

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terdahulu

Berdasarkan penelitian dari Muhamad Nauval Araka, Gerson Simbolan, Bagus Hario Setiadji, Supriyono (2015) yang berjudul “ Analisis Perbandingan Perencanaan Tebal Perkerasan Jalan Lentur Menggunakan Metode BinaMarga (StudiKasus RuasJalan Piringsurat BatasKedu Timur)”. Hasilpenelitian dengan metode bina marga 2002 didapatkan total tebal perkerasan sebesar 55 cm, pada peraturan bina marga 2013 didapatkan total tebal perkerasan sebesar 94 cm. Dari penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa pada peraturan Bina Marga 2002 tidak memiliki parameter – parameter acuan tertulis yang jelas,namun disediakan parameter-parameter perencanaan yang bisa memberikan kebebasan pada perencana untuk mendesain tebal perkerasan jalan. Sedangkan peraturan Bina Marga 2013 mempunyai parameter desain yang sudah terencana sesuai dengan bagan desain tetapi kurang memberikan kebebasan dalam pemilihan bahan perkerasan pada perencana untuk mendesain perkerasan jalan.

1. Menurut penelitian Pattipeilohy, dkk (2019) yang berjudul Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Pada Ruas Jalan Desa Waisarisa – Kaibobu dalam penelitian ini dilakukan perbandingan antara Metode bIna Marga 2017 dan Metode Bina Marga 2013. Dari hasil perhitungan metode Bina Marga 2017 didapatkan total tebal perekerasan sebesar 50 cm dengan

CBR tanah dasar 14,5% dan beban kumulatif kendaraan sebesar 10.0218,316 CESA. Sedangkan hasil dari metode Bina Marga 2013 total tebal perkerasan sebesar 44 cm dengan CBR tanah dasar 14,39% dan beban komulatif kendaraan sebesar 50.098,373 CESA. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa beban komulatif dan CBR tanah dasar mempengaruhi desain tebal perkerasan, hal ini dikarenakan volume lalu lintas pada metode Manual Perkerasan Jalan 2017 selain didasarkan oleh survey awal *factual* juga diproyeksikan kedepan sepanjang umur rencana. Pada metode Manual Desain Perkerasan 2013 nilai karakteristik CBR ditetapkan berdasarkan asumsi, bahwa data CBR untuk segmen yang seragam terdistribusi secara normal, sedangkan pada metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2017 penentuan CBR karakteristik diurikan berdasarkan asumsi distribusi normal dengan probabilitas dan metode persentil yang sebelum ini lajim digunakan perencana untuk mendesain perkerasan jalan di Indonesia.

2. Pradami, dkk. (2016) meneliti tentang Analisis perencanaan tebal perkerasan lentur menggunakan metode Pd-T-01-2002-B, Metode manual desain perkerasan (MDP) dan metode Nottingham Pada Ruas Jalan I Gusti Ngurah Rai Palu. Metode Bina Marga Pd-T-01-2002-B, didapatkan total tebal perkerasan sebesar 59 cm dengan LHR sebesar 16.072.047,021 CESA, sedangkan pada Metode Manual Desain Perkerasan 2013 didapatkan total tebal perkerasan sebesar 63 cm dengan LHR sebesar 231.301.030.144 CESA. Hasil penelitian tersebut

menunjukkan bahwa parameter desain yang mempengaruhi dalam perencanaan perkerasan jalan adalah beban sumbu kumulatif kendaraan dari lalu lintas harian rata-rata. Meskipun volume lalu lintas yang digunakan sama Pada Ruas Jalan I Gusti Ngurah Rai palu untuk memprediksi LHR dengan umur rencana 20 tahun memperoleh hasil beban kumulatif kendaraan yang berbeda-beda, hal ini dikarenakan angka ekivalen kendaraan dan rumus yang digunakan berbeda.

2.2 Perkerasan Jalan

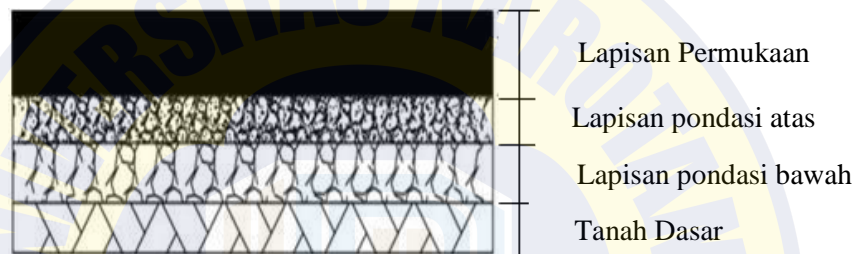
Perkerasan jalan merupakan campuran dari agregat dengan bahan pengikat yang digunakan dalam melayani beban lalu lintas kendaraan. Agregat yang digunakan adalah batu pecah ataupun batu belah sedangkan bahan pengikat yang digunakan berupa aspal, semen, maupun tanah liat.

Menurut Sukirman (1999) menyatakan bahwa perkerasan jalan menurut bahan pengikatnya dibedakan menjadi tiga jenis sebagai berikut:

- Kontruksi perkerasan lentur (flexible pavement) merupakan perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikatnya. Pada konstruksi perkerasan lentur ini terdapat lapisan–lapisan yang bersifat menerima dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar.
- Kontruksi perkerasan kaku (rigid pavement) merupakan jenis perkerasan yang menggunakan lapisan beton baik dengan tulangan maupun tidak menggunakan tulangan dimana diletakkan diatas tanah dasar ataupun tanpa lapis pondasi bawah. Pada perkerasaan ini slab beton juga memikul

beban roda, sehingga kualitas beton sangat menentukan kualitas pada perkerasan kaku.

- Konstruksi perkerasan komposit (composite pavement) merupakan kombinasi antara perkerasan kaku dengan perkerasan lentur. Peletakan perkerasan kaku dapat diletakkan diatas perkerasan lentur atau sebaliknya.
- 8 2.3 Perkerasan Lentur (Flexible Pavement) Menurut Sukirman (1999) Perkerasan Lentur (flexible pavement)



Gambar : 2.1 Susunan Lapis Perkerasan Lentur

2.2.1 Lapisan Tanah Dasar

Lapisan tanah dasar merupakan tanah asli, tanah galian atau tanah timbunan yang didapatkan dari tempat lain yang di padatkan atau tanah yang sudah distabilisasi oleh kapur atau bahan lainnya. Tebalnya lapisan tanah dasar berkisar antar 50 – 100 cm. Fungsi utamanya adalah sebagai tempat perletakkan lapisan–lapisan perkerasan jalan diatasnya.



Gambar 2.2 Jenis tanah dasar ditinjau dari muka tanah asli

2.2.2 Lapisan Pondasi Bawah

Lapisan perkerasan yang terletak diantara lapisan tanah dasar dan lapisan pondasi atas. Adapun fungsi dari lapis pondasi bawah sebagaiberikut:

- a. Sebagai bagian dari konstruksi perkerasan untuk menyebarkan beban roda ke tanah dasar. Lapisan ini harus mempunyai CBR 20% dan $IP \leq 10\%$
- b. Sebagai bagian dari struktur perkerasan untuk mendukung menyebarkan beban kendaraan
- c. Sebagai lapisan pertama agar pelaksanaan pembangunan jalan berjalan lancar
- d. Untuk mencegah material tanah dasar masuk kedalam lapis pondasi
- e. Untuk lapisan drainase (bila didalam komponen perkerasan terdapat air, misalnya air hujan masuk melalui retakan)

2.2.3 Lapis Pondasi Atas

Lapisan yang terletak diantara lapisan pondasi bawah dan lapisan permukaan. Material yang digunakan untuk lapisan pondasi atas ialah batu pecah, kerikil pecah, dan stasbilisasi tanah dengan semen atau kapur dengan CBR > 50% dan $IP < 4\%$. Adapun fungsi dari lapisan pondasi atas sebagai berikut:

- a. Sebagai bagian perkerasan yang menahan gaya lintangdari beban roda kendaraan dan menyebarkan beban ke lapisan dibawahnya.
- b. Sebagai lapis peresapan untuk lapisan pondasi bawah.

- c. Sebagai bantalan untuk lapisan permukaan.

2.2.4 Lapisan Permukaan

Lapisan yang terletak paling atas dari konstruksi perkerasan jalan. Bahan untuk lapisan permukaan umumnya sama dengan bahan untuk lapispondasi, dan bahan pengikat yang digunakan untuk lapisan permukaan menggunakan aspal untuk menghasilkan lapisan yang kedap air dengan stabilitas yang tinggi dan tahan lama. Adapun fungsi dari lapis permukaan sebagai berikut:

- a. Sebagai lapis perkerasan untuk menahan beban roda selama umur pelayanan.
- b. Sebagai lapis kedap air untuk melindungi permukaan jalan agar tidak terjadi kerusakan akibat cuaca.
- c. Sebagai lapis aus (*wearing course*) atau lapisan penutup untuk menerima gesekan dari rem kendaraan.
- d. Sebagai lapis yang menyebarkan beban ke lapisan yang di bawahnya.
- e. Mempunyai kekasaran atau tahanan terhadap penggelinciran.

