

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1. Tinjauan Pustaka**

Setelah dilakukan telaah terhadap beberapa penelitian, ada beberapa yang memiliki keterikatan dengan penelitian yang dilakukan, antara lain :

2.1.1. Said Jalalul Akbar (2014) “Komparasi Tebal Perkerasan Lentur Metode AASHTO 1993 dengan Metode Bina Marga”.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui sejauh mana perbedaan yang terdapat dari kedua metode tersebut dalam merencanakan tebal perkerasan lentur jalan raya.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa dalam metode AASHTO 1993 didapat tebal lapisan pondasi bawah (sub base coarse) dengan jenis bahan sirtu (kelas C) sebesar 17 cm, lapisan permukaan (Surface Coarse) dengan batu pecah (kelas A) sebesar 10 cm, lapisan permukaan (surface coarse) dengan jenis laston sebesar 5 cm. Sedangkan untuk metode Bina Marga didapatkan tebal lapisan pondasi bawah (Sub Base Coarse) dengan jenis bahan sirtu (kelas C) sebesar 12 cm, lapisan pondasi atas (Base Coarse) dengan jenis bahan batu pecah (kelas A) sebesar 15 cm, lapisan permukaan (surface coarse) dengan jenis bahan Laston sebesar 5 cm.

Tidak terdapat perbedaan nilai terhadap nilai CBR antara kedua metode. Sedangkan untuk nilai tanah dasar digunakan parameter desain yang berbeda antara kedua metode. Untuk *Metode AASHTO 1993* menggunakan modulus

resilien tanah yang diperoleh sebesar 8160 psi dan untuk Metode Bina Marga menggunakan nilai daya dukung tanah (DDT) yang diperoleh sebesar 4,9.

Untuk parameter desain lalu lintas, *Metode AASHTO 1993* didasarkan pada ESAL sebesar 66.894 ESALs. Metode Bina Marga parameter lalu lintas didasarkan pada lintas ekuivalen rencana sebanyak 22 kendaraan. Jumlah kendaraan *Metode AASHTO 1993* lebih besar dari Metode Bina Marga, karena dalam *Metode AASHTO 1993* perhitungan untuk ESAL ini dikonversikan terhadap beban gandar standar 8,16 kN dan mempertimbangkan umur rencana, volume lalu lintas, faktor distribusi lajur, serta faktor pertumbuhan lalu lintas. Pada metode Bina Marga dikonversikan ke lintas ekuivalen.

2.1.2. Irwan Lie Keng Wong (2013) “Studi Perbandingan Perkerasan Jalan Lentur Metode Bina Marga dan AASHTO dengan Menggunakan Uji *Dynamic Cone Penetration* (Ruas Jalan Bungku-Funuasingko Kabupaten Morowali)”.

Tujuan dari penelitian ini adalah membandingkan tebal perkerasan jalan lentur dengan metode bina marga dan metode AASHTO pada nilai CBR tanah dasar yang sama yang diperoleh dari uji *Dynamic Cone Penetration (DCP)*.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada nilai CBR tanah dasar yang sama maka tebal lapis perkerasan jalan dengan Metode AASHTO lebih besar atau lebih tebal daripada menggunakan Metode Bina Marga khususnya pada lapisan pondasi bawah perkerasan jalan lentur.

Pada segmen I : Sta 00+000 – Sta 05+000 diperoleh Nilai CBR tanah 5,2%, dengan Metode Bina Marga diperoleh tebal perkerasan pondasi dasar setebal 30 cm dan dengan Metode AASTHO setebal 49 cm.

Pada segmen II : Sta 05+000 – Sta 10+000 diperoleh Nilai CBR tanah 4,7%, dengan Metode Bina Marga diperoleh tebal perkerasan pondasi dasar setebal 34 cm dan dengan Metode AASTHO setebal 49,5 cm.

2.1.3. Ferry Andri dan Eduardi Prahara (2013) yang berjudul “Analisis Perencanaan Pelapisan Tambah pada Perkerasan Lentur Berdasarkan Metode SNI 1732-1989-F Dan AASTHO 1993 Studi kasus : ruas ciasem-pamanukan (pantura)”.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merencanakan tebal lapis tambah dengan menggunakan Metode Analisa Komponen SNI 1732-1989-F dan AASTHO 1993, menganalisis pengaruh lalu lintas terhadap tebal lapis tambah, dan menghitung biaya pekerjaan lapis tambah yang didapatkan dari kedua metode tersebut.

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari kedua metoda tersebut didapatkan tebal lapis tambah dengan menggunakan metoda SNI 1732-1989-F pada ruas Ciasem sebesar 1 cm untuk umur rencana 1 tahun dan 2 tahun, dan 2 cm untuk umur rencana 3 tahun, 4 tahun, dan 5 tahun, dan pada ruas Pamanukan sebesar 3 cm, 5 cm, 6 cm, 7 cm, dan 9 cm masing-masing untuk umur rencana 1 tahun, 2 tahun, 3 tahun, 4 tahun, dan 5 tahun, sedangkan tebal lapis tambah dengan menggunakan metoda AASTHO 1993 pada ruas Ciasem untuk umur rencana 1

tahun, 2 tahun, dan 3 tahun sebesar 19 cm, dan untuk umur rencana 4, dan 5 tahun sebesar 20 cm, dan pada ruas Pamanukan sebesar 16 cm, 17 cm, 18 cm, 19 cm, dan 21 cm masing-masing untuk umur rencana 1 tahun, 2 tahun, 3 tahun, 4 tahun, dan 5 tahun.

## **2.2. Dasar Teori**

### **2.2.1. Jalan**

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, di bawah permukaan tanah dan/atau air, serta di atas permukaan air, kecuali jalan kereta api, jalan lori, dan jalan kabel (Peraturan Pemerintah Nomor 34 Tahun 2006).

Jalan raya adalah jalur - jalur tanah di atas permukaan bumi yang dibuat oleh manusia dengan bentuk, ukuran - ukuran dan jenis konstruksinya sehingga dapat digunakan untuk menyalurkan lalu lintas orang, hewan dan kendaraan yang mengangkut barang dari suatu tempat ke tempat lainnya dengan mudah dan cepat (Clarkson H.Oglesby,1999).

Untuk perencanaan jalan raya yang baik, perkerasan harus ditetapkan sedemikian rupa sehingga jalan yang bersangkutan dapat memberikan pelayanan yang optimal kepada lalu lintas sesuai dengan fungsinya, sebab tujuan akhir dari perencanaan perkerasan ini adalah menghasilkan infrastruktur yang aman, efisiensi pelayanan arus lalu lintas dan memaksimalkan ratio tingkat penggunaan biaya juga memberikan rasa aman dan nyaman kepada pengguna jalan.

### 2.2.2. Klasifikasi Jalan

Jalan raya pada umumnya dapat digolongkan dalam 4 klasifikasi yaitu: klasifikasi menurut fungsi jalan, klasifikasi menurut kelas jalan, klasifikasi menurut medan jalan dan klasifikasi menurut wewenang pembinaan jalan (Bina Marga 1997).

#### 2.2.2.1. Klasifikasi Menurut Fungsi Jalan

Klasifikasi menurut fungsi jalan terdiri atas 3 golongan yaitu:

- 1) Jalan arteri yaitu jalan yang melayani angkutan utama dengan ciri-ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi, dan jumlah jalan masuk dibatasi secara efisien.
- 2) Jalan kolektor yaitu jalan yang melayani angkutan pengumpul/pembagi dengan ciri-ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang dan jumlah jalan masuk dibatasi.
- 3) Jalan lokal yaitu Jalan yang melayani angkutan setempat dengan ciri-ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah, dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi.

#### 2.2.2.2. Klasifikasi Menurut Kelas Jalan

Klasifikasi menurut kelas jalan berkaitan dengan kemampuan jalan untuk menerima beban lalu lintas, dinyatakan dalam muatan sumbu terberat (MST) dalam satuan ton.

Tabel 2. 1. Klasifikasi jalan raya menurut kelas jalan.

Fungsi	Kelas	Muatan Sumbu Terberat / MST (Ton)
Arteri	I	>10
	II	10
	III A	8
Kolektor	III A	8
	III B	8

*Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, Ditjen Bina Marga, 1997.*

#### 2.2.2.3. Klasifikasi Menurut Medan Jalan

Medan jalan diklasifikasikan berdasarkan kondisi sebagian besar kemiringan medan yang diukur tegak lurus garis kontur. Keseragaman kondisi medan yang diproyeksikan harus mempertimbangkan keseragaman kondisi medan menurut rencana trase jalan dengan mengabaikan perubahan-perubahan pada bagian kecil dari segmen rencana jalan tersebut.

Tabel 2. 2. Klasifikasi Menurut Medan Jalan.

No	Jenis Medan	Notasi	Kemiringan Medan (%)
1	Datar	D	< 3
2	Berbukit	B	3 – 25
3	Pegunungan	G	> 25

*Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, Ditjen Bina Marga, 1997.*

#### 2.2.2.4. Klasifikasi Menurut Wewenang Pembinaan Jalan

Klasifikasi menurut wewenang pembinaannya terdiri dari Jalan Nasional, Jalan Provinsi, Jalan Kabupaten/Kotamadya dan Jalan Desa.

#### 2.2.3. Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan merupakan suatu komponen yang sangat penting dalam memenuhi kelancaran pergerakan lalu lintas. Perkerasan jalan yang digunakan pada saat sekarang ini umumnya terdiri atas tiga jenis, yaitu perkerasan lentur,

perkerasan kaku, dan perkerasan komposit. Secara umum bahwa perkerasan jalan ini terdiri dari beberapa lapis, seperti :

- Lapis permukaan (*surface course*)
- Lapis pondasi atas (*base course*)
- Lapis pondasi bawah (*subbase course*)
- Lapisan tanah dasar (*subgrad*)

#### 1. Perkerasan Lentur (*flexible pavement*)

Perkerasan lentur adalah jenis perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat untuk lapisan perkerasan. Konstruksi perkerasan lentur terdiri dari lapisan-lapisan yang diletakkan diatas tanah dasar yang telah dipadatkan. Lapisan-lapisan tersebut berfungsi sebagai penerima beban lalu lintas dan menyebarkan ke lapisan dibawahnya. Adapun susunan konstruksi perkerasan terdiri dari:

#### 2. Perkerasan Kaku (*rigid pavement*)

Perkerasan kaku adalah jenis perkerasan yang menggunakan lapisan pelat beton baik menggunakan tulangan atau tanpa tulangan yang diletakkan di atas tanah dasar dengan atau tanpa pondasi bawah. Beban yang bekerja atau yang melintasi lapisan perkerasan kaku sebagian besar dipikul oleh pelat beton tersebut.

#### 3. Perkerasan Komposit (*composite pavement*)

Perkerasan komposit adalah kombinasi antara konstruksi perkerasan lentur dengan konstruksi perkerasan kaku. Dalam kombinasi tersebut, perkerasan kaku dapat diletakkan di atas perkerasan lentur atau juga sebaliknya.

Perbedaan utama antara perkerasan lentur dan perkerasan kaku dapat terlihat pada Tabel berikut ini:

Tabel 2. 3. Perbedaan perkerasan lentur dan perkerasan kaku

		<b>Perkerasan Lentur</b>	<b>Perkerasan Kaku</b>
1.	Bahan pengikat	Aspal	Semen
2.	Repetisi beban	Timbul <i>rutting</i> (lendutan pada jalur roda)	Timbul retak-retak pada permukaan
3.	Penurunan tanah dasar	Jalan bergelombang (mengikuti tanah dasar)	Bersifat sebagai balok diatas perletakan
4.	Perubahan temperatur	Modulus kekakuan berubah. Timbul tegangan dalam yang kecil	Modulus kekakuan tidak berubah. Timbul tegangan dalam yang besar.

