DR. Ir. Pintor Tua Simatupang, MT, 2008

Dengan cara yang sama, tekanan aktif pada kedalaman L_1+L_2 (yaitu pada kedalaman muka galian) adalah sama dengan,

$$p_2 = \gamma L_1 K_a (L - L_1) \quad (2)$$

$$p_3 = 0,5 \gamma' K_a (L - L_1)^2 \quad (3)$$



Gambar 2.18 Tekanan Tanah Aktif pada Turap.

Sumber: Analisa dan Perancangan Fondasi II, Hary Christady Hardiyatmo, 2015

Perlu dicatat bahwa pada kedalaman garis galian, tekanan hidrostatik dari kedua arah dinding adalah sama dan oleh karena itu akan saling menghilangkan. Untuk menentukan tekanan tanah bersih di bawah garis galian hingga pada titik rotasi O , seperti ditunjukkan pada gambar 2.16(a) sebelumnya, haruslah dipertimbangkan bahwa tekanan pasif bekerja dari sebelah kiri (sebelah air) ke arah sebelah kanan (sebelah tanah) dan juga tekanan aktif bekerja dari sebelah kanan ke sebelah kiri dinding. Maka tekanan lateral bersih dapat ditentukan sebagai

$$\begin{aligned} p &= p_a - p_p = (\gamma L_1 + \gamma' L_2) K_a - \gamma' (z - L_1 - L_2) (K_p - K_a) \\ &= p_2 - \gamma' (z - L) (K_p - K_a) \end{aligned} \quad (4)$$

dimana $L = L_1 + L_2$.

Tekanan bersih p menjadi sama dengan nol pada kedalaman L_3 di bawah garis galian;

$$p_2 - \gamma' (z - L) (K_p - K_a) = 0$$

atau

$$(z - L) = L_3 = \frac{p_2}{\gamma'(K_p - K_a)} \quad (5)$$

Setelah didapat nilai L_3 dari persamaan (5), maka dapat ditentukan nilai p_4 dengan menggunakan persamaan sebagai berikut,

$$p_4 = 0,5 (\gamma L_1 + \gamma' L_2) K_a L_3 \quad (6)$$

Pada dasar tiang turap, tekanan pasif (p_p) bekerja dari kanan ke kiri, dan tekanan aktif bekerja dari kiri ke kanan, sehingga

$$p_p = (\gamma L_2 + \gamma' L_2 + \gamma' D) K_p \quad (7)$$

Pada kedalaman yang sama

$$p_a = \gamma' D K_a \quad (8)$$

Maka, tekanan lateral bersih pada dasar turap adalah sama dengan

$$p_5 = (\gamma L_1 + \gamma' L_2) K_p + \gamma' L_3 (K_p - K_a) \quad (9)$$

dimana

$$D = L_3 + L_4 \quad (10)$$

Dengan menggunakan sebuah persamaan berderajat 4 maka akan diperoleh L_4 dengan cara coba-coba.

$$L_4^4 + A_1 L_4^3 - A_2 L_4^2 - A_3 L_4 - A_4 = 0 \quad (11)$$

dimana,

$$A_1 = \frac{p_5}{\gamma'(K_p - K_a)} \quad (12)$$

$$A_2 = \frac{8p}{\gamma'(K_p - K_a)} \quad (13)$$

$$A_3 = \frac{6P[2\bar{z}\gamma'(K_p - K_a) + p_5]}{\gamma'^2(K_p - K_a)^2} \quad (14)$$

$$A_4 = \frac{P(6\bar{z}\gamma'p_5 + 4P)}{\gamma'^2(K_p - K_a)^2} \quad (15)$$

Prosedur menentukan diagram tekanan, berdasarkan teori yang diberikan sebelumnya, berikut ini adalah prosedur langkah demi langkah untuk menentukan diagram tekanan yang dibutuhkan untuk mendapatkan kedalaman tiang turap kantilever pada tanah-tanah granular.

1. Hitung K_a dan K_p
 2. Hitung p_1 (pers. 1), p_2 (pers. 2), dan p_3 (pers. 3), dengan catatan L_1 dan L_2 sudah diketahui
 3. Hitung L_3 (pers. 5)
 4. Hitung p_4 (pers. 6)
 5. Hitung P , dengan menjumlahkan nilai p_1 , p_2 , p_3 , dan p_4 .
 6. Hitung $\bar{z}$ (yaitu pusat tekanan untuk luasan ACDE) dengan mengambil momen di E
 7. Hitung p_5 (pers. 9)
 8. Hitung A_1 , A_2 , A_3 , dan A_4 (pers. 12 – pers. 15)
 9. Selesaikan pers. 11 dengan cara coba-coba untuk mendapatkan nilai L_4
 10. Menentukan kedalaman teoritis (pers. 10) penetrasi tiang turap sebagai $L_3 + L_4$.
- Kedalaman aktual penetrasi tiang turap dapat ditentukan dengan menaikkan besaran kedalaman teoritis sebesar 20 – 30 %.

Mengitung momen lentur maksimum, variasi diagram momen untuk dinding turap kantilever diperlihatkan pada gambar 2.17. Momen maksimum akan terjadi antara titik E dan F. Untuk menentukan momen maksimum

Mmax per satuan panjang dinding, maka terlebih dahulu harus ditentukan sebuah titik dimana gaya geser (gaya lintang) sama dengan nol. Dengan memakai suatu acuan jarak baru z' (dengan titik asal pada E) untuk gaya geser sama dengan nol berlaku,

$$P = \frac{1}{2}(z')^2(K_p - K_a)\gamma'$$

$$z' = \sqrt{\frac{2P}{(K_p - K_a)\gamma'}} \quad (16)$$

Sekali titik dimana gaya geser sama dengan nol dapat ditentukan F' pada gambar 2.17(a), maka besarnya momen maksimum dapat diperoleh sebagai,

$$M_{max} = P(\bar{z} + z') - \left[\frac{1}{2}\gamma'z'^2(K_p - K_a) \right] \left[\frac{1}{3}z' \right] \quad (17)$$

Ukuran profil tiang turap yang dibutuhkan kemudian dapat dibuat dengan mengacu kepada tegangan lentur izin bahan yang digunakan, atau

$$S = \frac{M_{max}}{\sigma_{all}} \quad (18)$$

dimana,

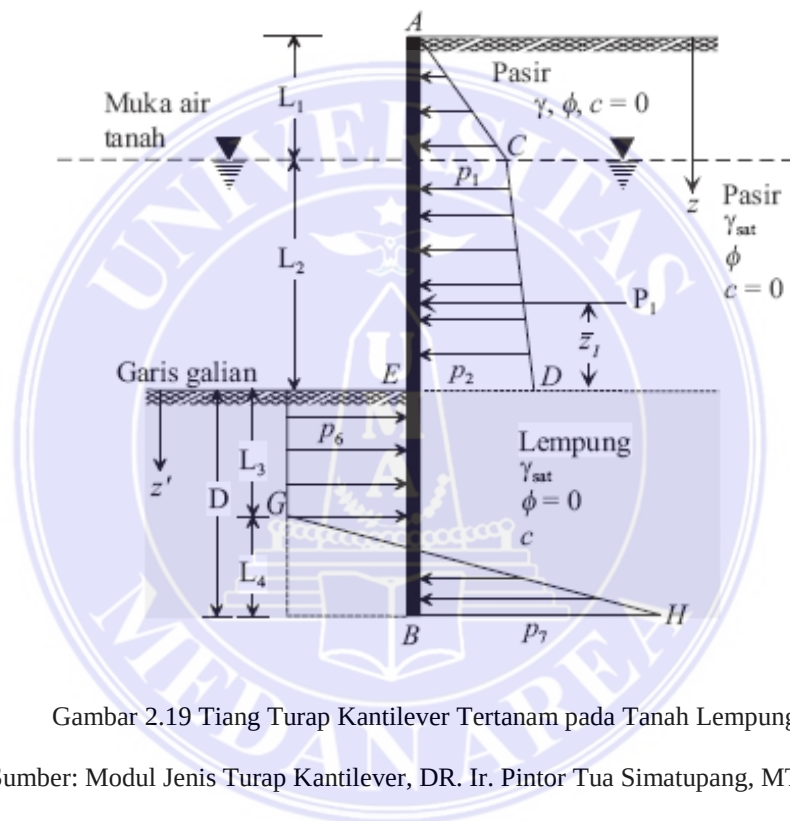
S = modulus penampang (*section modulus*) tiang turap yang dibutuhkan per satuan panjang struktur.

σ_{all} = tegangan lentur ijin tiang turap.

