

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

Pada tugas akhir ini memerlukan beberapa contoh refrensi dari peneliti terdahulu agar dapat memberikan gambaran dalam proses pengerjaan tugas akhir ini, adapun beberapa contoh penelitian terdahulu yang pernah dilakukan sebagai berikut:

No	Penulis	Judul	Keterangan
1.	Ahmad Jamal Ghofir (2016)	Study Perencanaan Perkerasan Lentur Dengan Menggunakan Metode Bina Marga dan Metode AASHTO Di Gorontalo	<ul style="list-style-type: none"> • Total ketebalan pada jalan Gorontalo Outer Ring Road (GORR) segmen I, antara lain: Lapis permukaan 30 mm, Lapis pondasi 35 mm, Lapis LFA Kelas A 250 mm, LFA Kelas B 125 mm, dan total tebal sebesar 440 mm. • Tebal lapis perkerasan AASHTO 1993 sebesar 330 mm Lapis antara lain: Lapis permukaan Laston 95 mm, Lapis pondasi atas Batu Pecah 3/4 105 mm, sedangkan Lapis pondasi bawah Sirtu sebesar 130 mm. • Berdasarkan rancangan biaya dari masing-masing metode, maka didapatkan hasil untuk metode MDP Bina Marga 2017 sebesar Rp. 17.853.505.471 sedangkan untuk Metode AASHTO 1993 sebesar Rp. 18.786.321.922. ada selisih Rp. 932.816.000.
2.	Alvin Aditya Permadi (2017)	Perencanaan Ulang Tebal Perkerasan Lentur Menggunakan Metode Analisa Komponen Dan Bina Marga 2013 Pada Pembangunan Jalan Lingkar	<ul style="list-style-type: none"> • Dalam metode Analisis Komponen Bina Marga SKBI 1987 Lapis permukaan 25 cm, Perkerasan AC-WC 4 cm bahan Laston MS 744, Perkerasan AC-BC 21 cm bahan Laston. • Dalam metode Bina Marga 2013 lapis permukaan adalah 19,5 cm, Lapis

	Tuban Jawa Timur Sta (4+907-7+407)	<p>Perkerasan AC-WC adalah 4cm bahan Laston lapis aus dan Perkerasan AC-BC adalah 15,5 cm bahan Laston.</p> <ul style="list-style-type: none"> Berdasarkan Rencana Anggaran Biaya (RAB) pada proyek pembangunan lingkaran tuban dengan menggunakan 2 metode perencanaan yang berbeda maka dapat dihasilkan anggaran biaya yang berbeda. Maka penulis menentukan anggaran biaya dengan perkerasan yang tebal dan aman yaitu pada metode Bina Marga 2013 adalah sebesar Rp 15.112.261.791,44.
3.	<p>Mayvaldo Wahyu Fahera (2017)</p> <p>Perencanaan Tebal Lapis Perkerasan Lentur Pada Ruas Jalan Pakah - Temangkar Sta 79+950 - 85+500</p>	<ul style="list-style-type: none"> Metode Analisa Komponen 1987 diperoleh tebal lapis tambah perkerasan lentur (overlay) setebal D1 = 10,5 cm, AC-WC baru / perencanaan tebal 5,5 cm bahan Laston MS 744 lapis perkerasan AC-WC lama setebal 5 cm. Metode Manual Desain Perkerasan Bina Marga 2017 diperoleh tebal lapis tambah perkerasan lentur (overlay) setebal D1 = 9 cm, perkerasan AC-WC baru / perencanaan tebal 4 cm dengan bahan Laston MS 744, perkerasan AC-WC lama setebal 5 cm. Total rencana anggaran biaya untuk pekerjaan lapis tambah (overlay) yang tebal dan aman menggunakan metode Analisa Komponen 1987 sebesar Rp. 6.278.929.899.
4.	<p>Rama Ilhami (2017)</p> <p>Studi Perencanaan Perkerasan Lentur Overlay Pada Jalan Raya Temangkar - Pakah - Batas Kota Tuban Sta 85+500 - Sta 91+170</p>	<ul style="list-style-type: none"> Tebal lapisan tambahan yang didapatkan dari perencanaan metode Analisa Komponen 1987 adalah 7 cm.

		<ul style="list-style-type: none"> • Tebal lapisan tambahan yang didapatkan dari perencanaan (AASHTO 1993) adalah 9 cm. • Rencana Anggaran Biaya (RAB) pada metode Analisa Komponen 1987 adalah sebesar Rp 7.509.971.565 dan metode AASHTO 1993 adalah sebesar Rp 9.302.483.761. Dalam perencanaan ini diambil metode yang Tebal dan Aman maka digunakan metode AASHTO 1993.
5.	Rey Anggri Saputra (2016)	<p>Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Pada Sirkuit Motogp Mandalika Dengan Metode Bina Marga 2017 Dan Aashto 1993 (Studi Kasus Sirkuit Motogp Mandalika Sta 0+000 - Sta 2+350)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dalam metode Bina Marga 2017 Lapis permukaan HRS WC 30 mm, Lapis pondasi atas 35 mm, Lapis pondasi bawah LFA kelas A 250 mm dan Kelas B 125 mm. • Dalam metode AASHTO lapis permukaan adalah 95 mm, Lapis Pondasi atas batu pecah $\frac{3}{4}$ tebal 105 mm, Lapis Pondasi bawah sirtu 130 mm • Rencana Anggaran Biaya (RAB) tebal perkerasan lentur menggunakan metode MDP Bina Marga 2017 sebesar Rp. 16,368,122,969 dan untuk menggunakan metode AASHTO 1993 sebesar Rp. 24,057,911,376

Sumber : <https://eprints.umm.ac.id>

2.2 Pengertian Jalan

Jalan adalah prasarana angkutan darat yang terdiri atas seluruh bagian jalan, termasuk bangunan penahan beban dan sarana angkutan, baik di atas tanah, di bawah tanah, atau di bawah air, dan di atas permukaan air, kecuali jalan kereta api, jalan truk, dan kereta kabel” (UU 38). . /2004 Pasal 1 ayat 5). Jalan merupakan prasarana yang menunjang dan berperan penting dalam sektor transportasi. Hal tersebut ditandai dengan kondisi jalan yang baik dan memudahkan warga sekitar untuk melakukan aktivitas sosial dan ekonomi (Priawitama, 2019).

2.3 Perkerasan Jalan

Perkerasan Jalan merupakan lapisan perkerasan yang terletak di antara lapisan tanah dasar dan roda kendaraan, berfungsi memberikan pelayanan kepada transportasi. Fungsi perkerasan ialah untuk memikul beban kendaraan secara aman dan nyaman, sebelum umur rencananya tidak terjadi kerusakan yang berarti.

Perkerasan akan mempunyai kinerja yang baik, bila perencanaan dilakukan dengan baik maka seluruh komponen-komponen utama dalam sistem perkerasan berfungsi dengan baik. Perihal komponen komponen perkerasan jalan oleh *Federal highway Administration (FHWA)* dalam buku kutipan Hardiyatmo (2019:2):

1. Lapisan Aus (*wearing course*) yang memberikan cukup kekesatan, tahan, gesek, dan penutup kedap air atau drainase air permukaan.
2. Lapis perkerasan terikat atau tersementasi yang memberikan daya dukung yang cukup, dan sekaligus sebagai penghalang air yang masuk ke dalam material yang tak terikat dibawahnya..
3. Lapis pondasi (*base course*) dan lapis pondaso bawah (*subbase course*) tidak terikat yang memberikan kekuatan dan ketahanan tambahan terhadap air merusak struktur perkerasan dan menyebabkan efek dekomposisi lainnya (*erosi dan intrusi butiran halus*).
4. Tanah dasar (*subgrade*) yang memastikan kekakuan yang cukup dan kekuatan yang seragam serta memberikan dasar yang stabil untuk lapisan permukaan yang menutupinya
5. Sistem drainase yang dapat dengan cepat mengalirkan air dari perkerasan sebelum air tersebut menyerang lapisan material granular yang tidak terikat dan tanah dasar.

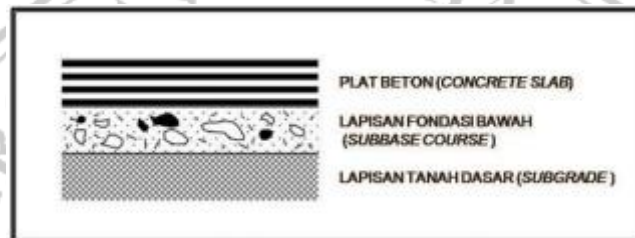
Secara umum konstruksi perkerasan dibedakan menjadi 3 (tiga) jenis, yaitu Konstruksi perkerasan lentur (*flexible pavement*),

Permukaan lentur adalah permukaan berupa aspal yang berfungsi sebagai pengikat dan pelapis permukaan. Pertama, lapisan yang diletakkan di bawah permukaan dipadatkan untuk mencapai stabilitas. Dapat dikatakan bahwa kekuatan dan ketahanan lapisan permukaan jalan tersebut ditentukan oleh jenis daya dukung lapisan tanah di bawahnya. Basis atas dan bawah menawarkan kapasitas menahan

beban yang tinggi karena distribusi beban yang relatif rendah dari penutup fleksibel itu sendiri. Struktur perkerasan lentur meliputi : lapisan permukaan, lapisan tanah dasar bagian atas (subgrade), lapisan tanah dasar bagian bawah (subgrade) dan lapisan tanah dasar.

2. Konstruksi perkerasan kaku (*rigid pavement*),

Permukaan dengan semen (semen Portland) sebagai pengikat. Pelat beton dengan atau tanpa tulangan diletakkan di atas alas dengan atau tanpa alas. Beban hidup sebagian besar ditanggung oleh pelat beton. Struktur jalan kaku terdiri dari: lapisan pelat beton, lapisan substruktur bawah (lapisan dasar) dan lapisan Tanah Dasar (subgrade).



