

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Tanah Colluvium

Tanah colluvium di bentuk oleh pelapukan fisika dan kimia dari batuan dasar. Menurut Fleming dan Johnson (1994) tanah colluvium berasal dari pelapukan batuan dasar yang terletak dibawah dan menumpuk di dasar lereng, sebagian gumpalan berbentuk tanah liat berbatu, dari sudut pandang geologi tanah colluvium ini termasuk jenis tanah muda yang proses pelapukannya dipengaruhi oleh gaya gravitasi (*transported soil*). Partikel yang telah terbagi-bagi, cenderung bergerak menuruni lereng akibat terdorong oleh gaya gravitasi dan menumpuk sebagai endapan di sepanjang bagian bawah lereng, terutama di dasar tebing. Proses pengangkutan endapan ini bisa terjadi dalam waktu yang lama di karenakan oleh adanya rayapan (*creep*) endapan atau dengan proses yang cepat dikarenakan adanya tanah longsor, batuan jatuh dan puing-puing yang mengalir menuruni tebing.

Karakteristik bahan penyusun tanah colluvium bervariasi sesuai dengan karakteristik sumber batuan dasar dan iklim dimana terjadi pelapukan dan pengangkutan. Dari sudut pandang ilmu teknik, colluvium merupakan tanah yang tidak setabil susunanya karena strukturnya berlapis-lapis dan terdiri dari campuran fragmen tanah dan batu yang bervariasi dari ukuran, partikel tanah hingga berdiameter lebih dari 3 kaki (1 m). Tanah ini ditemukan di sepanjang bagian bawah lembah atau tebing di area pegunungan atau perbukitan, sehingga jika digali atau dipotong untuk keperluan pembangunan jalan, potongan lereng yang dihasilkan biasanya tidak stabil dan memerlukan pemantauan dan pemeliharaan berkala. Tanah colluvium cenderung mudah menyerap air dan bergerak secara perlahan seiring waktu dan tanah longsor biasa terjadi pada tanah semacam itu (FHWA, 2006).

B. Stabilisasi Tanah dengan Semen

Semen atau yang biasa dikenal dengan semen *Portland* merupakan salah satu jenis bahan ikat (binder) yang sering digunakan dalam pekerjaan konstruksi.

Semen *Portland* telah digunakan lebih dari 1,5 abad, sehingga karakteristik bahan tersebut telah banyak diketahui dengan baik. Unsur kimia dari bahan baku semen adalah *calcium, silica, alumina* dan *iron* (Muntohar, 2014). Banyak kajian yang telah dilakukan bahwa dengan adanya penambahan semen dapat memperbaiki sifat-sifat fisik dan geoteknik tanah. Pirmadona, dkk. (2012), penambahan semen telah meningkatkan nilai berat jenis dan menurunkan nilai indeks plastisitas. Sehingga dapat mengurangi potensi pengembangan dan penyusutan tanah. Lebih lanjut Pirmadona, dkk. (2012) menyimpulkan bahwa seiring bertambahnya kadar semen yang digunakan, maka semakin meningkat pula nilai kuat tekan bebas (UCS) dan daya dukung tanah (CBR). Hal tersebut terjadi karena adanya reaksi-reaksi yang terjadi pada tanah yang distabilisasi menggunakan semen.

