

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Tinjauan Umum**

Perkerasan jalan adalah suatu lapisan yang berada di atas tanah dasar yang sudah dipadatkan, dimana fungsi dari lapisan ini adalah memikul beban lalu lintas dan menyebarkannya ke tanah dasar agar beban yang diterima tanah dasar tidak melebihi daya dukung tanah yang diijinkan. (Sukirman, 1992). *Overlay* adalah lapis perkerasan tambahan yang di pasang di atas konstruksi perkerasan jalan yang ada dengan tujuan untuk meningkatkan kekuatan struktur agar dapat melayani lalu lintas yang di rencanakan selama umur rencana (Manual Desain Perkerasan Jalan. 2017).

Jalan adalah prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian jalan, perencanaan konstruksi jalan, khususnya konstruksi perkerasan memiliki beberapa aspek yang harus diperhatikan dalam perencanaan dan pelaksanaannya, jalan sebagai salah satu prasarana transportasi merupakan unsur penting dalam pengembangan kehidupan berbangsa dan bernegara, dalam pembinaan persatuan dan kesatuan bangsa, wilayah negara, dan fungsi masyarakat serta dalam memajukan kesejahteraan umum. (*Undang-Undang Republik Indonesia No. 38: 2004*).

Dalam menentukan umur rencana, untuk perkerasan lentur jalan baru umumnya diambil 20 tahun, sedangkan untuk peningkatan jalan 10 tahun. Umur rencana yang lebih besar dari 20 tahun tidak lagi ekonomis karena perkembangan lalu lintas terlalu besar. (Sukirman, 1992:93). Untuk perencanaan tebal perkerasan, volume lalu lintas dinyatakan dalam kendaraan/hari/2 arah untuk jalan dua arah tidak terpisah dan kendaraan/hari/1 arah untuk jalan satu arah atau 2 arah terpisah. (Sukirman, 1992:94)

#### **2.2 Kriteria Desain**

Konstruksi perkerasan lentur (*flexible pavement*) adalah perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Lapisan-lapisan perkerasannya bersifat memikul dan menyebabkan beban lalu lintas tanah dasar. Suatu struktur perkerasan lentur biasanya terdiri atas beberapa lapisan bahan, dimana setiap lapisan akan menerima beban dari lapisan di atasnya, meneruskan dan menyebarkan

beban tersebut ke lapisan dibawahnya. Jadi semakin ke lapisan struktur bawah, beban yang ditahan semakin kecil. Untuk mendapatkan keuntungan yang maksimum dari karakteristik diatas, lapisan bahan biasanya disusun secara menurun berdasarkan daya dukung terhadap beban diatasnya. Lapisan paling atas adalah material dengan daya dukung terhadap beban paling besar (dan paling mahal harganya), dan semakin ke bawah adalah lapisan dengan daya dukung terhadap beban semakin kecil dan semakin murah harganya. (Sukirman, 1992).

Menurut Hardiyatmo (2017) perkerasan lentur (*flexible pavement*) terdiri dari beberapa lapis yaitu lapisan permukaan (*surface course*), lapis podasi (*base course*), 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)

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Tinjauan Umum**

Perkerasan jalan adalah suatu lapisan yang berada di atas tanah dasar yang sudah dipadatkan, dimana fungsi dari lapisan ini adalah memikul beban lalu lintas dan menyebarkannya ke tanah dasar agar beban yang diterima tanah dasar tidak melebihi daya dukung tanah yang diijinkan. (Sukirman, 1992). *Overlay* adalah lapis perkerasan tambahan yang di pasang di atas konstruksi perkerasan jalan yang ada dengan tujuan untuk meningkatkan kekuatan struktur agar dapat melayani lalu lintas yang di rencanakan selama umur rencana (Manual Desain Perkerasan Jalan. 2017).

Jalan adalah prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian jalan, perencanaan konstruksi jalan, khususnya konstruksi perkerasan memiliki beberapa aspek yang harus diperhatikan dalam perencanaan dan pelaksanaannya, jalan sebagai salah satu prasarana transportasi merupakan unsur penting dalam pengembangan kehidupan berbangsa dan bernegara, dalam pembinaan persatuan dan kesatuan bangsa, wilayah negara, dan fungsi masyarakat serta dalam memajukan kesejahteraan umum. (*Undang-Undang Republik Indonesia No. 38: 2004*).

Dalam menentukan umur rencana, untuk perkerasan lentur jalan baru umumnya diambil 20 tahun, sedangkan untuk peningkatan jalan 10 tahun. Umur rencana yang lebih besar dari 20 tahun tidak lagi ekonomis karena perkembangan lalu lintas terlalu besar. (Sukirman, 1992:93). Untuk perencanaan tebal perkerasan, volume lalu lintas dinyatakan dalam kendaraan/hari/2 arah untuk jalan dua arah tidak terpisah dan kendaraan/hari/1 arah untuk jalan satu arah atau 2 arah terpisah. (Sukirman, 1992:94)

#### **2.2 Kriteria Desain**

Konstruksi perkerasan lentur (*flexible pavement*) adalah perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Lapisan-lapisan perkerasannya bersifat memikul dan menyebabkan beban lalu lintas tanah dasar. Suatu struktur perkerasan lentur biasanya terdiri atas beberapa lapisan bahan, dimana setiap lapisan akan menerima beban dari lapisan di atasnya, meneruskan dan menyebarkan

beban tersebut ke lapisan dibawahnya. Jadi semakin ke lapisan struktur bawah, beban yang ditahan semakin kecil. Untuk mendapatkan keuntungan yang maksimum dari karakteristik diatas, lapisan bahan biasanya disusun secara menurun berdasarkan daya dukung terhadap beban diatasnya. Lapisan paling atas adalah material dengan daya dukung terhadap beban paling besar (dan paling mahal harganya), dan semakin ke bawah adalah lapisan dengan daya dukung terhadap beban semakin kecil dan semakin murah harganya. (Sukirman, 1992).

