

BAB II

TINJAUAN MASALAH

2.1 Tinjauan Pustaka

2.1.1 Perencanaan Perkerasan

Rencana mendasar dari *Street Clearing* adalah untuk memeriksa dan memahami pentingnya kerangka kerja pembangunan, khususnya yang terkait dengan Pembangunan Antar Negara. Pendekatan baru ini didekatkan dengan teknik utama yang memusatkan perhatian pada jenis kekuatan pembangunan jalan yang sebenarnya, yang memerlukan survei perencanaan yang lebih komprehensif dan tepat. [1]

Penataan aspal jalan sangat penting untuk penataan jalan, yang berfokus pada penataan datar dan vertikal untuk memenuhi kapasitas inti jalan dalam memberikan kenyamanan optimal bagi arus lalu lintas dan akses pergerakan.

Pengaturan tikungan, kemiringan, jarak pandang, dan kombinasi dari elemen-elemen tersebut dikenal sebagai penataan aspal jalan, dan hal ini melibatkan pengaturan segmen jalan yang mencakup konfigurasi datar dan vertikal. Selain itu, perencanaan jalan juga mencakup penentuan jumlah mobil yang akan diizinkan melintas di jalan, lebar aspal yang dapat ditembus, dan saluran rembesan di kedua sisi jalan.

Meskipun umur rata-rata untuk perbaikan jalan adalah 10 tahun, namun sering kali umurnya mencapai 20 tahun untuk black-top khusus yang digunakan pada jalan baru. Umur rencana yang lebih dari 20 tahun tidak lagi dianggap bijaksana karena pertumbuhan lalu lintas yang cukup besar. Sesuai Sukirman (1992:93), Kendaraan/hari/2 lajur untuk jalan dua arah tak terbagi dan kendaraan/hari/1 lajur untuk jalan satu arah atau dua arah terbagi digunakan untuk menyatakan volume lalu-lintas dalam rangka mengendalikan ketebalan aspal. (1992:94) Sukirman

2.1.2 Ekuivalen Kendaraan Ringan

Investigasi antara jenis kendaraan dan kendaraan ringan menggunakan faktor pengali ekuivalen kendaraan ringan (ekr) untuk LHR. Tipe jalan, volume lalu lintas keseluruhan, dan tipe tata letak jalan memiliki pengaruh terhadap ekr.

Tabel di bawah ini menunjukkan Pedoman Titik Batas Kecepatan Jalan Indonesia (PKJI 2014). Mereka mengklaim bahwa meskipun ekr untuk kendaraan besar masih diperdebatkan, ekr untuk mobil kompak adalah satu.

Tabel 2.2 Ekuivalen Kendaraan ringan untuk tipe 2/2TT

Tipe Jalan	Arus lalu lintas total dua arah (kend/jam)	Ekr		
		KB	SM	
			Lebar jalur lalu lintas, Ljalur	
		$\leq 6m$	$> 6m$	
2/2 TT	>3700	1,3	0,5	0,40
	≥ 1800	1,2	0,35	0,25

Sumber : Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI 2014)

Tabel 2.3 Ekuivalen Kendaraan ringan untuk jalan terbagi dan satu arah

Tipe Jalan	Arus lalu lintas per jalur (kend/jam)	Ekr	
		KB	SM
2/1. dan 4/2T	< 1050	1,3	0,40
	≥ 1050	1,2	0,25
3/1, dan 6,2D	< 1100	1,3	0,40
	≥ 1100	1,2	0,25

Sumber : Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI 2014)

2.1.2.1 Pemisah Arah

Pembagian arah adalah rasio jumlah kendaraan dalam satu lajur terhadap jumlah total kendaraan di kedua lajur. Ketika lalu lintas mengarah di kedua arah pada jalan dua arah, jalan tersebut sering kali dibagi menjadi 60/40 dari keseluruhan arus lalu lintas. Pembatasan jalan dua arah yang paling mencolok terjadi pada pembagian 50/50, yang terjadi ketika arus lalu lintas di kedua lajur sama untuk periode waktu yang diteliti (biasanya 60 menit).

2.1.2.2 Faktor SKr

Komponen yang digunakan untuk memperkirakan titik-titik batas yang mengubah lonjakan kendaraan per jam menjadi arus yang hampir sama dalam skr (satuan kendaraan ringan).

2.1.2.3 Faktor K

Faktor-faktor berikut ini mempengaruhi pergeseran tahunan dari lalu lintas harian rata-rata (LHRT) ke lalu lintas jam sibuk.

2.1.2.4 Kecepatan Arus Bebas

Kecepatan arus bebas (V_B) dalam kaitannya dengan Pedoman Batas Jalan Luar Kota 2014 didefinisikan sebagai berikut: - Kecepatan hipotetis yang biasanya terjadi jika tidak ada kendaraan lain. - Kecepatan tercepat yang dirasakan nyaman oleh pengendara kendaraan bermotor dalam situasi tertentu tanpa adanya kemungkinan bertemu dengan lalu lintas lain. Seseorang dapat menghitung kecepatan arus bebas dengan menggunakan kondisi berikut:

$$V_B = (V_{BD} + FV_{LE}) \times FV_{B-HS} \times FV_{B2KFJ} \quad \text{Pers. 1}$$

dengan:

$$V_B = \text{kecepatan arus bebas di lapangan (km/jam)}$$

V_{BD} = arus lalu lintas kendaraan ringan dasar pada rute dan lajur yang ditentukan (dalam kilometer per jam)

FV_{B-HS} = lebar bahu dan rintangan samping sebagai faktor penyesuaian

$FV_{B,KFJ}$ = variabel menurut kelas fungsi jalan dan penggunaan lahan

2.1.3 Jalan

Terdapat dua kerangka kerja jaringan jalan wajib dan opsional untuk pengelompokan jalan yang mengacu pada Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 34 tahun 2006 yang mengatur tentang jalan.

Sistem Jalan Primer

1. Jalan arteri primer

Jalan arteri primer dengan lebar jalan dasar 11 meter, jalan arteri primer dirancang dengan kecepatan pengaturan dasar 60 km/jam. Selain itu, transportasi tidak boleh terhambat oleh acara lokal, lalu lintas berulang, atau lalu lintas lokal. Mereka tidak boleh melanggar batas ketika memasuki daerah perkotaan dan daerah peningkatan metropolitan.

2. Jalan kolektor primer

Desain jalan kolektor primer didasarkan pada kecepatan minimum yang diinginkan yaitu empat puluh kilometer per jam dan lebar minimum sembilan meter untuk rute tersebut. Tidaklah tepat untuk memutuskan jalan otoritas vital yang melintasi wilayah perkotaan dan wilayah pengembangan metropolitan.

3. Jalan lokal primer

Jalan lokal yang direncanakan memiliki lebar jalan dasar 7,5 meter dan kecepatan rencana dasar 20 km/jam. Jalan-jalan tersebut tidak boleh terbelah ketika mendekati daerah pedesaan.

4. Jalan lingkungan primer

Jalan lingkungan primer dirancang dengan lebar minimum 6,5 meter dan kecepatan minimum 15 kilometer per jam. Lebar jalan dasar untuk jalan lingkungan yang tidak cocok untuk kendaraan beroda tiga atau lebih harus 3,5 meter.

Sistem Jalan Sekunder

1. Jalan arteri sekunder

Lebar jalan dasar 11 meter dan kecepatan dasar 30 km/jam menjadi pertimbangan saat merencanakan jalan arteri sekunder. Kendaraan yang bergerak lambat seharusnya tidak menyebabkan kemacetan.

2. Jalan kolektor sekunder

Kecepatan dasar yang diatur sebesar 20 km/jam dan lebar jalan dasar sebesar 9 m dipertimbangkan saat merencanakan jalan pengumpul opsional. Kendaraan yang bergerak lambat tidak boleh dibiarkan menghambat lalu lintas di jalan khusus ini.

3. Jalan lokal sekunder

Jalan lokal sekunder dirancang dengan lebar jalan dasar 7,5 meter dan kecepatan pengaturan dasar 10 km/jam.

4. Jalan lingkungan sekunder

Jalan lingkungan yang bersifat opsional dirancang dengan lebar aspal dasar 6,5 meter dan kecepatan konfigurasi dasar 10 km/jam. Jalan tersebut harus memiliki lebar jalan dasar 3,5 meter jika tidak diizinkan untuk digunakan oleh kendaraan bermotor dengan setidaknya tiga roda.

