

ANALISA KAPASITAS DUKUNG TIANG PADA PONDASI (RAMP 4 – A2) JALAN TOL MEDAN - BINJAI SEKSI 1

Yeremia Mey Sinar, Abdi Harefa, Rika DeniSusanti,

Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Medan

Jln. Gedung Arca No. 52 Medan – 20217 Telp:(061) 7363771

Email: yeremiaharefa45@gmail.com

Abstrak

Analisa kapasitas dukung tiang pada pondasi sangat diperlukan untuk mendapatkan perencanaan pondasi yang memenuhi persyaratan. Pada pekerjaan Pembangunan Jalan Tol Medan – Binjai Seksi 1 di lokasi (RAMP 4 – A2) Enter Change BH-4 Jalan Tol Belmera Tanjung Mulia Medan. Menggunakan pondasi dalam karena kondisi tanah dasar dibawah bangunan tidak mempunyai daya dukung yang cukup untuk menahan beban dari bangunan tersebut. Banyak metode perhitungan untuk menganalisis kapasitas dukung tiang pada pondasi, untuk itu perlu dilakukan analisis kapasitas dukung dari beberapa hasil penyelidikan tanah di lapangan seperti data Standard Penetration Test (SPT). Analisa pondasi tiang pancang pada pekerjaan Pembangunan Jalan Tol Medan – Binjai Seksi 1 di Lokasi (RAMP 4 – A2) Enter Change BH-4 Jalan Tol Belmera Tanjung Mulia Medan, dilakukan dengan menganalisa kapasitas dukung tiang pada pondasi tunggal dan eksisting dengan menggunakan Terzaghi dan Mayerhoff pada data Standard Penetration Test (SPT) sedangkan untuk kapasitas dukung menggunakan metode Overburden dan Metode Brown, berdasarkan hasil pengujian Standard Penetration Test (SPT) kapasitas dukung dengan hasil di lapangan. Hasil perhitungan kapasitas dukung tiang pada pondasi terdapat perbedaan nilai yang dapat dilihat dari beberapa metode perhitungan. Hasil perhitungan kapasitas dukung pondasi tiang tunggal dan tiang bor tunggal pada data SPT metode Terzaghi dan Mayerhoff. Hal ini di lapangan lebih mendekati dengan hasil perhitungan kapasitas dukung SPT.

Kata-Kata Kunci : Terzaghi dan Mayerhoff Pondasi, Kapasitas Dukung, Diameter, Penurunan.

1. PENDAHULUAN

Salah satu parameter kemajuan suatu negara yaitu mempunyai keteraturan dalam hal transportasi baik dalam sistemnya maupun dalam sarana dan prasarana Indonesia sebagai Negara kepulauan yang mempunyai luas wilayah sangat besar dituntut untuk mempunyai sarana prasarana transportasi yang maju dan sistematis guna memenuhi kebutuhan akan pergerakan yang luas (Handoko, 2014). Dari banyak pulau dengan kepadatan penduduk paling besar dengan presentase lebih dari 50 % penduduk Indonesia berada di Pulau Sumatera. Kepadatan yang sangat besar berimbas pada mobilitas penduduknya yang sangat besar dan dari mobilitas yang besar diperlukan sarana dan prasarana pada transportasi darat salah satunya adalah membuat jalan bebas

hambatan. Pembangunan Jalan Tol Medan – Binjai adalah salah satu usaha dari kementerian PU untuk memenuhi kebutuhan akan sarana dan prasarana transportasi di Pulau Sumatera mengingat mobilitas penduduk Medan ke Binjai dan sebaliknya yang besar (Hutama Karya 2016).

Mengingat banyaknya permasalahan yang dapat dibahas, maka dalam penyusunan tugas akhir ini ada pembatasan masalah yang akan dibahas antara lain:

1. Banyaknya jenis-jenis penyelidikan tanah di di lapangan seperti *Standard Penetration Test (SPT)* dan Bor Tangan.
2. Banyaknya metode yang dapat digunakan untuk menghitung nilai kapasitas dukung pondasi tiang pancang pada SPT.
3. Besar kapasitas ijin tiang pancang kelompok berdasarkan nilai efisiensi.

