

## BAB VI

### PERHITUNGAN DAN PEMBAHASAN

#### 6.1 Data Pendukung

Sebelum perhitungan dilakukan maka terlebih dahulu harus diketahui data-data yang diperlukan pada perhitungan seperti : rencana tebal perkerasan, rencana tanah timbunan, rencana beban lalulintas, rencana dimensi tiang cerucuk dan hasil pemeriksaan tanah asli.

##### 6.1.1 Rencana Tebal Perkerasan

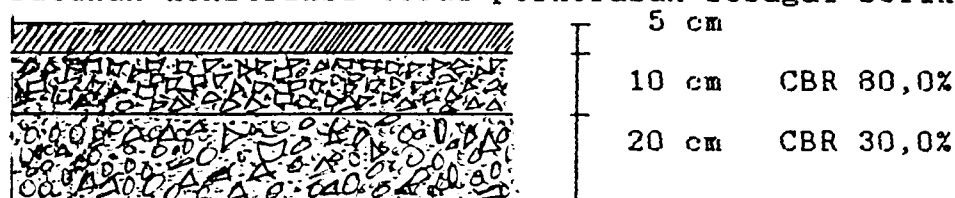
Berdasarkan informasi data dari Dinas P.U. Sampit, tentang perencanaan tebal perkerasan pada jalan Samudra-Ujung Pandaran, perancangan didasarkan pada penelitian laboratorium dan jenis lalulintas yang akan melewati/menggunakan jalan tersebut. Setelah diperhitungkan sesuai dengan ketentuan/persyaratan dan data pendukung, didapat rencana tebal masing-masing lapisan seperti pada tabel 6.1.

Tabel 6.1 Rencana Tebal Perkerasan

Permukaan	aspal beton	5 cm
Pondasi atas	batu pecah + laterit	10 cm
Pondasi bawah	batu pecah + laterit	20 cm

Sumber : Dinas P.U. Sampit

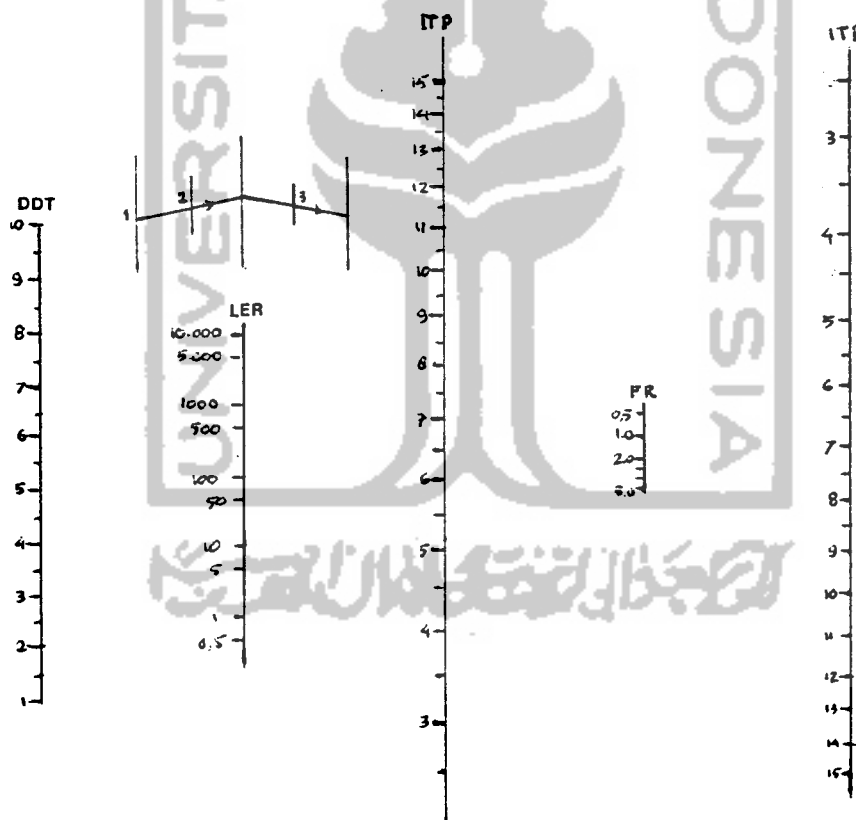
Susunan konstruksi tebal perkerasan sebagai berikut :



Gambar 6.1 Rencana Lapis Perkerasan

Penentuan tebal perkerasan menurut cara Bina Marga 1987 dilakukan dengan menggunakan nomogram. Adapun nomogram yang digunakan pada cara ini ada bermacam-macam sesuai dengan kombinasi besarnya Indeks Permukaan pada akhir umur rencana (IP) dan Indeks Permukaan pada awal umur rencana (IP<sub>0</sub>).

Untuk menentukan tebal perkerasan, pertama kali dicari nilai ITP dengan menggunakan nomogram yang terdapat pada gambar 6.2 berikut ini.



Gambar 6.2 Penggunaan Nomogram

Cara menggunakan nomogram tersebut adalah sebagai berikut :

- a. ditentukan IP dan IPo yang kita pergunakan karena nomogram-nomogram tersebut berlainan untuk IP dan IPo.
- b. diplotkan nilai DDT dan LER kedalam nomogram tersebut, kemudian tarik garis lurus dari DDT ke LER dan kita teruskan hingga memotong garis ITP.
- c. diplotkan besarnya faktor regional (FR).
- d. ditarik garis lurus dari nilai ITP ke titik FR kemudian diteruskan garis ini hingga memotong garis ITP. Pada titik potong inilah dibaca nilai ITP.