2.9.1.2. Turap Kantilever pada Lempung

Dalam beberapa kasus, tiang turap kantilever harus disorongkan ke dalam lapisan lempung yang mempunyai kohesi taksalur (*undrained cohesion*), c (konsep $\phi = 0$). Diagram tekanan bersih akan agak berbeda daripada yang diperlihatkan pada gambar 2.17. Gambar 2.19 memperlihatkan sebuah dinding

turap yang disorongkan ke dalam lempung dengan bahan isian di belakang turap adalah tanah granular yang terletak di atas garis galian. Misalkanlah permukaan air terletak pada kedalaman L_1 di bawah puncak turap. Sebagaimana sebelumnya, dengan menggunakan Pers. (1) dan (2), intensitas tekanan tanah bersih p_1 dan p_2 dapat dihitung, sehingga diagram untuk distribusi tekanan tanah di atas permukaan garis galian dapat digambarkan.



Gambar 2.19 Tiang Turap Kantilever Tertanam pada Tanah Lempung.

Sumber: Modul Jenis Turap Kantilever, DR. Ir. Pintor Tua Simatupang, MT, 2008

Sedangkan diagram untuk distribusi tekanan tanah bersih di bawah permukaan garis galian dapat ditentukan sebagai berikut. Pada kedalaman z yang lebih besar dari $L_1 + L_2$ dan di atas titik rotasi (titik O) pada gambar 2.16(a), tekanan aktif (p_a) dari kanan ke kiri dapat dinyatakan dengan,

$$p_a = (\gamma L_1 + \gamma L_2 + \gamma_{sat}(z - L_1 - L_2))K_a - 2c\sqrt{K_a} \quad (19)$$

dimana K_a adalah koefisien tekanan tanah aktif Rankine, dengan $\emptyset = 0$. Dengan cara yang sama, tekanan pasif (p_p) dari kiri ke kanan dapat dinyatakan dengan,

$$p_p = (\gamma_{sat}(z - L_1 - L_2))K_p + 2c\sqrt{K_p} \quad (20)$$

dimana K_p adalah koefisien tekanan tanah pasif Rankine, dengan $\emptyset = 0$. Maka, tekanan bersih pada dinding turap menjadi,

$$p_6 = p_p - p_a$$

$$p_6 = (\gamma_{sat}(z - L_1 - L_2) + 2c) - (\gamma L_1 + \gamma L_2 + \gamma_{sat}(z - L_1 - L_2)) + 2c$$

$$p_6 = 4c - (\gamma L_1 + \gamma L_2) \quad (21)$$

Pada dasar turap, tekanan pasif dari kanan ke kiri adalah,

$$p_p = (\gamma L_1 + \gamma L_2 + \gamma_{sat}D) + 2c \quad (22)$$

Dengan cara yang sama, tekanan aktif dari kiri ke kanan adalah,

$$p_a = \gamma_{sat}D - 2c \quad (23)$$

Maka, tekanan bersih pada dinding turap menjadi,

$$p_7 = p_p - p_a = 4c + (\gamma L_1 + \gamma L_2) \quad (24)$$

Untuk analisis kesetimbangan, $\sum F_H = 0$ (yaitu luas diagram tekanan ACDE – luas EFIB + luas GIH = 0), atau

$$P_1 - (4c - (\gamma L_1 + \gamma L_2)D) \frac{1}{2} L_4 (4c - (\gamma L_1 + \gamma L_2) + 4c + (\gamma L_1 + \gamma L_2)) = 0$$

dimana P_1 adalah luas diagram tekanan ACDE. Dengan menyederhanakan persamaan sebelumnya, maka diperoleh,

$$L_4 = \frac{D(4c - (\gamma L_1 + \gamma L_2)) - P_1}{4c} \quad (25)$$

Bila ditinjau momen di titik B, sehingga $\sum M_B = 0$, maka didapat persamaan berikut,

$$P_1(D + \bar{z}_1) - (4c - (\gamma L_1 + \gamma L_2)) \frac{D^2}{2} + \frac{1}{2} L_4 (8c) \left(\frac{L_4}{3} \right) = 0 \quad (26)$$

dimana $\bar{z}_1$ adalah jarak dari pusat tekanan pada diagram ACDE diukur dari permukaan garis galian. Dengan mengombinasikan pers. (30) dan (31), maka dapat diturunkan menjadi,

$$D^2(4c - (\gamma L_1 + \gamma L_2)) - 2DP_1 - \left(\frac{P_1(P_1 + 12c\bar{z}_1)}{((\gamma L_1 + \gamma L_2) + 2c)} \right) = 0 \quad (27)$$

Dengan menyelesaikan persamaan ini maka dapat diperoleh D, yaitu kedalaman penetrasi ke dalam lapisan lempung yang dibutuhkan oleh turap.

Prosedur menentukan diagram tekanan, berdasarkan teori yang telah dijelaskan sebelumnya, berikut ini adalah prosedur langkah demi langkah untuk menentukan diagram tekanan yang dibutuhkan untuk mendapatkan besarnya penetrasi turap pada lapisan lempung.

1. Menghitung $K_a = \tan^2 \left(45 - \phi/2 \right)$ untuk tanah isian
2. Mendapatkan p_1 dan p_2 , dengan menggunakan pers. (1) dan (2)
3. Menghitung P_1 dan $\bar{z}_1$
4. Mendapatkan kedalaman teoritis (D), dengan menggunakan pers. (27)
5. Menghitung L_4 , dengan pers. (25)
6. Menghitung nilai p_6 dan p_7 , dengan pers. (21) dan (24)
7. Menggambarkan diagram distribusi tekanan seperti gambar 2.18
8. Kedalaman aktual penetrasi turap dihitung sebagai $D_{\text{aktual}} = 1,4$ sampai $1,6$ (D_{teoritis})

Mengitung momen lentur maksimum, dengan merujuk pada gambar 2.19, momen maksimum (yaitu momen di titik dimana gaya geser sama dengan nol) akan terjadi diantara $L_1 + L_2 < z < L_1 + L_2 + L_3$. Dengan menggunakan sistem koordinat z' ($z' = 0$ pada aris galian) gaya geser menjadi,

$$P_1 = p_6 z' = 0$$

sehingga

$$z' = \frac{P_1}{p_6}$$

Besarnya momen maksimum kemudian dapat dihitung dengan rumus,

$$M_{max} = P_1(z' + \bar{z}_1) - \frac{p_6 z'^2}{2}$$

Dengan diketauinya momen lentur maksimum, maka modulus penampang dapat dihitung dari pers. (23), untuk selanjutnya menentukan profil tiang turap yang diperlukan.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dilakukan pada Proyek Reklamasi The Development of Port Belawan-Phase 1, Dermaga Belawan International Container Terminal.

3.2. Waktu Penelitian

Waktu penelitian direncanakan berlangsung selama 3 bulan, terhitung dari bulan Mei sampai Juli 2017.

3.3. Metode Analisis Data

Metode yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan teori dan rumus Rankine mengenai tekanan tanah aktif dan tekanan tanah pasif dari beberapa modul mengenai turap kantilever. Data-data yang diperoleh dari hasil laboratorium akan diambil untuk dijadikan bahan dalam menganalisis data.

3.4. Instrumen Penelitian

Untuk memudahkan perhitungan dan untuk kelengkapan kajian pustaka maka analisis data dilakukan menggunakan AutoCad, Microsoft Word, Microsoft Excel, serta beberapa Literatur dari buku mekanika tanah.

3.5. Teknik Mengumpulkan data

Pengumpulan data di lapangan harus dilakukan dengan cara seteliti mungkin agar diperoleh data akurat dan memenuhi. Data yang dibutuhkan untuk proses perhitungan akan langsung diminta kepada pihak Kontraktor atau Konsultan yang mengerjakan proyek. Ada beberapa data yang akan dikumpulkan untuk kebutuhan skripsi ini. Diantaranya adalah sebagai berikut :

3.5.1. Data Hasil Laboratorium Mekanika Tanah

Data Properti yang dimiliki oleh tanah adalah data terpenting yang harus diperoleh untuk dimasukkan ke rumus-rumus agar nilai tekanan tanah dapat dihitung secara akurat, sehingga dapat ditentukan dimensi dan jenis dinding turap yang akan digunakan. Setiap perbedaan jenis tanah harus diketahui data propertinya. Data ini dapat dimintakan secara langsung kepada Engineer pelaksana proyek atau Konsultan pengawas proyek tersebut.

3.5.2. Data Hasil Boring di Lapangan

Data Borlog hasil Boring di lapangan diperlukan untuk mengetahui nilai SPT tanah, menentukan stratifikasi tanah dan sebagai acuan dalam menentukan kedalaman rencana pemancangan dinding turap. Data ini dapat dimintakan secara langsung kepada Engineer pelaksana proyek atau Konsultan pengawas proyek tersebut.