Penyelidikan tanah (*soil investigation*) adalah suatu kegiatan yang dilakukan untuk mengetahui sifat-sifat karakteristik tanah untuk keperluan rekayasa. Adapun tujuan dari penyelidikan tanah ini pada umumnya mencakup maksud-maksud sebagai berikut :

1. Untuk menentukan kondisi alamiah dan lapisan – lapisan tanah local yang ditinjau.
2. Untuk mendapatkan sampel tanah asli (*undisturbed*) dan tidak asli (*disturbed*) untuk

II. TINJAUAN PUSTAKA

Penyelidikan Tanah (*Soil Investigation*)

Pada perencanaan pondasi terlebih dahulu perlu diketahui susunan lapisan tanah yang sebenarnya pada suatu tempat dan juga hasil pengujian laboratorium dari sampel tanah yang diambil dari berbagai kedalaman lapisan tanah. Hasil pengamatan lapangan juga perlu dilakukan sewaktu pembangunan konstruksi yang akan didirikan dalam kondisi tanah yang serupa.

mengidentifikasi tanah tersebut secara visual dan untuk keperluan pengujian laboratorium;

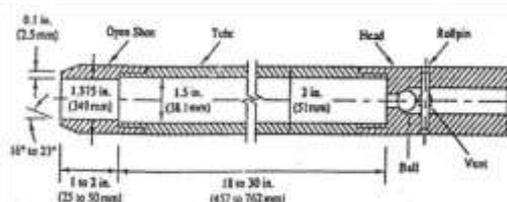
- 3. Untuk menentukan kedalaman tanah keras;
- 4. Untuk mengamati kondisi pengaliran air tanah kedalam dari lokasi tanah tersebut;

Adapun penyelidikan tanah (*soil investigation*) yang umum dilakukan di lapangan adalah pemboran (*drilling*), pengambilan contoh bahan tanah dan pengujian penetrasi (*penetration test*).

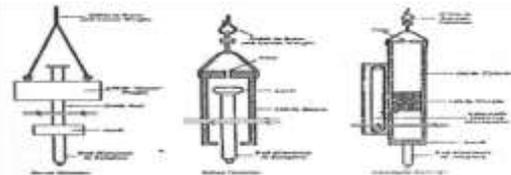
Penyelidikan Lapangan dengan Standard Penetration Test (SPT)

Standard Penetration Test (SPT) sering digunakan untuk mendapatkan daya dukung tanah secara langsung di lokasi. Metode SPT merupakan percobaan dinamis yang dilakukan dalam suatu lubang bor dengan memasukkan tabung sampel yang berdiameter dalam 35 mm sedalam 305 mm dengan menggunakan massa pendorong (palu) seberat 63,5 kg yang jatuh bebas dari ketinggian 760 mm. Banyaknya pukulan palu tersebut untuk memasukkan tabung sampel sedalam 305 mm dinyatakan sebagai nilai N.

Tujuan dari percobaan *Standard Penetration Test* (SPT) ini adalah untuk menentukan kepadatan relatif lapisan lapisan tanah dari pengambilan contoh tanah dengan tabung sehingga diketahui jenis tanah dan ketebalan tiap – tiap lapisan kedalaman tanah dan untuk memperoleh data yang kualitatif pada perlawanan penetrasi tanah serta menepatkan kepadatan dari tanah yang tidak berkoheisi yang bisa sulit diambil sampelnya. *Split-Spoon Sampler* SPT adalah alat yang dimasukan kedalam tanah yang sudah dibor yang kemudian akan dipukul menggunakan hammer. Sampel tanah yang tertahan pada *split sampler* dapat dipakai untuk percobaan klasifikasi semacam batas *Atterberg* dan ukuran butir, tetapi kurang sesuai untuk percobaan percobaan lain karena diameter terlampau kecil dan tidak dapat dianggap sungguh-sungguh asli. Penjelasan mengenai detail *Split-Spoon Sampler* SPT dan *hammer* SPT dijelaskan pada Gambar 1 dan Gambar 2 berikut.



Gambar 1. Split-Spoon Sampler SPT
(Sumber: Paulus, 2005)



Gambar 2. Diagram Skematis Jenis-Jenis Hammer

(Sumber: Bowles, 1988)

Kapasitas Daya Dukung Tiang Tunggal Berdasarkan Data Uji Standard Penetration Test (SPT)

Kapasitas Dukung Tiang Tunggal Metode Mayerhoff adalah Jusi (2015) menyatakan Mayerhoff (1956) mengusulkan untuk menghitung daya dukung pondasi tiang berdasarkan data hasil pengujian N-SPT dinyatakan. Pada Persamaan 1 berikut:

$$Q_u = Q_b + Q_s = A_b \cdot q_b + \sum A_s \cdot q_s \tag{1}$$

dengan :

Q_u = Kapasitas daya dukung tiang tunggal.