Setelah ITP kita peroleh, maka ketebalan perkerasan dapat kita hitung dengan rumus :

$$ITP = a_1D_1 + a_2D_2 + a_3D_3$$

$a_1, a_2, a_3$  = Koefisien kekuatan relatif bahan perkerasan dapat dilihat pada tabel 6.2.

$D_1, D_2, D_3$  = Tebal masing-masing lapis perkerasan (cm).

Angka 1, 2, 3 : masing-masing untuk lapis permukaan lapis pondasi atas dan lapis pondasi bawah.

Tabel 6.2. Koefisien Kekuatan Relatif (a)

Koef Kekuatan Relatif			Kekuatan Bahan			Jenis Bahan
a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>	MS (kg)	Kt (kg/cm)	CBR	
0,40	-	-	744	-	-	Laston
0,35	-	-	590	-	-	
0,32	-	-	454	-	-	
0,30	-	-	340	-	-	
0,35	-	-	744	-	-	Lasbutag
0,31	-	-	590	-	-	
0,28	-	-	454	-	-	
0,26	-	-	340	-	-	
0,30	-	-	340	-	-	HRA
0,26	-	-	340	-	-	Aspal Macadam
0,25	-	-	-	-	-	Lapen (mekanis)
0,2	-	-	-	-	-	Lapen (manual)
-	0,28	-	590	-	-	Laston Atas
-	0,26	-	454	-	-	
-	0,24	-	340	-	-	
-	0,23	-	-	-	-	Lapen (mekanis)
-	0,19	-	-	-	-	Lapen (manual)
-	0,15	-	-	-	-	Stabilitas tanah dengan semen
-	0,13	-	-	-	-	
-	0,15	-	-	22	-	Stabilitas tanah dengan kapur
-	0,13	-	-	18	-	
-	0,14	-	-	-	100	Batu pecah(kelas A)
-	0,13	-	-	-	80	Batu pecah(kelas B)
-	0,12	-	-	-	60	Batu pecah(kelas C)
-	-	0,13	-	-	70	Sirtu/pitrun(kelasA)
-	-	0,12	-	-	50	Sirtu/pitrun(kelasB)
-	-	0,11	-	-	30	Sirtu/pitrun(kelasC)
-	-	0,10	-	-	20	Tanah/lempung kepasiran

Sumber : Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya dengan Metoda Analisa Komponen (SNI No:1732-1989-F)

Ketentuan (batas-batas) yang perlu diketahui pada rencana tebal lapis perkerasan dapat dilihat pada tabel 6.3 dan 6.4

Tabel 6.3 Lapis Permukaan

ITP	Tebal min	Bahan
< 3	5,0 cm	Lapis pelindung (buras/burtu/burda)
3,00 - 6,70	5,0 cm	Lapen/aspal macadam, HRA, lasbutag, laston
6,71 - 7,49	7,5 cm	Lapen/aspal macadam, HRA, laston
7,50 - 9,99	7,5 cm	Lasbutag, laston
≥ 10,00	10,0 cm	Laston

Tabel 6.4 Lapis Pondasi

ITP	Tebal min	Bahan
< 3	15 cm	Batu pecah, stab.tanah dg semen/kapur
3,00 - 7,49	20 cm	Batu pecah, stab.tanah dg semen/kapur
	10 cm	Laston atas
7,50 - 9,99	20 cm	Batu pecah, stab.tanah dg semen/kapur pondasi macadam
	15 cm	Laston atas
10,00-12,14	20 cm	Batu pecah, stab.tanah dg semen/kapur pondasi macadam, lapen, laston atas
≥ 12,25	25 cm	Batu pecah, stab.tanah dg semen/kapur pondasi macadam, lapen, laston atas

Sumber : Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya dengan Metode Analisa Komponen (SNI No. 1732 - 1989 - F)

Untuk setiap nilai ITP bila digunakan lapis pondasi bawah, tebal minimum adalah 10 cm.

#### 6.1.2 Rencana Tebal Tanah Timbunan

Kekuatan dan keawetan konstruksi bergantung pada sifat-sifat dan daya dukung tanah dasar. Di dalam metode ini kekuatan tanah dasar dinyatakan dalam modulus dinamik (E3). Untuk memudahkan penentuan nilai modulus dinamik ini dapat digunakan grafik korelasi antara kekuatan subgrade

dengan unbound loyw. Berdasarkan percobaan yang dilakukan ternyata nilai modulus dinamik ( $N/m^2$ ) setara dengan  $10^7$  CBR. Tetapi untuk tanah plastis dengan nilai CBR yang rendah, nilai modulus dinamik setara dengan nilai  $2 \times 10^7$  CBR.

#### 1. CBR Segmen Jalan

Jalan dalam arah memanjang cukup panjang dibandingkan dengan jalan dalam arah melintang. Jalan tersebut dapat melintasi jenis tanah dan keadaan medan yang berbeda-beda. Kekuatan tanah dasar dapat bervariasi antara nilai yang baik dengan jelek. Dengan demikian tidak ekonomis jika perencanaan tebal lapisan perkerasan jalan berdasarkan nilai yang terjelek dan tidak memenuhi syarat jika berdasarkan pada nilai terbesar saja. Sebaiknya panjang jalan tersebut dibagi atas segmen-segmen jalan, setiap segmen mempunyai daya dukung yang hampir sama. Dengan demikian segmen jalan adalah bagian dari panjang jalan yang mempunyai daya dukung tanah, sifat tanah, dan keadaan lingkungan yang relatif sama. Setiap segmen mempunyai satu nilai CBR yang mewakili daya dukung tanah dasar dan dipergunakan untuk perancangan tebal lapis perkerasan dari segmen tersebut. Nilai CBR segmen dapat ditentukan dengan mempergunakan cara analitis atau dengan cara grafis.