*Sumber: Sukirman, S. Beton Aspal Campuran Panas (2003)*

#### 2.2.4. Kriteria Perkerasan Jalan

Menurut Sukirman (1992) supaya perkerasan jalan dapat memberikan rasa aman dan nyaman kepada si pemakai jalan, maka haruslah memenuhi syarat-syarat tertentu yang dapat dikelompokkan menjadi 2 kelompok, yaitu :

##### 1. Syarat-syarat berlalu lintas

Konstruksi perkerasan lentur dipandang dari keamanan dan kenyamanan berlalu lintas haruslah memenuhi syarat-syarat sebagai berikut :

- a. Permukaan yang rata, tidak bergelombang, tidak melendut dan tidak berlubang.
- b. Permukaan yang cukup kaku, sehingga tidak mudah berubah bentuk akibat beban yang bekerja di atasnya.
- c. Permukaan cukup kasar, memberikan gesekan yang baik antara ban dan permukaan jalan sehingga tidak mudah selip.



d. Permukaan tidak mengkilap, tidak silau jika terkena sinar matahari.

## 2. Syarat-syarat kekuatan/struktural

Konstruksi perkerasan jalan dipandang dari segi kemampuan memikul dan menyebarkan beban, haruslah memenuhi syarat-syarat :

- a. Ketebalan yang cukup sehingga mampu menyebarkan beban/muatan lalu lintas ke tanah dasar.
- b. Kedap terhadap air, sehingga air tidak mudah meresap ke lapisan dibawahnya.
- c. Permukaan mudah mengalirkan air, sehingga air hujan yang jatuh di atasnya dapat cepat dialirkan.
- d. Kekakuan untuk memikul beban yang bekerja tanpa menimbulkan deformasi yang berarti.

### 2.2.5. Metode Analisa Komponen

#### 2.2.5.1. Parameter dalam Metode Analisa Komponen

##### 1. Lalu Lintas

###### a. Jumlah Jalur dan Koefisien Distribusi Kendaraan (C)

Jalur rencana merupakan salah satu jalur lalu lintas dari suatu ruas jalan raya, yang menampung lalu lintas terbesar. Jika jalan tidak memiliki tanda batas jalur, maka jumlah jalur ditentukan dari lebar perkerasan menurut daftar di bawah ini:

Tabel 2. 4. Jumlah Lajur Berdasarkan Lebar Perkerasan

Lebar Perkerasan (L)	Jumlah Lajur (n)
$L < 5,50 \text{ m}$	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

Koefisien distribusi kendaraan (C) untuk kendaraan ringan dan berat yang lewat pada jalur rencana ditentukan menurut daftar di bawah ini:

Tabel 2. 5. 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 trailler, trailler.

b. Angka Ekuivalen (E) Beban Sumbu Kendaraan

Angka Ekuivalen (E) masing-masing golongan beban sumbu (setiap kendaraan) ditentukan menurut rumus daftar di bawah ini :

Tabel 2. 6. Angka Ekuivalen (E) Beban Sumbu Kendaraan

Beban Sumbu		Angka 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	0,0794
8160	18000	1,0000	0,0860
9000	19841	1,4798	0,1273
10000	22046	2,2555	0,1940
11000	24251	3,3022	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

## c. Lalu Lintas Harian Rata – rata

- 1) Lalu lintas Harian Rata-rata (LHR) setiap jenis kendaraan di tentukan pada awal umur rencana, yang dihitung untuk dua arah pada jalan tanpa median atau masing-masing arah pada jalan dengan median.
- 2) Lintas Ekuivalen Permulaan (LEP) dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$LEP = \sum_{j=1}^n LHR_j \times C_j \times E_j \dots \dots \dots (2.1)$$

Catatan : j = jenis kendaraan.

- 3) Lintas Ekuivalen Akhir (LEA) dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$LEA = \sum_{j=1}^n LHR_j (1+i)^{UR} \times C_j \times E_j \dots \dots \dots (2.2)$$

Catatan:  $i$  = perkembangan lalu lintas.

$j$  = jenis kendaraan.

- 4) Lintas Ekuivalen Tengah (LET) dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$LET = \frac{1}{2} \times (LEP + LEA) \dots \dots \dots (2.3)$$

- 5) Lintas Ekuivalen Rencana (LER) dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$LER = LET \times FP \dots \dots \dots (2.4)$$

Faktor penyesuaian (FP) tersebut di atas ditentukan dengan Rumus:

$$FP = UR/10 \dots \dots \dots (2.5)$$

## 2. Daya Dukung Tanah Dasar (DDT) dan CBR

Daya dukung tanah dasar (DDT) ditetapkan berdasarkan grafik korelasi (gambar 1). Yang dimaksud dengan harga CBR disini adalah harga CBR lapangan atau CBR laboratorium.

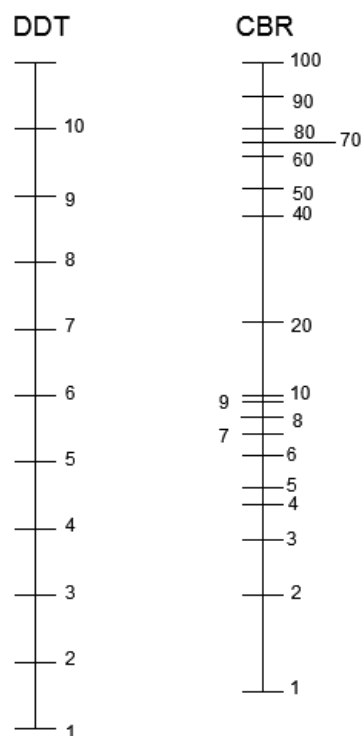
Jika digunakan CBR lapangan maka pengambilan contoh tanah dasar dilakukan dengan tabung (*undisturb*), kemudian direndam dan diperiksa harga CBR-nya. Dapat juga mengukur langsung di lapangan (musim hujan/direndam).

CBR lapangan biasanya digunakan untuk perencanaan lapis tambahan (*overlay*). Jika dilakukan menurut Pengujian Kepadatan Ringan (SKBI 3.3. 30.1987/UDC 624.131.43 (02) atau Pengujian Kepadatan Berat (SKBI 3.3. 30.1987/UDC 624.131.53 (02) sesuai dengan kebutuhan. CBR laboratorium biasanya dipakai untuk perencanaan pembangunan jalan baru.

Sementara ini dianjurkan untuk mendasarkan daya dukung tanah dasar hanya kepada pengukuran nilai CBR. Cara-cara lain hanya digunakan bila telah disertai data-data yang dapat dipertanggungjawabkan. Cara-cara lain tersebut

dapat berupa : Group Index, Plate Bearing Test atau R-value. Harga yang mewakili dari sejumlah harga CBR yang dilaporkan, ditentukan sebagai berikut:

- Tentukan harga CBR terendah.
- Tentukan berapa banyak harga dari masing-masing nilai CBR yang sama dan lebih besar dari masing-masing nilai CBR.
- Angka jumlah terbanyak dinyatakan sebagai 100%. Jumlah lainnya merupakan persentase dari 100%.
- Dibuat grafik hubungan antara harga CBR dan persentase jumlah tadi.



Gambar 2. 1. Korelasi DDT dan CBR

*Catatan : Hubungan nilai CBR dengan garis mendatar sebelah kiri diperoleh nilai DDT.*

### 3. Faktor Regional (FR)

Keadaan lapangan mencakup permeabilitas tanah, perlengkapan drainase, bentuk alinyemen serta persentase kendaraan dengan berat 13 ton, dan kendaraan yang berhenti, sedangkan keadaan iklim mencakup curah hujan rata-rata per tahun.

Mengingat persyaratan penggunaan disesuaikan dengan "Peraturan Pelaksanaan Pembangunan Jalan Raya" edisi terakhir, maka pengaruh keadaan lapangan yang menyangkut permeabilitas tanah dan perlengkapan drainase dapat dianggap sama. Dengan demikian dalam penentuan tebal perkerasan ini, Faktor Regional hanya dipengaruhi oleh bentuk alinyemen (kelandaian dan tikungan), persentase kendaraan berat dan yang berhenti serta iklim (curah hujan) sebagai berikut:

Tabel 2. 7. Faktor Regional (FR)

	<b>Kelandaian I ( &lt; 6 %)</b>		<b>Kelandaian II ( 6 – 10 %)</b>		<b>Kelandaian III ( &gt; 10%)</b>	
	<b>% kendaraan berat</b>		<b>% kendaraan berat</b>		<b>% kendaraan berat</b>	
	<b>≤ 30 %</b>	<b>&gt; 30 %</b>	<b>≤ 30 %</b>	<b>&gt; 30 %</b>	<b>≤ 30 %</b>	<b>&gt; 30 %</b>
Iklm I < 900 mm/th	0,5	1,0 – 1,5	1,0	1,5 – 2,0	1,5	2,0 – 2,5
Iklm II > 900 mm/th	1,5	2,0 – 2,5	2,0	2,5 – 3,0	2,5	3,0 – 3,5

Catatan: Pada bagian-bagian jalan tertentu, seperti persimpangan, pemberhentian atau tikungan tajam (jari-jari 30 m) FR ditambah dengan 0,5. Pada daerah rawarawa FR ditambah dengan 1,0.

### 4. Indeks Permukaan (IP)

Indeks Permukaan ini menyatakan nilai daripada kerataan / kehalusan serta kekokohan permukaan yang bertalian dengan tingkat pelayanan bagi lalu-lintas

yang lewat. Adapun beberapa nilai IP beserta artinya adalah seperti yang tersebut di bawah ini:

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

Dalam menentukan indeks permukaan (IP) pada akhir umur rencana, perlu dipertimbangkan faktor-faktor klasifikasi fungsional jalan dan jumlah lintas ekuivalen rencana (LER), menurut daftar di bawah ini:

Tabel 2. 8. Indeks Permukaan Pada Akhir Umur Rencana (IP)

LER = Lintas Ekivalen Rencana *)	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	2,0	-
100 – 1000	1,5 – 2,0	2,0	2,0 – 2,5	-
> 1000	-	2,0 – 2,5	2,5	2,5

\*) LER dalam satuan angka ekuivalen 8,16 ton beban sumbu tunggal.

Catatan: Pada proyek-proyek penunjang jalan, JAPAT / jalan murah atau jalan darurat maka IP dapat diambil 1,0.

Dalam menentukan indeks permukaan pada awal umur rencana (IPo) perlu diperhatikan jenis lapis permukaan jalan (kerataan / kehalusan serta kekokohan) pada awal umur rencana, menurut tabel di bawah ini:

Tabel 2. 9. Indeks Permukaan Pada Awal Umur Rencana (IPo)

Jenis Permukaan	IPo	Roughness *) (mm/km)
LASTON	$\geq 4$	$\leq 1000$
	3,9 – 3,5	$> 1000$
LASBUTAG	3,9 – 3,5	$\leq 2000$
	3,4 – 3,0	$> 2000$
HRA	3,9 – 3,5	$\leq 2000$
	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	$\leq 2,4$	

#### 5. Koefisien Kekuatan Relatif (a)

Koefisien kekuatan relatif (a) masing-masing bahan dan kegunaannya sebagai lapis permukaan, pondasi, pondasi bawah, 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).

