

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR)

Volume lalu-lintas harian rata-rata menyatakan jumlah lalu lintas perhari dalam 1 minggu untuk 2 jalur yang berbeda dinyatakan dalam LHR, maka harus dilakukan penyelidikan lapangan selama 24 jam dalam satu minggu yang dilaksanakan pada hari senin, selasa, rabu, kamis, jumat, sabtu, dan minggu dengan mencatat jenis kendaraan bermotor.

Jumlah lalu lintas dalam 1 tahun dinyatakan sebagai lalu-lintas harian rata-rata (LHR).

$$LHR = \left[\frac{\text{jumlah lalu - lintas dalam 1 tahun}}{365} \right] \quad (3.1)$$

Pada umumnya lalu-lintas jalan raya yang melewati satu titik atau suatu tempat dalam satu satuan waktu mengakibatkan adanya pengaruh dari setiap jenis kendaraan terhadap keseluruhan arus lalu lintas.

Pengaruh ini diperhitungkan dengan mengekivalenkan terhadap keadaan standar. Dari data lalu-lintas dapat juga diperkirakan perhitungan lalu-lintas setiap tahunnya yang mana hal ini sangat berkaitan dengan umur rencana jalan. Sehingga jalan tersebut dapat memenuhi syarat secara ekonomis. Pada umumnya lalu-lintas pada jalan raya terdiri dari campuran kendaraan cepat, kendaraan lambat, kendaraan berat, kendaraan ringan dan kendaraan tidak bermotor maka kapasitas jalan mengakibatkan adanya pengaruh dari setiap jenis kendaraan tersebut terhadap keseluruhan arus lalu lintas. Untuk mempermudah perhitungan maka dipakai Satuan Mobil Penumpang (SMP) yang dapat dilihat pada tabel 3.1.

Tabel 3.1 Faktor Ekivalen (FE), (Sukirman, 1999)

Tipe Kendaraan	FE
Sepeda motor	0,2
Kendaraan Tak Bermotor	0,5
Mobil Penumpang	1,0
Mikro Truck	1,0
Bus Kecil	1,0
Bus Besar	1,3
Truk Ringan (berat kotor < 5 ton)	1,3
Truk Sedang (berat kotor 5 – 10 ton)	1,3
Truk Berat (berat kotor > 10 ton)	1,3

Keterangan Tabel 3.1 :

LV = Kendaraan ringan yang terdiri dari bak terbuka, sedan dan mobil

HV = Kendaraan berat yang terdiri dari truk 2 as 10 ton, truk 3 as 20 ton

MC = Kendaraan bermotor roda dua

UM = Kendaraan tak bermotor

Volume lalu-lintas menyatakan jumlah lalu-lintas dalam Satuan Mobil Penumpang (SMP) yang besarnya menunjukkan jumlah lalu-lintas harian rata-rata (LHR) maka volume lalu-lintas yang ada baik pada saat ini maupun pada saat tahun rencana menentukan klasifikasi jalan yang diperkirakan sanggup menerima volume lalu lintas tersebut. Klasifikasi ialah mencakup kelas jalan, jumlah jalur, kecepatan rencana, lebar perkerasan landai maksimum dan lain-lain. Volume lalu-lintas adalah lalu-lintas harian rata-rata (LHR) didapat dari jumlah lalu-lintas pada suatu tahun dibagi dengan 365 hari.

3.2 Klasifikasi Jalan Raya

Klasifikasi jalan raya menunjukkan standar operasi yang dibutuhkan dan merupakan suatu bangunan yang berguna bagi perencanaan. Di Indonesia

berdasarkan peraturan perencanaan geojalan raya yang dikeluarkan Bina Marga, jalan dibagi dalam kelas-kelas yang dibagi menjadi tiga bagian yaitu : jalan arteri, jalan kolektor dan jalan sekunder.

3.2.1 Jalan Arteri

Jalan arteri menurut Ditjen Bina Marga (1997) merupakan jalan yang melayani angkutan utama dengan ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi dan jumlah jalan masuk (akses) dibatasi secara efisien. Jalan arteri dibagi menjadi dua yaitu jalan arteri primer dan jalan arteri sekunder :

1. Jalan Arteri Primer

Jalan arteri primer menurut ditjen Bina Marga (1997) Menghubungkan secara berdaya guna antar pusat kegiatan nasional atau antara pusat kegiatan nasional dengan pusat kegiatan wilayah.

- a. Jalan arteri primer didesain berdasarkan kecepatan rencana paling rendah 60 kilometer per jam (km/h)
- b. Lebar jalan manfaat minimal 11 meter.
- c. Persimpangan pada jalan arteri primer diatur dengan pengaturan tertentu yang sesuai dengan lalu lintas dan karakteristiknya.
- d. Harus memiliki perlengkapan jalan yang cukup seperti rambu lalu lintas, marka jalan, lampu lalu lintas, lampu penerangan jalan dan lain-lain.
- e. Jalur khusus harusnya disediakan, yang dapat digunakan untuk sepeda dan kendaraan lambat lainnya.
- f. Jalan arteri primer mempunyai 4 lajur lalu lintas atau lebih dan seharusnya dilengkapi dengan median (sesuai dengan ketentuan geometrik).
- g. Apabila persyaratan jarak akses jalan dan atau lahan tidak dapat dipenuhi, maka jalan arteri harus disediakan jalur lambat (*Frontage road*) dan juga jalur khusus untuk kendaraan tidak bermotor.

2. Jalan Arteri Sekunder

Jalan arteri sekunder menurut Ditjen Bina Marga (1997) adalah jalan yang melayani angkutan utama dengan ciri-ciri perjalanan jarak jauh kecepatan rata-rata tinggi dan jumlah jalan masuk dibatasi efisien, dengan peranan pelayanan

jasa distribusi untuk masyarakat dalam kota. Di daerah perkotaan juga disebut sebagai jalan protokol.

Karakteristik Jalan Arteri sekunder menurut Ditjen Bina Marga (1990) adalah sebagai berikut :

- a. Jalan arteri sekunder menghubungkan : kawasan primer dengan kawasan sekunder kesatu, antar kawasan sekunder kesatu, kawasan sekunder kesatu dan sekunder kedua dan jalan arteri atau kolektor primer dengan kawasan sekunder kesatu.
- b. Jalan arteri sekunder dirancang berdasarkan kecepatan rencana paling rendah yaitu 30 km per jam.
- c. Lebar badan jalan tidak kurang dari 8 meter.
- d. Akses langsung dibatasi tidak boleh lebih pendek dari 250 meter.
- e. Kendaraan angkutan umum barang ringan dan bus untuk pelayanan tingkat kota dapat diizinkan melalui jalan ini.

3.2.2 Jalan Kolektor

Jalan kolektor Ditjen Bina Marga (1997) merupakan jalan umum yang berfungsi untuk melayani angkutan umum atau pembagi dengan ciri perjalanan sedang, kecepatan rata-rata sedang dan jumlah jalan masuk dibatasi. Jalan kolektor dibagi menjadi dua jalan kolektor primer dan jalan kolektor sekunder :

1. Jalan Kolektor Primer

Jalan kolektor primer menurut Ditjen Bina Marga (1997) adalah jalan dikembangkan untuk melayani dan menghubungkan kota-kota antar pusat kegiatan wilayah dan pusat kegiatan lokal dan atau kawasan-kawasan berskala kecil dan atau pelabuhan pengumpan regional dan pelabuhan pengumpan lokal.

- a. Jalan kolektor primer dalam kota merupakan terusan jalan kolektor primer luar kota.
- b. Jalan kolektor primer melalui atau menuju kawasan primer atau jalan arteri primer.
- c. Jalan arteri primer dirancang berdasarkan kecepatan rencana paling rendah 40 km per jam.

d. Lebar badan jalan kolektor primer tidak kurang dari 7 meter.

2. Jalan Kolektor Sekunder

Jalan kolektor sekunder menurut Ditjen Bina Marga (1997) adalah jalan yang melayani angkutan pengumpulan atau pembagian dengan ciri-ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang dan jumlah jalan masuk dibatasi, dengan peranan pelayanan jasa konstruksi distribusi untuk masyarakat di dalam kota.

