

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

2.1.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian yang dilakukan oleh Syaifullah dkk. (2013) tentang Analisis Pengaruh Beban Berlebih Kendaraan Terhadap Pembebanan Biaya Pemeliharaan Jalan (di Ruas Jalan Lintas Timur Sumatera, Kayu Agung-Palembang). Hal yang melatar belakangi penelitian ini adalah banyaknya perilaku pemakai jalan yang melewati jalan dengan membawa muatan berlebih (*overloading*) menjadi penyebab cepatnya rusak jalan tersebut yang terjadi dijalan Lintas Timur Sumatera. Oleh sebab itu dianggap perlu melakukan penelitian dan kajian mengenai beban berlebih kendaraan terhadap umur pelanayan jalan serta mengetahui penimbangan kendaraan. Penelitian ini menggunakan dan memperhitungkan umur rencana dari analisis data lendutan balik dan perbandingan nilai CESA (*Cummulative Equavalent Standard Axle*) rencana dengan CESA nyata. Tiap kendaraan yang lewat dibebankan secara berbeda dan disesuaikan dengan beban sumbu kelebihannya. Hasil dari penelitian ini sisa umur yang terjadi dijalan ini berdasarkan lendutan adalah sebesar 2,104 tahun, berdasarkan perbandingan CESA dan CESA nyata umur rencana yang sudah tercapai pada tahun ke 8 mengalami kehilangan umur 2 tahun.

Penelitian yang dilakukan oleh Wandu dkk. (2016) tentang Analisis Kerusakan Jalan Akibat Beban Berlebih (di Jalan Banda Aceh-Meulaboh KM 69 sampai dengan KM 150). Penelitian ini dilatar belakangi kendaraan yang melewati jalan ini kendaraan yang melewati melebihi beban yang berlebih (*overloading*) tidak sesuai dengan beban yang ditentukan khususnya kendaraan berat seperti truk. Penelitian ini melakukan secara langsung melalui survey berat lalu lintas dari angkutan barang dengan timbangan *portable* pada KM 148. Pada jalan nasional didapat total pelanggaran sebesar 45,57% dari jumlah keseluruhan kendaraan truk. Hasil dari penelitian ini didapat menunjukkan nilai VDF dengan kondisi berlebih jauh lebih besar dibandingkan nilai VDF normal yaitu sebesar

219%. Dari analisis nilai CESA (*Cummulative Equavalent Standard Axle*) kondisi ini mengurangi umur layan sebesar 9 tahun sedangkan dari persamaan efektif massa sisanya menjadi 10,77 dari umur yang direncanakan 20 tahun.

Saleh dkk. (2009) melakukan penelitian Pengaruh Muatan Truk berlebih terhadap Biaya Pemeliharaan Jalan. Latar belakang penelitian ini peran jalan dalam sistem transportasi strategis, tidak dapat disangkal bahwa jalan mempunyai peranan dalam bidang ekonomi, budaya, hamkam dan sosial. Dilihat dari besarnya tuntutan dari masyarakat sangat besar dalam menggunakan jalan dan dapat memberikan rasa nyaman, namun pada kenyataanya yang truk yang melewati jalan tersebut melebihi muatan (*overloading*) dari Jumlah Beban Ijin (JBI). Penelitian ini melakukan dengan survey tentang Jumlah Beban Ijin (JBI) kendaraan dan memperhitungkan nilai VDF dan rasio kelebihan muatan terhadap beban sesuai JBI. Hasil dari penelitian ini didapat muatan berlebih dari truk sebesar 50% sehingga mempengaruhi pemeliharaan hingga 2,5 kali dari rencana biaya pemeliharaan rutin dalam rentang waktu masa layan.

Sentosa dan Roza (2012), mengkaji Analisis Dampak beban *Overloading* Kendaraan pada Struktur *Rigid Pavement* Terhadap Umur Rencana Perkerasan (di Ruas Jalan Simpang Lago – Sorek km 77 Sampai dengan 78). Penelitian ini dilatar belakangi karena adanya 45% kerusakan jalan yang terjadi di provinsi riau disebabkan karena beban kendaraan berlebih. Pada penelitian ini menggunakan perhitungan metode AASHTO 1993. Berat yang terjadi pada kendaraan dibagi dengan berdasar pendistribusian beban sumbu kendaraan pada tiap golongan kendaraan. Menentukan angka ekivalen didapat dengan cara menyubstitusikan beban sumbu kendaraan pada analisis ESAL (*Equivalent Single Axle Load*). Dari perhitungan maka akan didapat nilai kumulatif ESAL pada tahun pertama setelah jalan tersebut dibuka sampaidengan akhir umur rencana. Kemudian dari besarnya umur sisa perkerasan jalan didapat dengan membandingkan nilai ESAL pada tahun survey dan akhir umur rencana jalan. Sehingga hasil penelitian didapat bahwa kelebihan muatan rata-rata pada jembatan timbang Balai Raja Duri, Terminal Barang Dumai dan PT. RAPP berturut-turut adalah 17,98%, 63,53%, 77,33%. Berdasarkan dari desain umur rencana selama 20 tahun nilai kumulatif ESAL sebesar 64.533.642 ESAL, maka terjadi penurunan umur layanan jalan

sebesar 8 tahun. Kemudian hasil dari perhitungan persamaan *Remmaning Life AASHTO* 1993 sisa umur rencana perkerasan hanya 54,75% dan terjadi pengurangan umur layanan perkerasan sebesar 25,94%.

Penelitian yang dilakukan oleh Sari (2014) tentang Analisa Beban Kendaraan Terhadap Derajat Kerusakan Jalan dan Umur Sisa (di Ruas Jalan Batas Provinsi Jambi – Peninggalan, Sumatera Selatan) dilatar belakangi oleh banyaknya kendaraan yang melewati atau melintas pada jalan tersebut tidak sesuai dengan beban maksimum yang telah ditetapkan, sehingga dapat menyebabkan terjadinya pembebanan yang berlebih pada perkerasan jalan sehingga dapat mempengaruhi dan pengurangan umur rencana pada jalan tersebut. Pada penelitian ini metode yang digunakan yaitu dengan menghitung nilai ESAL dari angka ekivalen pada masing-masing golongan kendaraan dan selanjutnya mencari nilai sisa umur perkerasan jalan. Dari hasil penelitian, dapat diketahui bahwa banyak kendaraan yang melakukan pelanggaran *overloading* yaitu sebanyak 50-60% tiap golongannya. Untuk perhitungan nilai sisa umur perkerasan pada keadaan normal didapat sisa umur jalan 99,995% yang mana sisa umur perkerasan tersebut masih pada kondisi kategori aman. Sedangkan perhitungan sisa umur pada keadaan kelebihan muatan (*overloading*) didapat sisa umur 49,393%.

Penelitian tentang pengaruh beban berlebih (*overloading*) dilakukan oleh Simanjuntak dkk. (2014) tentang Analisis Pengaruh Muatan Lebih (*Overloading*) Terhadap Kinerja Jalan dan Umur Rencana Perkerasan Lentur (di Ruas Jalan Raya Pringsurat, Ambarawa – Magelang). Pada penelitian ini didasarkan pada salah satu penyebab dari penundaan lalu lintas transportasi darat adalah karena adanya kendaraan yang bermuatan lebih (*overloading*). Pada ruas Jalan Pringsurat – Magelang merupakan jalan yang menghubungkan transportasi darat yang ada di Jawa Tengah. Maka dari itu sarana serta prasarana pada transportasi darat haruslah memadai dan baik terutama mengenai beban maksimum pada kendaraan yang diizinkan. Pada penelitian ini menggunakan analisis hitungan berdasarkan Bina Marga 2002 dengan mencari angka pertumbuhan lalu lintas menggunakan metode regresi dan eksponensial, angka ekivalen kendaraan, perhitungan derajat kejenuhan serta menghitung nilai ESAL (*Equivalent Single Axle Load*) bedasar pada MST aktual yang berada di lapangan. Dari hasil analisis data didapat bahwa

berdasarkan beban ideal dengan waktu prediksi 10 tahun dan $i = 4,78 \%$, diperoleh nilai ESAL sumbu standar sebesar 49.436.988,7379 ESAL. Sedangkan dengan prediksi waktu dan nilai i yang sama pada beban lalu lintas aktual diperoleh nilai ESAL sebesar 85.635.326,5941 ESAL. Sehingga didapat penurunan umur rencana akibat beban berlebih (*overloading*) menyebabkan sisa umur layan 5,6 tahun dari umur rencana 10 tahun.

Martina dkk. (2018) melakukan Kajian Beban Aktual Kendaraan Pada konstruksi Jalan Menggunakan *Weigh In Motion (WIM)*. Penelitian ini dilatar belakangi oleh infrastruktur jalan menjadi peranan penting sebagai salah satu prasarana transportasi darat di aceh. Mobilitas transportasi terus meningkat, sehingga kontruksi jalan mengalami pembebanan (volume lalu lintas meningkat). Penambahan beban lalu lintas atau kelebihan muatan (*overloading*) menyebabkan kerusakan pada permukaan jalan. Penelitian ini menggunakan metode analisis deskriptif dan *Weigh In Motion* sebagai data primer. Data yang diukur adalah panjang kendaraan, konfigurasi berat dan jarak sumbu kendaraan, kecepatan serta jenis kendaraan. Data yang diperoleh kemudian dianalisis dan mendapatkan nilai Faktor Perusak Jalan. Dari hasil penelitian didapatkan terjadinya *overloading* kendaraan truk 2 sumbu dan 3 sumbu. Hal ini menyebabkan pemeliharaan rutin.

