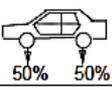
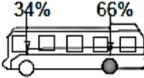
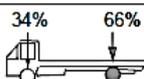
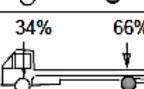
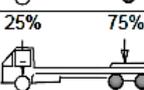
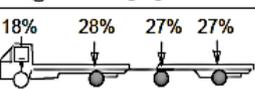
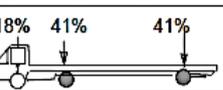
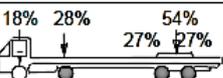


BAB III

LANDASAN TEORI

3.1. Beban Lalu Lintas

Dimensi, berat kendaraan, dan beban yang dimuat akan menimbulkan gaya tekan pada sumbu kendaraan. Gaya tekan sumbu selanjutnya disalurkan ke permukaan perkerasan dan akan memberikan kontribusi pada perusakan jalan (Idris, M. dkk, 2009). Beban yang terjadi akibat lalu lintas dapat dikonversikan ke dalam konfigurasi beban sumbu seperti gambar 3.1 berikut:

KONFIGURASI SUMBU & TIPE	BERAT KOSONG (ton)	BEBAN MUATAN MAKSIMUM (ton)	BERAT TOTAL MAKSIMUM (ton)	UE 18 KSAL KOSONG	UE 18 KSAL MAKSIMUM	
1,1 HP	1,5	0,5	2,0	0,0001	0,0005	
1,2 BUS	3	6	9	0,0037	0,3006	
1,2L TRUK	2,3	6	8,3	0,0013	0,2174	
1,2H TRUK	4,2	14	18,2	0,0143	5,0264	
1,22 TRUK	5	20	25	0,0044	2,7416	
1,2+2,2 TRAILER	6,4	25	31,4	0,0085	3,9083	
1,2-2 TRAILER	6,2	20	26,2	0,0192	6,1179	
1,2-2,2 TRAILER	10	32	42	0,0327	10,183	

(Sumber : Manual Perkerasan Jalan dengan alat Benkelman beam No. 01/MN/BM/83).

Gambar 3.1. Konfigurasi beban sumbu kendaraan

Data yang didapat pada Gambar 3.1 tersebut dapat digunakan untuk menghitung Vehicle Damaging Factor (VDF). Menurut Idris, M., dkk. (2009), VDF merupakan perbandingan tingkat kerusakan yang ditimbulkan oleh suatu lintasan beban sumbu tunggal kendaraan dalam satu kali lintasan beban standar sumbu tunggal yaitu sebesar 8,16 ton (18000 lb.). Terdapat dua rumus yang dapat digunakan untuk menentukan VDF. Rumus pertama yaitu:

$$VDF = k \left[\frac{P}{8,16} \right]^4 \dots\dots\dots (3-1)$$

VDF = Vehicle Damaging Factor (faktor kerusakan akibat beban sumbu)

k = faktor sumbu.

k = 1 untuk sumbu tunggal.

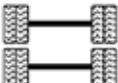
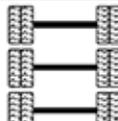
k = 0,86 untuk sumbu ganda.

Rumus kedua merupakan rumus perhitungan yang mempertimbangkan tipe kelompok sumbu yang ditentukan dari beban sumbu kendaraan (*P*) dan faktor *k* seperti berikut:

$$VDF = \left[\frac{P}{k} \right]^4 \dots\dots\dots (3-2)$$

Ada 4 (empat) tipe kelompok sumbu kendaraan, dapat dilihat pada Tabel 3.1 berikut:

Tabel 3.1. Tipe kelompok sumbu untuk perhitungan daya perusak jalan

Jenis Sumbu Kendaraan :			
Sumbu Tunggal Roda Tunggal (STRT)	Sumbu Tunggal Roda Ganda (STRG)	Sumbu Tandem Roda Ganda (SDRG)	Sumbu Tripel Roda Ganda (StrRG)
			
<i>k</i> =5,40	<i>k</i> =8,16	<i>k</i> =13,76	<i>k</i> =18,45

Contoh perhitungan: Truk 1,22 dengan beban 25 ton.

$$\text{Sumbu depan} = 0,25 \times 25t = 6,25t \rightarrow \text{VDF} = 1 \times (6,25/8,16)^4 = 0,3442$$

$$\text{Sumbu belakang} = 0,75 \times 25t = 18,75t \rightarrow \text{VDF} = 0,086 \times (18,75/8,16)^4 = 2,3974$$

$$\text{VDF}_{\text{Total}} = \text{VDF}_{\text{sumbu depan}} + \text{VDF}_{\text{sumbu belakang}} = 0,3442 + 2,3974 = 2,7416$$

3.2. Perkerasan Kaku

Perkerasan beton semen atau lebih dikenal sebagai perkerasan kaku adalah suatu struktur perkerasan yang umumnya terdiri dari tanah dasar, lapis pondasi bawah dan lapis beton semen dengan atau tanpa tulangan (Pedoman XX-2002).