Q_b = Kapasitas dukung pada ujung tiang.

Q_s = Kapasitas dukung pada selimut tiang.

A_b = Luas penampang tiang.

q_b = Tahanan ujung per satuan luas

A_s = Luas selimut tiang.

q_s = Tahanan sisi tiang.

Kapasitas dukung ujung persatuan luas (q_b) diperoleh dari Persamaan 2 berikut.

$$q_b = \sigma'_v \cdot N_q' \leq 50 \cdot N_q' \cdot \tan \Phi \tag{2}$$

dengan:

q_b = Tahanan ujung per satuan luas (kNm^2).

σ'_v = Tegangan efektif (*overburden*) (kNm^2).

N_q = Faktor kapasitas dukung koreksi

Φ = Sudut geser dalam tanah.

Luas selimut tiang (A_s) diperoleh dari Persamaan 3 berikut

$$A_s = \pi \cdot d \cdot L_i \tag{3}$$

dengan :

A_s = Luas selimut tiang (m^2).

Φ_i = Keliling pada selang L_i (m).

L_i = Panjang bagian tiang dengan keliling Φ_i (m).

Tahanan sisi tiang (q_s) diperoleh dari Persamaan 4 berikut.

$$q_s = K \cdot \sigma'_v \cdot \tan \Phi \dots \dots \dots (4)$$

dengan :

K = Koefisien tekanan tanah lateral pada sisi tiang yang ditinjau.

σ'_v = Tegangan efektif (*overburden*) (kN/m^2).

Φ = Sudut geser dalam tanah.

Tabel 1. Pemilihan Parameter Tahanan Sisi Tiang

Jenis Konstruksi	Parameter Tahanan Sisi	
	Batas Bawah	Batas Atas
	$K = 1 - \sin \Phi$	
Tiang bor (<i>bored pile</i>)	$K = 1 - \sin \Phi$	$K = 1,4(1 - \sin \Phi)$
<i>Low displacement driven piles</i>	-	$q_s = N\text{-spt}$ (kN/m^2)
<i>Low displacement driven piles</i> , Meyerhoff (1976)	$K = 1 - \sin \Phi$	$K = 1,8(1 - \sin \Phi)$
<i>High displacement driven piles</i>	$K = 1 - \sin \Phi$	$K = 1,8(1 - \sin \Phi)$
<i>High displacement driven piles</i> , Bhusan (1982)	$K = 0,5 + 0,008 Dr$ Dr = Kerapatan relatif (%)	
<i>High displacement</i>		$q_s = 2 \cdot N\text{-spt}$ (kN/m^2)

Untuk meninjau kembali perhitungan perencanaan pondasi tiang pancang pada pekerjaan pembangunan Jalan Tol Medan – Binjai Seksi 1 (Ramp 4 – A2) *Enter Change BH 4* Tanjung Mulia Sta. 1+123.197 ini penulis memperoleh data dari konsultan utama berupa data hasil *Standard Penetration Test* (SPT) dan gambar tiang pancang. Adapun titik-titik yang dilakukan untuk penyelidikan tanah pada pekerjaan ini seperti yang terdapat Titik penyelidikan tanah yang akan dibahas pada pembahasan yaitu titik Bor (BH-4) pada SPT.

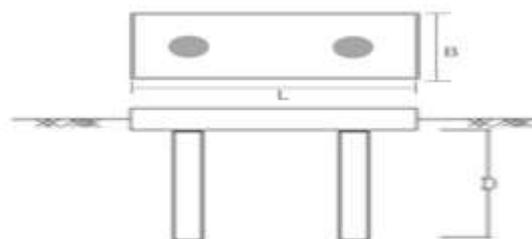
<i>driven piles</i> , Meyerhoff (1976)		
--	--	--

catatan : N-spt adalah nilai pukulan *test standard* penetrasi rata-rata
 Sumber : *Kulhawy (1991)*

Kapasitas Dukung Kelompok Tiang

Tiang kelompok adalah sekumpulan tiang yang dipasang secara relatif berdekatan dan biasanya diikat menjadi satu bagian atasnya dengan menggunakan *pile cap*. Gambar tiang kelompok dapat dilihat pada Gambar 2.8. Untuk menghitung *pile cap* dianggap/dibuat kaku sempurna, sehingga :

1. Bila beban-beban yang bekerja pada kelompok tiang tersebut menimbulkan penurunan, maka setelah penurunan bidang *pile cap* tetap merupakan bidang datar.
2. Gaya yang bekerja pada tiang berbanding lurus dengan penurunan tiang-tiang.