Karakteristik dalam kolektor sekunder menurut Ditjen Bina Marga (1997) adalah sebagai berikut.

- a. Jalan kolektor sekunder menghubungkan: antar kawasan sekunder kedua dengan kawasan sekunder ketiga.
- b. Jalan kolektor sekunder dirancang berdasarkan kecepatan rencana paling rendah 20 km per jam
- c. Lebar jalan kolektor sekunder tidak kurang dari 7 meter. Kendaraan angkutan barang berat tidak diizinkan melalui fungsi jalan ini di daerah pemukiman.

Lokasi parkir pada badan jalan dibatasi. Harus mempunyai perlengkapan jalan yang cukup. Besarnya lalu lintas harian rata-rata pada umumnya lebih rendah dari sistem primer dan arteri sekunder.

3.2.3 Jalan Lokal

Jalan lokal, menurut Ditjen Bina Marga (1997) merupakan jalan umum yang berfungsi untuk melayani angkutan dengan ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi.

1. Jalan Lokal Primer

Jalan lokal primer adalah jalan yang menghubungkan secara berdaya guna pusat kegiatan nasional dengan pusat kegiatan lingkungan, pusat kegiatan wilayah dengan pusat kegiatan lingkungan, antar pusat kegiatan lokal, atau pusat kegiatan lokal dengan pusat kegiatan lingkungan.

- a. Jalan primer dalam kota merupakan terusan jalan lokal primer luar kota.
- b. Jalan lokal primer melalui atau menuju kawasan primer atau jalan primer lainnya.

- c. Jalan lokal primer dirancang berdasarkan kecepatan rencana paling rendah 20 km per jam.
- d. Kendaraan angkutan barang dan bus dapat diizinkan melalui jalan ini.
- e. Lebar badan jalan lokal primer tidak kurang dari 6 meter.
- f. Besarnya lalu lintas harian rata-rata pada umumnya paling rendah pada sistem primer.

2. Jalan Lokal Sekunder

Jalan lokal sekunder adalah menghubungkan kawasan sekunder kesatu dengan perumahan, kawasan sekunder kedua dengan perumahan, kawasan sekunder ketiga dan seterusnya sampai perumahan. Karakteristik jalan lokal sekunder menurut Ditjen Bina Marga (1990) adalah sebagai berikut.

Jalan lokal sekunder menghubungkan: antar kawasan sekunder ketiga atau dibawahnya, kawasan sekunder dengan perumahan. Jalan lokal sekunder atau didesain berdasarkan kecepatan rencana paling rendah 10 km per jam. Lebar badan jalan lokal sekunder tidak kurang dari 5 meter. Kendaraan angkutan barang berat dan bus tidak diizinkan memalui fungsi jalan jenis ini di daerah pemukiman. Besarnya lalu lintas harian rata- rata pada umunya paling rendah dibandingkan dengan fungsi jalan lain.

3.3 Jalan Lintas

Menurut Saodang, 2005. Kendaraan secara nyata dilapangan mempunyai beban total yang berbeda, tergantung pada berat sendiri kendaraan dan muatan yang diangkutnya. Beban ini didistribusikan ke perkerasan jalan melalui sumbu kendaraan, selanjutnya roda kendaraan baru ke perkerasan jalan. Makin berat muatan akan memerlukan jumlah sumbu kendaraan yang makin banyak, agar muatan sumbu tidak melampaui muatan sumbu yang disyaratkan. Pembebanan setiap sumbu ditentukan oleh muatan dan konfigurasi sumbu kendaraan. Ada beberapa konfigurasi sumbu kendaraan, yaitu:

1. Sumbu Tunggal Roda Tunggal (STRT)
2. Sumbu Tunggal Roda Ganda (STRG)
3. Sumbu Tandem Roda Ganda (STdRG)
4. Sumbu Tridem Roda Ganda (STrRG)

3.3.1 Kategori Muatan Sumbu Terberat

Masing-masing kelas jalan dibatasi untuk menerima muatan sumbu terberat agar jalan tidak cepat rusak akibat beban berlebih. Ada 4 kategori MST, yaitu :

1. MST = 10 ton
2. MST = 8 ton
3. MST = 5 ton
4. MST = 3,5 ton

Dalam hal ini, MST sumbu tunggal = 8 ton, MST sumbu tandem = 15 ton, MST sumbu tridem = 20 ton.

3.3.2 Beban Lalu Lintas

Dengan mengetahui secara tepat tingkat kemampuan suatu jalan dalam menerima suatu beban lalu lintas, maka tebal lapisan perkerasan tersebut akan sesuai dengan yang direncanakan. Beban bertulang atau *repetition load* merupakan beban yang diterima struktur perkerasan dari roda-roda kendaraan yang melintasi jalan raya secara dimanis selama umur rencana. Besar beban yang diterima bergantung dari berat kendaraan, konfigurasi sumbu, bidang kontak antara roda dan kendaraan serta kecepatan dari kendaraan itu sendiri. Hal ini akan memberi suatu nilai kerusakan pada perkerasan akibat muatan sumbu roda yang melintas setiap kali pada ruas jalan. Berat kendaraan dibebankan ke perkerasan melalui kendaraan yang terletak di ujung-ujung sumbu kendaraan. Masing-masing kendaraan mempunyai konfigurasi sumbu yang berbeda-beda. Sumbu depan dapat merupakan sumbu tunggal roda, sedangkan sumbu belakang dapat merupakan sumbu tunggal, sumbu ganda, maupun sumbu tripel

Berat kendaraan dipengaruhi oleh faktor-faktor sebagai berikut :

1. Fungsi jalan

Kendaraan berat yang memakai jalan arteri umumnya muatan yang lebih berat dibandingkan dengan jalan pada medan datar.

2. Keadaan medan

Jalan yang mendaki mengakibatkan truk tidak mungkin memuat beban yang lebih berat dibandingkan dengan jalan pada medan datar.

3. Aktivitas ekonomi di daerah yang bersangkutan

Jenis dan beban yang diangkut oleh kendaraan berat sangat tergantung dari jenis kegiatan yang ada di daerah tersebut, truk di daerah industri mengangkut beban yang berbeda jenis dan beratnya dengan di daerah perkebunan.

4. Perkembangan daerah

Bahan yang diangkut kendaraan dapat berkembang sesuai dengan perkembangan daerah di sekitar lokasi jalan.

Dampak kerusakan yang ditimbulkan oleh beban lalu lintas tidaklah sama antara satu dengan yang lain. Perbedaan ini mengharuskan suatu standar yang bisa mewakili semua jenis kendaraan, sehingga semua beban yang diterima oleh struktur perkerasan jalan dapat disamakan ke dalam beban standar. Beban standar ini digunakan sebagai batasan maksimum yang di ijinakan suatu kendaraan.

Beban yang sering digunakan sebagai batasan maksimum yang diijinkan untuk suatu kendaraan adalah beban gandar maksimum. Beban gandar ini diambil sebesar 18.000 pounds (8 ton) pada sumbu standar tunggal. Diambilnya angka ini karena daya pengrusak yang ditimbulkan beban gandar terhadap stuktur perkerasan adalah bernilai satu.