2.3. Parameter Perencanaan Desain Lapisan Perkerasan Lentur

Pada proses perencanaan tebal perkerasan jalan lentur ada beberapa hal yang perlu diperhatikan serta dapat mempengaruhi hasil perencanaan struktur perkerasan jalan antara lain sebagai berikut:

2.3.1 Fungsi Jalan

Klasifikasi fungsional jalan di Indonesia berdasarkan peraturan

perundangan UU No. 22 tahun 2009 dapat dibedakan atas:

- a. Jalan Arteri Primer, adalah jalan yang menghubungkan antar pusat kegiatan nasional, antara pusat kegiatan wilayah dengan kegiatan nasional. Didesain lebar jalan paling sedikit 11 m dan kecepatan rencana paling bawah 60km/jam.
- b. Jalan Arteri Sekunder, adalah jalan yang menghubungkan kawasan sekunder dengan kawasan primer kesatu, atau kawasan sekunder kesatu dengan kawasan sekunder kesatu, atau kawasan sekunder kedua dengan kawasan sekunder kesatu. Didesain lebar jalan paling sedikit 11 m dan kecepatan rencana paling bawah 30km/jam.
- c. Jalan Lokal Primer adalah jalan yang menghubungkan pusat kegiatan nasional dengan pusat kegiatan lingkungan, antar pusat kegiatan lokal, pusat kegiatan lokal dengan pusat kegiatan lingkungan, atau pusat kegiatan wilayah dengan pusat kegiatan lingkungan, serta antar pusat kegiatan lingkungan. Didesain dengan lebar jalan 7,5 m dan kecepatan rencana paling bawah 20 km / jam.
- d. Jalan lokal sekunder adalah jalan yang menghubungkan area sekunder pertama dengan perumahan, area sekunder kedua dengan perumahan, area sekunder ketiga dan seterusnya sampai ke perumahan. Didesain dengan lebar jalan 7.5 m dan kecepatan rencana paling bawah 10 km / jam.
- e. Jalan Kolektor Primer adalah jalan yang menghubungkan pusat aktivitas wilayah dengan pusat aktivitas lokal, antara pusat aktivitas

nasional dengan pusat aktivitas lokal, atau antara pusat aktivitas wilayah. Didesain dengan lebar jalan 9 m dan kecepatan rencana paling rendah 40km/jam.

- f. Jalan Kolektor Sekunder adalah jalan yang menghubungkan area sekunder kedua dengan area sekunder ketiga atau area sekunder kedua dengan area sekunder kedua. Didesain dengan kecepatan rencana 20km/jam dengan lebar jalan 9m. Jalan Kolektor Sekunder adalah jalan yang menghubungkan antara lahan dalam kawasan perkotaan. Didesain dengan lebar jalan 6,5 m dengan kecepatan rencana 10km/jam.
- h. Jalan Lingkungan Primer adalah jalan yang menggabungkan antar pusat kegiatan didalam kawasan pedesaan dan jalan didalam lingkungan kawasan pedesaan. Didesain dengan kecepatan rencana 15 km / jam dengan lebar jalan 6.5 m.

2.3.2 Umur Rencana Jalan

Dalam perencanaan perkerasan lentur jalan baru umumnya diambil umur rencana jalan 20 tahun dengan elemen perkerasan menggunakan lapisan aspal dan berbutir.









2.3.3 Beban Lalu Lintas

Beban yang terjadi pada lalu lintas adalah beban dinamis yang secara terus berulang terjadi selama masa umur pelayanan jalan. Biasanya beban lalu lintas di pengaruhi oleh beberapa faktor sebagai berikut:

- a. Data lalu lintas meliputi lalu lintas harian rata – rata pada setiap

jeniskendaraan.

- b. Konfigurasi kendaraan berdasarkan sumbu dan jumlah roda yang dimiliki pada kendaraan, dapat dilihat pada Gambar 2.3

KONFIGURASI SUMBU & TIPE	BERAT KOSONG (ton)	BEBAN MUATAN MAKSIMUM (ton)	BERAT TOTAL MAKSIMUM (ton)	UE 18 KSAL KOSONG	UE 18 KSAL MAKSIMUM	
1,1 HP	1,5	0,5	2,0	0,0001	0,0005	
1,2 BUS	3	6	9	0,0037	0,3006	
1,2L TRUK	2,3	6	8,3	0,0013	0,2174	
1,2H TRUK	4,2	14	18,2	0,0143	5,0264	
1,22 TRUK	5	20	25	0,0044	2,7416	
1,2+2,2 TRAILER	6,4	25	31,4	0,0085	3,9083	
1,2-2 TRAILER	6,2	20	26,2	0,0192	6,1179	
1,2-2,2 TRAILER	10	32	42	0,0327	10,1830	

Gambar 2.3 Konfigurasi Beban Sumbu

- c. Faktor pertumbuhan lalu lintas didasarkan pada data – data pertumbuhan historis atau formulasi korelasi dengan faktor pertumbuhan lain yang berlaku (Bina Marga, 2017). Bila tidak ada data tersebut maka dapat menggunakan perkiraan faktor pertumbuhan lalu lintas (2015-2035) yang dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2.1 Faktor Lajur Pertumbuhan Lalu Lintas

	Jawa	Sumatra	Kalimantan	Rata-Rata Indonesia
Arteri dan Perkotaan	4,8	4,83	5,14	4,75
Kolektor Rural	3,5	3,5	3,5	3,5
Jalan Desa	1	1	1	1

Sumber: Bina Marga (2017)

2.3.4 Daya Dukung Tanah Dasar

Parameter yang digunakan dalam petunjuk mutu daya dukung tanah dasar adalah *Californi Bearing Ratio* (CBR), modulus resilent (Mr), penetrometer konus dinamis (*Dynamic Cone Penotrometer*), atau modulus reaksi tanah dasar. Pemilihan parameter tanah yang digunakan disesuaikan dengan kondisi tanah dasar yang akan direncana dengan metode perkerasan jalan lentur yang dipilih.

2.4 Metode Analisa Komponen SKBI1987

Perhitungan tebal perkerasan dengan cara Bina Marga ini mrnggunakan AASHTO' revisi 1981 sebagai sumbernya yang telah disesuaikan dengan kondisi lingkungan, alam, sifat tanah, dan jenis lapis yang dipergunakan di Indonesia dan merupakan penyempurnaan dari pedoman Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya No.01/PD/B/1983

2.4.1 Lalu Lintas

1. Jumlah Lajur dan Koefisien Distribusi Kendaraan (C)

Jumlah lajur ditentukan dari lebar perkerasan perencanaan jalan menurut

Tabel 2.2 dan Koefisien desitribusi kendaraan (C) untuk kendaraan ringan dan kendaraan berat yang melewati pada jalur rencana jalan ditentukan menurut tabel berikut :

Tabel 2.2 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

Sumber:SKBI 2.3 26.1987 (1987)

Tabel 2.3 Koefisien Distribusi Kendaraan (C)

Jumlah Lajur	Kendaraan Ringan*)		Kendaraan Berat **)	
	1 Arah	2 Arah	1 Arah	2 Arah
1 Jalur	1,00	1,00	1,00	1,000
2 Jalur	0,60	0,50	0,70	0,500
3 Jalur	0,40	0,40	0,50	0,475
4 Jalur	-	0,30	-	0,450
5 Jalur	-	0,25	-	0,425
6 Jalur``	-	0,20	-	0,400

Sumber:SKBI 2.3 26.1987 (1987)

2. Angka Ekuivalen Beban Sumbu

Angka Ekuivalen (E) masing-masing golongan beban sumbu (setiap kendaraan) dapat dilihat pada Tabel 2.4 dan juga dapat menggunakan persamaan 2.1 dan 2.2.

$$E_{\text{sumbu tunggal}} = \left(\frac{\text{Beban satu sumbu tunggal dalam kg}}{8160} \right)^4 \dots\dots\dots(2.1)$$

$$E_{\text{sumbu tunggal}} = \left(\frac{\text{Beban satu sumbu ganda dalam kg}}{8160} \right)^4 \dots\dots\dots(2.2)$$

Tabel 2.4 Angka Ekuivalen (E)

Beban Sumbu		Angka Ekuivalen	
Kg	Lb	Sumbu Tunggal	Sumbu Ganda
1000	2205	0,0002	-
2000	4409	0,0036	0,0003
3000	6614	0,0183	0,0018
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	1000	0,0860
9000	19841	1,4798	0,1237
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

Sumber:SKBI 2.3 26.1987 (1987)

3. Beban Lalu Lintas

a) Lalu Lintas Harian Rata-Rata (LHR)

Setiap jenis kendaraan ditentukan pada awal umur rencana, yang dihitung dua arah pada jalan tanpa median ataupun masing-masing arah pada jalan dengan median.

b) Lintas Ekuivalen Permulaan (LEP) dihitung menggunakan rumus

sebagai berikut :

$$\sum_{j=1}^n LHR_{jx} C_{jx} E_j \dots \dots \dots (2.3)$$

Dimana :

j = Jenis Kendaraan

C_j = Koefisien Distribusi Kendaraan

E_j = Angka Ekwivalen

LHR_j = Lalu Lintas Harian Rata-rata

- c) Lintas Ekwivalen Akhir (LEA) dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$LEA = \sum_{j=1}^n LHR_j (1 + i)^{UR} \times C_j \times E_j \dots \dots \dots (2.4)$$

Dimana :

i = Perkembangan Lalu Lintas

UR = Umur Rencana

- d) Lintas Ekwivalen Tengah (LET) dihitung menggunakan Persamaan sebagai berikut:

$$LET = \frac{LEP + LEA}{2} \dots \dots \dots (2.5)$$

- d) Lintas Ekwivalen Tengah (LET) dihtitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$LET = \frac{LEP + LEA}{2} \dots \dots \dots (2.6)$$

- e) Lintas Ekwivalen Rencana (LER) dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$LER = LET \times FP \dots \dots \dots (2.7)$$

$$FP = \frac{UR}{10} \dots \dots \dots (2.8)$$

Dimana :

FP = Faktor Penyesuaian

UR = Umur Rencana

2.4.2 Pengertian CBR

CBR atau *California Bearing Ratio* merupakan sebuah perbandingan antara beban penetrasi dari suatu lapisan tanah atau perkerasan terhadap bahan standar yang dilakukan dengan kedalaman serta kecepatan penetrasi yang juga sama.