Jika alat Marshall Test tidak tersedia, maka kekuatan (stabilitas) bahan beraspal bisa diukur dengan cara lain seperti Hveem Test, Hubbard Field, dan Smith Triaxial.



Tabel 2. 10. Koefisien Kekuatan Relatif (a)

Koefisien Kekuatan Relatif			Kekuatan Bahan			Jenis Bahan
a1	a2	a3	MS (kg)	Kt (kg/cm)	CBR (%)	
0,40	-	-	744	-	-	Laston
0,35	-	-	590	-	-	
0,35	-	-	454	-	-	
0,30	-	-	340	-	-	
0,35	-	-	744	-	-	
0,31	-	-	590	-	-	Lasbutag
0,28	-	-	454	-	-	
0,26	-	-	340	-	-	
0,30	-	-	340	-	-	
0,26	-	-	340	-	-	
0,25	-	-	-	-	-	
0,20	-	-	-	-	-	
-	0,28	-	590	-	-	
-	0,26	-	454	-	-	Laston Atas
-	0,24	-	340	-	-	
-	0,23	-	-	-	-	
-	0,19	-	-	-	-	
-	0,15	-	-	22	-	
-	0,13	-	-	18	-	
-	0,15	-	-	22	-	Stab. Tanah dengan kapur
-	0,13	-	-	18	-	
-	0,14	-	-	-	100	
-	0,13	-	-	-	80	
-	0,12	-	-	-	60	
-	-	0,13	-	-	70	
-	-	0,12	-	-	50	
-	-	0,11	-	-	30	
-	-	0,10	-	-	20	
-	-	-	-	-	20	

Catatan: Kuat tekan stabilitas tanah dengan semen diperiksa pada hari ke-7. Kuat tekan stabilitas tanah dengan kapur diperiksa pada hari ke-21.

## 6. Batas Batas Minimum Tebal Lapisan Perkerasan

Tabel 2. 11. Batas – Batas Minimum Tebal Lapisan Perkerasan

## 1. Lapis Permukaan:

<b>ITP</b>	<b>Tebal Minimum (cm)</b>	<b>Bahan</b>
< 3,00	5	Lapis pelindung: (Buras/Burtu/Burda)
3,00 – 6,70	5	Lapen/Aspal Macadam, HRA, Lasbutag, Laston
6,71 – 7,49	7,5	Lapen/Aspal Macadam, HRA, Lasbutag, Laston
7,50 – 9,99	7,5	Lasbutag, Laston
≥ 10,00	10	Laston

## 2. Lapis Pondasi:

<b>ITP</b>	<b>Tebal Minimum (cm)</b>	<b>Bahan</b>
< 3,00	15	Batu pecah, stabilitas tanah dengan semen, stabilitas tanah dengan kapur
3,00 – 7,49	20*)	Batu pecah, stabilitas tanah dengan semen, stabilitas tanah dengan kapur
	10	Laston Atas
7,50 – 9,99	20	Batu pecah, stabilitas tanah dengan semen, stabilitas tanah dengan kapur, pondasi macadam
	15	Laston Atas
10 – 12,14	20	Batu pecah, stabilitas tanah dengan semen, stabilitas tanah dengan kapur, pondasi macadam, Lapen, Laston Atas
≥ 12,25	25	Batu pecah, stabilitas tanah dengan semen, stabilitas tanah dengan kapur, pondasi macadam, Lapen, Laston Atas

## 3. Lapis Pondasi Bawah:

Untuk setiap nilai ITP bila digunakan pondasi bawah, tebal minimum adalah 10 cm
---

#### 4. Pelapisan Tambahan

Untuk perhitungan pelapisan tambahan (*overlay*), kondisi perkerasan jalan lama (*existing pavement*) dinilai sesuai daftar di bawah ini:

Tabel 2. 12. Nilai Kondisi Perkerasan Jalan

1. Lapis Permukaan :	
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%
2. Lapis Pondasi:	
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 :	
Indek Plastisitas (Plasticity Index = PI) $\leq$ 10.....	70 – 100%
c. Pondasi Macadam atau Batu Pecah :	
Indek Plastisitas (Plasticity Index = PI) $\leq$ 6.....	80 – 100%
3. Lapis Pondasi Bawah :	
Indek plastisitas (Plasticity Index = PI) $\leq$ 6 .....	90 – 100%
Indek plastisitas (Plasticity Index = PI) $>$ 6 .....	70 – 90%

#### 5. Konstruksi Bertahap

Konstruksi bertahap digunakan pada keadaan tertentu, antara lain:

- a. Keterbatasan biaya untuk pembuatan tebal perkerasan sesuai, rencana (misalnya : 20 tahun). Perkerasan dapat direncanakan dalam dua tahap, misalnya tahap pertama untuk 5 tahun, dan tahap berikutnya untuk 15 tahun.

- b. Kesulitan dalam memperkirakan perkembangan lalu lintas untuk (misalnya : 20 sampai 25 tahun). Dengan adanya pentahapan, perkiraan lalu lintas diharapkan tidak jauh meleset.
- c. Kerusakan setempat (*weak spots*) selama tahap pertama dapat diperbaiki dan direncanakan kembali sesuai data lalu lintas yang ada.

2.2.5.2. Rumus Perhitungan Tebal Lapis Perkerasan

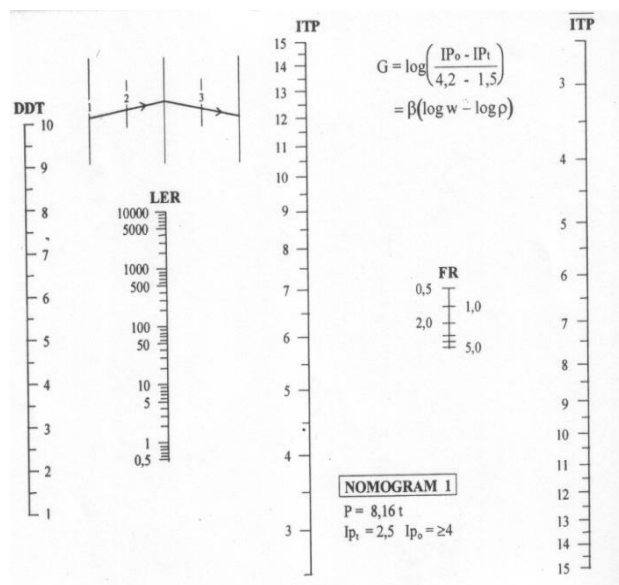
Perhitungan perencanaan ini didasarkan pada kekuatan relatif masing-masing lapisan perkerasan jangka panjang, dimana penentuan tebal perkerasan dinyatakan oleh ITP (Indeks Tebal Perkerasan), dengan rumus sebagai berikut:

$$ITP = a_1D_1 + a_2D_2 + a_3D_3 \dots\dots\dots(2.6)$$

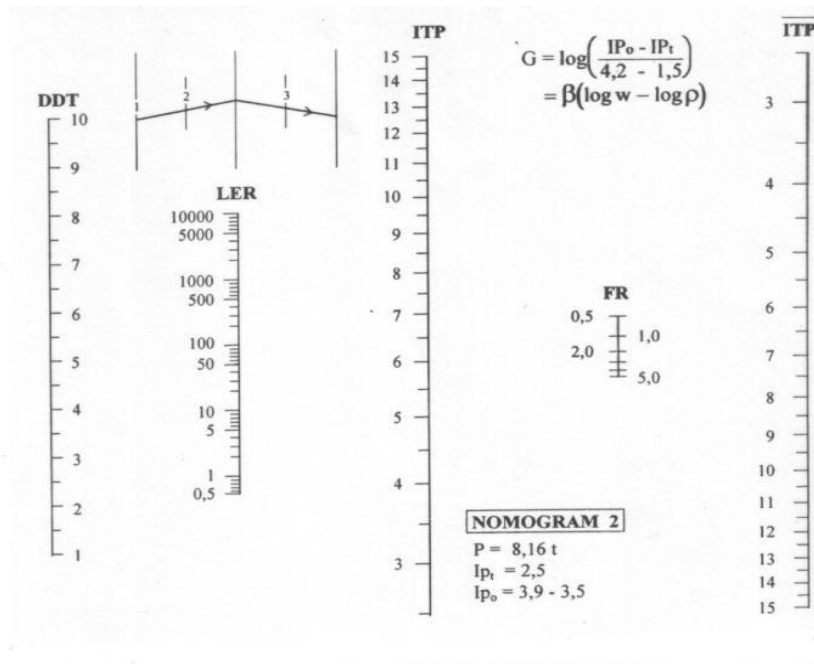
$a_1, a_2, a_3$  = Koefisien kekuatan relatif bahan perkerasan (daftar VII)

$D_1, D_2, D_3$  = Tebal masing-masing lapisan perkerasan (cm).

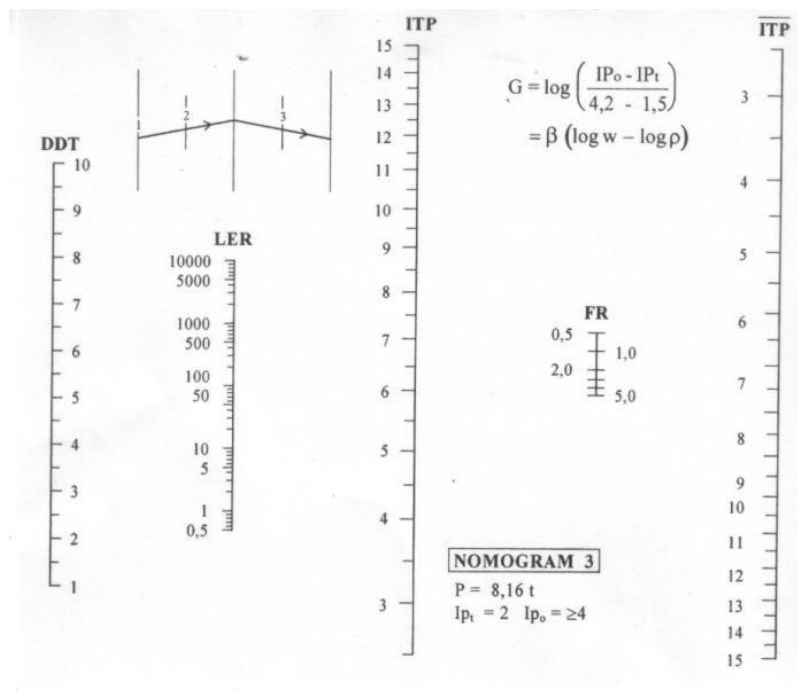
Angka 1, 2 dan 3 : masing-masing untuk lapis permukaan lapis pondasi dan lapis pondasi bawah.