#### 2. Faktor-faktor Yang Harus Diperhatikan Pada CBR Rencana

1. Pada perencanaan jalan baru, dimana tanah dasarnya adalah tanah galian, perencanaan tebal

perkerasan mempergunakan CBR yang diperoleh secara empiris dari hasil contoh tanah yang diambil dengan menggunakan bor tanah. Pengontrolan CBR yang diperoleh pada saat pelaksanaan dan hubungannya dengan tebal perkerasan rencana di atasnya harus diamati dengan teliti.

2. Pada perencanaan jalan baru, dimana tanah dasarnya merupakan tanah timbunan, perencanaan tebal perkerasan mempergunakan CBR yang diperoleh dari contoh tanah bakal tanah timbunan (borrow material).
3. Pada lokasi rencana jalan yang mempunyai intensitas hujan yang tinggi, perhatian terhadap drainasi harus ditingkatkan.
4. Banyaknya data dan ketelitian dari data yang diperoleh untuk suatu lokasi jalan mempengaruhi hasil perencanaan.
5. Pada segmen dimana terdapat daerah yang lemah dengan nilai CBR kecil dibandingkan dengan nilai rata-rata, maka CBR segmen sebaiknya ditentukan dengan terlebih dahulu diadakan evaluasi apakah nilai CBR yang rendah tersebut akan diperhitungkan atau diasumsikan sama dengan nilai terkecil kedua, tetapi dengan pertimbangan kondisi tanah di daerah tersebut akan diperbaiki.

Dengan memperhatikan ketentuan di atas dan hasil uji CBR laboratorium maka pada perancangan ini direncanakan tebal tanah timbunan sebagai tanah dasar setinggi 50 cm.

#### 6.1.4 Rencana Dimensi Tiang Cerucuk

Dimensi perencanaan pemancangan tiang cerucuk pada perancangan ini dicoba dengan beberapa ukuran :

1. Panjang tiang 4,00 m dengan diameter 12 cm, 15 cm, 17 cm.
2. Panjang tiang 7,00 m dengan diameter 12 cm, 15 cm, 17 cm.
3. Panjang tiang 10,00 m dengan diameter 12 cm, 15 cm, 17 cm.
4. Panjang tiang 11,00 m dengan diameter 12 cm, 15 cm, 17 cm.

Percobaan dimensi tiang cerucuk yang direncanakan adalah ukuran kayu galam yang tersedia di pasaran seperti pada tabel 6.6 berikut ini.

Tabel 6.6. Ukuran tiang kayu galam di pasaran

Panjang (m)	Diameter (cm)	Keterangan
4	10	tersedia
4	12	tersedia
7	12	tersedia
7	15	tersedia
10	12	tersedia
10	15	dipesan
12	15	dipesan
12	17	dipesan
13	15	dipesan
13	17	dipesan
16	17	dipesan
16	20	dipesan
17	20	dipesan

Sumber : Tesis, Khairian Noor, Bandung





### 6.1.5 Hasil Pemeriksaan Tanah Asli

Dari hasil penelitian tanah asli di laboratorium lapisan tanah keras letaknya sangat dalam sehingga pembuatan dan pemancangan tiang sampai lapisan tanah keras sangat sukar dilaksanakan, maka dalam hal ini kita menggunakan tiang pancang yang daya dukungnya berdasarkan pelekatan antara tiang dengan tanah.

Hal ini sering terjadi bila kita memancarkan tiang dalam lapisan tanah lunak, maka perlawanan pada ujung tiang sangat kecil. Karena itu untuk menghitung daya dukung tiang yang kita pancangkan pada tanah lunak harus dapat diketahui besarnya gaya pelekatan antara tiang dengan tanahnya.

Beban yang dikerjakan pada tanah mempunyai batas besaran-besaran tertentu. Besaran-besaran ini dipengaruhi oleh sifat-sifat lapisan tanah tersebut. Untuk menghitung beban maximum diadakan perhitungan pendekatan terhadap ketahanan geser tanah. Ketahanan geser ini dipengaruhi oleh :

- a. Kohesi tanah ( $c$ )
- b. Sudut geser dalam ( $\theta$ )
- c. Berat isi volume ( $\gamma$ )

Hasil pemeriksaan sampel titik I sampai kedalaman 4,2 m.

- a. Kohesi ( $c$ ) = 0,0702 kg/cm<sup>2</sup>
- b. Sudut geser dalam ( $\theta$ ) = 3,265°
- c. Berat isi volume ( $\gamma$ ) = 1,236 gr/cm<sup>3</sup>

Hasil pemeriksaan sampel titik II sampai kedalaman 4,2 m.

- a. Kohesi (c) = 0,0570 kg/cm<sup>2</sup>
- b. Sudut geser dalam ( $\theta$ ) = 2,523°
- c. Berat isi volume ( $\gamma$ ) = 1,236 gr/cm<sup>3</sup>

Hasil pemeriksaan sampel titik III sampai kedalaman 4,2 m.