Gambar 3. Kelompok Tiang
 (Sumber: Rizaldy, 2012)

dengan:
 D = Pondasi Dalam
 B = Lebar pondasi

L = Panjang pondasi

Kelompok tiang yang bekerja dua arah (x dan y), dipengaruhi oleh beban vertikal dan momen (x dan y) yang akan mempengaruhi terhadap kapasitas daya dukung pondasi tiang, seperti pada Gambar 2.9 berikut.

Data Lapangan SPT

Perkerjaan yang dilakukan dilapangan. Perkerjaan Penelitian tanah (Soil Invesgation) dilapangan terdiri dari:

- a. 5 (lima) titi, hingga mencapai kedalaman maksimum 30.00 meter atau nilai SPT $\sum N = N_2 + N_3 / 30 \text{ cm} \geq 50$ Blows sebanyak 3 kali pengujian berturut-turut.

b. Pengujian Standard Penetration Test, dilakukan pada setiap interval kedalaman 3.00 meter.

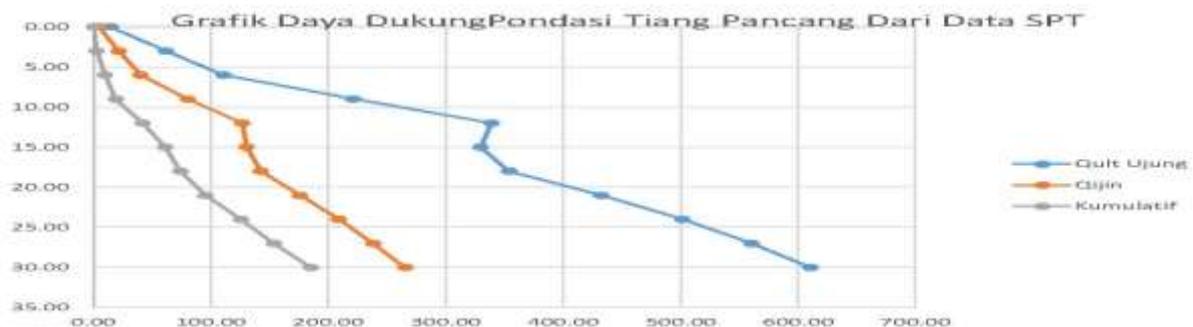
c. Pengambilan contoh tanah tidak terganggu (Undisturbed sample), dilakukan setiap interval 6.00 meter, langsung pada lubang bor mesin.

Tabel 2 .Data Tanah SPT

Diameter : 60 cm
 Ap : 0.280 m²
 K : 1.880 m

Kedalaman (m)	Tebal Lapis	Nilai SPT				Jenis Tanah	Qult ujung	Qult Selimut	Qijin
		N	N1	N2	N rata ²				
0.00	0.00	0.00	0.00	2.50	1.25	Lempung	14.00	0.00	4.67
3.00	3.00	5.00	2.50	8.50	5.50	Pasir	61.60	2.82	21.47
6.00	3.00	12.00	5.67	14.00	9.83	Pasir	110.13	9.59	39.91
9.00	3.00	16.00	11.00	28.00	19.75	Pasir	221.20	18.61	79.94
12.00	3.00	41.00	23.00	37.50	30.25	Pasir	338.80	41.74	126.85
15.00	3.00	34.00	30.33	28.50	29.42	Pasir	329.47	60.91	130.13
18.00	3.00	23.00	32.67	30.50	31.58	Pasir	353.73	73.88	142.54
21.00	3.00	38.00	31.67	45.50	38.58	Pasir	432.13	95.32	175.82
24.00	3.00	53.00	38.00	51.50	44.75	Pasir	501.20	125.21	208.80
27.00	3.00	50.00	47.00	53.00	50.00	Pasir	560.00	153.41	237.80
30.00	3.00	56.00	53.00	56.00	54.50	Pasir	610.40	184.99	265.13

Sumber : Cv. Citra Soil Konsultant Inveigation Report



Gambar 4. Grafik Data SPT (Enter Change BH-4)

II. METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian dalam penelitian ini berada pada Jalan Tol Belmera Tanjung Mulia *Enter Change 4* (RAMP 4 – A2. Adapun titik penelitian adalah proyek Pembangunan Jalan Tol Medan – Binjai Seksi 1 Sumatera Utara. Peta Lokasi dan layout dapat dilihat pada Gambar 5 dan 6

Tahapan Penelitian

Untuk mencapai maksud dan tujuan penyusunan tugas akhir ini, dilakukan ini,

dilakukan beberapa tahapan yang dianggap perlu dan secara garis besar diuraikan sebagai berikut:

Tahapan Pertama adalah melakukan studi kepustakaan terhadap *text book* dan jurnal-jurnal terkait dengan teori-teori pondasi tiang, permasalahan pada pondasi tiang, desain dan pelaksanaan pemancangan tiang.

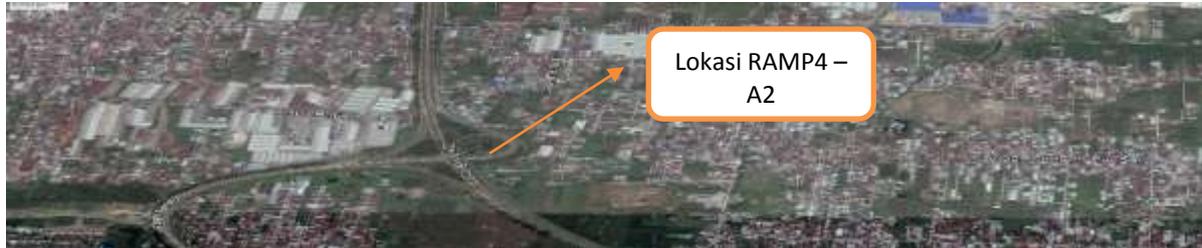
Tahapan Kedua adalah meninjau langsung ke lokasi pekerjaan dan melakukan pengambilan data yang dianggap perlu.

Tahapan Ketiga adalah pelaksanaan pengumpulan data – data.

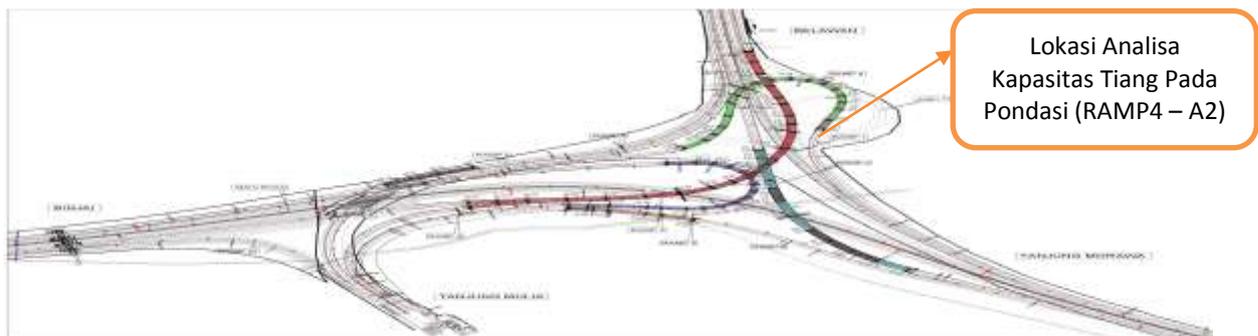
Data yang diperoleh adalah: Data hasil *Standard Penetration Test (SPT) Enter Change BH-4* dan data Gambar Proyek Lokasi RAMP 4 – A2 Sta.1+123.197.

Tahap Keempat adalah mengadakan analisa data dengan menggunakan data-data diatas berdasarkan formula yang ada.

Tahapan Kelima adalah mengadakan analisa daya kapasistas dukung pondasi tiang pancang terhadap hasil perhitungan yang dilakukan dan membuat kesimpulan.

