

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Tanah *Colluvium*

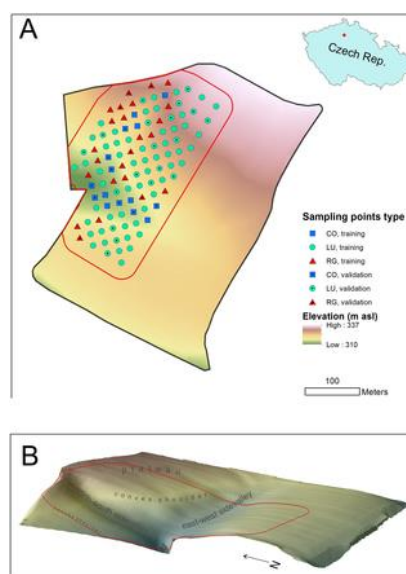
Tanah diklasifikasikan secara geologis berdasarkan asal usulnya sebagai tanah residu, *Colluvium*, Eolian, Glacial, atau sekunder. Bagian klasifikasi ini menggambarkan bagaimana terjadinya yang berhubungan dengan perubahan iklim, memberikan informasi mengenai karakteristik gradasi dan struktur.

Tanah residu merupakan tanah yang dibentuk oleh pelapukan fisika maupun kimia dari batuan induknya dan belum dipindahkan dari tempatnya. Karakteristik tanah residu sangat bergantung pada sifat-sifat batuan induknya, iklim, topografi, dan kondisi drainase (Muntohar, 2014).

Sudarsono dan Hasibuan (2011) mengkaji karakteristik geologi teknik tanah residu batuan sedimen kuartar bawah daerah Kertajati, Majalengka, Jawa Barat. Penelitian dilaksanakan dengan metode pemetaan geologi teknik, dengan menggunakan alat uji sondir, selanjutnya mengambil sampel tanah dan diuji sifat sifat geoteknik tanahnya. Hasil penelitian menunjukkan tanah residu terdapat pada kedalaman 2,4 m – 14,2 m yang tersusun dari atas ke bawah tanah adalah lempung, lanau, pasir, dan batuan induk. Tanah residu ini didominasi oleh material berbutir halus dengan kode CH yaitu lempung dengan plastisitas tinggi.

Tanah *Colluvium* merupakan salah satu jenis dari tanah residu jika ditinjau dari media pembawanya. Tanah *Colluvium* dapat diartikan sebagai tanah yang terbentuk karena perpindahan dari tempat asalnya akibat adanya gaya gravitasi, seperti terjadinya longsor. Karakteristik tanah residu yang penting untuk diketahui adalah gradasi ukuran butirnya. Butiran halus biasanya cenderung terdapat pada lapisan permukaan tanah, dan butiran yang lebih besar berada pada bagian tanah yang lebih dalam (Muntohar, 2009). Tanah *Colluvium* biasanya terletak pada dasar lereng. Pada umumnya tanah ini bersifat tidak stabil. Selain tanah *Colluvium*, berdasarkan kedudukan terhadap posisi batuan dasarnya terdapat pula tanah Alluvial, Eolian, dan Glacial.

Penizek dkk. (2016) melakukan penelitian mengenai pengaruh resolusi data ketinggian terhadap prediksi spasial tanah *Colluvium* di Wilayah Luvisol. Plot penelitian terletak di Central Bohemia di Republik Ceko pada sebuah lahan pertanian. Tujuan spesifik dari penelitian ini adalah untuk menguji pengaruh resolusi piksel (1, 2, 3, 5, 10, 20, dan 30 m) pada tingkat keberhasilan umum model terapan, kinerja model yang berkaitan dengan tingkat spasial tanah *Colluvium* yang diprediksi, dan bentuk daerah yang digambarkan tanah *Colluvium*.

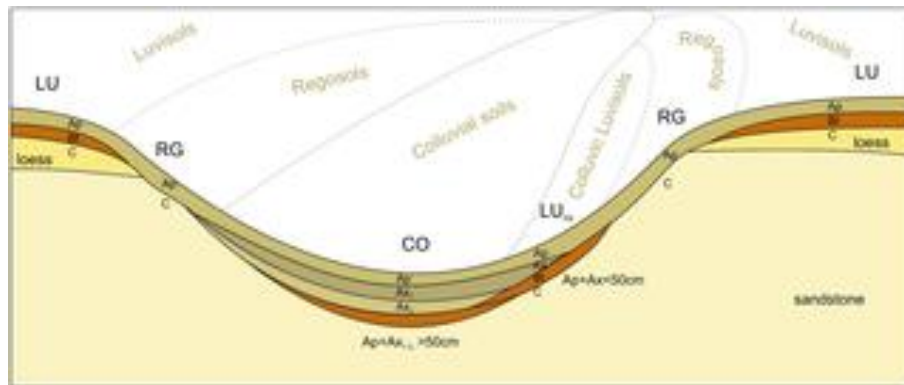


Gambar 2. 1 A.Gambar lokasi studi dan lokasi *sampling*, B.Gambar geomorfologi lokasi studi