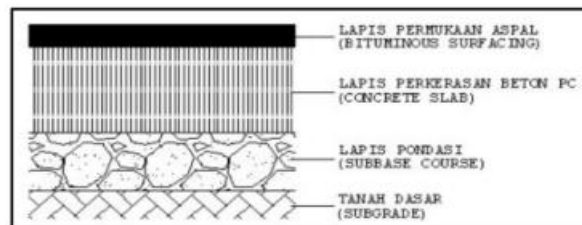
Gambar 2. 1 Susunan Lapis Konstruksi Perkerasan Kaku (*Composite Pavement*)

Sumber : <http://rezaslash.blogspot.com/2012/12/perkerasan-kaku-rigid-pavement.html>

Perkerasan kaku dapat dibedakan menjadi tiga jenis berdasarkan keberadaan sambungan dan tulangan pada pelat beton sebagai berikut:

1. Perkerasan beton semen biasa dengan sambungan dan pelat tulangan untuk mencegah retak. Untuk mencegah retak, jaring logam dimasukkan di antara balok, yang penggunaannya tidak tergantung pada keberadaan pasak penguat..
2. Perkerasan beton bertulang menerus (tanpa sambungan). Tulangan beton terdiri dari baja tulangan dengan prosentasi besi yang relatif cukup banyak (0,02 % dari luas penampang beton).
3. Perkerasan beton semen biasa dengan sambungan tanpa tulangan untuk kendali retak. Pada saat ini, jenis perkerasan beton semen yang populer dan banyak digunakan di negara-negara maju adalah jenis perkerasan beton bertulang menerus
4. Konstruksi perkerasan komposit (*composite pavement*),

Permukaan kaku yang dipadukan dengan permukaan fleksibel dapat berupa permukaan fleksibel pada permukaan kaku atau permukaan kaku pada permukaan fleksibel..



Gambar 2. 2 Susunan Lapis Konstruksi Perkerasan Komposit (*Composit Pavement*)

Sumber : <https://anzdoc.com/bab-ii-perkerasan-jalan-merupakan-lapisan-perkerasan-yangte.html>

Sebelum menghitung jenis konstruksi perkerasan sebaiknya perlu diketahui terlebih dahulu perbedaan antara perkerasan lentur dan kaku dalam perbedaan respon jika terjadi repetisi beban, penurunan tanah dasar, dan perubahan temperatur. Terdapat perbedaan utama antara perkerasan lentur dan perkerasan kaku sebagaimana diberikan pada Tabel 2.1

Tabel 2. 1 Perbedaan Perkerasan Lentur dan Perkerasan Kaku

No	Keterangan	Perkerasan Lentur	Perkerasan Kaku
1	jenis 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 tempratur	Modulus kekakuan berubah	Modulus kekakuan tidak berubah
		Timbul tegangan dalam yang kecil	Timbul tegangan dalam yang besar

Sumber : Sukirman, S.,(1992), Perkerasan Lentur Jalan Raya

2.4 Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

Lapisan aspal dan aspal beton, disebut juga lapisan fleksibel, merupakan campuran agregat batu pecah, pasir, timbunan dan aspal yang perlu dipasang dan dipadatkan. Permukaan fleksibel dirancang untuk meleturkan dan mengembalikan ke posisi semula bersama dengan lantai. Konsep dasar perancangan adalah dengan mendistribusikan lapisan atas dan tanah dasar serta lapisan tengah sehingga konsekuensi pada tanah dasar dapat dikendalikan dan defleksi permanen dapat dihindari. Jenis dan ketebalan elemen struktur perkerasan yang ditempatkan pada tanah dasar sebaiknya dipilih dengan mempertimbangkan kekuatan tanah dasar tersebut (Hardiyatmo, 2019: 153).

Konstruksi ini disebut “lentur” karena konstruksi ini mengizinkan terjadinya deformasi vertikal akibat beban lalu lintas. Perkerasan lentur jalan raya telah dirancang untuk bertahan sampai 20 tahun, dengan memperhitungkan pertumbuhan lalu lintas tiap tahun (asumsi pertumbuhan lalu lintas sebesar 2% adalah umum untuk dilakukan).

Perkerasan lentur akan mempunyai kinerja yang baik, bila perancangan komponen-komponen utama dalam sistem perkerasan berfungsi dengan baik. Perihal komponen-komponen perkerasan jalan oleh *Federal highway Administration* (FHWA) dalam buku kutipan Hardiyatmo (2019:2):

1. Sistem drainase yang dapat membuang air dengan cepat dari sistem perkerasan, sebelum air menurunkan kualitas lapisan material granuler tak terikat dan tanah dasar.
2. Tanah dasar (*subgrade*) ialah Substrat yang memberikan kekakuan dan kekuatan seragam yang cukup serta memberikan fondasi yang stabil untuk lapisan permukaan di atasnya.
3. Lapis pondasi (*base course*) Substrat tidak mengikat dan substrat yang memberikan kekuatan dan ketahanan tambahan terhadap udara yang merusak struktur perkerasan dan terhadap dampak kerusakan lainnya (erosi dan inklusi berbutir halus).

4. Lapisan perkerasan jalan yang direkatkan atau disemen yang memberikan kapasitas menahan beban yang mampu sekaligus memberikan penghalang terhadap penetrasi udara ke dalam material di bawahnya.
5. Lapisan Aus (*wearing course*) memberikan kekesatan, tahan gesek, dan drainase air permukaan.

2.4.1. Syarat konstruksi perkerasan

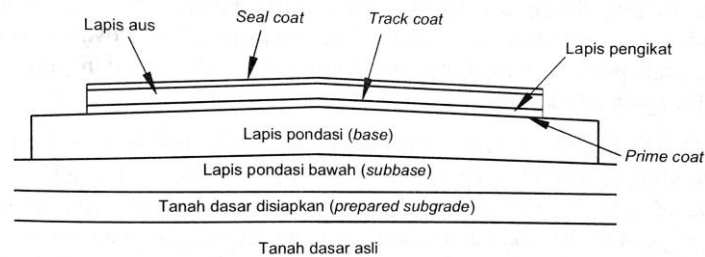
Perkerasan lentur terdiri dari tiga lapisan utama, yaitu lapis permukaan (*surface course*), lapis pondasi atas (*base course*), dan lapis pondasi bawah (*subbase course*). Lapis permukaan biasanya dibagi menjadi lapis aus (*wearing course*), dan lapis pengikat (*binder course*) yang diletakkan terpisah. Lapis pondasi atas dan lapis pondasi bawah juga dapat diletakkan dalam bentuk komposit yang terdiri dari material yang berbeda, yaitu pondasi atas (*upper base*) dan pondasi bawah (*lower base*), atau bagian atas (*upper subbase*) dan pondasi bawah bagian bawah (*lower subbase*). Lapisan ini diletakkan di atas tanah dasar yang dipadatkan (*subgrade*) (Hardiyatmo, 2019:154).

Agar mengetahui struktur perkerasan lentur dapat ditinjau pada **Gambar 2.3** dan **Gambar 2.4**



Gambar 2.3 Lapisan perkerasan

(Sumber: Sukirman, 2003: 8)



Gambar 2. 4 Komponen Struktur Perkerasan Lentur

(Sumber: Hardiyatmo, 2019 :155)

2.5 Perencanaan perkerasan lentur

Lapisan perkerasan dirancang untuk menyerap dan mendistribusikan beban lalu lintas tanpa menimbulkan kerusakan berarti pada struktur jalan itu sendiri. Hal ini menjamin kenyamanan pengemudi selama melakukan servis di jalan raya. Perancangan harus memperhatikan faktor-faktor yang dapat mempengaruhi fungsi permukaan jalan, seperti: fungsi jalan, parameter permukaan, umur rencana, beban lalu lintas pada permukaan jalan, jenis tanah dasar, kondisi lingkungan, jenis dan kuantitas. Bahan yang tersedia di lokasi digunakan sebagai material lapisan jalan (Tenriajeng, 1999: 48).

Saat merencanakan jalan baru, sangat penting untuk mencerminkan intensitas lalu lintas saat jalan tersebut pertama kali dibuka. Untuk itu diperlukan kajian lalu lintas. Dalam penelitian ini kendaraan yang melintas dicatat dari arah yang berbeda-beda dengan memperhatikan kategori kendaraannya (Hardiyatmo, 2019: 112). Maka diperlukan perkiraan untuk menentukan lalu lintas rencana (Hardiyatmo, 2019: 112):

1. Volume lalu lintas dan komposisi lalu lintas pada tahun pertama.
2. Tingkat pertumbuhan lalu lintas tahunan menurut jenis kendaraan.
3. Pembagian arah lalu lintas dan lajur yang diharapkan..
4. Beban roda tergantung pada jenis kendaraan.
5. Jumlah aplikasi beban-beban roda dalam lajur lalu lintas rencana.

Langkah 1 dan 2 berasal dari studi lalu lintas dan perkiraan berdasarkan tren atau prediksi dari model lalu lintas. Data lalu lintas dan parameter yang diperlukan untuk perencanaan ketebalan perkerasan antara lain (Hardiyatmo, 2019:112):

1. Tipe kendaraan
2. Rata-rata volume lalu lintas harian
3. Pertumbuhan lalu lintas tahunan
4. Umur rancangan
5. Faktor distribusi arah
6. Faktor distribusi lajur

2.6 Metode Analisa Komponen SKBI-2.3.26.1987

Metode analisis komponen SKBI.2.3.26.1987 merupakan metode yang bersumber dari AASHTO'72 dan dimodifikasi sesuai dengan kondisi jalan di Indonesia dan merupakan penyempurnaan dari pedoman Penentuan ketebalan Perkerasan Jalan fleksibel No.1./PD/B/1983. Rumusan dasar metode ini diambil dari rumusan AASHTO'72 revisi tahun 1981. (Sukirman, 2010: 141).

2.6.1. Jumlah Lajur dan Koefisien Distribusi Kendaraan (C)

Kendaraan yang menyebrang jalan beberapa kali pada lajunya masing-masing, maka lintas ekivalen yang merupakan beban bagi perkerasan jalan diperhitungkan hanya untuk satu lajur, yaitu lajur yang tersibuk, lajur ini disebut lajur rencana. Lajur rencana ialah lajur lalu lintas dari suatu ruas jalan , yang menampung lalu lintas paling besar. Jika jalan tidak memiliki marka lajur, maka jumlah lajur berdasarkan lebar permukaan jalan menurut tabel berikut. Oleh karena itu, dalam menentukan lebar lajur lalu lintas maka dapat disajikan dalam Tabel 2.2 dibawah ini.