Menurut Hardiyatmo (2017) perkerasan lentur (*flexible pavement*) terdiri dari beberapa lapis yaitu lapisan permukaan (*surface course*), lapis podasi (*base course*), 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)

### 2.3 Struktur Lapisan

#### Lapisan Permukaan (*Surfacae Course*)

Lapisan permukaan adalah lapisan yang terletak paling atas pada perkerasan lentur yang mempunyai fungsi sebagai berikut:

- Lapisan yang mempunyai stabilitas yang tinggi, menahan beban roda selama masa pelayanan.
- Sebagai lapisan rapat air untuk melindungi badan jalan dari kerusakan akibat cuaca.
- Sebagai Lapisan Aus (*Wearing Course*).

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

Lapisan yang mempunyai nilai konstruksi, yang berfungsi dan sebagai lapisan aus, lapisan kedap air dan lapisan yang menahan serta menyebarkan beban roda, yang terdiri dari:

- Lapen (penetrasi Macadam)
 

Terdiri dari agregat pokok dan agregat pengunci bergradasi terbuka dan seragam yang diikat oleh aspal dengan cara disemprotkan di atasnya dan dipadatkan lapis demi lapis yang tebal satu lapisnya antara 4-10 cm.
- Lasbutag (Lapisan asbuton agregat)
 

Terdiri dari campuran antar agregat, asbuton, dan bahan pelunak yang dicampur, dihampar dan dipadatkan secara dingin dengan ketebalan tiap lapisan antara 3-5 cm.
- Laston (lapisan aspal beton)

Terdiri dari campuran aspal keras dengan agregat yang mempunyai gradasi menerus, dicampur, dihampar, dan dipadatkan pada suhu tertentu.

Lapisan yang tidak mempunyai nilai konstruksi tetap berfungsi sebagai lapisan aus dan kedap air, terdiri atas:

a. Burtu (Laburan aspal satu lapis)

Terdiri dari aspal yang taburi dengan satu lapis agregat bergradasi seragam dengan tebal maksimum 2 cm.

b. Burda (Laburan aspal dua lapis)

Terdiri dari lapisan aspal ditaburi agregat yang dikerjakan dua kali secara berurutan dengan tebal padat maksimum 3,5 cm.

c. Latasir (Lapisan tipis aspal pasir)

Terdiri dari lapisan aspal dan pasir alam bergradasi menerus dicampur, dihampar dan dipadatkan pada suhu tertentu dengan tebal padat 1-2 cm.

d. Buras (Laburan aspal)

Terdiri dari lapisan aspal taburan pasir dengan ukuran butir maksimum 3/8 inchi.

e. Latasbun (Lapis tipis asbuton murni)

Terdiri dari campuran asbuton dan bahan pelunak dengan perbandingan tertentu yang dicampur dalam keadaan dingin dengan tebal padat maksimum 1 cm.

f. Lataston (Lapis tipis aspal beton)

Terdiri dari campuran agregat bergradasi timpang, mineral pengisi(filter) dan aspal keras dengan perbandingan tertentu yang dicampur, dihampar dan dipadatkan dalam keadaan panas dengan tebal maksimum 2,5-3 cm.

## **2.4 Lapisan Pondasi**

### **2.4.1 Lapisan Pondasi Atas**

Menurut (Sukirman, 1992:11) lapisan pondasi atas terletak diantara lapisan permukaan dan lapisan pondasi bawah dengan CBR  $\geq 50\%$  dan plastisitas Indeks (PI)  $< 4\%$  yang mempunyai fungsi sebagai berikut:

- a. Bagian perkerasan yang menahan gaya lintang dari beban roda dan menyebarkan beban kelapisan pondasi bawah.

- b. Lapisan peresapan untuk lapisan pondasi bawah.
- c. Bantalan untuk lapisan permukaan.

Menurut (Sukirman, 1992:12) jenis lapis pondasi atas yang umum digunakan di Indonesia agregat bergradasi baik yang terdiri dari:

- a. Batu pecah kelas A
- b. Batu pecah kelas B
- c. Batu pecah kelas C
- d. Pondasi macadam
- e. Pondasi telfrod
- f. Lapen
- g. Aspal beton pondasi (*asphalt treated base*)
- h. Stabilisasi yang terdiri dari :
  - a. Stabilisasi agregat dengan semen (*cement treated base*)
  - b. Stabilisasi agregat dengan kapur (*lime treade base*)
  - c. Stabilisasi agregat dengan aspal (*asphalt treated base*)

#### **2.4.2 Lapisan Pondasi Bawah (*Subbase Course*)**

Menurut (Sukirman, 1992:12) lapisan pondasi bawah terletak antara lapisan pondasi atas dan tanah dasar dengan nilai CBR dan *Plastisitas Indeks* (PI) yang mempunyai fungsi, antar lain:

- a. Sebagai konstruksi perkerasan yang menyebarkan beban roda ketanah dasar.
- b. Untuk mencegah tanah dasar masuk kedalam lapisan pondasi.
- c. Mencapai efisiensi penggunaan material yang relatif murah agar lapisan di atasnya dapat dikurangi ketebalannya.
- d. Sebagai lapisan pertama agar pelaksanaan dapat berjalan lancar.
- e. Perencanaan Perkerasan dan Koefisien jumlah Jalur distribusi



## 2.5 Perencanaan Tebal Perkerasan dengan Metode Bina Marga

Pada metode Bina Marga 2003 nilai beban lalu lintas yang dijadikan acuan desain adalah perbandingan tegangan antara repetisi sumbu dan repetisi yang diizinkan. (Pd T-14-2003).