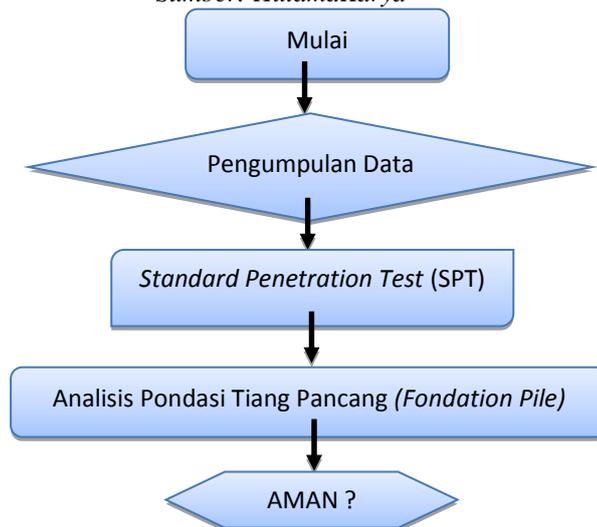


Gambar 5. Peta LokasiProyek



Gambar 6. Layout Lokasi

Sumber: *HutamaKarya*



Gambar 7. Diagram alur pelaksanaan

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perencanaan pada suatu bangunan umumnya tidak akan lepas dari perencanaan pondasi. Pondasi adalah struktur bawah dari kontruksi bangunan yang berfungsi untuk menempatkan bangunan dan meneruskan beban yang disalurkan dar struktur atas ke tanah dasar pondasi yang cukup kuat menahannya tanpa terjadi kerusakan tanah

penerunan bangunan diluar batas toleransinya. Pondasi dirancang agar mampu mendukung beban maksimum yang mungkin terjadi. *Abutment A2 RAMP 4 Overpass Enter Change 4 Tanjung Mulia Jalan Tol Medan – Binjai Seksi 1* melakukan penyelidikan tanah guna menentukan stratigrafi dan sifat fisik tanah, sehingga hasil yang diperoleh dapat digunakan untuk perencanaan atau pemeliharaan pondasi dan menghasilkan daya

dukung pondasi yang lebih akurat. Penyelidikan tanah dilakuakn dengan metode *Standart Penetration Test* (SPT) pada 5 titik dengan menggunakan bor mesin (*machine bor*) dan menggunakan tipe hammer otomatis (*automatic hammer*). Peranan penting dalam perencanaan struktur pondasi pada suatu bangunan adalah pembebanan. Kapasitas dukung tiang dilakukan dengan memperhatikan data hasil penyelidikan tanah, beban aksial, dimensi tiang, jarak antar tiang, data pendukung seperti mutu beton, dan kedalaman pondasi. Analisis kapasitas dukung tiang pancang menggunakan metode statik.

Hasil Analisis Kapasitas Dukung Tiang Tunggal Pada Pondasi Eksisting (TiangPancang)

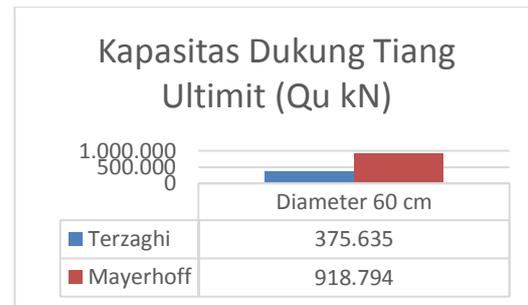
Hasil analisis kapasitas dukung *ultimate* pada pondasi eksisting (tiang pancang) dengan beban aksial yang sama yaitu 29602,132 kN menggunakan metode *terzaghi* diperoleh sebesar 3755,635 kN, serta jumlah tiang yang diperoleh sebanyak 32 tiang dengan SF sebesar 3,5.

Perbandingan Kapasitas Dukung Pondasi Tiang Tunggal

Kapasitas dukung pondasi tiang bor sebaiknya dibandingkan alternatif pilihan yaitu diameter 60 cm yang telah dianalisis dengan 2 metode dengan pondasi tiang *eksisting* (pondasi tiang pancang di proyek diameter 60 cm) perhitungan agar dapat diambil kesimpulan dari hasil analisis kapasitas daya dukung pondasi tiang. Analisis kapasitas dukung pondasi tiang pancang digunakan data uji SPT dengan data yang diperoleh dari proyek. Kapasitas dukung pondasi diperoleh dari penjumlahan tiang tahanan ujung dan tahanan gesek selimut tiang. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 3 dan Gambar 8

Tabel 3. Rekapitulasi Analisis Kapasitas Dukung Ultimate Tiang Pondasi

	TiangPancang	
	Terzaghi	Mayerhoff
	Terzaghi 60 cm	Mayerhoff 60 cm
P (kN)	29602,132	29602,132
Q_p (kN)	-	550,637
Q_s (kN)	-	368,156
Q_u (kN)	3755,635	918,794
SF	3,5	3
n tiang	32	32



Gambar 8. Perbandingan Kapasitas Dukung Pondasi Tiang Tunggal.

