

**EVALUASI PERHITUNGAN DAYA DUKUNG TIANG
PANCANG PEMBANGUNAN KONSTRUKSI
JEMBATAN TOL PAGAR MERBAU
(STUDI KASUS)**

Diajukan Sebagai Salah Satu Persyaratan Untuk Memenuhi Gelar Sarjana Teknik

SKRIPSI

Oleh:

SIDDIQ PRAMONO

14.811.0032

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MEDAN AREA

MEDAN

2018



LEMBAR 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 yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas 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 di kemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini

Medan, Maret 2018




SIDDIQ PRAMONO

14.811.0032

ABSTRAK

Pondasi tiang pancang merupakan salah satu jenis dari pondasi dalam yang umum digunakan, yang berfungsi untuk menyalurkan beban struktur kelapisan tanah keras, yang mempunyai kapasitas daya dukung tinggi yang letaknya cukup dalam di dalam tanah. Untuk menghitung kapasitas tiang, terdapat banyak rumus yang dapat digunakan. Hasil masing-masing rumus tersebut menghasilkan nilai kapasitas yang berbeda-beda. Tujuan dari penelitian ini untuk menghitung daya dukung tiang pancang dari hasil sondir, standar penetrasi test (SPT), dan kalendering, membandingkan hasil daya dukung tiang pancang dari beberapa metode penyelidikan menghitung penurunan yang terjadi pada tiang pancang tunggal. Hasil perhitungan daya dukung pondasi terdapat perbedaan nilai, baik dilihat dari penggunaan metode perhitungan Aoki dan DeAlencar, Mayerhoff, Hilley Formula ataupun Danis Formula. Dari hasil perhitungan daya dukung tiang pancang, lebih aman memakai perhitungan dari hasil data kalendering karena lebih aktual. Berdasarkan hasil perhitungan tiang tunggal yang telah dilakukan, untuk penurunan total tiang tunggal yang terjadi 16,98 mm dan penurunan izin 25 mm maka penurunan total tiang tunggal memenuhi syarat-syarat yang diijinkan.

Kata Kunci : Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang , Penurunan

ABSTRACT

The pile foundation is one of the most commonly used inner layers, which serves to distribute the load of hard ground structural structures that have a high carrying capacity that is deep enough in the soil. To calculate the pole capacity, there are many formulas that can be used. The results of each of these formulas yield different capacity values. The objective of this Final Project is to calculate the carrying capacity of piles of sondir results, test penetration standard (SPT), and calendering, comparing the pile bearing capacity of several inquiry methods to calculate the decrease that occurs on a single pile. The results of the calculation of the carrying capacity of the foundation there are differences in value, both seen from the use of calculation methods Aoki and DeAlencar, Mayerhoff, Hilley Formula or Danis Formula. From the calculation of bearing pile support, it is safer to use the calculation of calendering data as it is more actual. Based on the calculation of single pole that has been done, for the total decay of a single pole that occurred 16.98 mm and 25 mm permit decrease then the total decline of a single pole meet the permissible conditions.

Keywords : Supporting Capacity of Piling Foundation, Decrease

KATA PENGANTAR

Puji Syukur penyusun panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunianya yang tak terhingga sehingga skripsi ini dapat diselesaikan. Skripsi ini berjudul Evaluasi Perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang Pembangunan Konstruksi Jembatan Tol Pagar Merbau, yang merupakan salah satu syarat dalam meraih gelar sarjana Teknik pada Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil Universitas Medan Area.

Dalam menyelesaikan skripsi ini, penulis banyak menemui hambatan dan masalah yang insya Allah atas petyunjuk dari yang Maha Kuasa dan bantuan dari berbagai pihak akhirnya dapat teratasi dan diselesaikan dengan baik, untuk itu pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan rasa terima kasih dan penghargaan yang tinggi kepada :

1. Bapak Prof.Dr.Dadan Ramdhan M.Eng.MSc selaku Rektor Universitas Medan Area.
2. Bapak Prof.Dr.Dadan Ramdhan M.Eng.MSc selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
3. Bapak Ir.Kamaluddin Lubis ,MT Selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil dan juga sebagai Dosen pembimbing II .skripsi.
4. Bapak Ir.Edy Hermanto.MT, selaku dosen pembimbing I, atas segala masukan dan bantuan yang diberikannya dalam penulisan skripsi ini.

5. Rekan-rekan kuliah dan civitas Universitas Medan Area khususnya program studi teknik sipil yang namanya tidak dapat disebutkan lagi satu persatu banyak cara telah membantu penulis.

Penulis menyadari bahwa tulisan ini masih sangat dangkal , namun bagaimanapun juga ini adalah hasil kerja maksimal penulis, mohon kritik dan saran yang membangun bagi kesempurnaan skripsi ini . akhirnya semoga tulisan ini dapat bermanfaat bagi yang membaca.

Medan , Maret 2018

Hormat saya

SIDDIQ PRAMONO

NPM.14.811.0032

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR NOTASI.....	ix
BAB .I .PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Maksud dan Tujuan Penelitian	2
1.3. Rumusan Masalah.....	3
1.4. Batasan Masalah	3
1.5. Kerangka Berpikir Penelitian.....	4
BAB. II. TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Umum	5
2.2. Sistem klasifikasi tanah	5
2.2.1. Sistem klasifikasi <i>Unified</i>	6
2.2.2. Sistem klasifikasi AASHTO	9
2.3. Sifat fisik tanah	12
2.3.1. Hubungan Antara Butiran, Air dan Udara dalam Tanah	12
2.3.2. Berat Spesifik (<i>Specific Gravity, G_s</i>).....	15
2.3.3. Konsistensi Tanah.....	16
2.4. Defenisi Pondasi	18

2.5.	Pondasi Tiang Pancang	19
2.5.1.	Tiang pancang kayu	19
2.5.2.	Tiang pancang beton	20
2.5.3.	Tiang pancang baja	21
2.5.4.	Tiang Pancang Komposit (<i>Composite Pile</i>).....	22
2.6.	Daya dukung tiang	23
2.6.1.	Metode Statis.....	24
2.6.2.	Metode dinamis.....	28
BAB .III .METODOLOGI PENELITIAN		20
3.1.	Lokasi Proyek	31
3.2.	Pengumpulan Data Proyek.....	32
3.2.1.	Sumber Data.....	32
BAB. IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....		34
4.1.	Hasil Penyelidikan Tanah	34
4.1.1.	Hasil Penyelidikan SPT	34
4.1.	Denah Pemancangan Tiang	35
4.2.	Perhitungan Daya Dukung Tiang	36
4.3.1.	Perhitungan menggunakan data SPT	36
4.3.	Perhitungan data sondir	40
4.4.	Perhitungan metode dinamis.....	41
BAB .V. KESIMPULAN DAN SARAN		35
5.1.	Kesimpulan	45
5.2.	Saran	45
DAFTAR PUSTAKA		47
LAMPIRAN		48

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1.1 sistem klasifikasi <i>Unified</i>	8
Tabel 1.2 sistem klasifikasi AASHTO.....	11
Tabel 1.3 berat spesifik mineral-mineral penting	15
Tabel 2.1. Hubungan D_r , ϕ dan N dari pasir (Meyerhoff).....	25
Tabel 2.2.Nilai Koefisien Tergantung Dari Jenis Tanah (Decourt.L, 1987)..	26
Tabel 2.3..Nilai efisiensi hammer, e_h	29
Tabel 4.1.Perhitungan Q (ijin) menggunakan data SPT	40

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1.0 Bagan alir penelitian.....	4
Gambar 1.1 elemen dalam tanah dalam keadaan asli dan tiga fase elemen tanah	12
Gambar 1.2 batas-batas Atterberg.....	17
Gambar 2.1. Tiang Pancang Beton <i>Precast Reiforced Concrete Pile</i>	20
Gambar 2.2. Tiang Pancang <i>Precast Prestressed Concrete Pile</i>	21
Gambar .3.1. Lokasi penelitian	31

DAFTAR NOTASI

A_p	= Luas penampang ujung tiang (m^2)	A_s	= Luas selimut tiang (m^2)
D	= Diameter tiang (m)		
k	= Koefisien tekanan tanah (Luciano Dacourt)	L	= Panjang tiang (m)
Q_p	= Kapasitas dukung ujung tiang (ton)	Q_s	= Kapasitas dukung selimut tiang (ton)
	$Q_{u(ijin)}$	= Kapasitas dukung ultimit tiang ijin (ton)	
NS	= harga rata-rata SPT sepanjang tiang yang tertanam (D), dengan batasan $3 \leq N \leq 50$		
q_p	= Tegangan ultimate ujung tiang (t/m^2)		
eh	= efisien hammer		
W_r	= berat ram (ton)		
H	= tinggi jatuh ram (cm)		
S	= final set (cm)	K	= rebound (cm)
n	= koefisien restitusi, diambil = 0.40		
W_p	= berat tiang pancang (ton)	SF	= safety factor
E_h	=Energi Hammer		

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan zaman dan kemajuan teknologi dewasa ini, telah banyak jenis konstruksi seperti bangunan-bangunan tinggi, jalan layang (*flyover*), jembatan, bendungan, dan konstruksi-konstruksi lain yang menggunakan pondasi yang kuat dan mampu meneruskan beban struktur di atasnya ke lapisan tanah dibawahnya. Jenis pondasi yang digunakan pada umumnya menggunakan pondasi tiang pancang. Salah satu bangunan yang menggunakan pondasi tiang pancang adalah jembatan.

Jembatan merupakan suatu konstruksi yang gunanya untuk meneruskan jalan melalui suatu rintangan yang lebih rendah. Rintangan ini merupakan bagian jalan lain (jalan air atau jalan lalu lintas biasa). Konstruksi jembatan terdiri dari struktur bangunan atas dan struktur bangunan bawah. Perencanaan pembangunan jembatan harus diperhatikan selektif dan seefisien mungkin, sehingga pembangunan jembatan dapat memenuhi keamanan dan kenyamanan bagi para pengguna jembatan. Keamanan jembatan menjadi faktor utama yang harus diperhatikan dalam perencanaan jembatan. Jembatan Pagar Merbau pada pembangunan jalan tol Medan-Kualanamu-Tebing Tinggi menggunakan pondasi tiang pancang.

Pondasi merupakan struktur bangunan bawah yang berfungsi untuk meneruskan beban-beban dari struktur bangunan atas ke lapisan tanah lapisan tanah pendukung (*bearing layers*) dibawahnya pada kedalaman

tertentu.pondasi secara umum dapat dibagi dalam dua jenis yaitu pondasi dangkal dan pondasi dalam.Konstruksi jembatan yang memiliki beban berat sehingga pondasi tiang pancang yang termasuk pondasi dalam menjadi pilihan.(Sarjono 1988)

Pondasi tiang pancang adalah batang yang relatif panjang dan langsing yang digunakan untuk menyalurkan beban pondasi melewati lapisan tanah dengan daya dukung rendah kelapisan tanah keras yang mempunyai daya dukung tinggi.Penggunaan pondasi tiang pancang dapat mengatasi penurunan tanah (*settlement*) yang dapat merusak konstruksi bangunan dan kemampuan menahan tegangan tarik pada waktu pengangkutan serta pada saat pemancangan.Penggunaan tiang pancang berkaitan dengan daya dukung.Daya dukung tiang pancang dapat menggunakan metode statis dan dinamis. Daya dukung statis dipengaruhi oleh gabungan tahanan tanah di ujung tiang (*end resistance*) ditambah gesekan atau hambatan lekat pada permukaan tiang yang tertanam (*skin friction* atau *adhesive resistance*) sedangkan daya dukung dinamis dipengaruhi oleh *elastic rebound* dan *final set*, dimana hasil dari keduanya tergantung dari berat hammer dan ketinggian hammer saat dijatuhkan.dari uraian diatas adalah merupakan latar belakang penulis merasa tertarik dalam mengambil judul penelitian ini.

1.2. Maksud dan Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penulisan skripsi ini adalah: Untuk mengetahui cara dan proses pelaksanaan tiang pancang serta analisa daya dukung tiang pancang pada pembuatan jembatan dengan membandingkan metode statis dan metode dinamis.

Sedangkan tujuannya adalah Untuk mengevaluasi perhitungan daya dukung pondasi tiang pancang jembatan tersebut apakah sudah aman terhadap daya dukung tanah yang diizinkan

1.3. Rumusan Masalah

1. Apakah daya dukung pondasi tiang pancang pada pembangunan jembatan pagar mampu untuk memikul beban yang diberikan serta aman terhadap stabilitas..
2. Seberapa besarkah daya dukung pondasi yang diperoleh dari perhitungan yang dilakukan dengan metode statis dan metode dinamis. Dan seberapa besar pula perbandingan yang diperoleh dari kedua metode tersebut.