Jaritngam, dkk., (2014) menjelaskan bahwa dalam stabilisasi semen terdapat tiga proses yaitu proses hidrasi semen, reaksi pertukaran kation dan reaksi pozzolanik-karbonasi. Hidrasi semen merupakan reaksi kimia antara semen dengan air yang menghasilkan kalsium hidroksida atau kapur terhidrasi (Ca(OH)_2). Reaksi semen-tanah melibatkan penggantian kalsium divalen (Ca^{2+}), adsorpsi oleh partikel Ca(OH)_2 , dan sementasi antar partikel dengan gel tobermorite. Kalsium silika merupakan senyawa penyusun utama (75%) dari semen *Portland* yang menghasilkan kalsium hidroksida (Ca(OH)_2) dan gel tobermorite yang paling berperan dalam peningkatan kekuatan tanah yang diperbaiki. Sedangkan pada reaksi pertukaran kation terjadi penggantian ion natrium (Na^+) dan hidrogen (H^+) univalen yang ada pada tanah dengan kalsium divalen (Ca^{2+}) yang terdapat pada semen. Reaksi tersebut dimulai ketika semen tercampur ke dalam tanah, sehingga dapat mengurangi plastisitas, meningkatkan kemampuan kerja, dan kuat geser tanah. Reaksi pozzolanik dan karbonisasi terjadi antara partikel tanah lempung dengan kalsium hidroksida (Ca(OH)_2) yang dihasilkan dari hidrasi semen. Hal ini memberikan pengaruh pada kuat ikat semen dan bahan pozzolan dalam jangka panjang, sehingga kekuatan tanah akan meningkat seiring bertambahnya waktu.

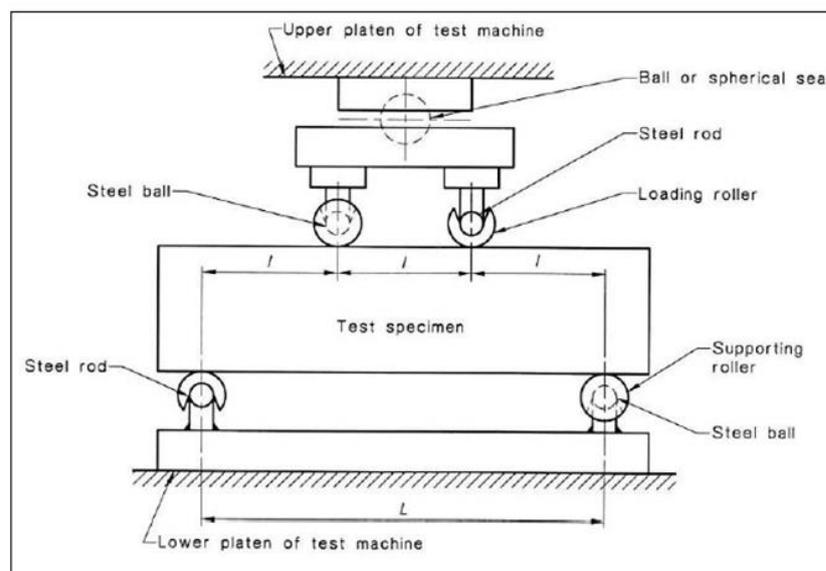
Sobhan (2008) mengkaji penambahan semen pada tanah terhadap parameter kuat tekan untuk lapis tanah dasar perkerasan. Dalam penelitiannya, semen ditambahkan sebanyak 4% hingga 12% dari berat total campuran tanah semen.

Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa terdapat peningkatan kuat tekan hingga lima kali lipat, dari 652 KPa menjadi 3284 KPa ketika dilakukan penambahan semen dari 4% menjadi 12%. Jitsangiam, dkk. (2016) melakukan pengujian lentur balok pada sampel material pondasi pasir batu yang distabilisasi menggunakan semen (CTB) dengan kadar 5%. Dari tiga sampel yang diuji, didapatkan nilai rata-rata kuat lentur CTB sebesar 1,53 MPa.

C. Uji Lentur Balok

Sifat lentur adalah ciri dari susunan struktur perkerasan karena adanya pengaruh beban lalu lintas yang melenturkan perkerasan. Hal tersebut merupakan pengujian yang paling mewakili untuk menilai kapasitas kuat tarik dari perkerasan. Sifat lentur dari sebuah bahan secara rinci didapatkan dari uji lentur balok dan dapat dijelaskan melalui hubungan tegangan-regangan dari benda uji balok. Adapun parameter yang dapat diukur dengan pengujian ini diantaranya adalah :

1. Kuat lentur (sering disebut juga *modulus of rupture*), adalah tegangan yang diberikan pada balok hingga patah.
2. Regangan tarik pada bagian bawah balok.
3. Modulus lentur, adalah rasio antara regangan tarik pada bagian bawah balok dengan tegangan yang diterima oleh balok.