Percobaan CBR ini dapat dilakukan dengan 2 cara, yaitu :

- Percobaan CBR terendam (Soaked)
- Percobaan CBR tak terendam (Unsoaked)

Fungsi dari dilakukannya pengujian CBR adalah untuk menentukan berapa nilai CBR, yang juga untuk menentukan nilai CBR pada material tanah, campuran tanah, agregat dan agregat yang dipadatkan dengan kadar air yang sesuai dan telah ditentukan di laboratorium.

Kegunaan pengujian CBR ini adalah untuk mengevaluasi potensi kekuatan material pada lapisan tanah dasar, pondasi bawah dan juga pondasi yang ada di material yang telah didaur ulang untuk lapangan terbang atau untuk perkerasan jalan.

2.4.3 Penentuan Daya Dukung Tanah Dasar (DDT) dan harga *California Ratio(CBR)*

Daya dukung tanah dasar (DDT) berdasarkan grafik korelasi antara CBR dan DDT (Gambar 2.5). Yang dimaksud dengan harga CBR disini adalah harga CBR laboratorium atau lapangan.

Harga yang mewakili dari sejumlah harga CBR yang dilaporkan untuk menentukan daya dukung tanah pada satu segmen jalan dapat ditentukan dengan 2 cara yaitu dengan cara analisis dan cara grafis.

1) Secara analisis prosesnya adalah sebagai berikut:

a) Menentukan nilai R yang bergantung pada jumlah data titik pengamatan dalam satu segmen jalan. Besarnya Nilai R dapat dilihat dalam **tabel 2.5**

b) Menghitung CBRsegmen dengan rumus sebagai berikut:

$$CBR_{\text{segmen}} = CBR_{\text{rata-rata}} - (CBR_{\text{maks}} - CBR_{\text{min}}) / R \dots \dots \dots (2.9)$$

Tabel 2.5 Nilai R CBR Segmen

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, Silvia (1992)

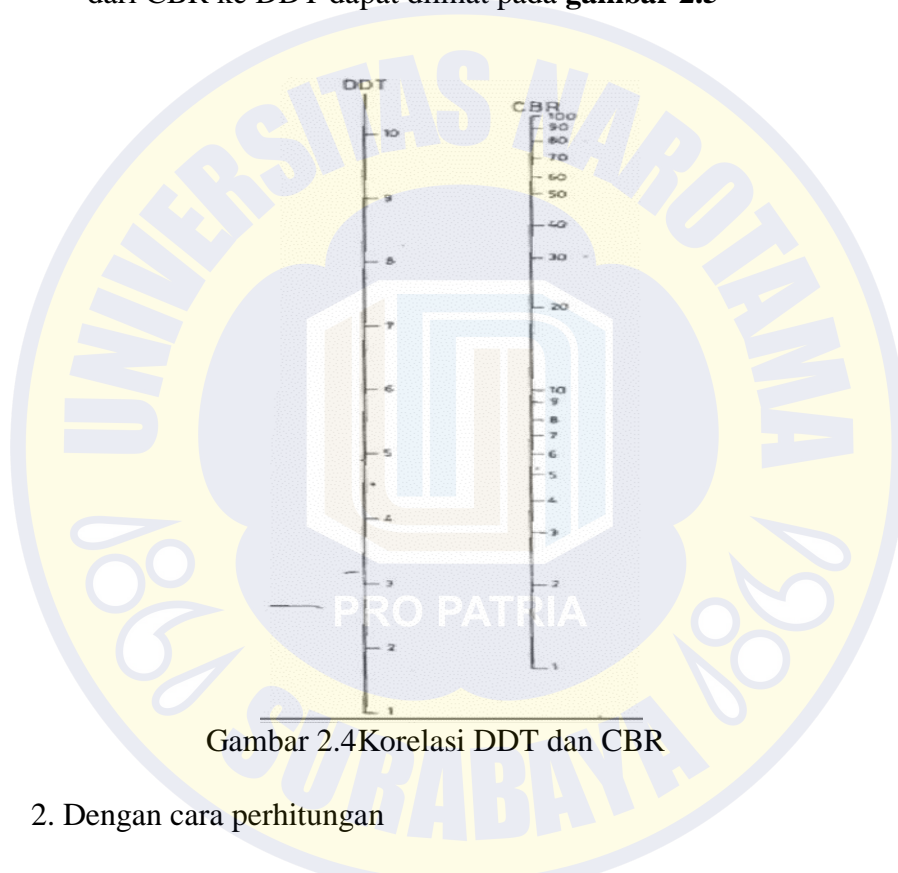
2) Secara grafis prosedurnya adalah sebagai berikut :

- a) Menentukan harga CBR terendah.
- b) Tentukan berapa banyak harga dari masing-masing nilai CBR yang sama atau lebih besar dari masing-masing nilai CBR.
- c) Angka jumlah terbanyak dinyatakan sebagai 100% jumlah lainnya merupakan presentase dari 100%
- d) Dibuat grafik hubungan antara harga CBR dan presentase jumlah

tadi.

e) Nilai CBR yang mewakili adalah yang di dapat dari angka presentase 90%. Dari hasil pemeriksaan data CBR, dapat menentukan nilai DDT dengan cara berikut :

1. Gambar korelasi antara CBR dan DDT dengan menarik garis lurus dari CBR ke DDT dapat dilihat pada **gambar 2.5**



Gambar 2.4 Korelasi DDT dan CBR

2. Dengan cara perhitungan

$$DDT = (4,3 \times \log (CBR)) + 1,7 \dots \dots \dots (2.10)$$

2.4.4 Faktor Regional

Faktor Regional (FR) adalah keadaan kondisi lapnagan yang mencakup bentuk alinyemen (tikungan dan kendalian), presentase kendaraan berat yang berhenti dan iklim cuaca (curah hujan) sebagai berikut:

Tabel 2.6 Faktor Regional (FR)

	Kelandaian I (<6%)		Kelandaian II (6-10%)		Kelandaian III >10%)	
	% Kendaraan Berat		% Kendaraan Berat		% Kendaraan Berat	
	≤30%	>30%	≤30%	>30%	≤30%	>30%
Iklm I <900mm/thn	0,5	1,0 – 1,5	1,0	1,5 – 2,0	1,5	2,0 – 2,5
Iklm II >900mm/thn	1,5	2,0 – 2,5	2,0	2,5 – 3,0	2,5	3,0 – 3,5

Sumber:SKBI 2.3 26.1987 (1987)

2.4.5 Indeks Permukaan (Ip)

Indeks Permukaan ini menyatakan nilai daripada kerataan atau kehalusan dan kelolahan dari permukaan yang bertalian dengan tingkat pelayan bagi lalu lintas yang lewat.

Adapun beberapa nilai IP dan artinya adalah yang seperti tersebut dibawah ini :

IP = 1,0 : adalah menyatakan permukaan jalan dalam keadaan rusak berat sehingga sangat mengganggu lalu lintas kendaraan.

IP = 1,5 : adalah tingkat pelayanan terendah yang masih mungkin (jalan tidak terputus).

IP = 2,0 : adalah tingkat pelayanan terendah bagi jalan yang masih mantap.

IP = 2,5 : adalah menyatakan permukaan jalan yang masih cukup stabil dan baik.

Dalam menentukan indeks permukaan pada akhir umur rencana, perlu dilihat faktor fungsional jalan dan jumlah lintas ekivalen rencana, dapat dilihat pada **Tabel 2.7**

Tabel 2.7 Indeks Permukaan Pada Akhir Umur Rencana (Ipt)

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

Sumber:SKBI 2.3 26.1987 (1987)

*) LER dalam satuan angka ekivalen 8,16ton beban sumbu tunggal

Catatan : Pada Proyek-proyek Penunjang jalan, JAPAT/ jalan murah atau jalan darurat maka Ipo diambil 1,0

Sedangkan dalam menentukan indeks permukaan pada awal umur rencana (IP_0), perlu diperhatikan jenis perkerasan permukaan jalan, dapat dilihat pada **Tabel 2.8**

Tabel 2.8 Indeks Permukaan awal Umur Rencana (IP_0)

Jenis Perkerasan	(IP_0)	Roughness*) (mm/km)
LASTON	≥ 4	≤ 1000
	3,9 – 3,5	> 1000
LASBUTAG	3,5 – 3,9	≤ 2000
	3,4 – 3,0	> 2000
HRA	3,9 – 3,5	≤ 2000
	3,4 – 3,0	>2000
BURDA	3,9 - 3,5	< 2000
BURTO	3,4 – 3,0	< 2000
LAPEN	3,4 – 3,0	≤ 3000
	2,9 – 2,5	>3000
LATASBUM	2,9 – 2,5	
BURAS	2,9 – 2,5	
LATASIR	2,9 – 2,5	
JALAN TANAH	$\leq 2,4$	

Sumber:SKBI 2.3 26.1987 (1987)

2.4.6 Koefisien Kekuatan Relatif

Koefisien kekuatan relatif (a) masing-masing bahan dan kegunaannya sebagai lapis permukaan, pondasi atas, dan pondasi bawah ditentukan secara korelasi sesuai dengan nilai *marshall test* (untuk bahan

drngan aspal), kuat tekan (untuk bahan yang distabilisasi dengan semen atau kapiur) dan CBR (untuk bahan lapis pondasiu bawah).