Sumber: Penizek dkk. (2016)

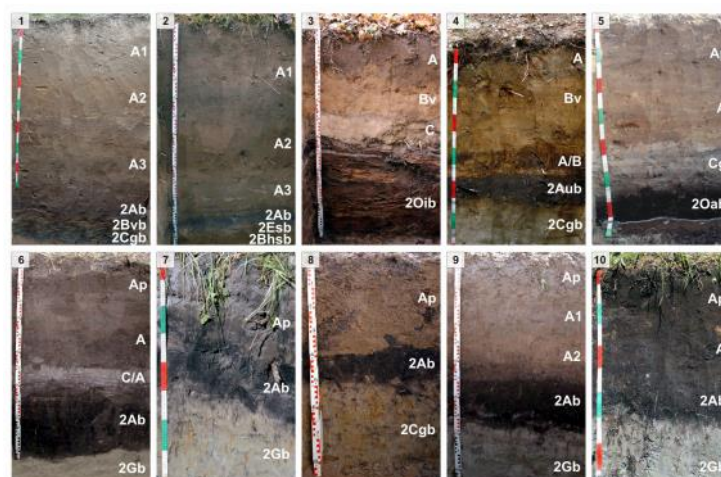
Metode penelitian yang dilakukan yaitu melakukan *sampling* dari medan lokasi, melakukan permodelan elevasi digital, dan melakukan permodelan prediksi spasial. Menurut survei, plot penelitian dibentuk oleh tanah Luvisols, Regosols, dan *Colluvium*. Dari 111 titik *sampling*, 72 diklasifikasikan sebagai Luvisols, 24, sebagai Regosol, dan 15 sebagai tanah *Colluvium*. Luvisols menempati area landai dan datar yang luas (dataran tinggi) dengan erosi yang terbatas dan merupakan unit tanah yang tidak terdegradasi. Regosol muncul di bagian cembung yang curam dari plot. Perkembangan tanah tersebut terjadi dengan cara menghilangkan lapisan atas karena erosi dan degradasi profil tanah. Tanah *Colluvium* dibentuk

oleh material yang kaya akan humus yang terakumulasi, dengan ketebalan maksimum 100 cm, membentuk area kontinu yang terbatas dari sisi-sisi lereng.



Gambar 2. 2 Toposequence tipe tanah pada lokasi studi (LU= *Luvisols*, RG= *Regosol*, dan CO= *Colluvium*)
Sumber: Penizek dkk. (2016)

Switoniak (2015) melakukan penelitian mengenai isu yang berkaitan dengan klasifikasi tanah *Colluvium* di daerah Morainic (Chelmno dan Distrik Brodnica Lake, Polandia Utara). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui posisi sistematis yang berkembang dari material *Colluvium* yang bervariasi dan mencoba untuk mengidentifikasi solusi untuk masalah klasifikasi yang berkaitan dengan pedon yang tidak memenuhi kriteria untuk membedakan tanah *Colluvium* Chernozemic. Investigasi pedon terjadi pada depresi asal yang berbeda atau berada dibagian bawah lereng. Semua tanah yang diuji saat ini (profil 5-10) atau pada masa lalu digunakan untuk pertanian (profil 1-4).



Gambar 2. 3 Morfologi tanah *Colluvium* yang diselidiki
Sumber: Switoniak (2015)

Analisa tanah standar dilakukan dengan menggunakan metode sebagai berikut: kandungan karbon organik total (TOC) - dengan oksidasi sampel dalam campuran $K_2Cr_2O_7$ dan H_2SO_4 dengan pemanasan eksternal; Kandungan $CaCO_3$ – metode volumetrik; Distribusi ukuran partikel – metode pipet dan saringan; pH rasio tanah terhadap larutan 1: 2,5 menggunakan 1 M KCl dan H_2O sebagai media suspensi; Keasaman hidrolitik dengan cara pencucian dengan amonium asetat pada pH 8,2; Kation dasar yang dapat ditukar dengan cara menlapinasi dengan 1 M amonium asetat pada pH 7,0 (sampel tidak bersyarat) dan pH 8,2 (sampel berkapur). Keasaman hidrolitik dan kandungan kation dasar yang dapat ditukar digunakan untuk menghitung saturasi basa (BS). Keaneka ragaman sifat dasar yang dicirikan untuk tanah *Colluvium* Chelmno dan Distrik Brodnica Lake, Polandia Utara mewakili spektrum luas tanah yang melampaui batas tanah Chernozemic (PSC2011). Tanah *Colluvium* Chernozemic yang diselidiki adalah hasil akumulasi tanah liat dan humus yang mengendap dan berkembang pada permukaan tanah hitam terutama pada depresi dari dataran tinggi datar dan bergelombang. Tanah *Colluvium* bersifat berpasir, asam atau mengandung sejumlah kecil bahan organik, terbentuk sebagai akibat erosi yang hebat dari tanah kering bertekstur kasar dan tanah berwarna karat. Terciptanya jenis baru tanah *Colluvium* berwarna karat di dalam urutan tanah berkarat karboksik sangat berguna dalam menentukan taksonomi posisi tanah *Colluvium* dalam perkembangan *sideric* horison. Definisi tanah *Colluvium* Chernozemic dapat diperluas ke tanah *Colluvium* dengan *umbric* horison.