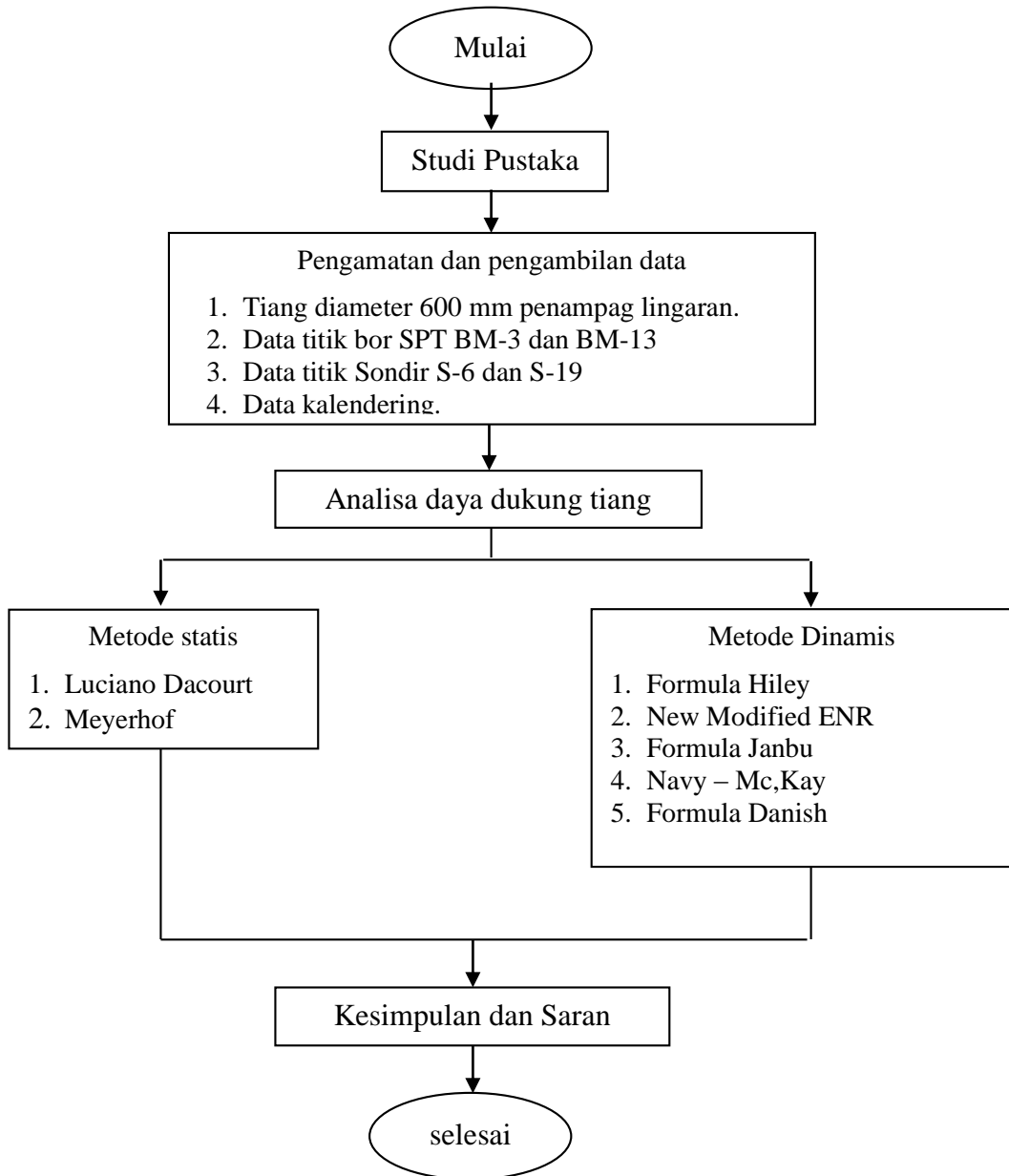
1.4. Batasan Masalah

Agar penelitian yang dilakukan dapat lebih terarah dan sesuai dengan yang diharapkan, maka penelitian dibatasi pada hal-hal sebagai berikut:

1. Pada analisa daya dukung pondasi tiang pancang yang dianalisis adalah menggunakan metode analisis dan metode statis , yakni membandingkan hasil dari kedua metoda tersebut.

2. Tiang pancang yang digunakan dari beton bertampang lingkaran dengan berdiameter 600 mm. jenis beton prategang yang diproduksi oleh WIKA dengan sefesikasi yang berstandart SNI tahun 1991.

1.5. Kerangka berpikir Penelitian



Gambar 1.1. Bagan alir Penelitian

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

1.1. Umum

Tanah didefinisikan sebagai material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan dari bahan-bahan organik yang telah melapuk (yang berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong diantara partikel-partikel padat tersebut. Tanah berguna sebagai bahan bangunan pada berbagai macam pekerjaan teknik sipil, disamping itu tanah berfungsi juga sebagai pendukung pondasi dari bangunan. Jadi seorang ahli teknik sipil harus juga mempelajari sifat-sifat dasar dari tanah, seperti asal usulnya, penyebaran ukuran buiran, kemampuan mengalirkan air, sifat pemampatan bila dibebani (*compressibility*), kekuatan geser, kapasitas daya dukung terhadap beban, dan lain-lain. Ilmu mekanika tanah (*soil mechanics*) adalah cabang dari ilmu pengetahuan yang mempelajari sifat-sifat fisik dari tanah dan kelakuan massa tanah tersebut bila menerima bermacam-macam gaya. Ilmu rekayasa tanah (*soil Enggining*) merupakan aplikasi dari prinsip-prinsip mekanika tanah dalam problema-problema praktisnya (M. Das Brajas, "Mekanika Tanah Jilid 1")

1.2. Sistem Klasifikasi Tanah

Sistem klasifikasi tanah adalah suatu sistem pengaturan beberapa jenis tanah yang berbeda-beda tapi mempunyai sifat yang serupa kedalam kelompok-kelompok dan subkelompok-subkelompok berdasarkan pemakaiannya. Sistem

klasifikasi memberikan suatu bahasa yang mudah untuk menjelaskan secara mudah sifat-sifat umum tanah yang sangat bervariasi tanpa penjelasan yang erinci. Sebagian besar system klasifikasi tanah yang telah dikembangkan untuk tujuan rekayasa didasarkan pada sifat-sifat indeks tanah yang sederhana seperti distribusi ukuran butir dan plastisitas.

1.2.1. Sistem Klasifikasi *Unified*

Sistem klasifikasi *unified* pada mulanya diperkenalkan oleh Casagrande dalam tahun 1942 untuk dipergunakan pada pekerjaan pembuatan lapangan terbang yang dilaksanakan oleh *The Army Corps of Engginer* selama perang dunia II. Dalam rangka kerja sama dengan *United States Bureau of Reclamation* tahun 1952 , system ini disempurnakan. Pada masa kini, system klasifikasi tersebut digunakan secara luas oleh para ahli teknik.

Sistem klasifikasi *unified* mengelompokkan tanah kedalam dua kelompok besar, yaitu :

1. Tanah berbutir kasar (*coarse - grained - soil*), yaitu : tanah kerikil dan pasir dimana kurang dari 50 % berat total contoh tanah lolos ayakan No. 200. Simbol dari kelompok ini dimulai dengan huruf awal G atau S. G adalah untuk kerikil (*gravel*) atau tanah berkerikil, dan S adalah untuk pasir (*sand*) atau tanah berpasir.
2. Tanah berbutir halus (*fine - grained - soil*), yaitu tanah dimana lebih dari 50 % berat total contoh tanah ayakan lolos ayakan No. 200. Simbol dari kelompok ini dimulai dari huruf awal M untuk lanau (*Silt*) anorganik, C untuk lempung (*clay*) anorganik, dan O untuk lanau - organic dan

lempung organik. Simbol PT digunakan untuk tanah gambut (*peat*), muck dan tanah – tanah lain dengan kadar organik tinggi.

Simbol – simbol lain yang digunakan untuk klasifikasi USCS adalah :

W = *well graded* (tanah dengan gradasi baik)

P = *poorly graded* (tanah dengan gradasi buruk)

L = *low plasticity* (plastisitas rendah) ($LL < 50$)

H = *high plasticity* (plastisitas tinggi) ($LL > 50$)

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

1. Persentase butiran yang lolos ayakan No. 200 (ini adalah fraksi halus)
2. Persentase fraksi kasar yang lolos ayakan No. 40
3. Koefisien keseragaman (*uniform coefisien, C_u*) dan koefisien gradasi (*gradation coefficient, C_c*) untuk tanah dimana 0 – 12 % lolos ayakan No.200
4. Batas cair (LL) dan indeks plastisitas (PI) bagian tanah yang lolos ayakan No. 40 (untuk tanah dimana 5 % atau lebih lolos ayakan No.200).

Bilamana persentase butiran yang lolos ayakan No.200 adalah antara 5 sampai dengan 12%, simbol ganda seperti GW-GM, GP-GM, GW-GC, SW-SC, SP-SM, dan SP-SC diperlukan. Klasifikasi tanah berbutir halus dengan menggunakan simbol ML, CL, OL, MH, CH, dan OH didapat dengan cara menggambar batas cair dan indeks plasisitas tanah yang bersangkutan pada bagan plastisitas (Casagrande, 1948) yang diberikan pada Tabel 2.1.

Tabel 1.1 Sistem Klasifikasi *Unified*

Deskripsi	Simbol kelompok	Kriteria Laboratorium				
		Butiran Halus (%)	Kualitas	Plastisitas	Catatan	
Berbutir kasar (lebih dari 50% lebih besar dari 63 µm ES atau ukuran ayakan US No.200)	Kerikil (lebih dari 50% pecahan kasar berukuran kerikil)	Kerikil bergradasi baik, kerikil berpasir, dengan sedikit atau tanpa butiran halus	GW	0-5	$C_u > 4$ $1 < C_c < 3$	Simbol rangkap dua jika butiran halus 5-12%. Simbol rangkap dua jika diatas garis A dan $4 < PI < 7$
	Pasir (lebih dari 50% pecahan kasar berukuran pasir)	Kerikil berlanau, kerikil berpasir, dengan sedikit atau tanpa butiran halus	GP	0-5	Tidak memenuhi syarat-syarat GW	
		Kerikil berlanau, kerikil berpasir berlanau	GM	> 12	Dibawah garis A atau $PI < 4$	
		Kerikil berlempung, kerikil berlempung berpasir	GC	> 12	Diatas garis A dan $PI > 7$	
		Pasir bergradasi baik, kerikil berpasir, dengan sedikit atau tanpa butiran halus	SW	0-5	$C_u > 6$ $1 < C_c < 3$	
	Pasir bergradasi buruk, pasir berkerikil, dengan sedikit atau tanpa butiran halus	Pasir berlanau	SM	> 12	Dibawah garis A atau $PI < 4$	
		Pasir berlempung	SC	> 12	Diatas garis A dan $PI > 7$	
		Pasir bergradasi buruk, pasir berkerikil, dengan sedikit atau tanpa butiran halus	SP	0-5	Tidak memenuhi syarat-syarat SW	
SM			> 12	Dibawah garis A atau $PI < 4$		
Berbutir halus (lebih dari 50% lebih kecil dari 63 µm ES atau ukuran ayakan AS No.200)	Lanau dan lempung (batas cair kurang dari 50)	Lanau anorganik, pasir halus berlanau atau berlempung plastisitas tinggi	ML	Gunakan grafik plastisitas		
	Lanau dan lempung (batas cair lebih besar dari 50)	Lempung anorganik lempung berlanau, lempung berpasir plastisitas rendah	CL			
		Lanau organik dan lempung berlanau organik plastisitas rendah	OL			
	Lanau dan lempung (batas cair lebih besar dari 50)	Lanau anorganik plastisitas tinggi	MH			
		Lempung anorganik plastisitas tinggi	CH			
	Lempung organik plastisitas tinggi	OH				
Tanah organik tinggi	Gambut dan tanah berkadar organik tinggi lainnya	Pt				

Sumber: Braja M.Das, "Mekanika Tanah Jilid 1"

1.2.2. Sistem Klasifikasi AASHTO

Sistem klasifikasi tanah ini dikembangkan dalam tahun 1929 oleh *Public Road Administration Classification System*. Sistem ini sudah mengalami beberapa perbaikan: versi yang saat ini berlaku adalah yang diajukan oleh *Committee on Classification of Material for Subgrade and Granular Type Road of the Highway Research Board* dalam tahun 1945 (ASTM Standart no D-3282, AASHTO metode M145)

Pada sistem ini, tanah diklasifikasikan kedalam tujuh kelompok besar, yaitu A-1 sampai dengan A-7. Tanah yang diklasifikasikan kedalam A-1, A-2, dan A-3 adalah tanah berbutir dimana 35% atau kurang dari jumlah butiran tanah tersebut lolos ayakan No.200. Tanah dimana lebih dari 35% butirannya lolos ayakan No.200 diklasifikasikan kedalam kelompok A-4, A-5, A-6, dan A-7. Butiran dalam kelompok A-4 sampai dengan A-7 tersebut sebagian besar adalah lanau dan lempung. Sistem klasifikasi ini didasarkan pada kriteria dibawah ini :

a. Ukuran Butir

Kerikil: bagian tanah yang lolos ayakan dengan diameter 75 mm (3 in) dan yang tertahan pada ayakan No. 20 (2 mm)

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

b. Plastisitas

Nama berlanau dipakai apabila bagian-bagian yang halus dari tanah mempunyai indeks plastisitas [*plasticity index*, PI] sebesar 10 atau kurang.

Nama berlempung dipakai bilamana bagian-bagian yang halus dari tanah

mempunyai indeks plastis sebesar 11 atau lebih. Apabila batuan (ukuran lebih besar dari 75 mm) ditemukan didalam contoh tanah yang akan ditenyukan klasifikasi tanahnya, maka batuan-batuan tersebut harus dikeluarkan terlebih dahulu, tetapi persentase dari batuan yang dikeluarkan tersebut harus dicatat.

Untuk mengevaluasi mutu (*quality*) dari suatu tanah sebagai bahan lapisan tanah dasar (*subgrade*) dari suatu jalan raya , suatu angka yang dinamakan indeks grup (*group indeks, GI*) juga diperlukan selain kelompok dan subkelompok dari tanah yang bersangkutan. Indeks grup dapat dihitung dengan memakai persamaan seperti dibawah ini :

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

dimana : F = persentase butiran yang lolos ayakan No.200

LL = batas cair (liquid limit)

PI = indeks plastisitas

Suku pertama persamaan 2.1 yaitu (F-35) [0,2 + 0,005 (LL-40), adalah bagian dari indeks grup yang ditentukan dari batas cair (LL). Suku yang kedua, yaitu 0,01 (F-15) (PI-10), adalah bagian dari indeks grup yang ditentukan dari indeks plastisitas (PI). Berikut ini adalah aturan untuk menentukan harga dari indeks grup :

- a. Apabila Persamaan 2.1 menghasilkan nilai GI yang negatif, maka harga GI dianggap nol.