Lebar Perkerasan	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

Koefisien distribusi kendaraan (C) untuk kendaraan ringan dan berat yang lewat pada jalur rencana ditentukan menurut daftar Tabel 2.3 di bawah ini

Tabel 2. 3 Koefisien Distribusi Kendaraan (C)

Jumlah jalur	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 2.3.26.1987:7

*)Berat total < ton,misalnya : Mobil Penumpang, pick up

***)Berat total > 5 ton, misalnya : Bus, truk, traktor, trailer

Dalam menghitung pertumbuhan lalu lintas pada tahun berikutnya, maka dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$b = a (1 + i)^n \dots\dots\dots 2.1$$

$$i = [(b/a)^{\frac{1}{n}} - 1] \times 100 \% \dots\dots\dots 2.2$$

Diketahui:

b = volume lalu lintas tahun ke- n

a = jumlah lalu lintas tahun a

I = pertumbuhan lalu-lintas

2.6.2. Angka ekuivalen (E) beban sumbu kendaraan

Cara mengetahui angka ekuivalen (E) ditentukan dalam rumus dibawah ini (SKBI 1987).

- a. E sumbu tunggal = $\left(\frac{\text{Beban sumbu tunggal dalam kg}}{8610}\right)^4 \dots\dots\dots$
- b. E sumbu ganda = $\left(\frac{\text{Beban sumbu tunggal}}{8610}\right)^4 \cdot 0,086 \dots\dots\dots$

Tabel 2. 4 Angka Ekivalen (E) Beban Sumbu Kendaraan

Beban Sumbu		Angka Ekivalen	
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	30867	8.6647	0.7452
15000	33069	11.4184	0.9820
16000	35274	14.7815	1.2712

Sumber : SKBI 2.3.26.1987:8

2.6.3 Lalu Lintas Harian Rata-rata dan Rumus Lintas Ekivalen

- 1. Untuk mengetahui perkiraan jumlah data lalu Lintas pada tahun ke-n, maka persamaan dapat ditentukan sebagai berikut:

$$LHR_n = (1 + i)^n \cdot LHR_o \dots\dots\dots 2.3$$

Ket:

LHR_n = rata-rata lalu-lintas harian tahun ke- n

LHR_o = lalu-lintas rata rata harian tahun = 0

i = Tingkat Pertumbuhan Lalu Lintas

n = tahun ke n

- 2. Lintas Ekivalen dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

1). Lintas ekivalen permulaan (LEP)

$$LEP = \sum_{j=1}^n LHR_j \times C_j \times E_j \dots\dots\dots 2.4$$

Ket.:

C_j = Jenis Kendaraan.

E_j = Angka Ekivalen masing-masing kendaraan

2). Lintas Ekivalen Akhir (LEA)

$$LEA = \sum_{j=1}^n LHR_j (1 + i)^{UR} \times C_j \times E_j \dots\dots\dots 2.5$$

Keterangan:

i = perkembangan lalu-lintas.

C_j = jenis kendaraan.

E_j = angka ekivalen tiap jenis kendaraan

3). Lintas Ekivalen Tengah (LET)

$$LET = 1/2 \times (LEP + LEA) \dots\dots\dots 2.6$$

4). Lintas Ekivalen Rencana (LER)

$$LER = LET + FP \dots\dots\dots 2.7$$

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

$$FP = UR/10 \dots\dots\dots 2.8$$

2.6.4 Daya Dukung tanah (DDT)

Tanah dasar yang baik untuk konstruksi perkerasan jalan adalah tanah dasar yang berasal dari tapak itu sendiri atau dari daerah sekitarnya, yang telah dipadatkan sampai tingkat kepadatan tertentu sehingga mempunyai daya dukung yang baik dan dapat mempertahankan volumenya selama pengoprasian. Daya dukung tanah dasar dinyatakan dengan parameter daya dukung tanah (DDT) yang berkorelasi dengan nilai CBR. Daya dukung tanah dasar (subgrade) pada desain perkerasan fleksibel dinyatakan dengan nilai CBR (California Bearing Ratio). Pengertian CBR yaitu perbandingan tegangan penetrasi suatu lapisan/tanah atau matrial perkerasan dengan tegangan penetrasi suatu matrial standar dengan kedalaman dan laju penetrasi yang sama (dinyatakan dalam persentase) (SNI: 2011).

Tabel 2. 5 Klasifikasi kekuatan DDT berdasarkan CBR

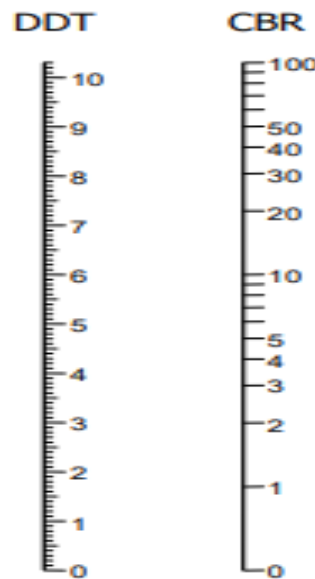
CBR	General Rating	Uses
0 – 3	Very poor	Subgrade
3 – 7	Poor to fair	Subgrade
7 – 20	Fair	Subbase
20 – 50	Good	Base, sub base
>50	Excellent	Base, sub base

Sumber : (Turnbul, 1968 dalam Raharjo,1985)

Nilai CBR merupakan nilai empiris mutu dasar tanah dibandingkan dengan mutu agregat batu standar yang mempunyai nilai CBR sebesar 100% (Sukirman, 2010:56). Untuk menentukan nilai DDT dan CBR, gunakan tabel korelasi yang ditunjukkan **Gambar 2.5**

Tabel 2. 6 Korelasi antara CBR dan DDT

CBR	DDT
3	3,75
4	4,29
5	4,71
6	5,05
7	5,33
8	5,58
9	5,80
10	6,00
20	7,29
30	8,05
40	8,59
50	9,01
60	9,35
70	9,63
80	9,88
90	10,10
100	10,30



Gambar 2. 5 Grafik Kolerasi DDT dan CBR

Sumber: (Sukirman, 2010: 147)

Untuk mengetahui nilai pada DDT (daya dukung tanah), dapat kita rumuskan sebagai berikut:

$$DDT = 4,3 \times \text{Log } CBR + 1,7 \dots\dots\dots 2.9$$

Setiap segmen mempunyai satu nilai CBR yang mewakili daya dukung tanah dasar dan digunakan untuk merencanakan ketebalan perkerasan pada segmen tersebut. Dalam menghitung nilai CBR dapat ditentukan secara analitis atau grafis analisis

a. Secara Analitis

$$CBR_{\text{segmen}} = \text{rata-rata CBR} (CBR_{\text{max}} - CBR_{\text{min}}) / R \dots\dots\dots 2.10$$

Dimana nilai R bergantung pada banyaknya data yang terdapat pada suatu segmen.

Penentuan nilai R pada perhitungan rumus segmen CBR maka dapat dilihat pada Tabel 2.7

Tabel 2. 7 Nilai R untuk Perhitungan 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 : DPU, 1987

b. Penentuan nilai CBR segmen secara grafis menggunakan metode grafis:

1. Tentukkan nilai CBR terkecil.
2. Susunlah nilai CBR dari terkecil yang terbesar, dan tentukan jumlah data dengan nilai CBR yang sama atau lebih besar dari setiap niali CBR. Pekerjaan disusun secara tabelaris.
3. Angka terbanyak diberi nilai 100%, angka yang lain merupakan presentase dari 100%
4. Gambarkan hubungan antara nilai CBR dan presentase dari Butir 3
5. Niali CBR_{segmen} adalah nilai pada angka 90% sama atau lebih besar dari niali CBR yang tertera

Untuk mencari nilai dari segmen CBR grafis dan analitis, dapat menemukan dengan rumus berikut::

$$CBR = \frac{CBR\ Grafis + CBR\ analitis}{2} \dots\dots\dots 2.11$$

2.6.5. faktor regional (FR)

Fr erat kaitannya dengan kondisi tanah, iklim mendominasi daya dukung tanah dan merupakan kondisi permukaan.. Oleh karna itu, untuk penentuan ketebalan perkerasan ini, Faktor wilayah hanya dipengaruhi oleh bentuk alinyemen (kelandaian dan tikungan), proporsi kendaraan berat dan tidak bergerak serta iklim (curah hujan) (SKBI 1987:10) sebagai berikut :

Tabel 2. 8 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 %
Iklim I < 900 mm/th	0,5	1,0 – 1,5	1,0	1,5 – 2,0	1,5	2,0 – 2,5
Iklim II > 900 mm/th	1,5	2,0 – 2,5	2,0	2,5 – 3,0	2,5	3,0 – 3,5

Sumber : (SKBI-2.3.26.1987)

Catatan: Pada beberapa ruas jalan, seperti persimpangan, pemberhentian atau tikungan tajam (radius 30m), FR bertambah sebesar 0,5. Di daerah rawa, FR ditambah sebesar 1,0.

$$\% \text{ Kendaraan berat} = \frac{\text{jumlah kendaraan berat}}{\text{jumlah semua kendaraan}} \times 100 \% \dots\dots\dots 2.12$$

2.6.6. indeks permukaan (IP)

Tingkat lalu lintas jalan sangat dipengaruhi dengan Indeks Permukaan. Indeks Permukaan ini memberikan nilai kerataan dan kekerasan permukaan yang dikaitkan dengan tingkat pelayanan angkutan. Beberapa nilai IP beserta artinya adalah sebagai berikut (Analisis Komponen SKBI 1987:10):

IP = 1,0 artinya kondisi jalan rusak berat sehingga menghambat pergerakan kendaraan.

IP = 1,5: ini adalah tingkat layanan yang rendah.

IP = 2.0 : Merupakan tingkat pelayanan yang rendah untuk rute yang masi stabil.

IP = 2,5 : Permukaan jalan masih cukup stabil dan bagus.