B. Stabilisasi Tanah dengan Campuran Semen

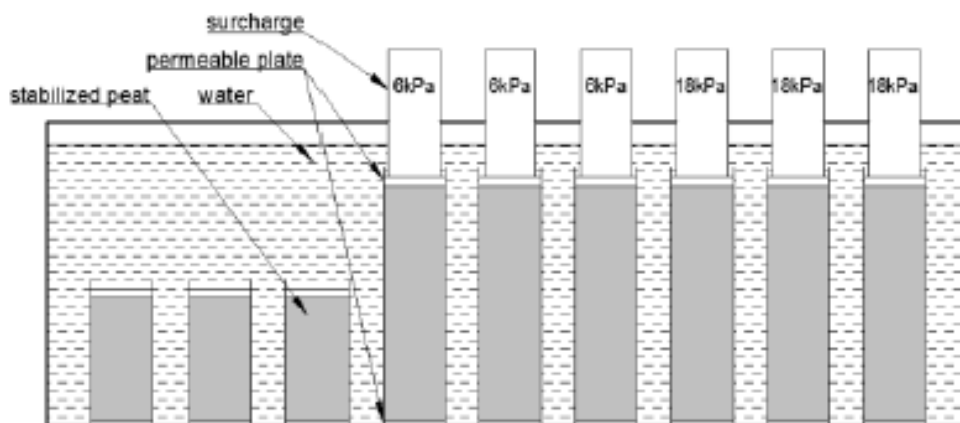
Stabilisasi dengan menggunakan bahan tambah seperti semen dapat digunakan untuk memperbaiki sifat teknis tanah, dengan mencampurkan tanah dengan semen dengan perbandingan tertentu. Perbandingan antara semen juga tanah akan menentukan kualitas campuran yang diinginkan. Semen digunakan untuk mereduksi atau menghilangkan secara total plastisitas material granuler yang akan digunakan untuk lapis pondasi jalan, sekaligus mempertinggi kekuatannya (Hardiyatmo, 2010).

Jaritngam dkk. (2014) melakukan penelitian mengenai kelayakan campuran tanah laterit-semen sebagai agregat pondasi dasar perkerasan dengan

menggunakan tanah laterit yang berasal dari provinsi Songkhla di Thailand selatan, sementara pecahan batu didapat dari Satun. Hal yang dikaji dalam penelitian ini meliputi mekanisme stabilisasi tanah-semen, investigasi mikrostruktur tanah, dan karakteristik kekuatan. Stabilisasi semen melibatkan tiga proses: hidrasi semen; Reaksi tukar kation dan reaksi karbonasi pozzolanic. Teknik XRD dan SEM digunakan untuk mempelajari sampel tanah dalam hal perubahan mikrostrukturnya yang berkaitan dengan peningkatan kekuatan dan identifikasi senyawa baru yang terbentuk sebagai hasil reaksi pozzolanic. Pengujian untuk menentukan kadar mineral tanah dilakukan pada Scientific Equipment Center, Universitas Prince Songkhla, Thailand. Dalam penentuan karakteristik kekuatan, dilakukan pengujian tekan bebas tanah, dimana pemadatan itu dicapai dengan prosedur Proctor yang dimodifikasi (ASTM D-1557) terhadap sampel tanah yang akan distabilisasi. Semen kemudian dicampur dalam 3%, 5%, 7% dan 9% terhadap berat kering tanah untuk mendapatkan sampel stabilisasi. Efek kandungan semen, curing time dan berat unit pada karakteristik kekuatan dan kekakuan campuran kemudian diselidiki. Spesimen untuk uji tekan bebas disiapkan berdasarkan kadar air optimum (OMC) dan kerapatan kering maksimum (MDD) sesuai prosedur pemaksaan Proctor dimodifikasi. Setelah pemadatan, spesimen dibungkus lembaran plastik dan dijaga pada suhu sekitar 28°C untuk periode 7, 14 dan 28 hari. Pada akhir setiap periode penyembuhan, spesimen dicelupkan ke dalam air dua jam sebelum pengujian. Stabilisasi adalah proses penambahan semen ke tanah laterit atau pecahan batu untuk menghasilkan bahan yang kekuatannya lebih besar dari aslinya. Penggunaan stabilisasi untuk memperbaiki sifat material menjadi semakin luas karena meningkatnya kekuatan dan kemampuan menyebarkan beban material ini dapat ditawarkan. Semen Portland Biasa (Tipe I) dapat digunakan secara efektif untuk menstabilkan tanah laterit. Sifat teknik, seperti kekuatan tekan bebas dan California Bearing Ratio, ditemukan untuk memperbaiki secara nyata sampel yang distabilisasi. Dapat disimpulkan bahwa pembentukan produk reaksi, seperti CSH, berkontribusi terhadap pengembangan kekuatan stabilisasi tanah semen; Dan pembentukan produk reaksi ini dipengaruhi oleh kandungan semen - semua ini dibuktikan oleh pola eksperimental XRD, mikrograf SEM, hasil UCS dan

CBR. UCS dan CBR dari laterit sampel akan meningkat secara signifikan setelah stabilisasi semen.