- b. Indeks grup yang dihitung menggunakan persamaan 2.1 dibulatkan ke angka yang paling dekat
- c. Tidak ada batas atas untuk indeks grup
- d. Indeks grup untuk tanah yang masuk dalam kelompok A-1a, A-1b, A-2-4, A-2-5 dan A-3 selalu sama dengan nol.
- e. Untuk tanah yang masuk kelompok A-2-6 dan A-2-7, hanya bagian dari indeks grup untuk PI saja yang digunakan, yaitu :

$$GI = 0,01 (F-15) (PI-10) \dots\dots\dots \text{Pers (2.2)}$$

Tabel 1.2 Sistem Klasifikasi AASHTO

Klasifikasi umum	Bahan-bahan berbutir (35% atau kurang lolos No.200)						Bahan-bahan lempung (lebih dari 35% lolos No.200)				
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
Klasifikasi kelompok	A-1a	A-1b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				
Analisa saringan											
Persen lolos:											
No.10	Maks.50		Maks.51								
No.40	Maks.30	Maks.50	Maks.51								
No.200	Maks.15	Maks.15	Maks.10	Maks.35	Maks.35	Maks.35	Maks.35	Min.36	Min.36	Min.36	Min.36
Karakteristik											
Fraksi yang lolos No.40											
Batas cair :				Maks.40	Maks.41	Maks.40	Maks.41	Maks.40	Maks.40	Maks.40	Maks.41
Indeks plastisitas	Maks.6		N.P	Maks.10	Maks.10	Maks.11	Maks.10	Min.10	Min.10	Min.10	Min.10
Jenis umum	Fragmen batuan Kerikil dan pasir		Pasir halus	Kerikil atau pasir lanauan atau lempungan				Tanah lanauan		Tanah lempungan	
Tingkat umum sebagai tanah dasar	Sangat baik sampai baik						Cukup sampai buruk				

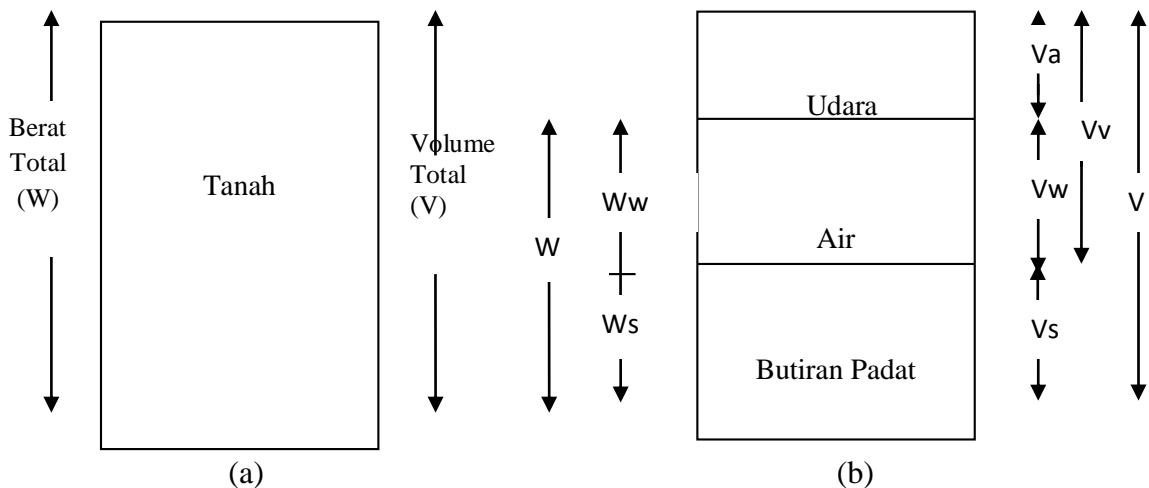
Catatan : Indeks Plastisitas untuk sub kelompok A-7-5-< LL - 30, sedang Indeks Plastisitas untuk sub kelompok A-7-5-> LL - 30.

Sumber : Braja M. Das, "Mekanika Tanah Jilid 1

1.3.Sifat Fisik Tanah

1.3.1 Hubungan Antara Butiran, Air dan Udara dalam Tanah

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. Tanah yang jenuh sempurna (*fully saturated*) juga terdiri 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 dapat digambarkan dalam suatu diagram fase seperti terlihat pada gambar 2.1.



Sumber: Braja M. Das, "Mekanika Tanah jilid 1".

Gambar 1.1
(a) Elemen tanah dalam keadaan asli; (b) Tiga fase elemen tanah

Gambar 2.1.a menunjukkan suatu elemen tanah dengan volume V dan berat W . Untuk membuat hubungan volume-berat agregat tanah, tiga fase (yaitu :

butiran padat, air, dan udara) dipisahkan seperti ditunjukkan dalam gambar 2.1.b.

Jadi, volume total contoh tanah yang diselidiki dapat dinyatakan sebagai :

$$V = V_s + V_u = V_s + V_w + V_a \quad \dots\dots\dots \text{pers (2.3)}$$

dimana :

V_s = volume butiran padat

V_u = volume pori

V_w = volume air dalam pori

V_a = Volume udara dalam pori

Apabila udara dianggap tidak mempunyai berat, maka berat total dari contoh tanah dapat dinyatakan sebagai :

$$W = W_s + W_w \quad \dots\dots\dots \text{pers (2.4)}$$

dimana :

W_s = berat butiran padat

W_w = berat air

Hubungan volume yang umum dipakai untuk suatu elemen tanah adalah angka pori (*void ratio*), porositas (*porosity*), dan derajat kejenuhan (*degree of saturation*). Angka pori didefinisikan sebagai perbandingan antara volume pori dan volume butiran padat. Jadi :

$$e = \frac{V_v}{V_s} \quad \dots\dots\dots \text{pers (2.5)}$$

dimana :

e = angka pori (*void ratio*)

Porositas didefinisikan sebagai perbandingan antara volume pori dan volume tanah total , atau :

$$n = \frac{V_v}{V} \quad \dots\dots\dots \text{pers (2.6)}$$

dimana :

$$n = \text{porositas}$$

Derajat kejenuhan didefinisikan sebagai perbandingan antara volume air dengan volume pori, atau :

$$S = \frac{V_w}{V_v} \dots\dots\dots \text{pers (2.7)}$$

dimana :

S = derajat kejenuhan. Umumnya, derajat kejenuhan dinyatakan dalam persen.

Istilah yang umum dipakai untuk hubungan berat adalah kadar air (*moisture content*) dan berat volume (*unit weight*). Definisi dari istilah-istilah tersebut adalah sebagai berikut :

- Kadar air (w) yang juga disebut sebagai *water content* didefinisikan sebagai perbandingan antara berat air dan berat butiran padat dari volume tanah yang diselidiki.

$$W = \frac{W_w}{W_s} \times 100 \% \dots\dots \text{(persamaan 2.8)}$$

- Berat volume tanah (γ) adalah berat tanah per satuan volume.

$$\gamma = \frac{W}{V} \dots\dots \text{(persamaan 2.9)}$$

- Berat Volume Tanah Kering

$$\gamma_d = \frac{\gamma_s}{1+W} \dots\dots \text{(persamaan 2.10)}$$

1.3.1. Berat Spesifik (*Specific Gravity, G_s*)

Harga berat spesifik dari butiran tanah (bagian padat) sering dibutuhkan dalam bermacam-macam keperluan perhitungan dalam mekanika tanah. Harga-harga itu dapat ditentukan secara akurat di laboratorium. Tabel 2.3 menunjukkan harga-harga berat spesifik beberapa mineral yang umum terdapat dalam tanah. Sebagian besar dari mineral-mineral tersebut mempunyai berat spesifik berkisar 2.6 sampai dengan 2.9. Berat jenis dari bagian padat tanah pasir yang berwarna terang, umumnya sebagian besar terdiri dari *quartz*, dapat diperkirakan sebesar 2.65, untuk tanah berlempung atau lanau harga tersebut berkisar antara 2.6 sampai 2.9. Adapun persamaan dari berat spesifik adalah sebagai berikut :

$$G_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_w} \quad \text{..... (persamaan 2.10)}$$

Tabel 1.3 Berat Spesifik Mineral-Mineral Penting

Mineral	Berat Jenis (G _s)
Quartz	2.65
Kaolinite	2.6
Illite	2.8
Montmorillonite	2.65 -2.80
Halloysite	2.0 – 2.55
Potassium Feldspar	2.57
Sodium and Calcium Feldspar	2.62 – 2.76
Chlorite	2.6 - 2.9
Biotite	2.8 – 3.2
Muscovite	2.76 – 3.1
Hornblende	3.0 – 3.47
Limonite	3.6 – 4.0
Olivine	3.27 – 3.37

Sumber: Braja M. Das, "Mekanika Tanah jilid 1".

1.3.2. Konsistensi Tanah

Apabila tanah berbutir halus mengandung mineral lempung, maka tanah tersebut dapat diremas-remas (*remolded*) tanpa menimbulkan retakan. Sifat kohesif ini disebabkan karena adanya air yang terserap (*absorbed water*) di sekeliling permukaan dari partikel lempung. Pada awal tahun 1900, seorang ilmuwan dari Swedia bernama Atterberg mengembangkan suatu metode untuk menjelaskan sifat konsistensi tanah berbutir halus pada kadar air yang bervariasi. Bilamana kadar airnya sangat tinggi, campuran tanah dan air akan menjadi sangat lembek seperti cairan. Oleh karena itu, atas dasar air yang dikandung tanah, tanah dapat dipisahkan kedalam empat keadaan dasar, yaitu : padat, semi padat, plastis dan cair. Kadar air, dinyatakan dalam persen, dimana terjadi transisi dari keadaan padat ke keadaan semi padat didefinisikan sebagai batas susut (*shrinkage limit*). Kadar air dimana transisi dari keadaan semi padat ke keadaan plastis dinamakan batas plastis (*plastic limit*), dan dari keadaan plastis ke keadaan cair dinamakan batas cair (*liquid limit*), batas – batas ini dikenal juga sebagai batas-batas Atterberg (*Atterberg Limit*).

1. Batas Cair (*Liquid Limit*)

Batas cair (*liquid limit*) didefinisikan sebagai kadar air (*water content*) yang terkandung didalam tanah pada perbatasan antara fase cair dan fase plastis.

2. Batas Plastis (*Plastic Limit*)

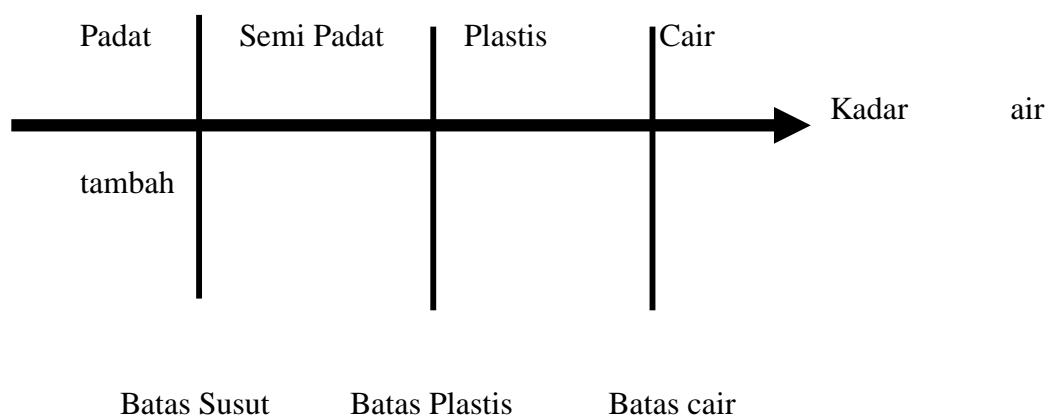
Batas plastis didefinisikan sebagai kadar air di dalam tanah pada fase antara plastis dan semi padat. Apabila kadar air didalam tanah

berkurang , maka tanah akan menjadi lebih keras dan memiliki kemampuan unuk menahan perubahan bentuk.

3. Indeks Plastisitas (*Plasticity Index*)

Tanah berbutir halus secara alamiah berada dalam kondisi plastis. Batas atas dan batas bawah dari rentang kadar air dimana tanah masih bersifat plastis berturut-turut disebut batas cair (*liquid limit*) dan batas plastis (*plastic limit*). Rentang kadar air itulah didefenisikan sebagai indeks plastisitas (*plasticity index*), dimana :

$$IP = LL - PL \quad \text{(Pers.2.11)}$$



Sumber: Braja M. Das, "Mekanika Tanah jilid 1".

Gambar 1.2 Batas-batas Atterberg

2.1. Defenisi Pondasi.

Setiap bangunan sipil seperti gedung, jembatan, jalan raya, terowongan, menara, dam/tanggul dan sebagainya adalah merupakan bangunan yang dibangun diatas tanah dimana bangunan tersebut harus mempunyai pondasi yang dapat mendukungnya. Istilah pondasi digunakan dalam teknik sipil untuk mendefenisikan suatu konstruksi bangunan yang berfungsi sebagai penopang bangunan dan meneruskan beban bangunan di atasnya (*upper structure*) ke lapisan tanah yang cukup keras dan kuat daya dukungnya. Untuk itu, pondasi bangunan harus diperhitungkan agar dapat menjamin kestabilan bangunan terhadap berat sendiri, beban-beban yang bekerja, gaya-gaya luar seperti tekanan angin, gempa bumi dan lain-lain. Di samping itu, tidak boleh terjadi penurunan melebihi batas yang diijinkan.

Berdasarkan Struktur Beton Bertulang, pondasi berfungsi untuk : Mendistribusikan dan memindahkan beban-beban yang bekerja pada struktur bangunan di atasnya ke lapisan tanah dasar yang mendukung struktur tersebut. Mengatasi penurunan yang berlebihan dan penurunan tidak sama pada struktur. Memberi kestabilan pada struktur dalam memikul beban horizontal akibat angin, gempa dan lain-lain.

Pondasi bangunan biasanya dibedakan atas dua bagian yaitu pondasi dangkal (*shallow foundation*) dan pondasi dalam (*deep foundation*), tergantung dari letak tanah kerasnya dan perbandingan kedalaman dengan lebar pondasi. Pondasi dangkal kedalamannya kurang atau sama dengan lebar pondasi ($D \leq B$) dan dapat digunakan jika lapisan tanah kerasnya terletak dekat dengan permukaan tanah.

Sedangkan pondasi dalam digunakan jika lapisan tanah keras berada jauh dari permukaan tanah. (Bowles 1991)

2.2. Pondasi Tiang Pancang

Tiang pancang adalah bagian-bagian konstruksi yang dibuat dari kayu, beton, dan atau baja yang digunakan untuk meneruskan (menstransmisikan) beban-beban permukaan ke tingkat-tingkat permukaan yang lebih rendah dalam masa tanah (Bowles, 1991). Fungsi dan kegunaan dari pondasi tiang pancang adalah untuk memindahkan atau mentransfer beban-beban dari konstruksi di atasnya (superstruktur) ke lapisan tanah keras yang letaknya sangat dalam.