Dalam penentuan (IPo) perlu diperhatikan jenis lapis permukaan jalan (kerataan/kehalusan dan kekerasan) pada awal umur rencana, dapat ditentukan dengan melihat Tabel 2.9

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

Jenis Permukaan	Ipo	Roughness *) (mm/km)
LASTON	≥ 4	≤ 1000
	3,9 – 3,5	> 1000
LASBUTAG	3,9 – 3,5	≤ 2000
	3,4 – 3,0	> 2000
HRA	3,9 – 3,5	≤ 2000
	3,4 – 3,0	> 2000
BURDA	3,9 – 3,5	< 2000
BURTU	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	$\leq 2,4$	-
JALAN TANAH	$\leq 2,4$	-
JALAN KERIKIL	$\leq 2,4$	-

Sumber : SKBI (1987:11)

Dalam menentukan indeks permukaan (IP) pada akhir umur rencana, perlu dipertimbangkan faktor-faktor klasifikasi fungsional jalan dan jumlah lintas ekuivalen rencana (LER), dapat dilihat Tabel 2.

Tabel 2. 9 Indeks Permukaan Akhir Umum Rencana (IP)

LER = Lintas Ekuivalen 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)

*) 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.

2.6.7. 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. Berikut dapat dilihat pada Tabel 2.10

Tabel 2. 10 Koefesien Kekuatan Relatif (a)

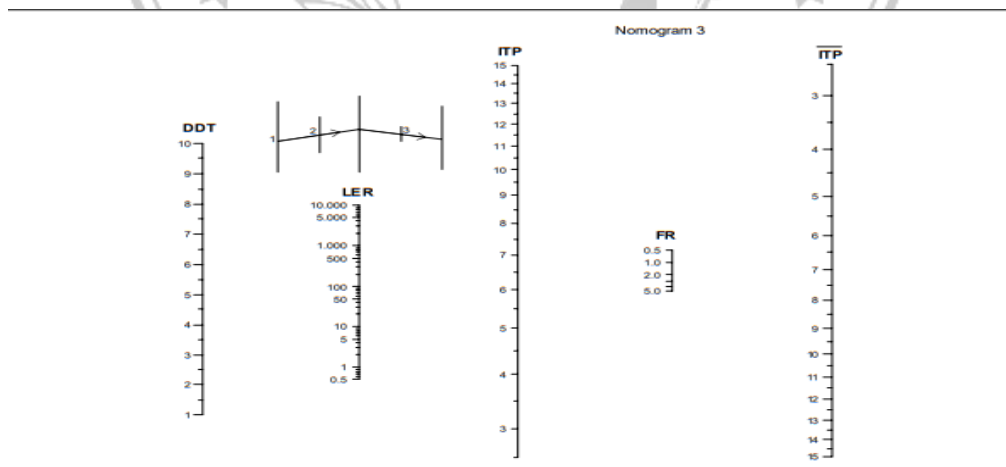
Koefisien Relatif			Kekuatan Bahan			Jenis Bahan
a1	a2	a3	MS (kg)	Kt (kg/cm)	CBR (%)	
0,40	-	-	744	-	-	
0,35	-	-	590	-	-	Laston
0,35	-	-	454	-	-	
0,30	-	-	340	-	-	
0,35	-	-	744	-	-	
0,31	-	-	590	-	-	Lasbutang
0,28	-	-	454	-	-	
0,26	-	-	340	-	-	
0,30	-	-	340	-	-	HRA
0,26	-	-	340	-	-	Aspal macadam
0,25	-	-	-	-	-	Lapen (mekanis)
0,20	-	-	-	-	-	Lapen (manual)

-	0,28	-	590	-	-	
-	0,26	-	454	-	-	Laston Atas
-	0,24	-	340	-	-	
-	0,23	-	-	-	-	Lapen (mekanis)
-	0,19	-	-	-	-	Lapen (manual)
-	0,15	-	-	22	-	
-	0,13	-	-	18	-	Stab. Tanah dengan semen
-	0,15	-	-	22	-	
-	0,13	-	-	18	-	Stab. Tanah dengan kapur
-	0.14	-	-	-	100	batu pecah (kelas a)
-	0.13	-	-	-	80	batu pecah (kelas b)
-	0.12	-	-	-	60	batu pecah (kelas c)
-	-	0.13	-	-	70	sirtu/pitrun (kelas a)
-	-	0.12	-	-	50	sirtu/pitrun (kelas b)
-	-	0.11	-	-	30	sirtu/pitrun (kelas c)
-	-	0.10	-	-	20	tanah/lempung kepasiran

Sumber : (SKBI.1987:12)

2.6.8. indeks tebal perkerasan (ITP)

ITP ini digunakan dalam perkerasan lentur dengan menarik garis pada grafik nomogram pada SNI 1732-1989-F didalam lampiran, dapat dilihat masing-masing nilai yang diambil dari indeks permukaan (I_{po} dan I_{Pt}). nilai daya dukung tanah Dasar (DDT), lintas ekivalen rata-rata (LER), faktor regional (FR) saling keterkaitan. Lihat Gambar 2.6



IP = 2,0 dan IP_o = ≥4

Gambar 2. 6 Nomogram

Sumber: (Sukirman 2010 :155)

Langkah-langkah untuk menggunakan nomogram tersebut adalah sebagai berikut:

1. Terdapat 9 (sembilan) jenis nomogram, tergantung pada nilai indeks permukaan awal (IPo) dan indeks permukaan akhir (IPt).
2. Menentukan nilai pasti daya dukung tanah (DDT) diperoleh dengan mengkorelasikannya dengan nilai CBR.
3. Tentukan titik nilai LER yang diperoleh dari hasil perhitungan,
4. Kemudian tarik garis lurus dari 2 titik (DDT dan LER) hingga menyentuh garis ITP
5. Tentukan titik nilai FR dari Gambar 2.6
6. Dari titik ITP yang didapat kita sambungkan ke titik FR hingga mencapai jalur ITP

2.6.9. Batas – Batas minimum ketebalan lapisan perkerasan

Pada Tabel 2.11 dalam perencanaan perkerasan lentur adalah menentukan indeks Tebal Perkerasan (ITP) pada lapis permukaan serta bahan yang akan direncanakan

Tabel 2. 12 Lapis Permukaan

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

Sumber : SKBI (1987):13

Untuk menentukan (ITP) lapis pondasi atas dan penentuan bahan pada perencanaan perkerasan jalan dapat dilihat pada Tabel 2.12

Tabel 2. 11 Lapis Pondasi

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
	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

Sumber : SKBI (1987):13

2.6.10. Analisa Komponen Perkerasan

Perhitungan desain didasarkan pada kekuatan relatif jangka panjang, dengan angka yang digunakan untuk menentukan ketebalan perkerasan dinyatakan dengan ITP dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\Delta ITP = a1.D1 + a2.D2 + a3.D3 \dots\dots\dots 2.13$$

Keterangan:

a1, a2, a3 = Koefisien Kekuatan Relatif Bahan Perkerasan (tabel 2.10)

D1, D2, D3 = Tebal tiap lapis tanah (cm)

*) 1. lapis permukaan

2. lapis pondasi atas

3. lapis pondasi bawah

2.7 Metode Manual Desain Perkerasan Bina Marga 2017

Metode Bina Marga 2017 ini merupakan revisi terhadap Manual Desain Perkerasan 2017 yang meliputi perubahan struktur penyajian untuk mempermudah pemahaman pengguna dan penambahan serta perbaikan kandungan manual. Revisi ini disusun untuk mengakomodasi tantangan dan hambatan dalam kinerja aset jalan di Indonesia.

2.7.1. Umur Rencana (UR)

Umur rencana untuk perkerasan lentur jalan baru umumnya sampai 20 tahun sedangkan untuk peningkatan jalan sampai 10 tahun. Umur rencana yang lebih besar dari 20 tahun tidak lagi ekonomis karena perkembangan lalu lintas yang terlalu besar dan sukar mendapat ketelitian yang memadai. (Sukirman 2010). Umur rencana perkerasan baru dapat dilihat pada Tabel 2.13

Tabel 2. 12 umur rencana perkerasan jalan baru

Jenis Perkerasan	Elemen Perkerasan	Umur Rencana (tahun) ⁽¹⁾
	Lapisan aspal dan lapisan berbutir ⁽²⁾ .	20
	Fondasi Jalan	
Perkerasan lentur	Semua perkerasan untuk daerah yang tidak dimungkinkan pelapisan ulang (<i>overlay</i>), seperti: jalan perkotaan, <i>underpass</i> , jembatan, terowongan.	40
	<i>Cement Treated Based</i> (CTB)	
Perkerasan kaku	Lapis fondasi atas, lapis fondasi bawah, lapis beton semen, dan fondasi jalan.	40
Jalan tanpa penutup	semua elemen (termasuk fondasi jalan)	minimum 10

Sumber : MDP2017

2.7.2. Perkembangan Lalu Lintas (i)

Faktor pertumbuhan lalu lintas berdasarkan data-data pertumbuhan series (*historical growth data*) atau formulasi korelasi dengan faktor pertumbuhan lain yang berlaku. Jika tidak tersedia maka Tabel 2.14 dapat digunakan (2015-2035)

Tabel 2. 13 Faktor Laju Pertumbuhan Lalu Lintas (i)(%)

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

Sumber: MDP 2017

Pertumbuhan lalu lintas selama umur rencana dihitung dengan faktor

pertumbuhan kumulatif (*Cumulative Growth Factor*)::

$$R = \frac{(1+0,01i)^{UR}-1}{0,01i} \dots\dots\dots 2.14$$

- R = Faktor Pengali Pertumbuhan Lalu lintas kumulatif
- i = laju pertumbuhan lalu lintas tahunan (%)
- UR = Umur Rencana (tahun)

2.7.3. Lalu lintas Pada Lajur Rencana

Lajur rencana adalah ruas jalan yang berupa jalur untuk menangani lalu lintas. Beban lalu lintas yang diharapkan pada suatu lajur dinyatakan sebagai beban gandar kumulatif standar (ESA), dengan mempertimbangkan parameter seperti faktor distribusi arah (DD) dan faktor distribusi lajur. Untuk kendaraan niaga (truk dan bus), beban nominal tiap lajur dapat sesuai dengan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 19/PRT/M/2011 tentang Persyaratan Teknis Jalan dan Jalan Teknis. kriteria perencanaan dalam kaitannya dengan faktor kapasitas (RVK) yang dipenuhi perlu menjadi kapasitas tape maksimal dibandingkan MKJI. Ketika mempertimbangkan pembangunan jalan baru, jumlah lajur dan proporsi kendaraan niaga harus ditentukan terlebih dahulu, seperti ditunjukkan pada Tabel 2.16.