3.5.3. Gambar, Layout, dan Profil Proyek

Untuk mengetahui apakah titik yang ditinjau untuk penelitian cukup representatif dalam perencanaan konsolidasi para proyek yang diteliti, diperlukan gambar layout proyek. Data-data ini terdapat pada gambar perencanaan proyek dan dapat diminta kepada kotraktor pelaksana proyek.



DAFTAR PUSTAKA

- Craig, R. F. dan Soepandji, Budi Susilo, (1987), *Mekanika Tanah*, Erlangga, Jakarta.
- Das, Braja M., (1993), *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid I*, Erlangga, Jakarta.
- Das, Braja M., (1994), *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid II*, Erlangga, Jakarta.
- Hardiyatmo, H. C., (2017), *Analisis dan Perancangan Fondasi I*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H. C., (2015), *Analisis dan Perancangan Fondasi II*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H. C., (2002), *Mekanika Tanah I*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- KH, V. Sunggono, (1995), *Buku Teknik Sipil*, Nova, Bandung.
- Soedarmo, G. Djatmiko dan Purnomo, S. J. Edy, (1997), *Mekanika Tanah I*, Kansius, Yogyakarta.
- Soedarmo, G. Djatmiko dan Purnomo, S. J. Edy, (1997), *Mekanika Tanah II*, Kansius, Yogyakarta.
- Surendro, Bambang, (2015), *Rekayasa Fondasi (Teori dan Penyelesaian Soal)*, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Terzaghi, K. dan Peck, R. B., (1993), *Mekanika Tanah dalam Praktik Rekayasa*, Erlangga, Jakarta.
- Wesley, Laurence D., (2012), *Mekanika Tanah untuk Tanah Endapan dan Residu*, Andi, Yogyakarta.

LAMPIRAN – LAMPIRAN HASIL PENYELIDIKAN LAPANGAN



Laporan Akhir Survey Dan Penyelidikan Tanah

Project Management and Supervision Consultant (PMSC)

The Development of Belawan Port Project – Phase 1, IDB Financing Assistance IND – 0133

Keterangan : Pemboran dilakukan dari 7.00 m dari kedalaman air laut pasang besar Bor No. : BH - 1R Koordinat : X=468895.5, Y=419783.5 Elv. Seabed : -3.366 Lembar 1 (satu)	Proyek	PELABUHAN BELAWAN		
	No. titik	BH-1R	Tipe Mesin	TOHO D2G
	Lokasi	BELAWAN	Tipe Penginti	Single
	Kota/Kab	MEDAN	Dia Penginti	73 mm
	Provinsi	SUMATERA UTARA	Jml Kedalaman	60 m
	Dia.Casing	89 mm	MAT (m)	
	Berat SPT	63.5 KG	Juru Bor	KASUM
	Tinggi SPT	76 CM	Pen Jawab	E. Kurniawan

Tanggal	Kedalaman (m)	Cara Pembooran	Kedalaman casing	Core Recovery (%)	N-SPT	Grafik SPT	MAT (m)	Profil Bor	Deskripsi Tanah / Batuan
				20 40 60 80 100					
1									Lempung lanauan pasir halus, campur kulit kerang Abu-abu Kehitaman, lembek
2					N= 0			SPT-1	
3									
4					N= 0			SPT-2	Lempung lanauan, abu-abu muda sampai abu-abu tua, sangat lembek
5									
6					N= 0			UDS SPT-3	
7									
8					N= 3			SPT-4	
9									Lanau lempungan, abu-abu, lembek
10					N= 4			UDS SPT-5	
11									
12					N= 4			SPT-6	Lempung lanauan, abu-abu tua agak kehitaman, lembek
13									
14					N= 5			SPT-7	
15									
16					N= 6			SPT-8	Lempung lanauan, abu-abu keputihan, agak lembek
17									
18					N= 6			SPT-9	
19								UDS SPT-10	
20					N= 5				Lempung lanauan, abu-abu tua, agak lembek
21									
22					N= 6			SPT-11	
23									Lanau lempungan, abu-abu kecoklatan sedikit gambut, agak lunak
24					N= 10			SPT-12	
25									Lempung lanauan, abu-abu muda kecoklatan. kenyal
26					N= 13			UDS SPT-13	
27									
28					N= 11			SPT-14	Lempung, abu-abu kehijauan, kenyal
29									
30									

Note :  Sample  Spiral  Cutting  SPT

Laporan Akhir Survey Dan Penyelidikan Tanah

Project Management and Supervision Consultant (PMSC)

The Development of Belawan Port Project – Phase 1, IDB Financing Assistance IND – 0133

Keterangan : Pemboran dilakukan dari 7.00 m dari kedalaman air laut pasang besar Bor No. : BH - 1R Koordinat : X=468895.5, Y=419783.5 Elv. Seabed : -3.366 Lembar 2 (Dua)					Proyek		PELABUHAN BELAWAN				
					No. titik		BH-1R	Tipe Mesin	TOHO D2G		
					Lokasi		BELAWAN	Tipe Penginti	Single		
					Kota/Kab		MEDAN	Dia Penginti	73 mm		
					Provinsi		SUMATERA UTARA	Jml Kedalaman	60 m		
					Dia.Casing		89 mm	MAT (m)			
					Berat SPT		63.5 KG	Juru Bor	KASUM		
					Tinggi SPT		76 CM	Pen Jawab	E. Kurniawan		
Tanggal	Kedalaman (m)	Cara Pemboran	Kedalaman casing	Core Recovery (%)	N-SPT	Grafik SPT	MAT (m)	Profil Bor	Deskripsi Tanah / Batuan		
			20 40 60 80 100								
31					N= 6			SPT-15	Lempung lanauan abu-abu muda, agak lembek		
32					N= 4			SPT-16			
33											
34					N= 0			SPT-17	Lanau lempungan, abu-abu muda, lembek		
35											
36					N= 0			SPT-18			
37											
38					N= 4			SPT-19	Lempung lanauan sedikit pasir, abu-abu tua, Lembek		
39											
40					N= 5			SPT-20			
41											
42					N= 8			SPT-21	Lempung, abu-abu tua, agak lemek		
43											
44					N= 10			SPT-22			
45											
46					N= 6			SPT-23			
47											
48					N= 13			SPT-24	Lempung lanauan, sedikit pasir halus, abu-abu tua, agak lembek s/d kenyal		
49											
50					N= 12			SPT-25			
51											
52					N= 11			SPT-26	Lanau lempungan sedikit kulit kerang, kenyal		
53											
54					N= 12			SPT-27	Lempung lanauan, abu-abu tua, kenyal		
55											
56					N= 10			SPT-28	Lempung lanauan sedikit kulit kerang, kenyal		
57											
58					N= 13			SPT-29	Lanau lempungan sedikit pasir halus, kenyal		
59											
60					N= 15			SPT-30			

Note :