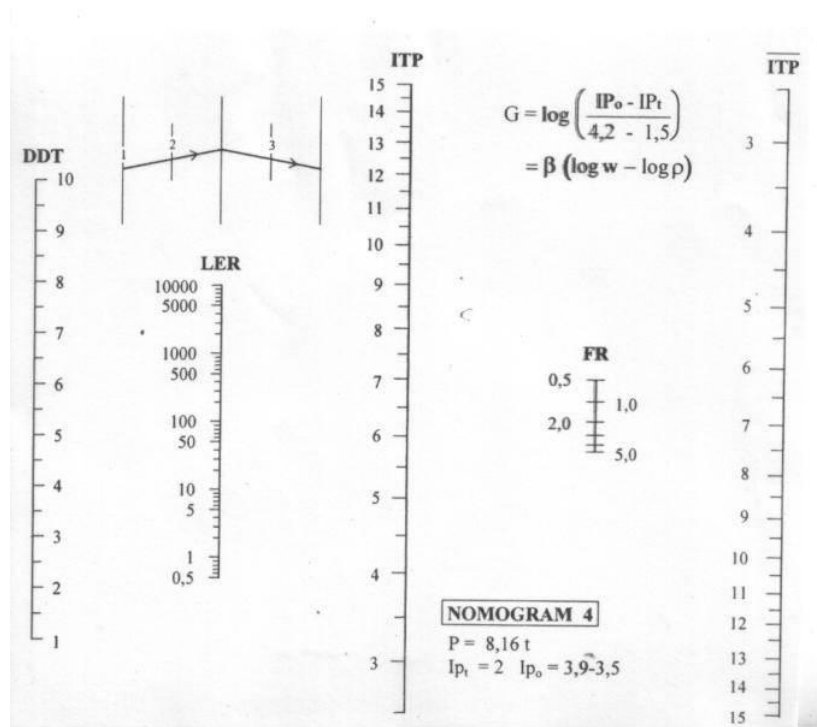
Gambar 2. 2. Nomogram I untuk  $I_{p1} = 2,5$  dan  $I_{p0} = \geq 4$



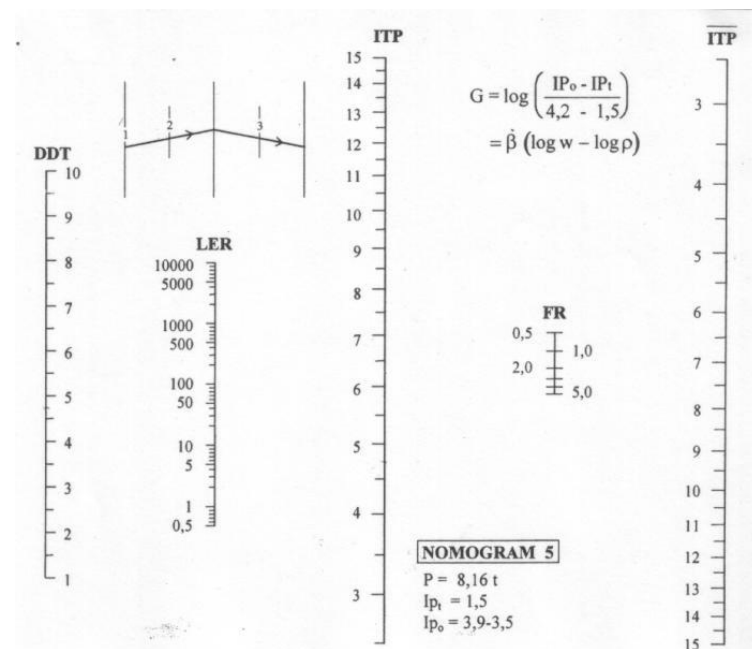
Gambar 2. 3. Nomogram 2 untuk  $I_{pt} = 2,5$  dan  $I_{po} = 3,9 - 3,5$



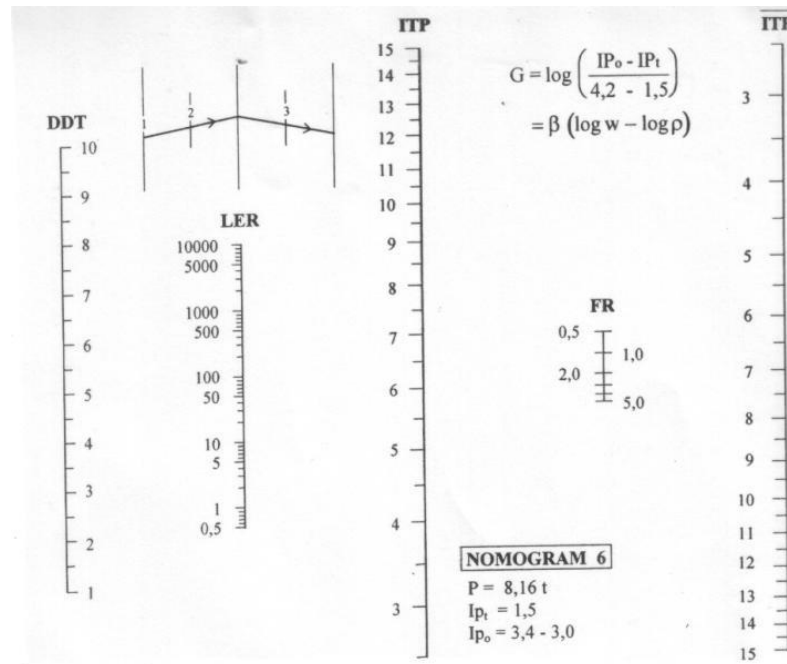
Gambar 2. 4. Nomogram 3 untuk  $I_{pt} = 2$  dan  $I_{po} \geq 4$



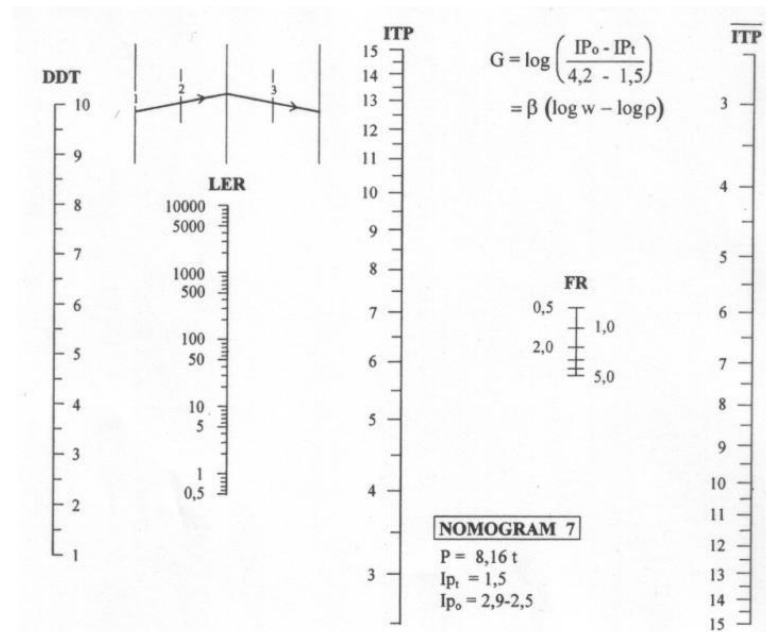
Gambar 2. 5 Nomogram 4 untuk I<sub>p1</sub> = 2 dan I<sub>p0</sub> 3,9 – 3,5



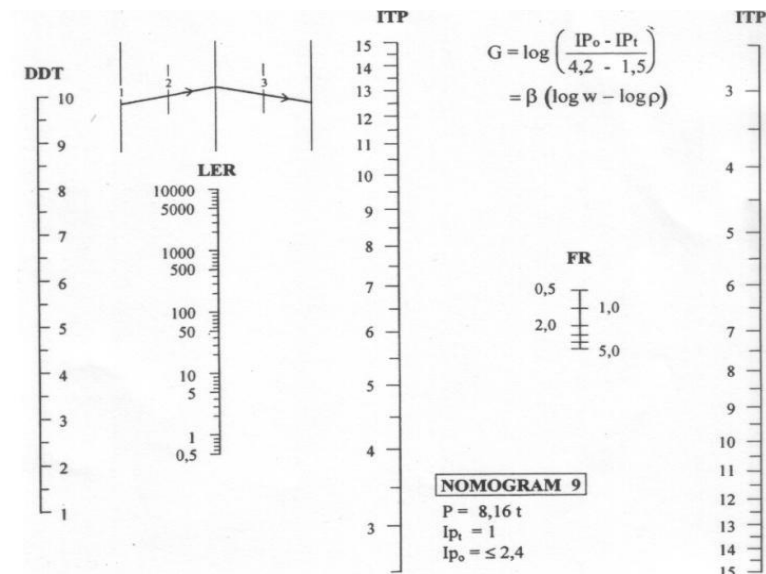
Gambar 2. 6. Nomogram 5 untuk I<sub>p1</sub> = 1,5 dan I<sub>p0</sub> 3,9 – 3,5



Gambar 2. 7. Nomogram 6 untuk  $I_{pt} = 1,5$  dan  $I_{po} = 3,4 - 3,0$



Gambar 2. 8. Nomogram 7 untuk  $I_{pt} = 1,5$  dan  $I_{po} = 2,9 - 2,5$



Gambar 2. 9. Nomogram 9 untuk  $I_{p_t} = 1$  dan  $I_{p_o} \geq 2,4$

## 2.2.6. Metode AASHTO 1993

### 2.2.6.1. Deskripsi Metode AASHTO

Salah satu metoda perencanaan untuk tebal perkerasan jalan yang sering digunakan adalah metoda AASHTO 1993. Metoda ini sudah dipakai secara umum di seluruh dunia untuk perencanaan serta di adopsi sebagai standar perencanaan di berbagai negara. Metoda AASHTO 1993 ini pada dasarnya adalah metoda perencanaan yang didasarkan pada metoda empiris. Parameter yang dibutuhkan pada perencanaan menggunakan metoda AASHTO 1993 ini antara lain adalah :

#### 1. Structural Number (SN)

*Structural Number* (SN) merupakan fungsi dari ketebalan lapisan, koefisien relatif lapisan (*layer coefficients*), dan koefisien drainase (*drainage coefficients*).

Persamaan untuk Structural Number adalah sebagai berikut :



$$SN = a_1D_1 + a_2D_2m_2 + a_3D_3m_3 \dots \dots \dots (2.7)$$

Di mana:

SN = nilai Structural Number.

$a_1, a_2, a_3$  = koefisien relatif masing-masing lapisan.

$D_1, D_2, D_3$  = tebal masing-masing lapisan perkerasan.

$m_1, m_2, m_3$  = koefisien drainase masing-masing lapisan.

## 2. Lalu Lintas

Prosedur perencanaan untuk parameter lalu lintas didasarkan pada kumulatif beban gandar standar ekivalen (*Cumulative Equivalent Standard Axle, CESA*). Perhitungan untuk CESA ini didasarkan pada konversi lalu lintas yang lewat terhadap beban gandar standar 8.16 kN dan mempertimbangkan umur rencana, volume lalu lintas, faktor distribusi lajur, serta faktor bangkitan lalu lintas (*growth factor*).

- Menentukan Angka Ekivalen Beban Sumbu

Angka Ekivalen (E) menunjukkan jumlah lintasan sumbu tunggal roda ganda dengan beban 18000 pon yang mengakibatkan kerusakan yang sama pada struktur perkerasan jalan jika dilintasi oleh jenis dan beban sumbu tertentu atau jenis dan beban kendaraan tertentu.