Tabel 2.9 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	-	-	
0,32	-	-	454	-	-	
0,30	-	-	340	-	-	Laston
0,35	-	-	744	-	-	Lasbutag
0,31	-	-	590	-	-	
0,28	-	-	454	-	-	
0,26	-	-	340	-	-	
0,30	-	-	340	-	-	Hot Rolled Asphalt
0,26	-	-	340	-	-	Asphalt Macadam
0,25	-	-	-	-	-	Lapen (Mekanis)
0,20	-	-	-	-	-	Lapen (Manual)
-	0,28	-	590	-	-	Laston Atas
-	0,26	-	454	-	-	
-	0,24	-	340	-	-	
-	0,23	-	-	-	-	Laston Atas
-	0,19	-	-	-	-	Lapen (Mekanis)

Sumber:SKBI 2.3 26.1987 (1987)

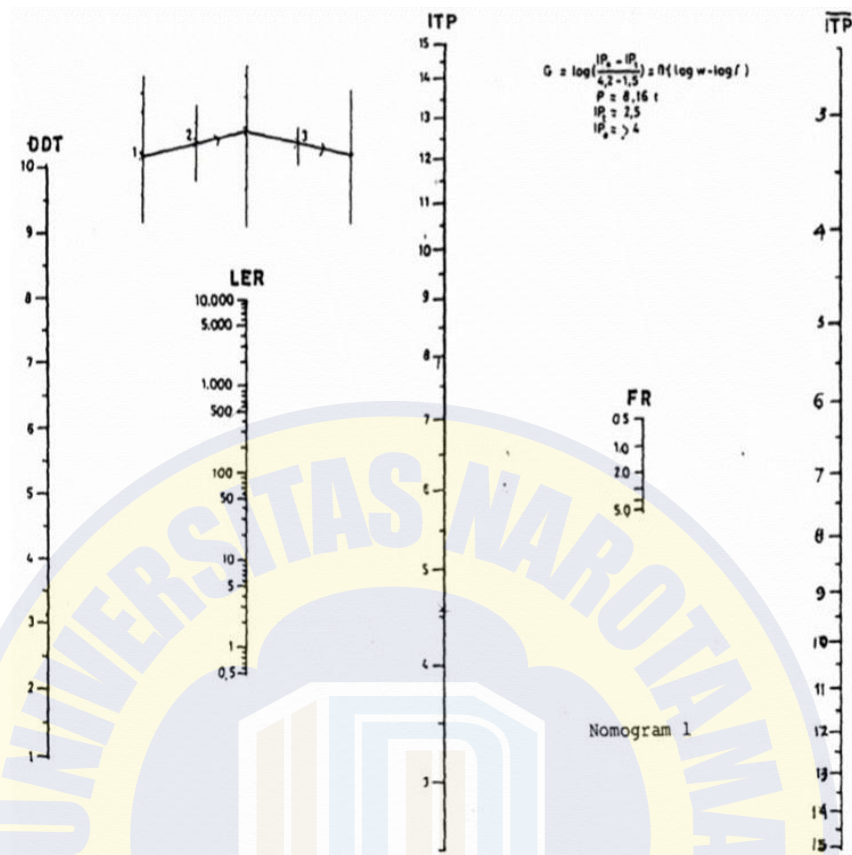
Lanjutan **Tabel 2.9** Koefisien Kekuatan Relatif (a)

-	0,15	-	-	22	-	Lapen (Manual)
-	0,13	-	-	18	-	Stabilitas Tanah Semen
-	0,15	-	-	22	-	Stabilitas Tanah Kapur
-	0,13	-	-	18	-	
-	0,14	-	-	-	100	Batu Pecah (Kelas A)
-	0,13	-	-	-	80	Pecah (Kelas B)
-	0,12	-	-	-	60	Pecah (Kelas C)
-	-	0,13	-	-	70	Sirtu /Pitum(Kelas A)
-	-	0,12	-	-	50	Sirtu /Pitum(Kelas B)
-	-	0,11	-	-	30	Sirtu /Pitum(Kelas C)
-	-	0,10	-	-	20	Tanah Lempung Kepasiran

Sumber:SKBI 2.3 26.1987 (1987)

2.4.7 Indeks Tebal Perkerasan

Indeks Tebal Perkerasan (ITP) didapatkan dengan cara menarik garis pada grafik nomogram, pemilihan nomogram ditentukan dari hasil masing – masing nilai IPO dan IPT. Dimana nantinya nilai DDT dan LER serta FR saling berpengaruh. Berikut langkah – langkah ITP menggunakan cara Nomogram.



Gambar 2.5 contoh nomogram

Sumber: SKBI 2.3 26.1987 (1987)

- Terdapat 9 macam nomogram yang terlampir pada SKBI – 2.3.26.1987, Pemilihan nomogram bergantung pada nilai indeks permukaan awal dan indeks permukaan akhir.
- Menentukan titik nilai DDT yang sudah didapatkan dari korelasi CBR dengan DDT.
- Menentukan titik nilai LER
- Kemudian Tarik garis lurus dari 2 titik DDT dan LER ke garis ITP
- Tentukan titik nilai FR yang telah didapatkan.
- Dari titik ITP yang didapat, disambungkan ke titik garis FR hingga

mengenai garis ITP.

Selama menggunakan nomogram ITP juga dapat ditentukan dengan persamaan dibawah ini :

$$\log_{10}(W_{18}) = ZR \times S_o + 9,36 \times \log_{10}(ITP+1) - 0,20 + \cos \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta IP}{IP_o - IP_f} \right]}{\frac{1094}{(IPT+1)^{5,19}}} + 2,32 \times \log_{10} MR - 8,07 \dots \dots \dots (2.11)$$

Dimana:

ZR = Deviasi Normal Standar

S_o = Gabungan Standar Error Untuk Perkiraan Lalu Lintas dan Kinerja Lalu Lintas

ΔIP = Perbedaan antara I_{po} dan I_{pt}

I_{po} = Indeks Permukaan awal umur rencana

I_{pt} = Indeks Permukaan Akhir Umur Rencana

I_{pf} = Indeks Permukaan Jalan Hancur (minimum 1.5)

2.4.8 Batas – Batas minimum Tebal Lapis Perkerasan (D)

Syarat tebal minimum setiap lapisan perkerasan dan material yang digunakan untuk untuk setiap nilai ITP dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 2.10 Tebal Minimum Lapis Permukaan (D10)

ITP	Tebal Minimum (cm)	Bahan
<3	5	Lapisan 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

Sumber:SKBI 2.3 26.1987 (1987)

Tabel 2.11 Tebal Minimum Lapis Pondasi Atas (D2)

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

Sumber:SKBI 2.3 26.1987 (1987)

Tabel 2.12 Tebal Minimum Lapis Pondasi Bawah (D3)

Untuk Setiap ITP Jika Menggunakan Pondasi Bawah, Maka Tebal Minimum Adalah 10 cm
--

Sumber:SKBI 2.3 26.1987 (1987)

2.4.9 Analisa Komponen Perkerasan

Perhitungan perencanaan perkerasan ini didasarkan pada kekuatan relative masing – masing lapisan perkerasan jangka panjang, dimana penentuan tebal perkerasan dinyatakan oleh ITP dengan rumus berikut :

$$ITP = (a_1 \times D_1) + (a_2 \times D_2) + (a_3 \times D_3) \dots \dots \dots (2,12)$$

Dimana :

ITP = Indexs Tebal Perkerasan

a_1, a_2, a_3 = koefisien kekuatan relative bahan

D_1, D_2, D_3 = tebal masing – masing lapis perkerasan (cm)

2.5 Manual Pakerasan Jalan 2017

Manual Desain Perkerasan Jalan 2017 merupakan pelengkap dan revisi dari pedoman Manual Desain Perkerasan Jalan 2013 dan menggunakan perkerasan Pt T- 01-2002-B dan Pd T-14-2003 sebagai sumbernya dengan penajaman pada aspek – aspek berikut: penentuan umur rencana, *discounted lifecycle cost* yang rendah, pelaksanaan kosntruksi yang praktis, dan efisiensi dalam penggunaan material.

2.5.1 Pertumbuhan Lalu Lintas (i)

Pertumbuhan lalu lintas didasarkan oleh data – data lalu lintas sebelumnya. Apabila tidak ada data lalu lintas terdahulu maka faktor

pertumbuhan lalu lintas dapat menggunakan Tabel 2.13 sebagai nilai minimum dapat digunakan (2015- 2035).