- a. Kohesi (c) = 0,0588 kg/cm<sup>2</sup>
- b. Sudut geser dalam ( $\theta$ ) = 2,295°
- c. Berat isi volume ( $\gamma$ ) = 1,236 gr/cm<sup>3</sup>

Tabel 6.7 Pemeriksaan tanah pada jalan Samuda-Ujung Pandaran Km. ± 27.

kedalaman	berat isi volume	kohesi (c)	sudut geser dalam ( $\theta$ )
7 m	1,52 gr/cm <sup>3</sup>	0,127 kg/cm <sup>2</sup>	10,0°
10 m	1,63 gr/cm <sup>3</sup>	0,155 kg/cm <sup>2</sup>	16,2°

Sumber : P.U. Sampit

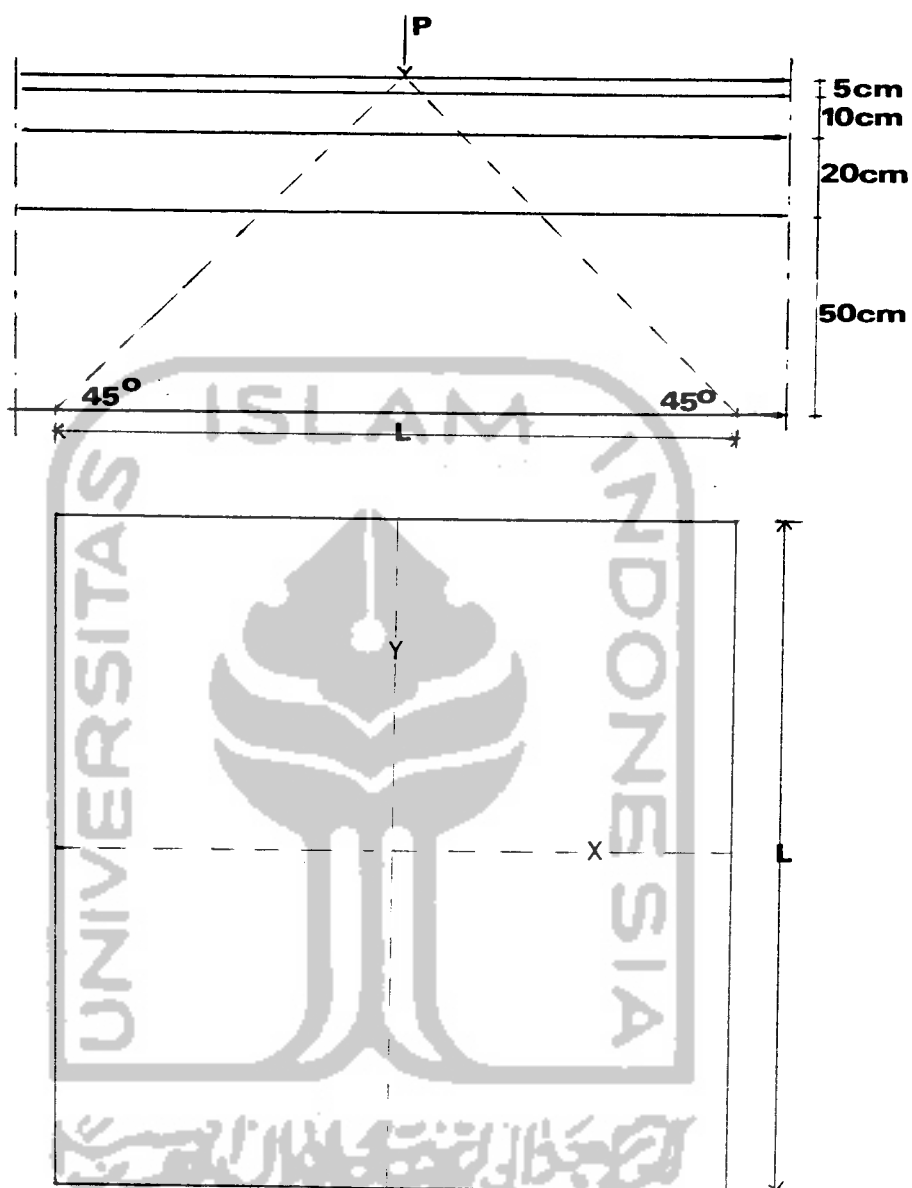
## 6.2. Perencanaan Perhitungan Tiang Pancang

Pada keadaan yang sebenarnya jarang sekali dijumpai tiang pancang yang berdiri sendiri (single pile), akan tetapi sering dijumpai pondasi tiang pancang kelompok (pile group).

Di atas pile group biasanya diletakkan suatu konstruksi poer (footing) yang mempersatukan kelompok tiang tersebut.

Dalam perhitungan-perhitungan poer dianggap/dibuat kaku sempurna sehingga :

1. bila beban-beban yang bekerja pada kelompok tiang tersebut menimbulkan penurunan, maka setelah penurunan bidang poer tetap akan merupakan bidang datar.



Gambar 6.3 Menentukan Batasan Kelompok Tiang Dengan Penyebaran Gaya.

Dengan penyebaran gaya yang membentuk sudut  $45^\circ$  maka dapat ditentukan absis (arah  $x$ ) dan ordinat (arah  $y$ ). Pada gambar 6.2 hasil  $x = y$ , panjang (jaraknya) disimbolkan dengan  $L$ . Nilai  $L = (50 + 20 + 10 + 5) \times 2 = 170$  cm.

### 6.2.2 Rencana Beban Yang Bekerja

Beban yang akan bekerja atau dipikul oleh kelompok tiang pada perancangan ini terdiri dari : beban lalu lintas dan beban sendiri (beban tetap).