3.3.3 Jumlah Lajur

Lajur rencana merupakan salah satu lajur lalu lintas dari suatu ruas jalan raya, yang menampung lalu lintas terbesar (lajur dengan volume tertinggi). Umumnya lajur rencana adalah salah satu lajur dari jalan raya dua lajur atau tepi dari jalan raya yang berlajur banyak. Persentase kendaraan pada jalur rencana dapat juga diperoleh dengan melakukan survey volume lalu lintas. Jika jalan tidak memiliki tanda batas lajur, maka ditentukan dari lebar perkerasan berdasarkan Bina Marga 2003. (Nofrianto 2013)

Tabel 3.2 Jumlah Lajur Berdasarkan Lebar Perkerasan (Pd T-14-2003)

Lebar Perkerasan		Jumlah lajur
$L < 5,50 \text{ m}$		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
$15,00 \text{ m} \leq L <$	$18,75 \text{ m}$	5 lajur
$18,75 \text{ m} \leq L <$	$22,00 \text{ m}$	6 lajur

3.3.4 Faktor Distribusi Lajur dan Kapasitas Lajur

Faktor distribusi lajur untuk kendaraan niaga (truk dan bus) ditetapkan dalam Tabel 3.2 Beban rencana pada setiap lajur tidak boleh melampaui kapasitas lajur pada setiap tahun selama umur rencana. Kapasitas lajur mengacu kepada peraturan menteri PU No. 19/PRT/M2011 mengenai Persyaratan Teknis Jalan berkaitan Rasio Volume Kapasitas (RVK) yang harus dipenuhi. Kapasitas lajur maksimum agar mengacu pada MKJI dapat dilihat pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Faktor Distribusi Lajur (D_L) (Pt T-01-2002-B) (Nofrianto, 2013)

Jumlah lajur per arah	% beban gandar standar dalam lajur rencana
1	100
2	80 – 100
1	2
3	60 – 80
4	50 – 75

3.3.5 Koefisien Distribusi Kendaraan

Koefisien distribusi kendaraan untuk kendaraan ringan dan berat yang lewat pada lajur rencana ditentukan berdasarkan Bina Marga 2003.

Tabel 3.4 Koefisien Distribusi Kendaraan (Pd T-14-2003) (Nofrianto, 2013)

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	0,60	0,70	0,50
3 lajur	0,40	0,40	0,50	0,475
4 lajur	-	0,30		0,45
5 lajur	-	0,25		0,425
6 lajur	-	0,20		0,40

3.3.6 Umur Rencana

Umur rencana adalah jumlah waktu dalam tahun dihitung sejak jalan tersebut mulai dibuka sampai saat diperlukan perbaikan berat atau dianggap perlu untuk diberi lapis permukaan baru agar jalan tersebut berfungsi dengan baik sebagaimana dengan direncanakan (Nofrianto, 2013). Perbaikan bangunan jalan didasarkan pada lalu lintas sekarang dan yang akan datang dalam batas umur rencana jalan. Umur rencana perkerasan jalan ditentukan atas pertimbangan:

1. Klasifikasi fungsional jalan
2. Pola lalu lintas serta nilai ekonomi jalan yang bersangkutan, yang dapat ditentukan antara lain dengan metode *Benefit Cost Ratio Rate of Return*, kombinasi dari metode tersebut atau cara lain yang tidak terlepas dari pola pengembangan wilayah.

Beberapa tipikal umur rencana : (Hendarsin. 2013)

1. Lapisan perkerasan aspal baru, 20 – 25 tahun
2. Lapisan perkerasan kaku baru, 20 – 40 tahun
3. Lapisan tambahan (aspal, 10 – 15), (batu pasir, 10 – 20) tahun

3.3.7 Muatan Sumbu Terberat (MST)

Muatan adalah jumlah tekanan roda dari satu sumbu kendaraan terhadap jalan. Jika dilihat pada PP nomor 43 tahun 1993 tentang Prasarana dan Lalu Lintas

Jalan dapat disimpulkan bahwa muatan sumbu terberat adalah beban sumbu salah satu terbesar dari beberapa beban sumbu kendaraan yang harus dipikul oleh jalan. Pada Undang-undang No 22 tahun 2009 lalu lintas dan angkutan jalan, pengelompokan jalan menurut kelas jalan terdiri atas:

1. Jalan kelas I, yaitu jalan arteri dan kolektor yang dapat dilalui kendaraan bermotor dengan ukuran lebar tidak melebihi 2.500 mm, ukuran panjang tidak melebihi 18.000 mm, ukuran paling tinggi 4.200 mm dan muatan sumbu terberat 10 ton.
2. Jalan kelas II, yaitu jalan arteri, kolektor, lokal dan lingkungan yang dapat dilalui kendaraan bermotor dengan ukuran lebar tidak melebihi 2.500 mm, ukuran panjang tidak melebihi 12.000 mm, ukuran paling tinggi 4.200 mm dan muatan sumbu terberat 8 ton.
3. Jalan kelas III, yaitu jalan arteri, kolektor, lokal dan lingkungan yang dapat dilalui kendaraan bermotor dengan ukuran lebar tidak melebihi 2.100 mm, ukuran panjang tidak melebihi 9.000 mm, ukuran paling tinggi 3.500 mm dan muatan sumbu terberat 8 ton.

4. Jalan kelas khusus, yaitu jalan arteri yang dapat dilalui kendaraan bermotor dengan ukuran lebar melebihi 2.500 mm, ukuran panjang melebihi 18.000 mm, ukuran paling tinggi 4.200 mm dan muatan sumbu terberat lebih dari 10 ton.

3.4 Sifat Dan Komposisi Lalu-lintas

Yang perlu diperhatikan dalam perencanaan peningkatan jalan adalah terdapatnya bermacam ukuran, berat kendaraan yang mana sifat operasinya berbeda. Truk disamping lebih berat, berjalan lebih lambat dan mengambil ruang jalan lebih banyak akibatnya memberi pengaruh lebih besar dari pada kendaraan penumpang terhadap lalu-lintas. Untuk memperhitungkan pengaruh terhadap arus lalu-lintas dan kapasitas dari bermacam-macam ukuran dan beratnya dibagi menjadi dalam 2 golongan yaitu :

1. Mobil penumpang (P), yang termasuk dalam golongan ini semua jenis mobil penumpang dengan kendaraan truk ringan seperti Pick-Up dengan ukuran dan sifat operasi serupa mobil.
2. Kendaraan Truk (T), termasuk truk tunggal, truk gandengan yang mempunyai berat kotor lebih dari 3.5 ton.

3.5. Pertumbuhan Lalu-linta

Untuk memperkirakan pertumbuhan lalu-lintas untuk tahun yang akan datang dapat dihitung dengan rumus, yaitu :

$$LHR_n = LHR_o (1 + i)^n \quad (3.2)$$

Keterangan :

LHR_n = LHR tahun ke n

LHR_o = LHR Awal tahun rencana

i = Faktor pertumbuhan (%)

n = Umur rencana

Untuk memprediksikan faktor pertumbuhan (i), didapat dari data Lalu-lintas Harian Rata-rata (LHR) yang ada dihitung tingkat pertumbuhan tahunannya.

Tabel 3.5 Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas (Bina Marga Pd-T-14-2003)

Umur Rencana (Tahun)	Laju Pertumbuhan (i) Per-tahun (%)					
	0	2	4	6	8	10
5	5	5,2	5,4	5,8	5,9	6,1
10	10	10,9	12	13,2	14,5	15,9
15	15	17,3	20	23,3	27,2	31,8
20	20	24,3	29,8	36,8	45,8	57,3
25	25	32	41,6	54,9	73,1	98,3
30	30	40,6	56,1	79,1	113,3	164,5
35	35	50	73,7	111,4	172,3	271
40	40	60,4	95	154,8	259,1	442,6

3.6 Angka Ekuivalen Beban Sumbu

Jenis kendaraan yang memakai jalan beraneka ragam, bervariasi baik ukuran, berat total, konfigurasi, beban sumbu dan sebagainya. Oleh karena itu volume lalu lintas umumnya dikelompokkan atas beberapa kelompok yang masing-masing kelompok diwakili oleh satu jenis kendaraan. Pengelompokan jenis kendaraan untuk perencanaan tebal perkerasan dapat dilakukan sebagai berikut:

1. Mobil penumpang, termasuk di dalamnya semua kendaraan dengan berat total (2 ton)
2. Bus
3. Truk 2 Sumbu
4. Truk 3 Sumbu
5. Truk 4 Sumbu
6. Semi Trailer

Konstruksi perkerasan jalan menerima beban lalu lintas yang dilimpahkan melalui roda-roda kendaraan. Besarnya beban yang dilimpahkan tersebut tergantung dan berat kendaraan, konfigurasi sumbu, bidang kontak antara roda dan perkerasan, kecepatan kendaraan dan sebagainya. Dengan demikian efek dan masing-masing kendaraan terhadap kerusakan yang ditimbulkan tidaklah sama. Oleh karena itu perlu adanya beban standar sehingga semua beban lainnya dapat disetarakan dengan beban standar tersebut yang merupakan beban sumbu tunggal beroda ganda seberat 18.000 lbs (8 ton).