Sample

Spiral

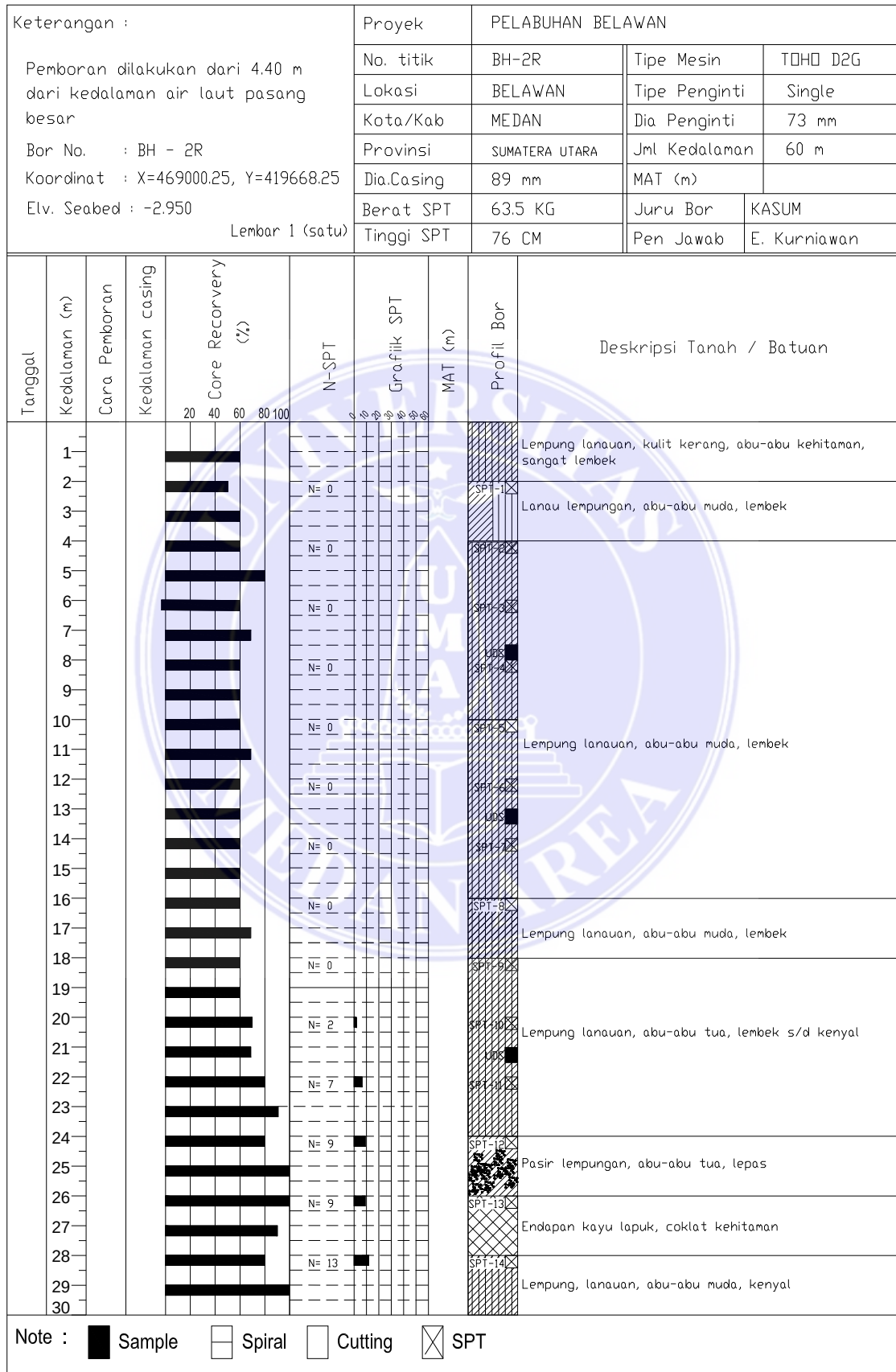
Cutting

SPT

Laporan Akhir Survey Dan Penyelidikan Tanah

Project Management and Supervision Consultant (PMSC)

The Development of Belawan Port Project – Phase 1, IDB Financing Assistance IND – 0133



Laporan Akhir Survey Dan Penyelidikan Tanah

Project Management and Supervision Consultant (PMSC)

The Development of Belawan Port Project – Phase 1, IDB Financing Assistance IND – 0133

Keterangan :				Proyek		PELABUHAN BELAWAN					
Pemboran dilakukan dari 4.40 m dari kedalaman air laut pasang besar Bor No. : BH - 2R Koordinat : X=469000.25, Y=419668.25 Elv. Seabed : -2.950 Lembar 2 (Dua)				No. titik		BH-2R		Tipe Mesin		TOHO D2G	
				Lokasi		BELAWAN		Tipe Penginti		Single	
				Kota/Kab		MEDAN		Dia Penginti		73 mm	
				Provinsi		SUMATERA UTARA		Jml Kedalaman		60 m	
				Dia.Casing		89 mm		MAT (m)			
				Berat SPT		63.5 KG		Juru Bor		KASUM	
				Tinggi SPT		76 CM		Pen Jawab		E. Kurniawan	
Tanggal	Kedalaman (m)	Cara Pembaroran	Kedalaman casing	Core Recovery (%)	N-SPT	Grafik SPT	MAT (m)	Profil Bor	Deskripsi Tanah / Batuan		
				20 40 60 80 100							
31					N= 16			SPT-15			
32					N= 18			SPT-16			
33					N= 12			SPT-17	Lempung lanauan, abu-abu kehijauan sampai dengan hijau, kenyal		
34					N= 12			SPT-18			
35					N= 12			SPT-19	Lempung lanauan, sedikit pasir kasar, hijau, kenyal		
36					N= 18			SPT-20			
37					N= 14			SPT-21	Lempung, lanauan, sedikit pasir halus, abu-abu kehitaman, kenyal		
38					N= 11			SPT-22			
39					N= 8			SPT-23	Lempung, lanauan, pasir halus, hitam, kenyal		
40					N= 5			SPT-24			
41					N= 4			SPT-25	Lempung, hitam, kenyal		
42					N= 4			SPT-26			
43					N= 3			SPT-27			
44					N= 4			SPT-28	Lempung lanauan,, sedikit kulit kerang, hitam, Lembek		
45					N= 6			SPT-29			
46					N= 3			SPT-30	Lempung lanauan, hitam, kenyal		
47					N= 3			SPT-31			
48					N= 6			SPT-32	Lanau lempungan, hitam, kenyal		
49					N= 3			SPT-33			
50					N= 2			SPT-34	Lanau lempungan sedikit pasir alus, hitam, kenyal		
51								SPT-35			
52								SPT-36			
53								SPT-37			
54								SPT-38			
55								SPT-39			
56								SPT-40			
57								SPT-41			
58								SPT-42			
59								SPT-43			
60								SPT-44			

Note :

Sample

Spiral

Cutting

SPT

Laporan Akhir Survey Dan Penyelidikan Tanah

Project Management and Supervision Consultant (PMSC)

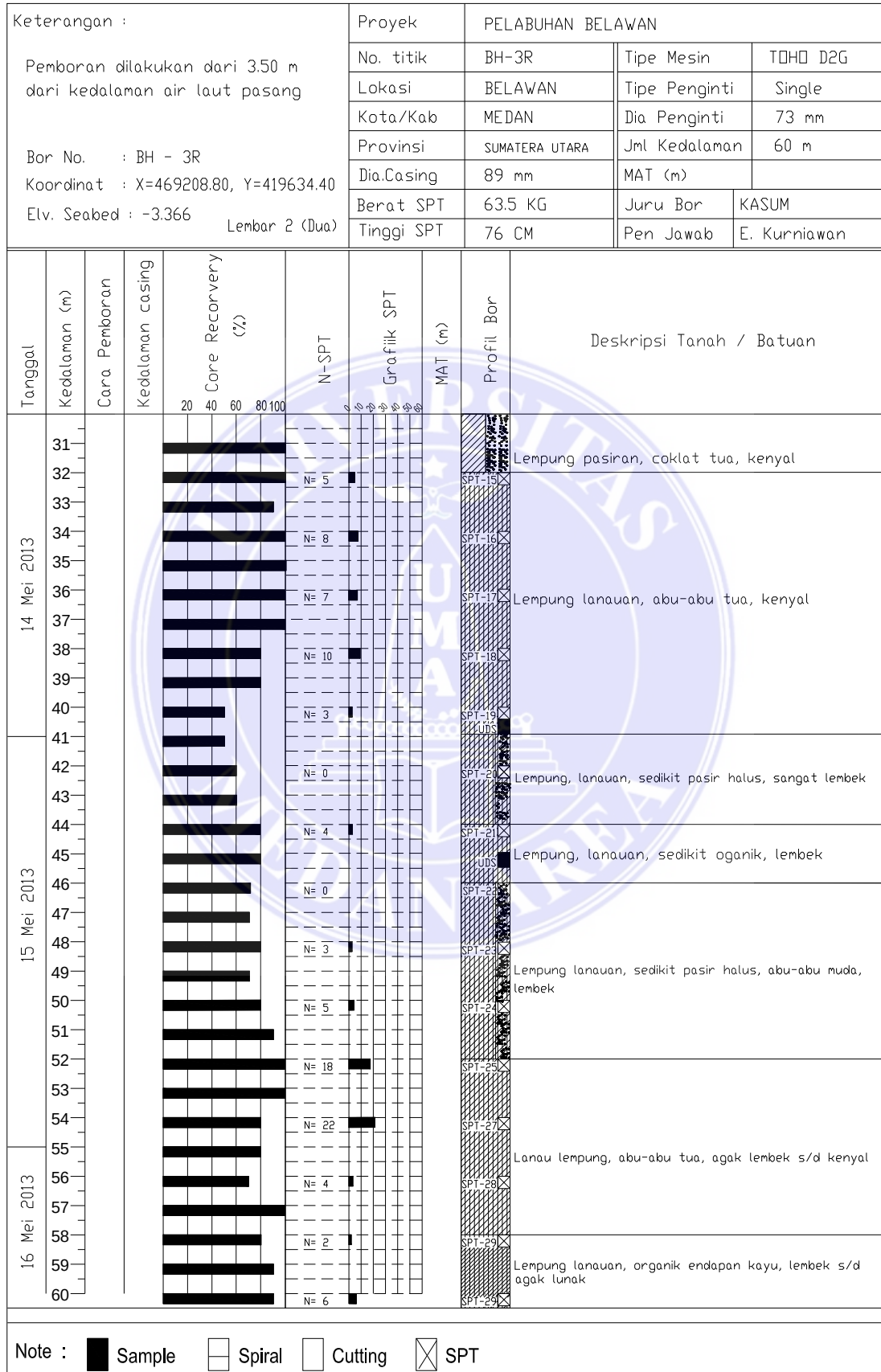
The Development of Belawan Port Project – Phase 1, IDB Financing Assistance IND – 0133

