

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Jalan

Menurut Undang-Undang No 38 Tahun 2004, jalan merupakan prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukan bagi lalu lintas, yang berada pada permukaan tanah, di atas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah dan atau air, serta di atas permukaan air, kecuali jalan kereta api, jalan lori, dan jalan kabel.

2.2 Klasifikasi Jalan

Menurut Direktorat Jenderal Bina Marga tahun 1997, klasifikasi jalan dibagi menurut fungsi jalan, kelas jalan, medan jalan dan wewenang pembinaan jalan.

1. Klasifikasi menurut fungsi jalan terbagi atas:

a. Jalan Arteri

Jalan yang melayani angkutan utama dengan ciri-ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi, dan jumlah jalan masuk dibatasi secara efisien.

b. Jalan Kolektor

Jalan yang melayani angkutan pengumpul/pembagi dengan ciri-ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang dan jumlah jalan masuk dibatasi.

c. Jalan Lokal

Jalan yang melayani angkutan setempat dengan ciri-ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah, dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi.

2. Klasifikasi menurut kelas jalan

Klasifikasi menurut kelas jalan berkaitan dengan kemampuan jalan untuk menerima beban lalu lintas, dinyatakan dalam muatan sumbu terberat (MST) dalam satuan ton. Klasifikasi menurut kelas jalan dan ketentuannya serta kaitannya dengan klasifikasi menurut fungsi jalan dapat dilihat dalam Tabel 2.1 (Pasal 11, PP. No.43/1993).

Tabel **Error! No text of specified style in document.** 1 Klasifikasi Menurut Kelas Jalan

Fungsi	Kelas	Muatan Sumbu Terberat MST (Ton)
Arteri	I	>10
	II	8
	III A	8
Kolektor	III A	8
	III B	8

Sumber : *Pasal 11, PP. No.43/1993*

3. Klasifikasi menurut medan jalan

Medan jalan diklasifikasikan berdasarkan kondisi sebagian besar kemiringan medan yang diukur tegak lurus garis kontur. Klasifikasi menurut medan jalan untuk perencanaan geometrik dapat dilihat dalam Tabel 2.2. Keseragaman kondisi medan yang diproyeksikan harus mempertimbangkan keseragaman kondisi medan menurut rencana trase jalan dengan mengabaikan perubahan-perubahan pada bagian kecil dari segmen rencana jalan tersebut.

Tabel **Error! No text of specified style in document.**2 Klasifikasi Menurut Medan Jalan

No	Jenis Medan	Notasi	Kemiringan Medan (%)
1	Datar	D	<3
2	Perbukitan	B	3-25
3	Pegunungan	G	>25

Sumber : *Bina Marga 1997*

4. Klasifikasi menurut wewenang pembinaan jalan

Klasifikasi jalan menurut wewenang pembinaannya sesuai PP. No.26/1985 adalah jalan Nasional, Jalan Propinsi, Jalan Kabupaten/Kotamadya, Jalan Desa, dan Jalan Khusus.

2.3 Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan adalah campuran antara agregat dan bahan pengikat yang digunakan untuk melayani beban lalu lintas. Agregat yang dipakai adalah batu pecah atau batu belah atau batu kali ataupun bahan lainnya. Bahan ikat yang dipakai adalah aspal, semen ataupun tanah liat. Fungsi utama perkerasan adalah menyebarkan beban roda kendaraan ke area permukaan tanah dasar yang lebih luas dibandingkan luas kontak roda dan perkerasan, sehingga mengurangi tegangan maksimum yang terjadi pada tanah dasar, yaitu pada tekanan di mana tanah dasar tidak mengalami deformasi berlebihan selama masa pelayanan perkerasan. Fungsi perkerasan jalan adalah sebagai berikut:

1. Untuk memberikan struktur yang kokoh dalam mendukung beban lalu lintas.
2. Untuk memberikan tanah gelincir atau kekesatan (*skid resistance*) pada permukaan perkerasan.
3. Untuk memberikan permukaan rata/aus bagi pengendara.

