

## ANALISIS DAYA DUKUNG FONDASI DANGKAL JALAN RAYA DI ATAS TANAH CLAYSHALE

Kenji Kasan Putra<sup>1</sup> dan Chaidir Anwar Makarim<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jl. Letjen S. Parman No.1 Jakarta  
Email: Kenji.325180176@stu.untar.ac.id

<sup>2</sup>Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jl. Letjen S. Parman No.1 Jakarta  
Email: chaidirm@pps.untar.ac.id

Masuk: 18-01-2022, revisi: 11-02-2022, diterima untuk diterbitkan: 22-02-2022

### ABSTRACT

Clayshale soil is a sediment of a fine grains formed from the consolidation of clay minerals that have a very large shrinkage character when there is a change in water content. It is the result of weathering of mechanical type sedimentary rock with embankment material, foundation bearing capacity, slope stability of construction and so on. In this thesis, we will discuss the construction of highways on elevated clayshale soil. To protect the clayshale soil from the degradation of soil strength, the clayshale soil surface is isolated using a concrete slab, then fill soil is given on it. Backfill is used to reduce the possibility of temporary groundwater rise due to rain. The results obtained are presented and all relevant regulations are applied as necessary. The results obtained are presented and all relevant regulations are applied as necessary. The result of the analysis obtained from the bearing capacity of the foundation before NSPT degradation is 72.16 Tons. Then for the bearing capacity of the foundation after NSPT degradation, 35% is 52.109 tons, 40% is 49,096 tons, 50% is 44.083 tons. So when compared to the external load of 36,050 Tons, the foundation is strong enough to withstand external loads on it.

Keywords: clayshale, shallow foundation, isolate clayshale, Backfill, highway

### ABSTRAK

Tanah clayshale adalah sebuah sedimen yang berbentuk butiran halus terbentuk dari konsolidasi mineral lempung yang mempunyai karakter kembang susut yang sangat besar apabila terjadi perubahan kadar air. Clayshale merupakan hasil pelapukan atau transportasi batuan sedimentasi tipe mekanik dengan material timbunan, daya dukung fondasi, kestabilan lereng konstruksi bawah tanah dan lain sebagainya. Pada jurnal kali ini akan membahas mengenai konstruksi jalan raya di atas tanah clayshale yang ditinggikan. Untuk melindungi tanah clayshale dari degradasi kekuatan tanah, maka permukaan tanah clayshale diisolasi menggunakan slab beton, kemudian di atasnya diberikan tanah urug. Beban daripada jalan raya tersebut ditransfer di bawah langsung ke tanah clayshale bukan ke tanah urug. Tanah urug digunakan untuk mengurangi kemungkinan kenaikan air tanah sementara akibat hujan. Hasil yang didapat disajikan dan semua peraturan yang terkait digunakan seperlunya. Hasil yang didapat disajikan dan semua peraturan yang terkait digunakan seperlunya. Hasil dari analisis yang didapat dari perhitungan daya dukung fondasi sebelum degradasi NSPT sebesar 72.16 Ton. Lalu untuk daya dukung fondasi setelah degradasi NSPT sebesar 35% sebesar 52.109 Ton, 40% sebesar 49.096 Ton, 50% sebesar 44.083 Ton. Sehingga jika dibandingkan dengan beban luar sebesar 36.050 Ton, fondasi kuat menahan beban luar di atasnya.

Kata kunci: tanah clayshale, fondasi dangkal, isolasi clayshale, tanah urug, jalan raya

## 1. PENDAHULUAN

Republik Indonesia adalah negara di Asia Tenggara yang dilintasi garis khatulistiwa dan berada di antara daratan benua Asia dan Australia. Indonesia adalah negara kepulauan yang terbesar di dunia terdiri dari 17.504 pulau.



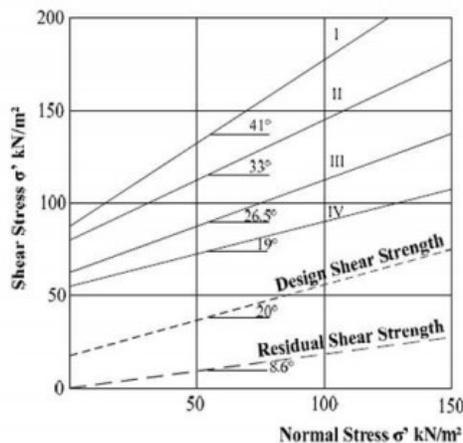
Gambar 1. Peta Sebaran Tanah Clayshale di Indonesia (Soetojo, 2009)

Untuk meningkatkan pengetahuan kita mengenai Gambar 1 wilayah daratan Indonesia, maka akan dibahas mengenai jenis - jenis tanah yang ada di Indonesia salah satunya adalah tanah lempung serpih atau *clayshale* (Soetojo, 2009).