Gambar 2.1 Skema pengujian lentur balok 4 titik

(Sumber : Australian Standard, 2000)

Pelaksanaan uji lentur balok dapat dilakukan dalam bentuk uji lentur 3 titik atau 4 titik. Pada umumnya, uji lentur 4 titik digunakan untuk benda uji yang mengandung material bersemen atau beraspal. Uji lentur 4 titik mempunyai kelebihan yaitu dapat memberikan distribusi tegangan yang merata antara dua titik pembebanan. Sebaliknya, pada uji lentur 3 titik hanya memberikan tegangan maksimum yang terkonsentrasi pada area dibawah titik pembebanan (Yeo, 2011).

Pada penelitian ini, untuk mengukur kuat lentur dan modulus lentur digunakan benda uji berukuran $63,5 \times 50 \times 400 \text{ mm}^3$ berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Jitsangiam, dkk. (2016). Jarak antar tumpuan rol benda uji (L) sebesar 300 mm dan jarak antar tumpuan rol beban ($L/3$) sebesar 100 mm (Austroads, 2014a). Adapun kuat lentur dan modulus lentur dari material tanah semen masing-masing dapat dihitung dengan persamaan 2.1 dan 2.2

$$F_{cf} = \frac{PL(1000)}{WH^2}; \quad (2.1)$$

$$E = \frac{23PL}{108WL^2\Delta}; \quad (2.2)$$

dimana

- F_{cf} = kuat lentur (MPa);
- E = modulus lentur (MPa);
- P = beban maksimum (kN);
- L = jarak antar tumpuan benda uji (mm);
- W = lebar benda uji rata-rata (mm);
- H = tinggi benda uji rata-rata (mm);
- Δ = defleksi ditengah balok (mm).

D. Desain Perkerasan Jalan dengan Metode Austroads 2004

Metode Austroads dalam desain perkerasan jalan merupakan metode mekanistik yang dikembangkan berdasarkan teori matematis dari regangan pada setiap lapis perkerasan akibat adanya beban berulang dari lalu lintas. Pada metode mekanistik, dibutuhkan parameter elastik berupa modulus elastisitas dan angka poisson (*poisson ratio*) dari setiap material lapis perkerasan yang digunakan. Secara umum, tahapan dari desain perkerasan jalan menggunakan metode Austroads 2004 adalah sebagai berikut :

1. evaluasi parameter masukan (material, lalu lintas, lingkungan, dll);
2. memilih material perkerasan desain;
3. analisis material perkerasan desain untuk menentukan lalu lintas yang diizinkan;
4. membandingkan desain perkerasan dengan desain lalu lintas.

Adapun parameter dan prosedur dalam perancangan tebal perkerasan menggunakan metode Austroads 2004 dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Desain lalulintas

Perkerasan jalan harus cukup kuat dalam melayani lalulintas kendaraan dan efek akumulasi pada lintasan kendaraan. Austroads (2004) membedakan jenis kendaraan menjadi dua yaitu kendaraan ringan dan kendaraan berat. Kinerja perkerasan jalan hanya dipengaruhi oleh adanya kendaraan berat yang melintas diatas perkerasan, sehingga keberadaan kendaraan ringan tidak diperhatikan dalam perencanaan tebal perkerasan jalan. Berikut merupakan klasifikasi kendaraan menurut Austroads (2004) :