4. Untuk mendistribusikan beban roda kendaraan di atas pondasi tanah secara memadai, sehingga dapat melindungi tanah dari tekanan yang besar.
5. Untuk melindungi formasi tanah dari pengaruh perubahan cuaca yang buruk.

2.3.1 Jenis Konstruksi Perkerasan Jalan

Berdasarkan bahan pengikatnya, konstruksi perkerasan jalan menurut Silvia Sukirman (1999) dapat dibedakan atas:

1. Konstruksi perkerasan lentur (*flexible pavement*), yaitu perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Lapisan-lapisan perkerasannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar.
2. Konstruksi perkerasan kaku (*rigid pavement*), yaitu perkerasan yang menggunakan semen (*portland cement*) sebagai bahan pengikat. Pelat beton dengan atau tanpa tulangan diletakkan diatas tanah dasar dengan atau tanpa lapis pondasi bawah. Beban lalu lintas sebagian besar dipikul oleh plat beton.
3. Konstruksi perkerasan komposit (*composite pavement*), yaitu perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur diatas perkerasan kaku, atau perkerasan kaku diatas perkerasan lentur.

2.3.2 Kriteria Konstruksi Perkerasan Lentur

Guna dapat memberikan rasa aman dan nyaman kepada pemakai jalan, maka konstruksi perkerasan jalan haruslah memenuhi syarat-syarat tertentu yang dapat dikelompokkan menjadi 2, yaitu:

1. Syarat-syarat berlalu lintas

Konstruksi perkerasan lentur dipandang dari keamanan dan kenyamanan berlalu lintas haruslah memenuhi syarat-syarat sebagai berikut:

- a. Permukaan yang rata, tidak bergelombang, tidak melendut dan tidak berlubang.
- b. Permukaan cukup kaku, sehingga tidak mudah berubah bentuk akibat beban yang bekerja di atasnya.
- c. Permukaan cukup kasar, memberikan gesekan yang baik antara ban dan permukaan jalan sehingga tak mudah selip.
- d. Permukaan tidak mengkilap, tidak silau jika kena sinar matahari.

2. Syarat-Syarat Kekuatan/Struktural

Konstruksi perkerasan jalan dipandang dari segi kemampuan memikul dan menyebarkan beban, haruslah memenuhi syarat-syarat:

- a. Ketebalan yang cukup sehingga mampu menyebarkan beban atau muatan lalu lintas ke tanah dasar.
- b. Kedap terhadap air, sehingga air tidak mudah meresap ke lapisan di bawahnya.
- c. Permukaan mudah mengalirkan air, sehingga air hujan yang jatuh di atasnya dapat cepat dialirkan.
- d. Kekakuan untuk memikul beban yang bekerja tanpa menimbulkan deformasi yang berarti.

Untuk dapat memenuhi hal-hal tersebut di atas, perencanaan dan pelaksanaan konstruksi perkerasan lentur jalan haruslah mencakup:

a. Perencanaan tebal masing-masing lapisan perkerasan

Dengan memperhatikan daya dukung tanah dasar, beban lalu lintas yang akan dipikulnya, keadaan lingkungan, jenis lapisan yang dipilih, dapatlah ditentukan tebal masing-masing lapisan berdasarkan beberapa metode yang ada.

b. Analisis campuran bahan

Dengan memperhatikan mutu dan jumlah beban setempat yang tersedia, direncanakanlah suatu susunan campuran tertentu sehingga terpenuhi spesifikasi dari jenis lapisan yang dipilih.