*Clayshale* adalah sebuah sedimen yg berbentuk butiran halus terbentuk dari konsolidasi mineral lempung yang mempunyai karakter kembang susut yang sangat besar apabila terjadi perubahan kadar air. Merupakan hasil pelapukan atau transportasi batuan sedimentasi tipe mekanik dengan material timbunan, daya dukung fondasi, kestabilan lereng konstruksi bawah tanah dan lain sebagainya (White & Cassidy, 2010).

Tanah akan mengembang (Swelling) pada kondisi basah dan akan menyusut (Shrinkage) pada kondisi kering. Pada jenis tanah *clayshale* ini banyak mengalami masalah geoteknik meskipun berada pada kontur yang datar (Mitchell & Soga, 2005).

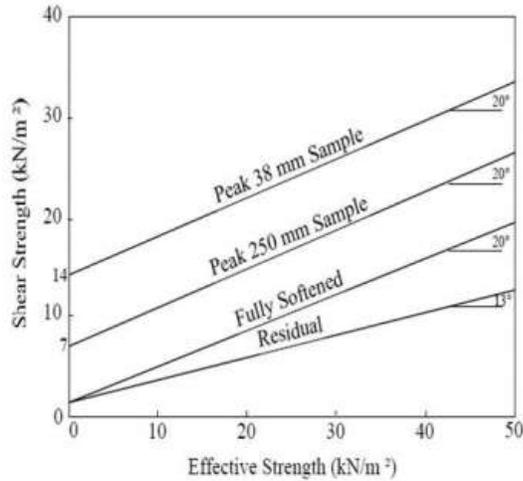
Jenis tanah lempung pipih menunjukkan perilaku *Creep*. Pada tanah *Creep* ini adalah hasil dari proses akibat pelapukan (*Weathering*) yang telah terjadi dalam jangka waktu yang cukup lama. Dengan itu kuat geser dan besar deformasi sangat bergantung terhadap waktu sejak mulai terekspose, tingkat pelapukan, dan *Stress Release* yang terjadi. Besarnya waktu dan tingkat pelapukan sangat berpengaruh terhadap kuat geser untuk perencanaan. Dapat dilihat pada Gambar 2 mengenai grafik kuat geser residual berikut ini (Matthew & Makarim, 2020).



Gambar 2 Kuat Geser Residual (Dharmayasa, 2014)

Metode Skempton telah melakukan penelitian kuat geser residual tanah *Clayshale* pada lereng yang sudah digali atau bisa disebut Excavation, yang menggunakan sampel diameter 38 mm dengan pengujian triaksial. Pada hasil uji coba mendapatkan nilai parameter kekuatan puncak dari *Clayshale* sebesar  $c' = 14 \text{ kN/m}^2$  dan  $\phi = 20^\circ$ . Sedangkan Metode Sandroni juga melakukan penelitian yang sama tetapi dengan ukuran sampel yang lebih besar yaitu dengan 250 mm dengan pengujian triaksial. Hasil nilai yang didapat adalah nilai kohesi yang lebih kecil yaitu sebesar  $c' = 7 \text{ kN/m}^2$  (White & Cassidy, 2010).

Dapat dilihat dari Gambar 3.



Gambar 3 Geser Residual (Dharmayasa, 2014)

Seiring dengan berjalannya waktu banyak sekali permasalahan yang terjadi pada *Clayshale* di Indonesia maka pada studi kali ini akan dibahas mengenai kegagalan yang terjadi akibat dari tanah *clayshale* yang di tes dengan metode yang salah. Terdapat 2 metode tes untuk tanah *clayshale* yaitu adalah pendekatan geoteknik dan pemahaman geologi (Dharmayasa, 2014).

Pertama adalah pendekatan Geoteknik yaitu pengetesan yang menggunakan uji lapangan pada tanah dan batuan seperti contohnya adalah Uji Penetrasi Standar (*Standard Penetration Test*, SPT), Uji Sondir (CPT, CPTU, CPTM), Uji *Pressuremeter* (PMT), dan lain-lain.