Menurut Sardjono (1988), penggunaan pondasi tiang pancang sebagai pondasi bangunan apabila tanah yang berada dibawah dasar bangunan tidak mempunyai daya dukung (*bearing capacity*) yang cukup untuk memikul berat bangunan dan beban yang bekerja padanya. Selain itu pondasi tiang pancang dapat digunakan sebagai pondasi bangunan apabila tanah yang mempunyai daya dukung yang cukup untuk memikul berat bangunan dan seluruh beban yang bekerja berada pada lapisan yang sangat dalam dari permukaan tanah kedalaman lebih dari 8 m (Bowles, 1991).

Menurut Bowles (1991), tiang pancang dapat dibagi berdasarkan beberapa kategori, antara lain:

2.2.1. Tiang pancang kayu

Tiang pancang kayu dibuat dari kayu yang diberi pengawet dan dipancang dengan ujungnya yang kecil sebagai bagian yang runcing. Tapi biasanya apabila ujungnya yang besar atau pangkal dari pohon di pancangkan untuk tujuan maksud tertentu, seperti dalam tanah yang sangat lembek dimana tanah tersebut akan

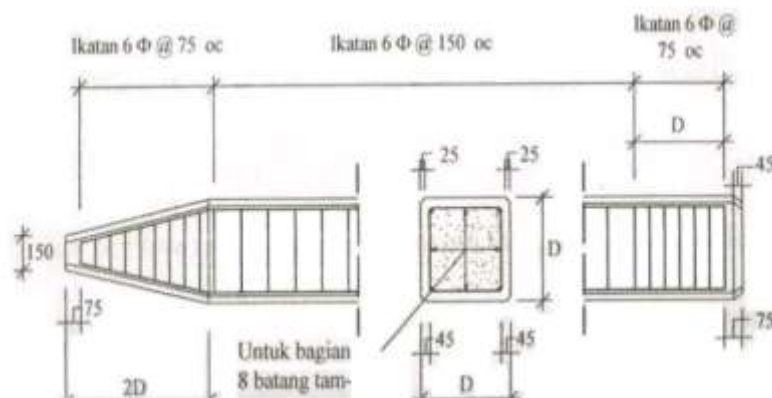
kembali memberikan perlawanan dan dengan ujungnya yang tebal terletak pada lapisan yang keras untuk daya dukung yang lebih besar. Pada pemakaian tiang pancang kayu biasanya tidak diizinkan untuk menahan muatan lebih tinggi 25 hingga 30 ton untuk satu tiang.

2.2.2. Tiang pancang beton

Menurut Bowles (1991), tiang pancang beton dibagi 3 macam berdasarkan cara pembuatannya :

a. *Precast Reinforced Concrete Pile*

Precast Reinforced Concrete Pile adalah tiang pancang beton bertulang yang dicetak dan dicor dalam acuan beton (bekisting) yang setelah cukup keraskemudian diangkat dan dipancangkan. Karena tegangan tarik beton kecil dan praktis dianggap sama dengan nol, sedangkan berat sendiri beton besar, maka tiang pancang ini harus diberikan penulangan yang cukup kuat untuk menahan momen lentur yang akan timbul pada waktu pengangkatan dan pemancangan. Tiang pancang ini dapat memikul beban yang lebih besar dari 50 ton untuk setiap tiang, hal ini tergantung pada jenis beton dan dimensinya.

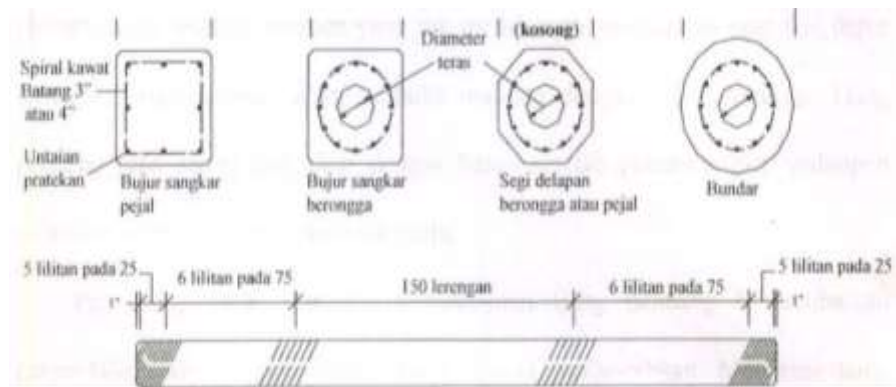


Sumber : Bowles(1991)

Gambar 2.1. Tiang Pancang Beton *Precast Reinforced Concrete Pile*

b. *Precast Prestressed Concrete Pile*

Tiang pancang *Precast Prestressed Concrete Pile* adalah tiang pancang beton yang dalam pelaksanaan pencetakannya sama seperti pembuatan beton prestes, yaitu dengan menarik besi tulangnya ketika dicor dan dilepaskan setelah beton mengeras.



Sumber : Bowles (1991)

Gambar 2.2. Tiang Pancang *Precast Prestressed Concrete Pile*

c. *Cast in Place*

Cast in Place merupakan tiang pancang yang dicor ditempat dengan cara membuat lubang ditanah terlebih dahulu dengan cara melakukan pengeboran.

2.2.3. Tiang Pancang Baja

Jenis-jenis tiang pancang baja ini biasanya berbentuk H yang digiling atau merupakan tiang pancang pipa. Balok yang mempunyai *flens* lebar (*wide-flange beam*) atau balok I dapat juga digunakan, tapi balok H khususnya dibuat sebanding untuk menahan tegangan pemancangan yang keras yang mungkin dialami oleh tiang-tiang tersebut. Dalam tiang pancang H, *flens* dan badan mempunyai tebal yang sama, bentuk WF yang standar dan bentuk H biasanya mempunyai badan yang tip

is dari *flens*. Tiang pancang pipa adalah tiang pancang yang terpatri maupun yang tidak mempunyai sambungan lipat yang dapat dirancang, baik dengan ujung terbuka maupun dengan ujung tertutup. Tiang pancang pipa sering kali diisi dengan beton setelah pemancangan, walaupun dalam beberapa hal pengisian tidak perlu.

2.2.4. Tiang Pancang Komposit (*Composite Pile*)

Tiang Pancang Komposit adalah tiang pancang yang terdiri dari dua bahan yang berbeda yang bekerja bersama-sama sehingga merupakan satu tiang. *Composite pile* ini dapat berupa beton dan kayu maupun beton dan baja. *Composite pile* ini terdiri dari beberapa jenis, yaitu:

a. *Water proofed steel pipe and wood pile*

Tiang ini terdiri dari tiang pancang kayu untuk bagian bawah muka air tanah dan bagian atasnya adalah beton. Kelemahan tiang ini adalah tempat sambungan apabila tiang pancang ini menerima gaya horizontal yang permanen

b. *Composite dropped in - shell and wood pile*

Composite dropped in - shell and wood pile hampir sama dengan *water proofed steel pipe and wood pile* hanya saja tipe tiang ini memakai shell yang terbuat dari logam tipis yang permukaannya diberi alur spiral.

c. *Composite ungrouted-concrete and wood pile*

Pemilihan *Composite ungrouted-concrete and wood pile* berdasarkan pada:

- Lapisan tanah keras dalam sekali letaknya sehingga tidak memungkinkan untuk menggunakan *cast in place concrete pile*. Sedangkan kalau menggunakan *precast concrete pile* akan terlalu panjang sehingga akan sulit dalam pengangkutan dan biayanya juga akan lebih besar;
- Muka air tanah terendah sangat dalam sehingga apabila kita menggun

akan tiang pancang kayu akan memerlukan galian yang sangat besar agar tiang pancang tersebut selalu di bawah muka air tanah terendah.

d. Composite dropped–shell and pipe pile

Dasar pemilihan *Composite dropped–shell and pipe pile* yaitu:

- Lapisan tanah keras terlalu dalam letaknya bila digunakan cast in place concrete pile;
- Letak muka air tanah terendah sangat dalam apabila kita menggunakan tiang composite yang bawahnya dari tiang pancang kayu.

e. Franki composite pile

Prinsip kerjanya hampir sama dengan tiang franki biasa, hanya saja pada franki composite pile ini pada bagian atasnya dipergunakan tiang beton precast biasa atau tiang profil H dari baja.

2.3. Daya Dukung Tiang

Perhitungan daya dukung tiang dapat dilakukan dengan cara pendekatan: statis dan dinamis. Perhitungan daya dukung secara statis dilakukan menurut teori mekanika tanah, yaitu: penggunaan parameter-parameter geser tanah (c dan ϕ), sedangkan perhitungan secara dinamis dilakukan dengan menganalisa daya dukung batas (ultimit) dengan data yang diperoleh dari data pemancangan tiang (*kalendering*).

Hasil hitungan pendekatan statis kadang-kadang masih perlu dicek dengan mengadakan pengujian tiang untuk meyakinkan hasilnya. Adanya variasi kondisi tanah, tipe pelaksanaan pemancangan, tipe tiang dicetak di luar/ dicor di tempat,

tiang berdinding rata/gelombang, tiang terbuat dari baja / beton dll. Semua faktor tersebut sangat berpengaruh pada faktor gesekan antara dinding tiang dan tanah sehingga akan mempengaruhi daya dukung tiang.

2.3.1. Metode Statis

Daya dukung tiang pondasi diperoleh dari gabungan tahanan tanah di ujung tiang (*end resistance*) ditambah gesekan atau hambatan lekat pada permukaan tiang yang tertanam (*skin friction* atau *adhesive resistance*). Perencanaan daya dukung tiang pancang dapat dianggap bahwa tiang seluruhnya tertahan oleh tahanan tanah di bawah tiang (*end bearing piles*) atau seluruhnya tertahan oleh hambatan lekat atau gesekan tanah (*friction piles*). *Friction piles* ini umum dipakai untuk tiang pondasi yang sangat panjang/dalam sehingga pengaruh hambatan lekat atau gesekan menjadi sangat besar.

Inti dari perumusan daya dukung tiang pancang adalah menentukan tahanan ujung tanah (Q_p) dan hambatan gesek atau lekatan tanah pada tiang (Q_s). Penentuan besaran-besaran tersebut umumnya secara empirik dari pengalaman pemancangan yang dikorelasi oleh tahanan tanah terhadap penetrasi SPT ataupun sondir.

a) Standart Penetration Test (SPT)

Pengujian lapangan dengan memasukkan suatu alat yang dinamakan *split spoon* ke dalam tanah, bertujuan mengetahui kekuatan tanah pada setiap lapisan tanah. Diperoleh kepadatan relatif (*relative density*), sudut geser tanah (ϕ) berdasarkan nilai jumlah pukulan (N). berdasarkan uraian diatas dapat terlihat dalam tabel 2.1.berikut ini

Tabel 2.1. Hubungan Dr, ϕ dan N dari pasir (Meyerhoff)

Nilai N	Kepadatan Relatif (Dr)		Sudut Geser Dalam menurut meyerhoff
0 – 4	0.0 - 0.2	sangat lepas	< 30
4 - 10	0.2 - 0.4	Lepas	30 - 35
10 - 30	0.4 - 0.6	Sedang	35 - 40
30 - 50	0.6 - 0.8	Padat	40 - 45
> 50	0.8 - 1.0	sangat padat	> 45

Sumber: Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi, Sosrodarsono, 1983

SPT pada tanah kohesif berbutir halus atau tanah dengan permeabilitas rendah mempengaruhi perlawanan penetrasi, memberikan harga SPT yang rendah dibandingkan dengan tanah dengan permeabilitas tinggi untuk kepadatan yang sama.

Perhitungan daya dukung tiang pancang menggunakan data SPT dapat digunakan metode berikut:

- a. Menurut Luciano Decourt (1987)

Perumusan Luciano Decourt dibutuhkan suatu nilai k yang dimaksud sebagai nilai koefisien yang tergantung dari jenis tanah yang akan dipakai, nilai k tersebut dapat dilihat seperti pada tabel 2.2 berikut.

$$Qu = (Ap \times Np \times k) + (As \times (Ns/3 + 1)) \dots \dots \dots (1)$$

Harga N di lapangan yang berada di bawah muka air harus dikoreksi dahulu untuk menjadi N design (N1) dengan persamaan Terzaghi dan Peck:

$$N1 = 15 + 0,5 (N-15) \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan:

Qu = Daya dukung ultimate tiang (ton)

Ap = Luas penampang ujung tiang (m^2)

N_p = Rata-rata dari harga SPT mulai 4D di bawah ujung tiang sampai
4D diatas tiang

K = Koefisien yang tergantung dari jenis tanah

A_s = Luas selimut tiang (m^2)

N_s = Harga SPT rata-rata pada lapisan tanah sepanjang tiang yang

Ditinjau

Tabel 2.2. Nilai Koefisien Tergantung Dari Jenis Tanah (Decourt.L, 1987)

Nilai k	
Soil type	K (t/m^2)
Clays	12
Clays silt*	20
Saint silt*	25
Sand	40

*Sumber Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi sosrodarsono 1993 *residual soil*

b. Menurut Meyerhof

Karena tanah terletak pada lapisan tanah lempung, didapat rumus dalam menghitung daya dukung ujung tiang adalah:

$$Q_p = 9 \times C_u \times A_p / SF \dots\dots\dots(3)$$

Dimana :

$$C_u = N-SPT \times 2/3 \times 10 \dots\dots\dots(4)$$

Menghitung daya dukung selimut tiang menggunakan rumus:

$$Q_s = \alpha \times C_u \times p \times L_i / SF \dots\dots\dots(5)$$

Dengan :

p = keliling tiang (m)

L_i = Panjang lapisan (m)

SF = Faktor Keamanan, diambil 3 dan 5

b) Sondir

Pengujian sondir yang cepat, sederhana, ekonomis dan dapat dipercaya dilapangan melalui pengurukan terus-menerus dari permukaan tanah. Hasil pengujian diperoleh klasifikasi lapisan tanah, kekuatan dan karakteristik tanah yang diperlukan untuk menentukan kapasitas daya dukung dan kapasitas daya dukung ultimit tiang.

Jenis alat sondir terbagi 2 (dua), yaitu: sondir ringan (2ton, digunakan untuk mengukur tekanan konus sampai 150 kg/cm², atau kedalaman maksimum 30 m, untuk uji tanah yang terdiri dari lempung, lanau, dan pasir halus) dan sondir berat (10 ton, mengukur tekanan konus sampai 500 kg/cm² atau kedalaman maks 50 m, untuk pengujian tanah terdiri lempung padat, lanau padat dan pasir kasar).