Skels dkk. (2013) melakukan penelitian mengenai sifat uji tekan bebas pada stabilisasi tanah gambut dengan semen dengan sampel tanah gambut yang didapat di daerah Riga, kota Garkanle. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi pengaruh kadar pengikat, perbedaan penambahan beban rata-rata, dan juga perkembangan uji tekan bebas pada laboratorium. KUNDA NORDIC CEM I 42.5N, semen Portland biasa digunakan untuk stabilisasi tanah di laboratorium. Binder dicampur dengan tanah di tiga dosis yang berbeda 200kg/m^3 , 250kg/m^3 dan 300kg/m^3 menggunakan mixer kelar M2-1500E-2 (2000W) sampai campuran homogen (kurang lebih. 10 menit). Kemudian campuran semen tanah ditempatkan dengan tangan di tabung plastik dengan diameter dalam 46mm. Tiga kondisi pemuatan khusus untuk masing – masing dosis pengikat yang berbeda diuji. Beban tambahan 18kPa dan 6kPa dimasukkan ke dalam sampel yang diisi pada tabung plastik panjang 200mm tak lama setelah mencampur tanah, sementara beban tambahan tidak dimasukkan ke dalam sampel yang terisi dalam tabung plastik panjang 100mm.



Gambar 2. 4 Sketsa benda uji yang dilakukan Skels dkk. (2013)

Semua sampel uji disimpan dalam wadah air yang memastikan bahwa air dapat berinteraksi dengan tanah yang stabil pada suhu kamar, yaitu sekitar 20°C . Pengujian tekan bebas dilakukan untuk mengevaluasi kekuatan sampel gambut stabil setelah 7, 14 dan akhirnya 28 hari disimpan dalam wadah air dengan tiga tingkat pemuatan yang berbeda. Semua spesimen uji disimpan dan kemudian diuji

dalam tiga uji, yaitu, ada tiga sampel yang sama untuk dosis pengikat dan beban pengangkutan yang sama. Sebelum pengujian, sampel tanah yang stabil disiapkan dengan perbandingan tinggi dengan diameter konstan. Sampel dipotong dan diratakan untuk membentuk permukaan ujung paralel. Uji tekan bebas dilakukan dengan alat elektromekanik Zwick Z100 sesuai dengan LVS EN 13286-41. Stabilisasi gambut-semen dengan dosis pengikat dari 200kg / m³ dan tanpa beban tambahan menunjukkan 73.2kPa, 90.5kPa, dan 113.0kPa kekuatan rata-rata setelah 7, 14, dan 28 hari curing untuk masing-masing sampel. Sedangkan gambut distabilkan dengan dosis pengikat dari 300kg / m³ dan 18kPa beban tambahan menunjukkan 242.9kPa, 305.0kPa, dan 355.8kPa kekuatan rata-rata setelah 7, 14, dan 28 hari curing untuk masing-masing sampel. Ini adalah kisaran data eksperimen, yaitu antara 73.2kPa dan 355.8kPa. Dalam studi ini, stabilisasi gambut dengan semen Portland biasa menunjukkan peningkatan kekuatan yang cukup bahkan lebih dari 20 kali kekuatan gambut alami dan stabilisasi gambut dengan 300kg / m³ Portland dosis semen dan 18kPa bahan tambahan. Kekuatan tekan bebas stabilisasi gambut bervariasi dari 108.0kPa sampai 403.3kPa setelah 28 hari pengobatan tergantung pada jumlah dosis pengikat dan tingkat beban tambahan. Baik efek dari dosis pengikat dan preloading pada kekuatan stabilisasi gambut perlu dievaluasi.