Kedua adalah pemahaman geologi, yaitu pada pemahaman geologi lebih kepada bagaimana kita mengetahui asal – usul dari daerah tersebut sebelumnya hingga sekarang. Apa lagi jika tanah yang ingin dijadikan jalan maka harus ditelusuri terlebih dahulu jika tanah tersebut berasal dari bukit yang di potong untuk keperluan tanah maka harus diwaspadai jika tanah tersebut adalah tanah *clayshale*.

Pada penelitian kali ini akan di test untuk membangun jalan dengan fondasi dangkal pada tol yang merupakan tanah *clayshale* sehingga dengan lamanya umur jalan maka daya dukung pada tanah tersebut semakin lemah.

Contoh kasus yaitu pada Tol Cipularang yang merupakan tanah *clayshale* yang dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4 Kondisi longsor pada tanah Clayshale di Tol Cipularang (Irsyam et al, 2010)

**Daya Dukung Fondasi Dangkal**

Untuk jenis fondasi dangkal yang akan lebih dibahas pada kali ini adalah fondasi cakar ayam modifikasi. Dalam menentukan daya dukung dapat ditentukan dari teori daya dukung persamaan *Terzaghi* yang telah umum digunakan. Karena persamaan yang dikemukakan oleh *Terzaghi* merupakan usulan yang pertama dan cukup konservatif, sehingga dapat didapatkan sebuah sejarah metode yang berhasil untuk menghitung daya dukung. Analisis kapasitas daya dukung fondasi cakar ayam modifikasi menurut *Terzaghi* untuk fondasi rakit dapat dimodifikasi untuk penggunaan umum dengan memperhatikan beberapa faktor berikut ini (Das et al, 1985):

1. *Depth Factor*

Untuk memperhitungkan ketahanan geser yang dikembangkan disepanjang permukaan runtuh pada tanah di atas dasar fondasi.

2. *Shape Factor*

Untuk menentukan daya dukung persegi panjang dan lingkaran pijakan.

3. *Inclination Factor*

Untuk menentukan kapasitas daya dukung pijakan dimana arah dari aplikasi beban dimiringkan pada sudut tertentu terhadap vertikal.

$$q_u = c' \lambda_{cs} \lambda_{cd} \lambda_{ci} N_c + q \lambda_{qs} \lambda_{qd} \lambda_{qi} N_q + \frac{1}{2} \lambda_{ys} \lambda_{yd} \lambda_{yi} \gamma B N_\gamma \dots\dots\dots(1)$$

Dengan  $c'$  = cohesion,  $q$  = effective stress at the level of the bottom of the foundation,  $\gamma$  = unit weight of soil,  $B$  = diameter for circular foundation, ( $\lambda_{cs}$ ,  $\lambda_{qs}$ , dan  $\lambda_{ys}$ ) = shape factors, ( $\lambda_{cd}$ ,  $\lambda_{qd}$ , dan  $\lambda_{yd}$ ) = depth factors, ( $\lambda_{ci}$ ,  $\lambda_{qi}$ , dan  $\lambda_{yi}$ ) = load inclination factors, ( $N_c$ ,  $N_q$ , dan  $N_\gamma$ ) = bearing capacity factors

Hubungan perkiraan untuk factor bentuk, kedalaman, dan kemiringan dijelaskan dibawah (Das & Sobhan, 2012):

**Metode Beer De**

1. *Shape Factors*

$$\lambda_{cs} = 1 + \left(\frac{B}{L}\right) \left(\frac{N_q}{N_c}\right) \dots\dots\dots(2)$$

$$\lambda_{qs} = 1 + \left(\frac{B}{L}\right) \tan \phi \dots\dots\dots(3)$$

$$\lambda_{ys} = 1 - 0.4 \left(\frac{B}{L}\right) \dots\dots\dots(4)$$

Where  $L$  = length of the foundation ( $L > B$ )

The shape factors are empirical relations based on extensive laboratory test.

**Metode Hansen**

2. *Depth Factors*

$$\lambda_{cd} = 1 + 0.4 \left( \frac{D_f}{B} \right) \dots\dots\dots (5)$$

$$\lambda_{qd} = 1 + 2 \tan \phi' (1 - \sin \phi')^2 \frac{D_f}{B} \dots\dots\dots (6)$$

$$\lambda_{\gamma d} = 1 \dots\dots\dots (7)$$

**Metode Mayerhoff**

3. *Inclination Factors*

$$\lambda_{ci} = \lambda_{qi} = \left( 1 - \frac{\alpha}{90^\circ} \right)^2 \dots\dots\dots (8)$$

$$\lambda_{\gamma i} = \left( 1 - \frac{\alpha}{\phi'} \right)^2 \dots\dots\dots (9)$$

Here,  $\alpha$  = inclination of the load on the foundation with respect to the vertical.