### 2.5.1 Jumlah Lajur dan koefisien Distribusi Kendaraan (C),

Lajur rencana merupakan salah satu lajur lalu lintas dari suatu ruas jalan raya yang menampung lalu-lintas kendaraan niaga terbesar. Jika jalan tidak memiliki tanda batas lajur, maka jumlah lajur dan koefisien distribusi (C) kendaraan niaga dapat ditentukan dari lebar perkerasan sesuai tabel. (Pd T-14-2003)

**Tabel 2.1** Jumlah Lajur dan Koefisien Distribusi Kendaraan

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

Sumber: Alamsyah, 2006

Koefisien distribusi kendaraan (C) untuk kendaraan ringan dan berat yang lewat pada lajur 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



### 2.5.2 Angka Ekivalen (E) Beban Sumbu Kendaraan

Angka ekivalen adalah angka yang menyatakan jumlah lintasan as tunggal yang akan menyebabkan derajat kerusakan yang sama apabila jenis as yang bersangkutan lewat satu kali. (Perencanaan Perkerasan Jalan Raya 1981:4)

**Tabel 2.3** 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	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)

Lintas ekivalen permulaan ditentukan dari jumlah lalu lintas harian rata-rata dari sumbu tunggal pada jalur rencana yang diperkirakan terjadi 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<sub>j</sub> = Koefisien Distribusi kendaraan pada jalur rencana

E<sub>j</sub> = Angka ekivalen beban sumbu untuk jenis kendaraan

**b. Lintas Ekivalen Akhir (LEA)**

Lintas ekivalen ditentukan dari jumlah lalu lintas harian rata-rata dari sumbu tunggal yang diperkirakan terjadi pada akhir umur rencana, dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

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

Dimana:

LEA = Lintas Ekivalen Akhir

I = Perkembangan Lalu Lintas

UR = Umur Rencana

C<sub>j</sub> = Koefisien distribusi kendaraan pada jalur rencana

E<sub>j</sub> = Angka Ekivalen sumbu untuk satu jenis kendaraan

**c. Lintas Ekivalen Tengah (LET)**

Lintas ekivalen tengah dapat dicari dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

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

**d. Lintas ekivalen Rencana (LER)**

Lintas ekivalen rencana dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

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

Dimana:

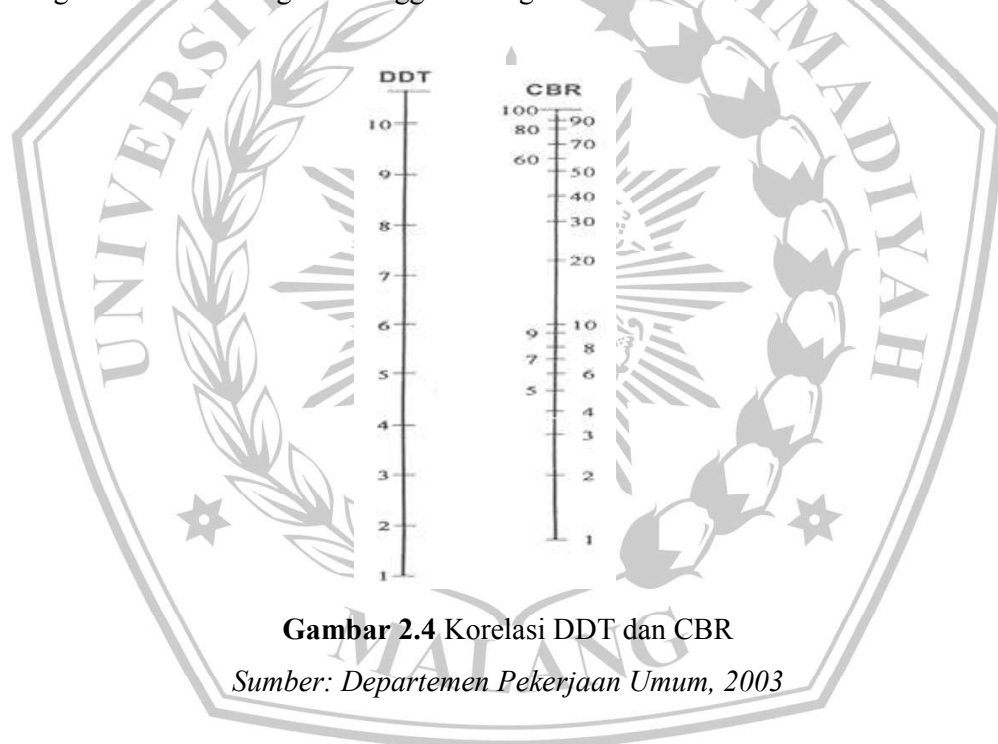
FP = Faktor Penyesuaian

FP = UR / 10

### 2.5.3 Daya Dukung Tanah (DDT) dan *California bearing Indonesia* (CBR)

Menurut (Perencanaan Perkerasan Jalan Raya 1981:4) daya dukung tanah dasar (DDT) adalah suatu skala yang dipakai dalam nomogram penetapan tebal perkerasan untuk menyatakan tanah dasar skala tersebut dikorelasikan dengan bermacam-macam cara tes yang umum dipakai untuk menentukan kekuatan tanah dasar. Sedangkan *California bearing Indonesia* (CBR) adalah perbandingan antara beban penetrasi suatu lapisan tanah atau perkerasan terhadap bahan standar dengan kedalaman penetrasi yang sama. (Sukirman, 1999:30)

