

# Perencanaan Jalan Tol Semarang - Demak Di Bagian Yang Berada Di Atas Tanah Lunak

Bagus Wibowo<sup>1</sup>, Bayu Ardian Khoirudin<sup>2</sup>, Gatot Rusbintardjo<sup>3</sup>, Abdul Rochim<sup>4</sup>

<sup>1, 2, 3, 4</sup> Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang

<sup>1, 2, 3, 4</sup> Jl. Kaligawe Raya No. KM 4, Terboyo Kulon, Kec. Genuk, Kota Semarang, Jawa Tengah 50112

<sup>1</sup> [wibowobagus718@gmail.com](mailto:wibowobagus718@gmail.com)

**Abstrak** – Jalan adalah prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi lalu lintas. Meningkatnya jumlah kendaraan menyebabkan kemacetan di sejumlah ruas jalan termasuk jalan Semarang-Demak, untuk mengatasi kemacetan tersebut pemerintah membangun jalan Tol Semarang-Demak, mengingat konstruksi jalan Tol berada di daerah tanah lunak, maka diperlukan perkuatan tanah di bawahnya. Perhitungan struktur perkerasan menggunakan metode AASHTO 1993 sedangkan perhitungan daya dukung tiang menggunakan metode Meyerhof, serta analisis penurunan menggunakan Plaxis. Perencanaan dimulai dengan mengumpulkan data volume lalu lintas harian rata-rata tahun 2019 pada ruas jalan Semarang-Demak dari Direktorat Jenderal Bina Marga Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional Jawa Tengah-DIY, dan data tanah dari Laboratorium Mekanika Tanah UNISSULA. Hasil perhitungan struktur perkerasan jalan adalah tebal lapis fondasi bawah 25 cm, lapis fondasi atas 20 cm, dan lapis permukaan 30 cm. Sedangkan hasil perkuatan tanah lunak adalah menggunakan tiang pancang berdiameter 30 cm sedalam 40 m. Penurunan selama umur rencana jalan yaitu, untuk tanah yang tidak diberikan perkuatan mengalami penurunan sebesar 15,30 cm sedangkan untuk tanah yang diberikan perkuatan berupa tiang pancang mengalami penurunan sebesar 0,39 cm. Dapat disimpulkan bahwa perkerasan jalan lentur dapat dibangun di atas tanah lunak yang diperkuat dengan tiang pancang sedalam 40 m.

**Kata kunci:** Jalan Tol, Tanah lunak, Perkuatan, Tiang pancang, Kuat

**Abstract** – Roads are land transportation infrastructure that includes all parts of the road, including complementary buildings and equipment intended for traffic. The increasing number of vehicles causes congestion on a number of roads including the Semarang-Demak road. To overcome this congestion, the government builds the Semarang-Demak Toll Road. Calculation of the pavement structure using the 1993 AASHTO method, while the calculation of the pile bearing capacity using the Meyerhof method, and settlement analysis using Plaxis. Planning begins by collecting data on the average daily traffic volume in 2019 on the Semarang-Demak road section from the Directorate General of Highways of the Central Java-DIY National Road Implementation Center, and soil data from the UNISSULA Soil Mechanics Laboratory. The results of the calculation of the road pavement structure are the thickness of the bottom layer of 25 cm, the top layer of foundation 20 cm, and the surface layer of 30 cm. Meanwhile, the result of soft soil reinforcement is using piles with a diameter of 30 cm and a depth of 40 m. The decrease during the design life of the road, that is, for unreinforced soil, it decreased by 15.30 cm, while for soil that was given reinforcement in the form of piles, it decreased by 0.39 cm. It can be concluded that flexible road pavement can be built on soft soil reinforced with 40 m deep piles.

**Key words:** Toll road, Soft soil, Reinforcement, Pile, Strong

## I. PENDAHULUAN

Jalan adalah prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi lalu lintas [1]. Meningkatnya jumlah kendaraan menyebabkan kemacetan di sejumlah ruas jalan termasuk jalan Semarang-Demak, untuk mengatasi kemacetan tersebut pemerintah membangun jalan Tol Semarang-Demak, mengingat konstruksi jalan Tol berada di daerah tanah lunak.