Primadona (2015) melakukan penelitian mengenai stabilitas tanah elastisitas rendah dengan semen. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui berapa besar pengaruh semen OPC dan semen PCC terhadap kenaikan nilai CBR dan UCS pada tanah plastisitas rendah yang telah distabilisasi, mencari kadar semen efektif untuk menstabilisasi tanah plastisitas rendah, membandingkan keefektifan antara semen OPC dan PCC berdasarkan hasil pengujian CBR dan UCS, dan membandingkan nilai IP vs UCS dan nilai IP vs CBR. Sampel tanah yang diuji dalam penelitian ini adalah lempung plastisitas rendah yang berasal dari persimpangan Inpress km.11 Perawang, Siak. Campuran variasi konten yang digunakan adalah 5%, 10%, 15%, 20% pada masing-masing semen OPC dan PCC untuk waktu penyembuhan yang sama selama 14 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan kadar semen campuran baik semen OPC semen dan semen PCC, maka nilai CBR dan UCS akan semakin

besar. Peningkatan maksimum nilai UCS pada campuran tanah dengan OPC 20% dan PCC 20%, dimana masing-masing nilai 6,2 MPa dan 2,6 MPa. Pada tingkat OPC 10% dan PCC 10%, nilai CBR masing-masing adalah 369,6% dan 189,8%. Hal ini menunjukkan bahwa semen OPC semen dan PCC dapat memperbaiki sifat fisik dan mekanik plastisitas tanah liat yang rendah. Semakin bertambahnya kadar semen baik semen OPC maupun semen PCC maka berat jenis tanah semakin meningkat, namun sebaliknya indeks plastisitas semakin menurun seiring bertambahnya kadar semen (OPC / PCC) yang dicampurkan pada tanah.

C. Uji Tekan Bebas

Uji tekan bebas merupakan tekanan aksial yang diperlukan untuk menekan suatu silinder tanah sampai pecah. Pengujian ini hanya cocok untuk jenis tanah lempung, dimana pada pembebanan cepat, air tidak sempat mengalir keluar dari benda ujinya. Tegangan aksial yang diterapkan diatas benda uji berangsur-angsur ditambah sampai benda uji mengalami keruntuhan.

Uji tekan bebas digunakan untuk mencari hubungan tegangan-regangan dan untuk mendapat nilai tegangan tekan maksimum yaitu q_u (kPa). Adapun perhitungan uji tekan bebas seperti pada persamaan (2.1).

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \quad 2.1$$

dengan, ε = regangan (%)

ΔL = perubahan panjang benda uji (cm)

L_0 = panjang benda uji semula (cm)

Cara menghitung luas penampang rata - rata benda uji dengan koreksi akibat pemendekan pada setiap pembebanan tergantung pada bentuk keruntuhan setiap pengujian. Ada 3 jenis bentuk keruntuhan, yaitu :

1. Koreksi luas penampang berupa keruntuhan getas dihitung dengan persamaan 2.2.

$$A = A_0 \quad 2.2$$

2. Koreksi luas penampang berupa keruntuhan berbentuk silinder dihitung dengan persamaan 2.3

$$A = \frac{A_0}{1 - \varepsilon} \quad 2.3$$

3. Koreksi luas penampang berupa keruntuhan berbentuk barel dihitung dengan persamaan 2.4

$$A = \frac{A_0}{1 - 0,6 \varepsilon} \quad 2.4$$

dengan, A = luas penampang rata – rata (cm²)

A₀ = luas penampang benda uji mula – mula (cm²)

ε = regangan (%)

Untuk menghitung tegangan aksial yang bekerja pada setiap pembebanan menggunakan persamaan 2.5.

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad 2.5$$

dengan, σ = tegangan (kg/cm²)

P = beban (kg)

A = luas penampang (cm²)

D. Desain Perkerasan Jalan dengan Metode Austroads 2004

Pada penelitian ini, digunakan metode Austroads 2004 dalam tebal perkerasan jalan . Pada tahun 2004, Austroads menerbitkan sebuah revisi utama pada Panduan tahun 1992, yang mencakup prosedur baru untuk perancangan trotoar untuk keandalan yang diinginkan dari penundaan lalu lintas , perbaikan karakterisasi bahan, perhitungan lalu lintas , dan prosedur perancangan ketebalan, bersama dengan tinjauan editorial dari keseluruhan Panduan. Bagian 2 merupakan revisi lebih lanjut untuk memperluas prosedur perancangan perkerasan dengan lalu lintas ringan, bersamaan dengan beberapa pemformatan ulang teks dan ulasan editorial. lapisan struktural termasuk dalam *Bagian 5: Pavement Evaluasi dan Perawatan*. Panduan ini dapat digunakan untuk:

- Perancangan perkerasan lentur untuk lalu lintas jalan raya konvensional

- Pengembangan bagan perkerasan lentur untuk kondisi tertentu yang diperlukan oleh pengguna (bagan contoh disertakan dalam Panduan untuk mendapatkan masukan dan kinerja yang spesifik Parameter)
- Perancangan perkerasan kaku untuk lalu lintas jalan konvensional.

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; dan
5. menentukan ditolak atau diterima desain perkerasan jalan yang sudah dibuat.