#### 1. Beban lalu lintas

Besaran yang dipergunakan dalam perancangan tebal perkerasan berkaitan dengan data lalu lintas, dipengaruhi oleh jenis kendaraan, volume lalu lintas dan pola operasi. Tentang jenis kendaraan yang berperan adalah besarnya beban gandar yang akan didukung oleh konstruksi perkerasan. Data tentang volume lalu lintas dipergunakan dalam perhitungan jumlah beban yang akan terjadi selama umur rencana. Sedangkan yang dimaksud dengan pola rencana operasi kendaraan adalah mengenai kecepatan kendaraan, yang akan berpengaruh terhadap waktu pembebanan. Waktu pembebanan ini akan mempengaruhi sifat bahan ikat (aspal) dalam hal kekakuan. Selanjutnya dalam menganalisa lalu lintas untuk penentuan tebal konstruksi perkerasan didasarkan atas : jenis kendaraan yang akan melewati/menggunakan jalan tersebut. Untuk Jalan Samuda-Ujung Pandaran ini pada perkerasan direncanakan dilewati oleh lalu lintas ringan dengan ketentuan beban terbesar yang akan lewat adalah mobil penumpang (dengan beban maksimum 2 ton). Sedangkan perencanaan pada tiang pancangnya direncanakan lalu lintas berat dengan beban terbesar yang akan lewat adalah truck dengan 2 as, berat total 13 ton. Beban yang akan mempengaruhi perencanaan beban adalah

as belakang kendaraan = 8 ton. Perencanaan ini didasarkan pada pengembangan lalu lintas bahwa di Ujung Pandaran akan dibangun pelabuhan.

## 2. Beban tetap

Beban tetap adalah beban yang terdiri atas tanah timbunan, pondasi bawah, pondasi atas dan lapis permukaan (aspal beton) yang berada di atas kelompok tiang pancang. Rencana beban tetap dapat dilihat pada Tabel 6.5 berikut ini.

Tabel 6.5 Beban tetap di atas kelompok tiang

keterangan	ukuran kelompok tiang (cm <sup>2</sup> )	tebal (cm)	volume (cm <sup>3</sup> )	berat jenis (gr/cm <sup>3</sup> )	berat (ton)
Aspal beton	170 x 170	5	144.500	2,4372	0,3522
Pondasi atas	170 x 170	10	289.000	2,6242	0,7584
Pondasi bawah	170 x 170	20	578.000	2,6127	1,5102
Tanah timbunan	170 x 170	50	1.445.000	2,5555	3,6927
Beban total					= 6,3135

Jadi rencana beban yang akan bekerja pada kelompok tiang adalah beban lapisan tanah timbunan + beban perkerasan + beban lalu lintas yaitu :

$$P = 6,3135 + 8$$

$$= 14,3135 \text{ ton}$$

### 6.2.3 Perhitungan Tiang Pancang Kelompok

Dalam menentukan daya dukung kelompok tiang tidak cukup hanya dengan meninjau daya dukung satu tiang yang berdiri sendiri (single pile) dikalikan dengan banyaknya tiang dalam kelompok tiang tersebut, sebab daya dukung kelompok tiang (pile group) belum tentu sama dengan daya

dukung satu tiang (single pile) dikalikan dengan jumlah tiang setiap satu tiang apabila bersama dengan tiang lainnya untuk menerima beban maka tiang tersebut tidak lagi penuh atau tidak lagi dapat menerima beban seperti besarnya dengan tiang tersebut menerima beban sendiri, karena sudah dipengaruhi oleh tiang-tiang lainnya yang berdekatan. Jadi nilai efisiensi ( $N$ ) lebih kecil dari satu.

Rumus yang dipakai untuk menentukan daya dukung kelompok tiang ( $Q_T$ ) =  $n \cdot Q_t \cdot N$

dimana :

$Q_T$  = daya dukung kelompok tiang (kg).

$n$  = banyaknya tiang.

$Q_t$  = daya dukung tiang tunggal (kg).

$N$  = nilai efisiensi tiang.

Berdasarkan efisiensi kelompok tiang pancang (pile group) dapat ditentukan berapa effisiensinya satu tiang untuk mendukung beban pada kelompok tiang. Ada 4 macam cara untuk menentukan nilai efisiensi, yaitu :

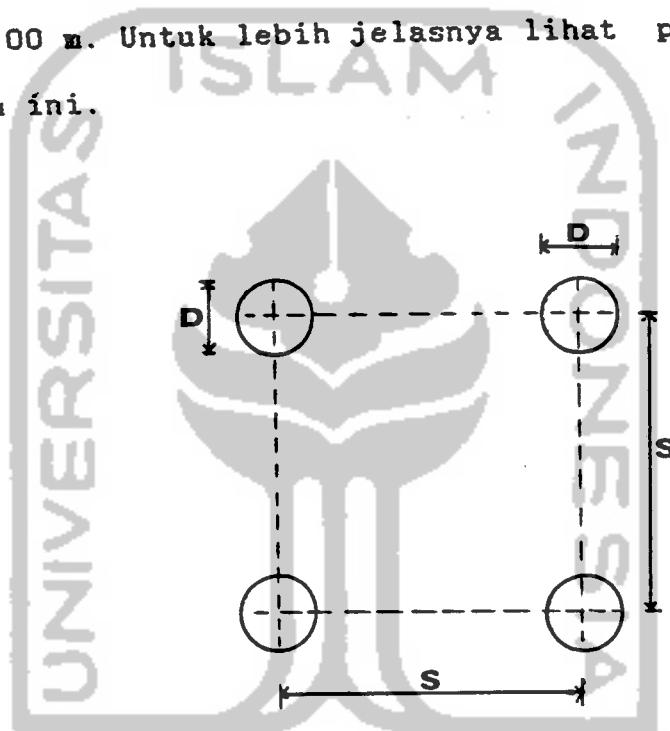
1. Metode Feld.
2. Perumusan dari "Uniform Building Code" dari AASHO
3. Menurut Los Angeles Group - Action formula.
4. Menurut rumus : SEILER - KEENY.