- Menentukan Repitisi Beban Selama Umur Rencana ( $W_{18}$ )

Beban lalu lintas sesuai AASHTO 1993 dinyatakan dalam repitisi lintasan sumbu standar selama umur rencana ( $W_{18}$ ).

$$W_{18} = \sum LHR_i \times E_i \times D_A \times D_L \times 365 \times N \dots \dots \dots (2.8)$$

Dengan :

$W_{18}$  = Repetisi beban lalu lintas selama umur rencana, lss/lajur/umur rencana

LHR = Lalu lintas Harian rata-rata, kendaraan/hari/2 arah

$E_i$  = Angka ekivalen jenis kendaraan i

DA = Faktor distribusi arah

DL = Faktor distribusi lajur

365 = jumlah hari dalam satu tahun

N = Faktor Umur rencana

### 3. Reliability

Konsep *reliability* untuk perencanaan perkerasan didasarkan pada beberapa ketidakpastian (uncertainties) dalam proses perencanaan untuk meyakinkan alternatif-alternatif berbagai perencanaan. Tingkatan *reliability* ini yang digunakan tergantung pada volume lalu lintas, klasifikasi jalan yang akan direncanakan maupun ekspetasi dari pengguna jalan.

*Reliability* didefinisikan sebagai kemungkinan bahwa tingkat pelayanan dapat tercapai pada tingkatan tertentu dari sisi pandangan para pengguna jalan sepanjang umur yang direncanakan. Hal ini memberikan implikasi bahwa repetisi beban yang direncanakan dapat tercapai hingga mencapai tingkatan pelayanan tertentu.

Pengaplikasian dari konsep reliability ini diberikan juga dalam parameter standar deviasi yang mempresentasikan kondisi-kondisi lokal dari ruas jalan yang direncanakan serta tipe perkerasan antara lain perkerasan lentur ataupun perkerasan kaku. Secara garis besar pengaplikasian dari konsep reliability adalah sebagai berikut:

- a. Hal pertama yang harus dilakukan adalah menentukan klasifikasi dari ruas jalan yang akan direncanakan. Klasifikasi ini mencakup apakah jalan tersebut adalah jalan dalam kota (*urban*) atau jalan antar kota (*rural*).
- b. Tentukan tingkat reliability yang dibutuhkan dengan menggunakan tabel yang ada pada metoda perencanaan AASHTO 1993. Semakin tinggi tingkat reliability yang dipilih, maka akan semakin tebal lapisan perkerasan yang dibutuhkan.
- c. Nilai reliabilitas dapat ditentukan dengan tabel di bawah ini;

Tabel 2. 13. Tabel Reliabilitas sesuai fungsi jalan

Fungsi Jalan	Rekomendasi Tingkat Reliabilitas	
	Urban	Rural
Bebas Hambatan	85 – 99,9	80 – 99,9
Arteri	80 – 99	75 – 95
Kolektor	80 – 95	75 – 95
Lokal	50 – 80	50 - 80

- d. Satu nilai standar deviasi ( $S_o$ ) harus dipilih. Nilai ini mewakili dari kondisi-kondisi lokal yang ada.

Tabel 2. 14. Nilai Reliabilitas,  $Z_R$  dan  $F_R$ 

Reliabilitas, R, %	Standard Normal Deviate ( $Z_R$ )	$F_R$ 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

#### 4. Serviceability

*Serviceability* merupakan tingkat pelayanan yang diberikan oleh sistem perkerasan yang kemudian dirasakan oleh pengguna jalan. Untuk *serviceability* ini parameter utama yang dipertimbangkan adalah nilai *Present Serviceability Index* (PSI). Nilai *serviceability* ini merupakan nilai yang menjadi penentu tingkat pelayanan fungsional dari suatu sistem perkerasan jalan. Secara numerik *serviceability* ini merupakan fungsi dari beberapa parameter antara lain ketidakrataan, jumlah lobang, luas tambalan, dll.

Nilai *serviceability* ini diberikan dalam beberapa tingkatan antara lain :

- a. Untuk perkerasan yang baru dibuka (*open traffic*) nilai *serviceability* ini diberikan sebesar 4.0 – 4.5. Nilai ini dalam terminologi perkerasan diberikan sebagai nilai *initial serviceability* ( $P_0$ ).

- b. Untuk perkerasan yang harus dilakukan perbaikan pelayanannya, nilai serviceability ini diberikan sebesar 2.0. Nilai ini dalam terminologi perkerasan diberikan sebagai nilai *terminal serviceability* (Pt).
- c. Untuk perkerasan yang sudah rusak dan tidak bisa dilewati, maka nilai serviceability ini akan diberikan sebesar 1.5. Nilai ini diberikan dalam terminologi *failure serviceability* (Pf).

#### 2.2.6.2. Persamaan AASHTO 1993

Dari hasil percobaan jalan AASHTO untuk berbagai macam variasi kondisi dan jenis perkerasan, maka disusunlah metoda perencanaan AASHTO yang kemudian berubah menjadi AASHTO. Dasar perencanaan dari metoda AASHTO baik AASHTO 1972, AASHTO 1986, maupun metoda terbaru saat sekarang yaitu AASHTO 1993 adalah persamaan seperti yang diberikan dibawah ini:

$$\log_{10} W_{18} = Z_R S_o + 9.36 \log_{10} (SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left[ \frac{P_o - P_t}{P_o - P_f} \right]}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log_{10} M_r - 8.07 \quad \dots\dots\dots(2.9)$$

Dimana:

$W_{18}$  = Kumulatif beban gandar standar selama umur perencanaan (CESA).

$Z_R$  = Standard Normal Deviate.

$S_o$  = Combined standard error dari prediksi lalu lintas dan kinerja.

$SN$  = Structural Number.

$P_o$  = Initial serviceability.

$P_t$  = Terminal serviceability.

$P_f$  = Failure serviceability.

$M_r$  = Modulus resilien (psi)

### 2.2.6.3. Langkah – langkah Perencanaan dengan Metode AASHTO 1993

Langkah-langkah perencanaan dengan metoda AASHTO 1993 adalah sebagai berikut:

- a. Tentukan lalu lintas rencana yang akan diakomodasi di dalam perencanaan tebal perkerasan. Lalu lintas rencana ini jumlahnya tergantung dari komposisi lalu lintas, volume lalu lintas yang lewat, beban aktual yang lewat, serta faktor bangkitan lalu lintas serta jumlah lajur yang direncanakan. Semua parameter tersebut akan dikonversikan menjadi kumulatif beban gandar standar ekivalen (Cumulative Equivalent Standard Axle, CESA).
- b. Hitung CBR dari tanah dasar yang mewakili untuk ruas jalan ini. CBR representatif dari suatu ruas jalan yang direncanakan ini tergantung dari klasifikasi jalan yang direncanakan. Pengambilan dari data CBR untuk perencanaan jalan biasanya diambil pada jarak 100 meter. Untuk satu ruas jalan yang panjang biasanya dibagi atas segmen-segmen yang mempunyai nilai CBR yang relatif sama. Dari nilai CBR representatif ini kemudian diprediksi modulus elastisitas tanah dasar dengan mengambil persamaan sebagai berikut:

$$E = 1500 \text{ CBR (psi)} \dots\dots\dots(2.10)$$

Dimana :

CBR = nilai CBR representatif (%).

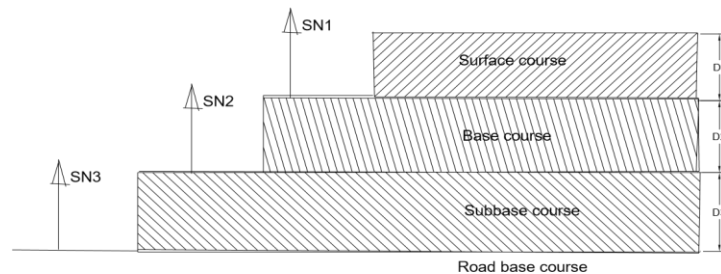
E = modulus elastisitas tanah dasar (psi).

- c. Kemudian tentukan besaran-besaran fungsional dari sistem perkerasan jalan yang ada seperti Initial Present Serviceability Index ( $P_o$ ), Terminal

Serviceability Index (Pt), dan Failure Serviceability Index (Pf). Masing-masing besaran ini nilainya tergantung dari klasifikasi jalan yang akan direncanakan antara lain *urban road*, *country road*, dll.

- d. Setelah itu tentukan *reliability* dan *standard normal deviate*. Kedua besaran ini ditentukan berdasarkan beberapa asumsi antara lain tipe perkerasan dan juga klasifikasi jalan.
- e. Menggunakan data lalu lintas, modulus elastisitas tanah dasar serta besaran-besaran fungsional  $P_o$ ,  $P_t$ , dan  $P_f$  serta *reliability* dan *standard normal deviate* kemudian bisa dihitung *Structural Number* yang dibutuhkan untuk mengakomodasi lalu lintas rencana. Perhitungan ini bisa menggunakan grafik-grafik yang tersedia atau juga bisa menggunakan rumus AASHTO 1993 seperti yang diberikan pada Persamaan 2 diatas.
- f. Langkah selanjutnya adalah menentukan bahan pembentuk lapisan perkerasan. Masing - masing tipe bahan perkerasan mempunyai koefisien layer yang berbeda. Penentuan koefisien layer ini didasarkan pada beberapa hubungan yang telah diberikan oleh AASHTO 1993.
- g. Menggunakan koefisien layer yang ada kemudian dihitung tebal lapisan masing-masing dengan menggunakan hubungan yang diberikan pada Persamaan 1 diatas dengan mengambil koefisien drainase tertentu yang didasarkan pada tipe pengaliran yang ada.
- h. Kemudian didapat tebal masing-masing lapisan. Metoda AASHTO 1993 memberikan rekomendasi untuk memeriksa kemampuan masing-masing

lapisan untuk menahan beban yang lewat menggunakan prosedur seperti yang diberikan pada langkah berikut ini:



Gambar 2. 10. Ketentuan Perencanaan Menurut AASHTO 1993

$$D^*_1 \geq \frac{SN_1}{a_1}$$

$$SN^*_1 = a_1 D^*_1 \geq SN_1$$

$$D^*_2 \geq \frac{SN_2 - SN^*_1}{a_2}$$

$$SN^*_1 + SN^*_2 \geq SN_2$$

$$D^*_3 \geq \frac{SN_3 - (SN^*_1 + SN^*_2)}{a_3}$$

Di mana :

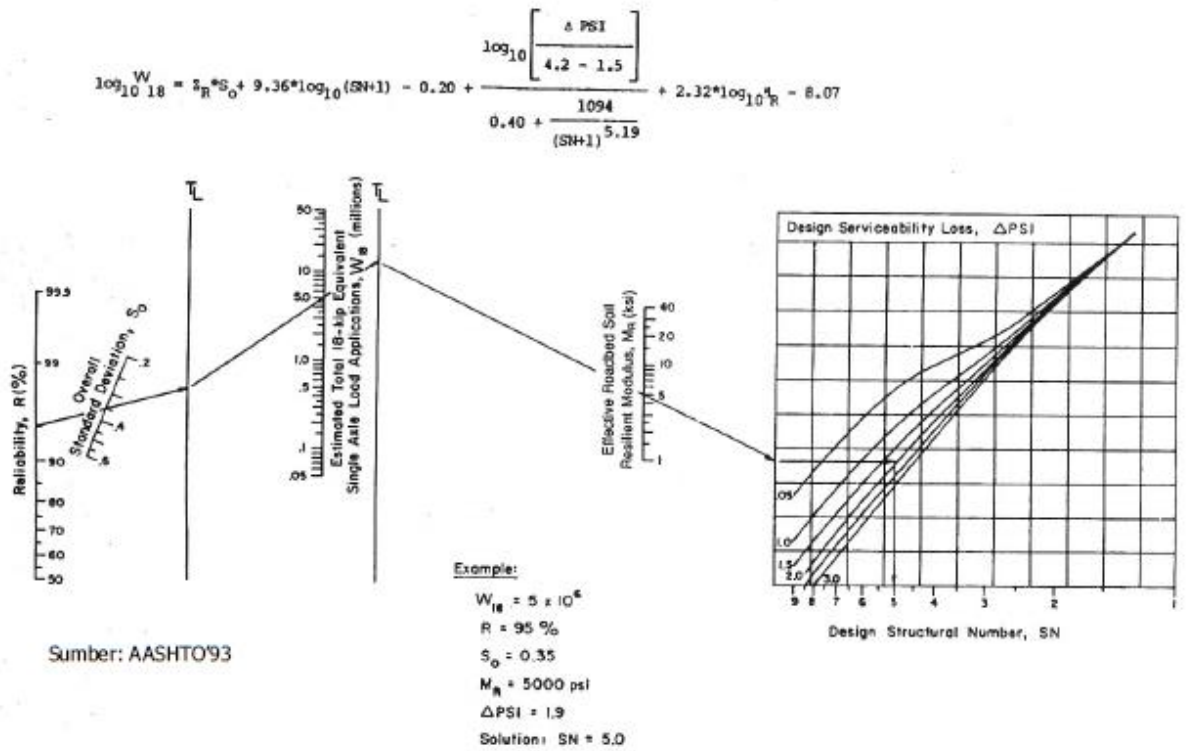
$a_i$  = Koefisien layer masing-masing lapisan.