Tabel 2. 16 Faktor Distribusi Lajur (DL)

Jumlah lajur setiap arah	Kendaraan niaga pada lajur desain (% terhadap populasi kendaraan niaga)
1	100
2	80
3	60
4	50

Sumber: MDP 2017

1. Faktor ekuivalen Beban (VDF)

Kerusakan jalan disebabkan kendaraan dihitung dalam bentuk satuan faktor yang disebut dalam faktor perusak jalan (*Vehicle Damage Vector*). Studi atau survei beban gandar yang dirancang dan dilaksanakan dengan baik merupakan dasar perhitungan ESA yang andal. Oleh sebab itu, survei beban gandar harus dilakukan apabila dimungkinkan.

Ketentuan pengumpulan data beban gandar ditunjukkan pada Tabel 2.16 :

Tabel 2. 14 Pengumpulan Data Beban Gandar

Spesifikasi penyediaan prasarana jalan	Sumber Data Beban Gandar*
Jalan Bebas Hambatan*	1 atau 2
Jalan Raya	1 atau 2 atau 4
Jalan Sedang	2 atau 3
Jalan Kecil	2 atau 3

Sumber: Bina Marga 2017

2.7.4 Beban Lalu Lintas

Beban lalu lintas berupa berat kendaraan yang dilimpahkan melalui kontak antara roda dan perkerasan jalan, merupakan beban berulang (reptisi beban) yang terjadi selama umur rencana atau masa pelayanan jalan. Konfigurasi dan beban sumbu kendaraan bermacam macam, sedangkan reptisi beban dinyatakan dalam lintasan sumbu kendaraan, oleh karena itu perlu ditentukan cara untuk menyatakan reptisi beban sehingga data yang diberikan tidak memberi peluang untuk salah dalam menfasirkna besarnya beban lalu lintas.

Saat ini terdapat 2 cara penentuan besarnya beban lalu lintas untuk perencanaan, yaitu:

1. Reptisi lintasan sumbu standar.
2. Spectra beban dimana beban lalu lintas dinyatakan dalam reptisi beban sumbu sesuai beban dan konfigurasi kelompok sumbunya.

Prosedur sederhana untuk menentukan karakteristik nilai rata rata faktor ekuivalen beban (VDF) untuk setiap kendaraan niaga (Bina Marga 2017: 17):

1. Pengendalian beban sumbu

Untuk keperluan desain, tingkat pembebanan saat ini (aktual) diasumsikan berlangsung sampai tahun 2020. Setelah tahun 2020, diasumsikan beban berlebih terkendali dengan beban sumbu nominal 120 kN. Bina Marga dapat menentukan waktu implementasi efektif alternatif dan mengendalikan beban ijin kapan saja.

2. Beban Sumbu Standar

Beban sumbu 100 kN diijinkan di beberapa ruas yaitu untuk ruas jalan Kelas I. Namun demikian nilai CESA selalu ditentukan berdasarkan beban sumbu standar 80 kN.

3. Beban standar Kumulatif

Beban sumbu standar kumulatif atau Cumulative Equivalent Single Axle Load (CESA) merupakan jumlah kumulatif beban sumbu lalu lintas desain pada lajur desain selama umur rencana. Volume total lalu lintas mempengaruhi geometri perkerasan jalan, sedang presentase lalu – lintas niaga dan frekuensi kendaraan berat berpengaruh pada perancangan structural dari perkerasan. Umur layanan suatu struktur perkerasan tertentu ditentukan oleh besarnya beban gandar lalu lintas dan berapa kali beban tersebut akan bekerja, jadi bukan dari banyaknya kendaraan lalu lintas yang lewat saja. Kendaraan ringan, seperti: sepeda motor, sepeda, atau sedan hamper tidak berpengaruh dalam kerusakan umur rencana. Sebaliknya, kendaraan berat (beban gandar besar) yang lewat secara berulang- ulang. Seperti truk trailer, sangat berpengaruh dalam umur perkerasan (Hardiyatmo,2019: 121), yang ditentukan sebagai :

$$ESA = (\sum_{\text{jenis kendaraan}} LHRT \times VDF) \dots \dots \dots 2.15$$

$$CESA = ESA \times 365 \times R \dots \dots \dots 2.16$$

Dimana :

ESA : lintasan sumbu standar ekivalen (equivalents tandard axle) untuk 1 (satu) hari

LHRT : lintas harian rata rata tahunan untuk jenis kendaraan tertentu

CESA : Kumulatif beban sumbu standar ekivalen selama umur rencana

R : faktor pengali pertumbuhan lalu lintas

Dalam menentukan VDF (Vehicle Damage Factor) maka harus mengetahui dan mengidentifikasi jenis kendaraan dan konfigurasi sumbu, nilai VDF pada setiap masing masing kendaraan niaga dapat dilihat pada Tabel 2.18

2.7.5 Menentukan Jenis Struktur Perkerasan

Saat memilih jenis permukaan jalan, kondisi tanah dan jalan dapat diperhitungkan. Oleh karena itu, banyak faktor yang menentukan jenis material yang digunakan, seperti yang ditunjukkan oleh perhitungan CESA 4 saat menghitung umur proyek. selama 20 tahun ke depan dengan menggunakan metode perhitungan saat ini.


Tabel 2. 15 Pemilihan Jenis Perkerasan

Struktur Perkerasan	Bagian desain	ESA (juta) dalam 20 tahun (pangkat 4 kecuali ditentukan lain)				
		0 – 0,5	0,1 - 4	> 4 - 10	> 10 - 30	> 30
Perkerasan kaku dengan lalu lintas berat (di atas tanah dengan CBR \geq 2,5%)	4	-	-	2	2	2
Perkerasan kaku dengan lalu lintas rendah (daerah pedesaan dan perkotaan)	4A	-	1,2	-	-	-
AC WC modifikasi atau SMA modifikasi dengan CTB (ESA pangkat 5)	3	-	-	-	2	2
AC dengan CTB (ESA pangkat 5)	3	-	-	2	2	2
AC tebal \geq 100 mm dengan lapis fondasi berbutir (ESA pangkat 5)	3A	-	-	1,2	2	2
AC atau HRS tipis diatas lapis fondasi berbutir	3A	-	1,2	-	-	-
Burda atau Burtu dengan LPA Kelas A atau batuan asli	6	3	3	-	-	-

Lapis Fondasi Soil Cement	6	1	1	-	-	-
Perkerasan tanpa penutup (Japat, jalan kerikil)	6	1	-	-	-	-

Sumber: (Bina Marga, 2017)

Catatan :

 = solusi yang diutamakan karena murah

 = alternatif

Tingkat Kesulitan:

1. Kontraktor kecil- medium
2. Kontraktor besar dengan sumber daya yang memadai
3. Membutuhkan keahlian dan tenaga ahli khusus- dibutuhkan kontraktor spesialis burda



Tabel 2. 19 Nilai VDF masing masing kendaraan niaga

Jenis Kendaraan		Uraian	Konfigurasi Sumbu	Kelompok Sumbu	Distribusi Tipikal (%)		Faktor Ekuivalen Beban (VDF) (ESA / kendaraan)	
Klasifikasi Lama	Alternatif				Muatan ² yang diangkut	Semua kendaraan bermotor	Semua kendaraan bermotor kecuali sepeda motor	VDF4 pangkat 4
1	1	Sepeda Motor	1.1	2	30,4			
2, 3, 4	2, 3, 4	Sedan / Angkot / Pickup / Station wagon	1.1	2	51,7	74,3		
5a	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 - cargo ringan	1.1	2			0,3	0,2
6a.2	6.2	Truk 2 sumbu - ringan	1.2	2	4,6	6,60	0,8	0,8
6b1.1	7.1	Truk 2 sumbu - cargo sedang	1.2	2			0,7	0,7
6b1.2	7.2	Truk 2 sumbu - sedang	1.2	2			1,6	1,7
6b2.1	8.1	Truk 2 sumbu - berat	1.2	2			0,9	0,8
6b2.2	8.2	Truk 2 sumbu - berat	1.2	2	3,8	5,50	7,3	11,2
7a1	9.1	Truk 3 sumbu - ringan	1.22	3			7,6	11,2
7a2	9.2	Truk 3 sumbu - sedang	1.22	3	3,9	5,60	28,1	64,4
7a3	9.3	Truk 3 sumbu - berat	1.1.2	3	0,1	0,10	28,9	62,2
M t7b	10	Truk 2 sumbu dan 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	1.2-22	5			19,0	33,2
7c2.2	13	Truk 5 sumbu - trailer	1.2-222	5	0,7	1,00	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)

2.7.6 Desain Pondasi Jalan

Desain pondasi jalan adalah desain perbaikan tanah dasar dan lapis penopang (capping), tiang pancang mikro, drainase vertikal dengan bahan strip (wick drain) atau penanganan lainnya yang dibutuhkan untuk memberikan landasan pendukung struktur perkerasan lentur dan perkerasan kaku dan sebagai akses untuk lalu lintas konstruksi pada kondisi musim hujan (MSP 2017).

Umur rencana pondasi untuk jalan baru dan pelebaran minimum 40 tahun dengan pertimbangan sebagai berikut (MDP 2017 : 6-4):

- a. Pondasi perkerasan tidak bisa ditingkatkan selama masa pelayanan, kecuali dengan rekonstruksi menyeluruh.
- b. Perkerasan lentur dengan desain pondasi dibawah standar mungkin memerlukan perkuatan dengan lapisan aspal tambahan berulang kali selama masa pelayanannya sehingga biaya total perkerasan (*lifecycle cost*) menjadi lebih mahal dengan perkerasan yang didesain dengan baik.
- c. Perkerasan kaku diatas tanah lunak dengan desain fondasi dibawah standar (*under design*), cenderung mengalami keretakan dini yang dalam kasus terburuk mungkin memerlukan penggantian pelat beton.

Dalam manual desain perkerasan jalan Bina Marga 2017 terdapat empat kondisi lapangan yang mungkin terjadi dan harus dipertimbangkan dalam prosedur desain pondasi jalan adalah (Bina Marga 2017:34-35):

1. Kondisi tanah dasar normal, dengan ciri – ciri nilai CBR lebih dari 3% dan dapat dipadatkan secara mekanis. desain ini meliputi perkerasan diatas timbunan, galian atau tanah asli (kondisi normal ini lah yang sering diasumsikan oleh desainer).
2. Kondisi tanah dasar langsung diatas timbunan rendah (kurang dari 3 m) diatas tanah lunak aluvial jenuh. Prosedur laboratorium untuk penentuan CBR tidak dapat digunakan untuk kasus ini, karena optimasi kadar air dan pemadatan secara mekanis tidak mungkin dilakukan di lapangan. Lebih lanjutnya, tanah asli akan menunjukkan kepadatan rendah dan daya dukung yang rendah sampai kedalaman yang signifikan yang membutuhkan prosedur stabilisasi

khusus.