**Faktor Keamanan**

Dalam perhitungan safety factor untuk sebagian besar analisis menggunakan metode *Allowable Stress Design* (ASD) dimana nilai daya dukung *ultimate* nya dibagi dengan safety factor yang mendapatkan daya dukung izin (White & Cassidy, 2010).

$$q_u = \frac{q_{ult}}{F} \dots\dots\dots (10)$$

Dimana,

$$q \leq q_u \dots\dots\dots (11)$$

Dengan  $q_u$  = daya dukung izin (kN),  $q_{ult}$  = daya dukung *ultimate* (kN),  $F$  = *safety factor*,  $q$  = beban luar

Hal yang dipertimbangkan untuk melihat nilai  $F$  (*safety factor*), yaitu (Soetojo, 2009):

1. Jenis Tanah
2. Keterbatasan data penyelidikan tanah lokasi
3. Profil tanah yang tidak konsisten
4. Tingkat kepentingan struktur atas konsekuensi jika terjadi kegagalan
5. Beban desain

**Perbaikan Tanah *Clayshale***

Dalam pembuatan fondasi dangkal jenis fondasi rakit jika dibangun di atas tanah *clayshale* maka setelah setahun kemudian maka kekuatan tanah akan menurun drastis karena tanah terekspos yang artinya tanah *clayshale* terkena udara ataupun air (Coduto, 2001).

Sehingga untuk mengakali agar dapat membangun fondasi rakit untuk pembangunan jalan maka akan digunakan pelat beton sebagai penutup tanah dibawahnya yang berjenis *clayshale* tersebut agar tidak terkena udara maupun air hujan yang menyerap kebawah. Setelah dilakukan *isolation* pada tanah *clayshale* maka dapat dibangun fondasi rakit di atas tanah tersebut (Soetojo, 2009).

Keuntungan dilakukan pelapisan pelat beton di atas tanah *clayshale*:

1. Kekuatan tanah tidak akan menurun drastis jika dibandingkan dengan tanah *clayshale* yang terekspos
2. Tidak akan terkena air dan udara
3. Fondasi tidak akan mengalami penurunan yang besar karena duduk di atas pelat beton

**Batasan Masalah**

Adapun Batasan-batasan masalah yang dibahas dalam penelitian untuk menangani kasus ini adalah:

1. Fondasi dangkal yang akan digunakan merupakan fondasi cakar ayam modifikasi.
2. Beban yang akan digunakan adalah beban jalan raya
3. Analisis perhitungan fondasi ini tidak memperhitungkan gempa.
4. Data tanah Data tanah ditentukan oleh Bapak Prof.Ir. Chaidir Anwar Makarim, M.SE,Ph.D.
5. Jenis Tanah yang diteliti adalah *clayshale*.
6. Pengambilan data curah hujan berdasarkan data BMKG.
7. Perhitungan daya dukung dihitung menggunakan perhitungan manual.
8. Degradasi NSPT yaitu sebesar 35%, 40%, dan 50%.
9. Muka Air tanah ditetapkan saat musim hujan setinggi 7 m dan 10 m saat musim kemarau.

### Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang dibahas dalam jurnal ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana metode perbaikan tanah *clayshale* agar dapat dibangun fondasi dangkal?
2. Berapa daya dukung *shallow foundation* pada tanah *clayshale*?

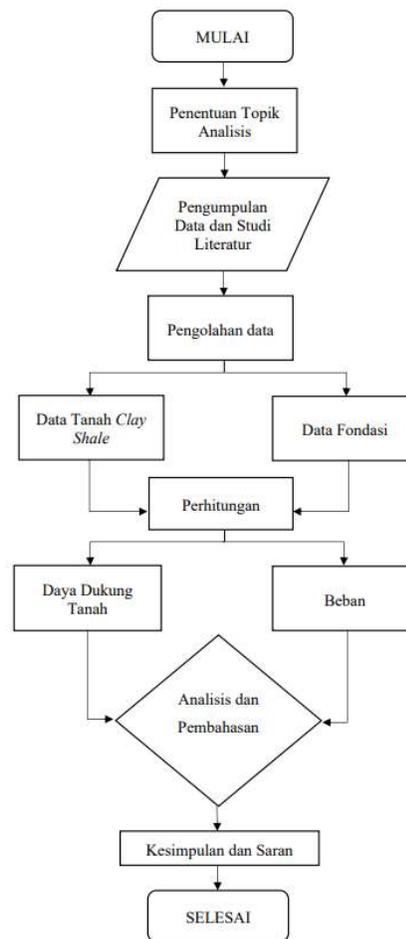
### Tujuan dan Manfaat Penelitian

Tujuan dari penelitian ni adalah sebagai berikut ini:

1. Menentukan metode perbaikan tanah clayshale agar dapat dibangun fondasi dangkal.
2. Menghitung daya dukung shallow foundation pada lapisan tanah clayshale.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

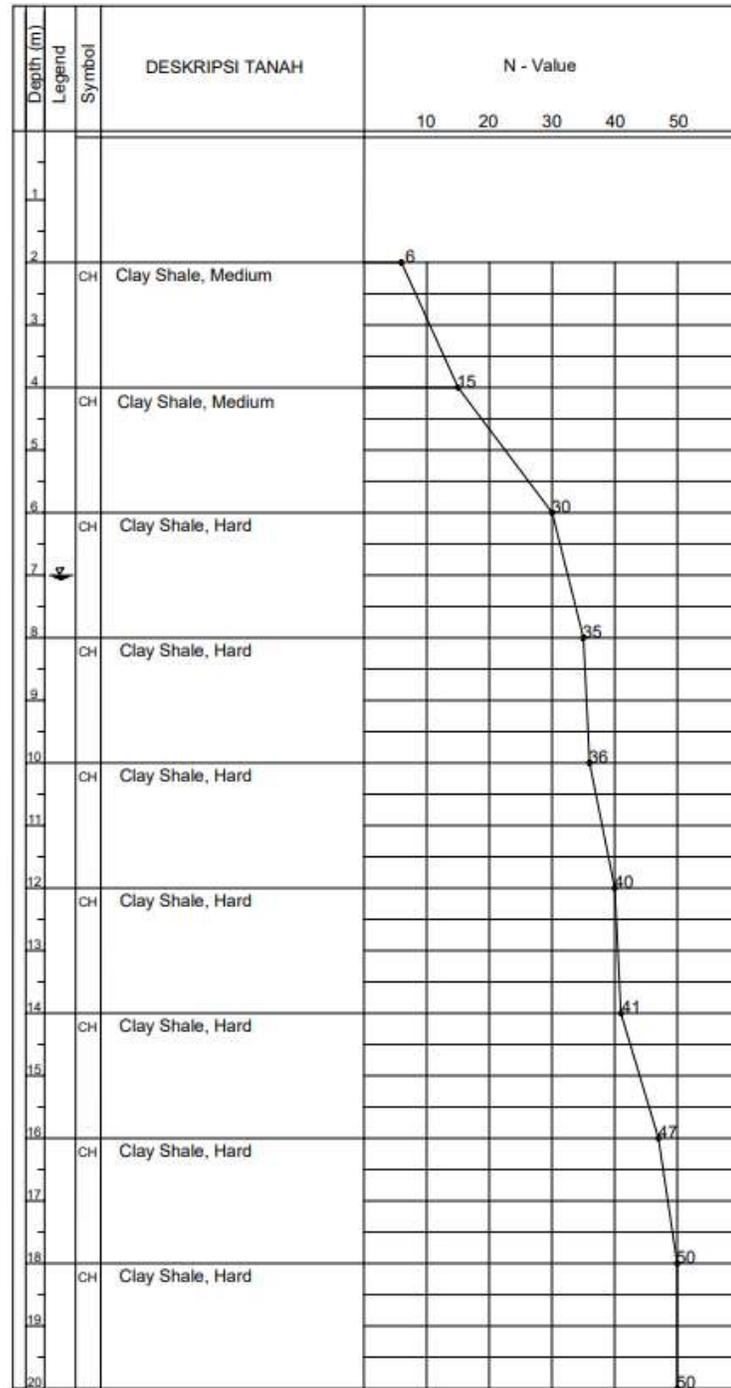
Pada Gambar 5 terdapat gambar diagram alur penelitian yang



Gambar 5 Diagram Alir Penelitian

### 3. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Data tanah yang digunakan merupakan data tanah hasil buatan sendiri yang dilakukan untuk penelitian kali ini dengan 1 titik boring log pada Gambar 6:



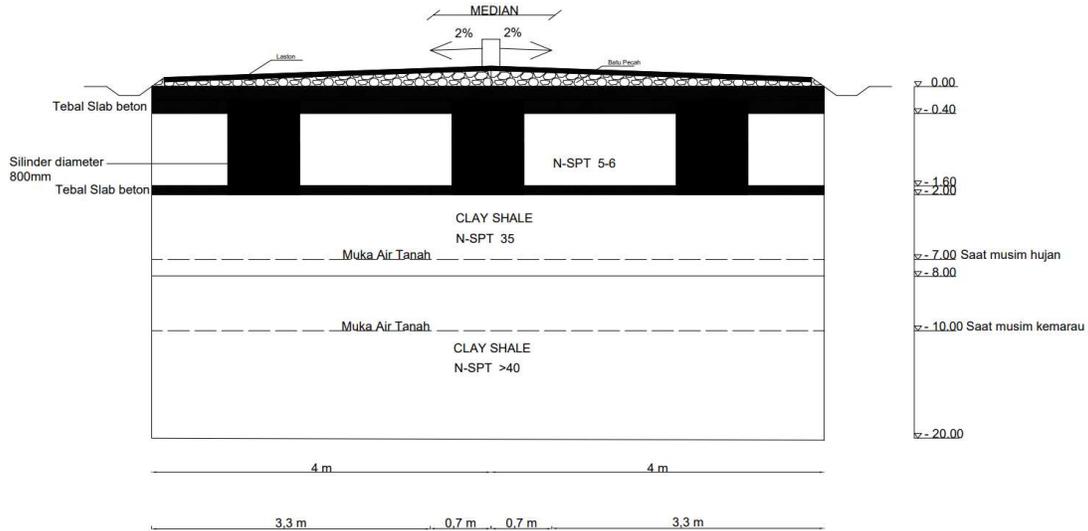
Gambar 6 Data Penyelidikan Tanah

Pada perhitungan parameter  $S_u$  adalah hal yang cukup penting karena *clayshale* dapat mengalami *strength reduction effect* saat pelaksanaan konstruksi, maka dari itu  $S_u$  digunakan parameter *Terzaghi* 6 N untuk mengantisipasi kegagalan tiang yang disebabkan oleh *clayshale* (Irsyam et al, 2010).

Muka air tanah juga sangat berpengaruh terhadap kestabilan fondasi yang berada di atas tanah *clayshale*. Berdasarkan data boring log dapat dilihat bahwa saat musim kemarau MAT berada di kedalaman 10 m, sedangkan saat musim penghujan MAT berada di kedalaman 7 m. Sehingga perlu dipertimbangkan untuk menghitung nilai daya dukung yang akan tergedasi hingga 50%. Pada penelitian kali ini akan dilakukan penurunan NSPT 35%, 40%, 50% sehingga dapat mencegah saat dilapangan terjadi penurunan NSPT secara mendadak.

**Dimensi Fondasi dan Desain Jalan Raya**

Pada Gambar 7 merupakan dimensi fondasi dangkal yang digunakan pada penelitian kali ini.



Gambar 7 Dimensi Fondasi

**Analisis Daya Dukung Fondasi Dangkal**

Pada Tabel 1 merupakan kesimpulan dari nilai daya dukung normal yang belum di degradasi dan parameter yang digunakan.

Tabel 1 Kesimpulan Nilai Parameter yang Digunakan

Elevati on (m)	Dep th (m)	Consist ency and Type of Soil	NSPT (blows/feet)	$\gamma_{sat}$ (kN/m <sup>3</sup> )	S u (kN)	C' (kPa)	$\gamma_{eff}$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\sigma_z'$ (kPa)	$\sigma\sigma'$ (kPa)	$\alpha$	Qall (Ton)	Qu (Ton)
	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	4	3 Medium CLAY SHALE	25	22	150	30	22	66	33	0,253	216,48	72,160
4	6	5 Medium CLAY SHALE	30	22	180	36	22	110	88	0,362	290,576	96,859
6	8	7 Medium CLAY SHALE	35	22	210	42	12,19	134,38	122,19	0,392	345,052	115,017
8	10	9 Medium CLAY SHALE	36	22	216	43,2	12,19	158,76	146,57	0,420	375,451	125,150