Penelitian yang dilakukan Situmorang dkk. (2013) tentang Analisis Kinerja dan Perkerasan Lentur akibat Pengaruh Muatan Lebih (*Overloading*) (di Ruas Jalan Semarang – Kendal). Penelitian ini dilatar belakangi karena sering terjadinya peningkatan volume lalu lintas pada Jalan Pantura di ruas jalan Semarang – Kendal, terutama pada peningkatan lalu lintas kendaraan truk yang mengalami kelebihan muatan (*overloading*). Penelitian ini menggunakan metode menganalisis pengaruh muatan lebih pada penelitian ini digunakan metode Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) yaitu untuk analisa kinerja lalu lintas terhadap jalan dan Metode Bina Marga 2002 untuk analisa kebutuhan lapisan tambahan yang diakibatkan oleh *overloading*. Dari hasil analisis diperoleh nilai ESAL pada sumbu standar prediksi waktu 10 tahun dan tingkat pertumbuhan $i = 8,73\%$ sebesar 86.158.584,17 ESAL (*Equivalent Single Axle Load*). Sedangkan dengan prediksi waktu dan nilai pertumbuhan i yang sama pada beban lalu lintas aktual diperoleh nilai ESAL sebesar 274.778.073,03 ESAL. Sehingga didapat

penurunan umur rencana akibat beban berlebih (*overloading*) mengakibatkan sisa umur 4,2 tahun dari umur rencana 10 tahun.

Syafriana dkk. (2015) melakukan penelitian Evaluasi Umur Layan Jalan dengan Memperhitungkan Beban Berlebih di Ruas Jalan Lintas Timur Provinsi Aceh (di Jalan Bireuen Batas Kota Lhokseumawe). Penelitian ini didasari karena terdapat kerusakan jalan lebih cepat dari pada umur rencana jalan. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah menggunakan pedoman dari perencanaan tebal lapis tambahan pada perkerasan lentur dengan metode lendutan. Berdasarkan dari analisis yang dilakukan diperoleh hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai *Vehicle Damage Factor* (VDF) pada kondisi dengan beban *overloading* lebih besar 696% dibandingkan dengan nilai VDF pada kondisi beban normal. Sedangkan berdasarkan hasil analisis *Cummulative Equivalent Standard Axle* (CESA) bahwa pada ruas jalan tersebut terjadi penurunan umur sebesar 4,3 tahun dari umur rencana yaitu 10 tahun.

Penelitian yang dilakukan oleh Cahyono (2012) tentang Pengaruh Beban Lalu Lintas Terhadap Kerusakan di Jalan Raya Ngawi-Caruban. Latar belakang penelitian ini adalah sering terjadinya kerusakan akibat kendaraan berat yang melewati jalan tersebut membawa beban berlebih (*overloading*). Metode yang digunakan adalah menganalisis kerusakan jalan dengan Metode *Pavement Condition Index* (PCI) untuk mengetahui nilai kondisi perkerasan jalan, dengan mengetahui persentase LHR, jenis kerusakan dan kelebihan beban. Hasil yang didapat dari penelitian ini adalah kelebihan muatan tiap golongan rata-rata sebesar 5% sampai dengan 30%, kelebihan maksimal kelebihan kendaraan sebesar lebih dari 90% dari tiap muatan kendaraan. Hal ini menyebabkan kerusakan pada permukaan jalan.

Dari beberapa penelitian diatas maka diketahui bahwa sering terjadinya pelanggaran yang dilakukan oleh pengendara kendaraan berat yang membawa beban berlebih (*overloading*) dan tidak sesuai dengan perencanaan pada ruas jalan atau standar yang telah ditetapkan. Perbedaan pada penelitian kali ini akan menganalisis beban berlebih (*overloading*) dan pengaruh kecepatan terhadap umur rencana jalan atau pengurangan umur rencana di Ruas Jalan Raya

Yogyakarta – Solo, serta pengaruh terhadap ketebalan dari perkerasan dan kerusakan yang ditimbulkan akibat *overloading*.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Umum

Jalan merupakan prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi lalu lintas, yang berada pada permukaan tanah, di atas permukaan tanah, jalan juga sebagai fasilitas yang dibutuhkan di setiap negara bahkan daerah dan pemerintah sebagai prasarana yang mendukung dalam memberikan pelayanan mendukung pada bidang pendidikan, budaya, politik, sosial, pekerjaan serta dapat meningkatkan kegiatan ekonomi. Disamping itu, jalan merupakan kebutuhan masyarakat, bangsa, dan negara sebagai distribusi barang dan jasa.

Perkerasan jalan merupakan lapisan yang terletak diantara lapisan tanah dasar dan roda kendaraan, sehingga lapisan adalah yang berhubungan langsung dengan kendaraan. Lapisan ini juga berfungsi memberikan pelayanan terhadap lalu-lintas dan menerima beban repetisi dari lalu-lintas setiap harinya, dalam hal ini pada waktu penggunaannya diharapkan tidak mengalami kerusakan-kerusakan yang dapat menurunkan kualitas pelayanan lalu-lintas.

2.2.2 Klasifikasi Jalan

Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No 03 tahun 2012 adapun klasifikasi jalan di Indonesia :

1. Jalan Arteri Primer

Jalan arteri primer adalah jalan yang menghubungkan antar pusat kegiatan nasional atau antar pusat kegiatan nasional yang terjadi terhadap kegiatan wilayah.

2. Jalan arteri sekunder

Jalan arteri sekunder adalah jalan yang menghubungkan daerah kawasan primer dengan daerah kawasan sekunder pertama, kawasan sekunder pertama dengan kawasan sekunder pertama, atau kawasan sekunder pertama dengan kawasan sekunder kedua.

3. Jalan arteri Primer

Jalan kolektor primer adalah jalan yang terdiri dari jalan primer kesatu, jalan kolektor primer kedua, jalan kolektor primer ketiga, dan jalan kolektor primer keempat.

4. Jalan Kolektor Sekunder

Jalan kolektor sekunder adalah jalan yang akan menghubungkan wilayah sekunder kedua dengan wilayah sekunder kedua, atau yang menghubungkan wilayah sekunder kedua dengan wilayah sekunder ketiga.

5. Jalan Lokal Primer

Jalan lokal primer adalah jalan yang menghubungkan kawasan pusat kegiatan nasional dengan pusat kegiatan wilayah lingkungan, pusat kegiatan wilayah dengan pusat kegiatan pusat kegiatan wilayah lingkungan, atau pusat kegiatan lokal dengan kegiatan pusat kegiatan wilayah lingkungan dan antar pusat kegiatan wilayah lingkungan.

6. Jalan Lokal Sekunder

Jalan lokal sekunder adalah jalan yang dihubungkan dari kawasan sekunder pertama dengan daerah perumahan, kawasan sekunder kedua dengan daerah perumahan, kawasan sekunder ketiga dan selanjutnya sampai ke perumahan.

7. Jalan Lingkungan Primer

Jalan lingkungan primer adalah jalan yang dihubungkan dari antar pusat kegiatan yang terdapat didalamnya kawasan pedesaan dan jalan yang terdapat didalamnya lingkungan kawasan pedesaan.

8. Jalan Lingkungan Sekunder

Jalan lingkungan sekunder adalah jalan yang dihubungkan dari antar persil yang terdapat didalamnya kawasan perkotaan.

Prosedur penetapan status jalan yang dilakukan dengan memperhatikan fungsi jalan yang telah diterapkan oleh:

- a. Menteri, untuk jalan nasional
- b. Gubernur, untuk jalan provinsi
- c. Gubernur, untuk jalan kota atau kabupaten

d. Gubernur, untuk jalan pedesaan

Pengelompokan kelas jalan berdasarkan peraturan pemerintah no 22 tahun 2009, kelas jalan terbagi kedalam kelas I, II, III, dan berdasarkan kemampuan jalan dalam menampung beban yang dilalui maka ada beban Gandar Maksimum Muatan Sumbu Terberat (MST) tertentu. Muatan sumbu terberat yang diterapkan di negara indonesia yaitu MST 8 Ton dan MST 10 Ton, seperti yang tercantum pada Tabel 2.1 berikut ini.

Tabel 2.1 Tabel Kelas jalan dan MST yang diijinkan (UU No 22 tahun 2009 pasal 19 ayat 2)

KELAS JALAN	FUNGSI JALAN	Dimensi Maksimum dan Muatan Sumbu Terberat (MST) Kendaraan Motor yang harus ditampung			
		Lebar (mm)	Panjang (mm)	MST (Ton)	Tinggi (mm)
I	Arteri dan Kolektor	2500	18000	>10	Ukuran paling tinggi 4200 mm
II	Arteri, Kolektor, lokal, dan Lingkungan	2500	12000	10	
III	Arteri, Kolektor, lokal, dan Lingkungan	2100	9000	8	Ukuran paling tinggi 3500 mm
Khusus	Arteri yang dapat dilalui kendaraan bermotor	2500	18000	>10	Ukuran paling tinggi 4200 mm

Dari tabel diatas dapat kita simpulkan bahwa terdapat 4 (empat) bagian kategori kendaraan yang diizinkan melewati jalan-jalan umum sebagai berikut:

1. Jalan kelas I yaitu kendaraan bermotor yang memiliki dan dapat dilalui dengan ukuran lebarnya sebesar 2500 mm, ukuran panjang kendaraan sebesar 18000 mm, ukuran tinggi yang diizinkan tidak lebih 4200 mm, serta muatan sumbu terberat (MST) lebih dari 10 ton. Beban kendaraan ini diizinkan pada jalan arteri dan kolektor.
2. Jalan kelas II yaitu kendaraan bermotor yang memiliki dan dapat dilalui dengan ukuran lebarnya sebesar 2500 mm, ukuran panjang kendaraan sebesar 12000 mm, ukuran tinggi yang diizinkan tidak lebih 4200 mm,

serta muatan sumbu terberat (MST) sebesar 10 ton. Beban kendaraan ini diizinkan pada jalan arteri, kolektor, lokal, dan lingkungan.