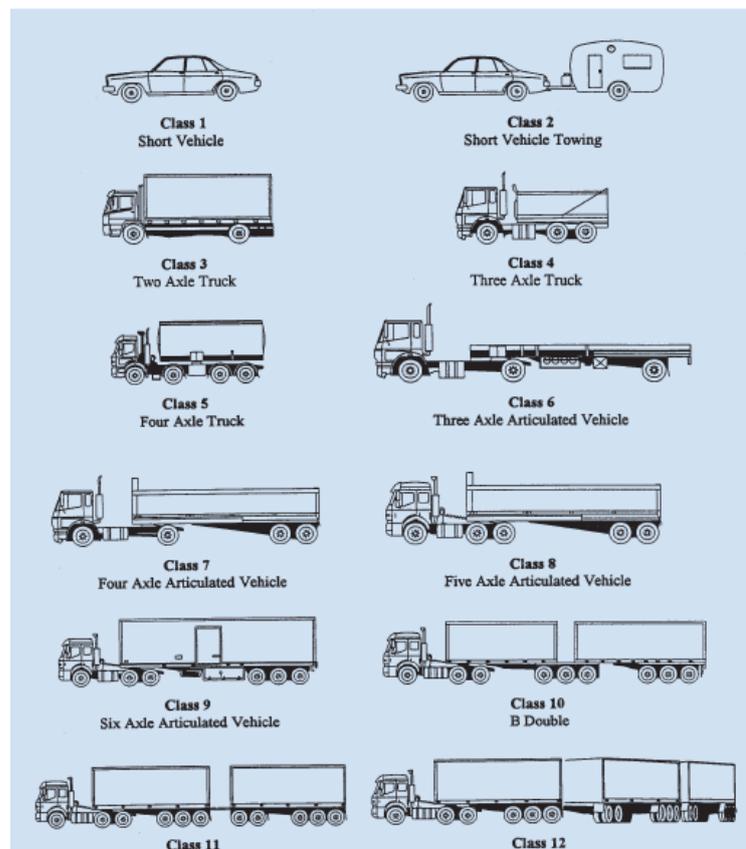
Tabel 2.1 Sistem klasifikasi kendaraan menurut Austroads 2004

Kelas	Panjang Kendaraan	Tipe Kendaraan	Sumbu dan kelompok sumbu	
			Sumbu	Kelompok
Kendaraan ringan				
1	<i>Short</i>	<i>Short</i>	2	1 atau 2
2	<i>Medium</i>	<i>Short-Towing</i>	3,4, atau 5	3
Kendaraan berat				
3	<i>Medium</i>	<i>Two Axle Truck or Bus</i>	2	2
4		<i>Three Axle Truck or Bus</i>	3	2
5	<i>Long</i>	<i>Four Axle Truck</i>	4	2 atau 3
6		<i>Three Axle Articulated</i>	3	3
7		<i>Four Axle Articulated</i>	4	>2

Tabel 2.2 Lanjutan

Kelas	Panjang Kendaraan	Tipe Kendaraan	Sumbu dan kelompok sumbu	
			Sumbu	Kelompok
Kendaraan berat				
8	Long	<i>Five Axle Articulated</i>	5	>2
9		<i>Six Axle Articulated</i>	6 atau >6	>2 atau 3
10	<i>Medum</i>	<i>B Double</i>	>6	4
11	<i>combination</i>	<i>Double Road Train</i>	>6	5 atau 6
12	<i>Long combination</i>	<i>Triple Road Train</i>	>6	>6

(Sumber : Austroads 2004, Tabel 7.1)



Gambar 2.2 Jenis kendaraan berdasarkan sistem klasifikasi Austroads 2004

(Sumber : Austroads 2004, Gambar 7.1)

Adapun dalam desain lalulintas dengan metode Austroads 2004, dibutuhkan beberapa parameter yang harus ditentukan, yaitu :

a. Periode desain (*Design Period*)

Tabel 2.3 Periode desain perkerasan jalan

Jenis Perkerasan	Periode Desain (Tahun)
Perkerasan lentur	20-40
Perkerasan kaku	30-40

(Sumber : Austroads 2004, Tabel 7.2)

Periode desain atau umur rencana adalah rentang waktu dimana perkerasan dapat berfungsi melayani lalulintas tanpa adanya rekonstruksi atau perbaikan besar-besaran selama rentang waktu tersebut. Periode desain dapat ditentukan oleh desainer berdasarkan pertimbangan pemilik proyek atau sesuai anjuran Austroads 2004, seperti yang terdapat pada Tabel 2.2.