Elevation (m)	Depth (m)	Consistency and Type of Soil	NSPT (blows/feet)	$\gamma_{sat}$ (kN/m <sup>3</sup> )	Su (kN)	C' (kPa)	$\gamma_{eff}$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\sigma_z'$ (kPa)	$\sigma_o'$ (kPa)	$\alpha$	Qall (Ton)	Qu (Ton)	
10	12	11	Medium CLAY SHALE	40	22	240	48	12,19	183,14	170,95	0,429	423,908	141,303
12	14	13	Medium CLAY SHALE	41	22	246	49,2	12,19	207,52	195,33	0,451	454,307	151,436
14	16	15	Medium CLAY SHALE	47	22	282	56,4	12,19	231,9	219,71	0,447	514,802	171,601
16	18	17	Medium CLAY SHALE	50	22	300	60	12,19	256,28	244,09	0,456	557,240	185,747
18	20	19	Medium CLAY SHALE	50	22	300	60	12,19	280,66	268,47	0,476	581,620	193,873

Nilai parameter yang digunakan untuk menghitung daya dukung fondasi dangkal adalah sebagai berikut:

1. Nilai Unit Weight Saturasi ( $\gamma_{sat}$ )

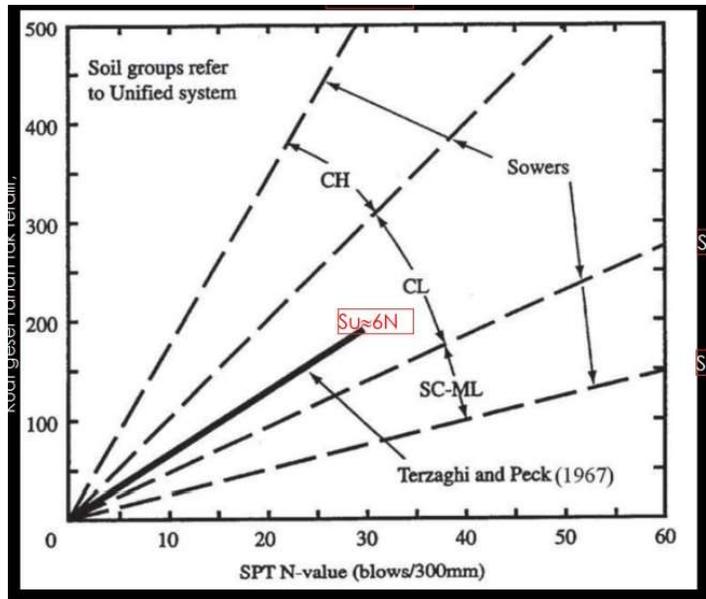
Pada Gambar 8 merupakan tabel korelasi nilai NSPT dengan  $\gamma_{sat}$  yang digunakan.

NSPT (blows/ft)	Konsistensi	$q_u$ (Unconfined Compressive Strength) tons / ft <sup>2</sup>	$\gamma_{sat}$ kN/ m <sup>3</sup>
< 2	Very soft	< 0,25	16 – 19
2 – 4	Soft	0,25 – 0,50	16 – 19
4 – 8	Medium	0,50 – 1,00	17 – 20
8 – 15	Stiff	1,00 – 2,00	19 – 22
15 – 30	Very stiff	2,00 – 4,00	19 – 22
> 30	Hard	> 4,00	19 – 22

Gambar 8 Tabel Korelasi NSPT dengan  $\gamma_{sat}$

2. Nilai Shear Strength (Su)

Pada Gambar 9 merupakan nilai parameter *shear strength* yang digunakan.



Gambar 9 Grafik Korelasi NSPT dengan Kuat Geser (Das & Sobhan, 2012)

3. Nilai Kohesi ( $c'$ )

Dapat digunakan rumus  $c' = 0.2 \times Su$

4. Tegangan Awal ( $\sigma'$ )

$$\sigma' = \sigma_z' \text{ (sebelum + sesudah)} / 2$$

5. Kemiringan Beban Pada Fondasi ( $\alpha$ )

$$\alpha = 0,5 \times (\sigma' / Su) ^{0,45}$$

Tabel 2 Kesimpulan perbandingan Daya Dukung dan Beban Luar

Elevation (m)	Depth (m)	Qu (Ton)	35%	40%	50%	Beban Luar	CEK	
			Qu (Ton)	Qu (Ton)	Qu (Ton)			
	0	0,000	0,000	0,000	0,000			
2	4	3	72,160	52,109	49,096	44,083	36,050	OK
4	6	5	96,859	72,795	69,782	62,763	36,050	OK
6	8	7	115,017	86,940	83,928	76,908	36,050	OK
8	10	9	125,150	97,074	94,061	85,035	36,050	OK
10	12	11	141,303	109,213	106,200	97,175	36,050	OK
12	14	13	151,436	119,346	116,333	107,308	36,050	OK
14	16	15	171,601	135,498	132,486	121,454	36,050	OK
16	18	17	185,747	147,638	142,619	131,587	36,050	OK
18	20	19	193,873	155,764	150,745	139,713	36,050	OK