c. Pengawasan pelaksanaan pekerjaan

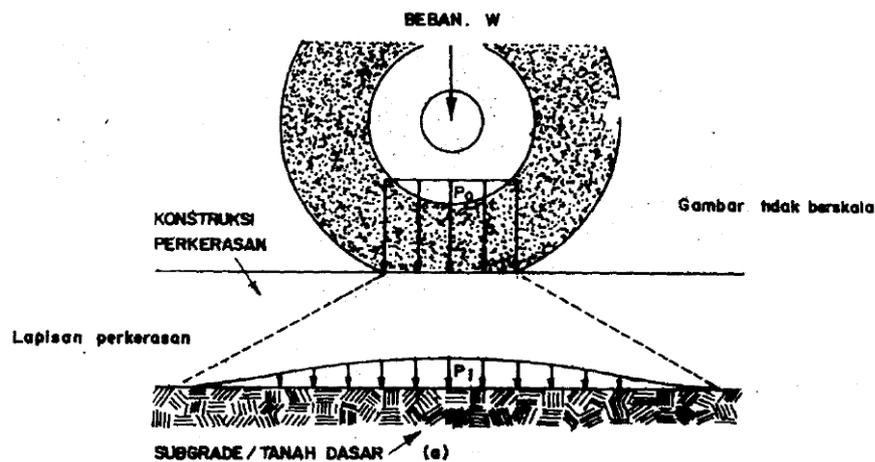
Perencanaan tebal perkerasan yang baik, susunan campuran yang memenuhi syarat, belumlah dapat menjamin dihasilkannya lapisan perkerasan yang memenuhi apa yang diinginkan jika tidak dilakukan pengawasan pelaksanaan yang cermat mulai dari tahap penyiapan lokasi dan material sampai tahap pencampuran atau penghamparan dan akhirnya pada tahap pemadatan dan pemeliharaan.

Disamping itu tidak dapat dilupakan sistem pemeliharaan yang terencana dan tepat selama umur pelayanan, termasuk di dalamnya sistem drainase jalan tersebut.

2.3.3 Lapisan Perkerasan Lentur

Menurut Silvia Sukirman (1999), konstruksi perkerasan lentur terdiri dari lapisan-lapisan yang diletakkan diatas tanah dasar yang dipadatkan. Lapisan-lapisan tersebut berfungsi untuk menerima beban lalu lintas dan menyebarkan

ke lapisan dibawahnya. Pada Gambar 2.1 terlihat bahwa beban kendaraan dilimpahkan keperkerasan jalan melalui bidang kontak roda berupa beban terbagi rata p_0 . Beban tersebut diterima oleh lapisan permukaan dan disebarkan ke tanah dasar menjadi p_1 yang lebih kecil dari daya dukung tanah dasar.



Gambar **Error! No text of specified style in document..1** Penyebaran Beban Roda Melalui Lapisan Perkerasan Jalan
Sumber : *Silvia Sukirman 1999*

Konstruksi lapisan perkerasan terdiri dari:

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

Beban lalu lintas yang bekerja di atas konstruksi perkerasan dapat dibedakan atas:

1. Muatan kendaraan berupa gaya vertikal.
2. Gaya rem kendaraan berupa gaya horizontal.
3. Pukulan roda kendaraan yang berupa getaran getaran.

Karena sifat penyebaran gaya maka muatan yang diterima oleh masing-masing lapisan berbeda dan semakin ke bawah semakin kecil. Lapisan permukaan harus mampu menerima seluruh jenis gaya yang bekerja, lapis pondasi atas menerima gaya vertikal dan getaran, sedangkan tanah dasar dianggap hanya menerima gaya vertikal saja. Oleh karena itu terdapat perbedaan syarat-syarat yang harus dipenuhi oleh masing-masing lapisan.

2.4 Volume Lalu Lintas

Menurut Suwardo dan Iman Haryanto (2016) volume lalu lintas adalah kendaraan yang melintas satu titik pengamatan dalam satu satuan waktu (hari, jam, menit). Volume lalu lintas digunakan untuk menentukan jumlah dan lebar lajur jalan. Istilah-istilah yang berkaitan dengan volume lalu lintas adalah lalu lintas harian rata-rata, volume jam percepatan (VJP), dan kapasitas.