Daya dukung tanah dasar (DDT) ditetapkan berdasarkan nilai korelasi dengan nilai CBR dengan menggunakan grafik korelasi.



**Gambar 2.4** Korelasi DDT dan CBR

*Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, 2003*

### 2.5.4 Faktor Regional (FR)

Faktor Regional (FR) adalah faktor setempat sehubungan dengan iklim curah hujan dan kondisi lapangan secara umum yang akan berpengaruh terhadap daya dukung tanah dasar. (Perencanaan Perkerasan Jalan Raya 1981:4)

**Tabel 2.4** Faktor Regional (FR)

	<b>Kelandaian I ( &lt; 6 % )</b>		<b>Kelandaian II ( 6 – 10 % )</b>		<b>Kelandaian III ( &gt; 10% )</b>	
	<b>% kendaraan berat</b>		<b>% kendaraan berat</b>		<b>% kendaraan berat</b>	
	<b>≤ 30 %</b>	<b>30%</b>	<b>≤ 30 %</b>	<b>30%</b>	<b>≤ 30 %</b>	<b>30%</b>
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: Departemen Pekerjaan Umum, 2003

### 2.5.5 Indeks Permukaan (IP)

Indeks permukaan digunakan untuk menyatakan kerataan dan kekokohan permukaan jalan tingkat pelayanan bagi lalu lintas yang lewat. Salah satu ciri khas dari metode perencanaan perkerasan lentur jalan raya adalah dipergunakannya indeks permukaan atau *serviceability Indonesia* sebagai ukuran dasar dalam menentukan nilai perkerasan ditinjau dari kepentingan lalu lintas. Indeks permukaan ini menyatakan nilai permukaan yang bertalian dengan tingkat pelayanan bagi lalu lintas yang lewat. (Pd T-01-2002-B)

Dalam menentukan Indeks Permukaan pada akhir umur rencana (Ipt), perlu dipertimbangkan faktor-faktor klasifikasi fungsional jalan dan jumlah Lintas Ekuivalen Rencana (LER). (Pd T-01-2002-B)

**Tabel 2.5** Indeks Permukaan Pada Akhir Umur Rencana (IP)

<b>LER = Lintas Ekivalen Rencana</b>	<b>Klasifikasi Jalan</b>			
	<b>Lokal</b>	<b>Kolektor</b>	<b>Arteri</b>	<b>Tol</b>
< 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) dalam menentukan indeks permukaan pada awal umur rencana (Ipo) perlu diperhatikan jenis lapis permukaan jalan (kerataan/kehalusan serta kekokohan) pada awal umur rencana, menurut tabel di bawah ini:

**Tabel 2.6** Indeks Permukaan Pada Awal Umur Rencana (Ipo)

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

Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, 2003

### 2.5.6 Koefisien Kekuatan Relatif (a)

Koefisien kekuatan relatif ditentukan secara korelasi sesuai dengan nilai marshal test (untuk bahan dengan aspal), kuat tekan (untuk bahan yang distabilisasi) atau CBR (untuk bahan lapis pondasi bawah). (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	-	-	HRA
0,30	-	-	340	-	-	
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	-	Stab. Tanah dengan semen
-	0,13	-	-	18	-	
-	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

### 2.5.7 Batas-batas Minimum Tebal Lapis Perkerasan

Pada saat menentukan tebal lapis perkerasan, perlu dipertimbangkan keefektifannya dari segi biaya, pelaksanaan konstruksi, dan batasan pemeliharaan untuk menghindari kemungkinan dihasilkannya perencanaan yang tidak praktis. Dari segi keefektifan biaya, jika perbandingan antara biaya untuk lapisan pertama dan lapisan kedua lebih kecil dari pada perbandingan tersebut dikalikan dengan koefisien drainase, maka perencanaan yang secara ekonomis optimum adalah apabila digunakan tebal lapis pondasi minimum. (Pd T-01-2002-B)

#### 2.5.7.1 Lapis Permukaan

Menurut Sukirman (1999:9) lapisan permukaan adalah lapisan yang terletak paling atas. Pada umumnya lapisan permukaan dibuat dengan menggunakan bahan pengikat aspal sehingga menghasilkan lapisan yang kedap air dengan stabilitas yang tinggi dan daya tahan yang lama. Jenis lapis permukaan yang umum dipergunakan di Indonesia dapat disajikan 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	10	Lasbutag, Laston
≥ 10,00		Laston

Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, 2003

#### 2.5.7.2 Pondasi

Menurut (Departemen Pekerjaan Umum 2011) lapis pondasi adalah bagian perkerasan yang terletak antara lapis permukaan dan lapis pondasi bawah (atau bagian tanah dasar bila tidak menggunakan lapis pondasi bawah).