b. Faktor pertumbuhan kumulatif (*Cumulative Growth Factor/CGF*)

Faktor pertumbuhan kumulatif merupakan perkiraan perubahan beban lalulintas sehari-hari selama periode desain. Faktor pertumbuhan ditentukan oleh angka pertumbuhan lalulintas dan periode desain dengan persamaan sebagai berikut :

$$CGF = \frac{(1+0,01R)^P - 1}{0,01R} \quad \text{untuk } R > 0; \quad (2.3)$$

$$CGF = P \quad \text{untuk } R = 0; \quad (2.4)$$

dimana CGF = faktor pertumbuhan kumulatif;

R = angka pertumbuhan lalulintas (%);

P = periode desain (tahun).

c. Persentase kendaraan berat (*% Heavy Vehicle*)

Berdasarkan Tabel 2.1, yang dimaksud dengan kendaraan berat adalah kendaraan yang termasuk ke dalam kelas 3 hingga kelas 12. Persentase kendaraan berat dihitung berdasarkan data lalulintas yang ada dengan cara jumlah kendaraan berat dibagi dengan jumlah total lalu lintas harian rata-rata tahunan kemudian dikalikan 100.

d. Faktor distribusi lajur (*Lane Distribution Factor/LDF*)

Faktor distribusi lajur dapat ditentukan dengan cara asumsi berdasarkan jenis jalan dan jumlah lajur yang ada pada ruas jalan.

Tabel 2.4 Nilai asumsi faktor distribusi lajur

Jenis Jalan	Jumlah lajur disetiap arah	Faktor Distribusi Arah (LDF)		
		Lajur kiri	Lajur tengah	Lajur kanan
<i>Rural</i>	2 Lajur	1,00	N/A	0,50
	3 Lajur	0,95	0,65	0,30
<i>Urban</i>	2 Lajur	1,00	N/A	0,50
	3 Lajur	0,65	0,65	0,50

(Sumber : Austroads 2004, Tabel 7.3)

- e. Angka kelompok sumbu per kendaraan berat (*Number of vehicle axle groups per heavy vehicle*/ N_{HVAG})

Angka kelompok sumbu per kendaraan berat dapat ditentukan dengan cara dihitung berdasarkan data lalu lintas yang ada atau dengan cara asumsi berdasarkan jenis jalan.

Tabel 2.5 Asumsi nilai kelompok sumbu per kendaraan berat

Jenis Jalan	N_{HVAG}
<i>Rural</i>	2,8
<i>Urban</i>	2,5

(Sumber : Austroads 2004, Tabel 7.5)

- f. Jumlah kumulatif kelompok sumbu kendaraan berat

Persyaratan utama dari desain perkerasan jalan adalah beban lalu lintas kumulatif harus mampu diterima atau diantisipasi oleh jalur desain selama umur rencana atau periode desain. Dalam estimasi beban lalu lintas, terlebih dahulu membutuhkan perhitungan jumlah kumulatif kelompok sumbu kendaraan berat (*Heavy Vehicle Axle Group*/ $HVAG$). Adapun persamaan dalam penentuan desain lalu lintas (N_{DT}) dalam kelompok sumbu kendaraan berat ($HVAG$) yang akan melintasi jalur desain selama periode desain adalah sebagai berikut :

$$N_{DT} = 365 \times (AADT * DF) \times \frac{\% HV}{100} \times N_{HVAG} \times LDF \times CGF ; (2. 5)$$

dimana N_{DT} = kumulatif kelompok sumbu kendaraan berat($HVAG$);

$AADT$ = *annual average daily traffic* atau lalu lintas harian rata-rata tahunan (kendaraan/hari);

DF = *distribution factor* atau faktor distribusi arah;

$\%HV$ = persentase kendaraan berat (%);

N_{HVAG} = angka kelompok sumbu per kendaraan berat;

LDF = faktor distribusi lajur ;

CGF = faktor pertumbuhan kumulatif.

g. Distribusi beban lalu lintas (*Traffic load distribution/TLD*)

Distribusi beban lalu lintas diperlukan untuk mengevaluasi kerusakan perkerasan yang disebabkan oleh beban lalu lintas desain yang diwakili oleh kelompok sumbu kendaraan berat. Dalam perancangan, perkerasan dianalisis untuk menentukan angka repetisi sumbu standar (*standard axle repetitions/SAR*) yang diizinkan untuk setiap tipe kerusakan.