3. Jalan kelas III yaitu kendaraan bermotor yang memiliki dan dapat dilalui dengan ukuran lebarnya sebesar 2100 mm, ukuran panjang kendaraan sebesar 9000 mm, ukuran tinggi yang diizinkan tidak lebih 3500 mm, serta muatan sumbu terberat (MST) sebesar 8 ton. Beban kendaraan ini diizinkan pada jalan arteri, kolektor, lokal, dan lingkungan.
4. Jalan khusus yaitu kendaraan bermotor yang memiliki dan dapat dilalui dengan ukuran lebarnya sebesar 2500 mm, ukuran panjang kendaraan sebesar 18000 mm, ukuran tinggi yang diizinkan tidak lebih 4200 mm, serta muatan sumbu terberat (MST) lebih dari 10 ton. Beban kendaraan ini diizinkan pada jalan arteri.

Ketentuan yang di atas merupakan faktor yang penting agar terwujudnya prasarana transportasi yang aman, jalan arteri dapat memikul beban yang diterima sesuai standar yang dikeluarkan, begitupula pada jalan lokal, kolektor serta lingkungan yang memiliki standar beban yang dapat diterimanya. Dengan demikian beban yang sudah ditetapkan dalam peraturan, pelanggaran yang terjadi dalam perjalanan sehari-hari dengan membawa muatan yang tidak seharusnya dapat menyebabkan umur pelayanan jalan akan berkurang, misalnya pada jalan kelas II yang memiliki MST 10 ton, jika yang dilewati melebihi MST tersebut maka akan menyebabkan beban berlebih (*overloading*) sehingga jalan tersebut akan cepat rusak.

Pada jalan yang rusak akan menyebabkan banyaknya masalah yang ditimbulkan diantaranya adalah kecepatan yang dilalui kendaraan tidak sesuai dengan kecepatan yang ditentukan dikarenakan permukaan jalan yang tidak merata. Hal ini menyebabkan dan membahayakan kendaraan yang melewati jalan tersebut.

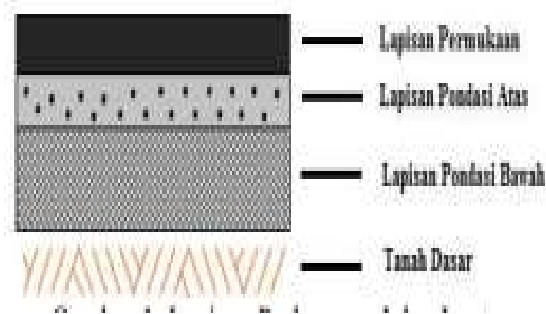
2.2.3 Jenis Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan adalah lapisan yang terdapat diantara lapisan tanah dasar dan roda kendaraan, sehingga roda kendaraan yang langsung berhubungan dengan lapisan tanah. Menurut Sukirman (1999) perkerasan jalan memiliki fungsi yaitu menahan dan menopang beban lalu lintas. Perkerasan jalan terdiri dari bahan

pengikat dan agregat. Agregat berupa batu belah, batu kali ataupun batu pecah. Berdasarkan bahan pengikatnya, konstruksi perkerasan jalan dapat dibedakan 3 jenis yaitu perkerasan lentur (*flexible pavement*), perkerasan kaku (*rigid pavement*), dan perkerasan komposit (*composite pavement*).

a. Konstruksi Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

Perkerasan kaku adalah perkerasan menggunakan aspal sebagai bahan pengikatnya. Lapisan-lapisan pada perkerasannya bersifat memikul dan menyalurkan beban lalu lintas sampai ke tanah dasar.



Gambar 2.1 Konstruksi Perkerasan Lentur

Menurut Sukirman (1999) konstruksi perkerasan lentur (*flexible pavement*) terdiri dari beberapa susunan sebagai berikut.

1) Lapisan permukaan (*surface course*)

Lapisan permukaan adalah struktur dari perkerasan lentur yang terdiri atas campuran mineral agregat serta dengan bahan pengikat yang diletakkan sebagai lapisan paling atas dan terletak diatas lapisan pondasi. Ada beberapa fungsi dari lapisan ini yaitu:

- a) Lapisan ini merupakan lapisan sebagai penahan beban roda, dimana lapisan permukaannya memiliki tingkat stabilitas yang tinggi untuk menahan beban roda selama masa pelayanan jalan.
- b) Lapisan ini merupakan lapisan yang rapat terhadap air, sehingga air hujan tidak meresap langsung menuju lapisan yang berada dibawahnya.
- c) Lapisan aus (*wearing course*), lapisan yang mengalami gesekan secara langsung akibat rem kendaraan sehingga mempercepat aus.
- d) Lapisan ini berfungsi sebagai menyebarkan beban pada lapisan yang berada dibawahnya.

2) Lapisan pondasi atas (*base course*)

Lapisan pondasi atas merupakan bagian dari suatu konstruksi perkerasan lentur yang berada langsung dibawah lapisan permukaan. Lapisan pondasi ini memiliki fungsi sebagai berikut.

- a) Bagian perkerasan yang mendukung kerja lapisan pada permukaan dan menahan gaya geser dari beban roda serta menyebarkan kesemua lapisan yang di bawahnya.
- b) Sebagai memperkuat struktur perkerasan lentur yang merupakan bantalan terhadap lapisan permukaan.
- c) Sebagai lapisan peresapan untuk lapisan pondasi bawah.

3) Lapisan pondasi bawah (*subbase course*)

Lapisan pondasi bawah adalah bagian dari suatu konstruksi perkerasan lentur yang terletak antara tanah dasar dan lapisan pondasi. Pada umumnya lapisan ini terdiri dari material berbutir (*granular material*) yang sebelumnya telah dipadatkan. Lapisan pondasi bawah memiliki fungsi yaitu:

- a) Merupakan bagian dari konstruksi perkerasan yang menyebarkan beban roda sampai ke tanah dasar.
- b) Material pondasi bawah relatif lebih murah dibandingkan dengan lapisan yang berada di atasnya.
- c) Sebagai lapisan peresapan agar air tidak berkumpul di pondasi.
- d) Lapisan pertama sebagai penutup tanah dasar dari pengaruh cuaca atau lemahnya daya dukung tanah dasar yang menahan roda-roda kendaraan besar.
- e) Lapisan ini untuk mencegah partikel-partikel dari tanah dasar yang naik ke lapis pondasi atas.

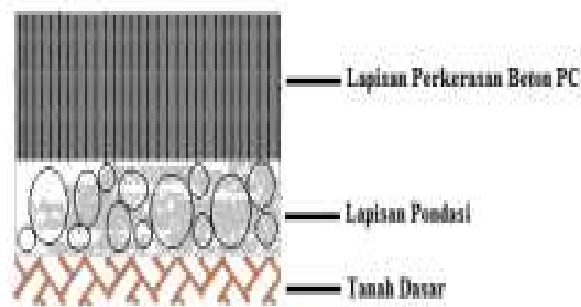
4) Lapisan tanah dasar (*subgrade*)

Lapisan tanah dasar ini memiliki tebal 50-100 cm, lapisan tanah ini merupakan tanah asli yang dipadatkan jika tanah aslinya baik, tanah yang didatangkan dari tempat lain akan dipadatkan sehingga mendapatkan hasil yang baik. Pemadatan yang baik didapatkan dari

kadar air optimum dan diusahakan kadar air tersebut konstan selama umur rencana.

b. Konstruksi Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

Perkerasan kaku adalah perkerasan menggunakan bahan semen sebagai pengikatnya. Pelat beton dengan tanpa tulangan diletakkan diatas tanah dasar dengan atau tanpa lapis pondasi dibawahnya. Beban lalu lintas yang diterimanya sebagian besar adalah pelat beton.



Gambar 2.2 Konstruksi Perkerasan Kaku

Menurut Hardwiyono (2014) Adapun perbedaan antara perkerasan lentur dan perkerasan kaku dapat dilihat pada Tabel 2.2 berikut ini.

Tabel 2.2 Perbedaan Perkerasan Lentur dan Perkerasan Kaku

No.	Perkerasan Lentur	Perkerasan Kaku
1	Mempunyai desain yang sederhana tetapi pada bagian sambungan sangat perlu perhitungan yang tepat. Kebanyakan yang digunakan pada jalan-jalan dengan volume lalu lintas tinggi dan perkerasan dilapangan pesawat atau bandar udara.	Memiliki perancangan dan desain yang sederhana dan biasa digunakan pada seluruh tingkat volume lalu lintas dan semua jenis berdasarkan fungsi kelas jalan raya.
2	Perancangan job mix pada perkerasan ini lebih mudah untuk digunakan kualitasnya. Modulus elastisitas antara lapis permukaan dan lapis pondasi berbeda.	Pada perkerasan kaku kendali khusus pada job mix sedikit rumit dikarenakan memerlukan ketelitian yang terdapat di laboratorium sebelum dihampar maupun setelah di hampar.