**Tabel 2.9** Lapis Pondasi

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

Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, 2003

## 2.6 Metode AASHTO

### 2.6.1 Analisis Lalu Lintas

Volume lalu lintas pada jalan raya utama, umumnya akan bertambah secara eksponensial dari tahun ke tahun. Karena itu, diperlukan untuk mengestimasi volume lalu lintas sesuai dengan umur rancangan. Volume lalu lintas pada beberapa jalan kolektor atau arteri kecil, dapat bertambah secara linier, namun volume lalu lintas pada beberapa jalan perumahan tidak berubah dengan waktu. 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

Langkah-langkah hitungan volume lalu lintas rancangan total bisa bervariasi, dan tergantung pada data yang tersedia sebelumnya. Bila volume total kendaraan pada tahun pertama ( $ESAL)_0$ , dan konstanta pertumbuhan pada setiap tahun adalah  $i\%$ , maka beban lajur rancangan untuk suatu periode analisis  $n$  tahun dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

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

Sumber: AASHTO 1993

Dengan,

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

$(ESAL)_0$  = ESAL pada tahun pertama

$D_D$  = faktor distribusi lalu lintas

$D_L$  = faktor distribusi jalur

$R$  = Faktor pertumbuhan lalu lintas

Dalam Hary Christady Hardiyatmo (2015),  $(ESAL)_n$  dinotasikan sebagai  $W_{18}$ . Angka 18 menyatakan nilai beban gandar standar yang dijadikan acuan yaitu 18 kip atau 80 kN. persamaan untuk menentukan lalu lintas pada lajur rancangan dituliskan dalam bentuk:

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

Sumber: AASHTO 1993

Dengan,

$W_{18}$  = jumlah lalu lintas pada lajur dan periode rancangan

$w_{18}$  = jumlah kumulatif beban gandar standar untuk lalu lintas 2 arah

### 2.6.2 Kemampuan Pelayanan (*Serviceability*)

Nilai kemampuan pelayanan awal untuk perkerasan lentur menurut Hary Christady Hardiyatmo (2015),  $p_o = 4,2$ . Nilai pelayanan akhir ( $p_t$ ), untuk kebanyakan fasilitas jalan raya adalah :

$p_o = 2,5$  untuk jalan utama

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

Kehilangan kemampuan pelayanan total (*total loss of serviceability*) dinyatakan oleh:

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

Sumber: AASHTO 1993

### 2.6.3 Reliabilitas (*Reliability*) R

Reliabilitas menyatakan tingkat kemungkinan bahwa perkerasan yang dirancang akan tetap memuaskan selama masa pelayanan. Nilai R tersebut digunakan untuk mengakomodasi kemungkinan ketidak tepatan hitungan volume lalu lintas dan kinerja perkerasan. Parameter R juga menyatakan kemungkinan probabilitas bahwa perkerasan yang dirancang akan mempunyai tingkatan kinerja yang tinggi daripada tingkat kemampuan pelayanan akhir, di akhir umur rancangan. Nilai R yang lebih besar menunjukkan kinerja perkerasan yang lebih baik, namun membutuhkan tebal perkerasan yang lebih tebal, untuk menentukan nilai reliabilitas dan deviasi standar normal dapat dilihat pada **Tabel 2.4** dan **Tabel 2.5** berikut:

**Tabel 2.10** Nilai reliabilitas R

Tipe jalan	Niali R	
	%	
Jalan bebas hambatan	90 - 99,9	85 - 99,9
Utama	85 - 99	80 - 95
Arteri	80 - 99	75 - 95
Kolektor	80 - 95	75 - 95
lokal	50 - 80	50 - 80

Sumber : (AASHTO,1993)

**Tabel 2.11** Hubungan antara R dengan (devisiasi 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)

### 2.6.3.1 Devisiasi Standar Keseluruhan (S<sub>0</sub>)

Devisiasi standar normal (*overal standard deviation, S<sub>0</sub>* ) merupakan parameter yang digunakan guna memperhitungkan adanya variasi dari input data. Devisiasi standar keseluruhan dipilih sesuai dengan kondisi lokal. AASHTO (1993) menyarankan :

Untuk perkerasan lentur : S<sub>0</sub> di antara 0,40-0,50

Untuk perkerasan kaku :  $S_0$  di antara 0,30-0,40

### 2.6.3.2 Modulus Resilient (MR)

Modulus resilient adalah suatu ukuran kemampuan tanah atau lapis pondasi granuler dalam menahan deformasi akibat beban berulang. Pada kebanyakan tanah, jika tingkat tegangan bertambah, maka sifat tegangan regangannya menjadi tidak linier. Hubungan dan CBR tanah dasar disarankan oleh *Shell Oil Co.* Dan *Ashpalt Institute* (MS-23) dikutip dari Hardiyatmo (2015) adalah:

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

$$M_R = 10,3 (\text{CBR}) \quad (\text{Mpa})$$

Sumber : AASHTO 1993

Terdapat persamaan-persamaan empirik lain sebagai berikut:

*U.S. Army Waterway Experiment Station*

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

*Transport And Road Research Laboratory*

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

Sumber : AASHTO 1993

Modulus resilient di pengaruhi oleh perubahan kadar air oleh pengaruh musim. Nilai kerusakan relatif ( $u_f$ ) digunakan untuk menyesuaikan nilai modulus resilient akibat pengaruh ini. Kerusakan relatif dihitung untuk setiap yang ditentukan setiap musim. Untuk menghitung nilai rata-rata musiman, maka seluruh dijumlahkan dan dibagi jumlah musim. Menurut AASHTO (1993) :