Keterangan :				Proyek		PELABUHAN BELAWAN						
Pemboran dilakukan dari 3.50 m dari kedalaman air laut pasang Bor No. : BH - 3R Koordinat : X=469208.80, Y=419634.40 Elv. Seabed : -3.366 Lembar 1 (satu)				No. titik		BH-3R		Tipe Mesin		TOHO D2G		
				Lokasi		BELAWAN		Tipe Penginti		Single		
				Kota/Kab		MEDAN		Dia Penginti		73 mm		
				Provinsi		SUMATERA UTARA		Jml Kedalaman		60 m		
				Dia.Casing		89 mm		MAT (m)				
				Berat SPT		63.5 KG		Juru Bor		KASUM		
				Tinggi SPT		76 CM		Pen Jawab		E. Kurniawan		
Tanggal	Kedalaman (m)	Cara Pemboran	Kedalaman casing	Core Recovery (%)		N-SPT	Grafik SPT		MAT (m)	Profil Bor	Deskripsi Tanah / Batuan	
	20	40	60	80	100							
13 Mei 2013	1										Lempung lanauan pasir halus, campur kulit kerang, lembek	
	2					N= 0			SPT-1			
	3					N= 0			SPT-2		Lempung pasir halus, abu-abu muda lembek	
	4					N= 0			SPT-3			
	5					N= 0			SPT-4			
	6					N= 0			SPT-5			
	7					N= 0			SPT-6			
	8					N= 0			SPT-7			
	9					N= 0			SPT-8		Lempung lanauan, abu-abu muda sampai coklat keabuan, lembek	
	10					N= 0			UDS			
	11					N= 0			SPT-9			
	12					N= 0			SPT-10		Lempung lanauan, sedikit organik, abu-abu kehitaman, sangat lembek	
	13					N= 0			SPT-11			
	14					N= 0			SPT-12		Lempung lanauan, pasir halus, abu-abu keputihan, Lembek	
	15					N= 0			UDS			
	16					N= 2			SPT-13		Pasir lanauan, keabuan, sangat lepas	
	17					N= 4			SPT-14		Lempung lanauan sedikit gambut, coklat tua, lembek	
	18					N= 3			SPT-15			
	19					N= 15			SPT-16		Lempung lanauan, coklat muda, lembek	
	20					N= 16			SPT-17			
	21					N= 5			UDS			
	22					N= 13			SPT-18		Lempung lanauan, abu-abu muda sampai hijau, kenyal	
	23								SPT-19			
	24								UDS			
	25								SPT-20			
	26								SPT-21		Pasir halus lempung, abu-abu muda, lepas	
	27								SPT-22			
	28								SPT-23			
	29								SPT-24		Lempung pasiran, coklat tua, kenyal	
	30											
Note :  Sample  Spiral  Cutting  SPT												

Laporan Akhir Survey Dan Penyelidikan Tanah

Project Management and Supervision Consultant (PMSC)

The Development of Belawan Port Project – Phase 1, IDB Financing Assistance IND – 0133



Laporan Akhir Survey Dan Penyelidikan Tanah

Project Management and Supervision Consultant (PMSC)
The Development of Belawan Port Project – Phase 1, IDB Financing Assistance IND – 0133

Tabel 6.1 Resume Hasil Pengujian Bor Mesin. BH-1R

No	Kedalaman (m)	Deskripsi	Nilai SPT
1	0.00 – 22.00	Lempung lanauan, sedikit pasir halus, abu-abu tua, lunak s/d sangat teguh	0 s/d 6
2	22.00 – 24.00	Lanau lempungan, sedikit gambut, abu-abu kecoklatan, teguh	6
3	24.00 – 58.00	Lempung lanauan, sedikit pasir halus, abu-abu tua, lunak s/d sangat teguh	0 s/d 13
4	58.00 – 60.00	Lanau lempungan, sedikit pasir halus, keras	13 s/d 15

Tabel 6.2 Resume Hasil Pengujian Bor Mesin. BH-2R

No	Kedalaman (m)	Deskripsi	Nilai SPT
1	0.00 – 2.00	Lempung lanauan, kulit kerang, abu-abu kehitaman, sangat lunak	0
2	2.00 – 4.00	Lanau lempungan, abu-abu tua, sangat lunak	6
3	4.00 – 24.00	Lempung lanauan, abu-abu muda s/d, abu-abu tua, lunak s/d teguh	0 s/d 9
4	24.00 – 28.00	Pasir lempungan, endapan kayu lapuk, abu-abu kecoklatan, urai s/d agak padat	9 s/d 13
5	28.00 – 54.00	Lempung lanaua, abu-abu kehijauan, sangat teguh s/d keras	3 s/d 18
6	54.00 – 60.00	Lanau lempungan, sedikit pasir halus, hitam, lunak s/d teguh	

Tabel 6.3 Resume Hasil Pengujian Bor Mesin. BH-3R

No	Kedalaman (m)	Deskripsi	Nilai SPT
1	0.00 – 14.50	Lempung lanauan, pasir halus, organik, sangat lunak	0
2	14.50 – 16.00	Pasir lanauan, keabuan, sangat urai	0
3	16.00 – 25.00	Lempung lanauan, abu-abu muda kecoklatan, lunak s/d keras	2 s/d 16
4	25.00 – 52.00	Lempung lanauan, pasir halus, abu-abu muda kecoklatan, lunak s/d keras	9 s/d 13
5	52.00 – 58.00	Lanau lempungan, abu-abu tua, lunak s/d keras	4 s/d 22
6	58.00 – 60.00	Lempung lanauan, organik, endapan kayu, teguh	2 s/d 6

Tabel 6.4 Resume Hasil Pengujian Laboratorium untuk BH-1R

LABORATORY TEST RESULT														
PROJECT :: SOIL INVESTIGATION		LOCATION : BELAWAN - MEDAN												
BOR	DEPTH	GS	Wn	γ_n	γ_{dry}	LL	SR	e	Prosentase			TRIAXIAL	UCT	Cc
NO.	in					%			Passing Sieve			uu		
	meter					PI	%	n	4	40	200	Ø °	qu	Cv
						%			%	%	C(kg/cm²)	(kg/cm²)	X10 ⁻³ cm²/dt	
: BH. 1R	: 5.00 - 5.50 m.	2.63	92.31	1.46	0.76	97.88 64.23	98	2.46 0.71			73.98	31.0 0.08		1.37 3.91
: BH. 1R	: 9.50 - 10.00 m.	2.52	136.54	1.32	0.60	160.79 134.43		3.50 0.78			73.98	35.0 0.05		0.99 2.53
: BH. 1R	: 18.500 - 19.00 m	2.61	40.58	0.52	1.24	58.11 36.41	96	1.10 0.52			96.24	34.0 0.17		0.35 1.11
: BH. 1R	: 25.50 - 26.00 m.	2.60	72.17	0.66	0.89	89.67 60.60		2.95 0.75			92.17	38.0 0.17		0.63 1.65
: BH. 1R	: 35.00 - 35.50 m.	2.59	62.07	0.62	0.98	98.04 67.63	97				96.86	35.0 0.20		0.55 1.58

Tabel 6.5 Resume Hasil Pengujian Laboratorium untuk BH-2R

LABORATORY TEST RESULT														
PROJECT : : SOIL INVESTIGATION						LOCATION : BELAWAN - MEDAN								
BOR NO.	DEPTH in meter	GS	Wn %	γ_n t/m ³	γ_{dry} t/m ³	LL %	SR %	e	Prosentase Passing Sieve			TRIAXIAL uu	UCT qu (kg/cm ²)	Cc Cv X10 ⁻³ cm ² /dt
						PI %		n	4 %	40 %	200 %	Ø ° C(kg/cm ²)		
: BH. 2R	: 7.00 - 7.50 m.	2.61	79.85	1.37	0.76	72.39 42.89	86	2.43 0.71	100.00	92.27	79.47	26.0 0.10	0.300	0.39 8.06
: BH. 2R	: 13.00 - 13.50 m.	2.62	67.87	1.41	0.84	47.73 21.67	84	2.11 0.68	100.00	96.56	86.55	36.0 0.10	0.308	0.33 8.31
: BH. 2R	: 21.00 - 21.50 m.	2.63	78.52	1.52	0.85	58.22 27.47	99	2.09 0.68	100	91.18	83.27	33.0 0.14	0.236	0.37 8.38
: BH. 2R	: 31.00 - 31.50 m.	2.63	92.89	1.29	0.67	36.29 13.28	83	2.95 0.75	100	92.12	82.86	30.0 0.13	0.209	0.38 7.68