Menurut cara memperoleh datanya LHR dibedakan menjadi dua, yaitu sebagai berikut:

1. Lalu lintas harian rata-rata tahunan (LHRT): jumlah lalu lintas rata-rata yang melewati suatu jalan selama 24 jam yang dihitung dari data selama satu tahun. $LHRT = \text{jumlah lalu lintas dalam satu tahun} / 365 \text{ hari}$. Sesuai dengan jenis jalannya maka digunakan satuan lalu lintas sebagai berikut:
 - a. Untuk jalan dua lajur dua arah digunakan satuan kendaraan/hari/2 arah, dan
 - b. Untuk jalan berlajur banyak dipakai satuan kendaraan/hari/arah.
2. Lalu lintas harian rata-rata (LHR): jumlah lalu lintas yang diperoleh selama pengamatan dibagi lamanya pengamatan, (data tidak tersedia selama satu tahun).

Mengenai volume jam perencanaan dapat digambarkan sebagai berikut:

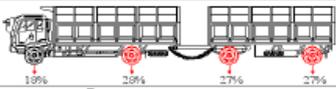
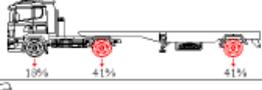
- a. Pengertiannya adalah volume lalu lintas dalam satu jam yang dipakai untuk perencanaan.
- b. Gambaran fluktuasi jam-jaman dalam satu hari tampak bervariasi antara 0-100% LHR.
- c. Volume jam perencanaan ini tidak boleh terlalu sering terjadi pada distribusi jam-jaman selama satu tahun.
- d. Kelebihan volume lalu lintas per jam tidak boleh terlalu besar maksimum 15% LHR.
- e. Volume tidak boleh terlalu besar karena jalannya tampak menjadi lengang dan mahal biaya.

2.5 Beban Lalu Lintas

Beban lalu lintas merupakan beban kendaraan yang dilimpahkan ke perkerasan jalan melalui kontak antara ban dan muka jalan. Beban lalu lintas ini merupakan beban dinamis yang selalu terjadi secara berulang. Beban lalu lintas dinyatakan dalam akumulasi reperiisi beban sumbu standar selama umur rencana yang dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti distribusi kendaraan ke masing-masing lajur, berat kendaraan, ukuran ban, pertumbuhan lalu lintas, beban sumbu masing-masing kendaraan dan umur rencana. Besarnya beban lalu lintas dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu sebagai berikut:

1. Konfigurasi sumbu dan roda kendaraan.
2. Roda kendaraan.
3. Beban sumbu kendaraan.

4. Survei timbang.
5. Repetisi lintas sumbu standar.
6. Beban lalu lintas pada jalur rencana.

KONFIGURASI BEBAN SUMBU						
KONFIGURASI SUMBU DAN TIPE	BERAT KOSONG (TON)	BEBAN MUATAN MAKSIMUM (TON)	BEBAN TOTAL MAKSIMUM (TON)	UE 18 ESAL KOSONG	UE 18 ESAL MAKSIMUM	
1,1 HP	1,5	0,5	2,0	0,0001	0,0005	 <p>Roda Tunggal pada Ujung Sumbu Roda Ganda pada Ujung Sumbu</p>
1,2 BUS	3	6	9	0,0037	0,3006	
1,2L TRUK	2,3	6	8,3	0,0013	0,2174	
1,2H TRUK	4,2	14	18,2	0,0143	5,0264	
1,22 TRUK	5	30	35	0,0044	2,7416	
1,2+2,2 TRAILER	6,4	25	31,4	0,0085	3,9083	
1,2-2 TRAILER	6,2	30	36,2	0,0192	6,1179	
1,2-2,2 TRAILER	10	32	42	0,0327	10,1830	

Gambar **Error! No text of specified style in document..2** Konfigurasi Beban Sumbu Kendraan (Bina Marga 1983)
Sumber : *Bina Marga 1983*

2.6 Beban Berlebih (*Overload*)

Beban berlebih (*overload*) adalah jumlah berat muatan kendaraan angkutan, penumpang, mobil barang, kendaraan khusus, kereta gandengan, dan kereta tempelan yang diangkut melebihi dari jumlah yang diijinkan (JBI) atau Muatan Sumbu Terberat (MST) melebihi kemampuan kelas jalan yang ditetapkan.