Tabel 2.13 Faktor Lajur Pertumbuha Lalu Lintas (%)

	Jawa	Sumatra	Kalimantan	Rata-Rata Indonesia
Arteri dan Perkotaan	4,8	4,83	5,14	4,75
Kolektor Rural	3,5	3,5	3,5	3,5
Jalan Desa	1	1	1	1

Sumber: Bina Marga (2017)

Pertumbuhan lalu lintas selama umur rencana dihitung menggunakan

Persamaan 2.21 berikut:

$$R = \frac{1+0,01 UR-1}{0,01i} \dots\dots\dots(2.13)$$

Dimana:

R = Faktor Pengaruh pertumbuhan lalu lintas komulatif

I = Laju pertumbuhan lalu lintas tahunan (%)

UR = Umur Rencana (Tahun)

2.5.2 Lalu Lintas pada Lajur Rencana

Faktor distribusi lajur untuk kendaraan nyaga seperti truk dan bus ditetapkan dalam **Tabel 2.14** beban pada tiap lajur tiak boleh melebihi dari kapasita lajur pada setiap tahun selama umur rencana yang mengacu pada PU No.19/PRT/M2011

Tabel 2.14 Faktor Dstribusi Lajur (D_L)

Jumlah Lajur Seiap Arah	Kendaraan niaga Pada Lajur Desain (% terhadap populasi kendaraan niaga)
1	100
2	80
3	60
4	50

Sumber: bina Marga 2013

2.5.3 Faktor Ekuivalen Beban

Pada desain perkerasan, beban lalu lintas dikonversikan ke beban standar (ESA) dengan menggunakan faktor ekuivalen beban (VDF).

Analisa perkerasan dilakukan berdasarkan jumlah komulatif ESA pada lajur rencana sepanjang umur rencana. Ketentuan cara pengumpulan data dapat dilihat pada **Tabel 2.15**

Tabel 2.15 Ketentuan Cara Pengumpulan Data Beban Lalu Lintas

Spesifikasi Penyediaan Prasarana Jalan	Sumber Data Beban Lalu Lintas
Jalan Bebas Hambatan	1 atau 2
Jalan Raya	1 atau 2 atau 4
Jalan Sedang	1 atau 2 atau 3 atau 4
Jalan Kecil	1 atau 2 atau 3 atau 4
Jalan Kecil	1 atau 2 atau 3 atau 4

Sumber: Bina Marga (2017)

Data beban gandar didapatkan dari:

- Jembatan timbang, timbangan statis atau WIM (survey langsung)
- Studi beban gandar pada jembatan timbang atau WIM yang pernah dilakukan dan diangkat cukup representatif
- Data WIM regional yang dikeluarkan oleh Direktorat Bina Marga

Apabila survey beban gandar tidak memungkinkan yang tidak ada data terdahulu, maka gunakan nilai VDF yang dapat dilihat pada **Tabel 2.16** dan **Tabel 2.17**

Tabel 2.16 Nilai VDF masing – masing jenis kendaraan niaga

JENIS KENDARAAN	SUMATERA				JAWA				KALIMANTAN				SULAWESI				BALI, NUSA TENGGARA, MALUKU			
	BEBAN AKTUAL		NORMAL		BEBAN AKTUAL		NORMAL		BEBAN AKTUAL		NORMAL		BEBAN AKTUAL		NORMAL		BEBAN AKTUAL		NORMAL	
	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5
5B	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
6A	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5
6B	4,5	4,7	3,4	4,5	4,5	4,7	3,4	4,5	4,5	4,7	3,4	4,5	4,5	4,7	3,4	4,5	4,5	4,7	3,4	4,5
7A1	10,1	18,4	5,4	7,4	8,2	14,4	4,7	6,4	9,9	18,3	4,1	5,3	7,2	11,4	4,9	6,7	-	-	-	-
7A2	10,5	20	4,3	5,6	10,2	19	4,3	5,6	9,6	17,7	4,2	5,4	9,4	19,1	3,8	4,8	4,9	9,7	3,9	6
7B1	-	-	-	-	11,8	18,2	9,4	13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7B2	-	-	-	-	13,7	21,8	12,6	17,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7C1	15,9	29,5	9,6	9,6	11	19,8	7,4	9,7	11,7	20,4	7	10,2	13,2	25,5	6,5	8,8	14	11,9	10,2	8
7C2A	19,8	39,0	8,1	8,1	17,7	33	7,6	10,2	8,2	14,7	4	5,2	20,2	42	6,6	8,5	-	-	-	-
7C2B	20,7	42,8	8,0	8,0	13,4	24,2	6,5	8,5	-	-	-	-	17	28,8	9,3	13,5	-	-	-	-
7C3	24,5	51,7	8,0	8,0	18,1	34,4	6,1	7,7	13,5	22,9	9,8	15	28,7	59,6	6,9	8,8	-	-	-	-

Sumber: Bina Marga (2017)

Tabel 2.17 Klasifikasi Kendaraan dan Nilai VDF Standar

Jenis Kendaraan		Uraian	Konfigurasi Sumbu	Muatan ² yang diangkut	Kelompok sumbu	Distribusi tipikal (%)		Faktor Ekuivalen Beban (VDF) (ESA/kendaraan)		
Klasifikasi lama	Alternatif					Semua Kendaraan bermotor	Semua kendaraan bermotor kecuali sepeda motor	VDF ₄ Pangkat ⁴	VDF ₅ Pangkat ⁵	
1	1	Sepeda motor	1.1		2	30,4				
2, 3, 4	2,3,4	Sedan/Angkot/Pickup/s tation wagon	1.1		2	51,7	74,3			
KENDARAAN NIAGA	5 a	5a	Bus kecil	1.2		2	3,5	5,00	0,3	0,2
	5b	5b	Bus besar	1.2		2	0,1	0,20	1,0	1,0
	6a.1	6.1	Truk 2 sumbu – cargoringan	1.1	Muatan umum	2	4,6	6,60	0,3	0,2
	6a.2	6.2	Truk 2 sumbu – ringan	1.2	Tanah, pasir, besi, semen	2			0,8	0,8
	6b1.1	7.1	Truk 2 sumbu – cargo Sedang	1.2	Muatan umum	2	-	-	0,7	0,7
	6b1.2	7.2	Truk 2 sumbu – sedang	1.2	Tanah, pasir, besi, semen	2			1,6	1,7
	6b2.1	8.1	Truk 2 sumbu – berat	1.2	Muatan umum	2	3,8	5,50	0,9	0,8
	6b2.2	8.2	Truk 2 sumbu – berat	1.2	Tanah, pasir, besi, semen	2			7,3	11,2
	7a1	9.1	Truk 3 sumbu – ringan	1.22	Muatan umum	3	3,9	5,60	7,6	11,2
	7a2	9.2	Truk 3 sumbu – sedang	1.22	Tanah, pasir, besi, semen	3			28,1	64,4

Sumber: Bina Marga (2017)

Lanjutan Tabel 2.17 Klasifikasi Kendaraan dan Nilai VDF Standar

7a3	9.3	Truk 3 sumbu – berat	1.1.2	3	0,1	0,10	28,9	62,2
7b	10	Truk 2 sumbu dan truk trailer penarik 2 sumbu	1.2-2.2	4	0,5	0,70	36,9	90,4
7c1	11	Truk 4 sumbu – trailer	1.2-22	4	0,3	0,50	13,6	24,0
7c2.1	12	Truk 5 sumbu – trailer	1.22-22	5	0,7	1,00	19,0	33,2
7c2.2	13	Truk 5 sumbu – trailer	1.2-222	5			30,3	69,7
7c3	14	Truk 6 sumbu – trailer	1.22-222	6	0,3	0,50	41,6	93,7

Sumber: Bina Marga (2017)

2.5.4 Beban Sumbu Standar Kumulatif

Beban sumbu standar komulatif (CAESAL) merupakan jumlah komulatif beban sumbu lalu lintas desain pada lajur desain selama umur rencana yang ditentukan dengan persamaan 2.14

$$ESA_{TH-1} = (\sum LHR_{jk} \times VDF_{jk}) \times 365 \times DD \times DL \times R \dots \dots \dots (2.14)$$

Dimana :

ESATH-1 : Kumulatif lintasan sumbu standar ekivalen pada tahun pertama

LHR_{jk} : Lintas harian rata-rata tahunan untuk tiap jenis kendaraan niaga (satuan kendaraan/hari)

DD : Faktor distribusi arah

DL : Faktor distribusi lajur

CAESAL : Kumulatif beban sumbu standar ekivalen selama umur rencana

R : Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas.

2.5.5 Pemilihan Desai Struktur Perkerasan

Pemiliha jenis perkerasana bervariasi sesuai dengan stimasi lalu lintas, umur rencana dan kondisi pondasi jalan. Selain pemilihan jenis perkerasan, perencanaan harus mempertimbngkan biaya terendah selama umur pelayanan, batasan dan kepraktisan konstruksi. Solusi alternatif pada manual ini harus didasarkan pada biaya umur pelayanan *discounted* terendah.