Semua beban kendaraan lain dengan beban sumbu berbeda di ekuivalenkan ke beban sumbu standar dengan menggunakan “angka ekuivalen beban sumbu (E)”. Angka ekuivalen beban sumbu adalah angka yang menunjukkan jumlah lintasan dan sumbu tunggal seberat 8,16 ton yang akan menyebabkan kerusakan yang sama atau penurunan indeks permukaan yang sama apabila beban sumbu standar lewat satu kali.

Contoh : $E \text{ truk} = 1,2$, ini berarti 1 kali lintasan kendaraan truk mengakibatkan penurunan indeks permukaan yang sama dengan 1,2 kali lintasan sumbu standar. Secara empiris angka ekuivalen ditulis sebagai berikut :

$$E = \left[\frac{\text{beban sumbu (kg)}}{8160} \right] x \quad (3.3)$$

Keterangan:

X merupakan konstanta yang besarnya dipengaruhi oleh:

1. Bidang kontak antara ban dengan perkerasan dengan perkerasan jalan. Luas bidang kontak ditentukan oleh tekanan ban.
2. Kelandaian, kendaraan yang berjalan di jalan mendaki mempunyai efek yang berbeda dibandingkan dengan kendaraan yang bergerak di jalan datar.

3. Fungsi jalan, kendaraan yang bergerak pada jalan yang menghubungkan dua kota berkecepatan lebih tinggi dibandingkan dengan kendaraan yang bergerak di dalam kota. Di dalam kota di tempat-tempat yang banyak ditemukan persimpangan, kendaraan bergerak dengan kecepatan lebih rendah dan seringkali berhenti.
4. Beban sumbu, kendaraan dengan beban sumbu yang lebih besar akan mempunyai angka ekivalen lebih besar dan pada kendaraan dengan beban sumbu yang lebih kecil.
5. Kecepatan kendaraan, kendaraan sejenis akan menghasilkan kerusakan yang berbeda jika kendaraan tersebut bergerak dengan kecepatan yang berbeda pula. Kendaraan yang bergerak dengan kecepatan rendah akan mempunyai efek lebih cepat merusak jalan.
6. Ketebalan lapisan perkerasan, kerusakan yang ditimbulkan oleh kendaraan pada lapisan perkerasan dengan nilai struktural lebih tinggi akan lebih kecil dibandingkan dengan kerusakan yang terjadi pada lapisan perkerasan dengan nilai struktural lebih rendah.

Nilai X akan bertambah besar dengan semakin jelek atau tidak rata permukaan jalan. Indeks permukaan turun mengakibatkan nilai X bertambah besar. Untuk perencanaan tebal perkerasan, angka ekivalen dapat diasumsikan tetap selama umur rencana dan dipergunakan angka ekivalen pada kondisi akhir umur rencana (pada keadaan indeks permukaan akhir umur). Untuk menentukan angka ekivalen beban sumbu, Bina Marga memberikan rumus sebagai berikut:

$$E \text{ sumbu tunggal} = \left[\frac{\text{beban sumbu tunggal (kg)}}{8160} \right]^4 \quad (3.4)$$

$$E \text{ sumbu ganda} = \left[\frac{\text{beban sumbu ganda (kg)}}{8160} \right]^4 \times 0,0086 \quad (3.5)$$

Keterangan:

E sumbu tunggal/ganda = Angka ekivalen beban sumbu.

Beban sumbu tunggal/ganda = Beban sumbu pada roda setiap kendaraan.

Angka (8160) = Berat sumbu standar pada kendaraan.

3.7 Angka Ekivalen Beban Gandar Sumbu Kendaraan (E)

Angka ekivalen (E) masing-masing golongan beban sumbu (setiap kendaraan) ditentukan menurut rumus Bina Marga sebagai berikut:

$$STRT = \left[\frac{P}{5,4} \right]^4 \quad (3.6)$$

$$STRG = \left[\frac{P}{8,16} \right]^4 \quad (3.7)$$

$$STdRG = \left[\frac{P}{13,76} \right]^4 \quad (3.8)$$

$$STrRG = \left[\frac{P}{18,45} \right]^4 \quad (3.9)$$

Keterangan :

STRT = Sumbu tunggal roda tunggal

STRG = Sumbu tunggal roda ganda

STdRG = Sumbu tandem roda ganda

STrRG = Sumbu Tridem Roda Ganda

P = Beban gandar satu sumbu tunggal dalam ton

Departemen Pekerjaan Umum dalam hal ini Direktorat Jenderal Bina Marga telah membuat suatu ketentuan untuk menentukan nilai masing-masing sumbu kendaraan, hal ini dapat dilihat berdasarkan Tabel 3.6.

Tabel 3.6 Angka Ekuivalen Beban Sumbu Kendaraan (Nofrianto, 2013)

Angka Ekuivalen			
Kg	Sumbu Tunggal	Sumbu Ganda	Sumbu Triple
1000	0,002	-	-
2000	0,0036	0,0003	-
3000	0,0183	0,0016	-
4000	0,0570	0,0050	-
5000	0,1410	0,0121	-
6000	0,2923	0,0251	-
7000	0,5415	0,0466	-
8000	0,9238	0,0794	0,0489
8160	1,0000	0,0860	0,053
9000	1,4798	0,1273	0,0784
10000	2,2555	0,1940	0,1195
11000	3,3033	0,2840	0,175
12000	4,6770	0,4022	0,2475
13000	6,4419	0,5540	0,3414
14000	8,6647	0,7452	0,4592
15000	11,4148	0,9820	0,4592
16000	14,7815	1,2712	0,6052
17000	18,838	1,6201	0,7834
18000	23,6771	2,0362	1,2549
19000	29,3937	2,5278	1,5578
21000	43,8648	3,7724	2,3248
22000	52,836	4,5439	2,8003
23000	63,1176	5,4282	3,3452
24000	74,8314	6,4355	3,966
25000	88,1047	7,577	4,6695

3.8. Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan adalah konstruksi yang dibangun di atas lapisan tanah dasar (*subgrade*), yang berfungsi untuk menopang beban lalu-lintas. Konstruksi perkerasan jalan adalah campuran antara agregat dan bahan ikat yang digunakan untuk melayani beban lalu-lintas. Pada umumnya ada tiga jenis konstruksi perkerasan jalan, yaitu: (Nofrianto, 2013)

1. Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

Perkerasan Lentur adalah struktur lapisan perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikatnya dan akan melentur jika terkena beban kendaraan. Lapisan-lapisan perkerasan berisifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar. Perkerasan ini terdiri dari empat lapis, yaitu *surface course*, *base course*, *sub base course* dan *subgrade*.

2. Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

Perkerasan kaku merupakan struktur lapisan perkerasan yang menggunakan semen (*portland cement*) sebagai bahan pengikat sehingga sifatnya kaku dan tidak melentur jika terkena beban kendaraan. Pelat beton dengan atau tanpa tulangan diletakan di atas tanah dasar dengan atau tanpa lapis pondasi bawah. Beban lalu lintas sebagian besar dipikul oleh pelat beton. Perkerasan jenis ini terdiri dari terdiri dari tiga lapis yaitu plat beton (*concrete slab*), lapisan pondasi bawah (*sub base course*) dan lapisan tanah dasar (*subgrade*).

3. Perkerasan Komposit (*Composite Pavement*)

Perkerasan Komposit merupakan jenis perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur, dapat berupa perkerasan lentur di atas perkerasan kaku atau perkerasan kaku di atas permukaan lentur. Perkerasan jenis ini mendapatkan kekuatan dan kenyamanan yang tinggi.

Konstruksi perkerasan lentur dan perkerasan kaku memiliki perbedaan dalam beberapa aspek seperti bahan pengikat yang dipakai, sifat perkerasan, tujuan penggunaan, biaya pelaksanaan, usia kostruksi dan perbaikan kerusakan.