Untuk menghitung nilai muatan berlebih kendaraan dapat menggunakan persamaan berikut ini:

$$\text{Presentasi overload} = \frac{\text{Hasil Penimbangan JBI}}{\text{JBI}} \times 100\% \quad (2.1)$$

2.7 Jumlah Berat yang Diijinkan

Jumlah berat yang diijinkan disingkat JBI adalah berat maksimum kendaraan bermotor berikut muatannya yang diijinkan berdasarkan kelas jalan yang dilalui. Jumlah berat yang diijinkan semakin besar kalau jumlah sumbu kendaraan semakin banyak. Atau dapat diformulasikan:

$$\text{JBI} = \text{BK} + \text{G} + \text{L} \quad (2.2)$$

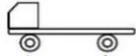
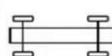
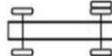
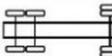
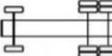
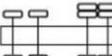
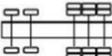
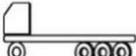
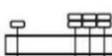
Dimana:

BK = berat kosong kendaraan,

G = berat orang (yang diijinkan),

L = berat muatan (yang diizinkan).

JBI ditetapkan oleh Pemerintah dengan pertimbangan daya dukung kelas jalan terendah yang dilalui, kekuatan ban, kekuatan rancangan sumbu sebagai upaya peningkatan umur jalan dan kendaraan serta aspek keselamatan di jalan. Sementara itu Jumlah Berat Bruto (JBB) ditetapkan oleh pabrikan sesuai dengan kekuatan rancangan sumbu, sehingga konsekuensi logisnya JBI tidak melebihi JBB.

No	KONFIGURASI SUMBU	GAMBAR KONFIGURASI SUMBU		KELAS JALAN	MST MAKSIMAL					JBI	
		SAMPING	ATAS		Sb I	Sb II	Sb III	Sb IV	Sb V	MAX	KETERANGAN
1	1.1			I II	6 T 5 T	6 T 5 T	-	-	-	12 T 10 T	MST < MST MAKSIMAL = KEKUATAN RANCANG SUMBU
2	1.2			I II	6 T 6 T	10 T 8 T	-	-	-	16 T 14 T	MST < MST MAKSIMAL = KEKUATAN RANCANG SUMBU
3	11.2			I II	5 T 5 T	6 T 6 T	10 T 8 T	-	-	21 T 19 T	MST < MST MAKSIMAL = KEKUATAN RANCANG SUMBU
4	1.22			I II	6 T 6 T	9 T 7,5 T	9 T 7,5 T	-	-	24 T 21 T	MST < MST MAKSIMAL = KEKUATAN RANCANG SUMBU
5	1.1.22			I	6 T	6 T	9 T	9 T	-	30 T	Suspensi Biasa
					6 T	7 T	10 T	10 T	-	33 T	Sb 2,3,4: Air Bag Suspension
					6 T	7 T	9 T	9 T	-	31 T	Sb 2: Air Bag Suspension
				II	6 T	6 T	7,5 T	7,5 T	-	27 T	Suspensi Biasa
					6 T	7 T	8 T	8 T	-	29 T	Sb 2,3,4: Air Bag Suspension
					6 T	7 T	7,5 T	7,5 T	-	28 T	Sb 2: Air Bag Suspension
6	1.1.222			I	6 T	6 T	7 T	7 T	7 T	33 T	Suspensi Biasa
					6 T	7 T	8 T	8 T	8 T	37 T	Sb 2,3,4,5 = Air Bag Suspension
					6 T	7 T	7 T	7 T	7 T	34 T	Sb 2: Air Bag Suspension
				II	6 T	6 T	6 T	6 T	6 T	30 T	Suspensi Biasa
					6 T	7 T	7 T	7 T	7 T	34 T	Sb 2, 3, 4, 5 = Air Bag Suspension
					6 T	7 T	6 T	6 T	6 T	31 T	Sb 2: Air Bag Suspension
7	1.222			I	6 T	7 T	7 T	7 T	-	27 T	Suspensi Biasa
					6 T	8 T	8 T	8 T	-	30 T	Sb 2,3,4: Air Bag Suspension
				II	6 T	6 T	6 T	6 T	-	24 T	Suspensi Biasa
					6 T	7 T	7 T	7 T	-	27 T	Sb 2,3,4: Air Bag Suspension