Tabel 6.6 Resume Hasil Pengujian Laboratorium untuk BH-3R

LABORATORY TEST RESULT															
PROJECT :: SOIL INVESTIGATION						LOCATION :: BELAWAN - MEDAN									
BOR	DEPTH	GS	Wn	γ_n	γ_{dry}	LL	SR	e	Prosentase			TRIAXIAL	UCT	Cc	
NO.						in		PI	Passing Sieve			uu			
	%						%		n	4	40	200	$\emptyset^\circ$	qu	Cv
										meter	%	t/m³	t/m³	%	%
: BH. 3R	: 5.00 - 5.50 m.	2.63	124.15	0.77	0.61	120.27	98	3.33			89.01	21.0		1.16	
						88.24		0.77				0.04		3.47	
: BH. 3R	: 10.00 - 10.50 m.	2.59	101.87	0.73	0.70	146.74	99	2.68			81.89	28.0		0.91	
						109.73		0.73				0.06		3.06	
: BH. 3R	: 15.00 - 15.50 m.	2.61	89.47	1.32	0.77	104.05	96	2.40			92.94	35.0		1.01	
						70.10		0.71				0.07		3.15	
: BH. 3R	: 20.50 - 21.00 m.	2.71	51.52	1.65	1.09	68.95	98	2.95			84.08	38.0		0.80	
						42.66		0.75				0.17		2.40	
: BH. 3R	: 25.00 - 25.50 m.	2.63	92.21	1.46	0.76	95.26	100				96.86	25.0		0.95	
						65.17						0.06		2.80	

Laporan Akhir Survey Dan Penyelidikan Tanah

Project Management and Supervision Consultant (PMSC)
The Development of Belawan Port Project – Phase 1, IDB Financing Assistance IND – 0133

Tabel 6.7 Resume Hasil Pengujian Laboratorium untuk Quarry

SUMMARY OF LABORATORY TEST				
PROJECT	: SOIL INVESTIGATION			
LOCATION	: TP-1, Timbang Geli - Pulo Gambar - Sei Ular			
Sample No.			TP.1	
Depth		m		
Specific Gravity			2.66	
GRADATION	PASSING SIEVE	%		
	No. 4 (4.75 mm)	%	100.00	
	No. 40 (0.425 mm)	%	21.02	
	No. 200 (0.075 mm)	%	1.90	
Liquid Limit	LL	%		
Plastic limits	PL	%		
Plasticity Index	PI	%		
Classification			SAND	
OMC		%	10.85	
MDD		gr/cc	1.520	
CBR Value	No. Blows	55	13.69	
		25	11.47	
		15	9.15	
CBR DESIGN			9.43	

SUMMARY OF LABORATORY TEST				
PROJECT	: SOIL INVESTIGATION			
LOCATION	: TP-2 Pulo Gambar- Galang - Sei Ular			
Sample No.			TP.2	
Depth		m		
Specific Gravity			2.66	
GRADATION	PASSING SIEVE	%		
	No. 4 (4.75 mm)	%	83.20	
	No. 40 (0.425 mm)	%	28.44	
	No. 200 (0.075 mm)	%	17.46	
Liquid Limit	LL	%		
Plastic limits	PL	%		
Plasticity Index	PI	%		
Classification			SAND	
OMC		%	10.85	
MDD		gr/cc	1.520	
CBR Value	No. Blows	55	13.69	
		25	11.47	
		15	11.15	
CBR DESIGN			12.11	

Laporan Akhir Survey Dan Penyelidikan Tanah

Project Management and Supervision Consultant (PMSC)
The Development of Belawan Port Project – Phase 1, IDB Financing Assistance IND – 0133

SUMMARY OF LABORATORY TEST					
PROJECT	: SOIL INVESTIGATION				
LOCATION	: TP-3 Patumbak - Sei Ular				
Sample No.				TP.3	
Depth			m		
Specific Gravity				2.67	
GRADATION	PASSING SIEVE		%		
	No. 4 (4.75 mm)		%	86.10	
	No. 40 (0.425 mm)		%	34.58	
	No. 200 (0.075 mm)		%	2.29	
Liquid Limit		LL	%		
Plastic limits		PL	%		
Plasticity Index		PI	%		
Classification				SAND	
OMC			%	12.59	
MDD			gr/cc	1.671	
CBR Value	No. Blows	55		12.56	
		26		8.15	
		12		5.22	
CBR DESIGN				6.22	

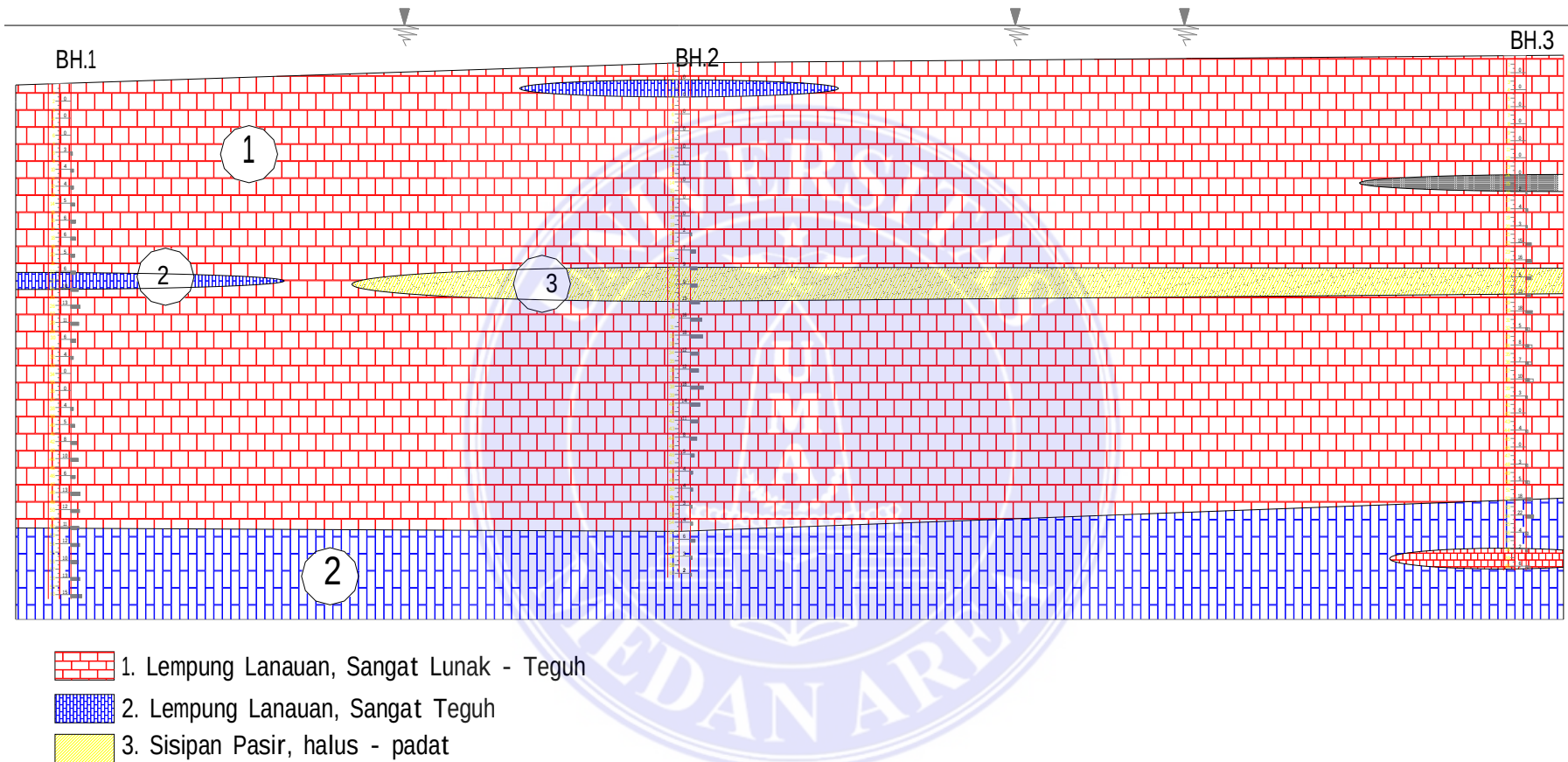
SUMMARY OF LABORATORY TEST					
PROJECT	: SOIL INVESTIGATION CBR				
LOCATION	: PANTAI BARU - PANTAI LABU				
Sample No.				TP.1	
Depth			m		
Specific Gravity				2.66	
GRADATION	PASSING SIEVE		%		
	No. 4 (4.75 mm)		%	98.97	
	No. 40 (0.425 mm)		%	69.60	
	No. 200 (0.075 mm)		%	36.51	
Liquid Limit		LL	%		
Plastic limits		PL	%		
Plasticity Index		PI	%		
Classification				SAND	
OMC			%	15.11	
MDD			gr/cc	1.388	
CBR Value	No. Blows	55		7.44	
		26		6.01	
		12		3.93	
CBR DESIGN				4.64	