Tabel 3.7 Kelebihan dan Kekurangan Lapisan Perkerasan Lentur dan Kaku

Uraian	Perkerasan Lentur	Perkerasan Kaku
Bahan Pengikat	Aspal	Semen, Aspal dengan tebal Besar
Sifat	- Melentur jika dibebani - Meredam getaran	- Tidak melentur jika dibebani - Tidak meredam getaran
Penggunaan	Beban ringan-berat	Beban berat
Biaya Pelaksanaan	Murah	Mahal
Usia	20 tahun (pemeliharaan rutin)	40 tahun (tanpa pemeliharaan rutin)
Perbaikan Kerusakan	- Mudah - Perbaikan setempat	- Sulit - Perbaikan menyeluruh

Sumber : Konstruksi Perkerasan Jalan (*Overlay*) *Hand Out I*

3.9. Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

Perkerasan lentur pada umumnya digunakan untuk jalur lalu lintas dengan lalu lintas utama kendaraan penumpang, jalan perkotaan, untuk perkerasan bahu jalan, atau perkerasan dengan konstruksi bertahap.

3.9.1 Lapisan Perkerasan Lentur

Perkerasan lentur terdiri dari lapisan-lapisan yang saling mendukung antara satu lapisan dengan lapisan lainnya, dan perkerasan lentur ini memiliki kelebihan dan kekurangan.

Kelebihan menggunakan perkerasan lentur adalah :

1. Dapat digunakan pada daerah dengan perbedaan penurunan (*differential settlement*) terbatas;
2. Mudah diperbaiki;
3. Penambahan lapisan perkerasan dapat dilakukan kapan saja;
4. Memiliki tahanan gesek yang baik;

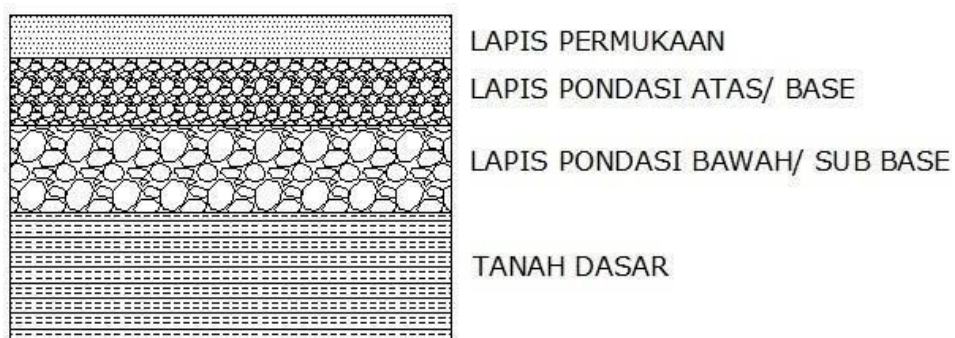
5. Warna perkerasan memberikan kesan yang tidak menyilaukan bagi pemakai jalan;
6. Dapat dilaksanakan bertahap, terutama pada kondisi biaya pembangunan terbatas.

Kekurangan menggunakan perkerasan lentur adalah :

1. Tebal total struktur perkerasan lebih tebal dari perkerasan kaku;
2. Kelenturan dan sifat kohesi berkurang seiring waktu;
3. Waktu pelayanan sampai membutuhkan pemeliharaan lebih cepat dari pada perkerasan kaku;
4. Tidak baik digunakan jika sering tergenang air;
5. Membutuhkan agregat lebih banyak.

Struktur perkerasan lentur dibangun dari beberapa lapisan yang makin kebawah memiliki daya dukung yang semakin jelek, yaitu: (Nofrianto, H., 2013)

1. Lapisan permukaan (*surface course*)
2. Lapisan pondasi atas (*base course*)
3. Lapisan pondasi bawah (*subbase course*)
4. Lapisan tanah dasar (*subgrade*).



Gambar 3.3 Struktur Lapis Perkerasan Lentur (Sukirman 1999)

3.9.1.1 Lapisan Permukaan (*Surface Course*)

Lapisan adalah lapisan yang terletak paling atas yang langsung bergesekan dengan roda kendaraan. Fungsi lapisan permukaan antara lain: (Nofrianto, 2013)

1. Sebagai lapisan perkerasan yang menahan beban roda, dengan persyaratan harus mempunyai stabilitas tinggi untuk menahan beban roda selama masa pelayanan.
2. Sebagai lapisan kedap air sehingga air hujan yang jatuh di atasnya tidak meresap ke lapisan di bawahnya dan melemahkan lapisan tersebut.
3. Sebagai lapisan aus (*wearing course*), lapisan yang langsung menderita gesekan akibat rem kendaraan sehingga mudah menjadi aus.
4. Lapisan yang menyebarkan beban ke lapisan bawah, sehingga dapat dipikul oleh lapisan lain dengan daya dukung yang lebih buruk.

Pada umumnya lapisan permukaan menggunakan bahan pengikat tinggi, sehingga menghasilkan lapisan yang kedap air, berstabilitas tinggi, dan memiliki daya tahan selama masa pelayanan. Lapis paling atas yang kontak langsung dengan roda kendaraan, cepat menjadi aus dan rusak karena berhubungan langsung dengan perubahan cuaca, hujan, panas, dan dingin.

Lapis paling atas dari lapisan permukaan disebut sebagai lapisan aus, dan berfungsi non struktural, sedangkan lapis di bawah lapis aus yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat disebut juga *binder course*, berfungsi struktural untuk memikul beban lalu lintas dan mendistribusikan ke lapis pondasi. Jadi, lapis permukaan dapat dibedakan menjadi: (Sukirman, 1999)

1. Lapis aus (*wearing course*), merupakan lapis permukaan yang kontak langsung dengan roda kendaraan dan cuaca;
2. Lapis pengikat (*binder course*), merupakan lapis permukaan yang terletak di bawah lapis aus.

3.9.1.2 Lapisan Pondasi Atas (*Base Course*)

Lapis perkerasan yang terletak diantara lapis pondasi bawah dan lapis pondasi permukaan dinamakan lapisan pondasi atas (*base course*). Jika tidak digunakan lapisan pondasi bawah, maka lapisan pondasi atas diletakan langsung di atas permukaan tanah dasar. Lapisan pondasi atas berfungsi sebagai :

1. Bagian struktur perkerasan yang menahan gaya vertikal dari beban kendaraan dan menyebarkan ke lapisan di bawahnya;
2. Lapis peresapan untuk lapisan pondasi bawah;
3. Bantalan atau perletakan lapis permukaan.

Material yang digunakan untuk lapisan pondasi adalah material yang cukup kuat dan awet sesuai syarat teknik dalam spesifikasi pekerjaan. Lapisan pondasi dapat dipilih lapisan berbutir tanpa pengikat atau lapis dengan aspal sebagai pengikat. Untuk lapis pondasi tanpa bahan pengikat umumnya menggunakan material berbutir dengan CBR lebih besar dari 50 % dan indeks plastis lebih kecil dari 4 %. Bahan-bahan alam seperti batu pecah, kerikil pecah yang distabilisasi dengan semen, aspal, pozzolan atau kapur dapat digunakan sebagai lapisan pondasi.

Jenis lapisan pondasi yang umum dipergunakan di Indonesia antara lain: (Sukirman, 1999)

1. Agregat bergradasi baik, dibagian atas agregat kelas A yang mempunyai gradasi yang lebih kasar, dan agregat kelas B. Kriteria dari masing-masing jenis lapisan pondasi agregat dapat diperoleh dari spesifikasi pekerjaan;
2. Pondasi makadam;
3. Pondasi telfond;
4. Penetrasin makadam;
5. Laston sebagai lapis pondasi, dikenal dengan nama AC-Base (*Asphalt Concrete-Base*);
6. Lataston sebagai lapis pondasi, dikenal dengan nama HRS-Base (*Hot Rolled Sheet-Base*);
7. Stabilisasi.