Pada perhitungan ini untuk mencari nilai efisiensi ( $N$ ) memakai metode Feld. Untuk mempermudah menentukan nilai  $N$  tersebut maka direncanakan terlebih dulu banyaknya

tiang pancang ( $n$ ) pada kelompok tiang tersebut.

1. Jarak antara tiang dalam kelompok tiang

Berdasarkan pada perhitungan daya dukung tanah oleh Dirjen Bina Marga Departemen P.U.T.L. disyaratkan :  $S \geq 2,5 D$  atau  $S \geq 3 D$ . Adapun persyaratan lainnya jarak antara dua tiang dalam kelompok tiang : minimum 0,60 m dan maksimum 2,00 m. Untuk lebih jelasnya lihat pada gambar 6.4 di bawah ini.



Gambar 6.4 Persyaratan Jarak Antara Tiang

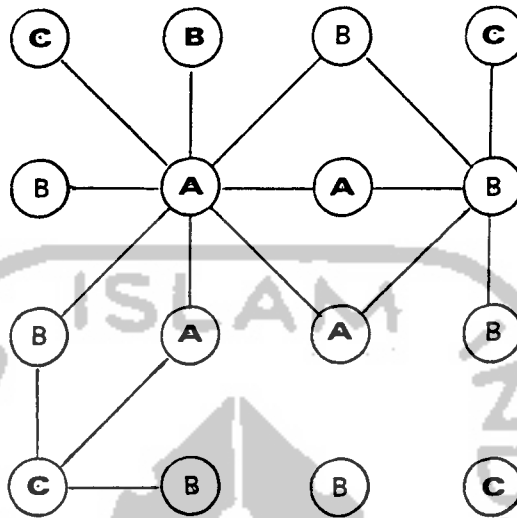
dimana :

$S$  = jarak masing-masing tiang dalam kelompok  
(spacing)

$D$  = diameter tiang

2. Rencana susunan dan banyaknya tiang pancang

Direncanakan kelompok tiang pancang terdiri dari 16 buah dengan susunan seperti gambar 6.5 berikut ini.



Gambar 6.5 Susunan Tiang Pancang

Simbol untuk menentukan identitas pada tiang pancang didasarkan pada jumlah tiang yang mempengaruhinya dalam mendukung beban yang diterimanya.

Pada perancangan ini direncanakan diameter daripada tiang yang terbesar 17 cm, jadi susunan dan banyaknya tiang pancang pada gambar 6.4 memenuhi syarat karena  $S$  terbesar =  $2,5 D = 2,5 \times 17 = 42,5 \text{ cm}$ .

Pada gambar 6.5 diketahui bahwa kelompok tiang pancang terdiri dari 16 buah tiang pancang ( $n = 16$ ).

#### a. Tiang Pancang A

Tiang A dipengaruhi oleh 8 tiang yang berada di sekelilingnya.

$$\text{Effisiensi tiang A} = 1 - \frac{8}{16} = \frac{8}{16} \text{ tiang}$$



b. Tiang Pancang B

Tiang B dipengaruhi oleh 5 tiang yang berada di sekelilingnya.

$$\text{Effisiensi tiang B} = 1 - \frac{5}{16} = \frac{11}{16} \text{ tiang}$$

c. Tiang Pancang C

Tiang C dipengaruhi oleh 3 tiang yang berada di sekelilingnya.

$$\text{Effisiensi tiang C} = 1 - \frac{3}{16} = \frac{13}{16} \text{ tiang}$$

Effisiensi dari kelompok tiang (pile group).

$$4 \text{ buah tiang A} = 4 \times \text{Eff.A} = 4 \times \frac{8}{16} = \frac{32}{16} \text{ tiang}$$

$$8 \text{ buah tiang B} = 8 \times \text{Eff.B} = 8 \times \frac{11}{16} = \frac{88}{16} \text{ tiang}$$

$$4 \text{ buah tiang C} = 4 \times \text{Eff.C} = 4 \times \frac{13}{16} = \frac{52}{16} \text{ tiang}$$

Total efisiensi dari seluruh tiang (N total) :

Eff.4 tiang A + Eff.8 tiang B + Eff.4 tiang C =

$$\frac{172}{16} = 10,75 \text{ tiang}$$

Jadi efisiensi dari kelompok tiang yang terdiri dari 16 buah tiang pancang dengan susunan seperti pada gambar 6.4 adalah : 10,75 tiang.

$$\text{Effisiensi satu tiang (N)} = \frac{10,75}{16} = 0,6719 \text{ tiang}$$

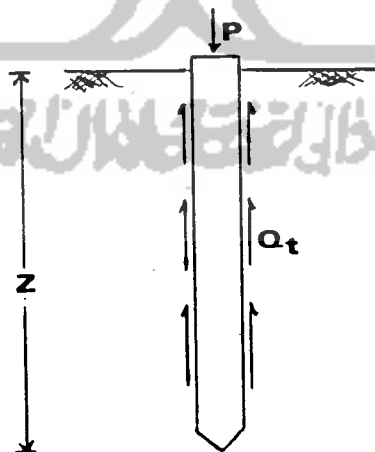
#### 6.2.4 Daya Dukung Satu Tiang

Untuk menentukan daya dukung kelompok tiang ( $Q_T$ )

maka terlebih dulu harus dicari daya dukung tiap satu tiang ( $Q_t$ ).