Tabel 2.6 Representasi distribusi beban lalu lintas untuk tipe jalan (*rural dan urban*)

Tipe Perkerasan	Tipe Kerusakan	Indeks Kerusakan	Asumsi TLD Rural	Asumsi TLD Urban
Perkerasan granuler dengan lapis permukaan aspal tipis	Semua jenis kerusakan	ESA/HVAG	0,9	0,7
		ESA/HV	2,5	1,8
Perkerasan dengan satu atau lebih lapisan terikat	Kelelahan Aspal	SARa/ESA	1,1	1,1
	<i>Rutting and Shape Loss</i>	SARs/ESA	1,6	1,6
	Kelelahan material bersemen	SARc/ESA	12	12

(Sumber : Austroads 2004, Tabel 7.8)

Langkah awal dalam menghitung angka repetisi beban sumbu standar adalah menentukan desain lalu lintas dalam ekuivalen sumbu standar (*equivalent standard axle/ESA*) dari jumlah kumulatif kelompok sumbu kendaraan berat. Penentuan ini memerlukan estimasi jumlah rata-rata ESA per kelompok

sumbu kendaraan berat (ESA/HVAG) dari distribusi beban lalulintas. Distribusi beban lalulintas yang berisi nilai ESA/HVAG dan SAR/ESA untuk setiap tipe kerusakan perkerasan dapat didasarkan pada data asumsi yang diberikan pada Tabel 2.5.

- h. Jumlah ekivalen sumbu standar desain dan repetisi sumbu standar desain
- Distribusi beban lalulintas diperlukan untuk mengevaluasi kerusakan perkerasan yang disebabkan oleh beban lalulintas desain yang diwakili oleh kelompok sumbu kendaraan berat. Dalam perancangan, perkerasan dianalisis untuk menentukan angka repetisi sumbu standar (*standard axle repetitions/SAR*) yang diizinkan untuk setiap tipe kerusakan. Lalulintas desain dalam perancangan perkerasan lentur dapat diartikan sebagai jumlah total repetisi sumbu standar (*standard axle repetitions/SAR*) untuk setiap tipe kerusakan yang menyebabkan kerusakan yang sama selama periode desain. Dalam menentukan jumlah total repetisi sumbu standar desain (*design standard axle repetitions/DSAR*), perlu dihitung terlebih dahulu nilai ekivalen sumbu standar desain dari beban lalulintas (*design equivalent standard axle/DESA*) menggunakan persamaan berikut :

$$DESA = ESA / HVAG \times N_{DT} ; \quad (2. 6)$$

dimana $ESA / HVAG$ = rata-rata angka ekivalen sumbu standar per HVAG;
 N_{DT} = kumulatif kelompok sumbu kendaraan berat (HVAG).

Selanjutnya, untuk menghitung jumlah total repetisi sumbu standar desain (DSAR) masing-masing tipe kerusakan dapat menggunakan persamaan berikut :

$$DSAR_{asc} = SAR_{asc} \times DESA; \quad (2. 7)$$

dimana SAR_{asc} / ESA = rata-rata angka repetisi sumbu standar per ESA;
 $DESA$ = desain lalulintas (ESA).