Laporan Akhir Survey Dan Penyelidikan Tanah

Project Management and Supervision Consultant (PMSC)
The Development of Belawan Port Project – Phase 1, IDB Financing Assistance IND – 0133

SUMMARY OF LABORATORY TEST					
PROJECT	: SOIL INVESTIGATION				
LOCATION	: SEI BAHARU - HAMPARAN PERAK				
Sample No.				TP.1	
Depth			m		
Specific Gravity				2.65	
GRADATION	PASSING SIEVE		%		
	No. 4 (4.75 mm)		%	83.20	
	No. 40 (0.425 mm)		%	18.70	
	No. 200 (0.075 mm)		%	5.22	
Liquid Limit		LL	%	NP	
Plastic limits		PL	%	NP	
Plasticity Index		PI	%		
Classification				SAND	
OMC			%	12.49	
MDD			gr/cc	1.650	
CBR Value	No. Blows	55		15.92	
		25		10.37	
		15		6.63	
CBR DESIGN				10.97	

SUMMARY OF LABORATORY TEST					
PROJECT	: SOIL INVESTIGATION PELABUHAN				
LOCATION	: PANTAI SERIGI/PANTAI LABU - BELAWAN - MEDAN				
Sample No.				TP.1	TP.2
Depth			m		
Specific Gravity				2.62	2.63
GRADATION	PASSING SIEVE		%		
	No. 4 (4.75 mm)		%	99.12	100.00
	No. 40 (0.425 mm)		%	16.18	18.73
	No. 200 (0.075 mm)		%	11.46	13.36
Liquid Limit		LL	%	NP	NP
Plastic limits		PL	%	NP	NP
Plasticity Index		PI	%		
Classification				SAND	SAND
OMC			%	8.60	9.755
MDD			gr/cc	1.511	1.686
CBR Value	No. Blows	55		9.35	13.51
		25		5.46	9.28
		12		2.83	5.13
CBR DESIGN				6.16	7.59



Gambar 6.5. Stratifikasi Tanah

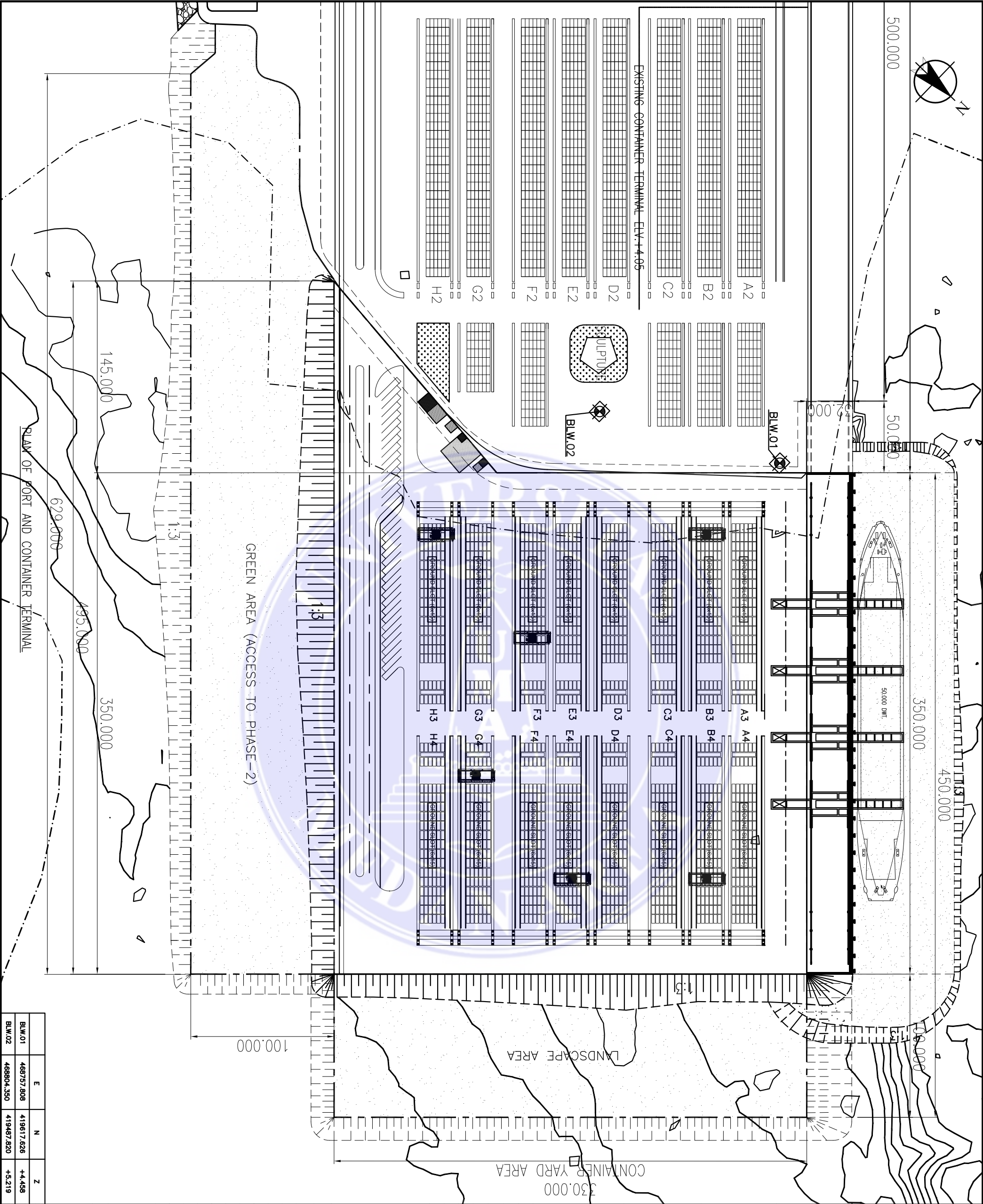
Laporan Akhir Survey Dan Penyelidikan Tanah

Project Management and Supervision Consultant (PMS)
The Development of Belawan Port Project – Phase 1, IDB Financing Assistance IND – 0133

No.Titik	Kedalaman (m)	c (kg/cm ²)	φ (deg)	Cc
BH.1	5.00 – 5.40	0.082	31	1.37
	9.50 – 10.00	0.054	35	0.991
	18.50 – 19.00	0.173	34	0.351
	25.50 – 26.00	0.168	38	0.626
	35.00 – 35.50	0.197	35	0.554

No.Titik	Kedalaman (m)	c (kg/cm ²)	φ (deg)	Cc
BH.2	7.00 – 7.50	0.10	26	0.39
	13.00 – 13.50	0.10	36	0.33
	21.00 – 21.50	0.14	33	0.37
	31.00 – 31.50	0.13	30	0.38

No.Titik	Kedalaman (m)	c (kg/cm ²)	φ (deg)	Cc
BH.3	5.00 – 5.50	0.039	21	1.157
	10.00 – 10.50	0.055	28	0.910
	15.00 – 15.50	0.075	35	1.009
	20.50 – 21.00	0.067	38	0.797
	25.00 – 25.50	0.060	25	0.952



	E	N	Z
BLW.01	468757.808	419617.626	+4.458
BLW.02	468804.350	419487.820	+5.219



MINISTRY OF TRANSPORTATION
DEVELOPMENT OF BELAWAN PORT PROJECT - PHASE I
UNDER ISLAMIC DEVELOPMENT BANK (IDB)
FINANCING ASSISTANCE IND-0133

APPROVED BY
PROJECT MANAGER

GUS RIOMAL
NP. 1970930 200312 1 001

PROJECT MANAGEMENT AND SUPERVISION CONSULTANT
JOIN VENTURE (JV)
PT. RAYAKONSULT - PT. DELTA DECON - PT. SEAL INDONESIA

Ir. ERYV RIVADI
DIRECTOR

THE AUTHORIZED BUDGET USER

KEMAL HERVANDRI
NP. 19570109 198603 1 001

PROJECT:

THE DEVELOPMENT OF BELAWAN
PORT PROJECT - PHASE 1

EXPERT	N A M E	SIGNATURE
Team Leader	Ir. Ery Sulistyono MT	
Civil Eng	Ir. Harjuna SP.	
Soil Mechanics Eng	Ir. Heriman	
Port Equipment Specialist	Ir. Yotanes Agus Jayalun	
Drawn by	Dennel D. J	