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

fektif yang memperhitungkan dinyatakan oleh :

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

Sumber : AASHTO 1993

Dengan MR dinyatakan 103 dalam psi

#### 2.6.4 Koefisien Lapisan (*Layer Coefficient*)

Koefisien lapisan ( $a_i$ ) menyatakan hubungan empiris antara SN untuk suatu struktur perkerasan dengan tebal lapisan, yang menyatakan kemampuan relatif dari suatu material agar berfungsi sebagai komponen struktural dari perkerasannya oleh Yoder dan Witzack, 1975 Dikutip oleh Hardiyatmo (2015). Koefisien lapis dari pondasi granuler (*granuler base layer*) tak dirawat ( $\alpha_2$ ) dapat ditentukan menggunakan persamaan :

$$\alpha_2 = 0,249 (\text{Log}_{10}M_R) - 0,977 \dots \dots \dots (2.14)$$

Dan untuk lapis pondasi bawah (*granuler subbase layer*) digunakan persamaan

$$\alpha_3 = 0,227 (\text{Log}_{10}M_R) - 0,839 \dots \dots \dots (2.15)$$

Sumber : AASHTO 1993

Koefisien lapisan yang digunakan sebagai komponen struktural dapat dilihat pada **Tabel 2.12**

**Tabel 2.12** Koefisien lapisan ( $a_i$ )

Tipe Material	(1/in)
<b>Lapisan permukaan aspal :</b>	
Campuran aspal panas bergradasi padat	0,44
Aspal pasir	0,40
Campuran dipakai ulang di tempat	0,20
Campuran dipakai ulang olah pabrik	0,40(0,40-0,44)
<b>Lapis Pondasi :</b>	
Batu pecah	0,14(0,08-0,14)
Kerikil berpasir	0,07
Pondasi pozolanik	0,28(0,25-0,30)
Pondasi dirawat kapur	0,22(0,15-0,300)
Pondasi dirawat semen	0,27

**Tabel 2.12 (Lanjutan)**

<b>Tipe Material</b>	(1/in)
<b>Lapisan permukaan aspal :</b>	
<b>Lapis Pondasi :</b>	
Batu pecah	0,14(0,08-0,14)
Kerikil berpasir	0,07
Pondasi pozolanik	0,28(0,25-0,30)
Pondasi dirawat kapur	0,22(0,15-0,300)
Pondasi dirawat semen	0,27
tanah semen	0,20
Pondasi dirawat aspal, gradasi kasar	0,34
Pondasi dirawat aspal, gradasi pasir	0,30
Campuran dipakai ulang diolah di tempat	0,20
Campuran dipakai ulang dolah di pabrik	0,40(0,40-0,44)
Camuran aspal panas gradasi padat	0,44
<b>Lapis pondasi bawah</b>	
Kerikil berpasir	0,11
Lempung Berpasir	0,08(0,05-0,10)
Tanah dirawat kapur	0,11
Lempung dirawat kapur	0,16(0,14-0,18)
Batu pecah	0,14(0,08-0,14)

Sumber: AASHTO, 1993

### **2.6.5 Angka Struktural (*Structural Number, S<sub>N</sub>eff*)**

Angka struktural didefinisikan sebagai angka indeks yang berasal dari analisis lalu lintas, kondisi tanah di bawah jalan, dan faktor regional. Besaran SN menyatakan nilai abstrak kekuatan struktur perkerasan yang terbentuk dari kekuatan gabungan antara dukungan tanah (MR), jumlah total beban gandar tunggal ekuivalen 18 kip, kemampuan pelayanan akhir, dan kondisi lingkungan. Angka indeks ini dapat dikonversikan ke dalam tebal dari berbagai macam lapis perkerasan



fleksibel, yaitu melalui penggunaan koefisien-koefisien lapisan dari material pembentuknya. Angka struktural SN dinyatakan oleh persamaan :

$$SN_{eff} = \alpha_1 D_1 + \alpha_2 D_2 m_2 + \alpha_3 D_3 m_3 \dots\dots\dots(2.16)$$

Sumber: AASHTO 1993

Dengan,

$SN_{eff}$  = angka struktural efektif perkerasan eksisting yang akan diberi lapis tambahan

$D_1$  = tebal lapis permukaan (in)

$D_2$  = tebal lapis pondasi (in)

$D_3$  = tebal lapis pondasi bawah (in)

$m_2$  = koefisien drainase untuk lapis pondasi

$m_3$  = koefisien drainase untuk lapis pondasi bawah

$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ . = berturut-turut koefisien lapisan untuk lapis permukaan, lapis pondasi, dan lapis pondasi bawah

Nilai-nilai tebal lapisan minimum campuran aspal dan lapis pondasi menurut AASHTO dan Departemen Perumahan Dan Prasarana Wilayah (Pt T-01-2001-B) dapat dilihat pada **Tabel 2.7** berikut

**Tabel 2.13** Tebal minimum campuran beraspal dan lapis pondasi

ESAL	Campuran Beraspal (in)	Lapen	Lasbutag	Agregat Lapis Pondasi
< 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)