Tabel 2.18 Pemilihan Jenis Perkerasan

	Bagn Desain	ESA(juta) dalam 20 tahun (pangkat 4 kecuali disebutkan lain)				
		0- 0,5	0,1-4	>4-10	>10-30	>30-200
Perkerasan kaku dengan lalu lintas berat(diatas tanah dengan CBR \geq 2,5%)	4	-	-	2	2	2
Perkerasan kaku dengan lalu lintas rendah (desa dan daerah perkotaan)	4A	-	1,2	-	-	-
AC WC modifikasi atau SMA modifikasi dengan CTB (pangkat ESA 5)	3	-	-	-	2	2
AC dengan CTB (pangkat 5)	3	-	-	-	2	2
AC tebal \geq 100mm dengan lapis fondasi berbutir (pangkat5)	3B	-	-	1,2	2	2
AC atau HRS tipis diatas lapis pondasi berbutir	3A	-	1,2	-	-	-
Burda atau Burtu dengan LPA kelas A atau batuan asli	5	3	3	-	-	-
Lapis Fondasi Soil Cement	6	1	1	-	-	-
Perkerasan tanpa penutup (japat / jalan kerikil)	7	1	-	-	-	-

Sumber: Bina Marga (2017)

2.5.6 Drainase Perkerasan

Drainase bawah permukaan harus memnuhi persyaratan antara lain seluruh lapisan pondasi bawah (*sub-base*) harus dapat mengalirkan air, jika lapisan pondasi bawah lebih dari ketinggian tanah sekitar maka harus dopsang *sub-drain*, jika sub drain tidak tersedia maka dapat menggunakan tabel koefisien “m” atau pada **Tabel 2.19** *sub drain* harus dypsang dengan kemiringan tidak kurang dari 0,5%. Umumnya perencana

harus menghasilkan koefisien drainase “m” \geq 1,0. Apabila kondisi tidak memungkinkan dapat menggunakan koefisien drainase dari pedoman PT. T 0,1-2002-B. Pada metode ini, ditetapkan dengan asumsi drainase berfungsi dengan baik

Tabel 2.19 Koefisien Drainase “m” untuk Tebal Lapisan Berbutir

Kondisi lapangan (digunakan untuk pemilihan nilai m yang sesuai)	nilai "m" untuk design	Detail Tipikal
1. Galian dengan drainase bawah permukaan yang ideal (outlet drainase bawah permukaan selalu di atas muka air banjir)	1.0	
2. Timbunan dengan lapis pondasi bawah menerus sampai bahu jalan (day-lighting) (tidak terkena banjir)	1.0	
3. Timbunan dengan tepi permeabilitas rendah dan lapis pondasi bawah berbentuk kotak.	1.0	
4. Galian pada permukaan tanah atau timbunan tanpa drainase bawah permukaan dan permeabilitas rendah pada pinggir > 500 mm. Gunakan 0,9 jika \leq 500 mm	0.7	
5. Tanah dasar jenuh air secara permanen selama musim hujan dan tidak teralirkan. Tidak ada sistem outlet. Ketentuan lapisan penopang (capping layer) dapat digunakan.	0.4	

Sumber: Bina Marga (2017)

Tabel 2.20 Tinggi minimum tanah dasar diatas muka air tanah dan muka air banjir

Kelas Jalan	Tinggi tanah dasar diatas muka air tanah (mm)	Tinggi tanah dasar diatas mukas air banjir (mm)
Jalan bebas hambatan	1200 (jika ada drainase dibawah permukaan di median)	500 (banjir 50 tahunan)
	1700 (tanpa drainase bawah permukaan di medan)	
Jalan raya	600 (jika ada drainase di median)	
Jalan sedang	600	500 (banjir 10 tahun)
Jalan Kecil	400	na

Sumber: Bina Marga (2017)

2.5.7 CBR Tanah Dasar

Tanah dasar di indonesia umumnya mempunyai nilai CBR 2 – 4% (Bina Marga,2017). Terdapat 2 cara perhitungan untuk CBR karakteristik sebagai berikut :

1). metode distribusi normal standar

Pada metode ini harus mempunyai data yang valid minimum 10 titik.

Data uji persegmen yang seragam.

$$\text{CBR karakteristik} = \text{CBR rata-rata} - fx \text{ deviasi standar} \dots \dots \dots (2.15)$$

F = 1,645 (probabilitas95%) untuk jalan tol atau bebas hambatan

F = 1,282 (probabilitas90%) untuk jalankolektor dan arteri

F = 0,842 (probabilitas80%) untuk jalan lokal dan jalan kecil

Koefisien variasi (CV) maksimum dari data CBR untuk suatu segmen tidak boleh lebih besar dari 25%, dengan toleransi sampai 30%.

2). Metode Persentil

Metode ini menggunakan distribusi data nilai CBR pada segmen seragam yang

terdistribusi secara normal. Nilai persentil ke 'x' dari sebuah data dibagi menjadi dua bagian, yaitu bagian yang mengandung 'x' persen data dan bagian yang mengandung (100-x) persen data. Nilai CBR yang dipilih adalah nilai persentil ke 10.

2.5.8 Desain Fondasi Perkerasan Lentur

Tanah dasar yang normal adalah tanah yang mempunyai nilai CBR in-situ $\geq 2,5\%$ termasuk pada tanah timbunan, tanah galian dan tanah dasar.

Pemilihan perbaikan pada tanah dasar dapat dilihat pada Tabel 2.21 dan di pastikan untuk elevasi permukaan fondasi memenuhi persyaratan **Tabel**

2.21

Tabel 2.21 Bagan 2 : Solusi Desain Pondasi Jalan Minimum³

CBR tanah dasar	Kelas kekuatan tanah dasar	Prosedur desain pondasi	Deskriptif struktur pondasi jalan	Lalu lintas lajur desain umur rencana 40 tahun (juta CESA ₅)		
				< 2	2-4	> 4
≥ 6	SG6	A	Perbaikan tanah dasar meliputi bahan stabilisasi kapur atau timbunan pilihan (pemadatan berlapis ≤ 200 mm tebal lepas)	Tebal minimum peningkatan tanah dasar		
5	SG5			Tidak perlu peningkatan		
4	SG4					100
3	SG3			100	150	200
2,5	SG2,5			150	200	300
				175	250	350

Lanjutan **Tabel 2.21** Bagan 2 : Solusi Desain Pondasi Jalan Minimum³

CBR tanah dasar	Kelas kekuatan tanah dasar	Prosedur desain pondasi	Deskriptif struktur pondasi jalan	Lalu lintas lajur desain umur rencana 40 tahun (juta CESA ₅)		
				< 2	2-4	> 4
				Tebal minimum peningkatan tanah dasar		
Tanah ekspansif (potential swell > 5%)		AE	Lapis penopang (Capping layer) ⁽²⁾⁽⁴⁾	400	500	600
Perkerasan lentur	SG1 aluvial ¹	B	Atau lapis penopang dan geogrid ⁽²⁾⁽⁴⁾	1000	1100	1200
diatas tanah lunak ⁵				650	750	850
Tanah gambut dengan HRS atau perkerasan burda untuk jalan kecil (nilai minimum – peraturan lain digunakan)		D	Lapis penopang Berbutir ⁽²⁾⁽⁴⁾	1000	1250	1500

Sumber: Bina Marga (2013)

2.5.9 Desain Struktur Perkerasan

Desain perkerasan berdasarkan pembebanan dan pertimbangan biaya terkecil dapat dilihat pada Tabel 2.22, Tabel 2.23, Tabel 2.24, dan Tabel 2.25 Untuk solusi lain dapat dipilih menyesuaikan dengan kondisi setempat. Namun dianjurkan untuk tetap menggunakan prosedur desain pada manual ini sebagai langkah awal untuk seluruh desain.

Tabel 2.22 Desain Perkerasan Lentur Opsi Biaya Minimum Dengan CTB

	F1 2	F2	F3	F4	F5
	Untuk lalu lintas dibawah 10 juta ESA5 lihat bagan desain 3 A – 3B dan 3C	Lihat bagan desain 4 untuk alternatif perkerasan kaku			
Repetisi beban sumbu kumulatif 20 tahun pada lajur rencana (10^6 ESA5)	> 10 -30	>30 - 50	> 50 – 100	> 100 - 200	> 200 – 500
Jenis lapis permukaan berpengikat	AC	A C			
Jenis lapis pondasi	Cemen Treated <i>Base</i> (CTB)				
AC Wc	40	40	40	50	50
AC BC ⁴	60	60	60	60	60
AC BC atau AC <i>Base</i>	75	100	125	160	220
CTB ³	15 0	150	150	150	150
Pondasi agregat kelas A	15 0	150	150	150	150

Sumber: Bina Marga (2017)

Tabel 2.23 Desain Perkerasan Lentur dengan HRS

Kumulatif beban sumbu 20 tahun pada lajur rencana (10^6 CESA5)	FF1 < 0,5	$0,5 \leq \text{FF2} \leq 4,0$
Jenis Permukaan	HRS atau penetrasi makadam	HRS
Struktur Perkerasan	Tebal Lapisan (mm)	
HRS WC	50	30
HRS <i>Base</i>	-	35
LFA kelas A	150	250
LFA kelas A atau LFA kelas B atau kerikil alam atau lapis distabilisasi dengan CBR > 10 %	150	125

Sumber: Bina Marga (2017)

Tabel 2.24 Desain Perkerasan Lentur - Aspal dengan lapis Fondasi Berbutir

STRUKTUR PERKERASAN										
	FFF1	FFF2	FFF3	FFF4	FFF5	FFF6	FFF7	FFF8	FFF9	
Solusi yang dipilih lihat catatan 2										
Kumulatif beban sumbu 20 tahun pada lajur rencana (10 pangkat 6 ESA 5)	< 2	≥ 2-4	> 4 - 7	> 7 - 10	> 10 - 20	> 20 - 30	> 30 - 50	> 50 - 100	> 100 - 200	
KETEBALAN PERKERASAN (mm)										
AC WC	40	40	40	40	40	40	40	40	40	
AC BC	60	60	60	60	60	60	60	60	60	
AC Base	0	70	80	105	145	160	180	210	245	
LPA kelas A	400	300	300	300	300	300	300	300	300	
Catatan	1			2			3			

Sumber: Bina Marga (2017)

Tabel 2.25 Penyesuaian Tebal Lapis Fondasi Agregat A untuk Tanah Dasa CBR $\geq 7\%$ (Hanya Untuk Bagan Desain 3B)

	STRUKTUR PERKERASAN								
	FFF1	FFF2	FFF3	FFF4	FFF5	FFF6	FFF7	FFF8	FFF9
Solusi Yang Dipilih Lihat Catatan 2									
Kumulatif beban aumbu 20 tahun pada lajur rencana (10 pangkat 6 ESA	< 2	> 2.4	> 4-7	> 7-10	> 10-20	>20-30	> 30-50	> 50-100	> 100-200
Tebal LFA A (mm) Penyesuaian Terhadap Bagan Desain 3b									
subgrade cbr $\geq 5,5 - 7$	400	300	300	300	300	300	300	300	300
subgrade >7 - 10	330	220	215	210	205	200	200	200	200
subgrade cbr ≥ 10	260	150	150	150	150	150	150	150	150
subgrade cbr ≥ 15	200	150	150	150	150	150	150	150	150

Sumber: Bina Marga (2017)

Manfaat dari **Tabel 2.22** sampai **Tabel 2.25** yaitu untuk mempermudah proses perhitungan struktur perkerasan lentur.