Gambar **Error! No text of specified style in document..3** Hubungan Konfigurasi Sumbu, Kelas Jalan, MTS (Muatan Sumbu Terberat) dan JBI (Jumlah Berat yang Diizinkan)
 Sumber : *Direktur Jenderal Perhubungan Darat, Nomor:SE.02/AJ.208/DRJD/2008*

No	KONFIGURASI SUMBU	GAMBAR		KELAS JALAN	MST MAKSIMAL						JBKI	
		TAMPAK SAMPING	TAMPAK ATAS		Sb I	Sb II	Sb III	Sb IV	Sb V	Sb VI	MAX	KETERANGAN
1	1.2-22			1	6 T	10 T	9 T	9 T	-	-	34 T	SUSPENSI BIASA
2	1.22-22			1	6 T	9 T	9 T	9 T	9 T	-	42 T	SUSPENSI BIASA
				1	6 T	10 T	10 T	10 T	10 T	-	46 T 38 T	SUMBU 2,3,4,5 MENGGUNAKAN AIR BAG SUSPENSION
3	1.22-222			1	6 T	9 T	9 T	7 T	7 T	7 T	45 T	Suspensi Biasa
				1	6 T	10 T	10 T	10 T	10 T	10 T	56 T	Sb 2,3,4,5,6 - Air Bag Suspension + Steering Axle
				1	6 T	9 T	9 T	10 T	10 T	10 T	54 T	Sb 1,2,3 - suspensi biasa Sb 4,5,6 - Air Bag Suspension + Steering Axle
1	1.2-22			1	6 T	10 T	10 T	10 T	-	-	36 T	-

Gambar **Error! No text of specified style in document.**4 Hubungan Konfigurasi Sumbu, Kelas Jalan, MTS (Muatan Sumbu Terberat) dan JBKI (Jumlah Berat Kombinasi Yang Diizinkan) Untuk Kendaraan Penarik Dan Kereta Tempelan
Sumber : *Direktur Jenderal Perhubungan Darat, Nomor:SE.02/AJ.208/DRJD/2008*

2.8 Umur Rencana

Menurut Silvia Sukirman (1999) umur rencana perkerasan jalan ialah jumlah tahun dari saat jalan tersebut dibuka untuk lalu lintas kendaraan sampai diperlukan suatu perbaikan yang bersifat struktural (sampai dilakukan overlay lapisan perkerasan). Selama umur rencana tersebut pemeliharaan perkerasan jalan tetap haruslah dilakukan, seperti lapisan nonstruktural yang berfungsi sebagai lapis aus. Umur rencana untuk perkerasan lentur jalan baru umumnya diambil 20 tahun dan untuk peningkatan jalan 10 tahun. Umur rencana yang lebih besar dari 20 tahun tidak lagi ekonomis karena perkembangan lalu lintas yang terlalu besar

dan sukar mendapatkan ketelitian yang memadai (tambahan tebal lapisan perkerasan menyebabkan biaya awal yang cukup tinggi).