Terdapat beberapa jenis tanah lunak, seperti tanah lempung, tanah lanau, dan tanah gambut. Dalam tugas akhir ini dibatasi dengan jenis tanah lunak lempung. Perkerasan jalan yang direncanakan adalah perkerasan jalan lentur dengan menggunakan metode AASHTO 1993, sedangkan untuk penurunan tanah lunak dihitung menggunakan bantuan program Plaxis versi 8.6. Maka direncanakan konstruksi jalan Tol di atas tanah lunak dan merencanakan perkuatan tanah lunak menggunakan tiang pancang.

Hasil perhitungan dan analisis dapat digunakan sebagai acuan untuk perencanaan konstruksi perkerasan jalan di atas tanah lunak.

## II. TINJAUAN PUSTAKA/ LANDASAN TEORI

## A. Perencanaan Perkerasan Jalan Lentur Metode AASHTO 1993

Menurut Metode AASHTO (*American Association of State Highway & Transportation Official*) 1993, Prosedur perencanaan tebal perkerasan jalan lentur sebagai berikut [2]:

### a. Lalu Lintas

Prosedur AASHTO adalah membuat konversi semua jenis kendaraan terhadap beban sumbu standar atau ESAL (Equivalent Single Axle Load) yang pada umumnya digunakan beban standar sumbu tunggal 18-kip. Untuk kebutuhan ini, diperlukan nilai Faktor Ekuivalen Beban Sumbu (Axle Load Equivalency Factors) yang telah disediakan oleh AASHTO, yang terdiri dari Axle Load, pt (2,0 - 3,0), dan SN.

Faktor distribusi arah :  $D_D = 0,3 - 0,7$  dan umumnya diambil 0,5

Faktor distribusi lajur ( $D_L$ ), mengacu pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Faktor distribusi lajur ( $D_L$ ) [2]

Jumlah lajur setiap arah	$D_L$ (%)
1	100
2	80 - 100
3	60 - 80
4	60 - 75

### b. Tanah Dasar

Data tanah yang menjadi parameter perhitungan tebal perkerasan lentur adalah resilient modulus ( $M_R$ ). Resilient modulus adalah salah satu uji kekakuan material tanah dasar. Apabila tidak memiliki alat uji resilient modulus (triaxial), terdapat formula pendekatan nilai resilient modulus yang menunjukkan hubungan CBR dengan MR, yaitu:  $M_R = 1500 \times CBR$  (psi) (1)

### c. Reliabilitas (*Reliability, R*)

Reliabilitas menyatakan tingkat kemungkinan perkerasan yang dirancang tetap memuaskan selama masa pelayan. Nilai Reliabilitas (R) untuk perancangan berbagai klasifikasi jalan ditunjukkan dalam Tabel 2 dan Nilai  $Z_R$  sehubungan dengan R ditunjukkan dalam Tabel 3 Standar deviasi ( $S_0$ ) berguna untuk memperhitungkan kemungkinan adanya perbedaan prediksi lalu lintas dengan kinerja perkerasan.

**Tabel 2.** Reliability (R) [2]

Klasifikasi jalan	Reliability : R (%)	
	Urban	Rural
Jalan Tol	90 - 99,9	85 - 99,9
Utama	85 - 99	80 - 95
Arteri	80 - 99	75 - 95
Kolektor	80 - 95	75 - 95
Lokal	50 - 80	50 - 80

Standar deviasi ( $S_0$ ) keseluruhan dipilih sesuai dengan kondisi lokal, AASHTO (1993) menyarankan untuk perkerasan lentur  $S_0$  di antara 0,40 - 0,50 dan disarankan dalam AASHTO (1993) untuk perkerasan lentur  $S_0 = 0,45$ .