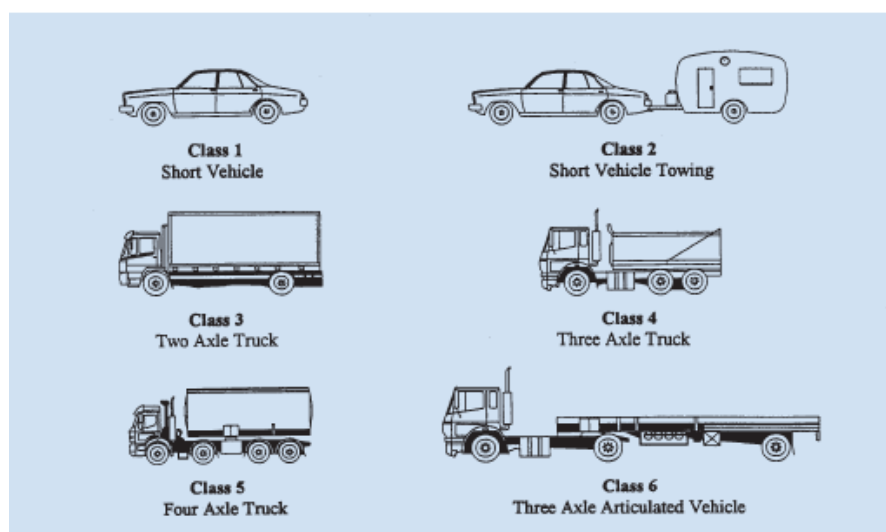
Adapun parameter dan prosedur dalam perancangan tebal perkerasan menggunakan metode Austroads 2004 dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Desain lalu lintas

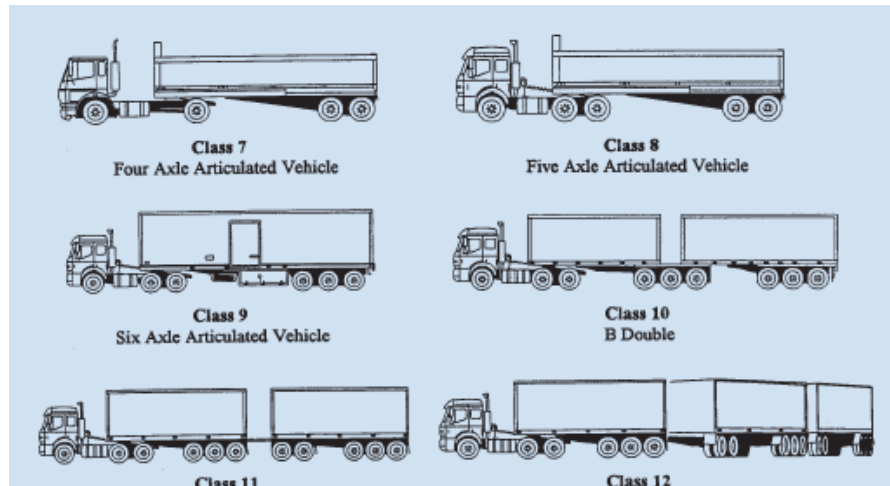
Perkerasan jalan harus cukup kuat dalam melayani lalu lintas kendaraan dan efek akumulasi pada lintasan kendaraan. Austroads (2004) membedakan jenis kendaraan menjadi dua yaitu kendaraan ringan dan kendaraan berat. Kinerja perkerasan jalan hanya dipengaruhi oleh adanya kendaraan berat yang melintas diatas 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 (Austroads, 2014)

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>Four Axle Truck</i>	4	2 atau 3
6	<i>Long</i>	<i>Three Axle Articulated</i>	3	3
7		<i>Four Axle Articulated</i>	4	>2
8		<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
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



Gambar 2. 5 Jenis kendaraan berdasarkan sistem klasifikasi Austroads



Gambar 2. 6 Lanjutan

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

a. Periode desain (*Design Period*)

Periode desain diadopsi oleh perancang perkerasan mencakup rentang waktu yang dianggap sesuai untuk perkerasan jalan agar berfungsi tanpa rehabilitasi atau rekonstruksi besar. Dengan demikian, ini adalah parameter mendasar dalam keseluruhan proses pengelolaan perkerasan. Selain peran langsung dalam memperkirakan kuantum lalu lintas perancangan untuk latihan perancangan perkerasan, hal ini juga menjadi dasar ekspektasi bagaimana perkerasan jalan raya yang dibangun akan dilakukan. Selanjutnya, hal ini memberikan masukan awal ke dalam pemrograman jaringan jangka panjang untuk pekerjaan rehabilitasi atau rekonstruksi besar di masa depan.

