

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Definisi Jalan**

Menurut Undang-Undang Republik Indonesia No. 38 Tahun 2004 menyebutkan bahwa jalan adalah 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, dibawah permukaan tanah dan/atau air, serta di atas permukaan air kecuali jalan kereta api, jalan lori dan jalan kabel. Jalan sebagai bagian prasarana transportasi mempunyai peran penting dalam bidang ekonomi, sosial, budaya, lingkungan hidup, politik, pertahanan dan keamanan. Jalan digunakan untuk mendistribusikan barang dan jasa serta jalur penghubung dari suatu daerah ke daerah yang lain terutama untuk mempermudah dan menjangkau daerah terpencil baik dengan menggunakan alat transportasi ataupun berjalan kaki.

- a. Menurut Undang-Undang Republik Indonesia No. 38 Tahun 2004 klasifikasi jalan menurut fungsinya, yaitu:
  1. Jalan arteri berfungsi melayani angkutan utama yang memiliki ciri angkutan perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi dan jumlah kendaraan yang masuk pada jalan dibatasi secara berdaya guna.
  2. Jalan kolektor berfungsi melayani angkutan pengumpul atau pembagi yang memiliki ciri kendaraan perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang dan jumlah kendaraan yang masuk pada jalan dibatasi.
  3. Jalan lokal berfungsi melayani angkutan setempat yang memiliki ciri angkutan perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata sedang dan jumlah kendaraan yang masuk pada jalan tidak dibatasi.
  4. Jalan lingkungan berfungsi melayani angkutan lingkungan yang memiliki ciri kendaraan perjalanan jarak dekat dan kecepatan rata-rata rendah.
- b. Menurut Undang-Undang Republik Indonesia No. 38 Tahun 2004 klasifikasi jalan menurut statusnya, yaitu:

1. Jalan nasional merupakan jalan arteri dan jalan kolektor dalam sistem jaringan jalan primer yang menghubungkan antar ibukota provinsi dan jalan strategis nasional serta jalan tol
  2. Jalan provinsi merupakan jalan kolektor dalam sistem jaringan jalan primer yang menghubungkan ibukota provinsi dengan ibukota kabupaten/kota atau antar ibukota kabupaten/kota dan jalan strategis provinsi.
  3. Jalan kabupaten merupakan jalan lokal dalam sistem jaringan jalan primer yang tidak termasuk jalan nasional dan provinsi yang menghubungkan ibukota kabupaten dengan pusat kegiatan lokal, antar pusat kegiatan lokal serta jalan umum dalam sistem jaringan jalan sekunder dalam wilayah kabupaten dan jalan strategis kabupaten.
  4. Jalan kota merupakan jalan umum dalam sistem jaringan jalan sekunder yang menghubungkan pusat pelayanan dengan persil, menghubungkan antar persil serta menghubungkan antar pusat pemukiman yang berada didalam kota.
  5. Jalan desa merupakan jalan umum yang menghubungkan Kawasan dan/atau antar pemukiman di dalam desa serta jalan lingkungan.
- c. Menurut Undang-Undang Republik Indonesia No. 22 Tahun 2009 pasal 19, klasifikasi jalan menurut kelasnya, yaitu:
1. Jalan kelas I merupakan jalan arteri dan kolektor yang dapat dilalui kendaraan bermotor dengan ukuran lebar tidak melebihi 2500 mm, panjang tidak melebihi 18000 mm, paling tinggi 4200 mm dan muatan sumbu terberat 10 ton.
  2. Jalan kelas II merupakan jalan arteri, kolektor, lokal dan lingkungan yang dapat dilalui kendaraan bermotor dengan ukuran lebar tidak melebihi 2500 mm, panjang tidak melebihi 12000 mm, paling tinggi 4200 mm dan muatan sumbu terberat 8 ton.
  3. Jalan kelas III merupakan jalan arteri, kolektor, lokal dan lingkungan yang dapat dilalui kendaraan bermotor dengan ukuran lebar tidak melebihi 2100 mm, panjang tidak melebihi 9000 mm, paling tinggi 3500 mm dan muatan sumbu terberat 8 ton.

4. Jalan kelas khusus merupakan jalan arteri yang dapat dilalui kendaraan bermotor dengan lebar melebihi 2500 mm, panjang tidak melebihi 18000 mm, paling tinggi 4200 mm dan muatan sumbu terberat 10 ton.

## 2.2 Perkerasan Jalan

Menurut Sukirman (2010:9) perkerasan jalan adalah suatu konstruksi jalan yang pada dasarnya menggunakan material utama dari agregat dan bahan pengikat yang dipadatkan diatas dasar tanah serta berfungsi untuk menerima beban lalu lintas diatasnya kemudian menyebarkannya ke tanah dasar dibawahnya tanpa menimbulkan kerusakan yang berarti pada konstruksi perkerasan jalannya. Berdasarkan bahan pengikat untuk membentuk lapisan atas perkerasan jalan dibedakan menjadi 3 jenis, yaitu:

- a. Perkerasan lentur (*flexible pavement*)

Perkerasan lentur yaitu perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Lapisan-lapisan perkerasannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar.

- b. Perkerasan kaku (*rigid pavement*)

Perkerasan kaku yaitu perkerasan yang menggunakan semen (*portland cement*) sebagai bahan pengikat. Struktur perkerasan terdiri dari pelat beton sebagai lapis permukaan dan lapis pondasi bawah sebagai lapis bantalan yang homogen serta lapis tanah dasar sebagai tempat struktur perkerasan diletakkan. Pelat beton pada perkerasan memiliki sambungan memanjang dan sambungan melintang. Pelat beton dengan atau tanpa tulangan diletakkan diatas tanah dasar dengan atau tanpa lapis pondasi bawah. Beban lalu lintas sebagian besar dipikul oleh pelat beton.

- c. Perkerasan komposit (*composite pavement*)

Perkerasan komposit yaitu perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur. Dapat berupa perkerasan lentur diatas perkerasan kaku atau perkerasan kaku diatas perkerasan lentur.

Keuntungan dan kerugian antara perkerasan lentur dengan perkerasan kaku yang dapat dilihat pada Tabel 2.1

**Tabel 2.1 Keuntungan dan Kerugian antara Perkerasan Lentur dan Kaku**

| KEUNTUNGAN |  |  |
|------------|--|--|
|            | Perkerasan lentur  | Perkerasan kaku  |
| 1          | Dapat digunakan di daerah dengan perbedaan penurunan ( <i>differential settlement</i> )                            | Umur pelayanan panjang dengan pemeliharaan yang sederhana  |
| 2          | Mudah diperbaiki   | Durabilitas/ketahanannya baik  |
| 3          | Tambahan lapisan perkerasan dapat dilakukan kapan saja   | mampu bertahan dari banjir dan air menggenang yang berulang tanpa terjadi kerusakan yang berarti             |
| 4          | Memiliki tahanan geser yang baik   | Untuk jalan volume lalu lintas tinggi didominasi kendaraan berat   |
| 5          | Warna perkerasan memberikan kesan tidak silau bagi pengguna jalan  |  |
| 6          | Dapat dilaksanakan bertahap, terutama pada kondisi biaya pembangunan terbatas atau kurangnya data pada perencanaan |  |
|            | Untuk jalan yang melayani lalu lintas ringan sampai sedang seperti jalan perkotaan                                 |  |
| KERUGIAN   |  |  |
| 1          | Tebal total struktur perkerasan lebih tebal dari perkerasan kaku   | Kekesatan jalan kurang baik  |
| 2          | Kelenturan dan sifat kohesi berkurang selama masa pelayanan  | Sifat kekasaran permukaan dipengaruhi oleh proses pelaksanaan  |
| 3          | Frekuensi pemeliharaan lebih sering  | Memberikan kesan silau bagi pengguna jalan   |
| 4          | Tidak baik digunakan jika sering digenangi air   | Membutuhkan lapisan tanah dasar yang memiliki penurunan yang homogen agar pelat beton tidak retak            |
| 5          | Membutuhkan agregat lebih banyak   | Repetisi beban menimbulkan retak-retak pada permukaan  |
| 6          | Repetisi beban menimbulkan <i>rutting</i> (lendutan pada jalur roda)   | Perubahan temperature mengakibatkan modulus kekakuan tidak berubah sehingga timbul tegangan dalam yang besar |
| 7          | Perubahan temperature mengakibatkan modulus kekakuan berubah, sehingga timbul tegangan dalam yang kecil            | Penurunan tanah dasar bersifat sebagai balok diatas perletakan   |
| 8          | Penurunan tanah dasar mengakibatkan jalan bergelombang mengikuti tanah dasar                                       |  |

Sumber: Sukirman (2010:11)

Menurut Sukirman (2010:14) Perkerasan lentur memiliki struktur yang terdiri dari beberapa jenis lapis, yaitu:

a. Lapis permukaan

*Surface course* merupakan lapis yang menggunakan bahan pengikat aspal yang menghasilkan lapis kedap air, berstabilitas tinggi karena menahan beban vertikal kendaraan, memiliki daya tahan selama masa layanan dan lapis yang menyebarkan beban ke lapis pondasi dibawahnya. Lapis permukaan disebut juga

lapis aus (*wearing course*) karena berkontak langsung dengan roda kendaraan, air, dingin dan panas sehingga membuat cepat aus dan rusak.

b. Lapis pondasi

*Base course* merupakan lapis yang menggunakan material yang cukup kuat, awet dan dipilih lapis berbutir tanpa/dengan aspal sebagai pengikat sesuai syarat teknik dalam spesifikasi pekerjaan. Lapis pondasi digunakan sebagai bantalan/perletakan lapis permukaan, lapis peresap untuk lapis pondasi bawah dan jika tidak menggunakan pondasi bawah maka lapis pondasi diletakkan langsung di atas permukaan tanah dasar.

c. Lapis pondasi bawah

*Subbase course* merupakan lapis yang berfungsi sebagai lapis *filler* yang mencegah partikel halus tanah dasar naik ke lapis pondasi, sebagai lapis peresap agar air tanah tidak berkumpul di pondasi, sebagai lapis yang mendukung serta menyebarkan beban kendaraan ke lapis tanah dasar sehingga lapis ini harus cukup stabil.

d. Lapis tanah dasar

*Subgrade* merupakan lapis perletakan struktur perkerasan. Lapis tanah dasar membutuhkan mutu persiapan tanah dasar yang bagus karena sangat menentukan ketahanan struktur dalam menerima beban lalu lintas selama masa pelayanan. Berdasarkan elevasi muka tanah dimana struktur perkerasan jalan diletakkan, lapisan tanah dasar yang disiapkan dengan cara dipadatkan dibagi menjadi tiga yaitu lapis tanah dasar asli, tanah urug/timbunan dan tanah galian.

### 2.3 Lalu Lintas

Menurut Undang-Undang Republik Indonesia No. 22 Tahun 2009 lalu lintas merupakan gerak kendaraan dan orang di ruang lalu lintas jalan. Ruang lalu lintas jalan itu sendiri adalah prasarana yang diperuntukkan bagi gerak pindah kendaraan, orang dan atau barang yang berupa jalan dan fasilitas pendukung. Beban yang dihasilkan dari arus lalu lintas yang ada pada jalan merupakan penentu tebal lapis perkerasan.

Menurut Indriani (2018:7) lalu lintas harian rata-rata (LHR) merupakan volume rata-rata lalu lintas kendaraan bermotor beroda 4 atau lebih yang dicatat selama 24 jam sehari untuk dua arah pada jalan dengan atau tanpa median yang didapat selama melakukan observasi. Beberapa hal yang mempengaruhi lalu lintas yaitu volume lalu lintas dan faktor perkembangan daerah.

Menurut Sukirman (2010:46) volume lalu lintas merupakan banyaknya kendaraan yang melewati satu titik pengamatan dalam satu satuan waktu dalam per hari, jam atau menit. Untuk perencanaan tebal lapisan perkerasan, volume lalu lintas dinyatakan dalam kendaraan/hari/2 arah untuk jalan 2 arah tidak terpisah dan kendaraan/hari/1 arah untuk jalan satu arah atau 2 arah terpisah. Perhitungan lalu lintas harian rata-rata (LHR) dinyatakan dalam persamaan 2.1:

$$LHR_{aur} = LHR_{pd} \times (1 + i)^n \quad (2.1)$$

Dimana:

$LHR_{ur}$  = LHR awal umur rencana

$LHR_{pd}$  = LHR pengumpulan data pada tahun terakhir

$n$  = lama waktu pengumpulan data sampai awal UR, tahun

$i$  = laju pertumbuhan lalu tahunan (%)

Menurut MDP (2017:4-2) laju pertumbuhan lalu lintas menggunakan data-data pertumbuhan series (*historical growth data*) atau formulasi korelasi dengan faktor pertumbuhan lain yang berlaku. Data laju lalu lintas dapat digunakan mulai tahun 2015-2035 seperti pada Tabel 2.2

**Tabel 2.2 Laju Pertumbuhan Lalu Lintas (i)(%)**

|                      | Jawa | Sumatera | Kalimantan | Rata-rata Indonesia |
|----------------------|------|----------|------------|---------------------|
| Arteri dan perkotaan | 4,80 | 4,83     | 5,14       | 4,75                |
| Kolektor rural       | 3,50 | 3,50     | 3,50       | 3,50                |
| Jalan desa           | 1,00 | 1,00     | 1,00       | 1,00                |

Sumber: Manual Desain Perkerasan (2017:4-2)

Perhitungan faktor pertumbuhan lalu lintas kumulatif (R) atau *Cumulative growth faktor* dinyatakan dalam persen/tahun dan perhitungannya dinyatakan dalam persamaan 2.2 atau pada Tabel 2.3

$$R = \frac{(1+0,01 i)^{UR}-1}{0,01 \times i} \quad (2.2)$$

Dimana:

R = faktor pengali pertumbuhan lalu lintas

UR = umur rencana (tahun)