Hasil analisis tiang eksisting dengan metode *Terzaghi* diameter 60 cm diperoleh kapasitas dukung *ultimite* (Q_u) sebesar 375,635 kN. Kapasitas dukung *ultimite* (Q_u) tiang bor metode *Mayerhoff* diameter 60 cm diperoleh masing-masing sebesar 918,794 kN. Hasil kapasitas dukung *ultimite* pada tiang eksisting (tiang pancang) dengan metode *Terzaghi* diameter 60 cm lebih besar dibanding hasil metode *Mayerhoff* pada tiang bor diameter 60cm cm Kapasitas dukung *ultimite* pada pondasi tiang bor diameter 60 cm dan metode *Mayerhoff* lebih besar dibanding kapasitas dukung *ultimite* tiang *eksisting* (tiang pancang) dengan metode *Terzaghi* diameter 60 cm.

Hasil Analisis Kapasitas Dukung Kelompok Tiang

Metode *Mayerhoff* dihasilkan kapasitas dukung pondasi tiang tunggal yang memiliki selisih cukup sedikit dengan metode pada pondasi tiang bor. Hasil kapasitas dukung pondasi tiang tunggal dengan metode *Mayerhoff*. Berdasarkan analisis kapasitas dukung pondasi tiang tunggal diperoleh jumlah tiang yang bervariasi, sehingga dihasilkan kapasitas dukung kelompok tiang yang berbeda-beda. Rekapitulasi hasil analisis kapasitas dukung kelompok pondasi tiang pancang dan tiang bor dapat dilihat pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Hasil Analisis Kapasitas Dukung Kelompok Tiang Pondasi

	TiangPancang	
	Terzaghi	Mayerhoff
	Terzaghi 60 cm	Mayerhoff 60 cm
Q_u (kN)	3755,635	918,794
SF	3,5	3
Q_a (Kn/m)	1073,385	306,264
n	32	32
E_g	1	1
Q_g (kN)	3434,832	9800,448
Cek	Aman	Aman

Pondasi dikatakan aman apabila hasil dari kapasitas dukung kelompok tiang (Q_g) lebih besar dari beban yang diterima oleh pondasi. Kapasitas dukung kelompok tiang pancang metode Terzaghi diameter 60 cm, diperoleh hasil 3434,832 kN lebih besar dari nilai $P = 29602,132$ kN, kapasitas dukung kelompok tiang bor diameter 60 cm, metode *Mayerhoff* diperoleh masing-masing sebesar dan 9800,448 kN, lebih besar dari nilai sehingga pondasi tiang pancang dengan diameter 60 cm, metode *Mayerhoff* aman digunakan pembagunan *Abutment A2 RAMP 4 Tanjung Mulia Jalan Tol Medan – Binjai Seksi 1*.

Hasil Analisis Penurunan Pondasi Tiang

Penurunan pondasi kelompok tiang pada umumnya lebih besar dari penurunan pada tiang tunggal. Hal ini dikarenakan adanya pengaruh tegangan pada daerah cakupan yang lebih luas serta lebih dalam. Berikut hasil rekapitulasi analisis penurunan tiang pancang dan (eksisting) dan desain tiang pancang.

Tabel 5 Hasil Rekapitulasi Analisis Penurunan Tiang

	TiangPancang	TiangBor
	Terzaghi 60 cm	Mayerhoff 60 cm
P (kN)	29602,132	29602,132
Q (kN)	3146,338	3146,338
A_p (m ²)	0,2827	0,2827
Penurunan Tunggal (m)	0,0859	0,0859
Penurunan Kelompok Tiang (m)	0,913	0,913
P (kN)	29602,132	29602,132
Cek	Aman	Aman

Berdasarkan hasil analisis diperoleh penurunan tiang tunggal dan penurunan kelompok tiang pada tiang eksisting lebih kecil dibanding tiang pancang. Akan tetapi, hal ini sebenarnya tidak akan terjadi dikarenakan ujung pondasi tiang berada di tanah keras.

4. Kesimpulan

1. hasil analisis kapasitas dukung *ultimite* tiang tunggal pada tiang *eksisting* diameter 60 cm dengan metode Terzaghi sebesar 375,635 kN dan jumlah tiang 32 dengan SF sebesar 3,5.