Pada penelitian lapangan dan laboratorium bahwa lapisan tanah keras letaknya sangat dalam sehingga pembuatan dan pemancangan tiang sampai lapisan tanah keras sangat sukar dilaksanakan, maka dalam hal ini dipergunakan tiang pancang yang daya dukungnya berdasarkan pelekatan antara tiang dengan tanah (cleet).

Hal ini sering terjadi bila kita memancarkan tiang pada lapisan lempung (tanah lunak), maka perlawanan pada ujung tiang sangat kecil sekali. Sesuai dengan hasil penelitian laboratorium, diketahui bahwa perlawanan pada ujung tiang sangat kecil maka pada perhitungan diabaikan, karena itu untuk menghitung daya dukung tiang yang dipancarkan pada tanah lunak ditentukan berdasarkan gaya pelekatan antara tiang dengan tanah, lihat gambar 6.6.



Gambar 6.6 Daya Dukung Tiang Berdasarkan Kelekatan Antara Tiang Dengan Tanah.

Rumus yang akan digunakan pada perhitungan daya dukung tiang tunggal menurut Caquot dan Kerisel adalah :

$$Q_t = \frac{1}{2} \cdot Z \cdot P \cdot C \cdot \beta$$

dimana :

$Q_t$  = daya dukung satu tiang (ton)

$Z$  = kedalaman tiang pancang (m)

$P$  = keliling tiang =  $\pi \cdot D$  (m)

$C$  = kekuatan geser tanah ( $\text{ton}/\text{m}^2$ )

$D$  = diameter tiang (m)

$\beta$  = koefisien gesekan efektif antara tanah dan kulit tiang

Untuk mencari nilai  $\beta$  dapat dicari pada Tabel 6.8 berdasarkan harga sudut geser dalam ( $\theta$ ).

Tabel 6.8 Hubungan  $\beta$  dan  $\theta$  menurut Caquot dan Kerisel, 1948

sudut geser dalam	$\beta$
10	1,80
15	2,06
20	2,70
25	3,62
30	5,01
35	7,27
40	10,36
45	17,97

#### 6.2.5 Perhitungan

Dengan penjabaran rumus maka daya dukung kelompok tiang ( $Q_T$ ) berdasarkan kelekatan antara tiang dengan tanah adalah :

$$Q_T = N \times n \times Q_t \quad \text{syarat } Q_T \geq P = 14,3135 \text{ ton}$$

$$= N \times n \times 0,5 \times Z \times P \times C \times \beta$$

Diketahui dari kelompok tiang :

$$N = 0,6719$$

$$n_t = 16 \text{ tiang}$$

maka :

$$Q_T = 0,6719 \times 16 \times 0,5 \cdot \pi \times D \times Z \times C \times \beta$$

$$= 16,8781 \times D \times Z \times C \times \beta$$

Berdasarkan penelitian dari kedalaman tanah, direncanakan ada 3 macam panjang tiang pancang yang akan dipergunakan.

- a. Tanah kedalaman 4 m dengan panjang tiang pancang (L) = 4 m, diameter yang digunakan : 12 cm, 15 cm dan 17 cm.
- b. Pada kedalaman 7 m dengan panjang tiang pancang (L) = 7 m, diameter yang digunakan : 12 cm, 15 cm dan 17 cm.
- c. Pada kedalaman 10 m dengan panjang tiang pancang (L) = 10 m, diameter yang digunakan : 12 cm, 15 cm dan 17 cm.

Ditinjau keadaan tanahnya yaitu perbedaan dari kohesi (C) tanah pada titik I, II dan III hampir sama, maka pada perhitungan hanya diambil satu lokasi/titik yang paling kecil nilai kohesinya saja. Dari ke 3 titik tersebut titik II kohesinya paling kecil yaitu pada kedalaman 4 m nilai  $C = 0,057 \text{ kg/cm}^2$ , kedalaman 7 m nilai  $C = 0,127 \text{ kg/cm}^2$  dan kedalaman 10 m nilai  $C = 0,155 \text{ kg/cm}^2$ .

## 1. Perhitungan tiang pancang pada kedalaman 4 m

Diketahui :

$$C = 0,057 \text{ kg/cm}^2 = 0,57 \text{ ton/m}^2 ; \quad \theta = 2,523^\circ$$

$$\text{didapatkan dari Tabel 6.8} \quad \beta = 0,4037$$

a. Panjang tiang (Z) = 4 m , diameter (D) = 0,12 m

$$\begin{aligned} Q_T (4-1) &= 16,8781 \times D \times Z \times C \times \beta \\ &= 16,8781 \times 0,12 \times 4 \times 0,57 \times 0,4037 \\ &= 1,8642 \text{ ton} < P=14,3135 \text{ ton} , \text{ tidak aman} \end{aligned}$$

b. Panjang tiang (Z) = 4 m , diameter (D) = 0,15 m

$$\begin{aligned} Q_T (4-2) &= 16,8781 \times D \times Z \times C \times \beta \\ &= 16,8781 \times 0,15 \times 4 \times 0,57 \times 0,4037 \\ &= 2,3303 \text{ ton} < P=14,3135 \text{ ton} , \text{ tidak aman} \end{aligned}$$

c. Panjang tiang (Z) = 4 m , diameter (D) = 0,17 m

$$\begin{aligned} Q_T (4-3) &= 16,8781 \times D \times Z \times C \times \beta \\ &= 16,8781 \times 0,17 \times 4 \times 0,57 \times 0,4037 \\ &= 2,6410 \text{ ton} < P=14,3135 \text{ ton} , \text{ tidak aman} \end{aligned}$$