3.9.1.3 Lapisan Pondasi Bawah (*Subbase Course*)

Lapis perkerasan terletak diantara lapis pondasi atas dan tanah dasar dinamakan lapisan pondasi bawah (*subbase*). Lapis pondasi bawah berfungsi sebagai: (Nofrianto, 2013)

1. Bagian dari struktur perkerasan untuk mendukung dan menyebarkan beban kendaraan ke lapisan tanah dasar. Lapisan ini harus cukup stabil, mempunyai CBR sama atau lebih besar dari 20 % dan indeks Plastis (IP) sama atau lebih kecil dari 10 %;
2. Efisiensi penggunaan material yang relatif murah, agar lapisan di atasnya dapat dikurangi tebalnya;
3. Lapis peresapan, agar air tanah tidak berkumpul di pondasi;
4. Lapis pertama, agar pelaksanaan pekerjaan dapat berjalan lancar, sehubungan dengan kondisi lapangan yang memaksa harus segera menutup tanah dasar dari pengaruh cuaca, atau lemahnya daya dukung tanah dasar menahan roda alat berat.
5. Lapisan filter untuk mencegah partikel-partikel halus dari tanah dasar naik ke lapisan pondasi.

3.9.1.4 Lapisan Tanah Dasar (*Subgrade*)

Lapisan tanah dasar merupakan lapisan tanah yang berada di bawah pondasi bawah. Kekuatan dan keawetan konstruksi perkerasan jalan sangat tergantung pada sifat-sifat dan daya dukung tanah dasar. lapisan tanah dasar dapat berupa tanah asli yang dipadatkan jika tanah aslinya baik, tanah yang didatangkan dari tempat lain dan dipadatkan atau tanah yang distabilisasi dengan kapur atau bahan lainnya. Berdasarkan elevasi muka tanah dimana konstruksi perkerasan jalan akan diletakan, lapisan tanah dasar dibedakan atas :

1. Permukaan tanah asli, adalah lapisan tanah dasar yang merupakan muka tanah asli di lokasi jalan tersebut. Pada umumnya lapisan tanah dasar ini disiapkan hanya dengan membersihkan dan memadatkan lapisan atas setebal 30 – 50

cm dari muka tanah dimana elevasi struktur perkerasan direncanakan untuk diletakkan;

2. Permukaan tanah timbunan, adalah lapisan tanah dasar yang lokasinya terletak di atas tanah asli. Hal ini berkaitan dengan perencanaan alinemen vertikalnya. Persiapan permukaan tanah timbunan perlu memperhatikan tingkat kepadatan yang diharapkan;
3. Permukaan tanah galian, adalah lapisan tanah dasar yang lokasinya terletak di bawah muka tanah asli, sesuai dengan perencanaan alinemen vertikalnya; Dalam sekelompok ini termasuk pula yang kurang baik. Persiapan permukaan tanah timbunan perlu memperhatikan tingkat kepadatan yang diharapkan.

Daya dukung dan ketahanan struktur perkerasan jalan sangat ditentukan oleh karakteristik tanah dasar. masalah-masalah yang sering ditemui terkait dengan lapisan tanah dasar adalah : (Sukirman, 1999)

1. Daya dukung tanah dasar berpotensi mengakibatkan perubahan bentuk tetap dan rusaknya struktur perkerasan jalan secara menyeluruh;
2. Sifat mengembang dan menyusut untuk jenis tanah yang dimiliki sifat plastisitas, dimana akibat perubahan kadar air berakibat terjadinya retak atau perubahan bentuk. Faktor drainase dan kadar air pada proses pemadatan tanah dasar sangat menentukan tingkat kerusakan yang mungkin terjadi;
3. Perbedaan daya dukung tanah akibat perbedaan jenis tanah. Penelitian yang seksama akan jenis dan sifat tanah dasar sepanjang jalan dapat mengurangi akibat tidak meratanya daya dukung tanah dasar;
4. Perbedaan penurunan (*different settlement*) akibat terdapatnya lapisan tanah lunak di bawah lapisan tanah dasar. penyelidikan jenis dan karakteristik lapisan tanah yang terletak di bawah lapisan tanah dasar sangat membantu mengatasi masalah ini;
5. Kondisi geologi yang dapat berakibat terjadinya patahan, geseran dari lapisan lempengan bumi perlu diteliti dengan seksama terutama pada tahap penentuan trase jalan;

6. Kondisi geologi di sekitar trase lapisan tanah dasar di atas tanah galian perlu diteliti dengan seksama, termasuk kestabilan lereng dan rembesan air yang mungkin diakibatkan oleh dilakukannya galian.

3.9.2 Jenis Kerusakan Pada Perkerasan Lentur

Menurut Manual Pemeliharaan Jalan Nomor : 03/MN/B/1983 yang dikeluarkan oleh Direktorat Jenderal Bina Marga, kerusakan jalan dapat dibedakan atas : (Sukirman, 1999)

1. Retak (*cracking*)
2. Distorsi (*distortion*)
3. Cacat permukaan (*disintegration*)
4. Pengausan (*polished aggregate*)
5. Kegemukan (*bleeding or flushing*)
6. Penurunan pada bekas penanaman utilitas

3.9.2.1 Retak (*Cracking*)

Retak adalah terjadinya patahan pada permukaan perkerasan (dalam konteks identifikasi kerusakan). Mekanisme retak dibagi menjadi dalam dua fase, yaitu awal terjadinya dan perkembangannya. Awal terjadinya retak merupakan waktu kejadian yang diskrit, dimana untuk keperluan pembuatan model, didefinisikan sebagai saat munculnya retak pada permukaan dengan jumlah 0,5%/km, pada fase berikutnya retak meluas secara cepat pada permukaan dan bukaan retak bertambah lebar. (HDM IV. 1995)

Retak yang terjadi pada lapisan permukaan jalan dapat dibedakan atas :

1. Retak Halus (*Hair cracking*)

Lebar celah lebih kecil atau sama dengan 3 mm, penyebabnya adalah bahan perkerasan yang kurang baik, tanah dasar atau bagian perkerasan di bawah lapis permukaan kurang stabil. Retak halus ini dapat meresapkan air ke dalam lapis

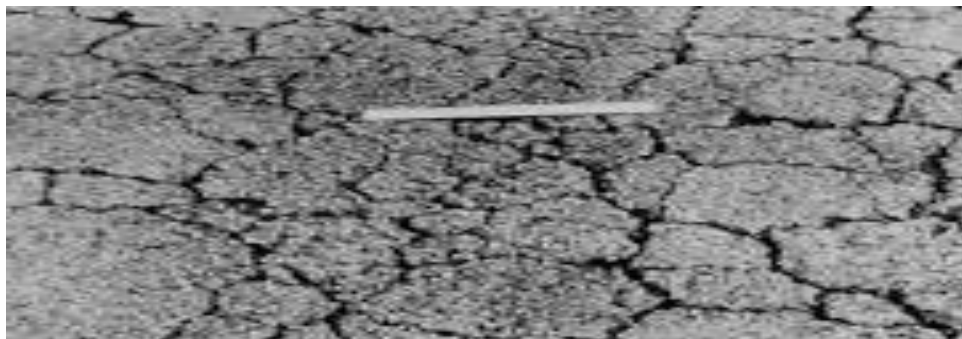
permukaan dan jika dibiarkan dapat berkembang menjadi retak kulit buaya. (Sukirman, 1999)



Gambar 3.4 Retak Halus (Mulki, 2018)

2. Retak kulit buaya (*alligator crack*)

Retak kulit buaya adalah retak yang berbentuk sebuah jaringan dari bidang persegi banyak (*poligon*) kecil-kecil menyerupai kulit buaya seperti ditunjukkan pada Gambar 3.3, dengan lebar celah lebih dari 3 mm. Ukuran retak yang saling berhubungan berkisar antara 2,5 cm sampai 15 cm. (Shahin, 1994)



Gambar 3.5 Retak Kulit Buaya (Shahin, 2005)