2.9 Beban Sumbu Standar Kumulatif

Menurut Manual Perkerasan Jalan (MPJ) 2017, beban sumbu standar kumulatif atau *Cumulative Equivalent Single Axle Load* (CESAL) merupakan jumlah kumulatif beban sumbu lalu lintas desain pada lajur desain selama umur rencana, yang ditentukan sebagai berikut:

Menggunakan VDF masing-masing kendaraan niaga

$$ESA_{TH-1} = (\sum LHR_{JK} \times VDF_{JK}) \times 365 \times DD \times DL \times R \quad (2.3)$$

Dimana:

ESA_{TH-1} : Kumulatif lintasan sumbu standar ekivalen (*equivalent standard axle*) pada tahun pertama

LHR_{JK} : Lintas harian rata-rata tiap jenis kendaraan niaga (satuan kendaraan per hari)

VDF_{JK} : Faktor Ekivalen Beban (*Vehicle Damage Vector*) tiap jenis kendaran niaga

DD : Faktor distribusi arah

DL : Faktor distribusi lajur

$CESAL$: Kumulatif beban sumbu standar ekivalen selama umur rencana

R : Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif

Untuk jalan dua arah, faktor distribusi arah (DD) umumnya diambil 0,50 kecuali pada lokasi-lokasi yang jumlah kendaraan niaga cenderung lebih tinggi pada satu arah tertentu.

Faktor distribusi lajur (DL) digunakan untuk menyesuaikan beban kumulatif (ESA) pada jalan dengan dua lajur atau lebih dalam satu arah. Pada jalan yang demikian, walaupun sebagian besar kendaraan niaga akan menggunakan lajur luar, sebagian lainnya akan menggunakan lajur-lajur dalam. Faktor distribusi jalan yang ditunjukkan pada tabel dibawah ini:

Tabel **Error! No text of specified style in document.**3 Faktor Distribusi Lajur (DL)

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

Sumber : *Manual Perkerasan Jalan (MPJ) 2017*

Pertumbuhan lalu lintas selama umur rencana dihitung dengan faktor pertumbuhan kumulatif (*Cumulative Growth Factor*):

$$R = \frac{(1 + 0,01 \cdot i)^{UR} - 1}{0,01 \cdot i} \quad (2.4)$$

Dimana:

- R : Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif
- i : Lajur pertumbuhan lalu lintas tahunan (%)
- UR : Umur rencana (tahun)

2.10 Sisa Umur (Remaining Life)

Sisa umur perkerasan jalan (*remaining life*) bertujuan untuk mengetahui seberapa besar sisa umur rencana jalan yang diakibatkan oleh beban berlebih dengan membandingkan dengan umur rencana jalan dalam keadaan normal. Sisa umur rencana adalah konsep kerusakan yang diakibatkan oleh jumlah repetisi beban lalu lintas dalam satuan satuan *Equivalent Standard Load (ESAL)* yang diperkirakan akan melintas dalam kurun waktu tertentu. *Remaining life* dihitung menggunakan dengan persamaan:

$$RL = 100 \left[1 - \left(\frac{N_p}{N_{1,5}} \right) \right] \quad (2.5)$$

Dimana:

RL = Presentase sisa umur rencana,

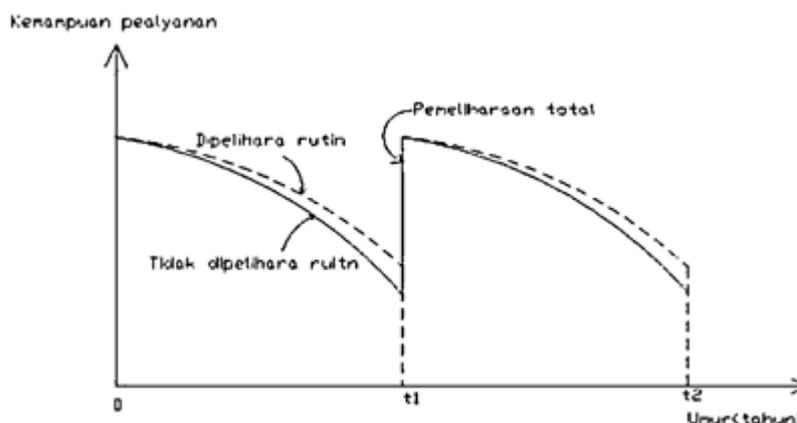
N_p = Kumulatif ESAL pada akhir tahun, dan

$N_{1,5}$ = Kumulatif ESAL pada akhir umur rencana.