**Tabel 3.** Standard normal deviation ( $Z_R$ ) [2]

Reliabilitas, R (%)	Standard Normal Deviate $Z_R$
50	- 0,000
60	- 0,253
70	- 0,524
75	- 0,674
80	- 0,841
85	- 1,037
90	- 1,282
91	- 1,340
92	- 1,405
93	- 1,476
94	- 1,555
95	- 1,645
96	- 1,751
97	- 1,881
98	- 2,054
99	- 2,327
99,9	- 3,090
99,99	- 3,750

### d. Serviceability

Nilai kemampuan pelayanan awal disebut dengan  $P_0$ , untuk perkerasan lentur,  $p_0 = 4,2$  dan nilai kemampuan pelayanan akhir disebut dengan  $P_t$  di mana nilai  $p_t = 2,5$  untuk jalan utama dan nilai  $p_t = 2,0$  untuk volume lalu lintas rendah.

Mencari nilai kehilangan kemampuan pelayanan total (total loss of serviceability) menggunakan rumus:

$$\Delta PSI = p_0 - p_t \tag{2}$$

**Tabel 4.** Terminal serviceability index ( $p_t$ ) [2]

$P_t$	Percent of people stating unacceptable
3,0	12
2,5	55
2,0	85

**e. Kualitas Drainase**

Untuk jalan tol dipilih mutu drainase baik dan jalan bukan jalan tol dipilih mutu drainase sedang.

**Tabel 5.** Kualitas drainase [2]

Kualitas drainase	Air tersingkir dalam waktu
Sempurna	2 jam
Baik	1 hari
Sedang	1 minggu
Buruk	1 bulan
Sangat buruk	Air tidak mengalir

**f. Koefisien Drainase (m)**

Penentuan koefisien drainase dipengaruhi oleh kualitas drainase yang ditunjukkan Tabel 5. dan nilai-nilai koefisien drainase ditunjukkan dalam Tabel 6.

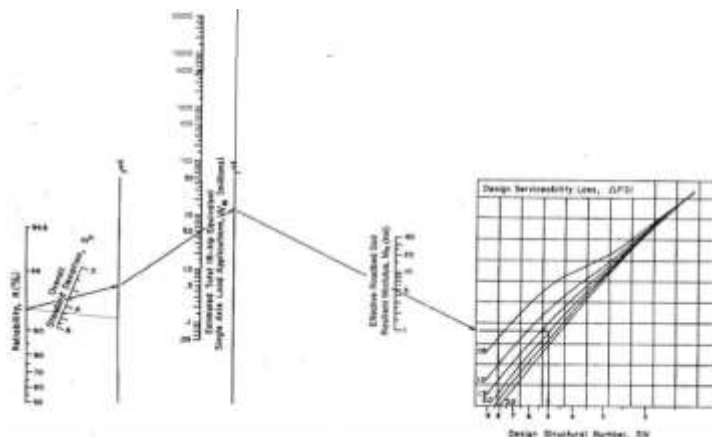
**Tabel 6.** Koefisien drainase atau koefisien modifikasi kekuatan lapisan (m) akibat pengaruh kualitas drainase untuk perancangan perkerasan lentur [2]

Kualitas drainase	Persen waktu struktur perkerasan terkena air hingga tingkat kelembabannya mendekati jenuh air (P) :			
	< 1 %	1 – 5 %	5 – 25 %	> 25 %
Sempurna	1,40 - 1,35	1,35 - 1,30	1,30 - 1,20	1,20
Baik	1,35 - 1,25	1,30 - 1,15	1,20 - 1,00	1,00
Sedang	1,25 - 1,15	1,15 - 1,05	1,00 - 0,80	0,80
Buruk	1,15 - 1,05	1,05 - 0,80	0,80 - 0,60	0,60
Sangat Buruk	1,05 - 0,95	0,80 - 0,75	0,75 - 0,4	0,40

**g. Structural Number (SN)**

Penentuan nilai SN dengan menggunakan nomogram yang ditunjukkan pada Gambar 1. yang diperlukan untuk kondisi tertentu, meliputi:

- 1) Perhitungan lalu lintas  $W_{8,16}$
- 2) Reliability, R
- 3) Standar deviasi  $S_0$
- 4) Resilient Modulus  $M_R$
- 5) Serviceability loss,  $\Delta PSI = P_0 - P_t$