### 2.6.6 Perancangan perkerasan Lentur

Hitungan tebal lapisan perkerasan lentur dilakukan dengan lebih dulu menentukan angka struktural SN yang dinyatakan dalam persamaan :

$$\log_{10} N_f = Z_R S_0 + 9,36 \log_{10} (SN_f + 1) - 0,2 + \frac{\log_{10} \left[ \frac{\Delta PSI}{4,2-1,5} \right]}{0,4 + \frac{1,094}{(SN+1)^{5,19}}} + 2,32 \times \log_{10} M_R - 8,07 \dots\dots\dots(2.16)$$

Sumber: AASHTO,1993

Nf = Jumlah beban ekivalen (ESAL)

ZR = Devisiasi standar normal

S0 = Devisiasi standar keseluruhan

ΔPSI = Kehilangan kemampuan pelayanan

MR = Modulus resilient tanah dasar

SN = Angka struktural

### 2.7 Rencana Anggaran Biaya

Dalam merencanakan sebuah konstruksi tentu memerlukan perkiraan biaya untuk mengetahui berapa besar biaya yang diperlukan untuk membangun suatu proyek konstruksi. Tanpa adanya rencana anggaran biaya (RAB) sangat mungkin terjadinya pembengkakan biaya karena pembelian bahan yang tidak sesuai dengan volume yang ada di lapangan, upah pekerja yang tidak terkontrol dengan baik, pengadaan alat yang boros, dan berbagai dampak lainnya. Sehingga peran rencana anggaran biaya (RAB) sangat penting dalam sebuah proyek.

#### a. Pengertian Rencana Anggaran Biaya

Menurut Syawaldi Rencana Anggaran Biaya (RAB) adalah:

1. Perhitungan banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan dan upah, serta biaya-biaya lain yang berhubungan dengan pelaksanaan bangunan atau proyek tertentu.
2. Merencanakan sesuatu bangunan dalam bentuk dan faedah dalam penggunaannya, beserta besar biaya yang diperlukan susunan - susunan

pelaksanaan dalam bidang administrasi maupun pelaksanaan pekerjaan dalam bidang teknik

3. Ada dua cara yang dapat dilakukan dalam penyusunan anggaran biaya antara lain :
  - Anggaran Biaya Kasar (Taksiran), sebagai pedomannya digunakan harga satuannya tiap meter persegi luas lantai. Namun anggaran biaya kasar dapat juga sebagai pedoman dalam penyusunan RAB yang dihitung secara teliti.
  - Anggaran Biaya Teliti, proyek yang dihitung dengan teliti dan cermat sesuai dengan ketentuan proyek dan syarat-syarat penyusunan anggaran biaya.

a. Tujuan Rencana Anggaran Biaya

Tujuan dari RAB adalah membuat suatu perkiraan atau rencana yang sesuai dengan dengan volume maupun harga satuan tiap jenis tenaga, bahan dan alat yang akan digunakan. Sehingga kita mengetahui berapa besar rencana harga bagian atau item pekerjaan sebagai pedoman untuk mengeluarkan biaya-biaya dalam masa pelaksanaan. Selain itu supaya konstruksi yang direncanakan dapat dilaksanakan secara efektif dan efisien.

b. Fungsi Rencana Anggaran Biaya

RAB ini menjadi dasar dalam merencanakan sebuah proyek sehingga diketahui jenis dan besarnya pekerjaan yang akan dilaksanakan. Berdasarkan RAB tersebut dapat diketahui jenis dan besarnya pekerjaan yang akan dilaksanakan. Dari RAB juga dapat diputuskan peralatan apa saja yang nantinya perlu dibeli langsung atau hanya perlu sistem sewa. Maka RAB dalam sebuah perencanaan sangat diperlukan sebagai pedoman pelaksanaan pekerjaan dan sebagai alat pengontrol pelaksanaan pekerjaan.

### 2.7.1 Analisa Harga Satuan

HSD merupakan komponen untuk menyusun harga satuan pekerjaan (HSP) memerlukan HSD tenaga kerja, HSD alat, dan HSD bahan. Setelah memperoleh data dari HSD masing-masing data tersebut masuk dalam rekapitulasi RAB untuk selanjutnya dikalikan dengan volume seperti contoh tabel analisa harga satuan

pekerjaan lapis perekat pada **Tabel 2.14**. Berikut ini diberikan langkah-langkah perhitungan HSD komponen HSP menurut HSPK Surabaya (2017).

**Tabel 2.14** Contoh Analisa Harga Satuan Pekerjaan Lapis Perekat

No	Uraian	Koef	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
<b>A</b>	<b>Tenaga</b>				
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>B</b>	<b>Bahan</b>				
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
<b>C</b>	<b>Peralatan</b>				
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
Total Harga Peralatan					617,00
Total Harga					18.534,00

Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, 2023

### 2.7.2 Langkah Perhitungan HSD Tenaga Kerja

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 Kementerian Pekerjaan Umum 2017 adalah sebagai berikut:

1. Tentukan jenis keterampilan tenaga kerja yang dibutuhkan, misal pekerja (P), tukang (Tx), mandor (M), atau kepala tukang (KaT).
2. Kumpulkan data upah yang sesuai dengan peraturan daerah (Gubernur, Walikota, Bupati) setempat, data upah hasil survai di lokasi yang berdekatan dan berlaku untuk daerah tempat lokasi pekerjaan akan dilakukan.
3. Perhitungkan tenaga kerja yang didatangkan dari luar daerah dengan memperhitungkan biaya makan, menginap dan transport selama masa kontrak.