2.1.3.1 Tipe Jalan

Tata letak jumlah rute dan bantalan jalan menentukan jenis jalan. Jenis jalan yang menyertai ada di antara jalan-jalan kota sebagai hasil dari Peraturan Batas Jalan Kota Eksternal 2014 sebagai berikut:

- 2 lajur 1 arah (2/1)

- 2 lajur 2 arah tak terbagi (2/2TT)
- 4 lajur 2 arah tak terbagi (4/2TT)
- 4 lajur 2 arah tak terbagi (4/2T)
- 6 lajur 2 arah terbagi (6/2T)

2.1.3.2 Kelas Jarak Pandang

Jarak pandang adalah jarak terjauh yang dapat dilihat oleh pengendara kendaraan bermotor dari jarak pandang mereka, yaitu 1,3 meter. Segmen jalan dengan jarak pandang lebih dari 300 meter diperhitungkan saat menetapkan kelas jarak pandang.

Tabel 2.4 Kelas Jarak Pandang (KJP)

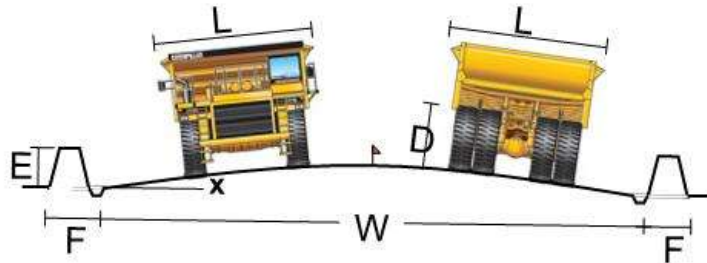
Kelas Jarang Pandang	% segmen jalan dengan jarak pandang \geq 300m
A	> 70
B	30 – 70
C	< 30

Sumber : Pedoman Kapasitas Jalan Luar Kota 2014 hal. 4

2.1.3.3 Penampang Melintang

Untuk memastikan keselamatan pekerja, pergerakan melintasi bagian jalan dapat diidentifikasi dengan menggunakan tabel terlampir, sesuai dengan

rekomendasi dari Pembantu Khusus untuk Pemeriksaan Keamanan Kerja (2015).



Gambar 2.1 Penampang melintang jalan

Sumber : Panduan Teknis Penyusunan Job Safety Analysis

Tabel 2.5 Penentuan Lebar Jalan

No	Parameter	unit	Biggest truck Operation												
			K350	A400	TR60	HD465	TR100	HD785	EH1700	777D	HD1500	789Cat	730 Cat	793 Cat	
A	Truck width	L	m	2.5	3.4	5	5.4	5.9	5.7	6.1	6	6.6	7.7	7.5	7.6
B	Tire height	D	m	1.2	2.1	2.1	2.1	2.6	2.6	2.5	2.6	3.6	3.3	3.3	3.4
C	Nett Road Width	$w=3,5L$	m	9	12	17	19	21	20	21	21	24	27	26	26
D	Cross Fall	x	%	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
E	Berm Height	$0,75B$	m	0.9	1.6	1.6	1.6	1.9	1.9	1.8	1.9	2.7	2.5	2.5	2.6
F	Berm width	$(2xE)+1$	m	2.8	4.2	4.1	4.1	4.9	4.9	4.7	4.9	5.4	5.9	5.9	6.1
G	Ditch Width	$2 \times 0,5$	m	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
H	Total Road Width	$C+F+G$	m	13	17	23	24	27	26	27	27	30.4	34	33	34

2.1.3.4 Rumus Umum

Ini adalah parameter dari ketentuan yg di tetapkan oleh Kementrian pertambangan republik indonesia.

NO	DESKRIPSI	PARAMETER
1	Kecepatan Rencana (Design Speed)	$V = 60 \text{ KM/JAM}$
2	Lebar Jalan Bersih (Nett Road Width)	$W = (1.5N+0.5)L$ $N = \text{Jumlah Jalur Jalan (Lane)}$ $L = \text{Lebar alat hauling terbesar}$ Catatan : Untuk 2 Jalur maka $W = 3.5 L$
3	Grade Jalan	Max = 8% untuk Rigid DT Max = 12% untuk Articulated DT
4	Jarak pandang (Sight Distance)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Jalan lurus : minimum sama dengan jarak henti pengereman DT (<i>stopping distance</i>) ▪ Tikungan (Horizontal Curves) harus dipastikan tidak ada yang menghalangi pandangan di seberang tikungan dan dapat melihat ujung vessel Dump Truck di depannya. ▪ Tanjakan (Vertical Curves) harus dapat melihat/mengidentifikasi hazard yang dipasang di depan (dibagian turunan) atau minimum 150m. (Lihat Ilustrasi)

Tabel 2.2 Parameter rumus umum perkerasan jalan tambang

5	Superelevasi	$e = \text{Max } 5\%$
6	Horizontal Curve Radius	R harus lebih besar dari minimum Turning Radius DT terbesar ; atau $R = V^2 / [127 \cdot (e+f)]$ $e = \text{superelevasi}$ $f = \text{koefisien gesek antara ban dan permukaan jalan}$
7	Cross Fall (Crown)	$c = 2\% - 4\%$
8	Drainage	Ditch : - Dibuat dikedua bagian sisi jalan, dan dipastikan air dapat mengalir dengan minimum kemiringan saluran 1% atau mengikuti kemiringan long section jalan. atau : - Berbentuk V dengan perbandingan tidak lebih dari 2H:1V - Kedalaman 0.5m, diukur dari bagian permukaan subgrade
9	Safety Berm	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tinggi minimum = $3/4 X$ Tinggi ban atau Diameter luar ban dari DT terbesar ▪ Kemiringan/slope tidak lebih dari 1H:1V (45°) ▪ Setiap 25m s.d 50m dapat dibuat <i>gap</i> / "antara" dengan lebar 0.5m s.d 1m untuk drainage/aliran air permukaan jalan.

Tabel 2.3 Parameter rumus umum perkerasan jalan tambang

2.1.3.5 Kecepatan Rencana

Perencanaan geometrik jalan didasarkan pada Kecepatan Rencana (VR), yang merupakan kecepatan yang dipilih. Jika penurunannya kurang dari 20 km/jam, VR segmen jalan dapat dikurangi untuk kondisi medan yang bermasalah.

Tabel 2.6 Kecepatan rencana (V_R) sesuai klasifikasi fungsi dan klasifikasi medan jalan

Fungsi	Kecepatan Rencana VR (km/jam)		
	Datar	Bukit	Pegunungan
Arteri	70 – 120	60 – 80	40 – 70
Kolektor	60 – 90	50 – 60	30 – 50
Lokal	40 – 70	30 – 50	20 – 30

Sumber : Modul Ajar Rekayasa Jalan Raya

Konstruksi Perkerasan Lentur

Untuk salah satu jenis permukaan jalan yang dikenal sebagai perkerasan lentur, aspal berfungsi sebagai pengikat. Dua teknik untuk menentukan ketebalan perkerasan lentur adalah prosedur Bina Marga dan AASTHO. Pada tugas akhir ini digunakan metode Bina Marga "Manual Perencanaan Campuran Beraspal". Manual Perencanaan Campuran Beraspal Jalan (2013) memberikan pendekatan perencanaan untuk mengatur aspal yang dapat beradaptasi pada subbab 13. Berikut ini langkah – langkahnya:


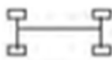









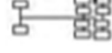





- 1) Memilih umur rencana aspal yang direncanakan
- 2) Menunjukkan CESA4 ketika aspal terpapar dan hanya tersebar sedikit (Burda).
- 3) Memilih Pengali Lalu Lintas (TM) jika anda menggunakan *Circular Plan*, sistem pemrograman robotic Australia yang digunakan oleh *Austroads 2004*.

- 4) Menentukan CESA5 jika menggunakan rencana aspal yang dapat disesuaikan.
- 5) Memilih jenis aspal berdasarkan volume lalu lintas pada umur rencana.
- 6) Memiliki pondasi tanah dasar yang sama dengan daya dukung yang sama.
- 7) Tentukan pilihan teknik desain pondasi jalan anda berdasarkan jenis tanah dasar.
Ukurlah ketebalan trotoar dengan menggunakan bagan desain yang relevan.
- 8) Untuk memverifikasi kekuatan structural, ukurlah ketebalan setiap lapisan dengan menggunakan Pd T-01-2002-B atau Desain Mekanis (Austroads, 2008).