Umumnya bagian perkerasan kaku terdiri dari 3 bagian.

1. Tanah dasar (*subgrade*)

Tanah dasar adalah tanah asli, atau tanah timbunan biasa sebagai lapis paling bawah dari susunan lapis perkerasan. Pada umumnya tanah dasar memiliki nilai CBR 2% - 6% saja. (Koestalam, P., dan Sutoyo, 2010)

2. Lapis pondasi bawah (*subbase course*)

Lapis pondasi bawah berfungsi sebagai bagian dari konstruksi perkerasan di atas tanah dasar dan di bawah lapis pondasi atas jika diperlukan guna menyebarkan beban roda ke tanah dasar cukup kuat menanggung beban, nilai $\text{CBR} \geq 20\%$ dan Indeks Plastisitas (IP) $\leq 10\%$ (Sukirman, 1992).

3. Lapis pondasi (*surface course*)

Ketebalan perkerasan beton jalan raya biasanya berkisar antara 6 inci sampai 13 inci, digunakan untuk memikul beban-beban lalu lintas berat (*heavy*

traffic loads), tetapi perkerasan kaku ini juga telah digunakan untuk jalan-jalan pemukiman dan jalan-jalan lokal (Lulie, 2004).

Kekuatan beton harus dinyatakan dalam kuat tarik lentur (*flexural strength*) dengan umur 28 hari yang besarnya tipikal 3-5 MPa (30-50 kg/cm²), sedangkan kekuatan rencana harus dinyatakan dengan kuat tarik lentur karakteristik yang dibulatkan hingga 0,25 MPa (Pedoman XX-2002).

Hubungan antara kuat tekan karakteristik dengan kuat tarik lentur beton dapat didekati dengan rumus berikut :

$$f_{cr} = K (f'_c)^{0.50}, \text{ dalam MPa} \dots\dots\dots (3 - 3a)$$

$$f_{cr} = 3,13 K (f'_c)^{0.50}, \text{ dalam kg/cm}^2 \dots\dots\dots (3 - 3b)$$

Kuat tarik lentur beton juga dapat ditentukan dari hasil uji kuat tarik belah beton menurut SNI 03-2491-1991, sebagai berikut:

$$f_{cr} = 1,37 f_{cs}, \text{ dalam MPa} \dots\dots\dots (3 - 4a)$$

$$f_{cr} = 13,44 f_{cs}, \text{ dalam kg/cm}^2 \dots\dots\dots (3 - 4b)$$

3.3. Konstruksi Komposit

Struktur konstruksi komposit merupakan metode-metode yang berkaitan untuk saling bekerja sama memikul beban eksternal dalam struktur yang terdiri dari material-material yang memiliki karakteristik berbeda (Yam, 1981).

3.4. Perencanaan Pelat Beton

Pertama-tama dilakukan penentuan dimensi pelat beton. Kemudian diperiksa apakah dimensi tersebut telah memenuhi syarat kuat geser pelat. Syarat kuat geser pelat adalah:

syarat $\phi V_c \geq V_u$, dengan $\phi = 0,75$ (3 – 5)

$$V_u = q_u \times A \text{ (3 – 5a)}$$

1. kuat geser satu arah

Kuat geser beton untuk komponen struktur dalam SNI 03-2847-2002 pasal 13.3 hanya dibebani oleh geser dan lentur sebagai berikut:

$$V_c = \frac{1}{6} \times \sqrt{f_c'} \times B \times d \text{ (3 – 6)}$$

dengan:

V_c = kuat geser nominal beton,

f_c' = kuat tekan beton,

B = lebar penampang pelat,

d = tinggi efektif pelat.

Perhitungan kuat geser dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan (3-5a).

2. kuat geser dua arah

Sementara untuk pelat dan pondasi telapak non prategang, SNI 03-2847-2002 pasal 13.12 menetapkan bahwa nilai V_c diambil sebagai nilai terkecil dari beberapa persamaan berikut:

$$\beta_c = \frac{\text{Panjang bidang kontak}}{\text{Lebar bidang kontak}} \text{ (3 – 7)}$$

$$V_{c1} = \left(1 + \frac{2}{\beta c}\right) x \frac{\sqrt{f_c'} x b_o x d}{6} \dots\dots\dots (3 - 8)$$

$$V_{c2} = \left(\frac{\alpha s x d}{b_o}\right) x \frac{\sqrt{f_c'} x b_o x d}{12} \dots\dots\dots (3 - 9)$$

$$V_{c3} = \left(\frac{1}{3}\right) x \sqrt{f_c'} x b_o x d \dots\dots\dots (3 - 10)$$

dengan,

βc = rasio sisi panjang terhadap sisi pendek dari beban terpusat atau muka tumpuan,

V_c = kuat geser nominal beton,

f_c' = kuat tekan beton,

B = lebar penampang pelat,

d = tinggi efektif pelat,

b_o = keliling penampang kritis dari pelat,

αs = suatu nilai konstanta yang digunakan untuk menghitung V_c , yang besarnya tergantung pada letak pelat.