$D_i$  = Tebal masing-masing lapisan.

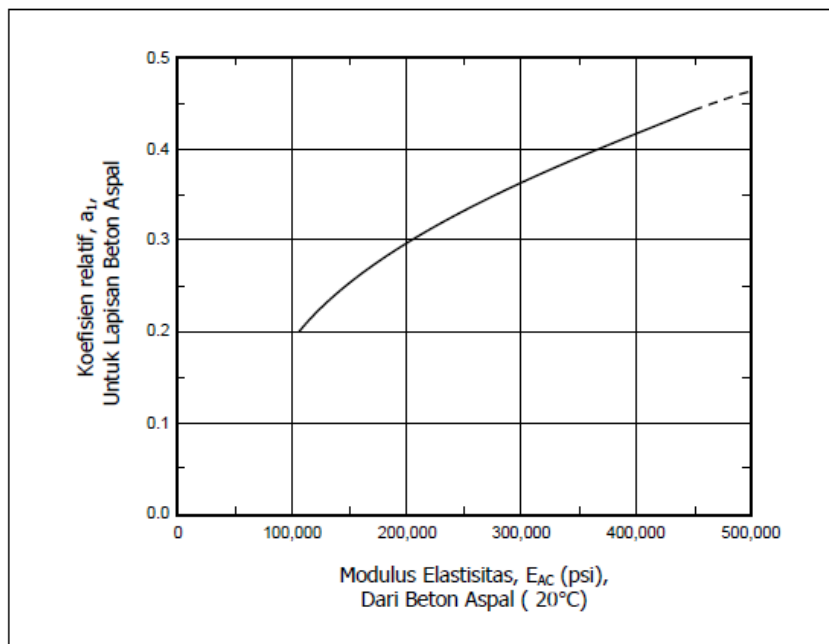
$SN_i$  = Structural Number masing-masing lapisan.

Keterangan : D dan SN yang mempunyai asterisk (\*) menunjukkan nilai aktual yang digunakan dan nilainya besar atau sama dengan nilai yang dibutuhkan.

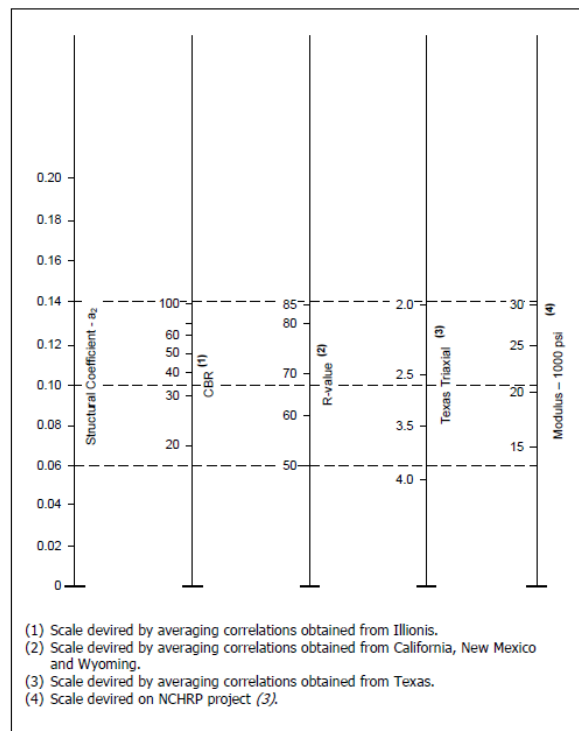




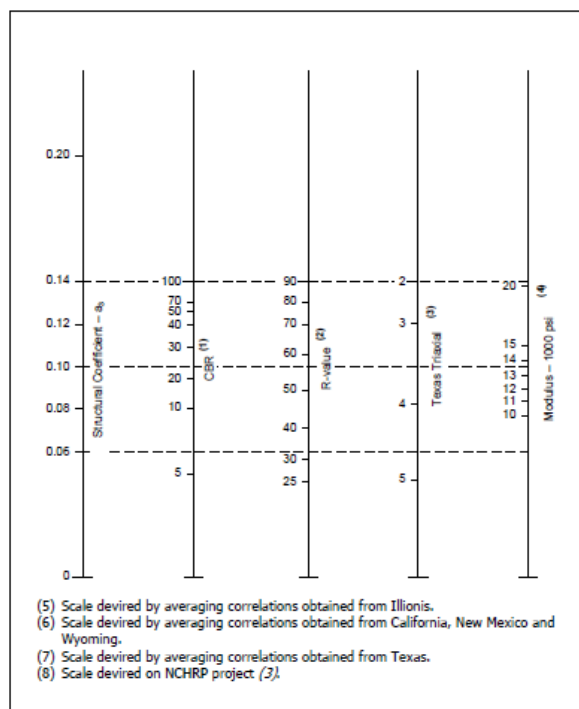
Gambar 2. 11. Nomogram Penentuan Nilai SN dengan metode AASHTO 1993



Gambar 2. 12. Koefisien Kekuatan Relatif a1 untuk beton aspal



Gambar 2. 13. Koefisien Kekuatan Relatif  $a_2$



Gambar 2. 14. Koefisien Kekuatan Relatif  $a_3$

## 2.2.7. Drainase Jalan

### 2.2.7.1. Aspek Hidrologi

#### 1. Analisis Hidrologi

Analisis hidrologi untuk suatu daerah dapat dihitung dengan metode rata-rata aljabar, cara ini adalah perhitungan rata-rata secara aljabar curah hujan di dalam dan disekitar daerah bersangkutan.

$$R = 1/n(R_1 + R_2 + \dots + R_n) \dots\dots\dots(2.11)$$

Keterangan :

R = Curah hujan daerah

n = jumlah titik atau pos pengamatan

R<sub>1</sub>,R<sub>2</sub>,.....R<sub>n</sub> = Curah hujan ditiap titik pengamatan

#### 2. Analisis Frekuensi

Tujuan analisis frekuensi data hidrologi berkaitan dengan besaran peristiwa-peristiwa ekstrim yang berkaitan dengan frekuensi kejadiannya melalui penerapan distribusi kemungkinan.

Analisis frekuensi ini didasarkan pada sifat statistik data kejadian yang telah lalu untuk memperoleh probabilitas besaran hujan di masa yang akan datang dengan anggapan bahwa sifat statistik kejadian hujan di masa akan datang akan masih sama dengan sifat statistik kejadian hujan masa lalu.

Tabel 2. 15. Syarat Pemilihan Jenis Distribusi

Jenis Sebaran	Syarat
Log Normal	$Cs = 3 Cv + Cv^2 = 0.159$
	$Cv = 0.06$
Log Pearson Tipe III	$Cs \neq 0$
	$Cv = 0.3$
Gumble	$Cs = 1.139$
	$Ck = 5.4$
Normal	$Cs = 0$
	$Ck = 3$

Sumber SNI 2015-2016 debit banjir rencana

- Distribusi Gumble

$$X_T = \bar{X} + \left[ \frac{Y_{Tr} - Y_n}{S_n} \right] \times STDEV \dots\dots\dots(2.12)$$

$$X_T = \bar{X} + (K) \times STDEV \dots\dots\dots(2.13)$$

$$Y_{Tr} = - \ln \left[ \ln \frac{T_r}{T_r - 1} \right] \dots\dots\dots(2.14)$$

Keterangan :

$X_T$  = CH/intensitas hujan pada periode  $T_r$

$Y_{tr}$  = factor Ln dari  $T_r$

$Y_n$  = reduce mean factor

$S_n$  = reduce standard deviation

$S$  = Standard deviation

$T_r$  = tahun ulangan (2 tahun, 5 tahun dst)

Tabel 2. 16. Nilai Yn

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,4952	0,4996	0,5035	0,507	0,51	0,5128	0,5157	0,5181	0,5202	0,522
20	0,5225	0,5252	0,5268	0,5283	0,5296	0,5309	0,532	0,5332	0,5343	0,5353
30	0,5362	0,5371	0,538	0,5388	0,5402	0,5402	0,541	0,5418	0,5424	0,5432
40	0,5436	0,5422	0,5448	0,5453	0,5463	0,5463	0,5468	0,5473	0,5477	0,5481
50	0,5485	0,5489	0,5493	0,5497	0,5504	0,5504	0,5508	0,5511	0,5519	0,5518
60	0,5521	0,5534	0,5527	0,553	0,5535	0,5535	0,5538	0,554	0,5543	0,5545
70	0,5548	0,5552	0,5555	0,5555	0,5561	0,5559	0,5561	0,5563	0,5565	0,5567
80	0,5569	0,557	0,5572	0,5574	0,558	0,5578	0,558	0,5581	0,5583	0,5585
90	0,5586	0,5587	0,5589	0,5591	0,5595	0,5593	0,5595	0,5596	0,5598	0,5599

Sumber : Desain Drainase Dan Bangunan Pelengkap

Tabel 2. 17. Nilai Sn

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,9496	0,9676	0,9833	0,9971	1,0095	1,0206	1,0316	1,0411	1,0493	1,0565
20	0,0628	1,0696	1,0696	1,0811	1,0864	1,0915	1,0961	1,1004	1,1047	1,1086
30	0,1124	1,1159	1,1159	1,1226	1,1255	1,1285	1,1313	1,1339	1,1363	1,1388
40	0,1413	1,1436	1,1436	1,148	1,1499	1,1519	1,1538	1,1557	1,1574	1,159
50	0,1607	1,1623	1,1623	1,1658	1,1667	1,1681	1,1696	1,1708	1,1721	1,1734
60	0,1747	1,1759	1,1759	1,1782	1,1793	1,1803	1,1814	1,1824	1,1834	1,1844
70	0,1859	1,1866	1,1863	1,1881	1,189	1,1898	1,1906	1,1915	1,1923	1,193
80	0,1938	1,1945	1,1945	1,1959	1,1967	1,1973	1,198	1,1987	1,1994	1,2001
90	0,2007	1,2013	1,202	1,2026	1,2032	1,2038	1,2044	1,2049	1,2055	1,206