2. Perancangan Tebal Perkerasan

- a. Pemilihan material perkerasan

Pemilihan material perkerasan dalam desain perkerasan jalan menggunakan metode Austroads harus dengan cara *try and error*. Desainer diperbolehkan memilih material berdasarkan ketentuan yang terdapat dalam panduan Austroads 2004 ataupun material baru yang tidak terdapat dalam panduan Austroads 2004. Pada penelitian ini, terdapat tiga golongan material yang digunakan dalam desain perkerasan jalan, yaitu beton aspal (*asphalt concrete*), material granuler (*granular materials*), dan material bersemen (*cemented materials*). Dalam pemilihan jenis material granular dapat digunakan Tabel 2.6.

Tabel 2.7 Nilai asumsi karakteristik elastis material granular

<i>Elastic property</i>	<i>Base quality materials</i>			<i>Subbase quality materials</i>
	<i>High standard</i>	<i>Normal standard</i>	<i>Gravel</i>	
<i>Range of modulus vertical (MPa)</i>	300-700	200-500	150-400	150-400
<i>Typical modulus vertical (MPa)</i>	500	350	300	250
<i>Degree anisotropy</i>	2	2	2	2
<i>Range of poisson's ratio</i>	0,25-0,4	0,25-0,4	0,25-0,4	0,25-0,4
<i>Typical value of poisson's ratio</i>	0,35	0,35	0,35	0,35

(Sumber : Austroads 2004, Tabel 6.3)

b. Parameter elastis

Parameter elastis dari material perkerasan yang digunakan dalam desain tebal perkerasan menggunakan metode Austroads 2004 adalah modulus vertikal (E_V), modulus horizontal (E_H), modulus geser (f) dan angka poisson (V). Nilai dari modulus vertikal, modulus horizontal, dan modulus geser dapat ditentukan dari pengujian material di laboratorium atau menggunakan persamaan empiris yang ada dibawah ini :

$$E_v = 10 \times CBR; \quad (2.8)$$

$$E_H = 0,5 \times E_v; \quad (2.9)$$

$$f = \frac{E_v}{1 + V_v}; \quad (2.10)$$

dimana E_v = modulus vertikal (MPa);

E_H = modulus horizontal (MPa);

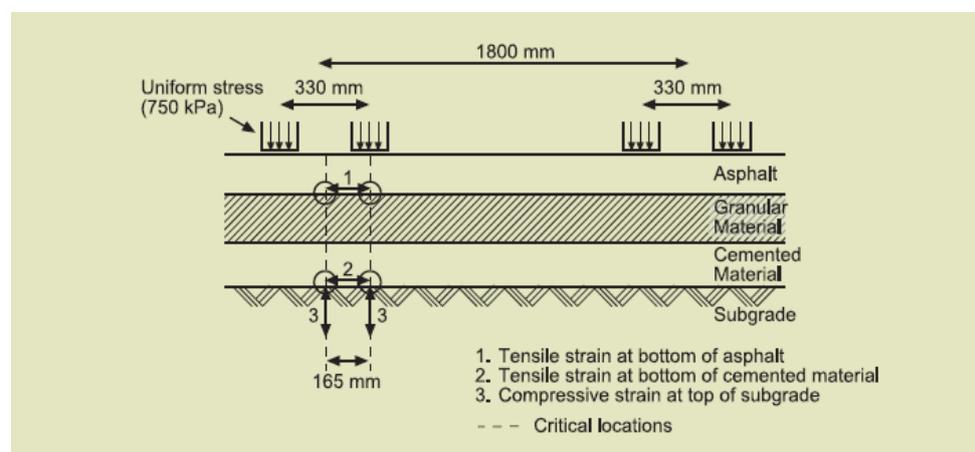
f = modulus geser (MPa);

V_v = angka poisson vertikal;

CBR = nilai CBR tanah dasar (%).