2.2 Survei Pencacahan Lalu Lintas

Survei pencacahan lalu lintas, kadang-kadang disebut survei penghitungan, menggunakan penghitung yang praktis pada jam tertentu. Pengumpulan jenis kendaraan yang dihitung secara manual dalam rangka Studi Daftar Lalu Lintas Pd.T-19-2004 penghitungan lalu lintas yang dilakukan pada jam tertentu dengan menggunakan alat penghitung yang praktis. pengumpulan jenis kendaraan dengan pendekatan manual dalam rangka studi identifikasi lalu lintas Pd.T-19-2004-B

Tabel 2.7 Golongan dan kelompok jenis kendaraan

Golongan	Kelompok Jenis Kendaraan	Jenis Kendaraan	Konfigurasi Sumbu	Kode
1a	Bus kecil			1.1
1b	Bus besar			1.2
2a	Truk ringan 2 sumbu	 		1.1
2b	Truk sedang 2 sumbu	 		1.2
3a	Truk 3 sumbu			1.2.2
3b	Truk gandeng			1.2.2-2.2
6a	Truk ringan 2 sumbu	 		1.2.2.2.2

Sumber: Pd.T-19-2004-B

Hasil *traffic counting* diolah untuk dikelompokkan pada kategori jenis – jenis kendaraan yaitu sebagai berikut [5]:

1. Menurut klasifikasi kendaraan Bina Marga, kendaraan bermotor dengan dua gandar yang berjarak 3,5 hingga 5,0 meter dikategorikan sebagai kendaraan berat sedang (KBM). Contoh kendaraan tersebut adalah bus kecil dan truk dua as dengan enam roda.
2. Bus Transportasi Besar (BB) transportasi dengan beberapa gandar yang berjarak lima hingga enam meter.

3. Truk Besar (TB): Truk tiga sumbu dan truk campuran dengan jarak antar simpul (dari simpul pertama ke simpul kedua) kurang dari 3,5 meter (sesuai dengan kerangka kerja pengaturan Bina Marga).

2.2.1 Jenis dan Jumlah Unit Kendaraan

Ada beberapa jenis dan jumlah unit kendaraan di jalan tambang batubara, data jenis dan jumlah unit kendaraan yang ada di jalan tambang batubara dan unit kendaraan yang melalui jalan raung ada di tabel berikut.

Tabel 2.8 Jenis, Jumlah dan kapasitas alat kendaraan.

Equipment	Model	Quantity	Capacity
<i>Excavator</i>	PC3000	5	15m ³
	EX2500	2	15m ³
<i>Dump Truck</i>	PC2000	14	13m ³
	CAT785	14	200 ton
	EH1700	80	100 ton
	HD785 OB	118	100 ton
	HD785 COAL	20	150 ton
	FM09	5	20 ton
	<i>Wheelloader</i>	CAT992C	2
	WA800	5	12m ³
<i>Primemover</i>	SCANIA R580	15	550HP
<i>Transport</i>	Strada L200	28	1 ton
	Hino FC190	10	190 HP

2.3 Kriteria Desain

Memanfaatkan blacktop sebagai penutup dikenal sebagai pengembangan aspal adaptif. Lapisan perkerasan mendukung beban lalu lintas pada tanah dasar. Konstruksi aspal serbaguna biasanya terdiri dari banyak lapisan material, yang

masing-masing memindahkan beban dari lapisan di atasnya ke lapisan di bawahnya. Akibatnya, semakin rendah lapisan di bawahnya, semakin kecil timbunan yang dapat ditopang. Lapisan bahan sering kali diatur dalam permintaan penyelaman sesuai dengan batas daya dukungnya untuk memanfaatkan fitur-fitur yang disebutkan di atas. Material penahan beban yang paling menonjol (dan mahal) ditemukan di lapisan atas, sedangkan material penahan beban yang paling murah dan paling sedikit ditemukan di lapisan bawah. (Sukirman, 1992).

Menurut Hardiyatmo (2017), ada beberapa lapisan yang membentuk aspal adaptif, yaitu lapis permukaan (*surface course*), lapis pondasi atas (*base course*), dan lapis pondasi bawah (*subbase course*). Tipikal perkerasan lentur disajikan pada gambar dibawah ini:



Gambar 2.1 Perkerasan lentur pada permukaan tanah asli (MDP, 2017)



Gambar 2.2 Perkerasan lentur pada timbunan (MDP, 2017)



Gambar 2.3 Perkerasan Lentur Pada Galian (MDP, 2017)

2.4 Struktur Lapisan

Lapisan Permukaan (*Surface Course*)

Lapisan teratas dari aspal fleksibel, yang disebut sebagai lapisan permukaan, terdiri dari beberapa komponen:

- Lapisan yang sangat stabil yang menopang beban ban sepanjang masa pakainya.
- Lapisan kedap air untuk melindungi struktur jalan dari kerusakan akibat kondisi cuaca.
- Berfungsi sebagai lapisan aus (*wearing course*).

Menurut Sukirman (1992:9), lapisan permukaan (*surface course*) terbagi menjadi dua jenis:

Lapisan dengan nilai struktural dan fungsi sebagai lapisan keausan serta mendukung dan mendistribusikan beban roda dan Lapisan kedap air, yang terdiri dari:

- Lapen (*penetrasi Macadam*)

Terdiri dari total penguncian dan kepala yang terbuka dan dinilai secara konsisten yang diperkuat oleh bagian atas hitam yang ditaburkan di atasnya dan dipadatkan lapis demi lapis dengan ketebalan 4-10 cm.

- Lasbutag (*Lapisan asbuton agregat*)

Setiap lapisan memiliki ketebalan antara tiga hingga lima sentimeter dan terdiri dari campuran total, asbes, dan ahli peleburan yang telah didispersikan, dicampur, dan dikompresi secara dingin.

c. Laston (lapisan aspal beton)

Terbuat dari bagian atas hitam yang keras yang dikombinasikan dengan total yang didistribusikan, dicampur, dan dipadatkan secara seragam pada suhu tertentu.

Pada kenyataannya, lapisan yang tidak memiliki nilai pengembangan berfungsi sebagai lapisan kedap air dan keausan., terdiri atas:

a. Burtu, atau lapisan aspal dalam satu lapisan, terdiri dari satu lapisan yang bergradasi secara konsisten dan bagian atas berwarna hitam yang tebalnya bisa mencapai dua sentimeter.

b. Burda, atau lapisan aspal dua lapis, terdiri dari lapisan atas berwarna hitam yang ketika dipadatkan memiliki ketebalan 3 5 cm dan telah dibersihkan sebanyak dua kali.

c. Latasir, atau "lapisan tipis pasir hitam", adalah lapisan pasir alami bergradasi padat setebal satu hingga dua milimeter yang telah disebar, dicampur dengan aspal, dan dipadatkan pada temperatur tertentu. (Laburan aspal)

Terdiri dari lapisan atas hitam yang telah ditaburi pasir berukuran 3/8 inci.

d. Lapisan tipis asbuton murni yang dikenal sebagai latasbun terdiri dari kombinasi dingin dengan ketebalan maksimum satu sentimeter, yang terdiri dari persentase asbuton dan pelembut tertentu.

e. Lataston adalah lapisan tipis beton aspal yang terdiri dari berbagai jumlah bagian atas yang keras dan berwarna gelap, pengisi mineral (saluran), dan bahan yang diteliti secara keseluruhan yang dicampur, diaduk, dan dikompresi dalam lingkungan yang dipanaskan hingga ketebalan maksimum 2,5-3 cm.

2.5 Lapisan Pondasi

2.5.1 Lapisan Pondasi Atas (Base Course)

Menurut Sukirman (1992: 11), lapisan pondasi atas memiliki catatan serbaguna (PI) kurang dari 4% dan CBR minimal 50%. Letaknya di antara lapisan permukaan dan lapisan pondasi bawah yang mempunyai fungsi sebagai berikut:

- a. Bagian dari perkerasan yang mendistribusikan beban ke lapisan pondasi bawah dengan menyerap gaya langsung dari beban roda.

b. Lapisan peresapan untuk lapisan pendirian yang paling rendah.

c. Menurut Sukirman (1992:12), berikut adalah jenis-jenis lapisan stabilisasi atas yang banyak digunakan di Indonesia:

- a. Batu pecah kelas A
- b. Batu pecah kelas B
- c. Batu pecah kelas C
- d. Pondasi makadam
- e. Pondasi telfrod
- f. Lapen
- g. Lapis pondasi atas
- h. Stabilisasi yang meliputi:
 1. Stabilisasi semen agregat (base with asphalt treatment)
 2. Stabilisasi menggunakan kapur Pondasi dari beton dan aspal (base with asphalt treatment)
 3. Stabilisasi dengan semen (cement-treated base)
 4. Agregat distabilisasi menggunakan kapur, yaitu base yang terdiri dari kapur.
 5. Agregat distabilisasi dengan aspal (base yang dilapisi aspal).