Sumber : Desain Drainase Dan Bangunan Pelengkap

- Distribusi Normal

$$X_T = \bar{X} + K_T \cdot STDEV \dots\dots\dots(2.15)$$

Keterangan :

$X_T$  = Perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang T

$\bar{X}$  = Nilai rata-rata hitung variant

STDEV = Deviasi standar nilai variant

KT = Faktor frekuensi, merupakan fungsi dari peluang atau periode ulang dan tipe model matematik distribusi peluang yang digunakan untuk analisis peluang. Nilai faktor frekuensi dapat dilihat pada table Reduksi Gauss

Tabel 2. 18. Nilai Reduksi Gauss

Periode Ulang	Peluang	k
1.001	0.999	-3.05
1.005	0.995	-2.58
1.010	0.990	-2.33
1.050	0.952	-1.64
1.110	0.901	-1.28
1.250	0.800	-0.84
1.330	0.752	-0.67
1.430	0.699	-0.52
1.670	0.599	-0.25
2.000	0.500	0
2.500	0.400	0.25
3.330	0.300	0.52
4.000	0.250	0.67
5.000	0.200	0.84
10.000	0.100	1.28
20.000	0.050	1.64
50.000	0.020	2.05
100.000	0.010	2.33
200.000	0.005	2.58
500.000	0.002	2.88
1,000.000	0.001	3.09

- Distribusi Log Pearson Tipe III

$$\log(X_T) = \overline{\log(X)} + K \cdot STDEV \dots\dots\dots(2.16)$$

$$X_T = 10^{(\overline{\log(X)} + K \cdot STDEV)} \dots\dots\dots(2.17)$$

Keterangan :

$X_T$  = CH/intensitas hujan pada  $T_r$

$K$  = Variabel standar bergantung  $C_s$  dan  $G$

$STDEV$  = Standard deviation

$T_r$  = tahun ulangan (2 tahun, 5 tahun dst )

Tabel 2. 19. Distribusi Log Pearson III untuk Koefisien Kemencengan (Cs)

Koefisien	Waktu Balik (Tahun)														
	1.01	1.05	1.11	1.25	1.667	2	2.5	5	10	20	25	50	100	200	1000
	Peluang (%)														
Cs	99	95	90	80	60	50	40	20	10	5	4	2	1	0.5	0.1
3.0	-0.667	-0.665	-0.660	-0.636	-0.4760	-0.396	-0.1240	0.420	1.180	2.0950	2.278	3.152	4.051	4.970	7.250
2.5	-0.799	-0.790	-0.771	-0.711	-0.4770	-0.360	-0.0673	0.518	1.250	2.0933	2.262	3.048	3.845	4.652	6.600
2.2	-0.905	-0.882	-0.844	-0.752	-0.4707	-0.330	-0.0287	0.574	1.284	2.0807	2.240	2.970	3.705	4.444	6.200
2.0	-0.990	-0.949	-0.895	-0.777	-0.4637	-0.307	-0.0017	0.609	1.302	2.0662	2.219	2.912	3.605	4.298	5.910
1.8	-1.087	-1.020	-0.945	-0.799	-0.4543	-0.282	0.0263	0.643	1.318	2.0472	2.193	2.848	3.499	4.147	5.660
1.6	-1.197	-1.093	-0.994	-0.817	-0.4417	-0.254	0.0557	0.675	1.329	2.0240	2.163	2.780	3.388	3.990	5.390
1.4	-1.318	-1.168	-1.041	-0.832	-0.4273	-0.225	0.0850	0.705	1.337	1.9962	2.128	2.706	3.271	3.828	5.110
1.2	-1.449	-1.243	-1.086	-0.844	-0.4113	-0.195	0.1140	0.732	1.340	1.9625	2.087	2.626	3.149	3.661	4.820
1.0	-1.588	-1.317	-1.128	-0.852	-0.3933	-0.164	0.1433	0.758	1.340	1.9258	2.043	2.542	3.022	3.489	4.540
0.9	-1.660	-1.353	-1.147	-0.854	-0.3833	-0.148	0.1577	0.769	1.339	1.9048	2.018	2.498	2.957	3.401	4.395
0.8	-1.733	-1.388	-1.116	-0.856	-0.3733	-0.132	0.1720	0.780	1.336	1.8877	1.998	2.453	2.891	3.312	4.250
0.7	-1.806	-1.423	-1.183	-0.857	-0.3630	-0.116	0.1860	0.790	1.333	1.8613	1.967	2.407	2.824	3.223	4.105
0.6	-1.880	-1.458	-1.200	-0.857	-0.3517	-0.099	0.2007	0.800	1.328	1.8372	1.939	2.359	2.755	3.132	3.960
0.5	-1.955	-1.491	-1.216	-0.856	-0.3407	-0.083	0.2140	0.808	1.323	1.8122	1.910	2.311	2.686	3.041	3.815
0.4	-2.029	-1.524	-1.231	-0.855	-0.3290	-0.066	0.2280	0.816	1.317	1.7862	1.880	2.261	2.615	2.949	3.670
0.3	-2.104	-1.555	-1.245	-0.853	-0.3177	-0.050	0.2413	0.824	1.309	1.7590	1.849	2.211	2.544	2.856	3.525
0.2	-2.178	-1.586	-1.258	-0.850	-0.3053	-0.033	0.2547	0.830	1.301	1.7318	1.818	2.159	2.472	2.763	3.380
0.1	-2.252	-1.616	-1.270	-0.846	-0.2933	-0.017	0.2673	0.836	1.292	1.7028	1.785	2.107	2.400	2.670	3.235
0.0	-2.326	-1.645	-1.282	-0.842	-0.2807	0.000	0.2807	0.842	1.282	1.6728	1.751	2.054	2.326	2.576	3.090
-0.1	-2.400	-1.673	-1.292	-0.836	-0.2673	0.017	0.2900	0.836	1.270	1.6417	1.716	2.000	2.252	2.482	2.950
-0.2	-2.472	-1.700	-1.301	-0.830	-0.2547	0.033	0.3053	0.850	1.258	1.6097	1.680	1.945	2.178	2.388	2.810
-0.3	-2.544	-1.726	-1.309	-0.824	-0.2413	0.050	0.3177	0.853	1.245	1.5767	1.643	1.890	2.104	2.294	2.675
-0.4	-2.615	-1.750	-1.317	-0.816	-0.2280	0.066	0.3290	0.855	1.231	1.5435	1.606	1.834	2.029	2.201	2.540
-0.5	-2.686	-1.774	-1.323	-0.808	-0.2140	0.083	0.3407	0.856	1.216	1.5085	1.567	1.777	1.955	2.108	2.400
-0.6	-2.755	-1.797	-1.328	-0.800	-0.2007	0.099	0.3517	0.857	1.200	1.4733	1.528	1.720	1.880	2.016	2.275
-0.7	-2.824	-1.819	-1.333	-0.790	-0.1860	0.116	0.3630	0.857	1.183	1.4372	1.488	1.663	1.806	1.926	2.150
-0.8	-2.891	-1.839	-1.336	-0.780	-0.1720	0.132	0.3733	0.856	1.166	1.4010	1.448	1.606	1.733	1.837	2.035
-0.9	-2.957	-1.858	-1.339	-0.769	-0.1577	0.148	0.3833	0.854	1.147	1.3637	1.407	1.549	1.660	1.749	1.910
-1.0	-3.022	-1.877	-1.340	-0.758	-0.1433	0.164	0.3933	0.852	1.128	1.3263	1.366	1.492	1.588	1.664	1.800
-1.2	-3.149	-1.910	-1.340	-0.732	-0.1140	0.195	0.4113	0.844	1.086	1.2493	1.282	1.379	1.449	1.501	1.625
-1.4	-3.271	-1.938	-1.337	-0.705	-0.0850	0.225	0.4273	0.832	1.041	1.1718	1.198	1.270	1.318	1.351	1.465
-1.6	-3.388	-1.962	-1.329	-0.675	-0.0557	0.254	0.4417	0.817	0.994	1.0957	1.116	1.166	1.197	1.216	1.280
-1.8	-3.499	-1.981	-1.318	-0.643	-0.0263	0.282	0.4543	0.799	0.945	1.0200	1.035	1.069	1.087	1.097	1.130
-2.0	-3.605	-1.996	-1.302	-0.600	0.0047	0.307	0.4637	0.777	0.895	0.9483	0.959	0.980	0.990	0.995	1.000
-2.2	-3.705	-2.006	-1.284	-0.574	0.0287	0.330	0.4707	0.752	0.844	0.8807	0.888	0.900	0.905	0.907	0.910
-2.5	-3.845	-2.012	-1.250	-0.518	0.0673	0.360	0.4770	0.711	0.771	0.7893	0.793	0.798	0.799	0.800	0.802
-3.0	-4.051	-2.003	-1.180	-0.420	0.1240	0.396	0.4760	0.636	0.660	0.6650	0.666	0.666	0.667	0.667	0.668

Dikutip dari ir. CD. Soemarto, B.I.E. Dipl. HE / Hidrologi Teknik

• Distribusi Log Normal

$$\log(X_T) = \overline{\log(X)} + K \cdot STDEV \dots\dots\dots(2.18)$$

$$X_T = 10^{(\overline{\log(X)}+K \cdot STDEV)} \dots\dots\dots(2.19)$$

Keterangan :

XT = CH/intensitas hujan pada Tr

K = Varaibel reduksi Gauss

STDEV = Standard deviation

Tr = tahun ulangan (2 tahun, 5 tahun dst)

### 3. Pengujian Kecocokan Fungsi Distribusi (*goodness of fit*)

Kecocokan dalam pemilihan fungsi distribusi diuji dengan uji kecocokan menggunakan metode pengujian dan dengan *confidence interval* (tingkat interval kepercayaan) tertentu dapat menggunakan Metode Chi-Square dan Metode Kolmogorov-Smirnov

- Uji Chi-Square

$$X^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(O_f - E_f)^2}{E_f} \dots\dots\dots(2.20)$$

$$K = 1 + 3,322 \times \text{Log}(n) \dots\dots\dots(2.21)$$

$$Dk = K - (p + 1) \dots\dots\dots(2.22)$$

Keterangan :

$X^2$  : Parameter Chi-Kuadrat terhitung.

$E_f$  : Frekuensi yang diharapkan sesuai dengan pembagian kelasnya.

$O_f$  : Frekuensi yang diamati pada kelas yang sama.

$N$  : Jumlah sub kelompok.

$Dk$  : Derajat kebebasan.

$P$  : Banyaknya parameter, untuk uji Chi-Kuadrat adalah 2.

$K$  : Jumlah kelas distribusi.

$N$  : Banyaknya data



$X^2_{terhitung} < X^2_{kritis}$  , berarti metode distribusi yang diperiksa dapat diterima.

- Kolmogorov-Smirnov

$$\Delta = \text{maksimum} | P_{teoritis} - P_{empiris} | \dots\dots\dots(2.23)$$

Apabila nilai  $\Delta < \Delta_{kritis}$  sesuai harga kritis uji Kolmogorov-Smirnov seperti

Tabel 2.21 maka distribusi teoritisnya dapat diterima

Perhitungan probabilitas dengan rumus Weibul

$$P = \frac{m}{n+1} 100\% \dots\dots\dots(2.24)$$

P = probabilitas (%)

m = nomor urut data dari seri data yang telah disusun

n = banyak data.