Tabel 2.2 Perbedaan Perkerasan Lentur dan Perkerasan Kaku (Lanjutan)

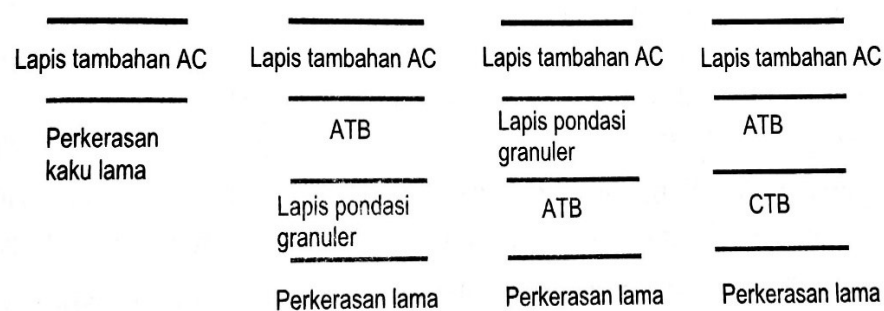
No.	Perkerasan Lentur	Perkerasan Kaku
3	Indeks pelayanan tetap bagus mendekati pada selama umur rencana, terutama terjadi jika sambungan yang digunakan tersebut melintang.	Indeks pelayanan baik pada saat telah selesai pelaksanaan suatu konstruksi, setelah itu akan mengalami pengurangan seiring dengan waktu.
4	Rongga di udara dalam beton bias mengurangi tegangan yang ditimbulkan dari perubahan volume beton. Pada umumnya memerlukan sambungan yang dapat mengurangi tegangan yang terjadi akibat adanya perubahan suhu.	Rongga udara pada perkerasan ini bias mengurangi tegangan yang terjadi akibat perubahan volume campuran aspal. Oleh sebab itu tidak memerlukan sambungan. Sulit bertahan pada kondisi drainase yang buruk.
5	Umur dari perencanaan pada perkerasan ini bisa mencapai 15-40 tahun. Jika terjadi kerusakan maka kerusakan dapat menyebar luas.	Umur rencana pada perkerasan ini bisa mencapai 5-10 tahun. Kerusakan tidak menyebar luas kecuali terendam air.
6	Pada penerapan antara job mix pada perkerasan ini lebih mudah untuk digunakan kualitasnya. Dengan modulus elastisitas antara lapis permukaan dan lapis pondasi berbeda.	Perkerasan kaku merupakan kendali khusus pada job mix sedikit rumit dikarenakan memerlukan ketelitian yang terdapat di laboratorium sebelum dihampar maupun setelah di hampar.
7	Pada dasarnya biaya konstruksi perkerasan lentur sangat tinggi.	Pada umumnya biaya konstruksi rendah, terutama terdapat pada jalan local dengan lalu lintas rendah. Tetapi biaya awal akan mahal jika volume lalu lintasnya tinggi.
8	Pelaksanaan yang terjadi pada konstruksi sederhana kecuali yang terdapat di sambungan-sambungan	Pelaksanaannya relatif cukup rumit dikarenakan kendali kualitas harus diperhatikan dari sejumlah parameter termasuk temperature.
9	Dalam perkerasan ini penting melaksanakan pemeliharaan berdasarkan ada sambungan-sambungan secara terus yang berguna untuk menguatkan struktur yang berada ada didalamnya akan membuat lebih baik.	Biaya yang dikeluarkan lebih besar dari pada perkerasan kaku.

Tabel 2.2 Perbedaan Perkerasan Lentur dan Perkerasan Kaku (Lanjutan)

No.	Perkerasan Lentur	Perkerasan Kaku
10	Sulit pada saat menetapkan yang tepat untuk melakukan pelapisan ulang. Apabila lapisan dilakukan ulang, maka untuk mencegah dari retak refleksi dibutuhkan tebal perkerasan >10 cm.	Pelapisan pada perkerasan ini dapat dilakukan disemua tingkat ketebalan suatu perkerasan yang diperlukan sangat mudah menentukan perkiraan saat pelapisan ulang.
11.	Kekuatan konstruksi pada perkerasan kaku dapat ditentukan dari kekuatan lapisan beton itu sendiri.	Kekuatan konstruksi dari perkerasan lentur didapat dari kemampuan penyebaran tegangan pada setiap lapisan.
12	Pada konstruksi perkerasan kaku merupakan tebal lapisan beton tidak termasuk dalam pondasi.	Pada perkerasan lentur tebal dari seluruh lapisan yang berada diatas tanah dasar dipadatkan termasuk juga pondasi.

c. Konstruksi Perkerasan Komposit (*Composite Pavement*)

Perkerasan komposit adalah gabungan konstruksi suatu lentur (*flexible pavement*) dan perkerasan kaku (*rigid pavement*) yang ada diatasnya, yang mana kedua jenis perkerasan ini sama-sama memikul beban lalu lintas. Untuk itu diperlukan persyaratan ketebalan perkerasan aspal supaya mempunyai kekakuan yang cukup mencegah adanya retak refleksi dari suatu perkerasan beton yang ada dibawahnya oleh Hardwiyono (2014). Konstruksi perkerasan komposit memiliki susunan lapisan, adapun susunan lapisan oleh Hardiyatmo (2013) dapat dilihat pada Gambar 2.3 berikut ini.



Gambar 2.3 Konstruksi Perkerasan Komposit

2.2.4 Umur Rencana Jalan

Dalam merencanakan perancangan suatu perkerasan, maka diperlukan pemilihan umur rencana atau periode perkerasan. Umur rencana atau umur

rancangan waktu dimana perkerasan yang dianggap mempunyai kemampuan pelayanan sebelum waktu dilakukannya pekerjaan pemeliharaan atau pelayanannya selesai (Hardiyatmo, 2013). Umur rencana juga merupakan jangka waktu pada saat jalan itu dibuka sampai dengan jalan itu memerlukan perbaikan berat atau jalan tersebut perlu penambahan lapisan pengerasan baru. Padatnya suatu lalu-lintas kendaraan yang melewati jalan itu bisa diketahui dengan menghitung jumlah volume kendaraan yang melewati sesuai dengan masing-masing jenis kendaraan.

2.2.5 Umur Pelayanan Jalan

Umur pelayanan adalah jumlah waktu dalam tahun dapat dihitung sejak jalan tersebut dibuka sampai saat diperlukan perbaikan yang berat atau memerlukan penambahan lapisan permukaan yang baru (DPU, 1987). Faktor yang dipertimbangkan pada perencanaan jalan dapat berupa volume kendaraan yang lewat, faktor lingkungan sekitar, jenis tanah pada daerah tersebut dan kelas jalan. Faktor tersebut sangat mempengaruhi umur pelayanan jalan yang direncanakan.

2.2.6 Kecepatan

Menurut Sukirman (1999) kecepatan adalah besaran yang menunjukkan jarak dalam yang ditempuh atau tingkat pergerakan kendaraan tertentu yang dinyatakan dalam kilometer per jam dengan perbandingan antara jarak yang akan ditempuh dengan waktu menempuh tersebut. Selain itu kecepatan juga merupakan jarak bagi waktu yang ditempuh, satuan dari kecepatan adalah mill per jam (mph), kilometer per jam (km/h), meter per detik (m/s). Indonesia menyepakati satuan yang digunakan adalah kilometer per jam (km/h). Lokasi pengamatan kecepatan sebaiknya dipilih ruas jalan diantara persimpangan agar mendapatkan hasil survey baik. Menggunakan cara manual dapat dihitung dengan waktu selang jarak tertentu. Alat yang diperlukan dalam melakukan survey kecepatan adalah *stop watch*, meteran dan material sebagai tanda pada permukaan jalan. Untuk mendapatkan data kecepatan kendaraan bisa menggunakan beberapa metode, antara lain:

1) *Spootspeed*

Spootspeed merupakan kecepatan yang diukur pada saat kendaraan melintas suatu titik di jalan. Pengukuran kecepatan ini bisa menggunakan beberapa metode, yaitu:

- a) Menggunakan alat *speed gun* (radar meter). Alat ini menggunakan dasar fisika dengan cara pemantulan gelombang dari benda bergerak. Gelombang yang digunakan adalah gelombang inframerah, ultrasonic ataupun radio.
- b) Menggunakan kamera sebagai bantuan untuk merekam lalu lintas kendaraan di jalan. Sehingga rekaman dapat disimpan dan diputar lagi untuk menghitung jumlah kendaraan yang lewat.
- c) Menggunakan alat bantu sederhana yang dilakukan oleh dua orang dengan jarak 50 m. Salah satu orang berada di titik awal dan satu orang lagi berada di titik akhir yang ditandai dengan garis. Saat kendaraan lewat di titik awal satu orang menyalakan *stopwatch* dan setelah sampai di titik akhir *stopwatch* dimatikan.

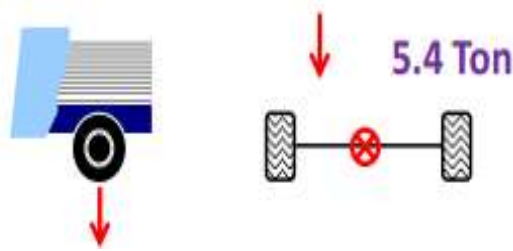
2) *Floating car method* dan *moving car observer*

Floating car method merupakan kecepatan yang mengikuti pergerakan suatu kendaraan pada ruas jalan. Jalannya survey ini sesuai dengan yang terjadi pada ruas jalan tersebut. Pada metode ini jumlah kendaraan yang mendahului dan didahului relatif sama. Sedangkan *moving car observer* merupakan survey kendaraan yang disertai dengan perhitungan volume lalu lintas dari kedua arah, jumlah dari kendaraan yang mendahului dan didahului serta waktu tempuhnya.