Perhitungan daya dukung tiang pancang dapat menggunakan metode berikut:

a. Menurut Meyerhof

Data hasil pengujian sondir dapat digunakan untuk menghitung daya dukung tiang. Perencanaan pondasi tiang pancang dengan menggunakan data sondir ini dilakukan dengan metode *Meyerhof* (1976) sebagai berikut:

$$Q_u = (q_c \times A_c) + (JHL \times Kl) \dots \dots \dots (6)$$

$$Q_{ijin} = \frac{q_c \times A_p}{3} + \frac{JHL \times Kl}{5} \dots \dots \dots (7)$$

Dimana:

Q_u = daya dukung ultimit tiang pancang tunggal (ton)

q_c = tahanan ujung sondir terkoreksi (Kg/cm²)

q_p = tahanan ujung sondir (Kg/cm²)

JHL = jumlah hambatan lekat (TSF) (Kg/cm²)

Kl = keliling tiang (cm)

A_p = luas penampang tiang (cm²)

2 dan 5 = faktor keamanan

2.3.2. Metode Dinamis

Metode dinamis atau formula dinamik didasarkan pada hubungan daya dukung tiang pancang dengan energi pemancangan tiang, menghubungkan daya dukung tiang dengan nilai set, serta menganggap perlawanan tanah pada saat pemancangan adalah sama dengan kapasitas tiang untuk memikul beban dalam keadaan statis.

Metode dinamis didasarkan prinsip-prinsip impuls-momentum yang terjadi pada saat pemancangan. Berat hammer dan ketinggian hammer yang mempengaruhi prinsip ini. Hasil pemancangan diperoleh data *elastic rebound* dan *final set* digunakan untuk menghitung apakah suatu tiang pancang telah mencapai daya dukung yang cukup. Seperti terlihat dalam tabel 2.3. berikut.

Formula-formula dinamis ini diturunkan berdasarkan parameter-parameter energi palu (E_h), efisiensi (e_h), berat palu (w_r), berat tiang (w_p), panjang tiang (L), penampang tiang (A), modulus tiang (E), koefisien restitusi (n), set (s), dan parameter lain yang ditentukan secara empirik.

Beberapa formula dinamis yang digunakan dalam perhitungan daya dukung tiang pancang sebagai berikut:

a. Metode Formula Hiley (1930)

Dalam perhitungan kalendering dapat menggunakan rumus Formula Hiley dan lebih sering digunakan dengan $SF = 3$.

$$Qu = \frac{eh \times Eh}{S + \frac{1}{2}K} \times \frac{Wr + (n^2 \times Wp)}{Wr + Wp} \times \frac{1}{Sf} \dots \dots \dots (8)$$

Keterangan :

eh = efisiensi hammer

Eh = energi hammer = *Wr* x *H*

S = final set (cm/blows)

K = rebound dari pukulan terakhir (cm)

Wr = berat ram (ton)

n = koefisien restitusi

Wp = berat tiang pancang (ton)

Sf = safety factory

H = tinggi jatuh hammer (cm)

Tabel 2.3..Nilai efisiensi hammer, eh

Jenis Hammer	Efisiensi hammer (eh)
Drop Hammer	0,75-1,00
Single Acting Hammer	0,75-0,85
Double Acting Hammer	0,85
Diesel Hammer	0,85-1,00

Sumber. *Brajasa M.DAS jild I*

b. Metode *Engineering New Modified ENR*

Pada perumusan ini hammer dan tiang saling bertumbukan di mana hammer yang menerima tumbukan tersebut, dan pada saat bertumbukkan perlawanan tanah bertambah, kemudian konstan pada saat berpindah tempat dan akhirnya kembali nol.

$$Qu = \frac{eh \times Eh}{S + C} \times \frac{(Wr \times (n^2 \times Wp))}{Wr + Wp} \times \frac{1}{Sf} \dots \dots \dots (9)$$

Keterangan: *C* = 0.254 cm dan *sf* diambil 3

c. Metode Navy – Mc,Kay

Dalam perhitungan daya dukung tiang menggunakan hasil dari kalendering kita juga bisa memakai metode Navy – Mc,Kay dengan SF = 6, yaitu:

$$Qu = \frac{eh \times Eh}{S(1+0.3\frac{Wp}{Wr})} \times \frac{1}{sf} \dots\dots\dots(10)$$

d. Metode Formula Janbu (1953)

Dalam perhitungan daya dukung tiang menggunakan hasil dari kalendering kita juga bisa memakai metode Formula Janbu dengan SF = 3, yaitu :

$$Qu = \frac{eh \times Eh}{Ku \times s} \times \frac{1}{sf} \dots\dots\dots(11)$$

Dimana:

$$Ku = Cd. (1 + (1 + \frac{\lambda}{Cd})^{1/2})$$

$$Cd = 0.75 + 0.15. x (\frac{Wp}{Wr})$$

$$\lambda = \frac{eh \times Eh \times L}{A \times E \times s^2}$$

Keterangan :

A= luas penampang tiang

E= nilai modulus tiang

e. Metode Formula Danish

Dalam perhitungan daya dukung tiang menggunakan hasil dari kalendering kita juga bisa memakai metode Formula Danish dengan SF = 3, yaitu:

$$Qu = \frac{eh \times Eh}{s+C1} \times \frac{1}{sf} \dots\dots\dots(12)$$

Dimana:

$$C1 = (\frac{eh \times Eh \times H \times L}{2 \times A \times E})^{1/2}$$

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Lokasi proyek

Adapun lokasi proyek penelitian dilakukan pada pelaksanaan pembangunan Jembatan Pagar Merbau Jalan Tol Medan-Kualanamu-Tebing Tinggi, seksi 3 Parbarakan-Lubuk Pakam seperti terlihat dalam gambar 3.1 dibawah ini. Penelitian ini dapat dilakukan dengan mengambil data ke lapangan



3.2. Gambar .3.1. Lokasi penelitian

3.3. Pengumpulan Data Proyek

Metode Pengumpulan Data Demi tercapainya tujuan penulisan dan agar diperoleh data dan informasi yang dibutuhkan dalam pembahasan penulisan skripsi ini maka teknik pengambilan data melalui Metode kepustakaan (*library orientantion*) yaitu pengumpulan data melalui literatur seperti: karya ilmiah, bahan kuliah, dan bahan pustaka lainnya yang berhubungan dengan penulisan skripsi ini. Metode pengambilan data langsung dari lapangan (*field Method*) yaitu pengumpulan data yang didukung konsultasi dengan dosen pembimbing maupun dari pihak proyek.

3.2.1. Sumber Data

Adapun Sumber data yang diperoleh pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

a. Data Primer

Data primer merupakan yang diperoleh langsung dilapangan untuk dijadikan data dasar, namun dapat juga dijadikan pengontrol data yang sudah tersedia pada data sekunder. Data-data yang berhubungan dengan data primer meliputi data hasil survey wawancara kepada pihak owner, kontraktor maupun konsultan.

b. Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang diperoleh penyusun berupa informasi tertulis atau bentuk dokumen lainnya yang berupa informasi tertulis atau bentuk dokumen lainnya yang berhubungan dengan rencana proyek, seperti:

- 1) Deskripsi Bangunan

Direncanakan bangunan konstruksi Jembatan Pagar Merbau Jalan Tol Medan-Kualanamu-Tebing Tinggi, seksi 3 Parbarakan-Lubuk Pakam. Jembatan Pagar Merbau ini memiliki jumlah tiang pancang keseluruhan adalah 152 tiang.

2) Desain Bangunan

Gambar desain jembatan sebagaimana terlampir pada lampiran.

c. Data –Data Lain

Data–data lain yang digunakan dalam penulisan ini, yaitu:

- Data penyelidikan tanah (SPT) boring , data Sondir dan juga data hasil test laboratorium
- Hasil Kalendering
- Diesel Hammer K-35 single acting, hammer 6.3 ton
 - 1) Koefisien Restitusi (n) = 0.4
 - 2) Efisiensi diesel hammer (0.8)
- Tiang pancang baja diameter 600 mm panjang 12+8 m dan 12 + 12 m.

DAFTAR PUSTAKA

- Bowlesh, J. E.. 1991. *Analisa dan Desain Pondasi*. Edisi keempat Jilid 1. Erlangga, Jakarta.
- Brajas.M.DAS. 2011. “Mekanika Tanah” Jilid I cetakan ke II Penerbit Bandung
- Brajas .MDAS 2009 “Mekanika Tanah Jilid II Cetakan Pertama Penerbit Bandung
- Bowles, J, E, 1991, *Analisa dan Desain Pondasi*, Edisi Keempat Jilid 2, Erlangga, Jakarta.
- Hardiyatmo, Hary Christiady, 1996, *Teknik Pondasi 1*, PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Hardiyatmo, Hary Christiady, 2002, *Teknik Pondasi 2*, PT Gramedia PustakaUtama, Jakarta.
- Ralph Peck B, dkk, 1996, *Teknik Fondasi*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Suyono,Sosrodarsono,2005,*Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi*, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Sardjono,H.S..1988. *Pondasi Tiang Pancang*. Jilid 1. Sinar Jaya Wijaya, Surabaya.
- Sardjono,H.S..1988. *Pondasi Tiang Pancang*. Jilid 2. Sinar Jaya Wijaya, Surabaya

LAMPIRAN

Tabel 11.Perhitungan Q(ijin) pada Metode Dinamis

No	Kode Pile	Tanggal Pemancangan	No Pile	Panjang	Berat	Final Set	Rebound	Efisiensi	Berat	Tinggi	Koefisien	Daya Dukung Tiang Pancang Ijin(ton)				
				Tiang	Tiang	S	K	Hammer	Ram	Jatuh	Restitusi	Metode	Metode	Metode	Metode	Metode
				Tertanam (m)	Pancang (ton/m)	(Cm)	(Cm)	(eh)	Wr (Ton)	Hammer (Cm)	(n)	Hiley	ENR	Janbu	Navy-Mc,Kay	Danish
1	Abt 1 A	14-Apr-16	1	20.664	0.393	0.7	2.7	0.8	6.3	250	0.40	194.773	418.537	169.720	294.489	189.480
2	Abt 1 A	14-Apr-16	9	20.798	0.393	0.9	2.6	0.8	6.3	250	0.40	181.493	346.000	156.767	229.047	173.446
3	Abt 1 A	14-Apr-16	2	21.395	0.393	0.5	2.8	0.8	6.3	250	0.40	210.150	529.555	181.115	412.284	205.561
4	Abt 1 A	14-Apr-16	8	21.666	0.393	0.8	2.4	0.8	6.3	250	0.40	199.642	378.828	160.590	257.678	178.501
5	Abt 1 A	15-Apr-16	10	21.558	0.393	1.0	2.6	0.8	6.3	250	0.40	173.602	318.409	149.263	206.142	164.767
6	Abt 1 A	15-Apr-16	11	21.825	0.393	1.0	2.7	0.8	6.3	250	0.40	169.908	318.409	148.684	206.142	164.151
7	Abt 1 A	15-Apr-16	3	22.136	0.393	0.8	3.0	0.8	6.3	250	0.40	173.602	378.828	159.390	257.678	177.239
8	Abt 1 A	15-Apr-16	4	21.713	0.393	0.5	2.3	0.8	6.3	250	0.40	241.990	529.555	180.043	412.284	204.418
9	Abt 1 A	15-Apr-16	12	22.451	0.393	0.9	2.0	0.8	6.3	250	0.40	210.150	346.000	152.841	229.047	169.299
10	Abt 1 A	15-Apr-16	13	22.019	0.393	0.9	2.0	0.8	6.3	250	0.40	210.150	346.000	153.836	229.047	170.349
11	Abt 1 A	15-Apr-16	5	22.36	0.393	0.6	2.0	0.8	6.3	250	0.40	249.553	467.546	171.256	343.570	192.873
12	Abt 1 A	16-Apr-16	6	22.451	0.393	0.6	1.5	0.8	6.3	250	0.40	295.766	467.546	170.988	343.570	192.589
13	Abt 1 A	16-Apr-16	7	22.756	0.393	2.0	2.0	0.8	6.3	250	0.40	133.095	177.145	105.019	103.071	116.942
14	Abt 1 A	16-Apr-16	14	22.481	0.393	0.3	2.3	0.8	6.3	250	0.40	275.368	720.730	191.737	687.141	223.183
15	Abt 1 B	16-Apr-16	22	22.634	0.393	0.7	1.9	0.8	6.3	250	0.40	241.990	418.537	164.156	294.489	183.627
16	Abt 1 B	16-Apr-16	15	23.273	0.393	1.2	1.9	0.8	6.3	250	0.40	185.714	274.611	135.746	171.785	149.493
17	Abt 1 B	16-Apr-16	23	23.433	0.393	0.7	2.4	0.8	6.3	250	0.40	210.150	418.537	162.063	294.489	181.424
18	Abt 1 B	16-Apr-16	16	23.055	0.393	0.4	2.8	0.8	6.3	250	0.40	221.825	610.526	182.519	515.355	209.797
19	Abt 1 B	16-Apr-16	24	22.768	0.393	0.6	2.2	0.8	6.3	250	0.40	234.873	467.546	170.064	343.570	191.612
20	Abt 1 B	17-Apr-16	17	22.731	0.393	0.7	2.3	0.8	6.3	250	0.40	215.829	418.537	163.897	294.489	183.355
21	Abt 1 B	17-Apr-16	25	23.364	0.393	0.6	2.2	0.8	6.3	250	0.40	234.873	467.546	168.369	343.570	189.819
22	Abt 1 B	17-Apr-16	18	22.975	0.393	0.7	2.2	0.8	6.3	250	0.40	221.825	418.537	163.252	294.489	182.676
23	Abt 1 B	17-Apr-16	26	24.278	0.393	0.6	2.0	0.8	6.3	250	0.40	249.553	467.546	165.873	343.570	187.176
24	Abt 1 B	17-Apr-16	19	24.113	0.393	0.6	2.2	0.8	6.3	250	0.40	234.873	467.546	166.315	343.570	187.644
25	Abt 1 B	17-Apr-16	27	23.879	0.393	1.1	2.8	0.8	6.3	250	0.40	159.714	294.892	139.482	187.402	153.829
26	Abt 1 B	17-Apr-16	28	23.597	0.393	0.8	2.7	0.8	6.3	250	0.40	185.714	378.828	155.841	257.678	173.507
27	Abt 1 B	17-Apr-16	20	23.29	0.393	1.9	2.4	0.8	6.3	250	0.40	128.801	185.369	107.801	108.496	119.655
28	Abt 1 B	18-Apr-16	21	23.332	0.393	0.5	2.6	0.8	6.3	250	0.40	221.825	529.555	174.881	412.284	198.908