4. Tentukan jumlah hari efektif bekerja selama satu bulan (24 – 26 hari), dan jumlah jam efektif dalam satu hari (7 jam).
5. Hitung biaya upah masing-masing pekerja yaitu dihitung per jam per orang.
6. Rata-ratakan seluruh dari biaya upah per jam sebagai upah rata-rata per jam.

Contoh penggunaan Harga Satuan Dasar (HSD) tenaga kerja disajikan pada tabel 2.19.

**Tabel 2.15** 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, 2016*

### 2.7.3 Langkah Perhitungan HSD Alat

Analisis HSD alat memerlukan data upah seperti operator atau supir, spesifikasi alat meliputi tenaga mesin, kapasitas kerja alat ( $m^3$ ), umur ekonomis alat (dari pabrik pembuatnya), jam kerja dalam satu tahun, dan harga alat. Faktor lainnya adalah komponen investasi alat meliputi suku bunga bank, asuransi alat, faktor alat yang spesifik seperti faktor bucket untuk Excavator, harga perolehan alat, dan Loader. Contoh penggunaan Harga Satuan Dasar (HSD) alat disajikan pada Tabel 2.16 (Kementerian Pekerjaan Umum, 2016).

**Tabel 2.16** Contoh Daftar Harga Satuan Dasar *Dump Truck* 10 ton

No	Uraian	Kode	Satuan	Koef	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
<b>A</b>	<b>Uraian Peralatan</b>					
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>B</b>	<b>Biaya Pasti Per Jam Kerja</b>					
1.	Nilai Sisa Alat (10% x B)	C	Rp	42000000	-	-
2.	Faktor Angsuran Modal $\frac{i \times (1+i)^A}{(1+i)^A - 1}$	D	-	0.26	-	-
	Biaya Pasti Per Jam					
3.	a. Biaya Pengembalian Modal $\left(\frac{(B-C) \times D}{W}\right)$	E	Rp	49.857	-	-
	b. Asuransi $\left(\frac{0,002 \times B}{W}\right)$	F	Rp	420,00	-	-
	<b>Biaya Pasti Per Jam (E + F)</b>	<b>G</b>	<b>Rp</b>	<b>50.377,72</b>	-	-
<b>C</b>	<b>Biaya Operasi Per Jam Kerja</b>					
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 2.16 (Lanjutan)**

No	Uraian	Kode	Satuan	Koef	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
<b>A</b>	<b>Uraian Peralatan</b>					
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	-	-
	<b>Biaya Operasi Per Jam (H+I+J+K+L+M)</b>	<b>P</b>	Rp	287.314,52	-	-
<b>D</b>	<b>Total Biaya Sewa Alat/Jam (G+P)</b>	S	Rp	337.592,52	-	-
<b>E</b>	<b>Lain-lain</b>					
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	-	-

Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, 2016

#### 2.7.4 Langkah Perhitungan HSD Bahan

Dalam menentukan harga standar bahan atau HSD bahan perlu menetapkan rujukan harga standar bahan atau HSD bahan per satuan pengukuran standar. Analisis HSD bahan memerlukan data harga bahan baku, serta biaya transportasi dan biaya produksi bahan baku menjadi bahan olahan atau bahan jadi. Produksi bahan memerlukan alat yang mungkin lebih dari satu alat. Setiap alat dihitung kapasitas produksinya dalam satuan pengukuran per jam, dengan cara memasukkan data kapasitas alat, faktor efisiensi alat, faktor lain dan waktu siklus masing-masing. HSD bahan terdiri atas harga bahan baku atau HSD bahan baku, HSD bahan olahan, dan HSD bahan jadi. Perhitungan harga satuan dasar (HSD) bahan yang diambil



dari *quarry* dapat menjadi dua macam, yaitu berupa bahan baku (batu kali/gunung, pasir sungai atau gunung dll), dan berupa bahan olahan (misalnya agregat kasar dan halus hasil produksi mesin pemecah batu dan lain sebagainya).

Harga bahan di *quarry* berbeda dengan harga bahan yang dikirim ke *base camp* atau ke tempat pekerjaan, karena perlu biaya tambahan berupa biaya pengangkutan material dari *quarry* ke *base camp*. Contoh penggunaan Harga Satuan Dasar (HSD) alat seperti pada (tabel 2.21) (Kementerian Pekerjaan Umum, 2016).

**Tabel 2.17** Contoh Daftar Harga Satuan Dasar Bahan

No.	Uraian	Kode	Satuan	Volume	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
1.	Pasir Pasang	Pp	m <sup>3</sup>	-	25.750,00	-
2.	Pasir Beton	Pb	m <sup>3</sup>	-	20.000,00	-
3.	Batu Kali	Bk	m <sup>3</sup>	-	19.500,00	-
4.	Batu Belah	Bb	m <sup>3</sup>	-	9.000,00	-
5.	Gravel	Grv	m <sup>3</sup>	-	8.000,00	-
6.	Aspal Cement	Ac	Ton	-	1.100.000,00	-
7.	Sirtu	Srt	m <sup>3</sup>	-	17.500,00	-
8.	Pasir Urug	Pu	m <sup>3</sup>	-	18.000,00	-
9.	Tanah Timbun	Ttbn	m <sup>3</sup>	-	20.300,00	-
10.	Material Pilihan	Mpil	m <sup>3</sup>	-	20.300,00	-
	Jumlah Harga Pekerjaan	A	Rp			
	PPN (10% x A)	B	Rp			
	Total (A+B)	C	RP			

Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, 2016