2. Kapasitas dukung *ultimite* pada tiang *eksisting* diameter 60 cm dengan metode *Terzaghi* sebesar 375,635 kN lebih besar dibanding hasil metode *Mayerhoff* pada tiang pancang diameter 60 cm yakni 918,794 kN.

3. hasil analisis kapasitas dukung kelompok tiang pancang diameter 60 cm diperoleh hasil 3434,832 kN lebih besar dari nilai $P = 29602,132$ kN. Kapasitas dukung kelompok tiang pancang lebih besar dari nilai $P = 29602,132$ kN. Kemudian hasil analisis kapasitas dukung kelompok tiang metode *Mayerhoff* 60 cm diperoleh masing-masing sebesar 9800,448 kN.

4. alternatif yang digunakan adalah alternatif diameter 60 cm metode *Mayerhoff* dengan jumlah 14 tiang dan menggunakan nilai SF sebesar 3 dalam satu kelompok tiang. Hal ini didasarkan jumlah tiang yang digunakan lebih sedikit, sehingga dapat menghemat waktu pekerjaan dan biaya konstruksi yang dikeluarkan. Selain itu, hasil kapasitas dukung kelompok tiang (Q_g) lebih besar dari pada beban aksial (P) dan beban aksial total (V) yang diterima, sehingga beban struktur abutment di atas pondasi mampu ditahan oleh kelompok pondasi tiang. Dan penurunan tiang tunggal tiang pancang yang terjadi pada tiang pancang diameter 60 cm dan penurunan kelompok tiang sebesar 8,5 m. Semakin besar diameter pondasi tiang pancang diketahui penurunan tiang tunggal yang dihasilkan semakin kecil akan tetapi penurunan tiang kelompok semakin besar. Akan tetapi penurunan tidak terjadi dikarenakan ujung tiang pondasi berada pada tanah keras.

DAFTAR PUSTAKA

1. Bowles, J.E., 1986, *Analisis dan Desain Pondasi jilid 2*. Penerbit Erlangga, Jakarta
2. Bowles, J.E., 1986, *Sifat-sifat Fisis Dan Geoteknis Tanah*. Erlangga. Jakarta
3. Das, B.M., 1994, *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis) jilid 2*. Penerbit Erlangga. Jakarta.
4. Das, B.M., 2007, *Principles of Foundation Engineering 6th Edition*. Chris Carson. Canada.
5. Hardiyatmo, H.C., 2002, Teknik Fondasi I. Beta Offset. Yogyakarta.
6. Hardiyatmo, H.C., 2003, *Teknik Pondasi 2*, Beta Offset, Yogyakarta.
7. Hardiyatmo, H.C., 2006, *Penanganan Tanah Longsor dan Erosi*. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.

8. Hardiyatmo, H.C., 2010, *Mekanika Tanah 1*. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
9. Hardiyatmo, H.C., 2010, *Mekanika Tanah 2*. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
10. Hardiyatmo, H.C., 2010, *Stabilitas Tanah untuk Perkerasan Jalan*. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
11. Hardiyatmo, H.C., 2011, *Analisis dan Perancangan Fondasi 1*. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
12. Hariska, 2005, Perbandingan Kapasitas Dukung dan Penurunan Pondasi Tiang Bor pada Proyek Pembangunan BalaiPelatihan Kesehatan Batam, Tugas Akhir, (Tidak Diterbitkan), Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta
13. Huda, Khairul A., 2015, Evaluasi Kapasitas Dukung Fondasi Tiang Bor Pada Struktur Pilar Overpass Sta 0+736, Tugas Akhir, (Tidak Diterbitkan), Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
14. Jusi, Ulfa, 2015, Analisis Kuat Dukung Pondasi Bored Pile Berdasarkan Data Pengujian Lapangan (Cone Dan N-Standard Penetration Test, Tugas Akhir,(Tidak Diterbitkan), Sekolah Tinggi Teknologi Pekanbaru, Riau.
15. Muhardi, Dedy, 2009, Analisis Kapasitas Dukung Fondasi Tiang Pancang Pada Pilar 11 di Jembatan Teluk Masjid, Tugas Akhir, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
16. Rahardjo, Paulus P., 2005, *Manual Fondasi Tiang*. Geotechnical Engineering Center. Universitas Katolik Parahyangan. Bandung
17. Saputro, Cahyo D., 2013, Analisa Stabilitas Lereng Dan Kapasitas Dukung Fondasi Bored Pile Pada Struktur Abutmen - A2 Overpass Deres, Tugas.