29	Pier 1 A	24-Mar-16	24	17.688	0.393	0.9	2.6	0.8	6.3	250	0.40	181.493	346.000	165.175	229.047	182.360
30	Pier 1 A	24-Mar-16	23	16.842	0.393	0.8	1.7	0.8	6.3	250	0.40	241.990	378.828	174.940	257.678	193.622
31	Pier 1 A	24-Mar-16	22	17.22	0.393	0.7	2.3	0.8	6.3	250	0.40	215.829	418.537	181.145	294.489	201.492
32	Pier 1 A	24-Mar-16	21	18.07	0.393	1	2.3	0.8	6.3	250	0.40	185.714	318.409	157.602	206.142	173.682
33	Pier 1 A	25-Mar-16	20	18.394	0.393	1.4	2.5	0.8	6.3	250	0.40	150.673	241.405	134.524	147.244	148.364
34	Pier 1 A	25-Mar-16	19	18.176	0.393	0.9	2.6	0.8	6.3	250	0.40	181.493	346.000	163.755	229.047	180.850
35	Pier 1 A	27-Mar-16	3	18.246	0.393	0.4	2.7	0.8	6.3	250	0.40	228.162	610.526	201.337	515.355	230.124
36	Pier 1 A	27-Mar-16	2	17.513	0.393	0.5	2.1	0.8	6.3	250	0.40	257.603	529.555	196.108	412.284	221.498
37	Pier 1 A	27-Mar-16	1	17.717	0.393	1	2.9	0.8	6.3	250	0.40	162.973	318.409	158.537	206.142	174.688
38	Pier 1 A	27-Mar-16	7	15.807	0.393	0.9	2.1	0.8	6.3	250	0.40	204.761	346.000	171.067	229.047	188.642
39	Pier 1 A	27-Mar-16	13	17.437	0.393	0.7	2.2	0.8	6.3	250	0.40	221.825	418.537	180.349	294.489	200.654
40	Pier 1 A	28-Mar-16	8	17.04	0.393	0.7	2.7	0.8	6.3	250	0.40	194.773	418.537	181.814	294.489	202.195
41	Pier 1 A	28-Mar-16	14	17.433	0.393	0.6	2.7	0.8	6.3	250	0.40	204.761	467.546	188.196	343.570	210.739
42	Pier 1 A	28-Mar-16	4	17.074	0.393	0.7	2.1	0.8	6.3	250	0.40	228.162	418.537	181.687	294.489	202.062
43	Pier 1 A	28-Mar-16	5	18.289	0.393	0.5	2.8	0.8	6.3	250	0.40	210.150	529.555	192.792	412.284	217.980
44	Pier 1 A	28-Mar-16	9	17.047	0.393	0.9	2	0.8	6.3	250	0.40	210.150	346.000	167.105	229.047	184.414
45	Pier 1 A	28-Mar-16	15	17.634	0.393	0.7	2.3	0.8	6.3	250	0.40	215.829	418.537	179.636	294.489	199.905
46	Pier 1 A	29-Mar-16	6	17.864	0.393	0.7	2.2	0.8	6.3	250	0.40	221.825	418.537	178.816	294.489	199.042
47	Pier 1 A	29-Mar-16	10	17.013	0.393	0.7	2.3	0.8	6.3	250	0.40	215.829	418.537	181.915	294.489	202.302
48	Pier 1 A	29-Mar-16	16	17.081	0.393	0.8	2.3	0.8	6.3	250	0.40	204.761	378.828	174.125	257.678	192.762
49	Pier 1 A	29-Mar-16	11	17.304	0.393	0.9	2.3	0.8	6.3	250	0.40	194.773	346.000	166.322	229.047	183.580
50	Pier 1 A	29-Mar-16	12	17.15	0.393	0.9	2.5	0.8	6.3	250	0.40	185.714	346.000	166.790	229.047	184.078
51	Pier 1 A	30-Mar-16	17	16.958	0.393	1	2.1	0.8	6.3	250	0.40	194.773	318.409	160.614	206.142	176.925
52	Pier 1 A	30-Mar-16	18	16.182	0.393	0.5	2	0.8	6.3	250	0.40	266.190	529.555	202.251	412.284	228.003
53	Pier 1 B	19-Feb-16	48	16.951	0.393	0.9	1.5	0.8	6.3	250	0.40	241.990	346.000	167.401	229.047	184.729
54	Pier 1 B	19-Feb-16	47	16.197	0.393	0.8	2.4	0.8	6.3	250	0.40	199.642	378.828	177.203	257.678	196.014
55	Pier 1 B	19-Feb-16	46	17.094	0.393	0.7	2.5	0.8	6.3	250	0.40	204.761	418.537	181.613	294.489	201.983
56	Pier 1 B	21-Feb-16	45	19.006	0.393	1	2.6	0.8	6.3	250	0.40	173.602	318.409	155.210	206.142	171.116
57	Pier 1 B	22-Feb-16	44	16.81	0.393	1	2.3	0.8	6.3	250	0.40	185.714	318.409	161.030	206.142	177.374
58	Pier 1 B	22-Feb-16	43	17.932	0.393	0.5	1.5	0.8	6.3	250	0.40	319.427	529.555	194.295	412.284	219.575

59	Pier 1 B	22-Feb-16	37	16.91	0.393	1.5	2.7	0.8	6.3	250	0.40	140.100	227.642	132.173	137.428	146.243
60	Pier 1 B	22-Feb-16	38	17.526	0.393	0.8	3.1	0.8	6.3	250	0.40	169.908	378.828	172.642	257.678	191.196
61	Pier 1 B	22-Feb-16	39	18.422	0.393	1.5	2.5	0.8	6.3	250	0.40	145.194	227.642	129.654	137.428	143.249
62	Pier 1 B	23-Feb-16	42	17.997	0.393	1.2	2.6	0.8	6.3	250	0.40	159.714	274.611	145.878	171.785	160.591
63	Pier 1 B	23-Feb-16	44	14.664	0.393	1.2	2.1	0.8	6.3	250	0.40	177.460	274.611	153.826	171.785	169.520
64	Pier 1 B	23-Feb-16	40	17.182	0.393	0.5	2.5	0.8	6.3	250	0.40	228.162	529.555	197.580	412.284	223.057
65	Pier 1 B	23-Feb-16	36	17.601	0.393	1.5	2.0	0.8	6.3	250	0.40	159.714	227.642	131.000	137.428	144.843
66	Pier 1 B	23-Feb-16	35	16.783	0.393	1.4	2.1	0.8	6.3	250	0.40	162.973	241.405	137.484	147.244	151.801
67	Pier 1 B	24-Feb-16	33	14.76	0.393	1.4	2.4	0.8	6.3	250	0.40	153.571	241.405	141.552	147.244	156.614
68	Pier 1 B	24-Feb-16	34	17.22	0.393	1.5	2.7	0.8	6.3	250	0.40	140.100	227.642	131.642	137.428	145.608
69	Pier 1 B	24-Feb-16	32	17.021	0.393	1.0	2.7	0.8	6.3	250	0.40	169.908	318.409	160.438	206.142	176.736
70	Pier 1 B	24-Feb-16	28	22.931	0.393	0.6	2.3	0.8	6.3	250	0.40	228.162	467.546	169.595	343.570	191.116
71	Pier 1 B	24-Feb-16	31	17.631	0.393	1.2	2.5	0.8	6.3	250	0.40	162.973	274.611	146.682	171.785	161.484
72	Pier 1 B	25-Feb-16	30	17.623	0.393	1.5	2.3	0.8	6.3	250	0.40	150.673	227.642	130.964	137.428	144.800
73	Pier 1 B	25-Feb-16	27	16.934	0.393	1.7	1.8	0.8	6.3	250	0.40	153.571	204.342	122.841	121.260	136.678
74	Pier 1 B	22-Mar-16	26	14.773	0.393	1.2	2.2	0.8	6.3	250	0.40	173.602	274.611	153.542	171.785	169.197
75	Pier 1 B	22-Mar-16	25	16.813	0.393	0.8	1.7	0.8	6.3	250	0.40	241.990	378.828	175.039	257.678	193.727
76	Pier 1 B	23-Mar-16	29		0.393			0.8	6.3	250	0.40					
77	Pier 2 A	9-Feb-16	19	16.951	0.393	1.0	2.0	0.8	6.3	250	0.40	199.642	318.409	160.634	206.142	176.947
78	Pier 2 A	10-Feb-16	20	16.197	0.393	1.0	2.7	0.8	6.3	250	0.40	169.908	318.409	162.793	206.142	179.280
79	Pier 2 A	10-Feb-16	21	17.094	0.393	0.5	2.7	0.8	6.3	250	0.40	215.829	529.555	197.977	412.284	223.478
80	Pier 2 A	11-Feb-16	23	19.006	0.393	0.5	2.9	0.8	6.3	250	0.40	204.761	529.555	189.883	412.284	214.891
81	Pier 2 A	11-Feb-16	24	16.81	0.393	1.2	2.1	0.8	6.3	250	0.40	177.460	274.611	148.543	171.785	163.559
82	Pier 2 A	11-Feb-16	22	17.932	0.393	0.5	2.8	0.8	6.3	250	0.40	210.150	529.555	194.295	412.284	219.575
83	Pier 2 A	11-Feb-16	13	16.91	0.393	0.5	3.0	0.8	6.3	250	0.40	199.642	529.555	198.816	412.284	224.367
84	Pier 2 A	11-Feb-16	7	17.526	0.393	0.5	2.3	0.8	6.3	250	0.40	241.990	529.555	196.051	412.284	221.437
85	Pier 2 A	12-Feb-16	14	18.422	0.393	1.2	2.6	0.8	6.3	250	0.40	159.714	274.611	144.963	171.785	159.577
86	Pier 2 A	12-Feb-16	8	17.997	0.393	1.5	2.7	0.8	6.3	250	0.40	140.100	227.642	130.345	137.428	144.065
87	Pier 2 A	12-Feb-16	15	14.664	0.393	0.8	1.7	0.8	6.3	250	0.40	241.990	378.828	183.002	257.678	202.158
88	Pier 2 A	12-Feb-16	9	17.182	0.393	0.8	2.6	0.8	6.3	250	0.40	190.135	378.828	173.785	257.678	192.402
89	Pier 2 A	12-Feb-16	16	17.601	0.393	0.7	1.8	0.8	6.3	250	0.40	249.553	418.537	179.755	294.489	200.030
90	Pier 2 A	12-Feb-16	10	16.783	0.393	0.9	1.5	0.8	6.3	250	0.40	241.990	346.000	167.923	229.047	185.285

91	Pier 2 A	13-Feb-16	17	14.76	0.393	1.1	2.5	0.8	6.3	250	0.40	169.908	294.892	160.175	187.402	176.341
92	Pier 2 A	13-Feb-16	11	17.22	0.393	1.0	2.5	0.8	6.3	250	0.40	177.460	318.409	159.887	206.142	176.141
93	Pier 2 A	13-Feb-16	18	17.021	0.393	1.0	1.8	0.8	6.3	250	0.40	210.150	318.409	160.438	206.142	176.736
94	Pier 2 A	13-Feb-16	12	22.931	0.393	0.7	2.1	0.8	6.3	250	0.40	228.162	418.537	163.368	294.489	182.798
95	Pier 2 A	8-Apr-16	6	17.631	0.393	0.7	2.5	0.8	6.3	250	0.40	204.761	418.537	179.647	294.489	199.916
96	Pier 2 A	8-Apr-16	5	17.623	0.393	0.9	1.7	0.8	6.3	250	0.40	228.162	346.000	165.368	229.047	182.564
97	Pier 2 A	8-Apr-16	4	16.934	0.393	0.8	1.6	0.8	6.3	250	0.40	249.553	378.828	174.625	257.678	193.289
98	Pier 2 A	8-Apr-16	3	14.773	0.393	0.6	2.4	0.8	6.3	250	0.40	221.825	467.546	199.975	343.570	223.129
99	Pier 2 A	8-Apr-16	2	16.813	0.393	0.5	2.1	0.8	6.3	250	0.40	257.603	529.555	199.263	412.284	224.840
100	Pier 2 A	8-Apr-16	1	19.384	0.393	0.6	2.3	0.8	6.3	250	0.40	228.162	467.546	180.859	343.570	203.009
101	Pier 2 B	4-Feb-16	48	20.857	0.393	1.0	1.8	0.8	6.3	250	0.40	210.150	318.409	150.819	206.142	166.425
102	Pier 2 B	5-Feb-16	36	13.786	0.393	1.3	2.1	0.8	6.3	250	0.40	169.908	256.940	149.727	158.571	165.436
103	Pier 2 B	5-Feb-16	47	18.707	0.393	0.6	2.2	0.8	6.3	250	0.40	234.873	467.546	183.299	343.570	205.581
104	Pier 2 B	5-Feb-16	46	17.672	0.393	1.4	2.2	0.8	6.3	250	0.40	159.714	241.405	135.823	147.244	149.866
105	Pier 2 B	6-Feb-16	45	16.13	0.393	1.0	2.3	0.8	6.3	250	0.40	185.714	318.409	162.989	206.142	179.493
106	Pier 2 B	7-Feb-16	44	17.079	0.393	0.7	2.2	0.8	6.3	250	0.40	221.825	418.537	181.669	294.489	202.042
107	Pier 2 B	7-Feb-16	43	15.822	0.393	0.8	1.9	0.8	6.3	250	0.40	228.162	378.828	178.564	257.678	197.455
108	Pier 2 B	13-Feb-16	42	17.807	0.393	1.8	2.2	0.8	6.3	250	0.40	137.684	194.394	117.464	114.523	130.929
109	Pier 2 B	13-Feb-16	41	13.343	0.393	0.5	2.6	0.8	6.3	250	0.40	221.825	529.555	217.754	412.284	244.374
110	Pier 2 B	14-Feb-16	35	13.097	0.393	1.3	2.5	0.8	6.3	250	0.40	156.582	256.940	151.472	158.571	167.505
111	Pier 2 B	14-Feb-16	40	17.69	0.393	0.7	2.5	0.8	6.3	250	0.40	204.761	418.537	179.435	294.489	199.694
112	Pier 2 B	14-Feb-16	39	15.079	0.393	1.3	2.3	0.8	6.3	250	0.40	162.973	256.940	146.634	158.571	161.817
113	Pier 2 B	15-Feb-16	34	12.84	0.393	1.3	2.3	0.8	6.3	250	0.40	162.973	256.940	152.142	158.571	168.304
114	Pier 2 B	15-Feb-16	33	16.938	0.393	0.7	2.3	0.8	6.3	250	0.40	215.829	418.537	182.197	294.489	202.598
115	Pier 2 B	15-Feb-16	38	17.408	0.393	1.2	2.1	0.8	6.3	250	0.40	177.460	274.611	147.179	171.785	162.038
116	Pier 2 B	16-Feb-16	32	17.911	0.393	1.1	2.8	0.8	6.3	250	0.40	159.714	294.892	151.875	187.402	167.200
117	Pier 2 B	16-Feb-16	37	17.038	0.393	1.4	2.7	0.8	6.3	250	0.40	145.194	241.405	137.000	147.244	151.236
118	Pier 2 B	16-Feb-16	31	17.885	0.393	0.8	2.2	0.8	6.3	250	0.40	210.150	378.828	171.475	257.678	189.965
119	Pier 2 B	6-Apr-16	30	17.21	0.393	0.4	2.6	0.8	6.3	250	0.40	234.873	610.526	206.264	515.355	235.419
120	Pier 2 B	6-Apr-16	29	17.89	0.393	0.6	2.4	0.8	6.3	250	0.40	221.825	467.546	186.391	343.570	208.838
121	Pier 2 B	6-Apr-16	28	18.946	0.393	0.4	2.1	0.8	6.3	250	0.40	275.368	610.526	198.212	515.355	226.760