**Tabel 2.3 Faktor Pengali Pertumbuhan Lalu Lintas**

| Umur rencana<br>(tahun) | Faktor laju pertumbuhan lalu lintas, persen (i) |       |       |       |       |       |       |       |
|-------------------------|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                         | 0   | 2     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 10    |
| 1                       | 1,00  | 1,00  | 1,00  | 1,00  | 1,00  | 1,00  | 1,00  | 1,00  |
| 2                       | 2,00  | 2,02  | 2,04  | 2,05  | 2,06  | 2,07  | 2,08  | 2,10  |
| 3                       | 3,00  | 3,06  | 3,12  | 3,15  | 3,18  | 3,21  | 3,25  | 3,31  |
| 4                       | 4,00  | 4,12  | 4,25  | 4,31  | 4,37  | 4,44  | 4,51  | 4,64  |
| 5                       | 5,00  | 5,20  | 5,42  | 5,53  | 5,64  | 5,75  | 5,87  | 6,11  |
| 6                       | 6,00  | 6,31  | 6,63  | 6,80  | 6,98  | 7,15  | 7,34  | 7,72  |
| 7                       | 7,00  | 7,43  | 7,9   | 8,14  | 8,39  | 8,65  | 8,92  | 9,49  |
| 8                       | 8,00  | 8,58  | 9,21  | 9,55  | 9,90  | 10,26 | 10,64 | 11,44 |
| 9                       | 9,00  | 9,75  | 10,58 | 11,03 | 11,49 | 11,98 | 12,49 | 13,58 |
| 10                      | 10,00   | 10,95 | 12,01 | 12,58 | 13,18 | 13,82 | 14,49 | 15,94 |
| 11                      | 11,00   | 12,17 | 13,49 | 14,21 | 14,97 | 15,78 | 16,65 | 18,53 |
| 12                      | 12,00   | 13,41 | 15,03 | 15,92 | 16,87 | 17,89 | 18,98 | 21,38 |
| 13                      | 13,00   | 14,68 | 16,63 | 17,71 | 18,88 | 20,14 | 21,50 | 24,52 |
| 14                      | 14,00   | 15,97 | 18,29 | 19,60 | 21,02 | 22,55 | 24,21 | 27,97 |
| 15                      | 15,00   | 17,29 | 20,02 | 21,58 | 23,28 | 25,13 | 27,15 | 31,77 |
| 16                      | 16,00   | 18,64 | 21,82 | 23,66 | 25,67 | 27,89 | 30,32 | 35,95 |
| 17                      | 17,00   | 20,01 | 23,70 | 25,84 | 28,21 | 30,84 | 33,75 | 40,54 |
| 18                      | 18,00   | 21,41 | 25,65 | 28,13 | 30,91 | 34,00 | 37,45 | 45,60 |
| 19                      | 19,00   | 22,84 | 27,67 | 30,54 | 33,76 | 37,38 | 41,45 | 51,16 |
| 20                      | 20,00   | 24,30 | 29,78 | 33,07 | 36,79 | 41,00 | 45,76 | 57,27 |

Sumber: AASHTO 1993 (D-24)

## 2.4 Umur Rencana

Menurut Indriani (2018:7) umur rencana merupakan jumlah waktu dalam tahun yang dihitung sejak jalan mulai dibuka hingga jalan perlu perbaikan berat atau perlu untuk diberi lapis permukaan yang baru.

Menurut Manual Desain Perkerasan (2017:5-1) pada perkerasan lentur jalan baru umumnya memiliki umur rencana/masa pelayanan 20 tahun dan untuk peningkatan jalan seperti overlay yaitu 10 tahun. Selama dalam umur rencana, maka jalan perlu dilakukan pemeliharaan seperti pelapisan non struktural dengan tujuan sebagai lapis aus. Umur rencana jalan tidak lebih dari 20 tahun karena

perkembangan lalu lintas yang semakin besar dan juga sulit mendapatkan ketelitian yang memadai.

## 2.5 Jenis-jenis Kerusakan pada Perkerasan Lentur Jalan

Menurut Indriani (2018:24) perkerasan lentur pada jalan dapat disebabkan oleh dua hal. Yang pertama disebabkan oleh kerusakan fungsional. Misalnya jalan tidak dapat digunakan dan tidak berfungsi sesuai dengan yang direncanakan. Kerusakan struktural yang disebabkan oleh beban lalu lintas, lapisan tanah dasar yang tidak stabil dan pengaruh lingkungan sekitar. Jenis kerusakan pada perkerasan lentur diantaranya:

a. Lubang

*Potholes* merupakan kerusakan yang diakibatkan oleh material kadar aspal yang rendah, agregat yang digunakan dalam keadaan kotor, lapisan permukaan yang tipis, drainase yang buruk serta retak-retak yang muncul tidak segera ditangani. Lubang ini berbentuk seperti mangkuk dengan berbagi ukuran dan dapat menampung atau menggenangkan air.

b. Retak buaya

*Alligator crack* merupakan retak yang menyerupai kulit buaya yang disebabkan oleh perkerasan yang kurang baik, pelapukan permukaan atau bagian bawah perkerasan yang berada dibawah lapisan permukaan tidak stabil. Retak buaya umumnya tidak luas. Namun, jika retak buaya pada perkerasan terbilang luas maka hal itu disebabkan oleh beban lalu lintas yang melampaui beban yang dapat dipikul oleh lapisan permukaan. Retak buaya memiliki lebar celah sama dengan atau lebih dari 3 mm.

c. Retak pinggir

*Edge crack* merupakan retak yang disebabkan oleh drainase samping jalan yang kurang baik, terjadinya penyusutan tanah atau penurunan elevasi tanah dasar dan sokongan dari arah samping tidak baik. Retak pinggir umumnya berbentuk retak memanjang dengan atau tanpa cabang yang terletak di pinggir bahu jalan.

## 2.6 Pavement Condition Index (PCI)

Menurut Hardiyatmo (2015:57) indeks kondisi perkerasan merupakan tingkatan dari kondisi perkerasan dan ukurannya yang ditinjau dari fungsi daya guna yang mengacu pada kerusakan dan kondisi di permukaan perkerasan yang terjadi. PCI didapat dari survey kondisi visual berdasarkan pada jenis, tingkat kerusakan dan jumlah kerusakan yang terjadi pada jalan.

- Density atau kerapatan merupakan persentase panjang atau luas total dari satu jenis kerusakan terhadap panjang atau luas total bagian jalan yang diukur. Kerapatan kerusakan untuk perkerasan aspal yang dapat diukur seperti retak pinggir dan retak buaya dinyatakan dalam persamaan 2.3 sedangkan untuk kerusakan seperti lubang dinyatakan dalam persamaan 2.4

$$\text{Kerapatan (\%)} = \frac{Ad}{As} \times 100\% \quad (2.3)$$

$$\text{Kerapatan (\%)} = \frac{\text{jumlah lubang}}{As} \times 100\% \quad (2.4)$$

- Nilai pengurang (*deduct value*) merupakan nilai pengurang pada setiap jenis kerusakan yang diperoleh dari kurva hubungan kerapatan (*density*) dan tingkat keparahan (*severity level*) kerusakan.
- Nilai pengurang terkoreksi (*corrected deduct value*) merupakan nilai dari kurva hubungan antara nilai pengurang total dan nilai pengurang.
- Nilai PCI untuk setiap unit sampel dinyatakan dalam persamaan 2.5 dan untuk nilai PCI dan nilai kondisi dapat dilihat pada Tabel 2.4

$$\text{PCI}_s = 100 - \text{CDV} \quad (2.5)$$

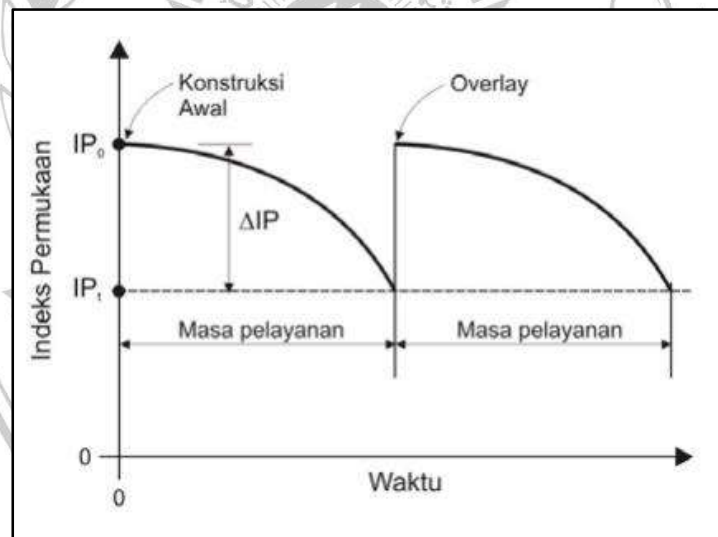
**Tabel 2.4 Nilai PCI Dan Nilai Kondisi**

| Nilai PCI | Kondisi      |
|-----------|--------------|
| 0-10      | Gagal        |
| 11-25     | Sangat buruk |
| 26-40     | Buruk        |
| 41-55     | Sedang       |
| 56-70     | Baik         |
| 71-85     | Sangat baik  |
| 86-100    | Sempurna     |

Sumber: Hardiyatmo (2015:86)

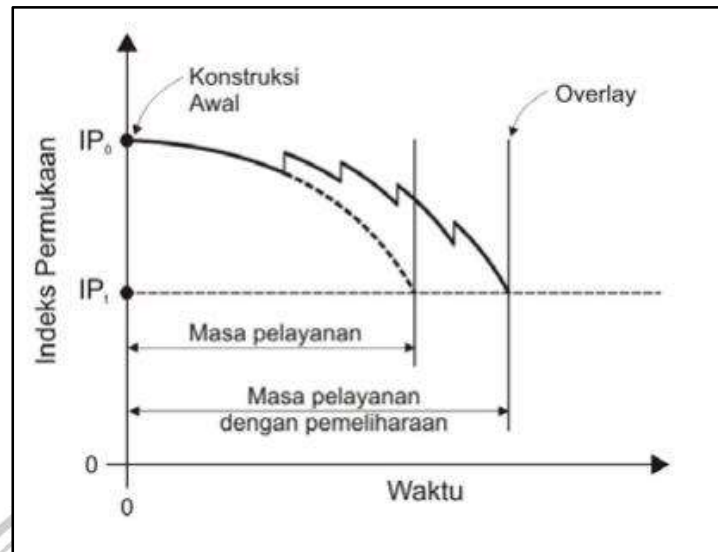
## 2.7 Lapisan Tambahan (*Overlay*)

Menurut Sukirman (2010:179) struktur perkerasan jalan mengalami penurunan kinerja akibat berbagai sebab diantaranya repetisi beban lalu lintas, air hujan, sistem drainase yang kurang baik, perubahan temperatur, kondisi geologi lingkungan, kondisi tanah dasar yang kurang stabil. Penurunan kinerja struktur perkerasan tidak disebabkan oleh hanya satu faktor tetapi pada umumnya saling berkaitan yang dapat saja dimulai dari satu penyebab. Selama masa pelayanan, struktur perkerasan mengalami penurunan kinerja dari kinerja awal ( $IP_0$ ) sampai kinerja akhir ( $IP_t$ ). Waktu penurunan kinerja  $IP_0$  sampai  $IP_t$  diharapkan sama dengan umur rencana. Namun, karena ada beban lalu lintas dan drainase yang kurang baik, maka dapat mempercepat terjadinya penurunan kinerja. Penurunan kinerja tanpa pemeliharaan dapat dilihat pada Gambar 2.1. Akan tetapi jika dilakukan pemeliharaan secara periodik penurunan dari  $IP_0$  sampai  $IP_t$  akan terjadi pada waktu yang lebih panjang. Penurunan kinerja dengan pemeliharaan dapat dilihat pada Gambar 2.2



**Gambar 2.1 Penurunan Kinerja tanpa Pemeliharaan**

Sumber: Sukirman (2010:180)



**Gambar 2.2 Penurunan Kinerja dengan Pemeliharaan**

Sumber: Sukirman (2010:180)

Konstruksi jalan yang telah habis masa pelayanannya dan telah mencapai indeks permukaan akhir ( $IP_1$ ) maka perlu dilakukan penambahan lapis tambahan (*overlay*) tanpa atau dengan pelebaran jalan untuk mengembalikan nilai kekuatan, tingkat kenyamanan, tingkat keamanan, tingkat kededapan terhadap air dan tingkat kecepatannya mengalirkan air. Sebelum perencanaan tebal lapisan tambahan dapat dilakukan survey kondisi permukaan terlebih dahulu.

## 2.8 Daya Dukung Tanah Dasar

Menurut Sukirman (2010:55) sifat tanah dasar mempengaruhi ketahanan lapisan di atasnya dan mutu jalan keseluruhan. Sehingga, tanah dasar memiliki peranan penting untuk kestabilan sistem perkerasan lentur. Untuk kondisi desain tertentu, maka semakin tinggi daya dukung tanah dasarnya maka semakin tipis struktur perkerasan yang diperlukan. Data daya dukung tanah diperlukan pada saat merencanakan perkerasan pada jalan. Metode yang digunakan untuk menentukan daya dukung tanah diantaranya yaitu metode *California bearing ratio* (CBR), *resilient modulus* ( $M_r$ ), parameter konus dinamis/*dynamic cone penetrometer* (DCP) dan *modulus* reaksi tanah dasar ( $k$ ). Di Indonesia, metode yang umum digunakan untuk perencanaan tebal perkerasan menggunakan pemeriksaan CBR.

Metode yang digunakan untuk daya dukung tanah ditentukan berdasarkan metode perencanaan tebal perkerasan yang akan dipilih.



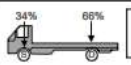

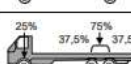
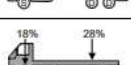
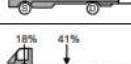
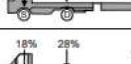
## 2.9 Perencanaan Overlay Metode AASHTO 1993

Metode AASHTO (*America Association of State Highway and Transportation Officials*) merupakan badan yang mengatur standar yang mengeluarkan uraian dan pedoman yang digunakan dalam konstruksi desain pada jalan di Amerika Serikat. Metode ini secara umum sering dijadikan acuan di seluruh dunia bahkan di Indonesia untuk perencanaan perhitungan tebal perkerasan lentur. AASHTO 1993 dan 1986 memiliki kesamaan dalam perencanaan tebal perkerasan lentur jalan baru. Hal yang membuat AASHTO 1993 berbeda yaitu karena metode ini dapat merencanakan tebal perkerasan tambahan atau overlay. Metode AASHTO 1993 merupakan metode ke lima setelah AASHTO mengalami perkembangan sebanyak 5 kali dan metode yang perencanaannya didasarkan pada metode empiris. Menurut Sukirman (2010:97) Metode empiris yaitu metode yang dikembangkan berdasarkan pengujian dan pengukuran dari jalan-jalan yang dibuat khusus untuk penelitian. Parameter yang dibutuhkan pada perencanaan metode AASHTO 1993 diantaranya yaitu lalu lintas, reabilitas faktor drainase, *serviability* dan *structural number*.