3. Kasus yang sama dengan kondisi B namun tanah lunak aluvial dalam kondisi kering. Prosedur laboratorium untuk penentuan CBR memiliki validitas yang terbatas karena tanah dengan kepadatan rendah dapat muncul pada kedalaman pada batas yang tidak dapat dipadatkan dengan peralatan konvensional. Kondisi ini membutuhkan prosedur stabilisasi khusus.

4. Tanah dasar diatas timbunan diatas tanah gambut.

Setelah pembagian kondisi lapangan dalam prosedur desain pondasi jalan, maka penjelasan setiap bagian kondisi tanah dibagi sebagai berikut:

1. Metode A untuk tanah normal

Kondisi A1 : Apabila tanah dasar bersifat plastis atau berupa lanau, tentukan nilai batas-batas Atterberg (PI), gradasi, nilai Potensi Pengembangan (Potential Swell), letak muka air tanah, zona iklim, galian atau timbunan dan tetapkan nilai CBR dari BaganDesain1 atau dari uji laboratorium perendaman 4 hari.

Kondisi A2 : Apabila tanah dasar bersifat berbutir atau tanah residual tropis (tanah merah, laterit), nilai desain daya dukung tanah dasar harus dalam kondisi 4 hari rendaman, pada nilai 95% kepadatan kering modifikasi.

2. Metode B untuk tanah aluvial jenuh

Lakukan survey DCP atau survey resistivitas dan karakterisasi tanah untuk mengidentifikasi sifat dan kedalaman tanah lunak dan daerah yang membutuhkan perbaikan tambahan (sebagai contoh daerah yang membutuhkan lapis penopang, konstruksi perkerasan khusus, pondasi cakar ayam atau pancang mikro). Jika tanah lunak terdapat dalam kedalaman kurang dari 1 m, maka opsi pengangkatan semua tanah lunak perlu ditinjau keefektivitas biayanya. Jika tidak, tetapkan tebal lapisan penopang (capping layer) dan perbaikan tanah dasar. Tetapkan waktu perkiraan awal pra-pembebanan. Sesuaikan waktu perkiraan awal tersebut (umumnya primary settlement time) jika dibutuhkan untuk memenuhi ketentuan jadwal pelaksanaan melalui analisis geoteknik dan pengukuran seperti beban tambahan (surcharge) atau vertikal drain.

3. Metode C untuk tanah aluvial kering Tanah alluvial kering pada umumnya memiliki kekuatan sangat rendah (misal $CBR < 2\%$) di bawah lapis permukaan kering yang relatif keras. Kedalaman lapisan permukaan tersebut berkisar antara 400 – 600 mm. Identifikasi termudah untuk kondisi ini adalah menggunakan uji DCP. Kondisi ini umumnya terdapat pada dataran banjir kering dan area sawah kering.

Masalah terbesar dari kondisi tanah seperti ini adalah daya dukung yang memuaskan dapat hilang akibat pengaruh dari lalu lintas konstruksi dan musim hujan. Karenanya penanganan pondasi harus sama dengan penanganan kasus tanah aluvial jenuh, kecuali jika perbaikan lanjutan dilakukan setelah pelaksanaan pondasi jalan selesai pada musim kering, jika tidak perbaikan metode B harus dilakukan. Metode perbaikan lanjutan tersebut adalah:

1. Jika lapis atas dapat dipadatkan menggunakan pemadat pada foot roller, maka tebal lapis penopang dari bagan desain dapat dikurangi sebesar 200 mm.
2. Digunakan metode pemadatan dalam terbaru misal High energy Impact Compaction (HEIC) atau pencampuran tanah dalam yang dapat mengurangi kebutuhan lapis penopang.

Untuk menentukan nilai desain pondasi jalan minimum dalam proyek pembangunan jalan baru pada metode Bina Marga 2017 maka dapat dilihat pada Tabel 2.18. dan untuk menentukan desain perkerasan lentur (flexible pavement) pada jalan baru dengan menggunakan metode Bina Marga 2017 maka dapat ditentukan dengan Tabel 2.19, dengan menggunakan metode tersebut perencanaan perkerasan jalan dapat ditentukan dengan mudah, tanpa perhitungan rumus karena dalam pedoman Bina Marga 2017 ini sudah ditentukan tipe dan ketebalan perkerasan serta bahan yang akan digunakan dalam perkerasan lentur.

Tabel 2. 20 Desain Fondasi Jalan Minimum

CBR Tanah Dasar	Kelas Kekuatan Tanah Dasar	Uraian Struktur Fondasi	Perkerasan Lentur		
			Beban lalu lintas pada lajur rencana dengan umur rencana 40 tahun (juta ESA5)		
			< 2	2 - 4	> 4
			Tebal minimum perbaikan tanah dasar		
≥ 6	SG6	Perbaikan tanah dasar dapat berupa	Tidak diperlukan perbaikan		
5	SG5	stabilisasi semen atau material	-	-	100
4	SG4	timbunan pilihan (sesuai persyaratan	100	150	200
3	SG3	Spesifikasi Umum, Devisi 3 –	150	200	300
2,5	SG2.5	Pekerjaan Tanah)	175	250	350
		(pemadatan lapisan ≤ 200 mm tebal gembur)	400	500	600
Perkerasan diatas tanah lunak	SG1	Lapis penopang	1000	1100	1200
		atau lapis penopang dan geogrid	650	750	850
		Lapis penopang berbutir	1000	1250	1500

Sumber: (Bina Marga, 2017)

Tabel 2. 21 – 3. Desain Perkerasan Lentur Opsi Biayaa Minimum Dengan CTB-1

	F1 ²	F2	F3	F4	F5
Untuk lalu lintas di bawah 10 juta ESA5					
	lihat bagan Desain – 3A, 3B dan 3C		Lihat Bagan Desain – 4 untuk alternatif perkerasan kaku ³		
Repetesi beban sumbu kumulatif 20 tahun pada lajur rencana (10 ⁶ ESA5)	> 10 - 30	> 30 - 50	> 30 – 50	> 100 – 200	>200 - 500
Jenis permukaan berpengikat	AC		AC		
Jenis lapis pondasi	Cement Treated Base (CTB)				
AC WC	40	40	40	50	50
WC BC ⁴	60	60	60	60	60
AC BC atau AC Base	75	100	125	160	220
CTB ³	150	150	150	150	150
Pondasi Agregat Kelas A	150	150	150	150	150

Sumber : MDP 2017

1. Ketentuan-ketentuan struktur Fondasi Bagan Desain - 2 berlaku.
2. CTB mungkin tidak ekonomis untuk jalan dengan beban lalu lintas < 10 juta ESA5. Rujuk Bagan Desain - 3A, 3B dan 3C sebagai alternatif.
3. Bagan Desain - 4 sebagai alternatif untuk solusi perkerasan kaku pada kondisi tanah datar biasa (bukan tanah lunak) dapat dipertimbangkan jika life-cycle-cost dan sumber daya setempat memungkinkan.
4. Hanya kontraktor yang cukup berkualitas dan memiliki akses terhadap peralatan yang sesuai dan keahlian yang diizinkan melaksanakan pekerjaan CTB. LMC dapat digunakan sebagai pengganti CTB untuk pekerjaan di area sempit atau jika disebabkan oleh ketersediaan alat.
5. AC-BC harus dihampar dengan tebal padat minimum 50 mm dan maksimum 80 mm.

Tabel 2. 22 - 3B Desain Perkerasan Lentur – Aspal dengan Lapis Fondasi Berbutir

STRUKTUR PERKERASAN								
	FFF1	FFF2	FFF3	FFF4	FFF5	FFF6	FFF7	FFF8
Solusi yang dipilih				Lihat Catatan 2				
Kumulatif beban sumbu 20 tahun pada lajur rencana (10 ⁶ ESA5)	< 2	≥ 2 – 7	> 7 - 10	> 10 - 20	> 20 - 30	> 30 – 50	> 50 - 100	> 100 - 200
KETEBALAN LAPIS PERKERASAN (mm)								
AC WC	40	40	40	40	40	40	40	40
AC BC	60	60	60	60	60	60	60	60
AC Base	0	80	105	145	160	180	210	245
LFA Kelas A	400	300	300	300	300	300	300	300
Catatan	1	2				3		

Sumber : MDP 2017 (7-14)

Catatan Bagan Desain - 3B:

1. FFF1 atau FFF2 harus lebih diutamakan daripada solusi FF1 dan FF2 (Bagan Desain - 3A) atau dalam situasi jika HRS berpotensi mengalami rutting.
2. Perkerasan dengan CTB (Bagan Desain - 3) dan pilihan perkerasan kaku dapat lebih efektif biaya tapi tidak praktis jika sumber daya yang dibutuhkan tidak tersedia.
3. Untuk desain perkerasan lentur dengan beban > 10 juta CESA5, diutamakan menggunakan Bagan Desain - 3. Bagan Desain - 3B digunakan jika CTB sulit untuk diimplementasikan. Solusi dari FFF5 - FFF9 dapat lebih praktis daripada solusi Bagan Desain - 3 atau 4 untuk situasi konstruksi tertentu seperti: (i) perkerasan kaku atau CTB bisa menjadi tidak praktis pada pelebaran perkerasan lentur eksisting atau, (ii) di atas tanah yang berpotensi konsolidasi atau, (iii) pergerakan tidak seragam (dalam hal perkerasan kaku) atau, (iv) jika sumber daya kontraktor tidak tersedia.

4. Tebal minimum lapis fondasi agregat yang tercantum di dalam Bagan Desain - 3 dan 3 A diperlukan untuk memastikan drainase yang mencukupi sehingga dapat membatasi kehilangan kekuatan perkerasan pada musim hujan. Kondisi tersebut berlaku untuk semua Bagan Desain kecuali Bagan Desain - 3 B.
5. Tebal LFA berdasarkan Bagan Desain - 3B dapat dikurangi untuk subgrade dengan daya dukung lebih tinggi dan struktur perkerasan dapat mengalirkan air dengan baik (faktor $m \geq 1$). Lihat Bagan Desain - 3C.
6. Semua CBR adalah nilai setelah sampel direndam 4 hari.