122	Pier 2 B	7-Apr-16	27	17.938	0.393	0.3	2.2	0.8	6.3	250	0.40	285.203	720.730	211.694	687.141	245.181
123	Pier 2 B	7-Apr-16	26	17.946	0.393	0.6	2.8	0.8	6.3	250	0.40	199.642	467.546	186.173	343.570	208.609
124	Pier 2 B	7-Apr-16	25	19.065	0.393	0.5	2.5	0.8	6.3	250	0.40	228.162	529.555	189.649	412.284	214.643
125	Abt 2 A	25-Apr-16	7	23.205	0.393	0.8	2.4	0.8	6.3	250	0.40	199.642	378.828	156.767	257.678	174.481
126	Abt 2 A	25-Apr-16	6	23.12	0.393	0.5	2.6	0.8	6.3	250	0.40	221.825	529.555	175.530	412.284	199.602
127	Abt 2 A	25-Apr-16	14	23.835	0.393	0.7	2.3	0.8	6.3	250	0.40	215.829	418.537	161.042	294.489	180.350
128	Abt 2 A	25-Apr-16	13	24.212	0.393	2.1	2.4	0.8	6.3	250	0.40	120.995	169.619	100.704	98.163	112.250
129	Abt 2 A	26-Apr-16	1	23.696	0.393	1.3	2.4	0.8	6.3	250	0.40	159.714	256.940	130.484	158.571	143.636
130	Abt 2 A	26-Apr-16	2	23.66	0.393	1.0	2.4	0.8	6.3	250	0.40	181.493	318.409	144.899	206.142	160.133
131	Abt 2 A	26-Apr-16	3	24.195	0.393	0.9	2.4	0.8	6.3	250	0.40	190.135	346.000	149.034	229.047	165.285
132	Abt 2 A	26-Apr-16	8	24.21	0.393	1.9	2.1	0.8	6.3	250	0.40	135.351	185.369	106.936	108.496	118.591
133	Abt 2 A	26-Apr-16	9	24.269	0.393	1.0	2.0	0.8	6.3	250	0.40	199.642	318.409	143.713	206.142	158.876
134	Abt 2 A	26-Apr-16	10	24.614	0.393	1.0	2.3	0.8	6.3	250	0.40	185.714	318.409	143.055	206.142	158.180
135	Abt 2 A	27-Apr-16	4	23.502	0.393	0.7	2.2	0.8	6.3	250	0.40	221.825	418.537	161.886	294.489	181.238
136	Abt 2 A	27-Apr-16	5	23.493	0.393	0.4	2.4	0.8	6.3	250	0.40	249.553	610.526	181.067	515.355	208.222
137	Abt 2 A	27-Apr-16	11	24.255	0.393	0.7	2.0	0.8	6.3	250	0.40	234.873	418.537	159.997	294.489	179.250
138	Abt 2 A	27-Apr-16	12	23.314	0.393	0.8	2.5	0.8	6.3	250	0.40	194.773	378.828	156.508	257.678	174.208
139	Abt 2 B	20-Apr-16	21	24.106	0.393	1.2	1.8	0.8	6.3	250	0.40	190.135	274.611	134.356	171.785	147.989
140	Abt 2 B	23-Apr-16	20	23.655	0.393	0.8	2.3	0.8	6.3	250	0.40	204.761	378.828	155.705	257.678	173.364
141	Abt 2 B	23-Apr-16	27	23.622	0.393	0.6	2.2	0.8	6.3	250	0.40	234.873	467.546	167.652	343.570	189.060
142	Abt 2 B	23-Apr-16	19	24	0.393	0.7	2.1	0.8	6.3	250	0.40	228.162	418.537	160.629	294.489	179.915
143	Abt 2 B	23-Apr-16	18	23.577	0.393	0.8	2.3	0.8	6.3	250	0.40	204.761	378.828	155.887	257.678	173.556
144	Abt 2 B	23-Apr-16	25	23.303	0.393	0.7	2.3	0.8	6.3	250	0.40	215.829	418.537	162.397	294.489	181.777
145	Abt 2 B	23-Apr-16	26	23.975	0.393	0.9	2.3	0.8	6.3	250	0.40	194.773	346.000	149.497	229.047	165.773
146	Abt 2 B	23-Apr-16	28	23.144	0.393	0.8	2.2	0.8	6.3	250	0.40	210.150	378.828	156.913	257.678	174.635
147	Abt 2 B	24-Apr-16	16	24.27	0.393	1.0	2.0	0.8	6.3	250	0.40	199.642	318.409	143.711	206.142	158.874
148	Abt 2 B	24-Apr-16	17	24.042	0.393	0.6	2.2	0.8	6.3	250	0.40	234.873	467.546	166.506	343.570	187.847
149	Abt 2 B	24-Apr-16	24	24.252	0.393	2.0	2.0	0.8	6.3	250	0.40	133.095	177.145	103.710	103.071	115.290
150	Abt 2 B	24-Apr-16	23	24.079	0.393	0.8	2.0	0.8	6.3	250	0.40	221.825	378.828	154.725	257.678	172.334
151	Abt 2 B	24-Apr-16	15	23.035	0.393	0.7	1.7	0.8	6.3	250	0.40	257.603	418.537	163.095	294.489	182.510
152	Abt 2 B	24-Apr-16	22	24.55	0.393	1.2	1.7	0.8	6.3	250	0.40	194.773	274.611	133.634	171.785	147.211



PEMBANGUNAN JALAN TOL MEDAN - KUALANAMU - TEBING TINGGI
SEKSI 3 : PARBARAKAN - LUBUK PAKAM
STA. 42+750 - STA. 47+600



Summary of Furnish and Drive Pretensioned Spun Concrete Pile

ITEM PEMBAYARAN : 10 . 05 (6)
 KELAS BETON : fc' 60 Mpa
 ITEM PEKERJAAN : Furnish and Drive Pretensioned Spun Concrete Test Pile
 LOKASI : OP Pagar Merbau

PABRIK : PT. WJAYA KARYA BETON
 BERAT HAMMER (W) : 4,5 ton (Based on Modified Hiley Formula)
 BERAT SPUN PILE (P) : 0,393 Ton/m'

$$Ra = \frac{2 \cdot W \cdot H}{S \cdot K} \cdot \frac{(W + e^2 \cdot P) \cdot Ef}{W + P}$$

R_u = Ultimate Axial Load capacity (ton)
 R_a = Allowable Axial Load Capacity (ton)
 W = Weight of ram (ton)
 H = Height of fall of ram (cm)
 P = Weight of pile (P*P) (ton)
 S = Final penetration per blow (cm)
 K = Amount of rebounding at final blow(cm)
 e = Coefficient of restitution 0.25
 E_f = Hammer efficiency (for diesel=1)
 S_f = Safety Factor = 3

NO	Tanggal Pemancangan	Waktu			Axist Number	Pilling Number	Pile Length	Elevation			Depth Penetration (P')	Ram Stroke (cm)	K (cm)	S	Total Blow	Allowable Axial Load (Ra)	Ra > 130Tf	Jenis Pile	
		Start	Pengelasan	Finish				Pile Top	Cut Off	Existing									
1	14-Apr-16	15:50	16:10-16:32	16:46	ABT-1A		12+12 24		18,985	13,836	42,99	250	2,7	0,7	1642	103,056	NO OK	Ø 60 B Ø 60 U	
2	14-Apr-16	13:43	14:10-14:45	15:05	ABT-1A	2	8+8+12 28	21,395	18,985	13,836	25,59		2,8	1	1685	0,000	NO OK	Ø 60 B Ø 60 U	
3	15-Apr-16	10:03	10:18-11:00	11:14	ABT-1A	3	8+8+12 28	22,136	18,985	13,836	24,85		3	0,8	1504	0,000	NO OK	Ø 60 B Ø 60 U	
4	15-Apr-16	10:40	11:10-11:44	13:43	ABT-1A	4	8+8+12 28	21,713	18,985	13,836	25,27		2,3	0,5	1571	0,000	NO OK	Ø 60 B Ø 60 U	
5	15-Apr-16	14:55	15:13-15:44	16:10	ABT-1A	5	8+8+12 28	22,360	18,985	13,836	24,63		2	0,6	1605	0,000	NO OK	Ø 60 B Ø 60 U	
6	16-Apr-16	9:52	10:11-10:41	11:00	ABT-1A	6	8+8+12 28	22,541	18,985	13,836	24,44		1,5	0,6	1767	0,000	NO OK	Ø 60 B Ø 60 U	
7	16-Apr-16	15:03	15:21-15:36	16:29	ABT-1A	7	8+8+12 28	22,156	18,985	13,836	24,83		2	2,0	1782	0,000	NO OK	Ø 60 B Ø 60 U	
8	14-Apr-16	7:59	8:10-8:53	9:09	ABT-1A	8	8+8+12 28	21,666	18,985	13,836	25,32		2,4	0,8	1867	0,000	NO OK	Ø 60 B Ø 60 U	
9	14-Apr-16	14:57	15:16-15:40	15:56	ABT-1A	9	8+8+12 28	20,798	18,985	13,836	26,19		2,6	0,9	1673	0,000	NO OK	Ø 60 B Ø 60 U	
10	15-Apr-16	13:35	13:52-14:21	14:44	ABT-1A	10	8+8+12 28	21,558	18,985	13,836	25,43		2,6	1	1507	0,000	NO OK	Ø 60 B Ø 60 U	
11	15-Apr-16	15:03	15:21-15:36	16:29	ABT-1A	11	8+8+12 28	21,825	18,985	13,836	25,16		2,7	1	1677	0,000	NO OK	Ø 60 B Ø 60 U	
12	15-Apr-16	7:59	8:10-8:53	9:09	ABT-1A	12	8+8+12 28	22,451	18,985	13,836	24,53		2	0,9	1532	0,000	NO OK	Ø 60 B Ø 60 U	
13	15-Apr-16	14:57	15:16-15:40	15:56	ABT-1A	13	8+8+12 28	22,019	18,985	13,836	24,97		2	0,9	1683	0,000	NO OK	Ø 60 B Ø 60 U	
14	16-Apr-16	13:35	13:52-14:21	14:44	ABT-1A	14	8+8+12 28	22,481	18,985	13,836	24,50		2,3	0,3	1599	0,000	NO OK	Ø 60 B Ø 60 U	
Jumlah							276					269,53							

51 14,434
 43 14,24
 29 14,085
 52 14,476
 36 13,89
 44 14,272
 37 13,986
 53 14,357
 30 14,159
 45 14,431
 31 14,102
 54 14,518
 38 14,251
 46 14,12
 32 14,268
 39 14,215
 55 14,496
 40 14,561
 33 14,857
 56 14,251
 47 15,511
 46 14,12
 32 14,268
 39 14,215
 55 14,496
 40 14,561
 33 14,857
 56 14,251
 47 15,511

Diketahui Oleh
 Pemberi Tugas
 PT. Jasamarga Kualanamu Tol

Diperiksa dan Disetujui Oleh
 Konsultan Supervisi
 PT. Yodya Karya

Dibuat dan Diajukan Oleh
 Kontraktor
 PT. Waskita Karya

4.2 Hasil penyelidikan sondir titik S-6

Depth (cm)	Tahanan	Friksi	Depth (cm)	Tahanan	Friksi
	ujung	komulatif		ujung	komulatif
	(qc)	(TSF)		(qc)	(TSF)
	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)		(kg/cm ²)	(kg/cm ²)
20	0	0	520	67	122
40	3	2	540	17	124
60	5	6	560	10	132
80	6	10	580	15	136
100	8	14	600	16	144
120	10	18	620	10	152
140	14	20	640	12	158
160	16	24	660	14	164
180	16	30	680	13	170
200	18	34	700	14	176
220	16	36	720	15	180
240	10	40	740	14	184
260	7	46	760	15	188
280	6	52	780	14	192
300	8	60	800	17	194
320	7	64	820	30	204
340	6	68	840	47	210
360	8	72	860	65	220
380	9	76	880	80	240
400	7	80	900	85	270
420	10	84	920	156	298
440	25	94	940	190	338
460	37	100	960	220	348
480	57	102	980	220	368
500	65	112			