2.5.2 Lapisan Pondasi Bawah (Subbase Course)

Menurut Sukirman (1992:12), tanah dasar dengan nilai CBR dan Pliancy File (PI) terletak di antara lapis pondasi atas dan lapis pondasi bawah yang mempunyai fungsi, antar lain:

- a. Sebagai pengembangan aspal yang mendistribusikan beban roda ke tanah dasar.
- b. Untuk memastikan bahwa lapisan pondasi tetap bebas dari kotoran tanah dasar.
- c. Memanfaatkan secara efisien bahan yang biasanya sederhana untuk mengurangi ketebalan lapisan yang ada di atasnya.
- d. Tata Letak Aspal dan Jumlah Koefisien Jalur Pengangkutan

2.6 Perencanaan Tebal Perkerasan dengan Metode Bina Marga

Rasio tekanan antara redundansi simpang dan pengulangan yang diizinkan adalah nilai beban lalu lintas yang digunakan dalam strategi Bina Marga 2003 sebagai acuan perencanaan. (Pd T-14-2003).

2.6.1 Jumlah Jalur dan koefisien Distribusi Kendaraan (C)

Rute yang paling sering digunakan untuk kendaraan perusahaan adalah jalur pengaturan, yang merupakan salah satu jalan antarnegara bagian. Jika tidak ada rambu pembatasan lajur di jalan, lebar perkerasan dapat digunakan untuk menghitung jumlah lajur dan koefisien distribusi (C) kendaraan niaga, sesuai dengan tabel. (Pd T-14-2003)

Tabel 2.1 Jumlah Jalur dan Koefisien Distribusi Kendaraan

<u>Lebar Perkerasan (L)</u>	<u>Jumlah Lajur (n)</u>
$L < 5,50 \text{ m}$	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
$15 \text{ m} \leq L < 18,75 \text{ m}$	5 jalur
$18,75 \text{ m} \leq L < 22 \text{ m}$	6 jalur

Sumber: Alamsyah, 2006

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

Tabel 2.2 Koefisien Distribusi Kendaraan Berdasarkan Jumlah Lajur

Jumlah Lajur	Kendaraan Ringan		Kendaraan Berat	
	1 Arah	2 Arah	1 Arah	2 Arah
1 lajur	1,00	1,00	1,00	1,00
2 lajur	0,60	0,50	0,75	0,50
3 lajur	0,40	0,40	0,50	0,475
4 lajur	-	0,30	-	0,450
5 jalur	-	0,25	-	0,425
6 lajur	-	0,2	-	0,400

Sumber: Alamsyah, 2006

2.6.2 Angka Ekuivalen (E) Beban Sumbu Kendaraan



Angka yang disebut angka analog memberi tahu kita berapa banyak lintasan yang akan dilalui oleh jenis gandar tertentu sebelum mengalami tingkat kerusakan yang sama. (Perencanaan Perkerasan Jalan Raya 1981:4)

Tabel 2.3 Angka Ekuivalen (E) Beban Sumbu Kendaraan

Beban Sumbu		Angka Ekuivalen	
Kg	Lb	Sumbu Tunggal	Sumbu Ganda
1000	2205	0,0002	-
2000	4409	0,0036	0,0003
3000	6614	0,0183	0,0016
4000	8818	0,0577	0,0050
5000	11023	0,1410	0,0121
6000	13228	0,2923	0,0251
7000	15432	0,5415	0,0466
8000	17637	0,9238	0,0794
8160	18000	1,0000	0,0860
9000	19841	1,4798	0,1273
10000	22046	2,2555	0,1940
11000	24251	3,3022	0,2840
12000	26455	4,6770	0,4022
13000	28660	6,4419	0,5540

14000	30864	8,6647	0,7452
15000	33069	11,4184	0,9820
16000	35276	14,7815	1,2712

Sumber: Alamsyah, 2006

Menurut (Perencanaan Perkerasan Jalan Raya 1981:4) lintas ekivalen di bagi menjadi beberapa yaitu:

a. Lintas Ekivalen Permulaan (LEP)

Lalu lintas ekivalen awal ditentukan dengan menjumlahkan lalu lintas harian rata-rata dari lajur tanggal pada lajur rencana pada awal umur rencana, dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$LEP = \sum LHR \times C_j \times E_j \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana:

- LEP = Lintas Ekivalen Permulaan
- C_j = Koefisien Distribusi kendaraan pada jalur rencana.
- E_j = Angka ekivalen beban sumbu untuk jenis kendaraan.

b. Lintas Ekivalen Akhir (LEA)

Jika dibandingkan dengan jumlah lalu lintas harian, lalu lintas hub tunggal yang diantisipasi akan terjadi ketika pengaturan ini mendekati masa akhir, pengaturan ini belum sepenuhnya terbentuk., dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$LEA = \sum LHR_i (1 + i)^{UR} \times C_j \times E_j \dots\dots\dots (2.2)$$

Di mana:

- LEA = Lalu Lintas Akhir yang Sebanding
- I = Peningkatan Lalu Lintas

UR = Umur Rencana

C_j = Koefisien Distribusi Kendaraan pada Lajur Rencana.

E_j = Jumlah setara tomahawk per jenis kendaraan

c. Lintas Ekuivalen Tengah (LET)

Lintas Persama berikut ini dapat digunakan untuk mendapatkan median segmen silang yang serupa:

$$LET = (LEP+LEA) / 2, [\dots] \dots \dots \dots (2.3)$$

d. Lintas Ekuivalen Rencana (LER)

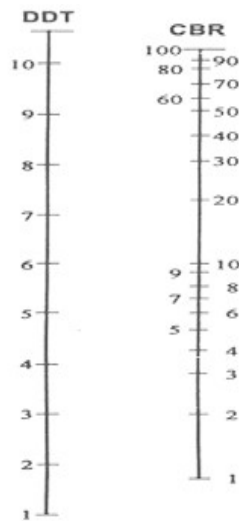
Untuk menentukan lalu lintas ekuivalen rencana, digunakan rumus dibawah ini:

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

2.6.3 Daya Dukung Tanah (DDT) dan California bearing Indonesia (CBR)

Skala daya dukung tanah dasar (DDT) (Parkway Asphalt Arranging, 1981:4) digunakan untuk menentukan kekuatan tanah dasar dalam nomogram jaminan ketebalan aspal. Skala ini memiliki korelasi dengan beberapa teknik yang digunakan secara luas untuk menilai kekuatan tanah dasar. California Bearing Indonesia, di sisi lain, menggambarkan proporsi dari lapisan aspal atau tanah timbunan terhadap material konvensional pada kedalaman resapan yang sebanding. Sukirman (1999:30)

Dengan menggunakan grafik hubungan, batas dukung tanah dasar (DDT) ditentukan berdasarkan nilai hubungan dengan nilai CBR.



Gambar 2.4 Korelasi DDT dan CBR

Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, 2003

2.6.4 Faktor Regional (FR)

Batas daya dukung tanah dasar dipengaruhi oleh Faktor Regional (FR), sebuah faktor lokal yang terkait dengan faktor lingkungan seperti curah hujan dan fitur lokasi secara umum. Pedoman untuk Jalan Beraspal Hitam, 1981:4)

Tabel 2.4 Faktor Regional (FR)

<u>Kemiringan</u>	<u>Persentase Kendaraan Berat</u>	<u>Iklm I (< 900 mm/tahun)</u>	<u>Iklm II (> 900 mm/tahun)</u>
<u>Kemiringan I (< 6%)</u>	≤ 30%	0,5	1,5
	30%	1,0 – 1,5	2,0 – 2,5
<u>Kemiringan II (6 – 10%)</u>	≤ 30%	1,0	2,0
	30%	1,5 – 2,0	2,5 – 3,0
<u>Kemiringan III (> 10%)</u>	≤ 30%	1,5	2,5
	30%	2,0 – 2,5	3,0 – 3,5

Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, 2003

2.6.7 Indeks Permukaan (IP)

Untuk mobil yang melintas, catatan permukaan dapat digunakan untuk menunjukkan seberapa stabil dan rata permukaan jalan di tingkat administratif.. Penggunaan file fungsionalitas Indonesia sebagai dasar untuk menentukan nilai aspal dalam kaitannya dengan lalu lintas merupakan salah satu fitur unik dari Strategi Penataan Aspal yang Dapat Beradaptasi di Parkway. File permukaan menyampaikan nilai permukaan berdasarkan tingkat manajemen untuk lalu lintas.