3. Retak pinggir (*edge crack*)

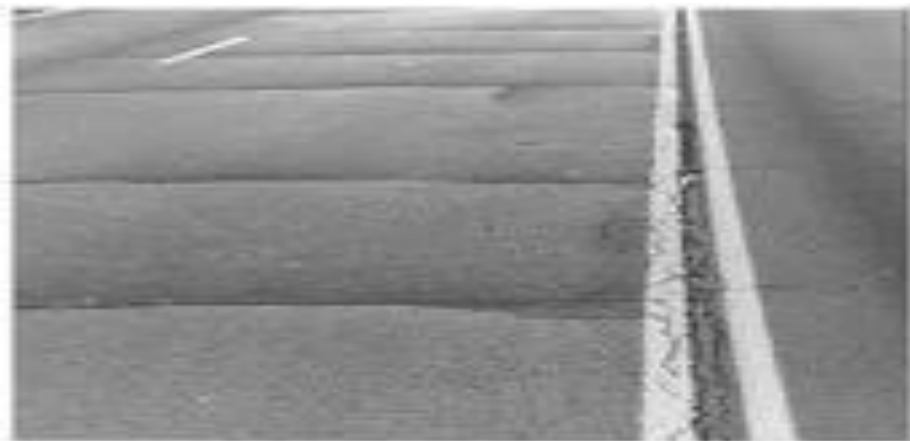
Retak memanjang jalan, dengan atau tanpa cabang yang mengarah ke bahu jalan dan terletak dekat bahu. Retak ini disebabkan oleh tidak baiknya sokongan dari arah samping, drainase kurang baik, terjadinya penyusutan tanah, atau terjadinya settlement di bawah daerah tersebut. Akar tanaman yang tumbuh di tepi perkerasan dapat pula menjadi sebab terjadinya retak pinggir ini. Di lokasi retak, air dapat meresap yang dapat semakin merusak lapis permukaan. (Sukirman, 1999)



Gambar 3.6 Retak Pinggir (Shahin, 2005)

4. Retak refleksi (*reflection crack*)

Retak refleksi terjadi bila retak yang telah terjadi pada lapisan di bawah merambat ke lapisan permukaan. Retak refleksi terjadi sebagai akibat dari pada konsentrasi tegangan pada ujung retak internal sehingga sangat penting mengurangi umur kelelahan yang tersedia pada lapis permukaan. (Wiyono, 2009)



Gambar 3.7 Retak Refleksi (Shahin, 2005)

5. Retak sudut (*Shrinkage crack*)

Retak yang saling bersambungan membentuk kotak-kotak besar dengan sudut tajam. Retak disebabkan oleh perubahan volume pada lapisan permukaan yang memakai aspal dengan penetrasi rendah, atau perubahan volume pada lapisan pondasi dan tanah dasar. (Sukirman, 1999)



Gambar 3.8 Retak Sudut (Anonymous, 2019)

6. Retak selip (*Slippage crack*)

Retak yang bentuknya melengkung seperti bulan sabit. Hal ini terjadi disebabkan oleh kurang baiknya ikatan antara lapis permukaan dan lapis dibawahnya. Kurang baiknya ikatan dapat disebabkan oleh adanya debu, minyak, air atau benda non adhesif lainnya, atau akibat tidak diberinya *tackcoat* sebagai bahan pengikat antara kedua lapisan. Retak selipun dapat terjadi akibat terlalu banyaknya pasir dalam campuran lapisan permukaan, atau kurang baiknya pemadatan lapis permukaan. (Sukirman, 1999)



Gambar 3.9 Retak Selip (Shahin, 2005)

3.9.2.2 Distorsi (*Distortion*)

Distorsi perubahan bentuk dapat terjadi akibat lemahnya tanah dasar, pemadatan yang kurang pada lapis pondasi sehingga terjadi penambahan pemadatan

akibat beban lalu lintas. Sebelum perbaikan dilakukan sebaiknya ditentukan terlebih dahulu jenis dan penyebab distorsi yang terjadi. Dengan demikian dapat ditentukan jenis penanganan yang tepat. Distorsi dapat dibedakan atas:

1. Alur (*ruts*)

Alur adalah permanen deformasi pada lapisan perkerasan akibat lalu lintas yang terbentuk pada jejak roda secara terus menerus yang akhirnya berbentuk alur (Paterson, 1987). Alur akan timbul karena perlemahan material, aus permukaan atau struktur yang tidak kuat. Monitor dan kontrol dari alur mempunyai pengaruh terhadap biaya operasi kendaraan (mempengaruhi nilai traksi kendaraan), keamanan (adanya genangan air) dan getaran muatan.



Gambar 3.10 Alur (Shahin, 2005)

2. Keriting (*corrugation*)

Alur yang terjadi melintang jalan. Penyebab kerusakan ini adalah rendahnya stabilitas jalan campuran yang dapat berasal dari terlalu tingginya kadar aspal, terlalu banyak mempergunakan agregat halus, agregat berbentuk bulat dan berpermukaan licin, atau aspal yang dipergunakan mempunyai penetrasi yang tinggi. Keriting dapat juga terjadi jika lalu lintas dibuka sebelum perkerasan mantap (untuk perkerasan yang mempergunakan aspal cair). (Sukirman, 1999)



Gambar 3.11 Keriting (Shahin, 2005)

3. Sungkur (*shoving*)

Sungkur adalah perpindahan permanen secara lokal dan memanjang dari permukaan perkerasan yang disebabkan oleh beban lalu lintas. Ketika lalu lintas mendorong perkerasan, maka mendadak timbul gelombang pendek di permukaannya atau berbentuk seperti ombak. Faktor penyebab terjadinya kerusakan sungkur adalah stabilitas campuran lapisan aspal rendah, terlalu banyak kadar air dalam lapis pondasi granuler, dan ikatan antara lapis perkerasan tidak bagus dan tebal perkerasan kurang. (Shahin, 1994)



Gambar 3.12 Sungkur (Hardiyatmo, 2015)

4. Amblas (*grade depression*)

Terjadi setempat, dengan atau tanpa retak. Amblas dapat terdeteksi dengan adanya air yang tergenang. Air tergenang ini dapat meresap ke dalam lapisan perkerasan yang akhirnya menimbulkan lubang. Penyebab amblas adalah beban kendaraan yang melebihi apa yang direncanakan, pelaksanaan yang kurang baik, atau penurunan bagian perkerasan dikarenakan tanah dasar mengalami *settlement*. (Sukirman, 1999)



Gambar 3.13 Amblas (Shahin, 2005)

3.9.2.3 Cacat permukaan (*Disintegration*)

Kerusakan ini mengarah kepada kerusakan secara kimiawi dan mekanis dari lapisan perkerasan. Yang termasuk dalam cacat permukaan ini adalah :

1. Lubang (*potholes*)

Lubang adalah kerusakan yang berbentuk lekukan dipermukaan perkerasan akibat hilangnya lapis aus dan material lapis pondasi. Kerusakan ini biasa terjadi didekat retakan atau didaerah yang darinasenya kurang baik sehingga perkerasan tergenang oleh air. Faktor penyebab kerusakan ini adalah campuran material lapis permukaan yang kurang baik, air masuk kedalam lapis pondasi lewat retakan dipermukaan perkerasan yang terbuka, beban lalu lintas yang mengakibatkan disintegrasikan lapis pondasi. (Shahin, 1994)



Gambar 3.14 Lubang (Shahin, 2005)

2. Pelepasan butir (*raveling*)

Pelepasan butir adalah lepasnya butir-butir agregat permukaan dari campuran agregat aspal (Bennet, 1995). Kejadian pelepasan butir menunjukkan perilaku yang berbeda dari setiap daerah dan negara tergantung metode dalam pelaksanaan konstruksinya. Pelepasan butir adalah kerusakan yang umumnya disebabkan oleh pelaksanaan yang jelek, dan akibat selaput aspal yang tipis (pada laburan aspal/*surface treatment*), jarang terlihat pada perkerasan aspal dengan campuran panas mutu tinggi. (Wiyono, 2009)



Gambar 3.15 Pelepasan Butir (Shahin, 2005)

3.9.2.4 Kegemukan (*Bleeding or Flushing*)

Kegemukan adalah terjadinya konsentrasi aspal pada suatu tempat tertentu dipermukaan jalan. Bentuk fisik dari kerusakan ini dapat dikenali dengan terlihatnya lapisan tipis aspal pada permukaan perkerasan dan jika pada kondisi temperatur permukaan perkerasan yang tinggi atau pada lalu lintas yang berat, akan terlihat jejak bekas roda kendaraan yang melewati. Kerusakan ini menyebabkan jalan menjadi licin, adapun faktor penyebab terjadinya kerusakan ini adalah pemakaian kadar aspal yang tinggi pada campuran aspal, kadar udara pada campuran aspal terlalu rendah, pemakaian terlalu banyak aspal pada pekerjaan *prime coat* atau *tack coat*, dan agregat terpenetrasi ke dalam lapis pondasi sehingga lapis pondasi menjadi lemah. (Shahin, 1994)