### a. Perhitungan angka ekivalen kendaraan (E)

Beban lalu lintas berasal dari berbagai jenis dan berat kendaraan serta konfigurasi sumbu. Oleh karena itu, dibutuhkan angka ekivalen (E) untuk mengekivalenkan berbagai lintasan sumbu terhadap sumbu standar. Maka menurut Sukirman (2010:111) angka ekivalen adalah angka yang menunjukkan jumlah lintasan sumbu standar yang menyebabkan kerusakan yang sama pada struktur perkerasan jika dilintasi oleh beban sumbu kendaraan tertentu. Misalkan ekivalen truk adalah 1,2 artinya 1 kali lintasan truk sama dengan 1,2 kali lintasan sumbu standar yang mengakibatkan kerusakan yang sama pada perkerasan. Satu kendaraan memiliki minimal 2 lintasan sumbu, yang artinya ekivalen kendaraan terdiri dari jumlah ekivalen untuk lintasan semua sumbu yang dimiliki kendaraan. Angka ekivalen dipengaruhi oleh nilai konfigurasi beban sumbu dan beban sumbu, nilai

*struktural number* dan indek pelayanan akhir. Pendistribusian beban sumbu kendaraan dapat dilihat pada Gambar 2.3

| Konfigurasi Sumbu & Tipe | Berat Kosong (ton) | Beban Muatan Maksimum (ton) | Berat Total Maksimum (ton) |  |
|--------------------------|--------------------|-----------------------------|----------------------------|--|
| 1.1 Mobil Penumpang      | 1,5                | 0,5                         | 2,0                        |    |
| 1.2 Bus                  | 3                  | 6                           | 9                          | <br><small>⊙ Roda Tunggal Pada Ujung Sumbu<br/>⊚ Roda Ganda Pada Ujung Sumbu</small> |
| 1.2L Truk                | 2,3                | 6                           | 8,3                        | <br><small>L = truk ringan<br/>H = truk berat</small>                                |
| 1.2H Truk                | 4,2                | 14                          | 18,2                       |    |
| 1.22 Truk                | 5                  | 20                          | 25                         |    |
| 1.2 + 2.2 Trailer        | 6,4                | 25                          | 31,4                       |    |
| 1.2 + 2 Trailer          | 6,2                | 20                          | 26,2                       |   |
| 1.2 + 2.2 Trailer        | 10                 | 32                          | 42                         |    |

**Gambar 2.3 Distribusi Beban Sumbu Kendaraan**

Sumber: Sukirman (2010:40)

Rumus dasar angka ekuivalen pada AASHTO dinyatakan dalam persamaan 2.6 sampai persamaan 2.8 atau dapat dilihat pada Gambar 2.4 sampai Gambar 2.6

$$\frac{W_x}{W_{18}} = \left[ \frac{L_{18} + L_{2s}}{L_x + L_{2x}} \right]^{4,79} \left[ \frac{10^G / \beta_x}{10^G / \beta_{18}} \right] [L_{2x}]^{4,33} \quad (2.6)$$

Dimana:

$W_x$  = sumbu dengan beban 1000x pon

$W_{18}$  = sumbu standar dengan beban 18000 pon

$\frac{W_x}{W_{18}}$  = bilangan terbalik dari angka ekuivalen untuk beban dan konfigurasi sumbu 1000x pon

$L_{18}$  = 18 (beban sumbu standar dalam kilopon)

$L_x$  = x (beban sumbu dalam kilopon)

$L_{2x}$  = kode untuk konfigurasi sumbu yang ditinjau

= 1, untuk sumbu tunggal

= 2, untuk sumbu tandem

= 3, untuk sumbu tripel

$L_{2s}$  = kode untuk sumbu standar, selalu = 1 (sumbu tunggal)

$$G = \log \left[ \frac{4,2 - P_t}{4,2 - 1,5} \right] \quad (2.7)$$

$P_t$  = *terminal serviceability index*

$$\beta_x = 0,4 + \frac{0,081 (L_x + L_{2x})^{3,23}}{(SN+1)^{5,19} L_{2x}^{3,23}} \quad (2.8)$$

SN = *struktural number*

**Tabel 2.5 Nilai Angka Ekuivalen Untuk Sumbu Tunggal,  $P_t = 2$**

| Beban sumbu |      | Angka struktural (SN) |        |        |        |        |        |
|-------------|------|-----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| kips        | ton  | 1                     | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      |
| 2           | 0,9  | 0,0002                | 0,0002 | 0,0002 | 0,0002 | 0,0002 | 0,0002 |
| 4           | 1,8  | 0,002                 | 0,002  | 0,003  | 0,002  | 0,002  | 0,002  |
| 6           | 2,7  | 0,01                  | 0,01   | 0,01   | 0,01   | 0,01   | 0,01   |
| 8           | 3,6  | 0,03                  | 0,04   | 0,04   | 0,03   | 0,03   | 0,03   |
| 10          | 4,5  | 0,08                  | 0,08   | 0,09   | 0,08   | 0,08   | 0,08   |
| 12          | 5,4  | 0,16                  | 0,18   | 0,19   | 0,18   | 0,17   | 0,17   |
| 14          | 6,4  | 0,32                  | 0,34   | 0,35   | 0,35   | 0,34   | 0,33   |
| 16          | 7,3  | 0,59                  | 0,60   | 0,61   | 0,61   | 0,60   | 0,60   |
| 18          | 8,2  | 1,00                  | 1,00   | 1,00   | 1,00   | 1,00   | 1,00   |
| 20          | 9,1  | 1,61                  | 1,59   | 1,56   | 1,55   | 1,57   | 1,60   |
| 22          | 10,0 | 2,49                  | 2,44   | 2,35   | 2,31   | 2,35   | 2,41   |
| 24          | 10,9 | 3,71                  | 3,62   | 3,43   | 3,33   | 3,4    | 3,51   |
| 26          | 11,8 | 5,36                  | 5,21   | 4,88   | 4,68   | 4,77   | 4,96   |
| 28          | 12,7 | 7,54                  | 7,31   | 6,78   | 6,42   | 6,52   | 6,83   |
| 30          | 13,6 | 10,4                  | 10,0   | 9,2    | 8,7    | 8,7    | 9,2    |
| 32          | 14,5 | 14,0                  | 13,5   | 12,4   | 11,5   | 11,5   | 12,1   |
| 34          | 15,4 | 18,6                  | 17,9   | 16,3   | 15,0   | 14,9   | 15,6   |
| 36          | 16,3 | 24,2                  | 23,3   | 21,2   | 19,3   | 19,0   | 19,9   |
| 38          | 17,2 | 31,1                  | 30,0   | 27,1   | 24,6   | 24,0   | 25,1   |
| 40          | 18,1 | 39,6                  | 38,0   | 34,3   | 30,9   | 30,0   | 31,3   |
| 42          | 19,0 | 49,7                  | 47,7   | 43,0   | 38,6   | 37,2   | 38,5   |
| 44          | 20,8 | 61,8                  | 59,3   | 53,4   | 47,6   | 45,7   | 47,1   |
| 46          | 20,9 | 76,1                  | 73,0   | 65,6   | 58,3   | 55,7   | 57,0   |
| 48          | 21,7 | 92,9                  | 89,1   | 80,0   | 70,9   | 67,3   | 68,6   |
| 50          | 22,6 | 113,0                 | 108,0  | 97,0   | 86,0   | 81,0   | 82,0   |

Sumber: AASHTO (1993:D-3)

**Tabel 2.6 Nilai Angka Ekuivalen Untuk Sumbu Tandem, Pt = 2**

| Beban sumbu |      | Angka struktural (SN) |        |        |        |        |        |
|-------------|------|-----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| kips        | ton  | 1                     | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      |
| 2           | 0,9  | 0,0000                | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 |
| 4           | 1,8  | 0,0003                | 0,0003 | 0,0003 | 0,0002 | 0,0002 | 0,0002 |
| 6           | 2,7  | 0,001                 | 0,001  | 0,001  | 0,001  | 0,001  | 0,001  |
| 8           | 3,6  | 0,003                 | 0,003  | 0,003  | 0,003  | 0,003  | 0,002  |
| 10          | 4,5  | 0,007                 | 0,008  | 0,008  | 0,007  | 0,006  | 0,006  |
| 12          | 5,4  | 0,013                 | 0,016  | 0,016  | 0,014  | 0,013  | 0,012  |
| 14          | 6,4  | 0,024                 | 0,029  | 0,029  | 0,026  | 0,024  | 0,023  |
| 16          | 7,3  | 0,041                 | 0,048  | 0,050  | 0,046  | 0,042  | 0,040  |
| 18          | 8,2  | 0,066                 | 0,077  | 0,081  | 0,075  | 0,069  | 0,066  |
| 20          | 9,1  | 0,103                 | 0,117  | 0,124  | 0,117  | 0,109  | 0,105  |
| 22          | 10,0 | 0,156                 | 0,171  | 0,183  | 0,174  | 0,164  | 0,158  |
| 24          | 10,9 | 0,227                 | 0,224  | 0,26   | 0,252  | 0,239  | 0,231  |
| 26          | 11,8 | 0,322                 | 0,34   | 0,36   | 0,353  | 0,338  | 0,329  |
| 28          | 12,7 | 0,447                 | 0,465  | 0,487  | 0,481  | 0,466  | 0,445  |
| 30          | 13,6 | 0,607                 | 0,623  | 0,646  | 0,643  | 0,627  | 0,617  |
| 32          | 14,5 | 0,810                 | 0,823  | 0,843  | 0,842  | 0,829  | 0,819  |
| 34          | 15,4 | 1,06                  | 1,07   | 1,08   | 1,08   | 1,08   | 1,07   |
| 36          | 16,3 | 1,38                  | 1,38   | 1,38   | 1,38   | 1,38   | 1,38   |
| 38          | 17,2 | 1,76                  | 1,75   | 1,73   | 1,72   | 1,73   | 1,74   |
| 40          | 18,1 | 2,22                  | 2,19   | 2,15   | 2,13   | 2,16   | 2,18   |
| 42          | 19,1 | 2,77                  | 2,73   | 2,64   | 2,62   | 2,66   | 2,70   |
| 44          | 20   | 3,42                  | 3,36   | 3,23   | 3,18   | 3,24   | 3,31   |
| 46          | 20,9 | 4,20                  | 4,11   | 3,92   | 3,83   | 3,91   | 4,02   |
| 48          | 21,8 | 5,10                  | 4,98   | 4,72   | 4,58   | 4,68   | 4,83   |
| 50          | 22,7 | 6,15                  | 5,99   | 5,64   | 5,44   | 5,56   | 5,77   |
| 52          | 23,6 | 7,37                  | 7,16   | 6,71   | 6,43   | 6,56   | 6,83   |
| 54          | 24,5 | 8,77                  | 8,51   | 7,93   | 7,55   | 7,69   | 8,03   |
| 56          | 25,4 | 10,4                  | 10,1   | 9,3    | 8,8    | 9,0    | 9,4    |

Sumber: AASHTO (1993:D-3)

**Tabel 2.7 Nilai Angka Ekuivalen Untuk Sumbu Tridem, Pt = 2**

| Beban sumbu |      | Angka struktural (SN) |        |        |        |        |        |
|-------------|------|-----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| kips        | ton  | 1                     | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      |
| 2           | 0,9  | 0,0000                | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 |
| 4           | 1,8  | 0,0001                | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 |
| 6           | 2,7  | 0,0004                | 0,0004 | 0,0003 | 0,0003 | 0,0003 | 0,0003 |
| 8           | 3,6  | 0,0009                | 0,0010 | 0,0009 | 0,0008 | 0,0007 | 0,0007 |
| 10          | 4,5  | 0,002                 | 0,002  | 0,002  | 0,002  | 0,002  | 0,001  |
| 12          | 5,4  | 0,004                 | 0,004  | 0,004  | 0,003  | 0,003  | 0,003  |
| 14          | 6,4  | 0,006                 | 0,007  | 0,007  | 0,006  | 0,006  | 0,005  |
| 16          | 7,3  | 0,010                 | 0,012  | 0,012  | 0,010  | 0,009  | 0,009  |
| 18          | 8,2  | 0,016                 | 0,019  | 0,019  | 0,017  | 0,015  | 0,015  |
| 20          | 9,1  | 0,024                 | 0,029  | 0,029  | 0,026  | 0,024  | 0,023  |
| 22          | 10,0 | 0,034                 | 0,042  | 0,042  | 0,038  | 0,035  | 0,034  |
| 24          | 10,9 | 0,049                 | 0,058  | 0,06   | 0,055  | 0,051  | 0,048  |
| 26          | 11,8 | 0,068                 | 0,08   | 0,083  | 0,077  | 0,071  | 0,068  |
| 28          | 12,7 | 0,093                 | 0,107  | 0,113  | 0,105  | 0,098  | 0,094  |
| 30          | 13,6 | 0,125                 | 0,14   | 0,149  | 0,14   | 0,131  | 0,126  |
| 32          | 14,5 | 0,164                 | 0,182  | 0,194  | 0,184  | 0,173  | 0,167  |
| 34          | 15,4 | 0,213                 | 0,233  | 0,248  | 0,238  | 0,225  | 0,217  |
| 36          | 16,3 | 0,273                 | 0,294  | 0,313  | 0,303  | 0,288  | 0,279  |
| 38          | 17,2 | 0,346                 | 0,368  | 0,39   | 0,381  | 0,364  | 0,353  |
| 40          | 18,1 | 0,434                 | 0,456  | 0,481  | 0,473  | 0,454  | 0,443  |
| 42          | 19,1 | 0,538                 | 0,560  | 0,587  | 0,58   | 0,561  | 0,548  |
| 44          | 20   | 0,662                 | 0,682  | 0,71   | 0,705  | 0,686  | 0,673  |
| 46          | 20,9 | 0,807                 | 0,825  | 0,852  | 0,849  | 0,831  | 0,818  |
| 48          | 21,8 | 0,976                 | 0,992  | 1,015  | 1,014  | 0,999  | 0,987  |
| 50          | 22,7 | 1,17                  | 1,18   | 1,20   | 1,20   | 1,19   | 1,18   |
| 52          | 23,6 | 1,40                  | 1,40   | 1,42   | 1,42   | 1,41   | 1,40   |
| 54          | 24,5 | 1,66                  | 1,66   | 1,66   | 1,66   | 1,66   | 1,66   |
| 56          | 25,4 | 1,95                  | 1,95   | 1,9    | 1,93   | 1,94   | 1,94   |
| 58          | 26,3 | 2,29                  | 2,27   | 2,24   | 2,23   | 2,25   | 2,27   |
| 60          | 27,2 | 2,67                  | 2,64   | 2,59   | 2,57   | 2,60   | 2,63   |
| 62          | 28,1 | 3,10                  | 3,06   | 2,98   | 2,95   | 2,99   | 3,04   |
| 64          | 29,0 | 3,59                  | 3,53   | 3,41   | 3,37   | 3,42   | 3,49   |
| 66          | 29,9 | 4,13                  | 4,05   | 3,89   | 3,83   | 3,90   | 3,99   |