Tabel 2. 16 - 3C Penyesuaian Tebal Lapis Fondasi Agregat A Untuk Tanah Dasar CBR > 7 %

STRUKTUR PERKERASAN									
	FFF1	FFF2	FFF3	FFF4	FFF5	FFF6	FFF7	FFF8	FFF9
Kumulatif beban sumbu 20 tahun pada lajur rencana (10^6 CESA5)	< 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 CBR > 7 - 10	330	220	215	210	205	200	200	200	200
Subgrade CBR $\geq 10 - 15$	260	150	150	150	150	150	150	150	150
Subgrade CBR ≥ 15	200	150	150	150	150	150	150	150	150

Sumber : MDP 2017 (7-15)

2.8 Perencanaan Sistem Drainase

Sistem drainase adalah seperangkat bangunan hidrolis yang fungsinya mengurangi dan/atau mengalihkan kelebihan air dari suatu daerah ke dalam cekungan air (sungai dan danau) atau cekungan buatan. Ketika merancang sistem drainase jalan berdasarkan keberadaan air permukaan dan air tanah, desain drainase jalan dibagi menjadi drainase air permukaan dan air tanah. Secara umum pendekatan perancangan sistem drainase jalan yang ramah lingkungan adalah dengan terlebih dahulu memplot rute jalan yang diteliti pada peta topografi untuk menentukan wilayah pelayanan, sehingga mempertimbangkan kebutuhan untuk menyediakan fasilitas penunjang drainase bangunan seperti saluran jalan, bak penampungan air. Curah hujan dan bangunan pelengkap dapat kita prediksi dengan memperhatikan keberadaan lingkungan terkait dengan kemungkinan dibangunnya bangunan yang menyerap atau menyimpan air. Selain itu, aliran air di permukaan dan bawah tanah harus diperhatikan dengan tetap memperhatikan standar teknis yang berlaku, tanpa mengurangi stabilitas struktur jalan..

Sistem drainase jalan dirancang untuk mengendalikan keluarnya air hujan yang berasal dari jalan dan sekitarnya. lingkungan agar tidak merusak struktur jalan akibat air banjir yang mengalir ke badan jalan atau erosi pada badan jalan. Sistem drainase bawah tanah berfungsi untuk menurunkan muka air tanah serta mencegah dan mengalirkan rembesan dari daerah sekitar jalan dan permukaan jalan atau air yang naik dari permukaan jalan. Jenis drainase sesuai dengan sejarah munculnya drainase alami (natural drainase), terbentuk secara alami, tidak ada bangunan penahan beban. Drainase buatan khusus memerlukan struktur khusus..

2.8.1. Drainase Permukaan

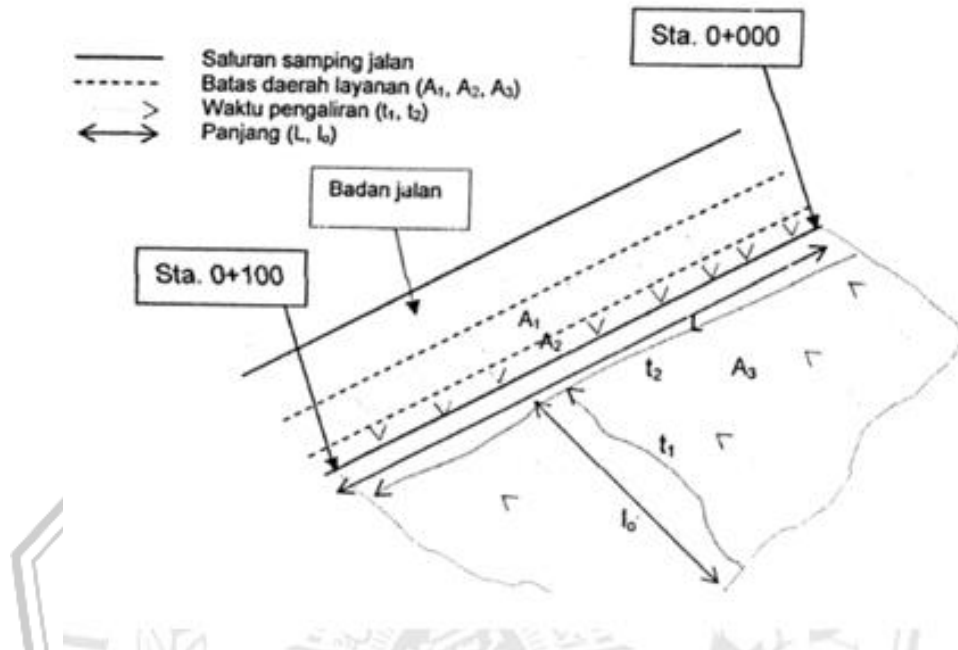
Berikut ini penjelasan aspek-aspek yang harus diperhatikan ketika merencanakan drainase permukaan::

1. Plot rute jalan di peta topografi (L)
 - a. peta rute topografi yang direncanakan ini diperlukan untuk mendapatkan gambaran topografi atau wilayah dan memungkinkan Anda untuk memeriksa kondisi di sepanjang rute yang dilalui

- b. Kondisi tanah di dalam wilayah pelayanan diperlukan untuk menentukan bentuk dan kemiringan yang mempengaruhi pola aliran.
2. Data inventarisasi bangunan drainase yang ada (gorong-gorong, jembatan, dll), meliputi lokasi, ukuran, arah dan kondisi aliran. Data ini digunakan untuk memastikan bahwa desain drainase jalan tidak mengganggu sistem drainase yang ada..
3. Panjang ruas saluran (L)
Penentuan panjang suatu bagian saluran (L) didasarkan pada:
 - a. Direkomendasikan agar kemiringan saluran sama dengan kemiringan jalur jalan raya
 - b. Adanya pembuangan air seperti badan air (misalnya sungai, waduk, dll.).
 - c. Ukuran saluran digunakan melalui trial and error untuk memastikan bahwa ukuran saluran seekonomis mungkin.
4. Luas daerah layanan(A)
 - a. Perhitungan luas wilayah didasarkan pada panjang ruas jalan yang dipertimbangkan
 - b. perlu mengetahui luas area saluran pembuangan jalan (A) untuk memperkirakan kapasitas curah hujan atau jumlah limpasan permukaan yang akan dialirkan ke sistem saluran pembuangan jalan..
 - c. Daerah pelayanan meliputi separuh badan jalan (A1), tepi jalan (A2) dan sekitarnya (A3)
 - d. Besarnya cakupan wilayah tergantung pada lingkungan dan topografi wilayah dan sekitarnya. Panjang daerah tangkapan air yang dihitung meliputi setengah lebar badan jalan (L1), lebar tepi jalan (L2) dan daerah sekitarnya (L3) yang termasuk dalam wilayah perkotaan, yaitu. $H. \pm 10$ m, dan tidak terbagi menjadi wilayah perkotaan, tergantung topografi wilayah tersebut.
 - e. Bila perlu, dibuat beberapa saluran di daerah perbukitan (lihat subbagian Drainase Lereng) untuk mengalirkan air dari daerah perbukitan yang batas daerah pelayanannya berada di puncak bukit tanpa mempengaruhi kestabilan lereng. Untuk

memastikan saluran hanya dapat mengalirkan air dari sekitar wilayah pelayanan (A3), penjelasan kondisi teknisnya disajikan secara skematis pada Gambar 2.7.

f. Zona drainase saluran samping adalah sebagai berikut:



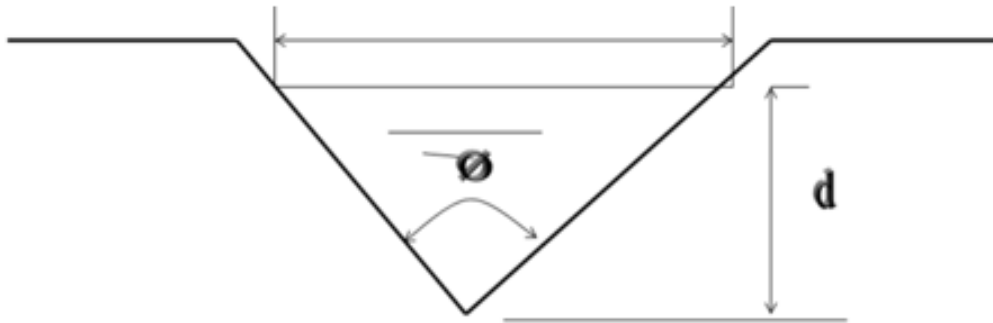
Gambar 2.7 Daerah Pengaliran Saluran Samping Jalan

2.8.2. Bentuk-Bentuk Saluran

1. Bentuk segitiga

Bentuk segitiga ini menjadikan sudut segitiga sebagai alas saluran, sehingga perhitungan keliling dan luas basah ditunjukkan pada Gambar:2.8 Bentuk segitiga berikut:

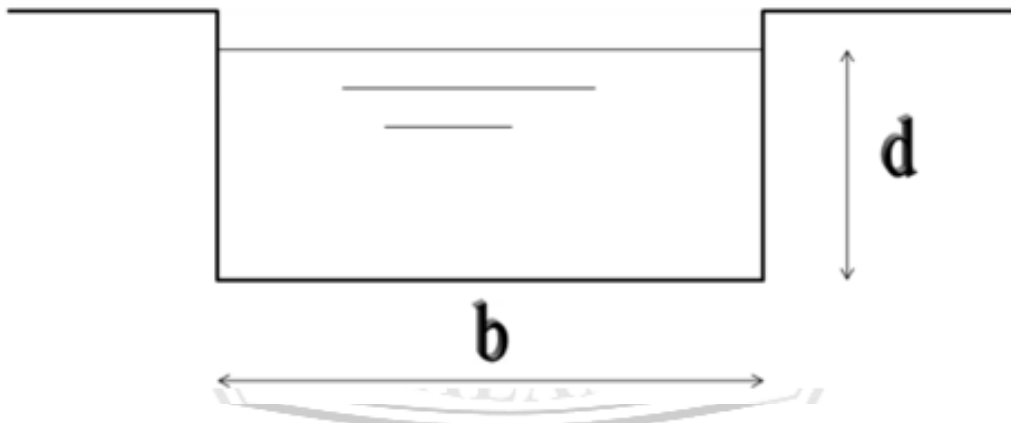
1. Sudut alas saluran $\theta = 90^\circ - 15^\circ$
2. $\theta = 90^\circ \diamond F = d^2$
3. θ tidak $90^\circ \diamond F = (b \times d)/2$