## 2. Perhitungan tiang pancang pada kedalaman 7 m

Diketahui :

$$C = 0,127 \text{ kg/cm}^2 = 1,27 \text{ ton/m}^2 ; \quad \theta = 10^\circ$$

$$\text{didapatkan dari Tabel 6.8} \quad \beta = 1,6$$

a. Panjang tiang (Z) = 7 m , diameter (D) = 0,12 m

$$\begin{aligned} Q_T (7-1) &= Q_T (4-1) + Q_T (3-1) \\ &= 1,8642 + 16,8781 \times D \times Z \times C \times \beta \\ &= 1,8642 + 16,8781 \times 0,12 \times 3 \times 1,27 \times 1,6 \\ &= 14,2109 \text{ ton} < P=14,3135 \text{ ton} , \text{ tidak aman} \end{aligned}$$

b. Panjang tiang (Z) = 7 m , diameter (D) = 0,15 m

$$\begin{aligned} Q_T (7-1) &= Q_T (4-1) + Q_T (3-1) \\ &= 2,3303 + 16,8781 \times 0,12 \times 3 \times 1,27 \times 1,6 \\ &= 17,7636 \text{ ton} > P=14,3135 \text{ ton} , \text{ aman} \end{aligned}$$

### 6.3 Pembahasan

Faktor-faktor yang mempengaruhi/menentukan terhadap perancangan subgrade jalan raya dengan pondasi tiang pancang pada tanah gambut (tanah lunak), tepatnya pada lokasi jalan penghubung Samuda-Ujung Pandaran meliputi : keadaan tanah aslinya, beban yang bekerja/dipikul oleh pondasi tiang pancang dan dimensi dari tiang pancang tersebut.

#### 6.3.1 Keadaan Tanah Asli

Pemakaian tiang pancang dipergunakan untuk pondasi suatu bangunan yang apabila tanah dasar di bawah bangunan tersebut tidak mempunyai daya dukung (bearing capacity) yang cukup untuk memikul berat bangunan dan beban yang bekerja letaknya sangat dalam.

Untuk menentukan berapa besar tiang pancang dapat memikul/mendukung beban di atasnya dan sampai kedalaman berapa tiang di pancang ke dalam tanah, maka harus diketahui keadaan tanah dimana pondasi tersebut dibuat.

Berdasarkan dari hasil penelitian di laboratorium tentang tanah asli pada kedalaman 4 m dan penelitian yang dilakukan P.U. daerah sampai kedalaman 10 m, maka dapat ditentukan daya dukung dari tiang pancang sesuai dengan dimensi dan jumlah tiang pada kelompok tiang pancang.

Tiang pancang yang diperlukan pada pemancangan ini sampai pada kedalaman 7 m, jadi tiang yang diperlukan panjangnya ( $L$ ) juga 7 m, ini dipengaruhi oleh nilai kohesi ( $c$ ) tanahnya kecil. Nilai kohesi pada tanah ini

dikarenakan keadaan tanahnya, dimana tanah pada perancangan ini adalah tanah gambut dan lapisan di bawahnya tanah lempung.

### 6.3.2 Tebal Lapisan

Pada perancangan ini, lapisan di atas kelompok tiang bekerja beban tetap yang terdiri dari lapisan timbunan tanah baik dan lapisan perkerasan yang meliputi lapisan pondasi bawah, lapisan pondasi atas serta lapisan permukaan (aspal beton). Adapun beban sementara merupakan beban lalu lintas yang melewati permukaan perkerasan sebagai pengguna jalan.

Berdasarkan beban yang bekerja, maka dapat ditentukan batasan dari kelompok tiang dengan penyebaran gaya ke bawah.

Beban tetap pada perancangan ini cukup besar, yaitu : 6,3135 ton, nilai tersebut bergantung pada tebal lapisannya. Apabila kita ingin memperkecil beban tetap tersebut, maka kita harus memperkecil tebal dari pada lapis timbunan tanah baik. Dengan memperkecil lapisan tersebut maka dimensi dari kelompok tiang juga akan mengecil dan banyaknya tiang pada kelompok itupun juga akan berkurang. Oleh sebab itu agar kelompok tiang dapat mendukung sepenuhnya beban yang bekerja adalah memperpanjang tiang pancangnya (L).

### 6.3.3 Daya Dukung Kelompok Tiang

Kelompok tiang pancang terdiri dari beberapa tiang yang disusun berbaris pada daerah kelompok tiang dan pada

ujung atas dari tiang tersebut dihubungkan satu sama lain sehingga merupakan suatu kesatuan. Penyatuan dari tiang tersebut diharapkan agar apabila kelompok tiang menerima beban maka akan diterima oleh setiap tiang secara merata.

Berdasarkan hasil perhitungan, daya dukung kelompok tiang, makin banyak tiang dengan dimensi yang sama pada satu kelompok makin besar daya dukung kelompok tiang tersebut. Oleh sebab itu pada perhitungan kelompok tiang, terlebih dulu kita tentukan banyaknya tiang maksimum pada kelompok tiang, berdasarkan rencana diameter tiang ( $D$ ) dengan syarat jarak tiang ( $S$ )  $\geq 2,5 D$ .

#### 6.3.4 Dimensi Tiang Pancang Yang Digunakan

Dari hasil perhitungan yang dilakukan pada kedalaman 7 m diketahui dimensi tiang pancang yang dapat mendukung beban yang bekerja di atas kelompok tiang yaitu panjang tiang 7 m dengan diameter 15 cm. Kelebihan daya dukung tiang ( $Q_T$ ) dari beban sendiri dengan dimensi tersebut sebesar 11,4501 ton, ini lebih memudahkan dalam pekerjaan di lapangan baik pekerjaan lapis timbunan maupun pekerjaan perkerasan.