Pada akhir umur rencana (Ipt), pertimbangan seperti jumlah LER dan penggunaan jalan harus diperhitungkan saat menentukan Rekor Permukaan. (Pd T-01-2002-B)

Tabel 2.5 Indeks Permukaan Pada Akhir Umur Rencana (IP)

LER = Lintas Ekivalen Rencana	Klasifikasi Jalan			
	Lokal	Kolektor	Arteri	Tol
< 10	1,0 – 1,5	1,5	1,5 – 2,0	-
10 – 100	1,5	1,5 – 2,0	2,0	-
100– 1000	1,5 – 2,0	2,0	2,0 – 2,5	-
>1000	-	2,0 – 2,5	2,5	2,5

Sumber: Departemen Pekerjaan Umum Bina Marga, 2003

Menurut (Pd T-01-2002-B), sangat penting untuk mempertimbangkan jenis lapisan permukaan jalan (kerataan/kesempurnaan dan kekokohan) pada awal umur rencana saat menentukan berkas permukaan pada saat dimulainya umur rencana (penawaran umum perdana)., menurut tabel di bawah ini:

Tabel 2.6 Indeks Permukaan Pada Awal Umur Rencana (Ipo)

Jenis Permukaan	Ipo	Kekasaran (mm/km)
Laston	≥ 4	≤ 1000
Lasbutag	3,9 – 3,5	> 1000
HRA	3,9 – 3,5	≤ 2000
Burda	3,4 – 3,0	> 2000
Burtu	3,9 – 3,5	≤ 2000
Lapen	3,4 – 3,0	> 2000
Latasbum	3,9 – 3,5	< 2000
Buras	3,4 – 3,0	< 2000
Latasir	3,4 – 3,0	≤ 3000
Jalan tanah	2,9 – 2,5	> 3000
Jalan kerikil	$\leq 2,4$	≤ 3000

Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, 2003

2.6.8 Koefisien Kekuatan Relatif (a)

Berdasarkan nilai kuat tekan (untuk material dengan komposisi seimbang), uji marshall (untuk material dengan bagian atas berwarna hitam), atau CBR (untuk material dengan lapisan sub-establishment), kekuatan keseluruhan tidak sepenuhnya ditentukan oleh sambungan. (Pd T-01-2002-B).

Tabel 2.7 Koefisien Kekuatan Relatif (a)

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

-	0,24	-	340	-	-	
-	0,23	-	-	-	-	Lapen (mekanis)
-	0,19	-	-	-	-	Lapen (manual)
-	0,15	-	-	22	-	
-	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: Departemen Pekerjaan Umum, 2003

2.6.9 Batas-batas Minimum Tebal Lapisan Perkerasan

Untuk menghindari kemungkinan memberikan pengaturan yang tidak rasional, pertimbangan seperti biaya, pelaksanaan pembangunan, dan kendala pendukung harus diperhitungkan ketika menentukan ketebalan lapisan aspal. Dalam hal kelayakan finansial, tebal lapis pondasi bawah merupakan pilihan terbaik, asalkan rasio biaya lapis utama dengan lapis berikutnya berbeda dengan rasio yang diperkuat oleh koefisien rembesan. (Pd T-01-2002-B)

2.6.1.1 Lapis Permukaan

Sukirman (1999:9) menyatakan bahwa lapisan permukaan merupakan lapisan paling atas. Folio bagian atas hitam sering digunakan untuk membuat lapisan permukaan, sehingga menghasilkan lapisan kedap air dengan keamanan

tinggi dan kekuatan tahan lama. Lapisan permukaan yang paling sering dimanfaatkan di Indonesia tercantum pada Tabel 2.8.

Tabel 2.8 Lapis Permukaan

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

Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, 2003

2.6.1.2 Pondasi

Bagian aspal yang berada di antara lapisan permukaan dan lapisan subbase (atau, jika lapisan subbase tidak digunakan) dikenal sebagai lapisan pembentukan, menurut Departemen Pekerjaan Umum (2011).

Tabel 2.9 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

		Laston Atas
7,50 – 9,99	10	Batu pecah, stabilitas tanah dengan semen, stabilitas tanah dengan kapur, pondasi macadam
	20	
10 – 12,14		Laston Atas
	15	Batu pecah, stabilitas tanah dengan semen, stabilitas tanah dengan kapur, pondasi macadam, Lapen,
	20	Laston Atas
≥ 12,25	25	Batu pecah, stabilitas tanah dengan semen, stabilitas tanah dengan kapur, pondasi macadam, Lapen, Laston Atas

Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, 2003

2.7 Metode AASHTO

2.7.1 Analisis Lalu Lintas

Pertumbuhan lalu lintas tahunan di jalan bebas hambatan utama biasanya cukup signifikan. Menentukan volume lalu lintas sesuai dengan strategi yang ada sangat penting dalam hal ini. Meskipun volume lalu lintas dapat meningkat secara linier di jalan otoritas tertentu atau rute kecil, arus lalu lintas tetap stabil dari waktu ke waktu di jalan pribadi tertentu. Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas (R) dinyatakan oleh persamaan:

$$R = \frac{(n+i)^n - 1}{i} \dots\dots\dots(2.5)$$

Sumber: AASHTO 1993

Dengan,

i = pertumbuhan lalu lintas pertahun

n = umur rancangan

Apabila setelah waktu tertentu (n-tahun) pertumbuhan lalu lintas tidak terjadi lagi, maka R menjadi:

$$R = \frac{(n+i)^{n-1}}{i} = (n - nm)((n + i)^{nm}) \dots\dots\dots(2.6)$$

Sumber: AASHTO 1993

Metode perhitungan total volume lalu lintas rencana dapat mengalami perubahan tergantung pada data yang tersedia saat ini. Jika jumlah kendaraan pada tahun pertama (ESAL) adalah nol dan tingkat pertumbuhan tahunan adalah i persen, beban lajur desain untuk periode analisis n tahun dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$(ESAL)_n = (ESAL)_0 \times R \times D_d \times D_L \dots\dots\dots(2.7)$$

Sumber: AASHTO 1993

Dengan:

$(ESAL)_n$ = ESAL pada tahun ke n

$(ESAL)_0$ = ESAL pada tahun pertama

DD = Faktor distribusi lalu lintas

DL = Faktor distribusi jalur

R = Faktor pertumbuhan lalu lintas

Dalam Harry Christy Hardiyatmo (2015), notasi (ESAL)_n adalah W₁₈. Angka 18 yaitu 18 kip atau 80 kN merupakan nilai beban hub normal yang digunakan sebagai jenis perspektif. Persamaan untuk menghitung lalu lintas di lajur desain ditulis dalam format yang ditunjukkan di bawah ini:

$$W_{18} = D_D \times D_L \times W_{18} \dots\dots\dots(2.8)$$

Sumber: AASHTO 1993

Dengan:

- W_{18} = Jumlah lalu lintas pada lajur dan periode rancangan
- w_{18} = Jumlah kumulatif beban gandar standar untuk lalu lintas dua arah

2.7.2 Kemampuan Pelayanan (Serviceability)

Menurut Hary Christady Hardiyatmo (2015), $P_o = 4,2$ adalah nilai kemampuan pelayanan awal untuk perkerasan lentur. Untuk sebagian besar infrastruktur jalan raya, nilai pelayanan akhir (p_t) adalah:

$P_o = 2,5$ untuk jalan utama

$p_t = 2,0$ untuk volume lalu lintas rendah

Hilangnya kemampuan serviceability diilustrasikan sebagai berikut:

$$\Delta PSI = p_o - p_t \dots\dots\dots(2.9)$$

Sumber: AASHTO 1993

2.7.3 Reliabilitas (Reliability) R

Reliabilitas merupakan ukuran seberapa besar kemungkinan aspal akan tetap dalam kondisi prima selama masa bantuan. Nilai R digunakan untuk memperhitungkan kesalahan perhitungan volume lalu lintas dan penempatan aspal. Menjelang akhir umur rencana, batas R juga mewakili kemungkinan potensial bahwa aspal yang direncanakan akan mempunyai tingkat presentasi lebih tinggi dari tingkat kapasitas dukung akhir. Meskipun perkerasan dengan nilai R yang lebih tinggi berfungsi lebih baik, namun juga harus lebih tebal. Untuk mendapatkan nilai reliabilitas dan standar deviasi biasa, lihat **Tabel 2.4** dan **2.5** di bawah ini.:

Tabel 2.4 Nilai reliabilitas R

<u>Tipe Jalan</u>	<u>Nilai R (%)</u>
Jalan bebas hambatan	90 - 99,9
	85 - 99,9
<u>Utama</u>	85 - 99
	80 - 95
<u>Arteri</u>	80 - 99
	75 - 95
<u>Kolektor</u>	80 - 95
	75 - 95
<u>Lokal</u>	50 - 80
	50 - 80

Sumber : (AASHTO,1993)

Tabel 2.5 Hubungan antara R dengan (deviasi standar normal)

R %		R %	
50	0,0000	93	-1,476
60	-0,253	94	-1,555
70	-0,524	95	-1,645
75	-0,674	96	-1,751
80	-0,841	97	-1,881
85	-1,037	98	-2,054
90	-1,282	99	-2,327
91	-1,340	99,9	-3,090
92	-1,405	99,99	-3,750

Sumber : (AASHTO,1993)

2.7.1.1 Devisiasi Standar Keseluruhan (S₀)

Batas yang dikenal sebagai deviasi standar biasa (deviasi standar keseluruhan, S₀) digunakan untuk menggambarkan variasi dalam data masukan. Secara umum, faktor lingkungan menentukan simpangan baku. AASHTO (1993) menyarankan :

Untuk perkerasan lentur : S₀ di antara 0,40-0,50

Untuk perkerasan kaku : S₀ di antara 0,30-0,40

2.7.1.2 Modulus Resilient (MR)

Modulus kuat adalah ukuran seberapa kuat tanah atau lapisan granular terhadap deformasi yang disebabkan oleh tegangan berulang. Ketika tingkat kekhawatiran meningkat, tanah yang berbeda menunjukkan sifat tegangan-regangan yang berbeda. Selain itu, Ashpalt Establishment (MS-23) yang dirujuk dari Hardiyatmo (2015), serta hubungan dan CBR tanah dasar yang diberikan oleh Shell Oil Co:

MR dapat dihitung dengan menggunakan nilai CBR (California Bearing Ratio) berdasarkan persamaan empiris dari beberapa sumber, seperti yang dijabarkan di bawah ini:

$$MR = 1500 (CBR) (psi) \text{ atau,}$$

$$MR = 10,3 (CBR) (Mpa)$$

Sumber: AASHTO 1993

Persamaan lain dari U.S Army Waterway Experiment Station:

$$MR = 5409 (CBR)^{0,711} (psi) \dots\dots\dots (2.10)$$

Persamaan dari Transport and Road Research Laboratory:

$$MR = 1500 (CBR)^{0,64} (psi) \dots\dots\dots (2.11)$$

Sumber: AASHTO 1993

Pukulan yang sesekali menyebabkan variasi kadar air berdampak pada modulus resilient. Karena pengaruh ini, nilai modulus kuat disesuaikan dengan nilai kerugian keseluruhan (u_f). Untuk setiap musim yang telah ditentukan, kerusakan relatif dihitung. Rata-rata musiman dihitung dengan menjumlahkan semua angka dan membagi totalnya dengan jumlah musim. Menurut AASHTO (1993) :

$$u_f = \frac{1,18 \times 10^8}{MR^{2,33}} \dots \dots \dots (2.12)$$

fektif yang memperhitungkan dinyatakan oleh :

$$M_R (efektif) = 2,32 \sqrt{\frac{1,18 \times 10^{10}}{u_f (musiman)}} \dots \dots \dots (2.13)$$

Sumber : AASHTO 1993

Dengan MR dinyatakan 103 dalam psi

2.7.4 Koefisien Lapisan (Layer Coefficient)

Menurut Yoder dan Witczack (1975), koefisien lapisan (a_i) menunjukkan hubungan yang tepat antara SN untuk desain aspal dan ketebalan lapisan, yang menunjukkan kemampuan keseluruhan suatu material untuk berfungsi sebagai komponen utama aspal. Hardiyatmo (2015) mengutip. Koefisien lapisan dari lapisan dasar granular yang tidak diberi perlakuan dapat dicari dengan menggunakan persamaan berikut:

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

Dan untuk lapis pondasi bawah (granular subbase layer) digunakan persamaan

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

Koefisien lapisan yang digunakan sebagai komponen structural dapat di tunjukan pada **Table 2,6**.

Tabel 2.6 Koefisien lapisan (a)

<u>Type Material</u>	<u>(1/in)</u>
<u>Lapisan Permukaan Aspal</u>	
<u>Campuran aspal panas bergradasi padat</u>	0,44
<u>Aspal pasir</u>	0,40
<u>Campuran dipakai ulang di tempat</u>	0,20
<u>Campuran dipakai ulang olah pabrik</u>	0,40 (0,40-0,44)
<u>Lapis Pondasi</u>	
<u>Batu pecah</u>	0,14 (0,08-0,14)
<u>Kerikil berpasir</u>	0,07
<u>Pondasi pozolanik</u>	0,28 (0,25-0,30)
<u>Pondasi dirawat kapur</u>	0,22 (0,15-0,30)
<u>Pondasi dirawat semen</u>	0,27

Tabel 2.6 (Lanjutan)

<u>Type Material</u>	<u>(1/in)</u>
<u>Lapisan Permukaan Aspal</u>	
<u>Lapis Pondasi</u>	
<u>Batu pecah</u>	0,14 (0,08-0,14)
<u>Kerikil berpasir</u>	0,07
<u>Pondasi pozolanik</u>	0,28 (0,25-0,30)
<u>Pondasi dirawat kapur</u>	0,22 (0,15-0,30)
<u>Pondasi dirawat semen</u>	0,27
<u>Tanah semen</u>	0,20
<u>Pondasi dirawat aspal gradasi kasar</u>	0,34
<u>Pondasi dirawat aspal gradasi pasir</u>	0,30
<u>Campuran dipakai ulang diolah di tempat</u>	0,20
<u>Campuran dipakai ulang diolah di pabrik</u>	0,40 (0,40-0,44)
<u>Campuran aspal panas gradasi padat</u>	0,44
<u>Lapis Pondasi Bawah</u>	
<u>Kerikil berpasir</u>	0,11
<u>Lempung Berpasir</u>	0,08 (0,05-0,10)

<u>Type Material</u>	<u>(1/in)</u>
<u>Tanah dirawat kapur</u>	0,11
<u>Lempung dirawat kapur</u>	0,16 (0,14-0,18)
<u>Batu pecah</u>	0,14 (0,08-0,14)

Sumber: AASHTO, 1993

2.7.5 Angka Struktural (Structural Number, S_{Neff})

Angka Struktural yang diperoleh dari unsur lokal, kondisi tanah di bawah jalan raya, dan investigasi lalu lintas disebut sebagai nomor primer. Kekuatan abstrak struktur perkerasan diwakili oleh nomor SN dan ditentukan oleh kekuatan gabungan (MR) tumpuan tanah, beban poros tunggal total delapan belas kip, kapasitas pelayanan akhir perkerasan, dan faktor lingkungan. Nomor rekor ini dapat dimodifikasi untuk mencerminkan ketebalan berbagai lapisan aspal fleksibel, yaitu melalui penggunaan koefisien-koefisien lapisan dari material pembentuknya. Angka struktural SN dinyatakan oleh persamaan :

$$S_{N_{eff}} = a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3 \dots\dots\dots(2.16)$$

Sumber: AASHTO 1993

Dengan,

$S_{N_{eff}}$ = angka structural efektif perkerasan eksisting yang akan diberi lapis tambahan

D1 = tebal lapis permukaan (m)

D2 = tebal lapis pondasi (m)

m2 = koefisien drainase untuk lapis pondasi

m1 = koefisien drainase untuk lapis pondasi bawah

a1,a2,a3 = berturut-turut koefisien lapisan untuk lapisan permukaan. lapis pondasi, dan lapis pondasi bawah.

Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah (Pt T-01-2001-B) dan AASHTO menyatakan bahwa spesifikasi ketebalan lapisan pondasi dan campuran aspal minimum ditampilkan pada **Tabel 2.7**.

Tabel 2.7 Tebal minimum campuran beraspal dan lapis pondasi

ESAL	Campuran Beraspal (in)	Lapen	Lasbutag	Agregat Pondasi	Lapis
< 50.000	1*	2	2	4	
50.001-150.000	2	-	-	4	
150.001-500.000	2,5	-	-	4	
500.001-2.000.000	3	-	-	6	
2.000.001-7.000.000	3,5	-	-	6	
>7.000.000	4	-	-	6	

Sumber: (AASHTO, 1993)

2.8 Rencana Anggaran Biaya

Mengelola pembangunan membutuhkan pengadaan penawaran untuk menentukan biaya suatu proyek konstruksi. Tanpa rencana alokasi sumber daya (RAB), biaya yang diperkirakan dapat meningkat akibat pembelian peralatan yang melebihi kebutuhan, upah tenaga kerja yang tidak terkendali, pengadaan peralatan yang boros, dan faktor lainnya. Oleh karena itu, pengaturan keuangan (RAB) sangat penting dalam sebuah proyek.

a. Pengertian Rencana Anggaran Biaya

Menurut Syawaldi Rencana Anggaran Biaya (RAB) adalah:

1. Perhitungan perkiraan biaya yang terkait dengan pembangunan proyek atau struktur tertentu, termasuk gaji dan harga material.
2. Menetapkan kerangka bentuk dan manfaat penerapannya, serta perkiraan biaya pelaksanaan rencana permainan manajemen dan penyelesaian tugas di sektor khusus
3. Ada dua cara yang dapat dilakukan dalam penyusunan anggaran biaya antara lain :

4. Anggaran Biaya Kasar (Taksiran), Dalam kebanyakan kasus, biaya satuan per meter persegi luas lantai digunakan dalam Anggaran Biaya Kasar (Taksiran). Meskipun demikian, rencana pengeluaran yang ketat juga dapat digunakan untuk membantu mempersiapkan RAB, yang diputuskan secara hati-hati.
5. Anggaran Biaya Teliti, inisiatif yang dipilih secara cermat dan susah payah sesuai dengan pengaturan tugas dan kebutuhan pembuatan anggaran.

a. Tujuan Rencana Anggaran Biaya

Tujuan dari RAB adalah untuk menyusun rencana atau perkiraan berdasarkan volume dan per unit energi, bahan, dan peralatan yang akan dikonsumsi. Untuk membantu dalam menghasilkan biaya sepanjang periode pelaksanaan, kita perlu mengetahui berapa biaya yang direncanakan pada suatu bagian atau item pekerjaan. Selain itu, untuk menjamin pelaksanaan bangunan yang dimaksud tepat waktu dan efektif.

b. Fungsi Rencana Anggaran Biaya

Untuk menentukan jenis dan ruang lingkup pekerjaan yang akan dilakukan, RAB inilah yang menjadi alasan didirikannya suatu usaha. RAB dapat digunakan untuk menentukan jenis dan jumlah pekerjaan yang harus dilakukan. Selain itu, peralatan yang perlu langsung dibeli atau disewa dapat dipilih dari RAB. Oleh karena itu, RAB sangat penting dalam perencanaan sebagai alat untuk melaksanakan dan mengelola kegiatan.

2.8.1 Analisa Harga Satuan

Harga satuan pekerjaan (HSP) memerlukan persiapan beberapa komponen, termasuk HSD, yang terdiri dari HSD alat, HSD peralatan, dan HSD tenaga kerja. Tabel estimasi biaya satuan pekerjaan pelapisan semen pada Tabel 2.18 menunjukkan bagaimana setiap detail informasi diintegrasikan ke dalam ringkasan RAB sebelum dilakukan replikasi berdasarkan volume. Berikut adalah langkah-langkah untuk menghitung komponen HSD dari HSP sesuai dengan HSPK

Tabel 2.18 Contoh Analisa Harga Satuan Pekerjaan Lapis Perekat

No	Uraian	Koef	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A	Tenaga				
1.	Mandor	0.006	OH	163.000,00	978,00
2.	Pembantu Tukang	0.03	OH	115.000,00	3450,00
Total Harga Tenaga					4.428,00
B	Bahan				
3.	Minyak Tanah	0.4889	Liter	11.900,00	10.478,00
4.	Aspal Curah	0.6417	Kg	11.800,00	3.011,00
Total Harga Bahan					13.489,00
C	Peralatan				
5.	Sewa Dump Truck	0.003	Jam	71.900,00	216,00
6.	Sewa Aspal Sprayer	0.003	Jam	30.400,00	91,00
7.	Sewa Compressor	0.003	Jam	103.400,00	310,00

Kalimantan (2023).

Total Harga Peralatan	617,00
Total Harga	18.534,00

Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, 2016

2.8.2 Langkah Perhitungan HSD Tenaga Kerja

Pentingnya memilih bahan acuan biaya standar untuk kompensasi sebagai HSD pekerjaan sebelum menghitung biaya satuan pekerjaan. Kementerian Pekerjaan Umum menerbitkan prosedur berikut untuk menentukan HSD tenaga kerja pada tahun 2016:

1. Pilih jenis keterampilan kerja yang dibutuhkan, misalnya ahli (Tx), kepala spesialis (KaT), spesialis (PT), atau mandor (M).
2. Mengumpulkan data gaji dari survei tetangga yang relevan dengan wilayah kerja serta data upah sesuai dengan peraturan daerah setempat (Gubernur, Walikota, Bupati).
3. Hitung biaya tenaga kerja yang datang dari luar daerah dengan memperhitungkan transportasi, kunjungan jangka pendek, dan makan selama jangka waktu yang telah disepakati.
4. Tentukan berapa hari produktif (24–26) Anda dapat bekerja dalam sebulan dan berapa jam Anda dapat bekerja dalam sehari (7 jam).
5. Menetapkan upah per jam yang akan dibayarkan kepada setiap karyawan.
6. Seperti halnya gaji berbasis waktu biasa, semua pengeluaran terkait dengannya.

Contoh penerapan Harga Satuan Dasar (HSD) tenaga kerja dapat dilihat pada Tabel 2.19.

Tabel 2.19 Contoh Daftar Harga Satuan Dasar Upah per jam

No	Uraian	Kode	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Keterangan
1.	Pekerja	P	Jam	4.657,31	-
2.	Tukang	T	Jam	5.963,57	-
3.	Mandor	M	Jam	7.281,29	-
4.	Operator	O	Jam	4.054,29	-
5.	Pembantu Operator	PuO	Jam	3.582,86	-
6.	Sopir	S	Jam	6.600,00	-
7.	Pembantu Sopir	PuS	Jam	4.337,14	-
8.	Mekanik	M	Jam	3.928,57	-
9.	Pembantu Mekanik	PuM	Jam	2.857,14	-
10.	Kepala Tukang	KaT	Jam	5.000,00	-

Sumber: *Departemen Pekerjaan Umum, 2023*

2.8.3 Langkah Perhitungan HSD Alat

Untuk analisis HSD, diperlukan data peralatan tertentu, termasuk daya mesin, kapasitas kerja (m³), umur ekonomis peralatan (seperti yang dinyatakan oleh produsen), tahun operasi, dan biaya peralatan. Selain asuransi untuk peralatan, elemen lain termasuk komponen investasi seperti suku bunga bank dan fitur peralatan tertentu seperti loader, biaya akuisisi, dan faktor bucket untuk excavator. Contoh instrumen yang dapat digunakan untuk menghitung Harga Satuan Dasar (HSD) diberikan pada Tabel 2.20 (Kementerian Pekerjaan Umum, 2016).