**Gambar 1.** Nomogram penentuan nilai SN untuk perkerasan lentur [2]

**h. Penentuan Tebal Lapis Perkerasan Lentur**

Setelah nilai structural number (SN) ditentukan, maka perlu dilakukan perhitungan penentuan ketebalan lapisan perkerasan yang jika digabungkan akan memberikan daya dukung beban yang sesuai dengan SN desain. Persamaan berikut merupakan dasar untuk mengubah SN menjadi ketebalan aktual lapis permukaan, *base* dan *subbase*:

$$SN = a_1D_1 + a_2D_2m_2 + a_3D_3m_3 \tag{3}$$

di mana:

- $D_1$  = tebal lapis permukaan (in.)
- $D_2$  = tebal lapis pondasi (in.)
- $D_3$  = tebal lapis pondasi bawah (in.)
- $m_2$  = koefisien drainase untuk lapis pondasi
- $m_3$  = koefisien drainase untuk lapis pondasi bawah
- $a_1, a_2, a_3$  = berturut-turut koefisien lapisan untuk lapis permukaan, lapis pondasi, dan lapis pondasi bawah

Nilai tebal minimum lapis beraspal dan lapis pondasi ditunjukkan dalam Tabel 7.

**Tabel 7.** Lapis Perkerasan Minimum (inch) [2]

Lalu lintas, ESAL	Beton Aspal ( $a_1$ )	Pondasi Agregat ( $a_2$ )
Kurang dari 50.000	1	4
50.001 - 150.000	2	4
150.001 - 500.000	2,5	4
500.001 - 2.000.000	3	6
2.000.001 - 7.000.000	3,5	6
Lebih dari 7.000.000	4	6

Untuk menentukan tebal lapis perkerasan dapat menggunakan pendekatan analisis berlapis dengan persamaan rumus sebagai berikut:

a) Perhitungan lapis permukaan

$$D_1 = \frac{SN_1}{a_1} \tag{4}$$

dengan  $SN_1$  = structural number untuk lapis permukaan

b) Perhitungan lapis pondasi atas

$$D_2 = \frac{SN_2 - SN^*_1}{a_2.m_2} \tag{5}$$

dengan  $SN_2$  = structural number yang dibutuhkan untuk lapis pondasi dan lapis permukaan

c) Perhitungan lapis pondasi bawah

$$D_3 = \frac{SN_3 - (SN^*_1 + SN^*_2)}{a_3.m_3} \tag{6}$$

dengan  $SN_3$  = structural number yang dibutuhkan untuk lapis pondasi bawah, lapis pondasi atas, dan lapis permukaan.

Syarat tebal masing-masing lapisan adalah sebagai berikut:

a) Lapis Permukaan

$$D^*_1 \geq \frac{SN_1}{a_1} \tag{7}$$

$$SN^*_1 = a_1D_1 \geq SN_1 \tag{8}$$

b) Lapis Pondasi Atas

$$D^*_2 \geq \frac{SN_2 - SN_1}{a_2.m_2} \tag{9}$$

$$SN^*_1 + SN^*_2 \geq SN_2 \tag{10}$$

c) Lapis Pondasi Bawah

$$D^*_3 \geq \frac{SN_3 - (SN^*_1 + SN^*_2)}{a_3.m_3} \tag{11}$$

Tanda \* pada persamaan di atas menunjukkan bahwa nilai yang digunakan harus sama atau lebih besar daripada nilai yang disyaratkan dari SN.

**B. Perencanaan Tinggi Lapis Timbunan**

Untuk menghitung tebal lapis timbunan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$H_R = \frac{q}{\gamma \text{ timbunan}} \tag{12}$$

di mana,

- $H_R$  = Tinggi timbunan rencana (m)
- $q$  = Beban rencana ( $t/m^2$ )
- $\gamma$  timbunan = Berat jenis tanah timbunan ( $t/m^3$ )

### C. Pemakaian Tiang Untuk Penanganan Tanah Lunak

Floating Pile merupakan jenis pondasi tiang yang dipancang secara keseluruhan di dalam tanah lempung lunak, sehingga sebagian besar beban ditahan oleh tahanan gesek dinding tiang. Pondasi ini umumnya dipancang secara berkelompok ke dalam tanah lunak dan kapasitasnya dipengaruhi oleh salah satu faktor (Hardiyatmo, 2001) [3] dari:

1. jumlah kapasitas tiang tunggal dalam kelompok tiang, bila jarak tiang lebar,
2. tahanan gesek tiang yang dikembangkan oleh gesekan antara bagian luar kelompok tiang dengan tanah di sekelilingnya, jika jarak tiang terlalu dekat.