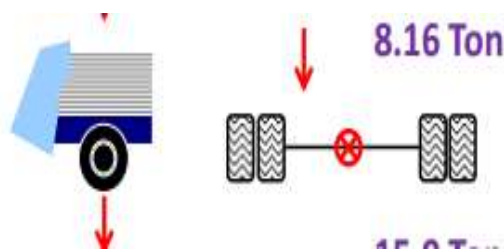
2.2.7 Muatan Sumbu Kendaraan dan Muatan Berlebih (*Overloading*)

Menurut Sukirman (1999) beban sumbu kendaraan dapat dipengaruhi oleh muatan dari kendaraan dan konfigurasi sumbu. Dua buah kendaraan yang sama akan memiliki beban sumbu yang berbeda. Beban berlebih (*overloading*) adalah jumlah beban atau berat dari kendaraan angkutan penumpang, truk trailer, truk gandengan, mobil barang, kendaraan khusus yang mengangkut melebihi dari

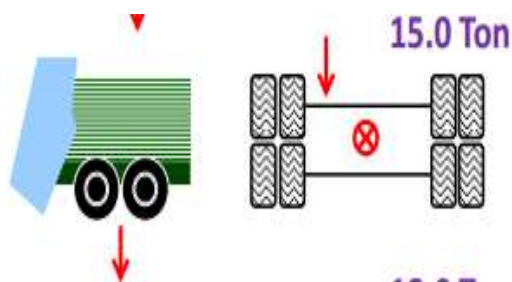
jumlah yang telah diijinkan (JBI) atau muatan sumbu terberat (MST) yang telah ditetapkan untuk menerima beban. Kerusakan jalan merupakan faktor yang dapat mempengaruhi keselamatan lalu lintas dan mempengaruhi kecepatan yang ditetapkan. Disamping adanya beban berlebih (*overloading*) yang mengangkut tidak sesuai dengan beban yang ditetapkan akan mempercepat daya rusak ($VDF = \text{vehicle damage factor}$) kendaraan yang dapat mengurangi dan memperpendek umur pelayanan jalan. Besarnya beban yang diterima pada perkerasan tergantung kepada besar dari kendaraan tersebut, bidang kontak antara roda dan permukaan, konfigurasi sumbu dan kecepatan kendaraan, sehingga memerlukan beban standar, beban standar adalah beban dari sumbu tunggal beroda ganda yang memiliki berat 18.000 po (8,16 ton) dengan konfigurasi *Single Axle-Dual Wheels*. Konfigurasi sumbu dapat dilihat pada Gambar 2.4, 2.5, 2.6, dan 2.7 berikut ini.



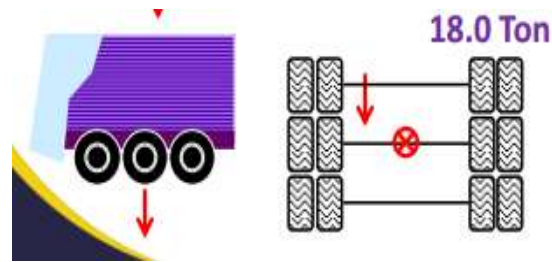
Gambar 2.4 Konfigurasi sumbu *single axle, single wheels*



Gambar 2.5 Konfigurasi sumbu *single axle, dual wheels*



Gambar 2.6 Konfigurasi sumbu *double axle, dual wheels*



Gambar 2.7 Konfigurasi sumbu *triple axle, dual wheels*

Menurut Pardosi (2010) bahwa faktor yang dapat mempengaruhi berat dari kendaraan adalah sebagai berikut:

a. Fungsi jalan

Salah satu faktor penyebab utama yang mempengaruhi berat dari kendaraan adalah fungsi jalan, kendaraan berat yang melalui dan melewati jalan arteri pada umumnya memiliki muatan yang lebih berat jika dibandingkan dengan kendaraan yang melalui jalan pada medan datar atau rata.

b. Keadaan medan

Kendaraan berat yang melalui atau melewati medan jalan yang mendatar akan lebih cenderung bermuatan lebih berat jika dibandingkan dengan jalan yang pada umumnya memiliki medan yang menanjak dan mendaki dikarenakan pada medan yang mendaki atau menanjak truk yang bermuatan berat tidak memungkinkan memuat beban yang lebih berat.

c. Aktivitas perekonomian

Aktivitas perekonomian yang terjadi mengakibatkan beban dan jenis muatan yang diangkut oleh kendaraan berat yang melewati atau melintas pada jalan tersebut sangat dipengaruhi oleh jenis kegiatan atau aktivitas perekonomian pada daerah yang bersangkutan.

d. Perkembangan daerah

Perkembangan daerah mempengaruhi, beban angkut oleh kendaraan dapat berkembang mengikuti perkembangan daerah dan jalan tersebut.

2.2.8 Jembatan Timbang

Fungsi dan peranan jembatan timbang adalah melakukan pengawasan terhadap kendaraan yang melewati suatu jalan dan melakukan pemantauan angkutan barang sesuai yang telah ditentukan dalam perencanaan jalan. Pada

jembatan timbang ini memerlukan pengawasan yang ketat terhadap kendaraan yang mengangkut barang terutama yang membawa beban berlebih. Pelaksanaan jembatan sangat penting di wilayah tertentu agar mengurangi kerusakan jalan akibat beban. Hal ini sesuai dengan keputusan menteri perhubungan no km 5 tahun 1995 tentang penyelenggaraan penimbangan kendaraan bermotor di jalan yaitu: kepala kantor wilayah bertanggung jawab atas penyelenggaraan penimbangan dan dalam pelaksanaannya berkoordinasi dengan instansi terkait. Disamping sebagai alat pengawasan terhadap jalan, jembatan timbang juga berfungsi sebagai berikut:

- 1) Sebagai alat pendataan untuk mengetahui arus ekonomi yang keluar masuk, termasuk juga untuk antar kabupaten/Kota.
- 2) Sebagai untuk melihat arus laulintas dan perkembangan suatu daerah dalam perencanaan transportasi.

2.2.9 Metode AASHTO 1993

Metode AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*) merupakan salah satu metode dalam merencanakan tebal perkerasan jalan sering digunakan. Hal ini dikarenakan sudah umum digunakan didunia dan sebagai acuan standar perencanaan di berbagai Negara. Metode AASHTO pertama kali dikenal pada tahun 1972, metode ini adalah sebuah penelitian yang berkelanjutan dan dibiayai oleh pemerintah federal (AASHTO 1993). Pada dasarnya metode AASHTO menggunakan perhitungan secara empiris. Seiring dengan perkembangan metode ini mengalami banyak perubahan mengikuti kondisi lingkungan sampai menjadi AASHTO yang sekarang yang dikenal AASHTO 1993. Pada perancangan tebal perkerasan dengan menggunakan metode AASHTO 1993 terdapat parameter yang harus diperhatikan diantaranya:

a. *Structural Number* (SN)

Structural Number (SN) didefinisikan sebagai angka indeks dari analisis lalu lintas yang terjadi, faktor regional, dan kondisi tanah dibawah jalan. Besaran dari suatu nilai SN menyatakan nilai abstrak kekuatan suatu struktur perkerasan terbentuk dari gabungan jumlah beban gandar tunggal ekuivalen dengan dukungan tanah (M_R), kemampuan pelayanan akhir dan kondisi lingkungan (AASHTO, 1993). Fungsi dari indeks dari analisis lalu lintas,

kondisi pada tanah dasar, dan lingkungan dapat dikonversi menjadi tebal lapis perkerasan menggunakan koefisien dari kekuatan relatif yang sesuai pada tiap-tiap jenis material lapis perkerasan lentur. Nilai SN dapat ditentukan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$SN = a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3 \dots \dots \dots (2.1)$$

Dengan,

D_1 = tebal lapis permukaan

D_2 = tebal lapis pondasi

D_3 = tebal lapis pondasi bawah

m_2 = koefisien dreainase untuk lapis pondasi

m_3 = koefisien dreainase untuk lapis pondasi bawah

$a_1 a_2 a_3$ = koefisien relatif masing-masing lapisan, lapisan permukaan, lapis pondasi dan lapis pondasi bawah.

b. Lalu lintas

Lalu lintas pada metode AASHTO 1993 pedoman dalam lalu lintas merupakan lalu lintas yang kumulatif rencana selama umur rencana tersebut berlangsung atau berjalan. Nilai ini didapat dari mengalikan kumulatif beban gandar standar selama satu tahun (W_{18}) dengan mempertimbangkan parameter-parameter yang ada sesuai dengan parameter yang ditetapkan oleh AASHTO 1993 yaitu parameter umur rencana, volume lalu lintas, dan faktor pertumbuhan lalu lintas. Rumus dalam mencari kumulatif lalu lintas adalah sebagai berikut.

$$W_t = W_{18} \times \frac{(1 + g)^n - 1}{g} \dots \dots \dots (2.2)$$

Keterangan :

W_t = Jumlah dari beban gandar tunggal standar kumulatif

W_{18} = beban gandar standar kumulatif dalam setahun

n = umur pelayanan jalan

g = perkembangan lalu lintas yang dinyatakan dalam persen (%)

c. Reliabilitas (*Reliability, R*)

Reliabilitas adalah salah satu parameter yang digunakan dalam yang menyatakan dari tingkat adanya kemungkinan bahwa suatu perkerasan yang telah dirancang akan tetap memuaskan selama masa pelayanan jalan tersebut (AASHTO, 1993). Nilai R yang digunakan untuk mengakomodasi adanya kemungkinan ketidaktepatan perhitungan volume lintas dan kinerja perkerasan jalan. Parameter dari nilai R yang digunakan juga menyatakan adanya kemungkinan probabilitas bahwa perkerasan yang akan dirancang mempunyai tingkat kinerja yang lebih besar atau tinggi dibandingkan dengan tingkat kemampuan dalam pelayanan akhir dan diakhir umur rancangan jalan. Nilai R yang mempunyai nilai lebih besar menunjukkan kinerja dari perkerasan lebih baik, tetapi tetap membutuhkan ketebalan perkerasan yang lebih (Hardiyatmo, 2013).

d. Kemampuan Pelayanan (*Serviceability*)

Kemampuan Pelayanan (*Serviceability*) adalah tingkat dari suatu kenyamanan pengguna jalan yang melewati selama jalan tersebut dilalui. Parameter yang sering digunakan dalam kemampuan pelayanan ini adalah dengan mempertimbangkan nilai dari *Present Serviceability Index* (PSI).

e. Faktor Lingkungan

Faktor dalam metode AASHTO 1993 sangat mempengaruhi dikarenakan sebagai pengaruh jangka panjang dari suatu kelembaban dan temperatur belum dipertimbangkan pada penurunan *serviceability*. Faktor lingkungan ini berpengaruh dari kondisi dimana *swell* dan *frost heave* perlu dipertimbangkan, maka penurunan dari *serviceability* dapat dihitung selama masa analisis yang nantinya sangat berpengaruh pada umur rencana perkerasan jalan.