Tabel 2.20 Contoh Daftar Harga Satuan Dasar *Dump Truck* 10 ton

No	Uraian	Kode	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A	Uraian Peralatan					
	Jenis Peralatan	Dump Truck 10 Ton	-	-	-	-
	Tenaga	Pw	HP	190	-	-
	Kapasitas	Cp	Ton	10	-	-
	Alat Baru:					
	a. Umur Ekonomis	A	Tahun	5	-	-
	b. Jam Kerja dalam 1 Tahun	W	Jam	2000	-	-
	c. Harga Alat	B	Rp.	420.000.000	-	-
B	Biaya Pasti Per Jam Kerja					
	Nilai Sisa Alat (10% x B)	C	Rp.	42.000.000	-	-
	Faktor Angsuran Modal	D	-	0,26	-	-
	Biaya Pasti Per Jam					
	a. Biaya Pengembalian Modal	E	Rp.	49.857	-	-
	b. Asuransi	F	Rp.	420.00	-	-
	Biaya Pasti Per Jam (E + F)	G	Rp.	50.377,72	-	-
C	Biaya Operasi Per Jam Kerja					
	Bahan Bakar	H	Rp.	149.302,38	-	-
	Pelumas	I	Rp.	85.500,00	-	-
	Biaya Benzkel	J	Rp.	18.375	-	-

No	Uraian	Kode	Satuan	Koef	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A	Uraian Peralatan					
1.	Jenis Peralatan	Dump Truck 10 Ton			-	-
2.	Tenaga	Pw	HP	190	-	-
3.	Kapasitas	Cp	Ton	10	-	-
4.	Alat Baru:					
	a. Umur Ekonomis	A	Tahun	5	-	-
	b. Jam Kerja dalam 1 Tahun	W	Jam	2000	-	-
	c. Harga Alat	B	Rp	420000000	-	-
B	Biaya Pasti Per Jam Kerja					
1.	Nilai Sisa Alat (10% x B)	C	Rp	42000000	-	-
2.	Faktor Anggaran Modal $\left(\frac{1 \times (1+i)^A}{(1+i)^A - 1}\right)$	D	-	0.26	-	-
3.	Biaya Pasti Per Jam					
	a. Biaya Pengembalian Modal $\left(\frac{B-C}{W}\right)$	E	Rp	49.857	-	-
	b. Asuransi $\left(\frac{0,002 \times B}{W}\right)$	F	Rp	420,00	-	-
	Biaya Pasti Per Jam (E + F)	G	Rp	50.377,72	-	-
C	Biaya Operasi Per Jam Kerja					

1.	Bahan Bakar (12%-15%) x Pw x Ms	H	Rp	149.302,38	-	-
2.	Pelumas (2,5%-3%) x Pw x Mp	I	Rp	85.500,00	-	-
	Biaya Bengkel $\left(\frac{(6,25\% \text{ dan } 8,75\%) \times B}{W}\right)$	J	Rp	18.375	-	-

Tabel 2.20 (Lanjutan)

No	Uraian	Kode	Satuan	Koef	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A	Uraian Peralatan					
3.	Perawatan $\left(\frac{(12,5\%-17,5\%) \times B}{W}\right)$	K	Rp	26.250,00	-	-
4.	Operator (1 orang/jam) x U1	L	Rp	4.179,29	-	-
5.	Pembantu Operator(1 orang/jam)xU2	M	RP	3.707,86	-	-
	Biaya Operasi Per Jam (H+I+J+K+L+M)	P	Rp	287.314,52	-	-
D	Total Biaya Sewa Alat/Jam (G+P)	S	Rp	337.592,52	-	-
E	Lain-lain					
1.	Tingkat Suku Bunga	i	% / Th	10	-	-
2.	Upah Operator / Supir / Mekanik	U1	Rp/jam	4179.29	-	-
3.	Upah Pmb Operator/Pmb Supir/P,b Mekanik	U2	Rp/jam	3707.86	-	-
4.	Bahan Bakar Solar	Ms	Liter	6543.35	-	-
5.	Minyak Pelumas	Mp	Liter	18000	-	-

2.8.4 Langkah Perhitungan HSD

Sebelum menghitung Harga Standar Bahan (HSD), perlu dibuat referensi HSD berdasarkan pengukuran standar. Dalam memeriksa HSD bahan, harus memperhitungkan biaya transportasi serta biaya pengolahan sumber daya mentah menjadi komponen yang diproses atau jadi. Untuk memproduksi bahan, diperlukan beberapa alat. Setiap jam, kapasitas produksi setiap alat diperkirakan dalam unit berdasarkan data kapasitasnya, faktor efektivitas, berbagai variabel, dan durasi proses tertentu. HSD bahan mencakup biaya bahan baku, bahan olahan, dan barang jadi. HSD bahan galian dihitung dengan menggunakan bahan mentah (seperti batu sungai/gunung dan pasir sungai/gunung) dan bahan olahan (agregat kasar dan halus yang dihasilkan oleh peralatan pemecah batu). Biaya material di quarry berbeda dengan biaya material yang dikirim ke base camp atau lokasi kerja karena adanya biaya tambahan untuk transportasi dari quarry ke base camp. Contoh penerapan HSD dapat dilihat pada tabel 2.21 (Dinas Pekerjaan Umum, 2016).

Tabel 2.21 Contoh Daftar Harga Satuan Dasar Bahan

No.	Uraian	Kode	Satuan	Volume	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
1.	Pasir Pasang	Pp	m ³	-	25.750,00	-
2.	Pasir Beton	Pb	m ³	-	20.000,00	-
3.	Batu Kali	Bk	m ³	-	19.500,00	-
4.	Batu Belah	Bb	m ³	-	9.000,00	-
5.	Gravel	Grv	m ³	-	8.000,00	-
6.	Aspal Cement	Ac	Ton	-	1.100.000,00	-
7.	Sirtu	Srt	m ³	-	17.500,00	-
8.	Pasir Urug	Pu	m ³	-	18.000,00	-
9.	Tanah Timbun	Ttbn	m ³	-	20.300,00	-

10.	Material Pilihan	Mpil	m ³	-	20.300,00	-
	Jumlah Harga Pekerjaan	A	Rp			
	PPN (10% x A)	B	Rp			
	Total (A+B)	C	RP			

Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, 2016

2.9 Penelitian Terdahulu

No	Penulis/Tahun	Judul	Lokasi	Variabel
1	Karunia Asi/2011	Perencanaan Jalan Angkut Tambang Berdasarkan Analisa Lapisan Perkerasan Jalan untuk <i>Dump Truck</i> CAT 789C di PT Sapta Indra Sejati <i>Jobsite</i> Admo Kec.Juai, Kab, Tabalong Kalimantan Selatan	Kec. Juai, Kab.Tabalong Kalimantan Selatan	1. Tebal lapisan tambahan yang didapatkan dari perencanaan metode AASHTO 1993 adalah 25cm 2. Rencana Anggaran Biaya yang dibutuhkan untuk lapis tambah (Overlay) menggunakan metode AASHTO sebesar Rp. 7.183.196.075,-
2	Aditya Ramdhani Setiawan/2018	Perencanaan Pembuatan Jalan Tambang Pada <i>Mine Development And SGA Plant</i>	Kabupaten Mempawah, Prov Kalimantan Barat	1. Tebal lapisan tambahan yang didapatkan dari perencanaan metode Bina Marga dengan Umur rencana 20

		<p><i>Project</i> PT.Antam TBK,Komoditas Bauksit Kabupaten Mempawah Prov Kalimantan Barat</p>		<p>tahun dan lalu lintas harian rata rata 272628,5405 CESA5 adalah 10cm</p> <p>2. Rencana Anggaran Biaya yang dibutuhkan untuk lapis tambah (Overlay) didapat total seluruh biaya pekerjaan pada ruas jalan tambang di <i>Mine development and SGA Plant Project</i> PT.Antam TBK adalah sebesar Rp. 2.143.754.832.000,00</p>
3	Syauwalul Rizqi/2022	<p>Perbandiangan Perencanaan Tebal Perkerasan Jalan Tambang dengan Metode Giroud-Han dan Metode AASHTO 1993</p>	<p>Kecamatan Nurussalam, Kabupaten Aceh Timur</p>	<p>1.Tebal perkerasan menggunakan metode AASHTO 1993, diperoleh tebal lapis perkerasan berupa base course tanpa perkuatan geotekstil dengan tebal 31,55cm dan tebal lapis perkerasan berupa base dan subbase course tanpa perkuatan geotekstil sebesar 15,24cm dan 25,40cm</p>
4	Annisa Noorraya/2019	<p>Perencanaan jalan Transportasi Batubara dari</p>	<p>Kabupaten Tapin, Provinsi</p>	<p>1.Tebal perkerasan yang diperoleh menggunakan metode Bina Marga adalah</p>

		<i>Stockpile</i> Menuju Dermaga oleh PT Atrya Swascipta Rekayasa di Kabupaten Tapin Provinsi Kalimantan Selatan	Kalimantan Selatan	87,08 cm untuk lapisan pondasi aras dan lapisan pondasi bawah sebesar 25 cm.
--	--	--	--------------------	--