NOTICE

REVISION		
NO.	DATE	NOTIFICATION
		APPROVAL

DRAWING GROUP
LAYOUT

SHEET TITLE

LAYOUT CONTAINER YARD TERMINAL
PHASE -1

DRAWING NO.	SCALE	NO. OF SHEET	TOTAL NO. OF SHEET
DD-BLW-LAY-003	1:2500	03	-



MINISTRY OF TRANSPORTATION
DEVELOPMENT OF BELAWAN PORT PROJECT - PHASE I
UNDER ISLAMIC DEVELOPMENT BANK (IDB)
FINANCING ASSISTANCE IND-0133

APPROVED BY
PROJECT MANAGER

GUS RIONAL
19770930 200312 1 001

-PT. DELTA DECON-

IR. ERRY RIYADI
DIRECTOR

**ACKNOWLEDGE BY
THE AUTHORIZED BUDGET USER**

KEMAL HERTANDRI
NIP. 19570109 198603 1 001

PROJECT:

THE DEVELOPMENT OF BELAWAN PORT PROJECT - PHASE 1

EXPERT	NAME	SIGNATURE
Team Leader	Ir. Edy Sulistyono, MT	
Port Construction Eng	Ir/Haiyuna, SP.	
Dredging Eng	Ir/Herman	
Reclamation Eng	Ir/Yohanes Agus Jayatun	
Drawn by	Dennel, D. J	

NOTICE

[illegible]

DRAWING GROUP

LAYOUT

SHEET TITLE

$$(1/2)$$

DRAWING NO	SCALE	NO. OF SHEET	TOTAL NO. OF SHEET
DD-BLW-SSP-001-00-0	1:600	001	-



MINISTRY OF TRANSPORTATION
DEVELOPMENT OF BELAWAN PORT PROJECT - PHASE
UNDER ISLAMIC DEVELOPMENT BANK (IDB)
FINANCING ASSISTANCE IND-0133

**APPROVED BY
PROJECT MANAGER**

GUS RIONAL
NIP. 19770930 200312 1 001

PROJECT MANAGEMENT AND SUPERVISION CONSULTANT
JOIN VENTURE (JV)
PT. RAYAKONSULT - PT. DETA DECON - PT. SEAL INDONESIA

Dr. ERY RYAD
DIRECTOR

**ACKNOWLEDGE BY
THE AUTHORIZED BUDGET USER**

KEMAL HERYANDRI
NIP. 19570109 198603 1 001

PROJECT:

PROJECT:

THE DEVELOPMENT OF BELAWAN PORT PROJECT - PHASE 1

EXPERT	NAME	SIGNATURE
Team Leader	Ir. Ecy Sulistyono, MT	
Port Construction Eng	Ir. Haidjuna, SP.	
Dredging Eng	Ir. Heriman	
Reclamation Eng	Ir. Yohanes Agus Jayatun	
Drawn by	Demael, D. J	

NOTICE

[illegible]

DRAWING GROUP

STEEL SHEET PILE

SHEET TITLE

REINFORCEMENT DETAILS OF BEAM AND DETAIL SHEET PILE, DETAIL ANCHOR

DRAWING NO	SCALE	NO. OF SHEET	TOTAL NO. OF SHEET
DD-BLW-SSP-002-00-0	1:10	002	-



50.000

450.000



MINISTRY OF TRANSPORTATION
DEVELOPMENT OF BELAWAN PORT PROJECT - PHASE 1
UNDER ISLAMIC DEVELOPMENT BANK (IDB)
FINANCING ASSISTANCE IND-0133

APPROVED BY
PROJECT MANAGER

GUS RIONAL
NIP. 1970930 200312 1 001

PROJECT MANAGEMENT AND SUPERVISION CONSULTANT
JOIN VENTURE (JV)
PT. RAYAKONSULT - PT. DELTA DECON - PT. SEAL INDONESIA

Ir. ERRY RIYADI
DIRECTOR

ACKNOWLEDGE BY
THE AUTHORIZED BUDGET USER

KEMAL HERVANDRI
NIP. 19570109 198603 1 001

PROJECT:

THE DEVELOPMENT OF BELAWAN
PORT PROJECT - PHASE 1

EXPERT	NAME	SIGNATURE
--------	------	-----------

Team Leader	Ir. Edy Sulistyono, MT	
-------------	------------------------	--

Port Construction Eng	Ir. Harjuna, SP.	
-----------------------	------------------	--

Dredging Eng	Ir. Heftman	
--------------	-------------	--

Reclamation Eng	Ir. Yohanes Agus Jayatun	
-----------------	--------------------------	--

Drawn by	Dennis, D. J	
----------	--------------	--

NOTICE

REVISION		
NO.	DATE	NOTIFICATION

DRAWING GROUP

STEEL SHEET PILE

SHEET TITLE

LAYOUT, LONG AND DETAILS STEEL SHEET PILE

DRAWING NO		SCALE	NO. OF SHEET	TOTAL NO. OF SHEET
DD-BLW-SSP-001-00-0		1:600	001	-

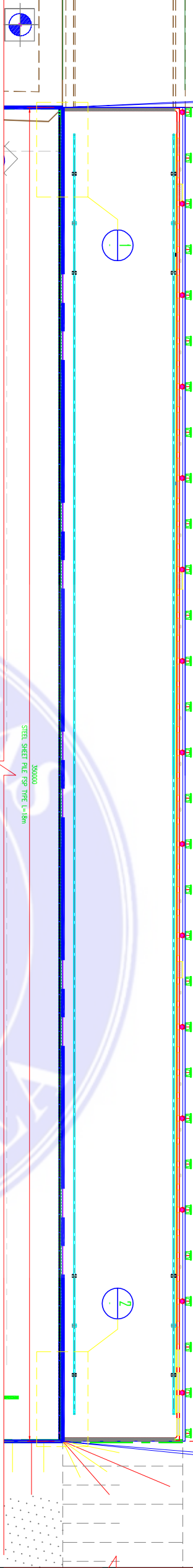


350.000

450.000

SF-1
X = 468734.7719
Y = 419621.4459

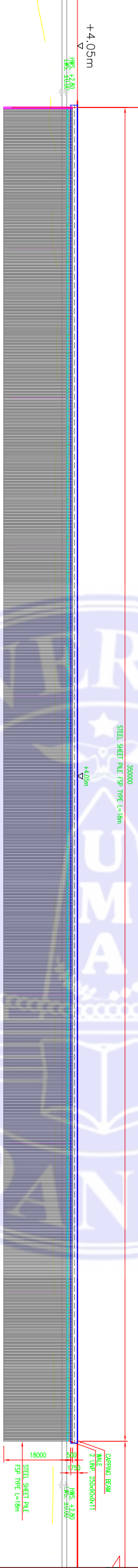
SF-2
X = 468986.4786
Y = 419864.6552



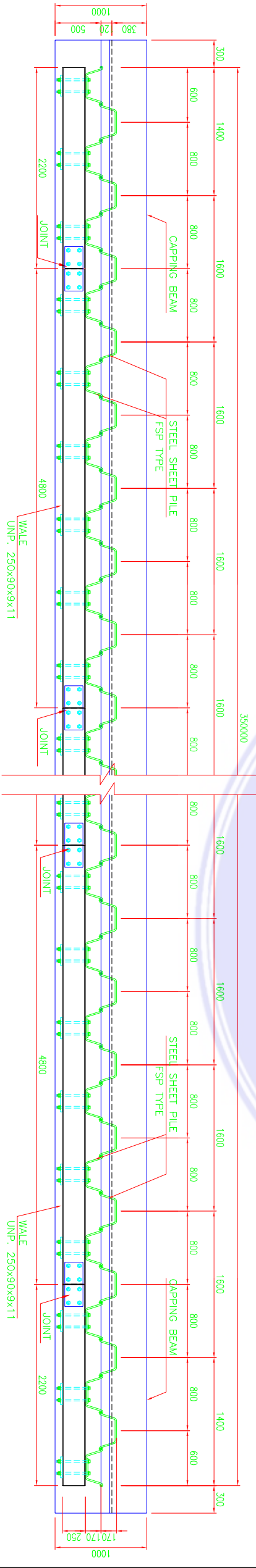
LAYOUT COORDINATE POINT STEEL SHEET PILE
SCALE 1 : 600

EXISTING AREA

+4.05m



LONG SECTION STEEL SHEET PILE FSP TYPE L=18m
SCALE 1 : 600



DETAIL 1
SCALE 1 : 25

DETAIL 2
SCALE 1 : 25