2.2.9 Parameter Perencanaan Perkerasan Jalan

Parameter perencanaan perkerasan jalan sangat diperlukan dalam mendukung dan tercapainya tujuan dari pembuatan jalan tersebut. Apabila perencanaan perkerasan yang kurang baik maka mengakibatkan kerusakan pada permukaan jalan yang dapat membahaya dan merugikan pengguna jalan yang

melewati, untuk itu diperlukan pertimbangan dalam parameter perkerasan jalan sebagai berikut ini.

a. Menghitung Angka Ekuivalen Kendaraan (E)

Pada penelitian ini dalam mencari angka ekuivalen masing-masing kendaraan untuk metode AASHTO 1993 persamaan dapat diambil atas pengaruh dari jumlah sumbu kendaraan dan jumlah roda. Persamaan mencari angka ekuivalen dapat dilihat pada persamaan 2.3, 2.4, 2.5, dan 2.6 dibawah ini :

1) Sumbu tunggal roda tunggal (STRT)

$$STRT = \left(\frac{\text{Beban sumbu dalam Ton}}{5,40} \right)^4 \dots\dots\dots(2.3)$$

2) Sumbu tunggal roda ganda (STRG)

$$STRG = \left(\frac{\text{Beban sumbu dalam Ton}}{8,16} \right)^4 \dots\dots\dots(2.4)$$

3) Sumbu ganda roda ganda (SGRG)

$$SGRG = \left(\frac{\text{Beban sumbu dalam Ton}}{13,76} \right)^4 \dots\dots\dots(2.5)$$

4) Sumbu triple roda ganda (STrRG)

$$STrRG = \left(\frac{\text{Beban sumbu dalam Ton}}{18,45} \right)^4 \dots\dots\dots(2.6)$$

b. Beban Lalu Lintas

Beban akibat lalu lintas yang terjadi dapat dihitung dari angka ekuivalen terhadap muatan sumbu standar kendaraan. Untuk menentukan akumulasi pada beban kendaran khususnya sumbu lalu lintas selama umur rencana, dapat ditentukan dengan rumus CESA (*Commulative Equivalent Standard Axle*) berikut ini:

$$CESA = \sum_{Traktor-Traile}^{MP} m \times 365 \times E \times C \times N \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana:

CESA = akumulasi ekuivalen beban sumbu standar

m = jumlah masing-masing jenis kendaraan

365 = jumlah hari dalam satu tahun

E = ekuivalen beban sumbu standar

C = koefisien distribusi kendaraan

N = faktor hubungan umur rencana dengan perkembangan lalu lintas

c. Faktor Umur rencana dan Perkembangan Lalu Lintas

Faktor dari umur rencana dan perkembangan lalu lintas dapat ditentukan menggunakan Tabel 2.6 atau bisa menggunakan persamaan berikut ini.

$$N = \frac{1}{2} [1+(1+r)^n + 2 (1+r) \frac{(1+r)^{n-1} - 1}{r}] \dots\dots\dots(2.8)$$

Dengan:

r = faktor pertumbuhan lalu lintas (%)

n = tahun ke-n

d. Pertumbuhan Lalu Lintas (i)

Menurut Pardosi (2010), pertumbuhan lalu lintas merupakan bertambahnya atau perkembangan dari lalu lintas yang terjadi dari tahun ke tahun selama umur rencana itu. Pertumbuhan lalu lintas ini ditandai dengan bertambahnya jumlah kendaraan yang meningkat, faktor pertumbuhan lalu lintas dinyatakan dalam persen/tahun (%/tahun).

Pertumbuhan lalu lintas yang akan direncanakan dapat dihitung dengan dua metode yaitu metode eksponensial dan metode rata-rata.

1) Metode Eksponensial

Perhitungan untuk menghitung pertumbuhan lalu lintas menggunakan metode eksponensial dihitung berdasarkan pada LHR akhir umur rencana (LHRT), LHR awal umur rencana (LHT₀) serta umur rencana (n). Persamaan yang digunakan pada metode eksponensial adalah:

$$LHRT = LHR_0 (1+i)^n \dots\dots\dots(2.9)$$

Dimana:

LHRT = LHR akhir umur rencana

LHR₀ = LHR awal umur rencana

n = umur rencana (tahun)

i = angka pertumbuhan lalu lintas (%/tahun)

2) Metode rata-rata

Perhitungan untuk menghitung pertumbuhan lalu lintas dengan metode rata-rata berdasarkan pada LHR dari beberapa tahun. Persamaan yang digunakan pada metode rata-rata sebagai berikut:

$$i = \left(\frac{\text{LHR tahun kedua} - \text{LHR tahun pertama}}{\text{LHR tahun pertama}} \right) \times 100 \dots \dots \dots (2.10)$$

e. Faktor Distribusi Arah (D_D)

Pada umumnya factor distribusi arah yang digunakan adalah 0,5 (50%) untuk jalan. Tetapi pada kasus tertentu jika kendaraan yang berat yang melewati cenderung lebih menuju pada satu arah maka nilai D_D akan bervariasi sekitar 0,3 sampai dengan 0,7.

f. Faktor Distribusi Lajur (D_L)

Faktor distribusi lajur pada metode ini dapat ditentukan nilai distribusi lajur (D_L) dengan melihat tabel 2.3 berikut ini.

Tabel 2.3 Faktor distribusi lajur (D_L), (AASHTO, 1993)

Jumlah lajur tiap arah	% beban gandar standard berdasarkan dalam lajur rencana
1	100
2	80 – 100
3	60 – 80
>4	50 – 75

g. Menghitung Lalu Lintas Pada Lajur Rencana (W_{18})

Untuk menghitung lalu lintas pada lajur rencana jalan (W_{18}) maka diperlukan dahulu dengan menghitung lalu lintas harian rata-rata (LHR) yang didapat dari hasil survey kendaraan yang telah dilakukan. Kemudian menghitung menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$W_{18} = D_D \times D_L \times W_{18} \dots \dots \dots (2.11)$$

Dengan,

D_D = faktor distribusi arah

D_L = faktor distribusi lajur

W_{18} = beban gandar standar kumulatif pada dua arah

h. Menghitung Nilai Modulus *Resilient* (M_R)

Modulus *Resilient* merupakan suatu ukuran dari kemampuan tanah atau lapis pada pondasi granuler dalam menopang dan menahan deformasi akibat dari beban yang berulang. Pada kasus kebanyakan tanah, jika tingkat suatu tegangan bertambah maka sifat dari tegangan-tegangannya menjadi tidak *linear* (Hardiyatmo, 2013). Untuk mendapatkan nilai Modulus *Resilient* (M_R) dapat menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$M_R = 1500 \times \text{CBR (psi)} \dots\dots\dots(2.12)$$

Dimana,

$$\text{CBR} = \text{Nilai CBR (\%)}$$

Pada persamaan 2.12, nilai dari M_R berada dalam kisaran antara 750 sampai dengan 3000 (CBR), (AASHTO, 1993). Pada persamaan 2.12 disarankan dalam pemilihan material yang cocok adalah tanah berbutir halus dengan CBR terendam <10%.

i. Menentukan Nilai Kemampuan Pelayanan (*Serviceability*)

Menurut Hardiyatmo (2013) kemampuan pelayanan (*serviceability*) merupakan pada saat pembangunan telah selesai dan dibuka maka dengan berjalannya waktu kemampuan dari pelayanan jalan akan mengalami pengurangan.