Sumber: AASHTO (1993:D-3)

b. Perhitungan beban gandar kumulatif selama umur rencana ( $W_{18}$ )

Untuk menghitung beban gandar kumulatif selama umur rencana ( $W_{18}$ ), perlu menghitung beban gandar standar kumulatif untuk dua arah ( $\hat{w}_{18}$ ). Nilai  $\hat{w}_{18}$  dinyatakan dalam persamaan 2.9

$$\hat{w}_{18} = LHR_{\text{umur rencana akhir}} \times \text{angka ekivalen} \quad (2.9)$$

Selanjutnya menentukan nilai faktor distribusi arah ( $D_D$ ) yang digunakan untuk menunjukkan distribusi kendaraan ke masing-masing arah. Jika lalu lintas memiliki satu arah, maka  $D_D=1$  akan tetapi jika memiliki dua arah maka  $D_D = 0,3-0,7$  umumnya diambil 0,5. Kemudian menentukan faktor distribusi lajur ( $D_L$ ) yang digunakan untuk menunjukkan distribusi kendaraan ke lajur rencana. Faktor distribusi lajur dapat dilihat pada Tabel 2.8

**Tabel 2.8 Faktor Distribusi Lajur**

| Jumlah lajur pada masing-masing arah | Persen 18 kip ESAKL pada lajur rencana ( $D_L$ )(%) |
|--------------------------------------|---|
| 1                                    | 100   |
| 2                                    | 80-100  |
| 3                                    | 60-80   |
| 4                                    | 50-75   |

Sumber: AASHTO (1993:II-9)

Menurut AASHTO 1993 nilai 18 diartikan sebagai angka poros standar yang dijadikan referensi yaitu 18kip atau 80kN. Untuk menghitung beban gandar kumulatif selama umur rencana ( $W_{18}$ ) atau *desain traffic* ESAL (*equivalent single axle load*) dinyatakan dalam persamaan 2.10

$$W_{18} = \hat{w}_{18} \times R \times D_D \times D_L \times 365 \quad (2.10)$$

c. Perhitungan *Serviceability* ( $\Delta$ PSI)

Menurut Sukirman (2010:92) *serviceability* merupakan skala penilaian kinerja struktur perkerasan jalan untuk menerima beban serta melayani arus lalu lintas secara empiris. Nilai kemampuan layanan awal (*initial serviceability*) yang digunakan pada perkerasan lentur jalan raya bernilai 4,2 dan untuk perkerasan kaku bernilai 4,5. Pelayanan akhir (*terminal serviceability index*) untuk volume lalu lintas rendah bernilai 2,0 sedangkan untuk jalan utama bernilai 2,5. Indeks pelayanan akhir juga dapat dilihat pada Tabel 2.9

**Tabel 2.9 Indeks Kemampuan Pelayanan Akhir**

| Pt  | Persen orang berpendapat tidak setuju |
|-----|---------------------------------------|
| 3,0 | 12%                                   |
| 2,5 | 55%                                   |
| 2,0 | 85%                                   |

Sumber: AASHTO (1993:II-10)

Untuk menghitung kehilangan kemampuan layanan (*total loss of serviceability*) dinyatakan dalam persamaan 2.11

$$\Delta PSI = P_0 - P_t \quad (2.11)$$

Dimana:

$\Delta PSI$  = total kehilangan kemampuan layanan

$P_0$  = pelayanan awal

$P_t$  = pelayanan akhir

d. Menentukan nilai R,  $S_0$  dan ZR

a) Nilai reliabilitas (R)

Menurut Sukirman (2010:126) *reliability* atau keandalan merupakan tingkat kepastian atau probabilitas bahwa struktur perkerasan mampu melayani arus lalu lintas selama umur rencana sesuai dengan proses penurunan kinerja struktur perkerasan yang dinyatakan dengan *serviceability* yang direncanakan. Nilai reliabilitas yang semakin besar menunjukkan bahwa kinerja perkerasan semakin baik. AASHTO 1993 menyarankan nilai reliabilitas sesuai fungsi jalannya dapat dilihat pada Tabel 2.10

**Tabel 2.10 Nilai Reliabilitas Berdasarkan Fungsi Jalan**

| Fungsi jalan         | Rekomendasi tingkat reliabilitas |                   |
|----------------------|----------------------------------|-------------------|
|                      | Dalam kota / urban               | Luar kota / rural |
| Jalan bebas hambatan | 85 – 99,9                        | 80 – 99,9         |
| Jalan arteri         | 80 - 99                          | 75 – 95           |
| Jalan kolektor       | 80 - 95                          | 75 – 95           |
| Jalan lokal          | 50 – 80                          | 50 - 80           |

Sumber : AASHTO (1993:II-9)

b) Deviasi standar keseluruhan ( $S_0$ )

Dalam menentukan nilai  $S_0$  dapat dilihat pada Tabel 2.11

**Tabel 2.11 Deviasi Standar Keseluruhan**

| Jenis perkerasan  | Nilai $S_0$ |
|-------------------|-------------|
| Perkerasan lentur | 0,4–0,5     |
| Perkerasan kaku   | 0,3–0,4     |

Sumber:AASHTO (1993:I-62)

c) Deviasi standar normal (ZR)

Setelah mendapat nilai reabilitas maka selanjutnya dapat menentukan nilai simpanan baku normal (ZR) yang dapat dilihat pada Tabel 2.12 dan nilai faktor realibilitas ( $F_R$ ) dapat dinyatakan dalam persamaan 2.12 atau pada Tabel 2.11

$$F_R = 10^{-ZR(S_0)} \quad (2.12)$$

**Tabel 2.12 Nilai Reliabilitas, ZR dan  $F_R$** 

| Reliabilitas (R) | Deviasi standar normal (ZR) | $F_R$ untuk $S_0 = 0,4$ | $F_R$ untuk $S_0 = 0,45$ | $F_R$ untuk $S_0 = 0,5$ |
|------------------|-----------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|
| 50               | -0,000                      | 1,00                    | 1,00                     | 1,00                    |
| 60               | -0,253                      | 1,26                    | 1,30                     | 1,34                    |
| 70               | -0,524                      | 1,62                    | 1,72                     | 1,83                    |
| 75               | -0,674                      | 1,86                    | 2,01                     | 2,17                    |
| 80               | -0,841                      | 2,17                    | 2,39                     | 2,63                    |
| 85               | -1,037                      | 2,60                    | 2,93                     | 3,30                    |
| 90               | -1,282                      | 3,26                    | 3,77                     | 4,38                    |
| 91               | -1,340                      | 3,44                    | 4,01                     | 4,68                    |
| 92               | -1,405                      | 3,65                    | 4,29                     | 5,04                    |
| 93               | -1,476                      | 3,89                    | 4,62                     | 5,47                    |
| 94               | -1,555                      | 4,19                    | 5,01                     | 5,99                    |
| 95               | -1,645                      | 4,55                    | 5,50                     | 6,65                    |
| 96               | -1,751                      | 5,02                    | 6,14                     | 7,51                    |
| 97               | -1,881                      | 5,65                    | 7,02                     | 8,72                    |
| 98               | -2,054                      | 6,63                    | 8,40                     | 10,64                   |
| 99               | -2,327                      | 8,53                    | 11,15                    | 14,57                   |
| 99,9             | -3,090                      | 17,22                   | 24,58                    | 35,08                   |
| 99,99            | -3,750                      | 31,62                   | 48,70                    | 74,99                   |

Sumber :Sukirman (2010:129)

e. Perhitungan *Modulus Resilent* (MR)

Menurut Sukirman (2010:74) parameter penunjuk daya dukung lapis tanah dasar dinyatakan dalam *modulus resilent* yang biasa digunakan AASHTO sejak 1986. Parameter ini salah satunya dapat diperoleh melalui korelasi dengan data CBR tanah dasar. Untuk menghitung nilai MR perlu dihitung nilai  $CBR_{psi}$  yang dinyatakan dalam persamaan 2.13

$$CBR_{psi} = CBR_{rata-rata} - \frac{CBR_{max} - CBR_{min}}{R} \quad (2.13)$$

Selanjutnya menghitung nilai MR dinyatakan dalam persamaan 2.14

$$MR = 1500 \times CBR_{psi} \quad (2.14)$$

Dimana:

- MR = Modulus Resilient  
 CBR<sub>psi</sub> = *California Bearing Ratio* segmen  
 CBR<sub>rat-rata</sub> = nilai rerata CBR  
 CBR<sub>max</sub> = nilai CBR maksimal  
 CBR<sub>min</sub> = nilai CBR minimum  
 R = konstanta berdasarkan titik pengamatan persegmen dari *japan road ass* dapat dilihat pada Tabel 2.13

**Tabel 2.13 Nilai R untuk CBR<sub>psi</sub>**

| Jumlah titik pengamatan | Nilai R |
|-------------------------|---------|
| 2                       | 1,41    |
| 3                       | 1,91    |
| 4                       | 2,24    |
| 5                       | 2,48    |
| 6                       | 2,67    |
| 7                       | 2,83    |
| 8                       | 2,96    |
| 9                       | 3,08    |
| 10                      | 3,18    |

Sumber: Sukirman (2010:65)

f. *Koefisien Drainase*

Menurut Sukirman (2010:130) drainase merupakan saluran yang menyalurkan air dari suatu tempat ke tempat yang lain misalnya di persawahan, perkotaan dan jalan dengan tujuan menghindari genangan, kelebihan air yang tidak diinginkan serta banjir ditempat. Dalam perencanaan perkerasan jalan, penting untuk mengetahui kemampuan struktur jalan dalam mengalirkan air karena air bisa masuk ke dalam perkerasan lewat retakan pada muka jalan, sambungan, infiltrasi perkerasan, akibat kapilaritas atau mata air setempat. Air menggenang pada struktur perkerasan jalan dapat menyebabkan:

1. Berkurangnya daya dukung lapisan dengan material tanpa pengikat
2. Berkurangnya daya dukung tanah dasar

3. Naiknya butiran halus sebagai dampak dari efek pompa ke dalam struktur perkerasan jalan
4. Lepasnya ikatan aspal dari agregat sebagai awal terjadinya lubang

Menurut AASHTO 1993 terdapat dua variabel yang menentukan nilai drainase yaitu mutu atau kualitas drainase dan presentasi struktur perkerasan dalam 1 tahun. Kualitas drainase ditentukan oleh seberapa lama air dapat menghilang dari struktur perkerasan yang dapat dilihat pada Tabel 2.14

**Tabel 2.14 Kualitas Drainase**

| Kualitas drainase | Air hilang dalam   |
|-------------------|--------------------|
| Baik sekali       | 2 jam              |
| Baik              | 1 hari             |
| Sedang            | 1 minggu           |
| Jelek             | 1 bulan            |
| Jelek sekali      | Air tidak mengalir |

Sumber: AASHTO (1993:II-22)

Selanjutnya menghitung persentasi struktur perkerasan dalam satu tahun saat terkena air sampai ke tingkat mendekati jenuh air (*saturated*). Untuk menghitung persentase hari efektif setahun dapat menggunakan pendekatan yang dinyatakan dalam persamaan 2.15 dan koefisien drainase dapat dilihat pada Tabel 2.15

$$P_{\text{heff}} = \frac{T_{\text{jam}}}{24} \times \frac{T_{\text{hari}}}{365} \times WL \times 100 \quad (2.15)$$

Dimana:

$P_{\text{heff}}$  = persentase hari efektif hujan dalam setahun yang akan berpengaruh terkenanya perkerasan (%)

$T_{\text{jam}}$  = rata-rata hujan perhari (jam)

$T_{\text{hari}}$  = rata-rata hujan pertahun (hari)

$WL$  = faktor air hujan yang akan masuk ke pondasi (%)

**Tabel 2.15 Koefisien Drainase (mi)**

| 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  |
| Sedang            | 1,25 – 1,15  | 1,15 – 1,05 | 1,00 – 0,80 | 0,80  |
| Jelek             | 1,15 – 1,05  | 1,05 – 0,80 | 0,80 – 0,60 | 0,60  |
| Jelek sekali      | 1,05 – 0,95  | 0,95 – 0,75 | 0,75 – 0,40 | 0,40  |

Sumber: AASHTO (1993:II-25)

g. Menghitung nilai  $SN_f$  perkerasan

Menurut Sukirman (2010:133) nomor struktur merupakan jumlah tebal lapis perkerasan yang telah disetarakan kemampuannya sebagai bagian wujud kinerja perkerasan jalan.  $SN_f$  merupakan nomor struktur yang dibutuhkan sesuai kondisi daya dukung tanah dasar. Untuk menghitung  $SN_f$  dinyatakan dalam persamaan 2.16 atau monogram pada Gambar 2.4

$$\log W_{18} = ZR \times S_0 + 9,36 \times \log(SN + 1) - 0,20 + \frac{\log\left[\frac{\Delta PSI}{4,2-1,5}\right]}{0,40 + \frac{1094}{(SN+1)^{5,19}}} + 2,32 \times \log(M_R) - 8,07 \quad (2.16)$$

Dimana:

$W_{18}$  = ESAL yang diperkirakan

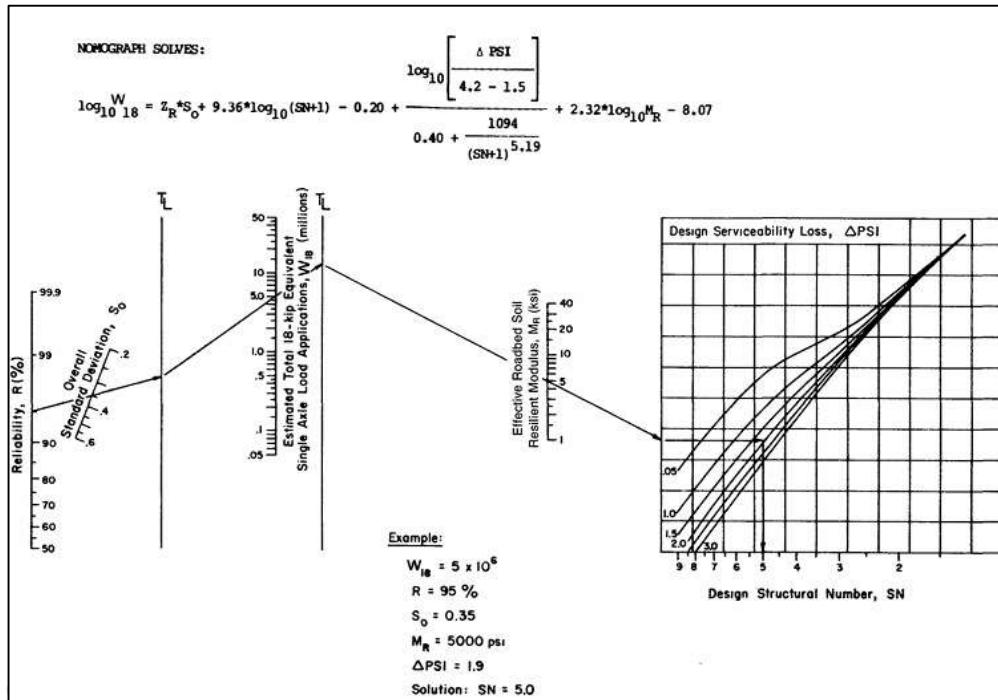
ZR = simpanan baku normal

$S_0$  = deviasi standar keseluruhan

SN = *structural number*, inci

$\Delta PSI$  = perbedaan *serviceability index* di awal dan akhir umur rencana

$M_R$  = modulus resilent tanah dasar (psi)

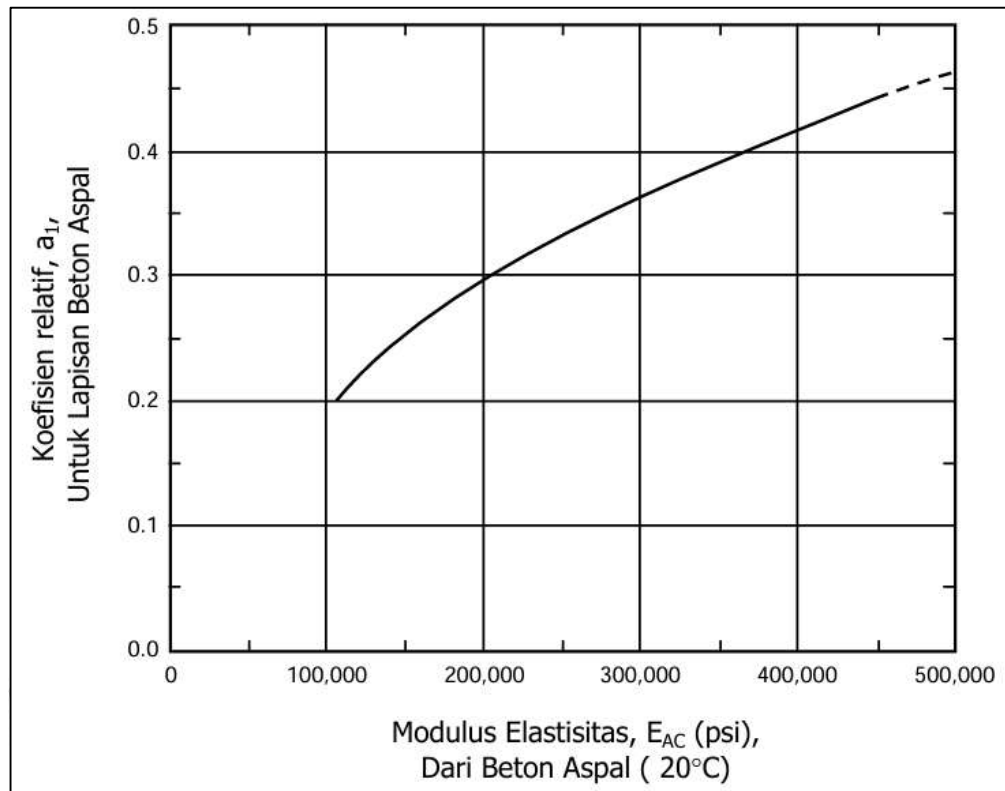


**Gambar 2.4** Nomogram penentuan Nilai  $SN_f$  Perkerasan

Sumber: AASHTO (1993:II-32)

h. Menghitung nilai  $SN_{\text{eff}}$  perkerasan

Menurut Sukirman (2010:203)  $SN_{\text{eff}}$  merupakan perkerasan jalan yang akan diberi lapis tambah atau  $SN$  untuk perkerasan lama. Untuk mengetahui nilai  $SN_{\text{eff}}$  perlu diketahui terlebih dahulu nilai koefisien kekuatan relative atau  $a$  yang merupakan angka penyetaraan berbagai jenis lapis perkerasan yang dipengaruhi mutu dari jenis lapisan yang dipilih. Koefisien kekuatan relatif lapis permukaan ( $a_1$ ) dapat dinyatakan melalui Gambar 2.5



**Gambar 2.5 Koefisien Kekuatan Relatif  $a_1$  untuk Aspal Beton**

Sumber: AASHO (1993:II-18)

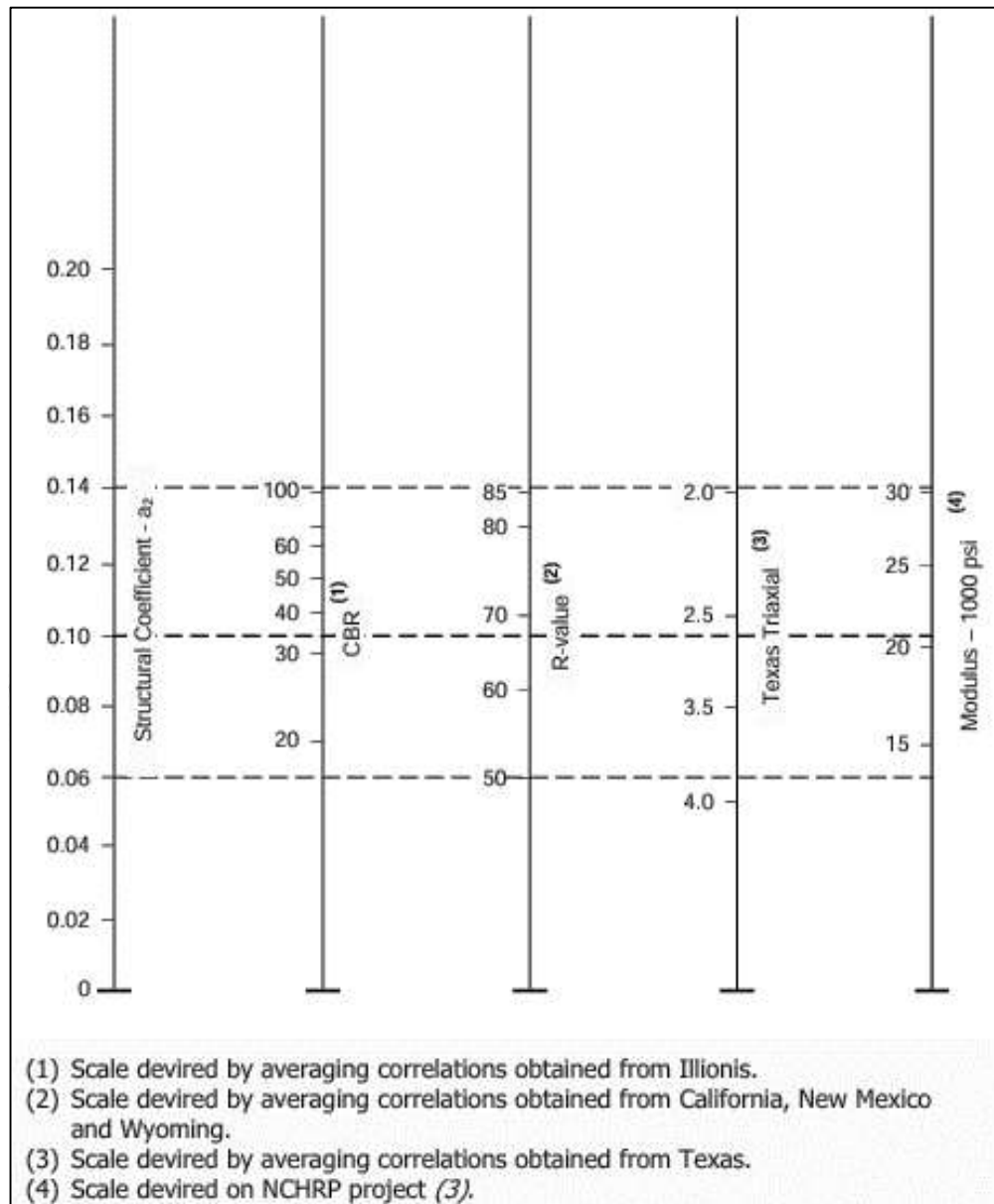
Koefisien kekuatan relatif ( $a_2$ ) untuk lapis pondasi dinyatakan dalam persamaan 2.17 atau melalui Gambar 2.6

$$a_2 = 0,249 \times (\log E_{BS} \times MR) - 0,977 \quad (2.17)$$

Dimana:

$a_2$  = koefisien relative lapis pondasi berbutir

$E_{BS}$  = modulus elastisitas lapis pondasi, psi



**Gambar 2.6 Kekuatan Relative,  $a_2$**

Sumber : AASHTO (1993:II-19)

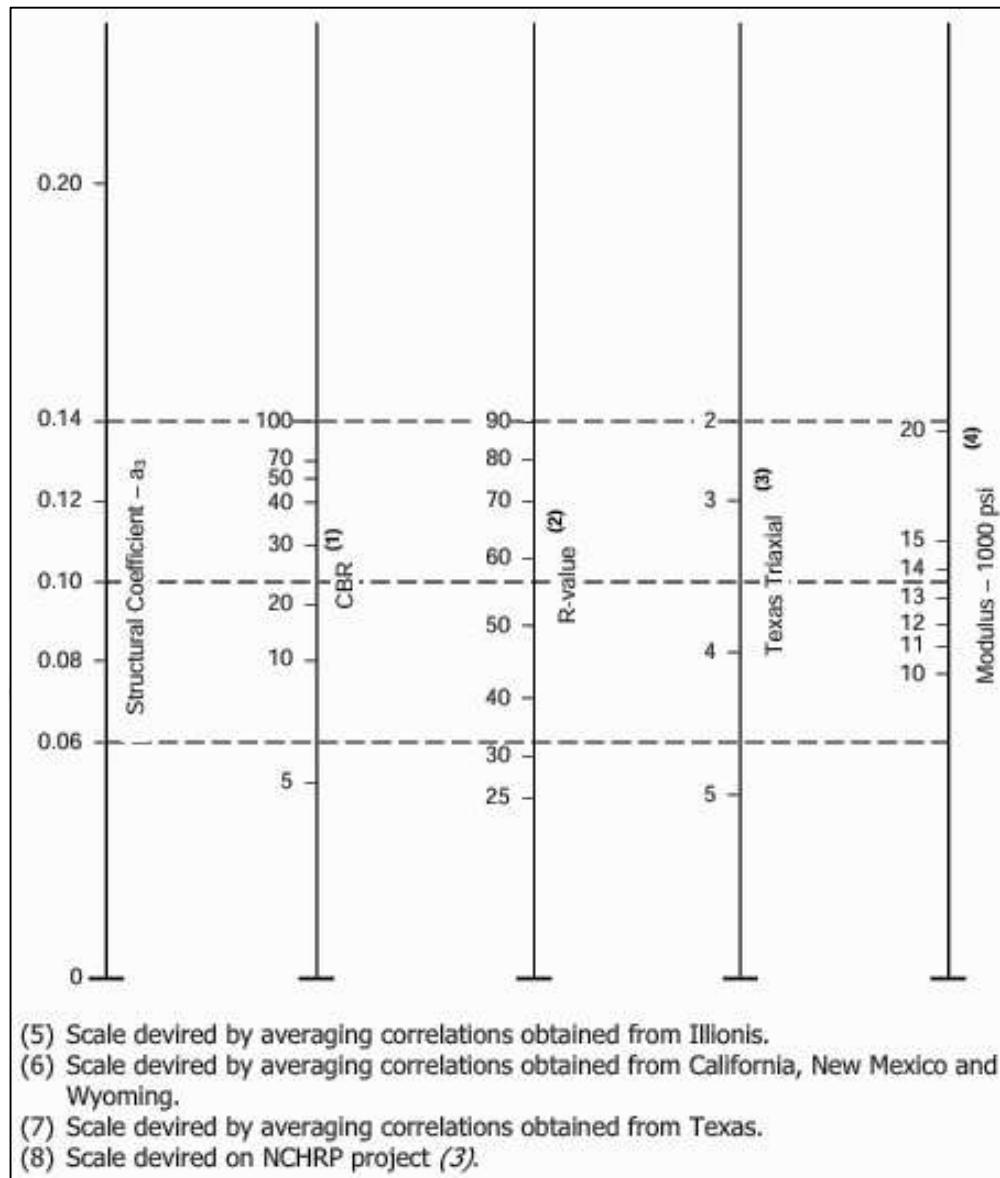
Koefisien kekuatan relative ( $a_3$ ) untuk lapis pondasi bawah dapat menggunakan persamaan 2.18 atau pada Gambar 2.7

$$a_3 = 0,277 \times (\log E_{SB}) - 0,839 \quad (2.18)$$

Dimana:

$a_3$  = koefisien relative pondasi bawah berbutir

$E_{SB}$  = modulus elastisitas lapis pondasi bawah, psi



**Gambar 2.7 Koefisien Kekuatan Relative,  $a_3$**

Sumber : AASHTO (1993:II-19)

Terdapat metode yang indentik dan mengacu pada metode AASHTO 1993 yaitu metode Pt T-01-2002-B. Pada AASHTO 1993 nilai koefisien kekuatan relatif ditentukan berdasarkan nilai modulus dari setiap jenis lapis perkerasan. Untuk menyesuaikan dengan jenis lapis perkerasan yang umum di Indonesia maka disarankan menggunakan nilai yang dapat dilihat pada Tabel 2.16

Tabel 2.16 Koefisien Kekuatan Relatif

| Koefisien kekuatan relatif |                |                | Kekuatan bahan |                          |         | Jenis perkerasan                        |
|----------------------------|----------------|----------------|----------------|--------------------------|---------|---|
| a <sub>1</sub>             | a <sub>2</sub> | a <sub>3</sub> | MS (kg)        | Kt (kg/cm <sup>3</sup> ) | CBR (%) |   |
| 0,40                       |                |                | 744            |                          |         | Laston (lapis aspal beton)              |
| 0,35                       |                |                | 590            |                          |         |   |
| 0,32                       |                |                | 454            |                          |         |   |
| 0,30                       |                |                | 340            |                          |         |   |
| 0,35                       |                |                | 744            |                          |         | Lasbutag ( Lapisan Buton Aspal Agregat) |
| 0,31                       |                |                | 590            |                          |         |   |
| 0,28                       |                |                | 454            |                          |         |   |
| 0,26                       |                |                | 340            |                          |         | HRA                                     |
| 0,30                       |                |                | 340            |                          |         |   |
| 0,26                       |                |                | 340            |                          |         | Penetrasi makadam                       |
| 0,25                       |                |                |                |                          |         | Lapen (mekanis)                         |
| 0,20                       |                |                |                |                          |         | Lapen (manual)                          |
|                            | 0,28           |                | 590            |                          |         | Laston atas                             |
|                            | 0,26           |                | 454            |                          |         |   |
|                            | 0,24           |                | 340            |                          |         |   |
|                            | 0,23           |                |                |                          |         | Lapen (mekanis)                         |
|                            | 0,19           |                |                |                          |         | Lapen (manual)                          |
|                            | 0,15           |                |                | 22                       |         | Stabilisasi dengan semen                |
|                            | 1,13           |                |                | 18                       |         |   |
|                            | 0,15           |                |                | 22                       |         | Stabilisasi dengan kapur                |
|                            | 0,13           |                |                | 18                       |         |   |
|                            | 0,14           |                |                |                          | 100     | Batu pecah (kelas A)                    |
|                            | 0,13           |                |                |                          | 80      | Batu pecah (kelas B)                    |
|                            | 0,12           |                |                |                          | 60      | Batu pecah (kelas C)                    |
|                            |                | 0,13           |                |                          | 70      | Sirtu/pitrun (kelas A)                  |
|                            |                | 0,12           |                |                          | 50      | Sirtu/pitrun (kelas B)                  |
|                            |                | 0,11           |                |                          | 30      | Sirtu/pitrun (kelas C)                  |
|                            |                | 0,10           |                |                          | 20      | Tanah/lempung kepasiran                 |

Sumber: Sukirman (2010:163)

Setelah mendapat nilai a<sub>1</sub>, a<sub>2</sub> dan a<sub>3</sub> serta tebal lapis perkerasan lama maka dapat dihitung nilai SN<sub>eff</sub> dari kondisi survey untuk AC *pevement* yang dinyatakan dalam persamaan 2.19

$$SN_{eff} = a_1 \times D_1 + a_2 \times D_2 \times m_2 + a_3 \times D_3 \times m_3 \quad (2.19)$$

Dimana:

SN<sub>eff</sub> = *Struktural number* efektif perkerasan yang ada saat overlay

a<sub>1</sub> = koefisien relatif lapis permukaan

- $a_2$  = koefisien relatif lapis pondasi
- $a_3$  = koefisien relatif lapis pondasi bawah
- $D_1$  = tebal lapis permukaan *existing*, inc
- $D_2$  = tebal lapis pondasi *existing*, inc
- $D_3$  = tebal lapis pondasi bawah *existing*, inc
- $m_2$  = koefisien drainase lapis pondasi
- $m_3$  = koefisien drainase pondasi bawah

i. Menghitung tebal lapisan tambahan

Overlay hanya dalam bentuk peninggian hotmix tidak diperuntukkan untuk pertebalan lapisan pondasi jalan. Menurut AASHTO (1993:III-104) tebal lapis tambahan dinyatakan dalam persamaan 2.20

$$D_{\text{overlay}} = \frac{SN_{ol}}{a_{\text{overlay}}} = \frac{SN_f - SN_{\text{eff}}}{a_{\text{overlay}}} \quad (2.20)$$

Dimana:

- $D_{\text{overlay}}$  = tebal lapis tambahan (inci)
- $SN_{ol}$  = *struktural number* yang diperlukan untuk overlay
- $a_{\text{overlay}}$  = *structural coefficient* AC overlay
- $SN_f$  = *struktural number* yang diperlukan untuk lalu lintas masa layan
- $SN_{\text{eff}}$  = *struktural number* efektif perkerasan yang ada saat overlay

## 2.10 Perencanaan Overlay Metode Analisa Komponen 1987

Metode analisa komponen ditetapkan pada 31 agustus 1987 di Jakarta. Parameter yang dibutuhkan pada perencanaan metode ini diantaranya yaitu lalu lintas, faktor regional, indeks permukaan, daya dukung tanah dan CBR serta koefisien kekuatan relatif.

a. Menentukan jumlah jalur dan koefisien distribusi kendaraan (C)

Menurut Analisa Komponen (1987:7), jalur rencana merupakan salah satu jalur lalu lintas yang menampung lalu lintas terbesar pada suatu ruas jalan. Apabila terdapat jalan yang tidak memiliki tanda batas jalur, maka jumlah jalurnya ditentukan oleh lebar perkerasan jalan dapat dilihat pada Tabel 2.17

**Tabel 2.17 Jumlah Lajur Berdasarkan Lebar Perkerasan**

| Lebar jalur perkerasan (L)                 | Jumlah lajur |
|--|--------------|
| $L < 5,50 \text{ m}$                       | 1 jalur      |
| $5,50 \text{ m} \leq L < 8,25 \text{ m}$   | 2 jalur      |
| $8,25 \text{ m} \leq L < 11,25 \text{ m}$  | 3 jalur      |
| $11,25 \text{ m} \leq L < 15,00 \text{ m}$ | 4 jalur      |
| $15,00 \text{ m} \leq L < 18,75 \text{ m}$ | 5 jalur      |
| $18,75 \text{ m} \leq L < 22,00 \text{ m}$ | 6 jalur      |

Sumber: Analisa Komponen (1987:7)

Koefisien distribusi kendaraan ditujukan untuk kendaraan ringan maupun berat yang melewati jalur rencana. Koefisien distribusi dapat dilihat pada Tabel 2.18

**Tabel 2.18 Koefisien Distribusi Kendaraan (C)**

| Jumlah lajur | Kendaraan ringan * |        | Kendaraan berat ** |        |
|--------------|--------------------|--------|--------------------|--------|
|              | 1 arah             | 2 arah | 1 arah             | 2 arah |
| 1 lajur      | 1,00               | 1,00   | 1,00               | 1,000  |
| 2 lajur      | 0,60               | 0,50   | 0,70               | 0,500  |
| 3 lajur      | 0,40               | 0,40   | 0,50               | 0,475  |
| 4 lajur      | -                  | 0,30   | -                  | 0,450  |
| 5 lajur      | -                  | 0,25   | -                  | 0,425  |
| 6 lajur      | -                  | 0,20   | -                  | 0,400  |

\* berat total < 5 ton, misalnya mobil penumpang, pick up, mobil hantaran

\*\* berat total > 5 ton, misalnya bus, truk, traktor, semi trailer, trailler

Sumber: Analisa Komponen (1987:7)

b. Perhitungan angka ekuivalen kendaraan (E)

Menurut Analisa Komponen (1987:1) angka ekuivalen kendaraan merupakan angka yang menyatakan perbandingan antara tingkat kerusakan yang ditimbulkan oleh suatu lintasan beban sumbu tunggal kendaraan terhadap tingkat kerusakan yang ditimbulkan oleh satu lintasan beban standar sumbu tunggal yang mana memiliki berat sebesar 8,16 ton atau 18000 lb. Angka ekuivalen yang dipengaruhi oleh beban sumbu, dinyatakan dalam persamaan 2.21 dan persamaan 2.22 atau dapat dilihat pada Tabel 2.19

$$\text{angka ekuivalen sumbu tunggal} = \left( \frac{\text{beban satu sumbu tunggal, kg}}{8160} \right)^4 \quad (2.21)$$

$$\text{angka ekuivalen sumbu ganda} = \left( \frac{\text{beban satu sumbu ganda, kg}}{8160} \right)^4 \times 0,08 \quad (2.22)$$

**Tabel 2.19 Angka Ekuivalen Beban Sumbu Kendaraan (E)**

| Beban sumbu |       | Beban ekuivalen |             |
|-------------|-------|-----------------|-------------|
| Kg          | Lb    | Sumbu tunggal   | Sumbu ganda |
| 1000        | 2205  | 0,0002          | -           |
| 2000        | 4409  | 0,0036          | 0,0003      |
| 3000        | 6614  | 0,0183          | 0,0016      |
| 4000        | 8818  | 0,0577          | 0,0050      |
| 5000        | 11023 | 0,1410          | 0,0121      |
| 6000        | 13228 | 0,2923          | 0,0251      |
| 7000        | 15432 | 0,5415          | 0,0466      |
| 8000        | 17637 | 0,9238          | 0,0795      |
| 8160        | 18000 | 1,0000          | 0,0860      |
| 9000        | 19841 | 1,4798          | 0,1273      |
| 10000       | 22046 | 2,2555          | 0,1940      |
| 11000       | 24251 | 3,3023          | 0,2840      |
| 12000       | 26455 | 4,6770          | 0,4022      |
| 13000       | 28660 | 6,4419          | 0,5540      |
| 14000       | 30864 | 8,6647          | 0,7452      |
| 15000       | 33069 | 11,4184         | 0,9820      |
| 16000       | 35276 | 14,7815         | 1,2712      |

Sumber: Analisa Komponen (1987:8)

c. Perhitungan lintas ekuivalen

1. Lintas ekuivalen permulaan (LEP)

Menurut Analisa Komponen (1987:1), lintas ekuivalen permulaan merupakan jumlah lintas ekuivalen harian rerata dari sumbu tunggal pada jalur rencana yang kemungkinan terjadi pada permulaan umur rencana. Lintas ekuivalen permulaan dinyatakan dalam persamaan 2.23

$$LEP = \sum_{j=1}^n LHR_j \times C_j \times E_j \quad (2.23)$$

2. Lintas ekuivalen akhir (LEA)

Menurut Analisa Komponen (1987:2), lintas ekuivalen akhir merupakan jumlah lintas ekuivalen harian rerata dari sumbu tunggal pada jalur rencana yang kemungkinan terjadi pada akhir umur rencana. Lintas ekuivalen akhir dinyatakan dalam persamaan 2.24

$$LEA = \sum_{j=1}^n LHR_j (1 + i)^{UR} \times C_j \times E_j \quad (2.24)$$

Dimana

j = jenis kendaraan

$i$  = perkembangan lalu lintas

### 3. Lintas ekivalen tengah (LET)

Menurut Analisa Komponen (1987:2), lintas ekivalen tengah merupakan jumlah lintas ekivalen harian rerata dari sumbu tunggal pada jalur rencana pada pertengahan umur rencana. Lintas ekivalen tengah dinyatakan dalam persamaan 2.25

$$LET = \frac{1}{2} \times (LEP + LEA) \quad (2.25)$$

### 4. Lintas ekivalen rencana (LER)

Menurut Analisa Komponen (1987:2), lintas ekivalen rencana merupakan suatu besaran yang dipakai dalam nomogram penetapan tebal perkerasan untuk menyatakan jumlah lintas ekivalen sumbu tunggal jalur rencana. Lintas ekivalen rencana dinyatakan dalam persamaan 2.26

$$LER = LET \times FP \quad (2.26)$$

Dimana

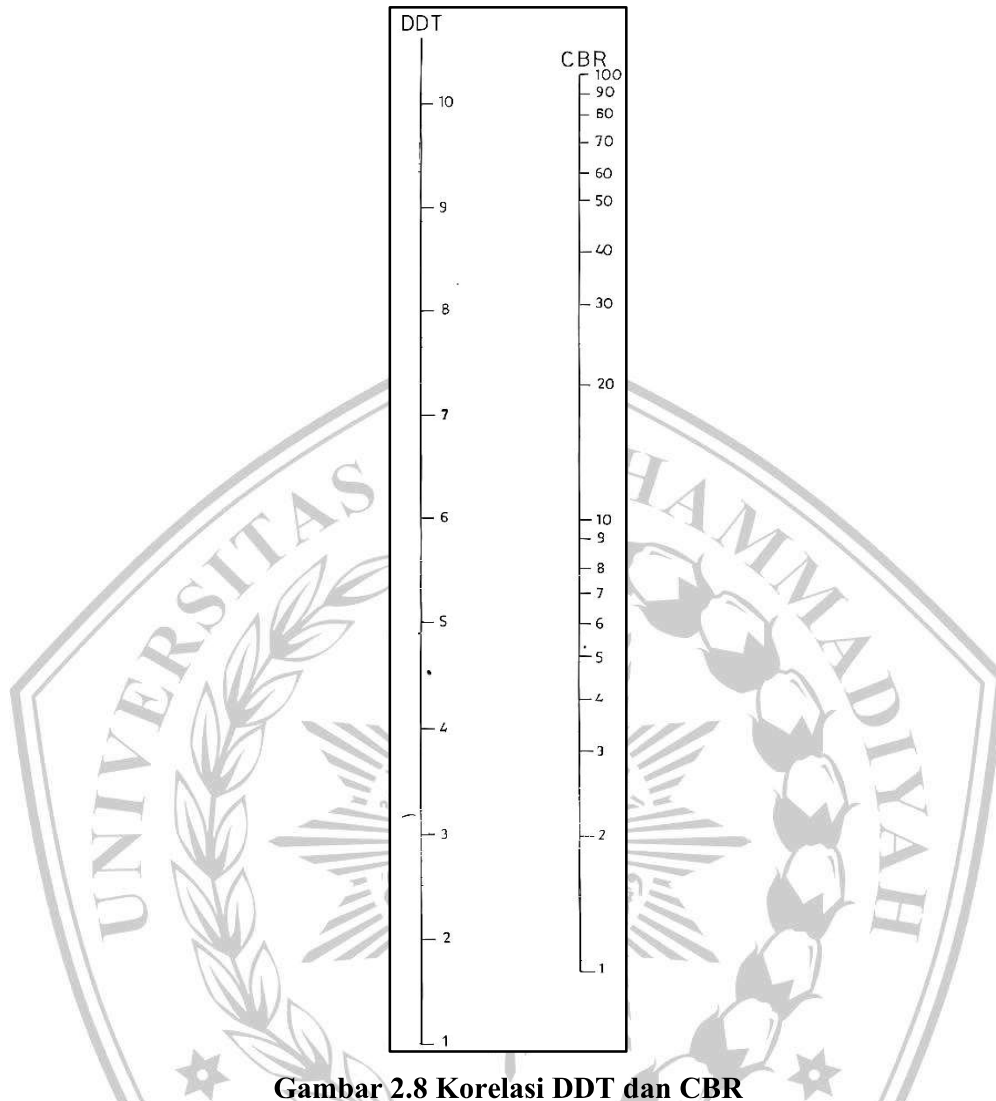
$$FP = \text{faktor penyesuaian} = UR/10 \quad (2.27)$$