Pemakaian cerucuk bertujuan untuk: [4]

1. Meningkatkan daya dukung tanah
2. Mengurangi terjadinya penurunan pondasi
3. Menghindari terjadinya gelinciran, karena cerucuk dapat menahan gaya geser lebih besar daripada tanah

Dalam penelitian purnomo (1990) [5] mengenai penggunaan cerucuk sebagai lapisan perkuatan tanah lempung dan lanau, menunjukkan daya dukung tanah lempung dan lanau semakin meningkat dengan semakin bertambahnya jumlah cerucuk. Semakin besar diameter dan panjang cerucuk secara keseluruhan memberikan peningkatan daya dukung tanah (Suroso dkk, 2008) [4].

### D. Program Plaxis Versi 8.6

Program Plaxis digunakan untuk mengetahui berapa hasil penurunan yang terjadi. Dalam program Plaxis tersedia analisa teknis mengenai deformasi dan tegangan yang terjadi pada tanah.

Parameter tanah yang digunakan pada program Plaxis 8.6 adalah [6]:

- 1) Berat volume tanah kering ( $\gamma_{unsat}$ )
- 2) Berat volume tanah basah ( $\gamma_{sat}$ )
- 3) Permeabilitas arah horizontal ( $k_x$ )
- 4) Permeabilitas arah vertikal ( $k_y$ )
- 5) Modulus Elastisitas ( $E_{ref}$ )
- 6) Poisson Ratio ( $\nu$ )
- 7) Kohesi ( $c$ )
- 8) Sudut Geser ( $\phi$ )
- 9) Sudut Dilatasi ( $\psi$ )

Plaxis 8.6 terdiri dari 4 program yaitu:

- 1) *Input* program
- 2) *Calculation* program
- 3) *Output* program
- 4) *Curve* program

## III. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan untuk perencanaan perkerasan jalan menggunakan metode AASHTO 1993, perhitungan daya dukung tiang menggunakan metode Mayerhof dan perhitungan penurunan dilakukan dengan bantuan program Plaxis. Data yang digunakan berasal dari Kementerian PUPR Direktorat Jenderal Bina Marga Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional Jawa Tengah – DIY dan Laboratorium Mekanika Tanah UNISSULA.

Analisis perencanaan perkerasan jalan memiliki tahapan yang dilaksanakan seperti berikut:

1. Perhitungan Lalu-lintas harian rata-rata awal
2. Perhitungan ESAL rencana
3. Perhitungan Structural Number
4. Perhitungan Tebal Lapis Perkerasan

Analisis perencanaan pondasi tiang pancang dilaksanakan seperti berikut:

1. Perhitungan daya dukung izin tiang pancang
2. Perhitungan jumlah tiang dalam kelompok tiang
3. Perhitungan efisiensi kelompok tiang

Analisis penurunan menggunakan program Plaxis dilaksanakan seperti berikut:

1. Membuat permodelan geometri penampang
2. Memasukkan parameter bahan dan muka air tanah
3. Memasukkan beban
4. Perhitungan analisis plastis, konsolidasi, dan reduksi phi-c

#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### A. Perhitungan Perkerasan Jalan Lentur Metode AASHTO 1993

Menurut Metode AASHTO (*American Association of State Highway & Transportation Official*) 1993, Prosedur perencanaan tebal perkerasan jalan lentur sebagai berikut:

1. Beban Lalu Lintas  
Beban lalu lintas berupa nilai ESAL pada lajur rencana ( $w_{18}$ ) selama umur rencana. Didapatkan nilai sebesar  $241,347 \times 10^6 - 8.16$  ton ESAL untuk 15 tahun.
2. *Reliability* (R), nilai R untuk jalan bebas hambatan adalah 95%.
3. Deviasi standar ( $S_0$ ), nilai  $S_0$  untuk perkerasan lentur adalah 0,45.
4. *Serviceability*,  $\Delta PSI = p_0 - p_t = 4,2 - 2,5 = 1,7$
5. Modulus Resilient ( $M_R$ ),  $M_R = 1500 \times CBR = 1500 \times 5 = 7500$  psi
6. Koefisien kekuatan relative bahan (a)
  - $E_{AC} = 500.000$  psi;  
 $a_1 = 0,46$
  - $E_{BS} = 30.000$  psi;  
 $a_2 = 0,14$
  - $E_{SB} = 15.000$  psi;  
 $a_3 = 0,11$
7. Koefisien drainase (m) adalah 1,25
8. Perhitungan nilai SN (*Structural Number*)  
Perhitungan nilai SN menggunakan nomogram, didapatkan nilai  $SN_1 = 5,1$ ,  $SN_2 = 6,6$ ,  $SN_3 = 8,1$ .
9. Perhitungan tebal lapis perkerasan
  - Lapis permukaan  
 $D^*_1 = SN_1/a_1 = 5,1/0,46 = 11,09$  inci  $\infty$  12 inci = 30 cm  
 $SN^*_1 = a_1 \cdot D^*_1 = 0,46 \times 12 = 5,52$
  - Lapis Fondasi Atas  
 $D^*_2 = (SN_2 - SN^*_1) / (a_2 \cdot m_2)$   
 $= (6,6 - 5,52) / (0,14 \times 1,25) = 1,08 / 0,175$   
 $= 6,17$  inci  $\infty$  7 inci = 20 cm  
 $SN^*_2 = a_2 \times D^*_2 \times m_2 = 0,14 \times 7 \times 1,25 = 1,23$
  - Lapis Fondasi Bawah  
 $D^*_3 = (SN_3 - (SN^*_1 + SN^*_2)) / (a_3 \cdot m_2)$   
 $= (8,1 - (5,52 + 1,23)) / (0,11 \times 1,25)$   
 $= 1,35 / 0,14 = 9,64$  inci  $\infty$  10 inci = 25 cm

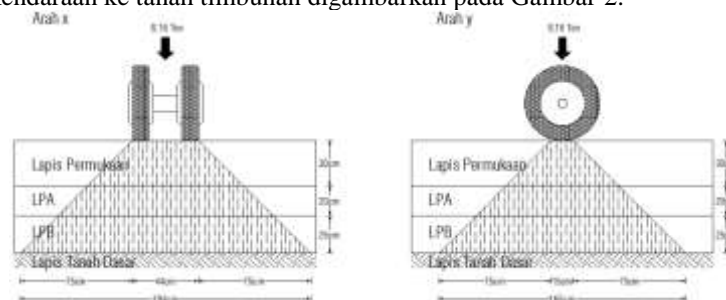
##### B. Perhitungan Tinggi Lapis Timbunan

Dalam menghitung tinggi lapis timbunan diperlukan data beban rencana di atas tanah timbunan sebagai berikut.

##### Beban di Atas Tanah Timbunan

1) Berat roda kendaraan = 8,16 ton

Distribusi beban roda kendaraan ke tanah timbunan digambarkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Distribusi beban roda kendaraan ke tanah dasar

- $P_0 = 8,16$  ton  
 $b_x = 1,94$  m  
 $b_y = 1,65$  m  
 Bidang kontak roda =  $1,94 \times 1,65 = 3,201$  m<sup>2</sup>  
 $P_1$  (beban distribusi roda) =  $8,16 / 3,201 = 2,549$  ton/m<sup>2</sup> = 25 kN/m<sup>2</sup>

- 2) Berat lapis permukaan = tebal x  $\gamma$  aspal =  $0,30 \times 2,33 \text{ t/m}^3 = 0,70 \text{ t/m}^2$   
 3) Berat lapis pondasi atas = tebal x  $\gamma$  batu pecah =  $0,20 \times 2,079 \text{ t/m}^3 = 0,42 \text{ t/m}^2$   
 4) Berat lapis pondasi bawah = tebal x  $\gamma$  batu pecah =  $0,25 \times 2,091 \text{ t/m}^3 = 0,52 \text{ t/m}^2$   
 Total beban diatas tanah timbunan =  $4,187 \text{ t/m}^2 = 41,058 \text{ kN/m}^2$