Sedangkan menurut (AASHTO, 1993) kemapuan pelayanan (*serviceability*) terdapat 3 komponen pelayanan yaitu nilai kemampuan pelayanan awal (P_0), nilai kemampuan pelayanan akhir (P_t), dan kehilangan kemampuan pelayanan. Pada metode ini bahwa nilai dari kemampuan pelayanan awal (P_0) pada perkerasan lentur adalah 4,2 sedangkan untuk nilai dari kemampuan pelayanan akhir (P_t) adalah 2,0. Tetapi untuk periode waktu analisis lalu lintas agar dikurangi. Kriteria dari identifikasi kemampuan pelayanan akhir (P_t) berdasarkan pemilihan dari publik, kriteria tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.4 berikut ini:

Tabel 2.4 Indeks Kemampuan Pelayanan Akhir (P_t), (AASHTO, 1993)

Kemampuan pelayanan akhir (P_t)	Persen orang yang menyatakan tidak setuju (%)
3,0	12 %
2,5	55 %
2,0	85 %

Dari tabel diatas total kemampuan pelayanan maka dapat dinyatakan dengan persamaan berikut ini:

$$\Delta\text{PSI} = P_0 - P_t \dots\dots\dots(2.13)$$

Dengan,

$$P_0 = \text{kemampuan pelayanan awal}$$

$$P_t = \text{kemampuan pelayanan akhir}$$

j. Menentukan Angka *Reliability* dan Standar Deviasi Normal (Z_R)

Reliabilitas adalah salah satu parameter yang digunakan dalam (AASHTO, 1993) yang menyatakan dari tingkat adanya kemungkinan bahwa suatu perkerasan yang telah dirancang akan tetap memuaskan selama masa pelayanan jalan tersebut. Nilai R tertentu, faktor reliabilitas adalah fungsi standar deviasi secara keseluruhan (S_o) dengan memperhitungkan adanya kemungkinan perbedaan dalam suatu prediksi lalu lintas dan kinerja dari perkerasan. Nilai reliabilitas (R) pada metode AASHTO (1993) berkisar antara 50% sampai dengan 99,99% menyatakan adanya kemungkinan meleset yang besar dari nilai parameter yang direncanakan. Semakin tinggi nilai reliabilitas, maka semakin tinggi pula kemungkinan terjadinya selisih antara hasil yang direncanakan dan kenyataan. Nilai R dan hubungan dengan Z_R yang diizinkan dalam AASHTO (1993) dapat dilihat pada Tabel 2.5 dan 2.6 berikut ini.

Tabel 2.5 Nilai *reliability* (R), (AASHTO,1993)

Tipe jalan	Nilai R (%)	
	Perkotaan (<i>urban</i>)	Pendesaan (<i>rural</i>)
Jalan bebas hambatan (<i>freeway</i>)	90 – 99,9	85 – 99,9
Utama	85 – 99	80 – 95
Arteri	80 – 99	75 – 95
Kolektor	80 – 95	75 – 95
Lokal	50 – 80	50 – 80

Tabel 2.6 Hubungan Nilai R terhadap nilai Z_R , (AASHTO,1993)

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

k. Deviasi Standar Keseluruhan (S_o)

Menurut Hardiyatmo (2013) deviasi standar keseluruhan (*overall standard deviation*) adalah parameter untuk dipakai dalam memperhitungkan adanya variasi dari input data. Nilai S_o yang digunakan dalam AASHTO (1993) untuk perkerasan lentur adalah antara 0,40 – 0,50.

l. Koefisien Drainase

Koefisien drainase merupakan untuk memodifikasi tebal dari beton rancangan dengan melihat kondisi drainase. Kelembaban air sangat mempengaruhi kinerja suatu perkerasan, yaitu dapat mengurangi kekuatan tanah dasar dan lapisan pondasi bawah, dan dapat mengakibatkan melengkungnya pelat beton. (Hardiyatmo, 2013).

Pada perkerasan jalan kinerja dari perkerasan akan mengalami gangguan jika terdapat air yang berada diatas permukaan perkerasan. Kualitas dari drainase sangat mempengaruhi kinerja jangka panjang dari perkerasan. Kualitas drainase dapat ditinjau dan dilihat berdasarkan seberapa lama air akan hilang dari atas permukaan perkerasan jalan. Kualitas dari drainase yang disarankan oleh AASHTO (1993) dapat dilihat pada Tabel 2.7 berikut ini.

Tabel 2.7 Kualitas Drainase (AASHTO, 1993)

Kualitas Drainase	Waktu yang dibutuhkan
Baik sekali	2 jam
Baik	1 hari
Cukup	1 minggu
Buruk	1 bulan
Buruk sekali	Air tidak mengalir

Koefisien drainase pada tiap lapisan diartikan sebagai (m_2) untuk lapisan atas, m_3 sebagai lapisan pondasi bawah. Nilai dari koefisien drainase dapat dilihat pada Tabel 2.8 berikut ini.

Tabel 2.8 Koefisien Drainase untuk Perkerasan Lentur (AASHTO, 1993)

Kualitas Drainase	Persen waktu struktur perkerasan dipengaruhi oleh kadar air yang mendekati jenuh			
	< 1 %	1-5 %	5-25 %	>25 %
Baik Sekali	1,40 – 1,35	1,35 – 1,30	1,30 – 1,20	1,20
Baik	1,35 – 1,25	1,25 – 1,15	1,15 – 1,00	1,00
Cukup	1,25 – 1,15	1,15 – 1,05	1,00 – 0,80	0,80
Buruk	1,15 – 1,05	1,05 – 0,80	0,80 – 0,60	0,60
Sangat buruk	1,05 – 0,95	0,95 – 0,75	0,75 – 0,40	0,40

m. Menentukan Nilai Koefisien Lapisan (a)

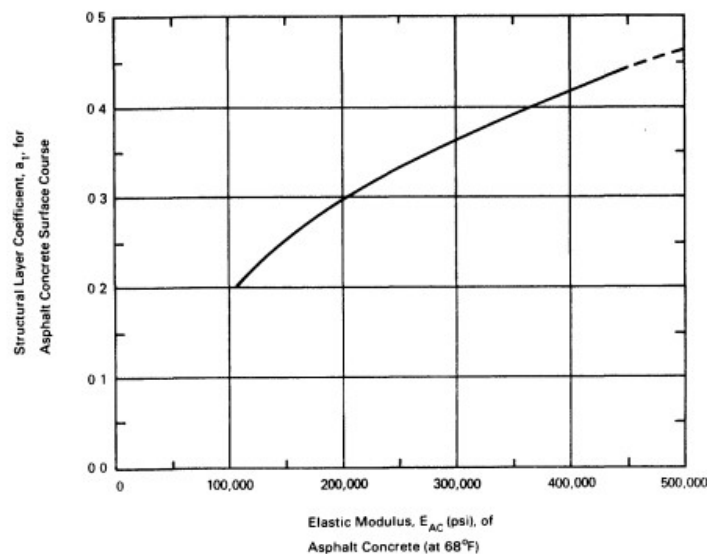
Koefisien lapisan adalah nilai berupa atas kekuatan dari tiap lapisan suatu perkerasan. Nilai koefisien memiliki hubungan dengan kekuatan suatu lapisan yang dapat dinyatakan sebagai angka structural (SN). Angka dari koefisien relatif ini dihasilkan dari korelasi antara modulus *resilien*, *R-value*, dan CBR.

1) Koefisien Kekuatan Relatif (a)

Pada koefisien kekuatan relatif dapat dibagi menjadi 5 bagian diantaranya yaitu beton aspal (*asphalt concrete*), lapisan pondasi granular (*granular base*), lapisan pondasi bawah granular (*granular subbase*), *cement-treated base* (CTB) dan *asphalt treated base* (ATB).

a) Lapisan Permukaan Beton Aspal (*Asphalt Concrete Surface Course*)

Lapisan permukaan beton aspal memiliki koefisien relatif pada lapisan permukaannya yang bergradasi rapat berasal dari modulus elastisitas (EAC) pada suhu 68 °F dapat menggunakan Gambar 2.8 berikut ini.

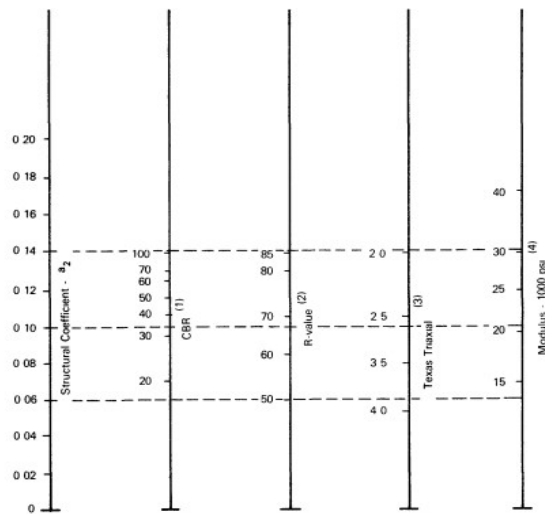


Gambar 2.8 koefisien relatif lapisan permukaan beton aspal bergradasi rapat (a_1)

b) Lapisan Pondasi Granular (*Granular Base Layer*)

Pada lapisan pondasi granular koefisien relatif dapat menggunakan persamaan atau menggunakan Gambar 2.9 dibawah ini.

$$a_2 = 0,249 (\log_{10}EBS) - 0,977 \dots \dots \dots (2.14)$$

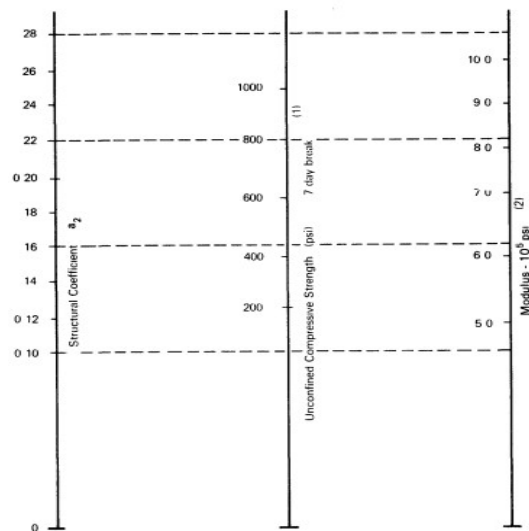


Gambar 2.9 koefisien kekuatan relatif lapisan pondasi granular (a_2)

c) Lapisan Pondasi Bawah Granular (*Granular Subbase Layers*)

Pada lapisan pondasi bawah koefisien kekuatan relatif dapat dinyatakan atau diperkirakan dengan menghitung persamaan atau bisa juga menggunakan Gambar 2.10 dibawah ini.