3.5. Perhitungan Tulangan

Untuk menghitung tulangan dapat dilakukan dengan persamaan berikut:

$$A_s = \rho x B x d \dots\dots\dots (3 - 11)$$

cek: $A_s \geq A_{s \text{ min}}$; $A_{s \text{ min}}$ = luas tulangan susut minimum

$$A_{s \text{ min}} = 0,002 b h ; f_y = 300 \text{ Mpa} \dots\dots\dots (3 - 12a)$$

$$A_{s \text{ min}} = 0,0018 b h ; f_y = 400 \text{ Mpa} \dots\dots\dots (3 - 12b)$$

dengan,

A_s = luas tulangan,

A_s min = luas minimum tulangan,

ρ = rasio tulangan tarik,

f_y = mutu beton,

b = lebar pelat,

d = tinggi efektif pelat.

Menentukan diameter dan jarak antar tulangan

$$s = \frac{\left(\frac{1}{4}\pi d^2\right) \times d}{A_s} \dots\dots\dots (3 - 13a)$$

$$s \leq 2 \times h \dots\dots\dots (3 - 13b)$$

dengan,

s = spasi tulangan geser pada arah sejajar tulangan longitudinal,

d = tinggi efektif pelat,

A_s = luas tulangan,

h = tebal pelat.

3.6. Penghubung Geser

Perencanaan penghubung geser (*shear connector*) harus mempertimbangkan beberapa persamaan berikut:

1. lebar efektif

Lebar efektif merupakan lebar penampang pelat di atas balok baja, dimana pelat beton dianggap masih efektif memikul tegangan tekan.

$$b_E = 12 \times \text{tebal pelat beton} \dots\dots\dots (3 - 14)$$

2. sifat-sifat penampang

Analisa penampang komposit menggunakan luas beton yang direduksi dengan memakai lebar pelat beton yang sama dengan :

$$b_E/n \dots\dots\dots (3 - 15)$$

dengan:

b_E = Lebar efektif

n = Rasio modulus elastisitas baja dengan beton (E_s/ E_c)

a. Rasio Modulus n

Umumnya dapat digunakan modulus elastisitas baja sebesar $E_s = 29.000$ ksi ($2,1 \times 10^6$ kg/cm²) dan modulus elastisitas beton $E_c = 4700 \times \sqrt{f'c}$

b. Letak garis netral penampang komposit

c. Momen inersia penampang komposit

Momen inersia penampang komposit dapat dihitung dengan rumus:

$$I_c = 1/12 b x h^3 + A + Y^2 \dots\dots\dots (3 - 16)$$

dengan:

I_c = Momen inersia pelat komposit (cm⁴)

b = Lebar bagian pelat yang ditinjau (cm)

h = Tinggi bagian pelat yang ditinjau (cm)

A = Luas bagian pelat yang ditinjau (cm)

Y = Jarak titik berat yang ditinjau terhadap sumbu (cm)

3. kekuatan penghubung geser

Kekuatan penghubung geser dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$Q = 10 x H x d x \sqrt{\sigma_c} ; \text{jika : } H/d < 5,5 \dots\dots\dots (3 - 17a)$$

$$Q = 55 \times d^2 \times \sqrt{\sigma_c} ; \text{ jika : } H/d \geq 5,5 \dots\dots\dots (3 - 17b)$$

dengan:

- Q = kekuatan penghubung geser (kg)
 H = tinggi *stud* (cm)
 d = diameter *stud* (cm)
 σ_c = tegangan tekan beton ijin (kg/cm²)

4. gaya geser horisontal (*longitudinal shear*)

Gaya geser horisontal pada penampang komposit dapat dihitung dengan persamaan :

$$q = \frac{St}{I_c} \times D \quad (\text{kg/cm}^2) \dots\dots\dots (3 - 18)$$

dengan:

- q = gaya geser horisontal
 St = momen statis beton terhadap g.n komposit (cm³)
 $= 1/n \times A_c \times d_c \dots\dots\dots (3 - 19)$
 Ic = momen inersia balok komposit (cm⁴)
 D = gaya lintang pada penampang setelah komposit

Untuk menentukan jarak dari penghubung geser (S) dapat dihitung dengan persamaan:

$$S = Q/q \quad (\text{cm}) \dots\dots\dots (3 - 20)$$

Jumlah penghubung geser pada penampang melintang dapat dihitung dengan persamaan:

$$n = q \times S/Q \dots\dots\dots (3 - 21)$$

Syarat untuk jarak penghubung geser (stud) maksimum adalah 500 mm atau 3 (tiga) kali tebal beton. Sementara untuk jarak minimumnya sebesar 50 mm.

3.7. Pembebanan

Menurut Bachtiar dan Yusuf (2010), beban P bekerja pada pelat beton dengan luas permukaan A , akan menimbulkan tekanan tanah berupa :

$$q = P/A \dots\dots\dots (3 - 22)$$

dan terjadi penurunan atau deformasi pada tanah sebesar d .