### d. Perhitungan daya dukung tanah (DDT) dan CBR

Menurut Analisa Komponen (1987:9), harga CBR merupakan harga CBR lapangan atau CBR laboratorium. CBR lapangan biasanya digunakan untuk perencanaan lapis tambahan (*overlay*) sedangkan CBR laboratorium biasanya dipakai untuk perencanaan pembanguannan jalan baru. Harga yang mewakili dari sejumlah harga CBR yang dilaporkan, ditentukan sebagai berikut:

1. Menentukan harga CBR terendah.
  2. Menentukan berapa banyak harga dari masing-masing nilai CBR yang sama dan lebih besar dari masing-masing nilai CBR.
  3. Angka jumlah terbanyak dinyatakan sebagai 100% dan jumlah lainnya merupakan persentase dari 100%.
  4. Dibuat grafik hubungan antara harga CBR dan persentase jumlah tadi.
  5. Nilai CBR yang mewakili yaitu yang diperoleh dari angka persentase 90%
- Daya dukung tanah diperoleh berdasarkan korelasi yang dapat dilihat pada

Gambar 2.8



**Gambar 2.8 Korelasi DDT dan CBR**

Sumber: Analisa Komponen (1987:9)

e. Menentukan faktor regional (FR)

Menurut Analisa Komponen (1987:10), faktor regional merupakan faktor setempat yang menyangkut keadaan iklim dan lapangan yang dapat mempengaruhi keadaan daya dukung tanah, pembebanan dan perkerasan. Keadaan iklim mencakup curah hujan rata-rata pertahun sedangkan keadaan lapangan mencakup permeabilitas tanah, bentuk elinyemen, perlengkapan drainase dan kendaraan yang berhenti. Namun mengingat persyaratan penggunaan yang disesuaikan dengan “Peraturan Pelaksanaan Pembangunan Jalan Raya“ edisi terakhir, maka pengaruh keadaan lapangan menyangkut permeabilitas tanah dan

perlengkapan drainase dianggap sama. Oleh sebab itu, faktor regional hanya dipengaruhi oleh bentuk alinyemen (kelandaian dan tikungan), persentase kendaraan berat dan kendaraan yang berhenti serta iklim. Menentukan faktor regional dapat dilihat pada Tabel 2.20

**Tabel 2.20 Faktor Regional (FR)**

|                      | Kelandaian I (<6%) |         | Kelandaian I (6-10%) |         | Kelandaian I (>10%) |         |
|----------------------|--------------------|---------|----------------------|---------|---------------------|---------|
|                      | % kendaraan berat  |         | % kendaraan berat    |         | % kendaraan berat   |         |
|                      | ≤ 30%              | > 30%   | ≤ 30%                | > 30%   | ≤ 30%               | > 30%   |
| Iklim I <900 mm/thn  | 0,5                | 1,0-1,5 | 1,0                  | 1,5-2,0 | 1,5                 | 2,0-2,5 |
| Iklim II >900 mm/thn | 1,5                | 2,0-2,5 | 2,0                  | 2,5-3,0 | 2,5                 | 3,0-3,5 |

Catatan: pada bagian jalan tertentu seperti persimpangan, pemberhentian atau tikungan tajam (jari-jari 30 m) maka FR ditambah 0,5. Sedangkan pada daerah rawa maka FR ditambah 1,0.

Sumber: Analisa Komponen (1987:10)

Menentukan persentase kendaraan berat pada faktor regional dapat dinyatakan dalam persamaan 2.28

$$\% \text{ kendaraan berat} = \frac{\text{jumlah LHR kendaraan berat}}{\text{jumlah LHR kendaraan}} \times 100\% \quad (2.28)$$

f. Menentukan indeks permukaan (IP)

Menurut Analisa Komponen (1987:10,) indeks permukaan merupakan nilai yang digunakan untuk menyatakan kerataan, kehalusan dan kekokohan permukaan jalan yang berhubungan dengan tingkat pelayanan pada suatu lalu lintas yang lewat. Nilai indeks permukaan sebagai berikut:

- IP = 1,0 artinya permukaan jalan dalam keadaan rusak berat sehingga sangat mengganggu lalu lintas kendaraan.
- IP = 1,5 artinya tingkat pelayanan terendah yang masih mungkin (jalan tidak terputus)
- IP = 2,0 artinya tingkat pelayanan rendah bagi jalan masih mantap
- IP = 2,5 artinya permukaan jalan masih cukup baik dan stabil.

Menentukan Nilai indeks permukaan pada awal umur rencana, perlu diketahui jenis lapis permukaan jalan yang ada pada awal umur rencana. Nilai indeks awal umur rencana dapat dilihat pada Tabel 2.21

**Tabel 2.21 Indeks Permukaan Pada Awal Umur Rencana (IPo)**

| Jenis permukaan | Ipo        | Roughness (mm/kg) |
|-----------------|------------|-------------------|
| LASTON          | $\geq 4$   | $\leq 1000$       |
|                 | 3,9 – 3,5  | $> 1000$          |
| LASBUTAG        | 3,9 – 3,5  | $\leq 1000$       |
|                 | 3,4 - 3,0  | $> 2000$          |
| HRA             | 3,9 – 3,0  | $\leq 1000$       |
|                 | 3,4 – 3,0  | $> 2000$          |
| BURDA           | 3,9 – 3,5  | $< 2000$          |
| BURTU           | 3,4 – 3,0  | $< 2000$          |
| LAPEN           | 3,4 – 3,0  | $\leq 3000$       |
|                 | 2,9 – 2,5  | $> 3000$          |
| LATASBUM        | 2,9 – 2,5  |                   |
| BURAS           | 2,9 – 2,5  |                   |
| LATASIR         | 2,9 – 2,5  |                   |
| JALAN TANAH     | $\leq 2,4$ |                   |
| JALAN KERIKIL   | $\leq 2,4$ |                   |

Sumber: Analisa Komponen (1987:11)

Dalam menentukan Nilai indeks permukaan pada akhir umur rencana dapat dilihat pada Tabel 2.22

**Tabel 2.22 Indeks Permukaan Pada Akhir Umur Rencana (IP)**

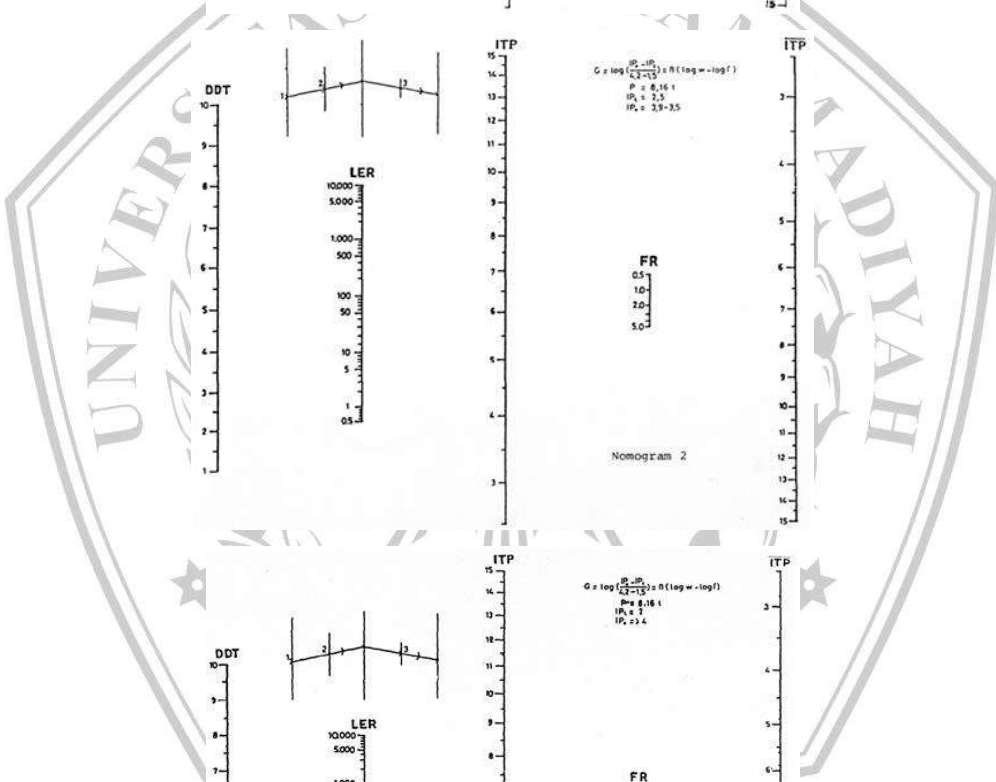
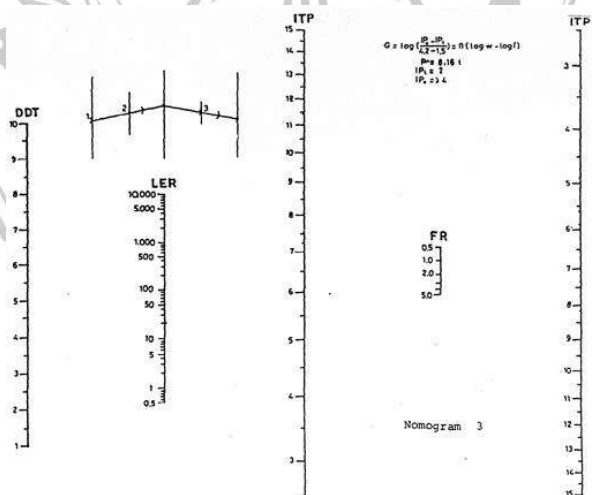
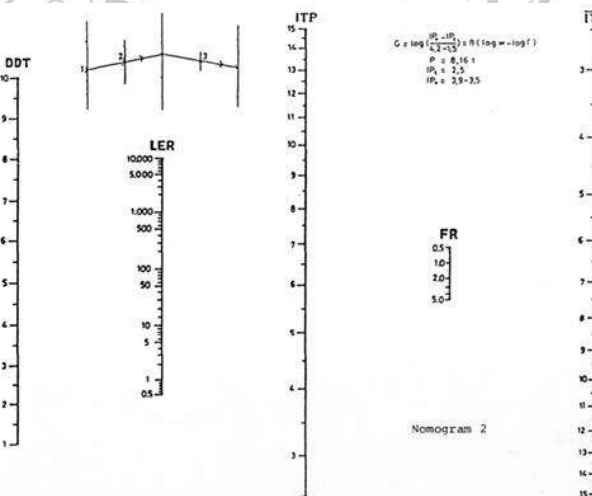
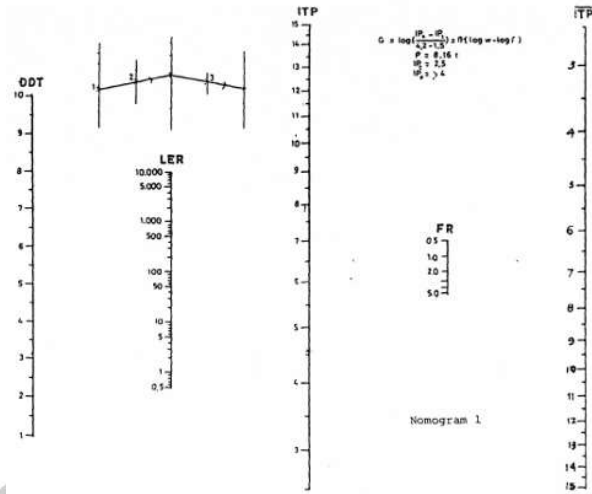
| LER      | Klasifikasi jalan |          |         |     |
|----------|-------------------|----------|---------|-----|
|          | Lokal             | Kolektor | Arteri  | Tol |
| $< 10$   | 1,0-1,5           | 1,5      | 1,5-2,0 | -   |
| 10-100   | 1,5               | 1,5-2,0  | 2       | -   |
| 100-1000 | 1,5-2,0           | 2        | 2,0-2,5 | -   |
| $>1000$  | -                 | 2,0-2,5  | 2,5     | 2,5 |

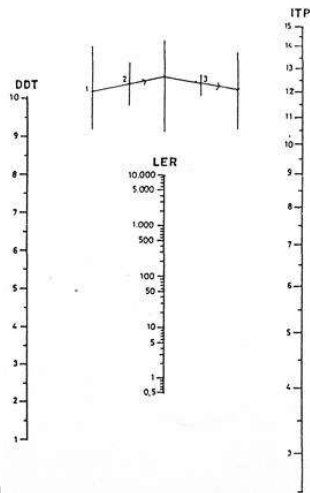
Catatan: pada proyek penunjang jalan, jalan murah atau jalan darurat, maka IP diambil 1,0

Sumber: Analisa Komponen (1987:10)

g. Menentukan indeks tebal permukaan

Menurut Analisa Komponen (1987:15), untuk indeks tebal permukaan yang khusus menentukan tebal perkuatan perkerasan jalan lama (overlay) maka dapat menggunakan monogram 1 sampai 9 yang dapat dilihat pada Gambar 2.9





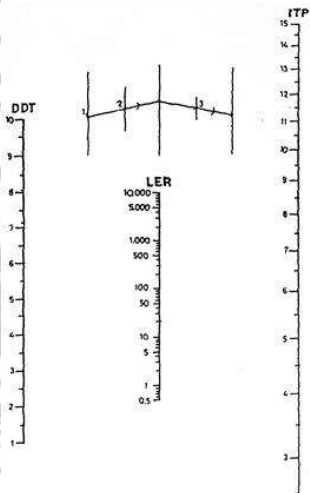
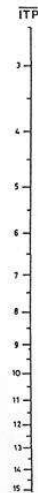
$$G = \log \left( \frac{H_1 - H_2}{2.37 - 1.5} \right) = R (\log w - \log f)$$

$P = 6.161$   
 $H_1 = 1.5$   
 $H_2 = 3.9 - 3.5$

FR

0.5  
1.0  
2.0  
5.0

Nomogram 4.