Sedangkan angka poisson dari masing-masing jenis material perkerasan berbeda. Austroads 2004 menetapkan angka poisson untuk material aspal beton sebesar 0,4, material granuler sebesar 0,35 (lihat Tabel 2.4) , material bersemen sebesar 0,2, dan tanah dasar 0,45.

c. Regangan



Gambar 2.3 Model perkerasan dengan prosedur mekanistik

(Sumber : Austroads 2004, Tabel 8.2)

Analisis regangan dalam desain perkerasan dengan metode Austroads 2004 dilakukan pada setiap lapis perkerasan untuk menilai kemampuan perkerasan dalam menerima beban lalu lintas. Perkerasan yang telah dipilih dianalisis regangannya berdasarkan desain lalu lintas menggunakan program komputer CIRCLY. Sehingga, dari program tersebut dapat ditentukan regangan tekan

vertikal maksimum (*maximum vertical compressive strain*) diatas tanah dasar, dan regangan tarik horizontal maksimum (*maximum horizontal tensile strain*) dibawah lapis material aspal beton atau material bersemen.

d. Jumlah Repetisi beban sumbu standar yang diizinkan

Jumlah repetisi beban sumbu standar (SAR) yang diizinkan berbeda untuk setiap lapis perkerasan. Jumlah repetisi beban sumbur standar (SAR) yang diizinkan merupakan batasan pengulangan beban lalulintas sebelum terjadinya kerusakan perkerasan berupa deformasi permanen (*permanent deformation*), kelelahan pada aspal (*asphalt fatigue*), dan kelelahan pada material bersemen (*cemented materials fatigue*). Jumlah repetisi beban sumbu standar (SAR) yang diizinkan untuk tipe kerusakan deformasi permanen dihitung berdasarkan regangan tekan maksimum di bagian atas tanah dasar. Sedangkan jumlah repetisi beban sumbu standar (SAR) yang diizinkan untuk tipe kerusakan kelelahan pada aspal dan kelelahan pada material bersemen dihitung berdasarkan regangan tarik maksimum di bagian bawah lapis aspal dan dibagian bawah lapis material bersemen. Berikut adalah persamaan yang digunakan untuk memprediksi jumlah repetisi beban sumbu standar (SAR) yang diizinkan :

1) Jumlah repetisi yang diizinkan untuk tanah dasar

$$N_S = \left(\frac{9300}{\mu\epsilon} \right)^7; \quad (2. 11)$$

dimana N_S = jumlah repetisi yang diizinkan untuk tanah dasar (SAR);

$\mu\epsilon$ = regangan tekan maksimum (microstrain)

(didapatkan dari program CIRCLY).

2) Jumlah repetisi yang diizinkan untuk material bersemen

$$N_C = RF \left(\frac{\left(\frac{113000}{E^{0,804}} + 191 \right)}{\mu\epsilon} \right)^{12}; \quad (2. 12)$$

dimana N_S = jumlah repetisi yang diizinkan untuk material bersemen (SAR);

- E = modulus material bersemen (MPa);
 $\mu\epsilon$ = regangan tarik maksimum (microstrain)
 (didapatkan dari program CIRCLY);
 RF = *reliability factors* (lihat Tabel 2. 7).

Tabel 2.8 *Reliability factors* untuk kelelahan material bersemen

<i>Project Reliability</i>				
80%	85%	90%	95%	97,5%
4,7	3,3	2,0	1,0	0,5

(Sumber : Austroads 2004, Tabel 6.7)

3) Jumlah repetisi yang diizinkan untuk aspal beton

$$N_A = RF \left(\frac{6918(0,856 \times V_B + 1.08)}{S_{MIX}^{0,36} \mu\epsilon} \right)^5; \quad (2.13)$$

- dimana N_A = jumlah repetisi yang diizinkan untuk aspal beton
 (SAR);
 S_{MIX} = Modulus material aspal beton (MPa);
 $\mu\epsilon$ = regangan tarik maksimum (microstrain)
 (didapatkan dari program CIRCLY);
 RF = *reliability factors* (lihat Tabel 2. 7);
 V_B = persentase volume bitumen pada aspal (%).

Tabel 2.9 *Reliability factors* untuk kelelahan aspal

<i>Project Reliability</i>				
80%	85%	90%	95%	97,5%
2,5	2,0	1,0	1,0	0,67

(Sumber : Austroads 2004, Tabel 6.13)