Gambar 2. 8 Bentuk Saluran Segi Tiga

2. Saluran Bentuk Segiempat

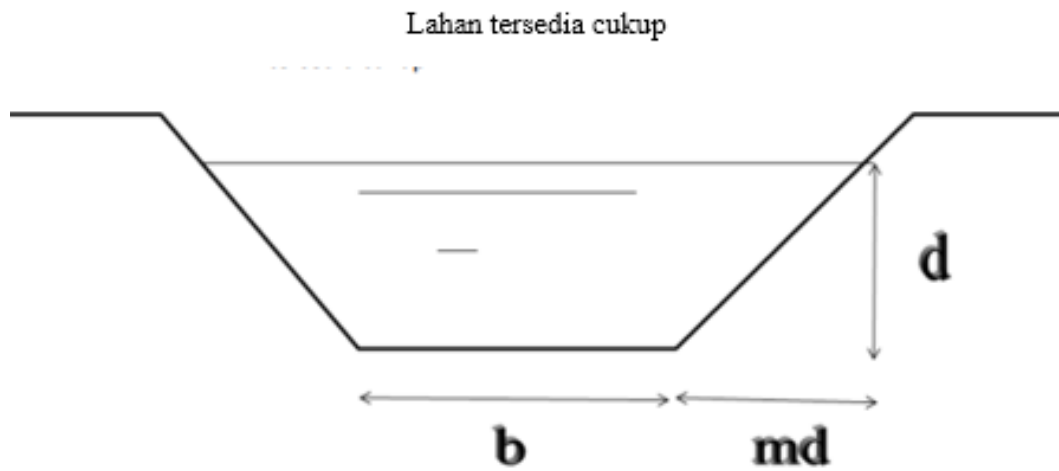
Bentuk persegi panjang adalah bentuk yang umumnya digunakan pada ruas jalan dengan tunjangan jalan terbatas, karena bentuk ini dapat diterapkan pada area luas yang termasuk dalam jalan sempit, seperti terlihat pada Gambar:2.9 Bentuk saluran persegi panjang berikut: dengan syarat lebar (b) \geq kedalaman saluran (d); $F = bd$



Gambar 2. 9 Bentuk Saluran Segi Empat

3. Saluran trapesium

Saluran trapesium ini memerlukan luas jalan yang cukup luas, secara skematis dapat dilihat pada gambar : 2.10 Saluran trapesium sebagai berikut : Kemiringan tanggul cukup untuk mengalirkan air $F = d (b + md)$

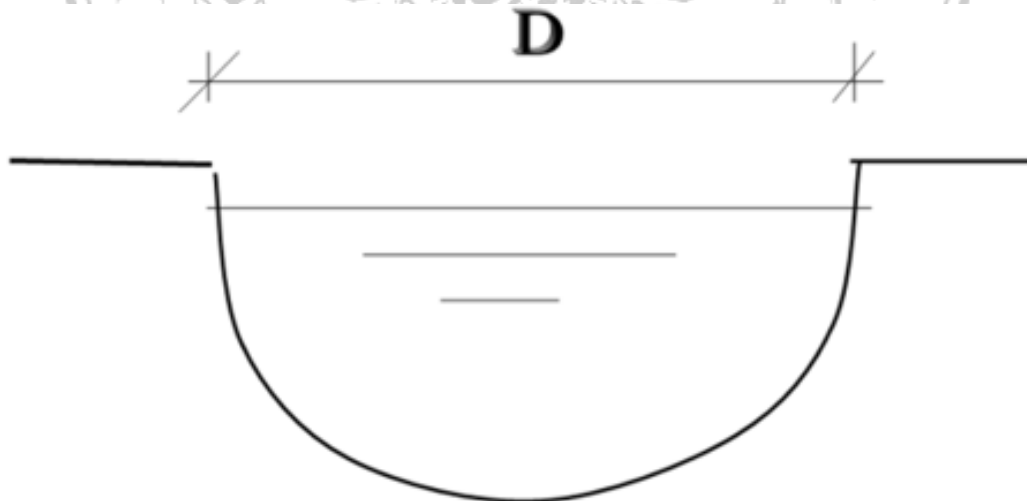


Gambar 2. 10 Bentuk Saluran Trapezium

4. Saluran setengah lingkaran

Saluran setengah lingkaran ini dipotong melingkar dan secara skematis dapat ditunjukkan pada gambar: 2.11 Saluran setengah lingkaran tampak seperti ini:

Luas lahan basah adalah : $F = \frac{1}{8}\pi D^2$



Gambar 2. 11 Bentuk Saluran Setengah Loingkaran

2.9 Rencana anggaran biaya

Dalam merencanakan sebuah konstruksi tentu memerlukan perkiraan biaya untuk mengetahui berapa besar biaya yang diperlukan untuk membangun sesuatu proyek konstruksi. Tanpa adanya rencana penganggaran biaya (RAB), besar kemungkinan biaya akan meningkat akibat pembelian material yang tidak sesuai dengan jumlah yang tersedia di lokasi, gaji karyawan yang tidak terkontrol dengan baik, pembelian alat yang tidak diperlukan dan berbagai dampak lainnya. Oleh karena itu peran Rencana Anggaran Biaya (RAB) sangat penting dalam proyek tersebut. Ada dua cara untuk mendapatkan manfaat dari pembuatan anggaran belanja:

1. Perkiraan anggaran biaya (estimasi) adalah harga satuan per meter persegi ruang yang dapat digunakan sebagai pedoman. Perkiraan anggaran yang dihitung secara tepat juga dapat menjadi pedoman dalam pembuatan RAB.
2. Anggaran belanja yang akurat, suatu proyek yang diperhitungkan secara cermat dan teliti sesuai dengan syarat-syarat penyusunan anggaran belanja.

Tujuan penyusunan RAB adalah untuk mengevaluasi item pekerjaan sebagai pedoman menjaga biaya selama masa pelaksanaan. Dan juga agar bangunan yang sedang dibangun dapat dibangun secara efektif dan efisien.

Peran RAB adalah memberikan pedoman pelaksanaan pekerjaan dan menyediakan alat untuk pengontrol pelaksanaan pekerjaan.

2.9.1. Analisa Harga Satuan Dasar (HSD)

HSD merupakan komponen penetapan harga satuan pekerja (HSP) yang memerlukan HSD untuk tenaga kerja, HSD untuk alat, dan HSD untuk material. Setelah memperoleh data HSD diterima, seluruh data dimasukkan kedalam rangkuman RAB kemudian dikalikan dengan volume. Berikut langkah-langkah menghitung komponen HSD menurut HSPK Kab Malang (2021).

1. HSD Tenaga Kerja

Untuk menghitung harga satuan pekerjaan, maka perlu ditetapkan terlebih

dahulu harga standar untuk upah yang sesuai dengan peraturan daerah (Gubernur, Walikota, Bupati) setempat sebagai HSD tenaga kerja (Kementrian PUPR).

Untuk menghitung harga satuan pekerjaan, maka perlu ditetapkan dahulu bahan rujukan harga standar untuk upah sebagai HSD tenaga kerja. Langkah perhitungan HSD tenaga kerja menurut Kementrian Pekerjaan Umum 2016 adalah sebagai berikut:

1. Sebutkan jenis keterampilan kerja yang diperlukan, misalnya pekerja (P), pengrajin (Tx), mandor (M) atau ahli pengrajin (KaT).
2. Mengumpulkan data gaji sesuai peraturan daerah setempat (Gubernur, Walikota, Bupati), data gaji dari survei di lokasi yang berdekatan dan berlaku di wilayah tempat pekerjaan dilakukan
3. Menghitung pegawai yang berasal dari luar daerah dengan memperhitungkan biaya makan, penginapan dan transportasi selama masa kontrak.
4. Menentukan jumlah hari kerja sebenarnya dalam sebulan (24 sampai 26 hari) dan jumlah jam sebenarnya dalam sehari (7 jam).
5. Menghitung biaya upah per pekerja yaitu per jam dan per orang.
6. Rata-rata seluruh biaya upah per jam sebagai tarif rata-rata per jam. **HSD Alat**

Analisis HSD peralatan memerlukan data gaji operator atau pengemudi, spesifikasi peralatan (kinerja mesin, kapasitas pengoperasian peralatan, umur ekonomis peralatan, biaya operasional tahunan dalam jam), harga peralatan, dan harga peralatan Faktor investasi peralatan termasuk bunga bank dan asuransi peralatan. Alat HSD memperhitungkan biaya tetap per jam dan biaya operasional per jam (Kementerian PUPR)

1. HSD Bahan

Faktor-faktor yang mempengaruhi harga properti bahan adalah kualitas, kuantitas dan tempat asal bahan. Faktor-faktor yang berkaitan dengan kuantitas dan kualitas bahan harus ditentukan sesuai dengan spesifikasi yang berlaku. Data harga satuan dasar bahan dalam perhitungan analitis ini digunakan untuk mengontrol harga yang ditawarkan oleh penyedia jasa. Harga tanah bahan dapat dibagi menjadi tiga bagian, yaitu:

1. Harga tanah bahan mentah, misalnya batu, pasir, semen, baja tulangan, dan sebagainya.
2. Harga properti bahan yang diolah, misalnya: agregat kasar dan halus, campuran semen-beton, campuran aspal, dan lain-lain.
- . Harga tanah untuk material kemasan seperti tiang pancang beton prefabrikasi, pelat prefabrikasi, geosintetik dan lain-lain

Untuk menghitung harga satuan suatu pekerjaan, Anda harus terlebih dahulu menentukan harga referensi bahan atau HSD bahan, dikonversi ke satuan ukuran standar. Analisis HSD material memerlukan data bahan baku serta biaya transportasi bahan baku dan biaya produksi bahan yang sudah diproses atau jadi.