2.6 Simensi Saluran

Pengaruh air pada perkerasan jalan akibat penetrasi air hujan melalui retak – reak, sambungan, permukaan perkerasan. Pengaruh air yang terperangkap didalam struktur perkerasan jalan antara lain :

- Pemeilihan jenis material selokan samping umumnya ditentukan Air menurunkan kekuatan material butiranlepas
- Air menyebabkan peyedotan (pumping) pada perkerasan yang dapat menyebabkan retakan dankerusakan
- Kontak dengan air yang menerus dapat menyebabkan penelanjangan campuran aspal dan daya tahakeretakan

Oleh besarnya kecepatan rencana aliran air yang akan melewati selokan samping.

Tabel 2.26 Kecepatan aliran air yang diizinkan berdasarkan jenis material

Jenis Bahan	Kecepatan Aliran Yang Diizinkan (m/detik)
Pasir Halus	0,45
Lempung Kepasiran	0,50
Lanau Aluvial	0,60
Kerikil Halus	0,75
Lempung Kokoh	0,75
Lempung Padat	1,10
Kerikil Kasar	1,20
Batu – Batu Besar	1,50
Pasangan Batu	1,50
Beton	1,50
Beton Bertulang	1,50

Sumber : Petunjuk desain drainase permukaan jalan No.008/T/BNKT/1990, Bina Marga

Kecepatan aliran air ditentukan oleh sifat hidrolis penampang saluran. Salah satunya adalah kemiringan saluran, pada tabel 2.27 dapat dilihat hubungan antara kemiringan selokan samping dan tipe material yang digunakan.

Tabel 2.27 Hubungan kemiringan selokan samping (i) dan jenis material

JENIS Material	kemiringan selokan samping (%)
Pasir Halus	0 – 5
Tanah Asli	
Napal Kepasiran	
Lanau Aluvial	
Kerikil Halus	
Lempung Kokoh	5 – 10
Lempung Padat	
Kerikil Kasar	
Batu – Batu Besar	10
Pasangan Batu	
Beton	
Beton Bertulang	

Sumber : Petunjuk desain drainase permukaan jalan No.008/T/BNKT/1990, Bina Marga

Tabel 2.28 Hubungan kondisi permukaan dengan koefisien hambatan

Kondisi lapisan permukaan	nd
Lapis semen dan aspal beton	0,0013
Permukaan licin dan kedap air	0,020
Permukaan licin dan kotor	0,010
Tanah dengan rumput tipis dan gundul Dengan permukaan sedikit kasar	0,20
Padang rumput dan rerumputan	0,40
Hutan gundul	0,60
Hutan rimbun dan hutan gundul rapat Dengan hamparan rumput jarang sampai Rapat	0,80

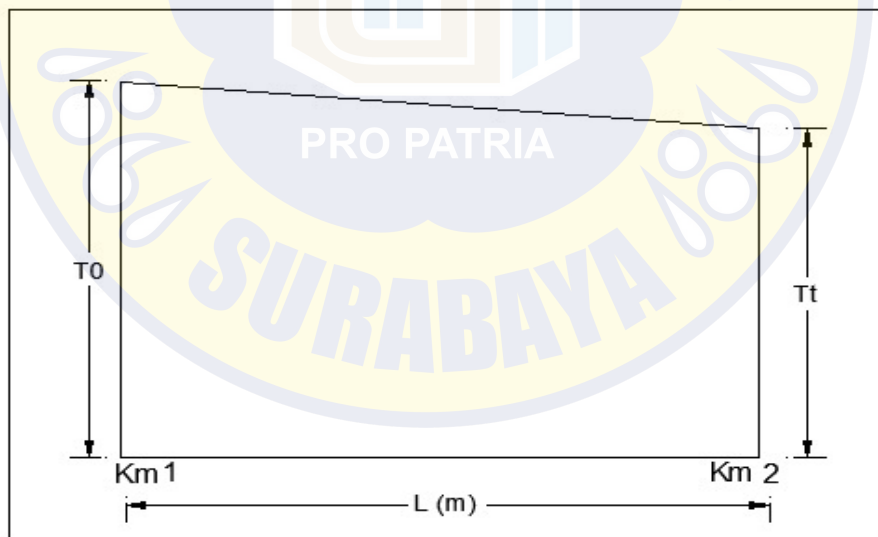
Sumber : Petunjuk desain drainase permukaan jalan No.008/T/BNKT/1990, Bina Marga

Tabel 2.29 Hubungan kondisi permukaan tanah dan koefisien pengaliran (c)

kondisi permukaan tanah	koefisien pengaliran (c)
jalan beton dan aspal	0,70 - 0,95
jalan kerikil dan jalan tanah	0,40 - 0,70
Bahu jalan <ul style="list-style-type: none"> • Tanah berbutir halus • Tanah berbutir kasar • Batuan masif keras • Batuan masif lunak 	0,40 - 0,70 0,10 - 0,20 0,70 - 0,85 0,60 - 0,75
Daerah perkotaan	0,70 - 0,95
Daerah pinggir kota	0,60 - 0,70
Daerah industri	0,60 - 0,90
Pemukiman padat	0,40 - 0,60
Pemukiman tidak padat	0,20 - 0,40
Taman dan kebun	0,45 - 0,60
Persawahan	0,70 - 0,80
Perbukitan	0,70 - 0,90
Pegunungan	

Sumber : Sistem drainase perkotaan. Dr. Ir. Suripin. M. Eng

Kemiringan Saluran (i)



Gambar 2.6 Kemiringan Saluran

Kemiringan tanah ditempat dibuatnya saluran ditentukan dari hasil pengukuran dilapangan dapat dihitung dengan rumus :

$$\Delta i = \frac{t_1 - t_2}{L} \times 100\% \dots \dots \dots (2.16)$$

Dimana :

i = kemiringan saluran

t1 = tinggi tanah dibagian yang tertinggi (m)

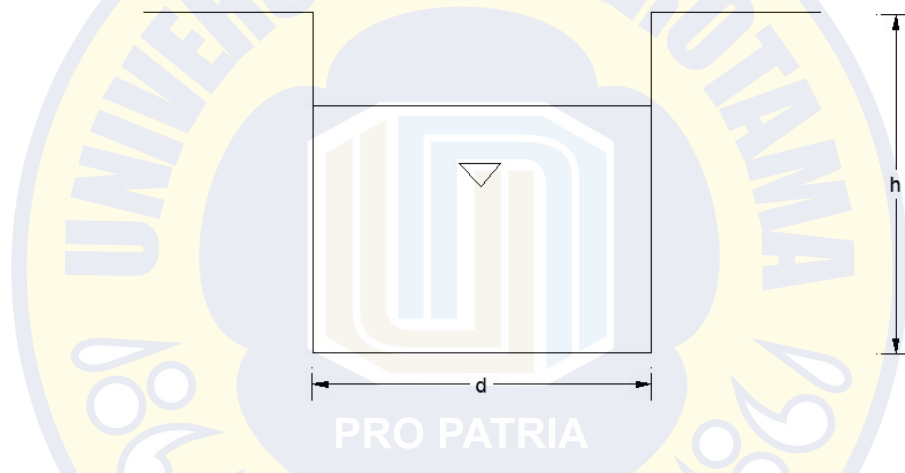
t2 = tinggi tanah dibagian yang rendah (m)

L = panjang saluran

Tabel 2.30 kemiringan saluran memanjang

Jenis Material	Kemiringan Material (i%)
Tanah Asli	0 – 5
Kerikil	5 – 7.5
Pasangan	7,5

Sumber: Petunjuk desain drainase permukaan jalan No.008/T/BNKT/1990, Bina Marga
 Dalam tahap akhir ini untuk perencanaan saluran drainase bentuk darisalurkananya
 ngdirencanakan berbentuk segi empat



Gambar 2.7 Dimensi Saluran

Untuk menghitung koefisien pengaliran rata-rata:

$$c = \frac{C_1 \times A_1 + C_2 \times A_2 + C_3 \times A_3 \times f^3}{A_1 + A_2 + A_3} = \dots \dots \dots (2.17)$$

Dimana :