Dalam memilih periode, berikut merupakan isu-isu yang relevan:

- Dana tersedia untuk proyek
- Pentingnya jalan
- Kemungkinan penyelarasan kembali masa depan untuk memperbaiki standar geometris jalan. Jika memungkinkan, akan lebih bijaksana bila mengadopsi periode yang sesuai dengan perkiraan waktu untuk penyelarasan kembali di masa depan
- Kemungkinan peningkatan kapasitas jalan di masa depan yang besar yang membutuhkan perbaikan. Jika mungkin maka akan lebih bijaksana untuk

mengadopsi periode yang sesuai dengan waktu di mana diperkirakan bahwa kapasitas lalu lintas akan tercapai

- Kemungkinan faktor-faktor selain lalu lintas (misalnya subgrades reaktif, konsolidasi material pengisi atau strata tanah yang kompresibel) akan menyebabkan masalah yang memerlukan rehabilitasi atau rekonstruksi besar, sebelum adanya tekanan yang berkaitan dengan beban. Jika mungkin, mungkin lebih bijaksana memilih periode yang lebih pendek daripada yang seharusnya terjadi
- Kemungkinan tingkat tetap yang ada (curb dan talang, clearance di bawah struktur overhead, dll.) Yang membatasi pemilihan perawatan rehabilitasi ke pilihan yang lebih mahal. Jika mungkin, mungkin lebih bijaksana memilih periode perancangan yang lebih lama daripada yang seharusnya terjadi

Periode desain dapat ditentukan oleh desainer berdasarkan pertimbangan pemilik proyek atau sesuai anjuran Austroads (2004) seperti yang terdapat pada Tabel 2.2.

Tabel 2. 2 Periode desain perkerasan jalan (Austroads, 2004)

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

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

Pertumbuhan volume lalu lintas biasanya (dan mudah) ditentukan sebagai persentase peningkatan volume lalu lintas tahunan - pernyataan khas adalah 'tingkat pertumbuhan tahunan adalah R%'. Dengan mengadopsi spesifikasi pertumbuhan ini dan dengan pertumbuhan majemuk yang terjadi sepanjang periode perancangan, faktor pertumbuhan kumulatif (bila konstan) selama periode disain dapat dihitung dengan mudah sebagai berikut:

$$CGF = \frac{(1+0,01R)^P - 1}{0,01R} \quad \text{untuk } R > 0; \quad 2.6$$

$$CGF = P \quad \text{untuk } R = 0; \quad 2.7$$

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*)

Faktor distribusi lajur dapat ditentukan dengan cara asumsi berdasarkan jenis jalan dan jumlah lajur yang ada pada ruas jalan. Sistem *Weight in Motion* (WIM) digunakan untuk menyediakan spesifikasi muatan lalu lintas kendaraan berat yang melewati jalan. Jika informasi spesifik proyek tidak tersedia, maka Tabel 7.3 memberikan panduan mengenai proporsi pemuatan lalu lintas kendaraan berat yang disyaratkan untuk jalur. Proporsi yang ditugaskan ke jalur tertentu disebut *Lane Distribution Factor* (LDF) untuk jalur.

Tabel 2. 3 Nilai asumsi faktor distribusi arah (LDF)

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

e. Angka kelompok sumbu per kendaraan berat

Angka kelompok sumbu per kendaraan berat dapat ditentukan dengan cara dihitung berdasarkan data lalulintas yang ada atau dengan cara asumsi berdasarkan jenis jalan. Dengan tidak adanya data Counter WIM atau Klasifikasi, nilai dugaan N_{HVAG} perlu dikemukakan. Lampiran D menyediakan daftar nilai N_{HVAG}

berdasarkan data WIM yang diperoleh di lokasi di seluruh Australia. Selain itu, nilai N_{HVAG} yang khas untuk jalan pedesaan dan jalan perkotaan dengan trafik sedang ke berat telah dihitung dengan menggunakan data WIM ini. Nilai dugaan ini diberikan pada Tabel 2. 4.

Tabel 2. 4 Nilai asumsi angka kelompok sumbu per kendaraan berat

Jenis Jalan	N_{HVAG}
Rural	2,8
Urban	2,5

f. Jumlah kumulatif kelompok sumbu kendaraan berat

$$N_{DT} = 365 \times (AADT * DF) \times \frac{\%HV}{100} \times N_{HVAG} \times LDF \times CGF \quad 2.8$$

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

$AADT$ = lalulintas harian rata-rata tahunan (kendaraan/hari);

DF = distribusi arah;

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

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

LDF = faktor distribusi arah;

CGF = faktor pertumbuhan kumulatif.

g. Distribusi Beban Lalulintas

Distribusi beban lalulintas (TLD) 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 beban standar (SAR) yang diizinkan untuk setiap tipe kerusakan. Langkah awal dalam menghitung SAR adalah menentukan desain lalulintas dalam ekuivalen sumbu standar (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. Dengan tidak adanya data WIM, TLD dugaan perlu dipilih. 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.