Maka tinggi lapis timbunan rencana dapat dihitung menggunakan persamaan (12) sebagai berikut:

$$q = 4,187 \text{ t/m}^2 \text{ (beban distribusi roda dan berat lapis perkerasan)}$$

$$\gamma_{\text{timb}} = 1,8 \text{ t/m}^3$$

$$H_R = \frac{q}{\gamma_{\text{timb}}}$$

$$= \frac{4,187 \text{ t/m}^2}{1,8 \text{ t/m}^3} = 2,3 \text{ m}$$

### C. Perhitungan Perkuatan Tanah Lunak Dengan Tiang Pancang

#### 1. Perhitungan daya dukung izin tiang

Analisis perhitungan daya dukung izin tiang berdasarkan data N-SPT pada kedalaman 2 m dibawah permukaan tanah.

Data-data:

$$D_{\text{tiang}} = 0,3 \text{ m}$$

$$A_p = 0,071 \text{ m}^2$$

$$N = 1$$

$$L_i = 2 \text{ m}$$

$$f_i = 1 \text{ t/m}^2$$

$$A_{\text{st}} = 2 \times 3,14 \times 0,15 = 0,942 \text{ m}$$

$$q_c = 20 \times N = 20 \times 1 = 20 \text{ t/m}^2$$

$$P_a = \frac{q_c \cdot A_p}{SF1} + \frac{\sum L_i \cdot f_i \cdot A_{\text{st}}}{SF2} = \frac{20 \cdot 0,071}{3} + \frac{2 \cdot 1 \cdot 0,942}{5} = 0,848 \text{ ton}$$

Perhitungan daya dukung tiang pancang berdasarkan data N-SPT pada setiap kedalaman disajikan pada Tabel 8.

**Tabel 8.** Daya dukung tiang pancang berdasarkan data N-SPT

Kedalaman (m)	Li (m)	N-SPT	qc (t/m <sup>2</sup> )	Ap (m <sup>2</sup> )	Ast (m)	fi (t/m <sup>2</sup> )	Li x fi (t/m)	$\sum$ Li x fi (t/m)	Pa (ton)
2	2	1	20	0,071	0,942	1	2	2	0,848
3	1	1	20	0,071	0,942	1	1	3	1,036
7	4	3	60	0,071	0,942	3	12	15	4,239
13	6	2	40	0,071	0,942	2	12	27	6,029
20	7	5	100	0,071	0,942	5	35	62	14,036
25	5	12	240	0,071	0,942	12	60	122	28,637
30	5	18	360	0,071	0,942	12	60	182	42,767
32	2	20	400	0,071	0,942	12	24	206	48,230
<b>40</b>	<b>8</b>	<b>29</b>	<b>580</b>	<b>0,071</b>	<b>0,942</b>	<b>12</b>	<b>96</b>	<b>302</b>	<b>70,556</b>

Didapatkan Pa berdasarkan N-SPT terbesar = 70,556 ton < Pa berdasarkan spesifikasi pabrikan = 72,6 ton, maka dalam perencanaan digunakan Pa terkecil = 70,556 ton.

#### 2. Perhitungan jumlah tiang dalam kelompok tiang

Data-data:

$$\text{Beban aksial} = 1706,115 \text{ kN}$$

$$\text{Berat Pile Cap} = B \times L \times h \times \gamma_{\text{beton}} = 2,2 \times 2,2 \times 0,5 \times 24 = 58 \text{ kN}$$

$$\text{Total beban vertikal } \sum V = 1706,115 + 58 = 1764,195 \text{ kN}$$

$$P_a = 70,556 \text{ ton} = 691,92 \text{ kN}$$

$$n_p = \sum V / P_a = 1764,195 / 691,92 = 2,55 \text{ maka digunakan 3 tiang}$$

#### 3. Perhitungan efisiensi kelompok tiang

Data-data:

$$\sum V = 1764,195 \text{ kN}$$

$$P_a = 70,556 \text{ ton} = 691,92 \text{ kN}$$

$$D_{\text{tiang}} = 0,3 \text{ m}$$

$$S_{\text{tiang}} = 1,2 \text{ m}$$

$$\theta = \text{arc tg } (D/S) = \text{arc tg } (0,3/1,2) = 14,036^\circ$$

$$m = 2 \text{ (jumlah baris tiang)}$$

$$n = 2 \text{ tiang (jumlah tiang dalam satu baris)}$$

Dihitung:

$$E_g = 1 - \theta \cdot \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90 \cdot m \cdot n}$$

$$= 1 - 14,036 \cdot \frac{(2-1) \cdot 2 + (2-1) \cdot 2}{90 \cdot 2 \cdot 2} = 0,961$$

$$P_{total} = E_g \times n_p \times Pa$$

$$= 0,961 \times 3 \times 691,92$$

$$= 1994,826 > \sum V = 1764,195 \text{ kN (aman)}$$

#### 4. Analisis penurunan dengan program Plaxis 8.6

Didapatkan total penurunan pada permodelan Plaxis sebagai berikut:

**Tabel 9.** Hasil Penurunan Pada Permodelan Plaxis

Kondisi	Waktu (hari)	Penurunan (cm)	SF
Tanpa Perkuatan Tanah	365	11,1	2,07
	7300	15,3	2,38
Dengan Perkuatan Tiang Pancang	365	0,390	9,76
	7300	0,391	9,73

## V. SIMPULAN

Dari hasil perhitungan dan pembahasan pada Bab IV dapat diambil kesimpulan yaitu:

1. Konstruksi perkerasan jalan lentur dapat menahan beban lalu lintas dan dibuat lapis timbunan dengan tebal 2,4 meter.
2. Perkuatan tanah dengan pondasi tiang pancang dengan diameter tiang 30 cm sedalam 40 meter mampu mengurangi penurunan pada tanah lunak saat dibebani konstruksi perkerasan jalan.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penyusunan Laporan Tugas Akhir ini dapat terwujud atas pertolongan Allah Tuhan Yang Maha Penolong dan atas bantuan serta dukungan beberapa pihak. Untuk itu penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Ir. H. Rachmat Mudiyo, MT., Ph.D selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
2. Bapak Muhammad Rusli Ahyar, ST., M.Eng, selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
3. Bapak Ir. Gatot Rusbintardjo, M.R.Eng, M.Sc., Ph.D dan Bapak Dr. Abdul Rochim, ST., MT., selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan pengarahan dan bimbingan dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir.
4. Kedua orang tua dan keluarga yang telah memberikan dukungan moral, finansial dan motivasi.
5. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu – persatu yang terlibat dan telah membantu penyusunan Laporan Tugas Akhir ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 38 tahun 2004 Tentang Jalan.
- [2] American Association Of State Highway & Transportation Official, *Design of Pavement Structures*, American Association Of State Highway & Transportation Official, 1993.
- [3] Suroso, Harimurti dan Meddy Harsono, Alternatif Perkuatan Tanah Lempung Lunak (Soft Clay) Menggunakan Cerucuk dengan Variasi Panjang dan Diameter Cerucuk, *Jurnal Rekayasa Sipil*, Volume 2, No. 1-2008 ISSN 1978-5658.
- [4] Hardiyatmo, H.C., *Teknik Fondasi II Edisi 1*, P.T. Gramedia Pustaka Utama, 2001.
- [5] Ramdhani, Arif, Tri Sulistyowati, dan Agung Prabowo, Pengaruh Penggunaan Cerucuk Dengan Pemasangan Secara Horizontal Terhadap Kuat Tekan Tanah Lempung Lunak, *Spektrum Sipil*, Vol. 6, 2019 No 2.
- [6] Hartandi, Ribut., Ari N, Ristiono, *Analisa Geoteknik Pada Proyek Pembangunan Ruas Jalan Trengguli-Jati Kabupaten Kudus, Laporan Tugas Akhir*, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik UNDIP, Semarang, 2009.