Tabel 4.3 Hasil penyelidikan sondir titik S-19

Depth (cm)	Tahanan	Friksi	Depth (cm)	Tahanan	Friksi	Depth (cm)	Tahanan	Friksi
	ujung	komulatif		ujung	komulatif		ujung	komulatif
	(qc)	(TSF)		(qc)	(TSF)		(qc)	(TSF)
	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)		(kg/cm ²)	(kg/cm ²)		(kg/cm ²)	(kg/cm ²)
20	0	0	560	15	560	1100	52	964
40	15	16	580	11	572	1120	44	988
60	19	32	600	18	586	1140	35	1008
80	23	48	620	16	596	1160	41	1030
100	6	54	640	14	604	1180	49	1054
120	11	64	660	11	612	1200	56	1082
140	21	72	680	13	620	1220	71	1124
160	14	80	700	15	628	1240	54	1152
180	17	88	720	12	636	1260	40	1194
200	4	94	740	10	644	1280	65	1232
220	15	104	760	14	652	1300	72	1268
240	21	148	780	17	662	1320	50	1310
260	30	188	800	12	670	1340	41	1354
280	35	230	820	15	678	1360	60	1398
300	48	252	840	18	688	1380	106	1436
320	52	274	860	16	696	1400	147	1478
340	56	296	880	13	704	1420	140	1520
360	37	304	900	17	712	1440	153	1558
380	48	322	920	36	734	1460	145	1600
400	12	334	940	51	756	1480	156	1638
420	16	346	960	57	778	1500	174	1670
440	20	358	980	48	802	1520	152	1712
460	45	406	1000	52	834	1540	145	1754
480	81	448	1020	63	856	1560	157	1792
500	94	490	1040	53	884	1580	176	1824
520	42	532	1060	57	914	1600	190	1870
540	21	546	1080	59	946	1620	212	1886

Tabel 4.4 Perhitungan daya dukung ultimit dan ijin tiang pancang pada titik S-6

Depth	CR	Ap	TSF	Kll (p)	Q.ult	Q.ijin	Q.ult	Q.ijin
m	kg/cm ²	cm ²	kg/cm	Cm	Kg	kg	ton	ton
0.2	0	2828.571	0.0	188.571	0.000	0.000	0.000	0.000
0.4	3	2828.571	2.0	188.571	8862.857	2904.000	8.863	2.904
0.6	5	2828.571	6.0	188.571	15274.286	4940.571	15.274	4.941
0.8	6	2828.571	10.0	188.571	18857.143	6034.286	18.857	6.034
1.0	8	2828.571	14.0	188.571	25268.571	8070.857	25.269	8.071
1.2	10	2828.571	18.0	188.571	31680.000	10107.429	31.680	10.107
1.4	14	2828.571	20.0	188.571	43371.429	13954.286	43.371	13.954
1.6	16	2828.571	24.0	188.571	49782.857	15990.857	49.783	15.991
1.8	16	2828.571	30.0	188.571	50914.286	16217.143	50.914	16.217
2.0	18	2828.571	34.0	188.571	57325.714	18253.714	57.326	18.254
2.2	16	2828.571	36.0	188.571	52045.714	16443.429	52.046	16.443
2.4	10	2828.571	40.0	188.571	35828.571	10937.143	35.829	10.937
2.6	7	2828.571	46.0	188.571	28474.286	8334.857	28.474	8.335
2.8	6	2828.571	52.0	188.571	26777.143	7618.286	26.777	7.618
3.0	8	2828.571	60.0	188.571	33942.857	9805.714	33.943	9.806
3.2	7	2828.571	64.0	188.571	31868.571	9013.714	31.869	9.014
3.4	6	2828.571	68.0	188.571	29794.286	8221.714	29.794	8.222
3.6	8	2828.571	72.0	188.571	36205.714	10258.286	36.206	10.258
3.8	9	2828.571	76.0	188.571	39788.571	11352.000	39.789	11.352
4.0	7	2828.571	80.0	188.571	34885.714	9617.143	34.886	9.617
4.2	10	2828.571	84.0	188.571	44125.714	12596.571	44.126	12.597
4.4	25	2828.571	94.0	188.571	88440.000	27116.571	88.440	27.117
4.6	37	2828.571	100.0	188.571	123514.286	38657.143	123.514	38.657
4.8	57	2828.571	102.0	188.571	180462.857	57589.714	180.463	57.590
5.0	65	2828.571	112.0	188.571	204977.143	65509.714	204.977	65.510
5.2	67	2828.571	122.0	188.571	212520.000	67772.571	212.520	67.773
5.4	17	2828.571	124.0	188.571	71468.571	20705.143	71.469	20.705
5.6	10	2828.571	132.0	188.571	53177.143	14406.857	53.177	14.407
5.8	15	2828.571	136.0	188.571	68074.286	19272.000	68.074	19.272
6.0	16	2828.571	144.0	188.571	72411.429	20516.571	72.411	20.517
6.2	10	2828.571	152.0	188.571	56948.571	15161.143	56.949	15.161
6.4	12	2828.571	158.0	188.571	63737.143	17273.143	63.737	17.273
6.6	14	2828.571	164.0	188.571	70525.714	19385.143	70.526	19.385
6.8	13	2828.571	170.0	188.571	68828.571	18668.571	68.829	18.669
7.0	14	2828.571	176.0	188.571	72788.571	19837.714	72.789	19.838
7.2	15	2828.571	180.0	188.571	76371.429	20931.429	76.371	20.931
7.4	14	2828.571	184.0	188.571	74297.143	20139.429	74.297	20.139
7.6	15	2828.571	188.0	188.571	77880.000	21233.143	77.880	21.233
7.8	14	2828.571	192.0	188.571	75805.714	20441.143	75.806	20.441
8.0	17	2828.571	194.0	188.571	84668.571	23345.143	84.669	23.345
8.2	30	2828.571	204.0	188.571	123325.714	35979.429	123.326	35.979
8.4	47	2828.571	210.0	188.571	172542.857	52234.286	172.543	52.234

Depth	CR	Ap	TSF	Kll (p)	Q.ult	Q.ijin	Q.ult	Q.ijin
m	kg/cm2	cm2	kg/cm	Cm	Kg	kg	ton	ton
8.6	65	2828.571	220.0	188.571	225342.857	69582.857	225.343	69.583
8.8	80	2828.571	240.0	188.571	271542.857	84480.000	271.543	84.480
9.0	85	2828.571	270.0	188.571	291342.857	90325.714	291.343	90.326
9.2	156	2828.571	298.0	188.571	497451.429	158324.571	497.451	158.325
9.4	190	2828.571	338.0	188.571	601165.714	191890.286	601.166	191.890
9.6	220	2828.571	348.0	188.571	687908.571	220553.143	687.909	220.553
9.8	220	2828.571	368.0	188.571	691680.000	221307.429	691.680	221.307

Tabel 4.5 Perhitungan daya dukung ultimit dan ijin tiang pancang pada titik S-19

Depth	CR	Ap	TSF	Kll (p)	Q.ult	Q.ijin	Q.ult	Q.ijin
m	kg/cm ²	cm ²	kg/cm	Cm	Kg	kg	ton	ton
0.2	2	2828.571	0.0	188.571	5657.143	1885.714	5.657	1.886
0.4	15	2828.571	16.0	188.571	45445.714	14746.286	45.446	14.746
0.6	19	2828.571	32.0	188.571	59777.143	19121.143	59.777	19.121
0.8	23	2828.571	48.0	188.571	74108.571	23496.000	74.109	23.496
1.0	6	2828.571	54.0	188.571	27154.286	7693.714	27.154	7.694
1.2	11	2828.571	64.0	188.571	43182.857	12785.143	43.183	12.785
1.4	21	2828.571	72.0	188.571	72977.143	22515.429	72.977	22.515
1.6	14	2828.571	80.0	188.571	54685.714	16217.143	54.686	16.217
1.8	17	2828.571	88.0	188.571	64680.000	19347.429	64.680	19.347
2.0	4	2828.571	94.0	188.571	29040.000	7316.571	29.040	7.317
2.2	15	2828.571	104.0	188.571	62040.000	18065.143	62.040	18.065
2.4	21	2828.571	148.0	188.571	87308.571	25381.714	87.309	25.382
2.6	30	2828.571	188.0	188.571	120308.571	35376.000	120.309	35.376
2.8	35	2828.571	230.0	188.571	142371.429	41674.286	142.371	41.674
3.0	48	2828.571	252.0	188.571	183291.429	54761.143	183.291	54.761
3.2	52	2828.571	274.0	188.571	198754.286	59362.286	198.754	59.362
3.4	56	2828.571	296.0	188.571	214217.143	63963.429	214.217	63.963
3.6	37	2828.571	304.0	188.571	161982.857	46350.857	161.983	46.351
3.8	48	2828.571	322.0	188.571	196491.429	57401.143	196.491	57.401
4.0	12	2828.571	334.0	188.571	96925.714	23910.857	96.926	23.911
4.2	16	2828.571	346.0	188.571	110502.857	28134.857	110.503	28.135
4.4	20	2828.571	358.0	188.571	124080.000	32358.857	124.080	32.359
4.6	45	2828.571	406.0	188.571	203845.714	57740.571	203.846	57.741
4.8	81	2828.571	448.0	188.571	313594.286	93267.429	313.594	93.267
5.0	94	2828.571	490.0	188.571	358285.714	107108.571	358.286	107.109
5.2	42	2828.571	532.0	188.571	219120.000	59664.000	219.120	59.664
5.4	21	2828.571	546.0	188.571	162360.000	40392.000	162.360	40.392
5.6	15	2828.571	560.0	188.571	148028.571	35262.857	148.029	35.263
5.8	11	2828.571	572.0	188.571	138977.143	31944.000	138.977	31.944
6.0	18	2828.571	586.0	188.571	161417.143	39072.000	161.417	39.072
6.2	16	2828.571	596.0	188.571	157645.714	37563.429	157.646	37.563
6.4	14	2828.571	604.0	188.571	153497.143	35979.429	153.497	35.979
6.6	11	2828.571	612.0	188.571	146520.000	33452.571	146.520	33.453
6.8	13	2828.571	620.0	188.571	153685.714	35640.000	153.686	35.640
7.0	15	2828.571	628.0	188.571	160851.429	37827.429	160.851	37.827
7.2	12	2828.571	636.0	188.571	153874.286	35300.571	153.874	35.301
7.4	10	2828.571	644.0	188.571	149725.714	33716.571	149.726	33.717
7.6	14	2828.571	652.0	188.571	162548.571	37789.714	162.549	37.790
7.8	17	2828.571	662.0	188.571	172920.000	40995.429	172.920	40.995

Depth	CR	Ap	TSF	Kll (p)	Q.ult	Q.ijin	Q.ult	Q.ijin
m	kg/cm2	cm2	kg/cm	Cm	Kg	kg	ton	ton
8.0	12	2828.571	670.0	188.571	160285.714	36582.857	160.286	36.583
8.2	15	2828.571	678.0	188.571	170280.000	39713.143	170.280	39.713
8.4	18	2828.571	688.0	188.571	180651.429	42918.857	180.651	42.919
8.6	16	2828.571	696.0	188.571	176502.857	41334.857	176.503	41.335
8.8	13	2828.571	704.0	188.571	169525.714	38808.000	169.526	38.808
9.0	17	2828.571	712.0	188.571	182348.571	42881.143	182.349	42.881
9.2	36	2828.571	734.0	188.571	240240.000	61625.143	240.240	61.625
9.4	51	2828.571	756.0	188.571	286817.143	76597.714	286.817	76.598
9.6	57	2828.571	778.0	188.571	307937.143	83084.571	307.937	83.085
9.8	48	2828.571	802.0	188.571	287005.714	75504.000	287.006	75.504
10.0	52	2828.571	834.0	188.571	304354.286	80482.286	304.354	80.482
10.2	63	2828.571	856.0	188.571	339617.143	91683.429	339.617	91.683
10.4	53	2828.571	884.0	188.571	316611.429	83310.857	316.611	83.311
10.6	57	2828.571	914.0	188.571	333582.857	88213.714	333.583	88.214
10.8	59	2828.571	946.0	188.571	345274.286	91306.286	345.274	91.306
11.0	52	2828.571	964.0	188.571	328868.571	85385.143	328.869	85.385
11.2	44	2828.571	988.0	188.571	310765.714	78747.429	310.766	78.747
11.4	35	2828.571	1008.0	188.571	289080.000	71016.000	289.080	71.016
11.6	41	2828.571	1030.0	188.571	310200.000	77502.857	310.200	77.503
11.8	49	2828.571	1054.0	188.571	337354.286	85950.857	337.354	85.951
12.0	56	2828.571	1082.0	188.571	362434.286	93606.857	362.434	93.607
12.2	71	2828.571	1124.0	188.571	412782.857	109333.714	412.783	109.334
12.4	54	2828.571	1152.0	188.571	369977.143	94361.143	369.977	94.361
12.6	40	2828.571	1194.0	188.571	338297.143	82745.143	338.297	82.745
12.8	65	2828.571	1232.0	188.571	416177.143	107749.714	416.177	107.750
13.0	72	2828.571	1268.0	188.571	442765.714	115707.429	442.766	115.707
13.2	50	2828.571	1310.0	188.571	388457.143	96548.571	388.457	96.549
13.4	41	2828.571	1354.0	188.571	371297.143	89722.286	371.297	89.722
13.6	60	2828.571	1398.0	188.571	433337.143	109296.000	433.337	109.296
13.8	106	2828.571	1436.0	188.571	570617.143	154100.571	570.617	154.101
14.0	147	2828.571	1478.0	188.571	694508.571	194341.714	694.509	194.342
14.2	140	2828.571	1520.0	188.571	682628.571	189325.714	682.629	189.326
14.4	153	2828.571	1558.0	188.571	726565.714	203016.000	726.566	203.016
14.6	145	2828.571	1600.0	188.571	711857.143	197057.143	711.857	197.057
14.8	156	2828.571	1638.0	188.571	750137.143	208861.714	750.137	208.862
15.0	174	2828.571	1670.0	188.571	807085.714	227040.000	807.086	227.040
15.2	152	2828.571	1712.0	188.571	752777.143	207881.143	752.777	207.881
15.4	145	2828.571	1754.0	188.571	740897.143	202865.143	740.897	202.865
15.6	157	2828.571	1792.0	188.571	782005.714	215612.571	782.006	215.613
15.8	176	2828.571	1824.0	188.571	841782.857	234733.714	841.783	234.734
16.0	190	2828.571	1870.0	188.571	890057.143	249668.571	890.057	249.669
16.2	212	2828.571	1886.0	188.571	955302.857	271014.857	955.303	271.015