Tabel 2. 20. Harga Kritis Chi-Square

dk	$\alpha$ derajat kepercayaan							
	0,995	0,99	0,975	0,95	0,05	0,025	0,01	0,005
1	0,0000393	0,000157	0,000982	0,00393	3,841	5,024	6,635	7,879
2	0,0100	0,0201	0,0506	0,103	5,991	7,378	9,210	10,597
3	0,0717	0,115	0,216	0,352	7,815	9,348	11,345	12,838
4	0,207	0,297	0,484	0,711	9,488	11,143	13,277	14,860
5	0,412	0,554	0,831	1,145	11,070	12,832	15,086	16,750
6	0,676	0,872	1,237	1,635	12,592	14,449	16,812	18,548
7	0,989	1,239	1,690	2,167	14,067	16,013	18,475	20,278
8	1,344	1,646	2,180	2,733	15,507	17,535	20,090	21,955
9	1,735	2,088	2,700	3,325	16,919	19,023	21,666	23,589
10	2,156	2,558	3,247	3,940	18,307	20,483	23,209	25,188
11	2,603	3,053	3,816	4,575	19,675	21,920	24,725	26,757
12	3,074	3,571	4,404	5,226	21,026	23,337	26,217	28,300
13	3,565	4,107	5,009	5,892	22,362	24,736	27,388	29,819
14	4,075	4,660	5,629	6,571	23,685	26,119	29,141	31,319
15	4,601	5,229	6,262	7,261	24,996	27,448	30,578	32,801
16	5,142	5,812	6,908	7,962	26,296	28,845	32,000	34,267
17	5,697	6,408	7,564	8,672	27,587	30,191	33,409	35,718
18	6,265	7,015	8,231	9,390	28,869	31,526	34,805	37,156
19	6,844	7,633	8,907	10,117	30,114	32,852	36,191	38,582
20	7,434	8,260	9,591	10,851	31,410	34,170	37,566	39,997
21	8,034	8,897	10,283	11,591	32,671	35,479	38,932	41,401
22	8,643	9,542	10,982	12,338	33,924	36,781	40,289	42,796
23	9,260	10,196	11,689	13,091	36,172	38,076	41,638	44,181
24	9,886	10,856	12,401	13,848	36,415	39,364	42,980	45,558
25	10,520	11,524	13,120	14,611	37,652	40,646	44,314	46,928
26	11,160	12,198	13,844	15,379	38,885	41,923	45,642	48,290
27	11,808	12,879	14,573	16,151	40,113	43,194	46,963	49,645
28	12,461	13,565	15,308	16,928	41,337	44,461	48,278	50,993
29	13,121	14,256	16,047	17,708	42,557	45,722	49,588	52,336
30	13,787	14,953	16,791	18,493	43,733	46,979	50,892	53,672

Sumber: Soewarno (1995)

Tabel 2. 21. Harga Kritis Kolmogorov Smirnov

n	α			
	0,20	0,10	0,05	0,01
5	0,45	0,51	0,56	0,67
10	0,32	0,37	0,41	0,49
15	0,27	0,30	0,34	0,40
20	0,23	0,26	0,29	0,36
25	0,21	0,24	0,27	0,32
30	0,19	0,22	0,24	0,29
35	0,18	0,20	0,23	0,27
40	0,17	0,19	0,21	0,25
45	0,16	0,18	0,20	0,24
50	0,15	0,17	0,19	0,23
> 50	$\frac{1,07}{\sqrt{n}}$	$\frac{1,22}{\sqrt{n}}$	$\frac{1,36}{\sqrt{n}}$	$\frac{1,63}{\sqrt{n}}$

Sumber SNI 2015-2016 debit banjir rencana

4. Intensitas Hujan

Intensitas curah hujan adalah ketinggian curah hujan yang terjadi pada suatu kurun waktu dimana air tersebut berkonsentrasi. Intensitas curah hujan (‘) mempunyai satuan mm/jam, berarti tinggi air persatuan waktu, misalnya mm dalam kurun waktu menit, jam, atau hari.

Menentukan Intensitas Hujan dengan Menggunakan Metode mononbe Rumus ini digunakan apabila data hujan jangka pendek tidak tersedia, yang ada hanya data hujan harian. Rumus ini dihasilkan di Jepang.

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left( \frac{24}{t} \right)^{\frac{2}{3}} \dots\dots\dots(2.25)$$

Keterangan :

I = intensitas hujan (mm/jam)

t = lamanya hujan (jam)

R24 = curah hujan maksimum harian (mm)

## 5. Debit Puncak Aliran

Metode rasional praktis, Metode ini dapat menggambarkan hubungan antara debit limpasan dengan besar curah hujan secara praktis berlaku untuk luas DAS hingga 5.000 hektar.

$$Q_r = \frac{1}{36} C \cdot I \cdot A \dots\dots\dots(2.26)$$

Keterangan:

$Q_r$  = debit puncak aliran (m<sup>3</sup>/s);

$C$  = koefisien limpasan;

$I$  = intensitas hujan selama waktu konsentrasi (mm/jam);

$A$  = luas daerah aliran (km<sup>2</sup>).

## 6. Koefisien Pengaliran (C)

Bila daerah pengaliran terdiri dari beberapa tipe kondisi permukaan yang mempunyai nilai C berbeda, harga C rata-rata ditentukan dengan persamaan :

$$C = \frac{C_1.A_1+C_2.A_2+C_3.A_3+\dots+C_n.A_n}{A_1+A_2+A_3+\dots+A_n} \dots\dots\dots(2.27)$$

Keterangan:

$A_1, A_2, A_3$  = Luas daerah pengaliran yang diperhitungkan sesuai dengan kondisi permukaan

$C_1, C_2, C_3$  = Koefisien pengaliran yang sesuai dengan tipe kondisi permukaan

Tabel 2. 22. Harga koefisien pengaliran (C) dan harga faktor limpasan

No	Kondisi Permukaan Tanah	Koefisien Pengaliran ( C )	Faktor Limpasan (fk)
	bahan		
1	jalan beton & jalan aspal	0.70 - 0.95	
No	Kondisi Permukaan Tanah	Koefisien Pengaliran ( C )	Faktor Limpasan (fk)
2	jalan kerikil & jalan tanah	0.40 - 0.70	
3	bahu jalan :		
	tanah berbutir halus	0.40 - 0.65	
	tanah berbutir kasar	0.10 - 0.20	
	batuan masif keras	0.70 - 0.85	
	batuan masif lunak	0.60 - 0.75	
	tata guna lahan		
1	daerah perkotaan	0.70 - 0.95	2
2	daerah pinggir kota	0.60 - 0.70	1.5
3	daerah industri	0.60 - 0.90	1.2
4	permukiman padat	0.40 - 0.60	2
5	permukiman tidak padat	0.40 - 0.60	1.5
6	taman dan kebun	0.20 - 0.40	0.2
7	persawahan	0.45 - 0.60	0.5
8	perbukitan	0.70 - 0.80	0.4
9	pegunungan	0.75 - 0.90	0.3

*Sumber Pd.T-02-2006-B*

### 7. Menentukan Waktu Konsentrasi (Tc)

$$T_c = t_1 + t_2 \dots\dots\dots (2.28)$$

$$t_1 = (2/3 \cdot 3,28 \cdot L_0 \frac{nd}{\sqrt{S}})^{0,167} \dots\dots\dots (2.29)$$

$$t_2 = \frac{L}{60 \cdot V} \dots\dots\dots (2.30)$$

dengan :

- Tc = Waktu konsentrasi (menit)
- t<sub>1</sub> = Waktu inlet (menit)
- t<sub>2</sub> = Waktu aliran (menit)
- Lo = Jarak dari titik terjauh kefasilitas drainase (m)
- S = Kemiringan daerah pengaliran
- L = Panjang saluran
- V = Kecepatan air rata-rata diselokan (m/dt)
- Nd = Koefisien hambatan

Tabel 2. 23. Kecepatan Aliran Air yang Diizinkan Berdasarkan Jenis Material

No	Jenis bahan	Kecepatan aliran yang diizinkan (m/dt)
1	Pasir halus	0,45
2	Lempung kepasiran	0,5
3	Lanau alivial	0,6
4	Kerikil halus	0,75
5	Lempung kokoh	0,75
6	Lempung padat	1,1
7	Kerikil kasar	1,2
8	Batu-batu besar	1,5
9	Pasangan batu	1,5
10	Beton	1,5
11	Beton betulang	1,5

*Sumber : Desain Drainase dan Bangunan Pelengkap*

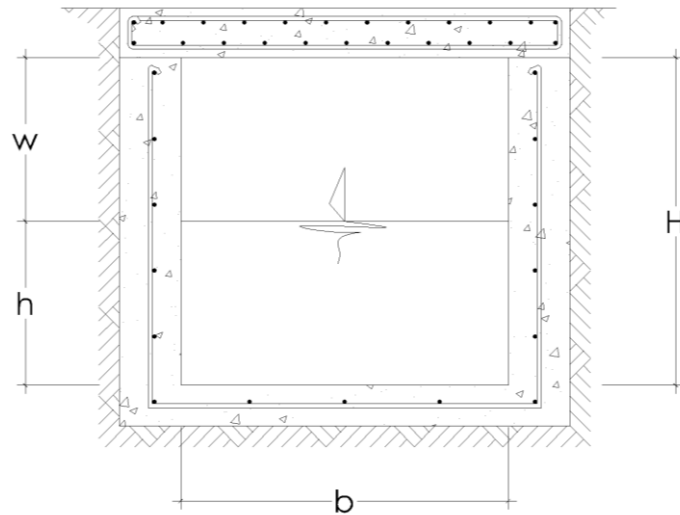
Tabel 2. 24. Hubungan Kondisi Permukaan dengan Koefisien Hambatan

No	Kondisi lapisan permukaan	Nd
1	Lapisan semen dan aspal beton	0,013
2	Permukaan licin dan kedap air	0,02
3	Permukaan licin dan kokoh	0,1
4	Tanah dengan rumput tipis dan gundul dengan permukaan sedikit kasar	0,2
5	Padang rumput dan rerumputan	0,4
6	Hutan gundul	0,6
7	Hutan rimbun dan hutan gundul rapat dengan hamparan rumput jarang sampai rapat	0,8

*Sumber : Desain Drainase dan Bangunan Pelengkap*

### 2.2.7.2. Aspek Hidraulika

1. Menentukan dimensi saluran.



Gambar 2. 15. Gambar Detail Saluran

Rumus:

$$A = (bxh) \dots\dots\dots (2.31)$$

$$P = b+2h \dots\dots\dots (2.32)$$

$$H = h + w \dots\dots\dots (2.33)$$

$$R = \frac{A}{P} \dots\dots\dots (2.34)$$

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2} \dots\dots\dots (2.35)$$

$$w = \sqrt{0,5 \cdot h} \dots\dots\dots (2.36)$$

dengan :

$$Q = \text{Debit aliran (m}^3/\text{dt)}$$

- A = Luas penampang basah ( $m^2$ )
- P = Keliling basah (m)
- R = Jari-jari hidrolis (m)
- V = Kecepatan aliran (m/dt)
- n = Koefisien kekasaran manning
- I = Kemiringan saluran yang diijinkan
- w = Tinggi jagaan

Tabel 2. 25. Hubungan Kemiringan Selokan Samping (i) dan Jarak Pematah Arus (L)

i (%)	6%	7%	8%	9%	10%
L (m)	16 m	10 m	8 m	7 m	6 m

Sumber : *Desain Drainase Dan Bangunan Pelengkap*