3.10 Tingkat Kerusakan Jalan

Jenis-jenis kerusakan berdasarkan tingkat kerusakan menurut metode PCI yang digunakan sebagai acuan menentukan tingkat kerusakan jalan yang sering terjadi pada perkerasan jalan lentur, antara lain : (Shahin, 1994)

1. Retak Kulit Buaya

Retak kulit buaya (*aligator cracking*) dibedakan menjadi 3 tingkat kerusakan (*severity level*), sebagai berikut:

a. *Low severity level*

Kondisi perkerasan tergolong baik, retak rambut parallel satu sama lain

b. *Medium severity level*

Kondisi retak membentuk suatu jaringan retak dan berpola, bagian retak sedikit terbuka dan kemungkinan ada partikel yang terlepas

c. *High severity level*

Jaringan retak terbuka dan dalam, sebagian partikel pada bagian yang retak sudah terlepas

2. Alur

Alur (*rutting*) dibedakan menjadi 3 tingkat kerusakan (*severity level*), sebagai berikut:

a. *Low severity level*

Dengan kedalaman alur antara $\frac{1}{4}$ - $\frac{1}{2}$ inchi.

b. *Medium severity level*

Dengan kedalaman alur antara $\frac{1}{2}$ - 1 inchi.

c. *High severity level*

Dengan kedalaman alur >1 inchi.

3. Amblas

Amblas (*depression*) dibedakan menjadi 3 tingkat kerusakan (*severity level*), sebagai berikut:

a. *Low severity level*

Kondisi penurunan hampir tidak kelihatan, kedalaman amblas $\frac{1}{2}$ – 1 inchi.

b. *Medium severity level*

Kondisi penurunan kelihatan dan dapat diobservasi tetapi tidak begitu berarti, kedalaman amblas 1 – 2 inchi.

c. *Hight severity level*

Kondisi penurunan sangat mencolok dan jelas kelihatan perbedaan elevasi pada permukaan perkerasan dan dapat diukur, kedalaman >2 inchi.

3.11 Kerusakan Jalan Akibat Beban Berlebih

Beban berlebih adalah berat as kendaraan yang melampaui batas maksimum yang diizinkan (MST = Muatan Sumbu Terberat). Selain itu beban berlebih dapat juga didefinisikan suatu kondisi beban gandar kendaraan melebihi beban standar yang digunakan pada asumsi desain perkerasan jalan atau jumlah lintasan operasional sebelum umur rencana tercapai yang biasa disebut kerusakan dini.

Terjadinya beban berlebih pada kendaraan yang mengangkut muatan melebihi ketentuan yang ditetapkan secara signifikan akan meningkatkan daya rusak (*Damage Factor*) kendaraan yang selanjutnya akan menyebabkan kerusakan pada struktural jalan. Jenis dan besarnya beban kendaraan yang beraneka ragam menyebabkan pengaruh daya rusak dari masing-masing kendaraan terhadap lapisan-lapisan perkerasan jalan raya tidaklah sama. Semakin besar muatan atau beban suatu kendaraan yang dipikul lapisan perkerasan jalan, maka struktur perkerasan jalan akan cepat rusak.

Pendekatan muatan berlebih yaitu dengan menghitung nilai total faktor truk (*truck factor*). *Truck Factor* adalah nilai total *Equivalent Single Axle Load* (ESAL) yang mana menyebabkan kerusakan jalan akibat beban berlebih pada kendaraan berat. Apabila nilai *truck faktor* lebih besar dari 1 ($TF > 1$) berarti telah terjadi kerusakan akibat beban berlebih.

Persamaan yang digunakan untuk menghitung nilai *truck faktor* adalah :

[Wiyono, 2009]

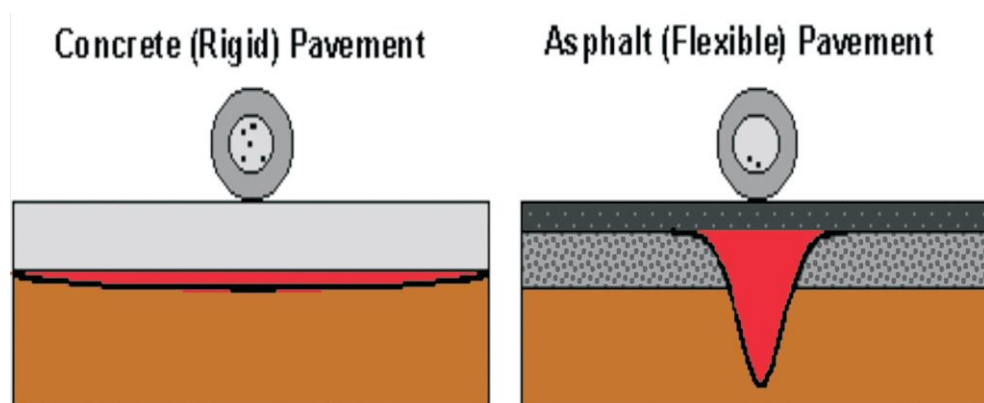
$$TF = \frac{\text{Total ESAL}}{N} \quad (3.10)$$

Keterangan :

TF	= Truk Faktor
Total ESAL	= Nilai Total Esal
N	= Jumlah Kendaraan Berat

3.12 Distribusi Beban Pada Perkerasan Lentur

Struktur perkerasan lentur ini terdiri atas beberapa lapisan dengan material tertentu, dimana masing-masing lapisan akan menerima beban dari lapisan di atasnya dan menyebarkan kelapisan dibawahnya, sehingga lapisan struktur perkerasan dibawahnya akan menerima dan mendukung beban yang lebih ringan.

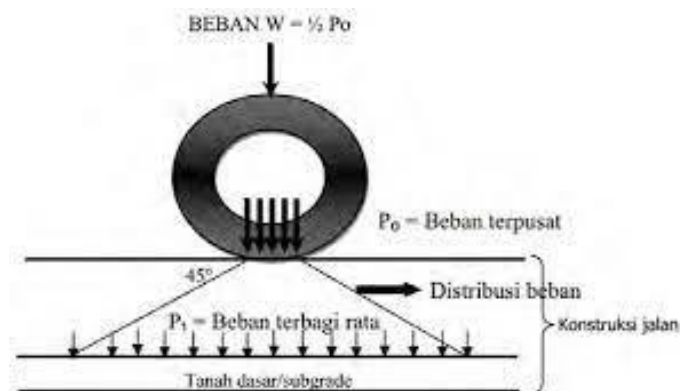


Gambar 3.17 Distribusi Beban Pada Perkerasan Lentur
(Modul Pemeliharaan Perkerasan Lentur dalam Rakhmatika, 2011)

Keterangan :	P	= Beban roda
	kendaraan P_0	= Beban Awal
	$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$	= Sudut penyebaran beban setiap lapis
	σ_x	= Tegangan yang diberikan oleh tanah dasar
	h_1, h_2, h_3	= Tebal setiap lapisan perkerasan

Pada Gambar 3.18 beban kendaraan didistribusikan pada perkerasan lentur yang luasnya lebih sempit sehingga P_1 lebih besar dari pada P_0 . P_1 selanjutnya didistribusikan kelapisan dibawahnya lagi, demikian seterusnya. Karena $P_2 < P_1$ maka lapisan perkerasan lentur dibuat berlapis-lapis, dengan lapisan paling atas sifat yang lebih baik dari lapisan dibawahnya.

Akibat tidak samanya kekakuan setiap lapisan perkerasan, maka distribusi beban lalu lintas kelapisan dibawahnya dapat dilihat pada gambar 3.18.



Gambar 3.18 Distribusi Beban Roda Pada Lapisan Perkerasan Lentur (Sukirman, 2006)