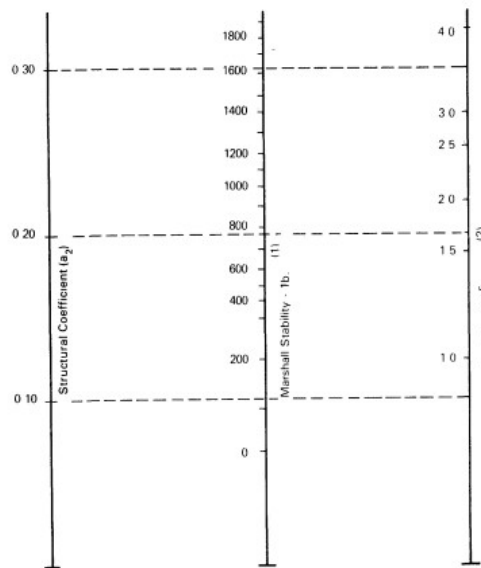
$$a_3 = 0,227 (\log_{10} E_{SB}) - 0,839 \dots \dots \dots (2.15)$$



Gambar 2.10 koefisien kekuatan relatif lapisan pondasi bawah granular (a_2)

d) Lapisan Pondasi Bersemen

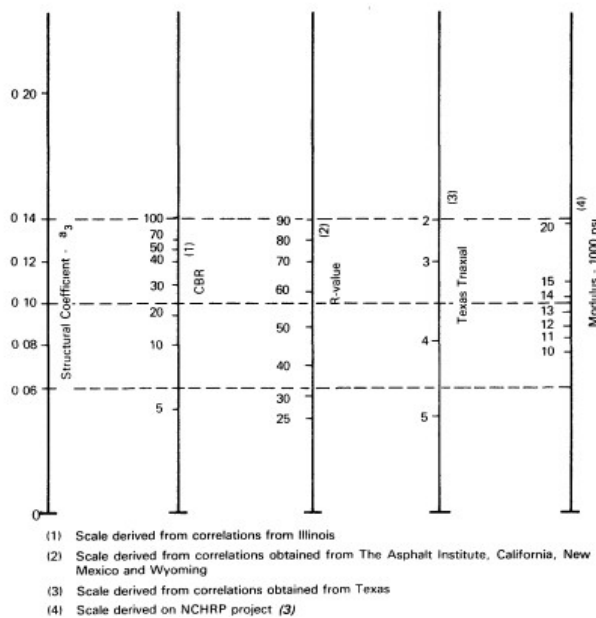
Pada lapisan pondasi bersemen nilai dari kekuatan relatif (a_2) didapat dari menentukan dengan grafik pada Gambar 2.11 berikut ini.



Gambar 2.11 koefisien kekuatan relatif lapisan pondasi bersemen (a₂)

e) Lapisan Pondasi Bersemen

Pada lapisan pondasi beraspal nilai dari kekuatan relatif (a_s) dapat ditentukan dengan menggunakan Gambar 2.12 dibawah ini.



Gambar 2.12 koefisien kekuatan relatif lapisan pondasi beraspal (a₂)

n. Menentukan Tebal Minimum Lapis Perkerasan

Menentukan tebal minimum lapis perkerasan dalam perencanaan, perlu memperhatikan dan mempertimbangkan kemudahan pekerjaan, keekonomisan,

pemeliharaan agar lebih efektif. Jika ditinjau dari segi keekonomisan maka untuk biaya lapisan pertama dan kedua harus lebih kecil. Dalam menentukan ekonomis maka tebal dapat menggunakan lapisan pondasi yang minimum. Untuk menentukan nilai dari tebal minimum lapisan perkerasan dapat dilihat pada Tabel 2.9 berikut ini.

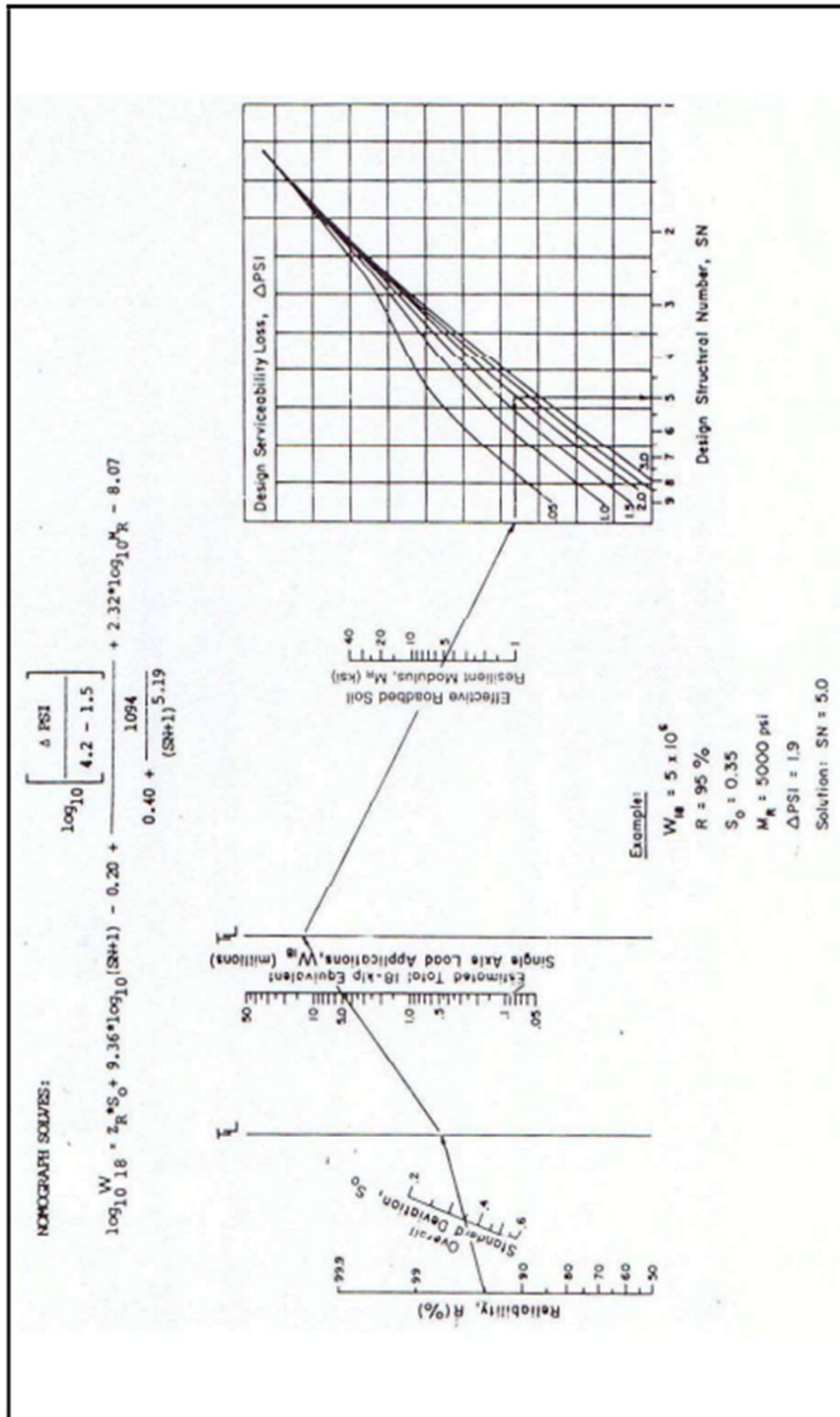
Tabel 2.9 Nilai Tebal Minimum Perkerasan (AASHTO, 1993)

Lalu lintas rancangan (ESAL)	Beton beraspal (inci)	Agregat lapis pondasi (inci)
< 50.000	1,0*	4
50.001-150.000	2,0	4
150.001 – 500.000	2,5	4
500.001 – 2.000.000	3,0	6
2.000.001-7.000.000	3,5	6
> 7.000.000	4,0	6

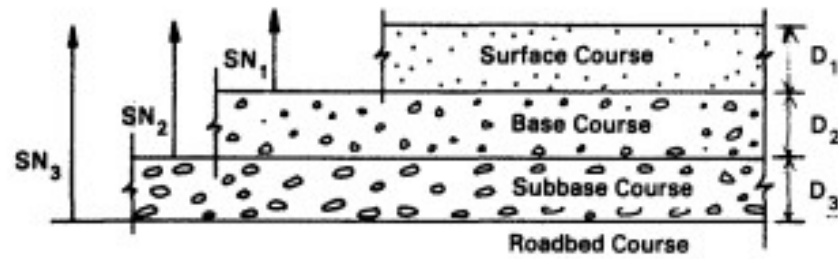
Keterangan: *) atau perawatan permukaan

m. Menghitung Angka Struktural (*Structural Number, SN*)

Angka struktural dapat menyatakan ketebalan tiap lapisan perkerasan, koefisien relatif, koefisien drainase dari masing-masing lapisan. Dalam menentukan angka struktural (SN) dapat menggunakan nomogram dan menggunakan persamaan. AASHTO (1993) dalam menentukan nomogram dan persamaan dapat dilihat pada Gambar 2.13 dan persamaan 2.14 berikut ini.



Gambar 2.13 Nomogram dalam menentukan desain perkerasan lentur



Gambar 2.14 Komponen perencanaan tebal perkerasan

$$SN = a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3 \dots \dots \dots (2.16)$$

Dengan,

SN = nilai *structural number*

D_1 = tebal lapis permukaan

D_2 = tebal lapis pondasi

D_3 = tebal lapis pondasi bawah

m_2 = koefisien dreainase untuk lapis pondasi

m_3 = koefisien dreainase untuk lapis pondasi bawah

$a_1 a_2 a_3$ = koefisien relatif masing-masing lapisan, lapisan permukaan, lapis pondasi dan lapis pondasi bawah.