C1, C2 dan C3 = koefisien pengaliran yang sesuai dengan tipe kondisi permukaan

A1, A2 dan C3 = luas daerah yang diperhitungkan sesuai dengan kondisi permukaan

F3 = faktor limpasan sesuai tata guna lahan (tabel 2.28) untuk menghitung waktu koensentrasi (Tc)

$$T_c = t_1 + t_2 \dots \dots \dots (2.18)$$

$$T_1 = \frac{2}{3} \times 3,28 \times l_o \times \frac{n_a}{\sqrt{i}} \times 0,167 \dots \dots \dots (2.19)$$

$$T_2 = \frac{L}{60 \times v} \dots \dots \dots (2.20)$$

Dimana :

Lo = jarak titik terjauh ke fasilitas drainase (m)

Nd = koefisien hambatan

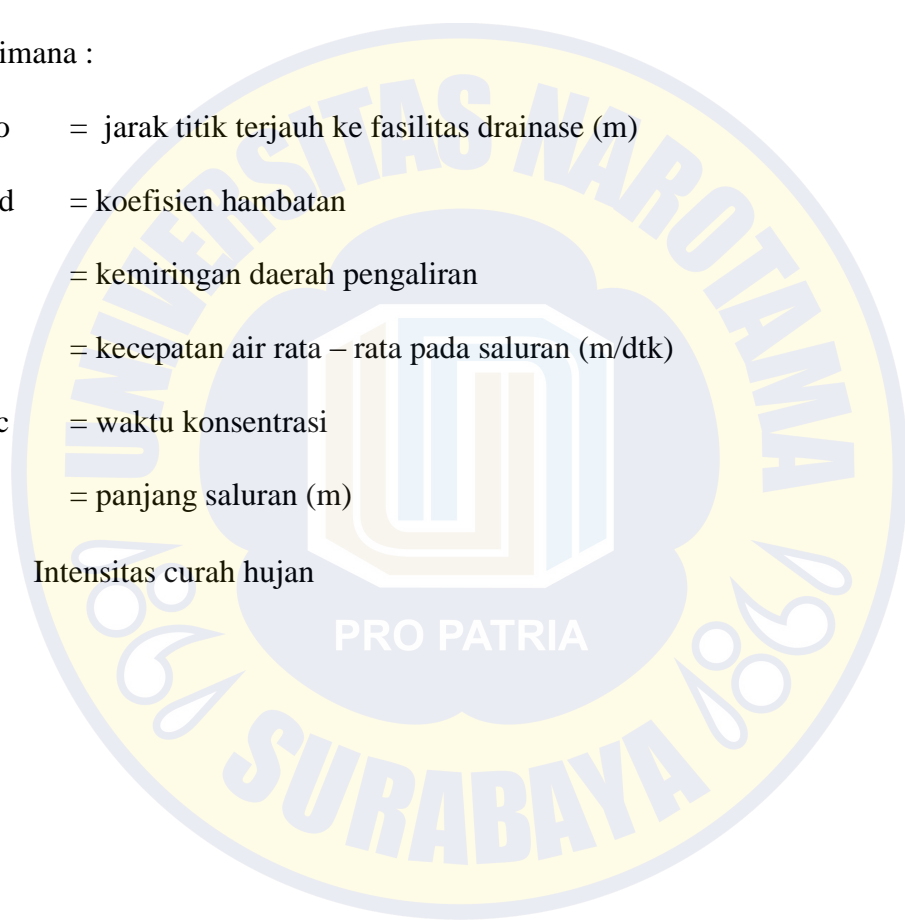
Is = kemiringan daerah pengaliran

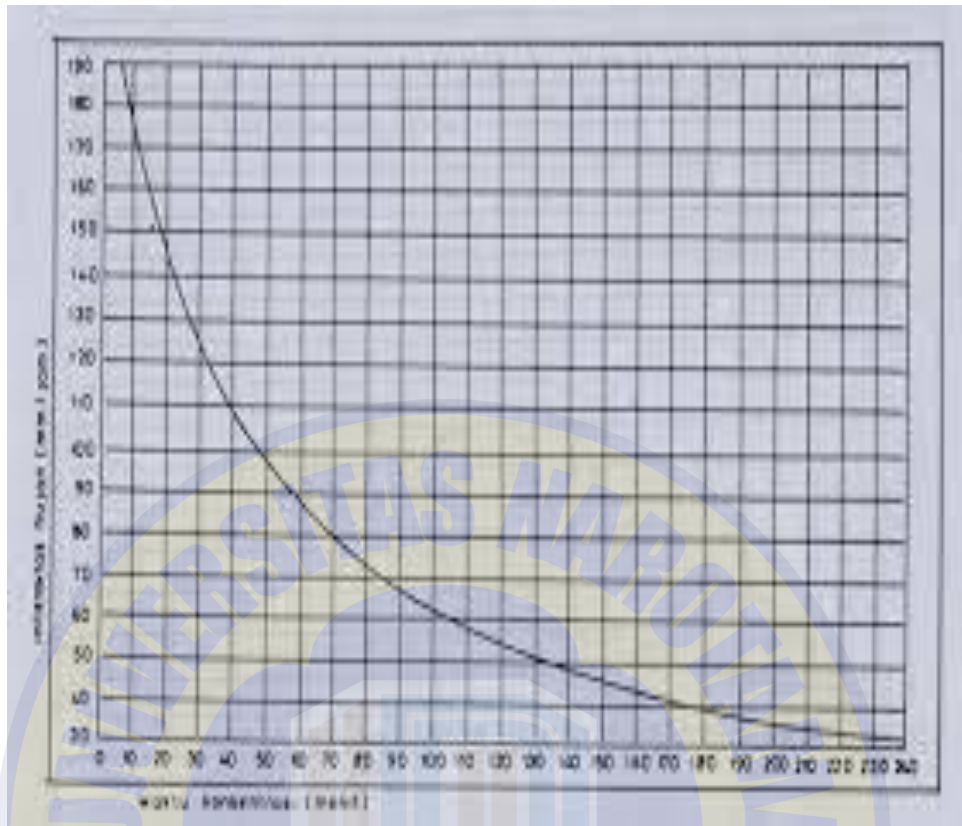
V = kecepatan air rata – rata pada saluran (m/dtk)

Tc = waktu konsentrasi

L = panjang saluran (m)

- Intensitas curah hujan





Untuk menghitung debit air (Q) menggunakan rumus :

$$Q = \frac{1}{3,6} \times C \times I \times A \dots\dots\dots(2.21)$$

Dimana :

- Q = debit air (m³/detik)
- C = koefisien pengaliran
- I = Intensitas hujan (mm/jam)
- A = luas daerah pengaliran (A1,A2,A3)

Untuk mendapatkan tinggi (d) dan lebar (b) dikontrol dengan luas penampang :

$$V = \frac{1}{n} \times R^2 / 3 \times 1^{1/2} \dots\dots\dots(2.22)$$

$$R = A/P \dots\dots\dots(2.23)$$

Dimana :

V = kecepatan rata – rata (m/dt)

Q = debit air (m³/detik)

N = koefisien kekerasan manning

R = jari – jari hidrolis (%)

i = kemiringan saluran

p = kilin basah saluran (m)

$$W = \overline{0,5h} \dots \dots \dots (2.24)$$

Tabel 2.31 Harga (n) untuk rumus manning

No	Tipe saluran	Harga n			
		Baik sekalu	Baik	Sedang	Jelek
	Saluran buatan				
1	Salurat tanah,lurus teratur	0,017	0,020	0,023	0,025
2	Saluran tanah yang dibuat dengan excavator	0,023	0,028	0,030	0,040
3	Saluran pada dinding buatan,lurus teratur	0,020	0,030	0,033	0,035
4	Saluran pada dinding batuan,tidak lurus,tidak teratur	0,035	0,040	0,045	0,045
5	Saluran yang diledakan	0,025	0,030	0,035	0,040
6	Dasar saluran dari tanah, sisi saluran berbatu	0,028	0,030	0,033	0,035
7	Saluran lengkung dengan kecepatan aliran rendah	0,020	0,025	0,028	0,030
8	Bersih, lurus, tidak berpasir, tidak berlubang	0,025	0,028	0,030	0,033
9	Seperti no.8 tetapi ada timbunankerikil	0,030	0,033	0,035	0,040
10	Melengkung, berlubang dan berdinding pasi	0,033	0,035	0,040	0,045
11	Seperti no.10 dangkal tidak teratur	0,040	0,045	0,050	0,055
12	Seperti no.10 berbatu dan ada tumbuhan	0,035	0,040	0,045	0,050
13	Seperti no.11 sebagian berbatu	0,035	0,040	0,045	0,050
14	Aliran pelan, banyak tumbuhan dan terlubang	0,050	0,060	0,070	0,080
15	Banyak tumbuhan-tumbuhan saluran buatan, atau batu kali	0,075	0,100	0,125	0,150
16	Saluran pasagan batu, tanpa penyelesaian	0,025	0,030	0,033	0,035
17	Seperti no.16 tapi dengan penyelesaian	0.017	0.020	0.025	0.030

Lanjutan Tabel 2.31 Harga (n) untuk rumus manning

18	Saluran beton	0.014	0.016	0.019	0.021
19	Saluran beton halus dan basah	0.010	0.011	0.012	0.013
20	Saluran beton pracetak dengan acuan baja	0.013	0.014	0.014	0.015
21	Saluran beton pracetak dengan acuan kayu	0.015	0.015	0.016	0.018

Sumber: Tata Cara Perencanaan Drainase Permukaan Jalan SNI 03-3424-1994, 199