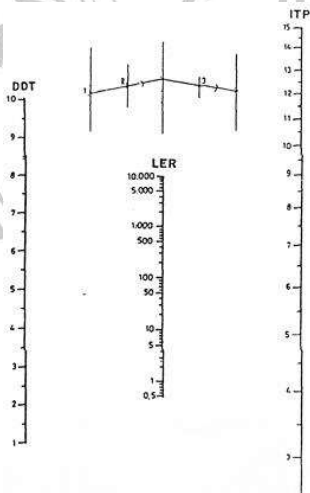
$$G = \log \left( \frac{H_1 - H_2}{2.37 - 1.5} \right) = R (\log w - \log f)$$

$P = 6.161$   
 $H_1 = 1.5$   
 $H_2 = 3.9 - 3.5$

FR

0.5  
1.0  
2.0  
5.0

Nomogram 5.



$$G = \log \left( \frac{H_1 - H_2}{2.37 - 1.5} \right) = R (\log w - \log f)$$

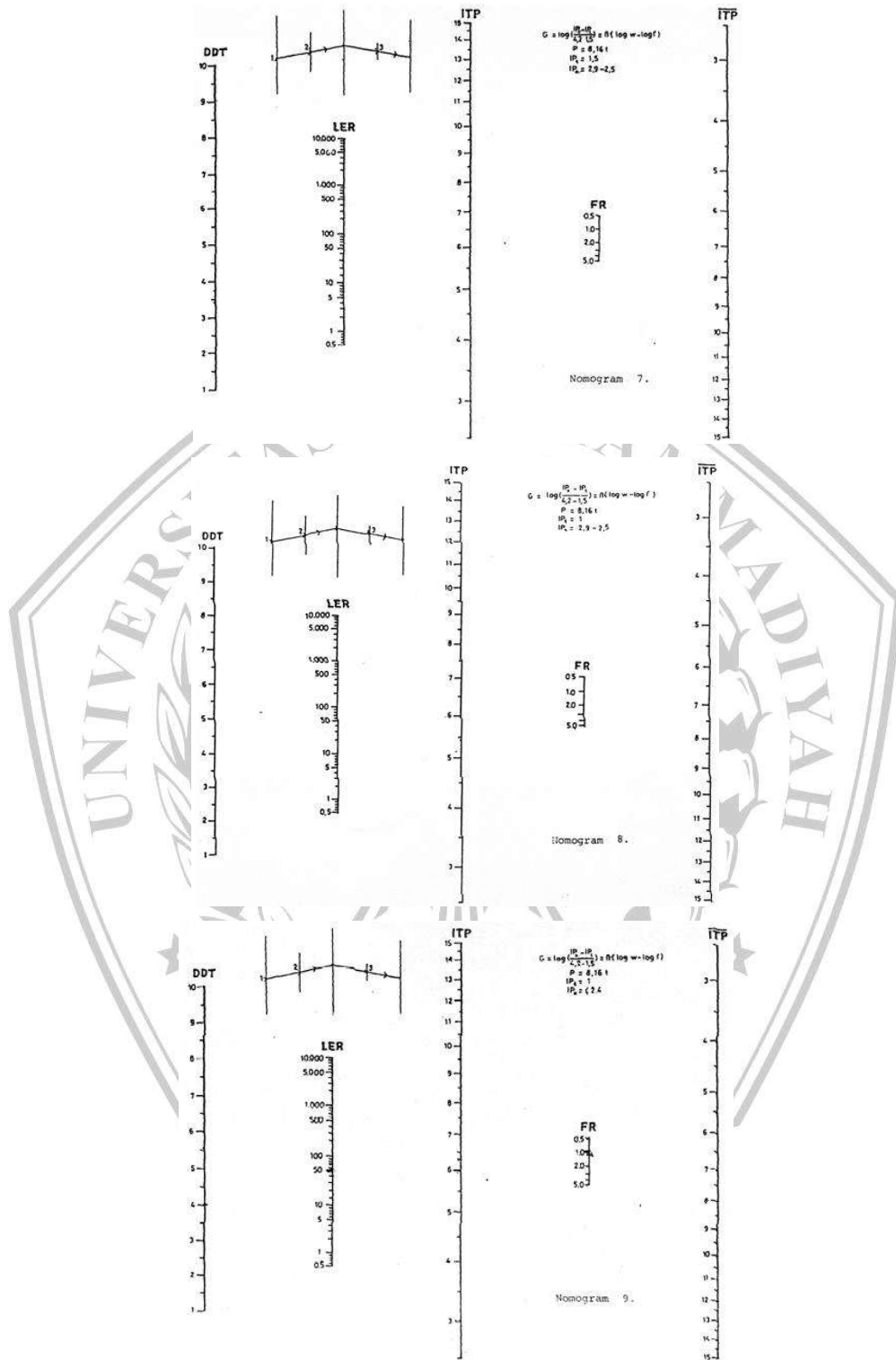
$P = 6.161$   
 $H_1 = 1.5$   
 $H_2 = 3.4 - 3.0$

FR

0.5  
1.0  
2.0  
5.0

Nomogram 6.





**Gambar 2.9 Monogram**  
 Sumber: Analisa Komponen (1987:9)

- h. Menentukan tebal lapis tambahan
1. Menurut Analisa Komponen (1987:13), untuk perhitungan lapis tambahan, maka perlu diketahui nilai pada kondisi perkerasan jalan lama (*existing pavement*) yang dapat dilihat pada Tabel 2.23

**Tabel 2.23 Nilai Kondisi Perkerasan Jalan**

| <b>1. Lapis permukaan:</b>   |         |
|--|---------|
| Umumnya tidak retak, hanya sedikit deformasi pada jalur roda                                 | 90-100% |
| Terlihat retak halus, sedikit deformasi pada jalur roda namun masih Tetap stabil             | 70-90%  |
| Retak sedang, beberapa deformasi pada jalur roda, pada dasarnya Masih menunjukkan kestabilan | 50-70%  |
| Retak banyak, demikian juga deformasi pada jalur roda, Menunjukkan gejala ketidakstabilan    | 30-50%  |
| <b>2 Lapis pondasi</b>   |         |
| A. Pondasi aspal beton atau penetrasi macadam  |         |
| Umumnya tidak retak  | 90-100% |
| Terlihat retak halus, namun masih tetap stabil   | 70-90%  |
| Retak sedang, pada dasarnya masih menunjukkan kestabilan                                     | 50-70%  |
| Retak banyak, menunjukkan gejala ketidakstabilan   | 30-50%  |
| B. Stabilisasi tanah dengan semen atau kapur:  |         |
| Indeks plastisitas (plasticity index = PI) ≤ 10  | 70-100% |
| C. Pondasi macadam atau batu pecah:  |         |
| Indeks plastisitas (plasticity index = PI) ≤ 16  | 80-100% |
| <b>3. Lapis pondasi bawah</b>  |         |
| Indek plastisitas (plasticity index = PI) ≤ 6  | 90-100% |
| Indek plastisitas (plasticity index = PI) > 6  | 70-90%  |

Sumber: Analisa Komponen (1987:13)

2. Menentukan koefisien kekuatan relatif (a)

Menurut Analisa Komponen (1987:12), koefisien kekuatan relatif merupakan koefisien yang dimiliki oleh bahan yang terdapat pada lapis permukaan, lapis pondasi dan lapis pondasi bawah. Koefisien setiap bahan ditentukan secara korelasi sesuai nilai marshall test (untuk bahan dengan aspal), kuat tekan (untuk bahan yang distabilisasi dengan semen atau kapur) atau CBR (untuk bahan lapis pondasi bawah). Nilai koefisien kekuatan relatif dapat dilihat pada Tabel 2.24

Tabel 2.24 Koefisien Kekuatan Relatif (a)

| Koefisien kekuatan relatif |                |                | Kekuatan bahan |                                      |         | Jenis perkerasan                        |
|----------------------------|----------------|----------------|----------------|--------------------------------------|---------|---|
| a <sub>1</sub>             | a <sub>2</sub> | a <sub>3</sub> | MS (kg)        | K <sub>t</sub> (kg/cm <sup>3</sup> ) | CBR (%) |   |
| 0,40                       |                |                | 744            |                                      |         | Laston (lapis aspal beton)              |
| 0,35                       |                |                | 590            |                                      |         |   |
| 0,32                       |                |                | 454            |                                      |         |   |
| 0,30                       |                |                | 340            |                                      |         |   |
| 0,35                       |                |                | 744            |                                      |         |   |
| 0,31                       |                |                | 590            |                                      |         | Lasbutag ( Lapisan Buton Aspal Agregat) |
| 0,28                       |                |                | 454            |                                      |         |   |
| 0,26                       |                |                | 340            |                                      |         |   |
| 0,30                       |                |                | 340            |                                      |         | HRA                                     |
| 0,26                       |                |                | 340            |                                      |         | Penetrasi makadam                       |
| 0,25                       |                |                |                |                                      |         | Lapen (mekanis)                         |
| 0,20                       |                |                |                |                                      |         | Lapen (manual)                          |
|                            | 0,28           |                | 590            |                                      |         | Laston atas                             |
|                            | 0,26           |                | 454            |                                      |         |   |
|                            | 0,24           |                | 340            |                                      |         |   |
|                            | 0,23           |                |                |                                      | 22      | Lapen (mekanis)                         |
|                            | 0,19           |                |                |                                      | 18      |   |
|                            | 0,15           |                |                |                                      | 22      | Stabilisasi dengan semen                |
|                            | 1,13           |                |                |                                      | 18      |   |
|                            | 0,15           |                |                |                                      | 22      | Stabilisasi dengan kapur                |
|                            | 0,13           |                |                |                                      | 18      |   |
|                            | 0,14           |                |                |                                      | 100     | Batu pecah (kelas A)                    |
|                            | 0,13           |                |                |                                      | 80      | Batu pecah (kelas B)                    |
|                            | 0,12           |                |                |                                      | 60      | Batu pecah (kelas C)                    |
|                            |                | 0,13           |                |                                      | 70      | Sirtu/pitrun (kelas A)                  |
|                            |                | 0,12           |                |                                      | 50      | Sirtu/pitrun (kelas B)                  |
|                            |                | 0,11           |                |                                      | 30      | Sirtu/pitrun (kelas C)                  |
|                            |                | 0,10           |                |                                      | 20      | Tanah/lempung kepasiran                 |

Sumber: Analisa Komponen (1987:12)

3. Indek permukaan yang dibutuhkan pada lapis permukaan selama umur rencana dapat dinyatakan dalam persamaan 2.29

$$\Delta ITP = ITP_{UR} - \overline{ITP} \quad (2.29)$$

4. Kebutuhan tebal lapis tambahan (*overlay*) pada lapis permukaan dapat dinyatakan dalam persamaan 2.30

$$\Delta ITP = a_1 \times D_1 \quad (2.30)$$

### 2.11 Rencana Anggaran Biaya

RAB merupakan perhitungan perkiraan biaya yang diperlukan untuk bahan, alat, upah serta biaya yang berhubungan dengan proses perencanaan konstruksi. Dengan adanya rencana anggaran biaya, maka dapat mengetahui harga-harga dari berbagai pekerjaan sebagai pedoman untuk mengeluarkan biaya dan dapat mengontrol pelaksanaan pekerjaan dengan efisien, terperinci dan efektif sehingga proyek dapat dikerjakan dengan baik. Rencana anggaran biaya yang mana merupakan analisa dan rencana perhitungan berdasarkan harga satuan pokok kegiatan yang ada.

Harga satuan pekerjaan (HSP) merupakan biaya yang dihitung dalam analisis harga satuan suatu pekerjaan yang terdiri dari biaya langsung dan tidak langsung. Biaya tenaga kerja, bahan dan alat termasuk biaya langsung karena biaya ini terlibat langsung dalam proses pelaksanaannya pekerjaan. Biaya tidak langsung bisa berupa biaya administrasi kantor, kendaraan kantor, pajak, asuransi serta biaya lainnya yang pada umumnya biaya ini disebut dengan *overhead* belum termasuk pajak pertambahan (PPN) yang perlu dibayar oleh penanggung jawab proyek. Harga satuan pekerjaan di setiap daerah berbeda-beda, hal ini disebabkan karena perbedaan harga bahan, harga peralatan dan upah tenaga kerja.

Rencana anggaran biaya pada pekerjaan *overlay* terdiri dari pekerjaan persiapan, pekerjaan perkerasan dan terakhir pekerjaan *finishing*.

- a. Pekerjaan persiapan terdiri dari pekerjaan mobilisasi dan demobilisasi serta direksi keet.
- b. Pekerjaan perkerasan terdiri dari pekerjaan lapis tambahan dan pekerjaan bahu jalan (opsional).
- c. Pekerjaan *finishing* terdiri dari pekerjaan marka jalan dan pekerjaan rambu-rambu jalan (opsional).