Tabel 2. 5 Representasi distribusi beban lalulintas (TLD) untuk 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</i>	SARs/ESA	1,6	1,6
	Kelelahan material bersemen	SARc/ESA	12	12

h. Jumlah ekuivalen sumbu standar desain dan repetisi sumbu standar desain

Lalulintas desain dalam perancangan perkerasan lentur dapat diartikan sebagai jumlah total repetisi sumbu standar (SAR) untuk setiap tipe kerusakan yang menyebabkan kerusakan yang sama selama periode desain. Dalam menentukan jumlah total repetisi sumbu standar desain (DSAR), perlu dihitung terlebih dahulu nilai ekuivalen sumbu standar desain dari beban lalulintas (DESA) menggunakan persamaan berikut :

$$DESA = ESA / HVAG \times N_{DT} ; \quad 2.9$$

dimana $ESA / HVAG$ = rata-rata angka ekuivalen 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 :

$$DSAR_{asc} = SAR_{asc} \times DESA; \quad 2.10$$

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 AUSTRROADS harus dengan cara *trial and error*. Desainer diperbolehkan memilih material berdasarkan ketentuan yang terdapat dalam panduan AUSTRROADS 2004 ataupun material baru yang tidak terdapat dalam panduan AUSTRROADS 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 granuler dapat digunakan Tabel 2.7.

Tabel 2. 6 Nilai asumsi karakteristik elastis material granuler

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

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 :

$$E_V = 10 \times CBR; \quad 2.11$$

$$E_H = 0,5 \times E_V; \quad 2.12$$

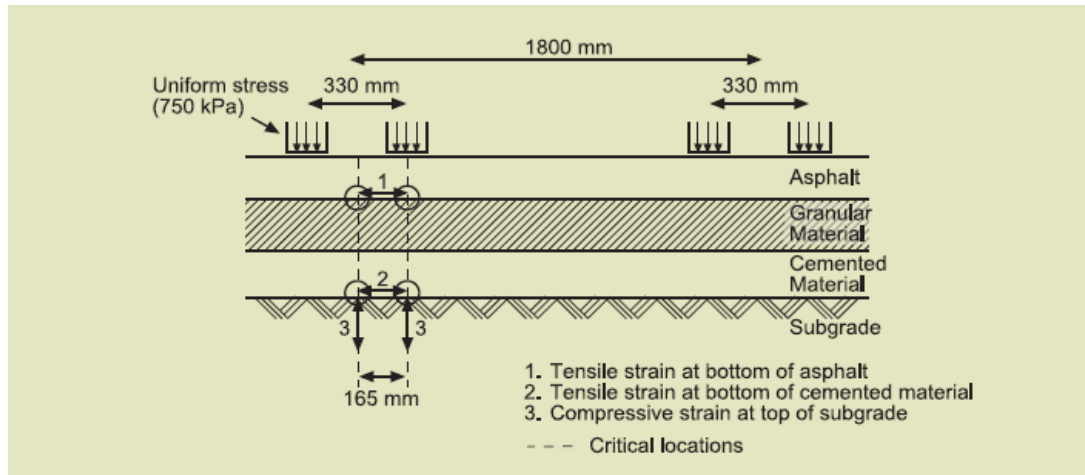
$$f = \frac{E_V}{1 + V_V}; \quad 2.13$$

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

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.



Gambar 2. 7 Model perkerasan dengan prosedur mekanistik

d. Jumlah Repetisi beban sumbu standar yang diizinkan

Jumlah repetisi beban sumbu standar (SAR) yang diizinkan berbeda untuk setiap lapis perkerasan. Jumlah repetisi beban sumbu standar (SAR) yang diizinkan merupakan batasan pengulangan beban lalu lintas 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

$$N_s = \left(\frac{9300}{\mu\varepsilon} \right)^7; \quad 2.14$$

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

$\mu\epsilon$ = regangan tekan maksimum (microstrain)
(didapat dari program CIRCLY).

2) Jumlah repetisi yang diizinkan untuk material bersemen

$$N_C = RF \left(\frac{\left(\frac{113000}{E^{0,804}} + 191 \right)}{\mu\epsilon} \right)^{12}; \quad 2.15$$

Dimana, N_c = jumlah repetisi yang diizinkan untuk material bersemen (SAR);

E = modulus material bersemen (MPa);

$\mu\epsilon$ = regangan tarik maksimum (microstrain)
(didapat dari program CIRCLY);

RF = *reliability factors* (lihat Tabel 2. 7).

Tabel 2. 7 *Reliability factors* untuk kelelahan material bersemen

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

3) Jumlah repetisi yang diizinkan untuk aspal beton

$$N_A = RF \left(\frac{6918(0,856 \times V_B + 1.08)}{S_{MIX}^{0,36} \mu\epsilon} \right)^5; \quad 2.16$$

dimana N_A = jumlah repetisi yang diizinkan untuk aspal beton (SAR);

S_{MIX} = Modulus material aspal beton (MPa);

$\mu\epsilon$ = regangan tarik maksimum (microstrain)
(didapat dari program CIRCLY);

RF = *reliability factors* (lihat Tabel 2. 7);

V_B = persentase volume bitumen pada aspal (%).

Tabel 2. 8 *Reliability factors* untuk kelelahan aspal

Project Reliability				
80%	85%	90%	95%	97,5%
2,5	2,0	1,0	1,0	0,67