Analisis daya dukung berdasarkan rumus empiric dari SPT dengan parameter tanah *clayshale* dapat dilihat pada Tabel 2 yaitu dengan membandingkan nilai NSPT yang didegradasi bervariasi yaitu dari 35%, 40%, dan 50%. Untuk pengambilan nilai degradasi SPT sebesar 50% ditentukan oleh Prof. Ir. Chaidir Anwar Makarim. Dapat dilihat pada tabel di atas bahwa daya dukung pada kedalaman 2 m adalah 72,16 Ton yang dibandingkan dengan beban luar total sebesar 36,05 Ton. Berdasarkan dari nilai daya dukung tersebut sudah lebih besar dari beban luar yang ada.

Tetapi untuk mengantisipasi adanya penurunan daya dukung sehingga diperhitungkan penurunan NSPT 35% yaitu mendapatkan 52,109 Ton pada kedalaman 2 m, lalu NSPT 40% mendapatkan 49,096 Ton, dan NSPT 50% mendapatkan 44.083 Ton. Setelah mendapatkan nilai daya dukung yang NSPT di degradasi lalu dibandingkan lagi dengan beban luar sebesar 36.050 Ton. Nilai daya dukung ternyata masih lebih besar dari beban luar sehingga fondasi dapat digunakan.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari analisis yang dilakukan pada penelitian ini, penulis menemukan beberapa kesimpulan yang disajikan sebagai berikut:

1. Beban kendaraan yang digunakan untuk kendaraan yaitu beban merata 10 Ton/m.
2. Semakin besar bentang, tebal jalan yang tebal, dan juga beban kendaraan yang berat maka diameter silinder juga harus semakin besar.
3. Daya dukung yang didapat dari hasil perhitungan pada lapisan clayshale sedalam 2 m adalah 72.160 Ton.
4. Daya dukung setelah NSPT didegradasi sebesar 35%, 40%, 50% adalah sebesar 52.109 Ton, 49.096 Ton, 44.083 Ton pada kedalaman 2m.
5. Dengan adanya penurunan NSPT yang dilakukan saat desain maka dapat mencegah terjadinya kegagalan pada daya dukung fondasi saat tanah clayshale mengalami penurunan NSPT secara tiba-tiba dari 1% hingga 50%.

#### 5. SARAN

1. Data yang digunakan kurang lengkap sebaiknya digunakan juga data lab agar lebih akurat dalam perhitungan.
2. Perhitungan juga sebaiknya disertakan perhitungan penurunan (*settlement*).
3. Menghitung daya dukung dan penurunan dapat dilakukan dengan dimodelkan di program seperti midas gts agar dapat dicocokkan dengan perhitungan manual.
4. Jika ingin lebih akurat maka dapat memperhitungkan beban lateral dan juga gempa untuk pengecekannya.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Coduto, D. P. (2001). *Foundation Design Principles And Practices*. New Jersey: Prentice Hall.
- Das, B. M., & Sobhan, K. (2012). *Principles Of Geotechnical Engineering*. Stamford: Christopher M.Shortt.
- Das, B. M., Endah, N., & Mochtar, I. B. (1985). *Mekanika Tanah Jilid 2*.
- Dharmayasa, I. N. (2014). Analisis Daya Dukung Pondasi Dangkal Pada Tanah Lunak Di Daerah Dengan Muka Air Tanah Dangkal (Studi Kasus Pada Daerah Suwung Kauh). *Issn: 2303-2693*, 23.
- Irsyam, M., Susila, E., & Himawan, A. (2010). Slope Failure Of An Embankment On Clay Shale At Km 97+500 Of The Cipularang Toll Road And The Selected Solution. 10.
- Matthew, C., & Makarim, C. A. (2020). Analisis Timbunan Di Atas Lapisan Tanah Gambut Dengan Metode Preloading Di Kalimantan Tengah. *Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 14.
- Mitchell, J. K., & Soga, K. (2005). *Fundamentals Of Soil Behavior*. England: John Wiley & Sons, Inc.
- Soetojo, M. (2009). *Teknik Pondasi Pada Lapisan Batuan*. Surabaya: Itspress.
- White, D. J., & Cassidy, M. (2010). Analysis Of Soil Strength Degradation During Episodes Of Cyclic Loading, Illustrated By The T-Bar Penetration Test. *Hodder White Cassidy*, 8.