2.11 Kemampuan Pelayanan (*Serviceability*)

Saat selesai pembangunan perkerasan jalan dan lalu lintas mulai dibuka, dengan berjalannya waktu, kemampuan pelayanan berkurang. Laju pengurangan kemampuan pelayanan, bergantung pada rutinitas pemeliharaan perkerasan. Pada tahun t_1 , perkerasan dilakukan pemeliharaan, misalnya perataan permukaan (*resurfacing*), karena itu kemampuan pelayanan kembali mendekati seperti semula (Gambar 2.5). Ketika lalu lintas terus berjalan, pada tahun t_2 , kemampuan pelayanan berkurang lagi, demikian seterusnya. Dalam kenyataan, proses perancangan bergantung pada banyak faktor yang harus dipertimbangkan.

Hubungan kemampuan pelayanan dengan umur perkerasan dapat dilihat pada Gambar 2.5 dibawah ini:



Gambar **Error! No text of specified style in document.**5 Hubungan Kemampuan Pelayanan Dengan Umur Perkerasan
Sumber : *Silvia Sukirman 1999*

2.12 Angka Ekuivalen Kendaraan (*Vehicle Damage Factor/VDF*)

Daya rusak jalan atau lebih dikenal dengan *Vehicle Damage Factor*, selanjutnya disebut VDF, merupakan salah satu parameter yang dapat menentukan tebal perkerasan cukup signifikan, dan jika makin berat kendaraan (khususnya kendaraan jenis Truck) apalagi dengan beban overload, nilai VDF akan secara nyata membesar, seterusnya *Equivalent Single Axle Load* membesar.

Beban konstruksi perkerasan jalan mempunyai ciri-ciri khusus dalam artian mempunyai perbedaan prinsip dari beban pada konstruksi lain di luar konstruksi jalan. Pemahaman atas ciri-ciri khusus beban konstruksi perkerasan jalan tersebut sangatlah penting dalam pemahaman lebih jauh, khususnya yang berkaitan dengan desain konstruksi perkerasan, kapasitas konstruksi perkerasan, dan proses kerusakan konstruksi yang bersangkutan. Sifat beban konstruksi perkerasan jalan sebagai berikut.

1. Beban yang diperhitungkan adalah beban hidup yang berupa beban tekanan sumbu roda kendaraan yang lewat di atasnya yang dikenal dengan *axle load*. Dengan demikian, beban mati (berat sendiri) konstruksi diabaikan.
2. Kapasitas konstruksi perkerasan jalan dalam besaran sejumlah repetisi (lintasan) beban sumbu roda lalu lintas dalam satuan standar *axle load* yang dikenal dengan satuan *EAL (Equivalent Axle Load)* atau *ESAL (Equivalent Single Axle Load)*. Satuan standar *axle load* adalah *axle load* yang mempunyai daya rusak kepada konstruksi perkerasan sebesar 1 *axle load* yang bernilai daya rusak sebesar 1 tersebut adalah *single axle load* sebesar 18.000 *lbs* atau 18 *kips* atau 8,16 ton.
3. Tercapainya atau terlampauinya batas kapasitas konstruksi (sejumlah repetisi *EAL*) akan menyebabkan berubahnya konstruksi perkerasan yang semula mantap menjadi tidak mantap. Kondisi tidak mantap tersebut tidak berarti kondisi *failure* ataupun *collapse*. Dengan demikian istilah *failure* atau *collapse* secara teoritis tidak akan (tidak boleh) terjadi karena kondisi mantap adalah kondisi yang masih baik tetapi sudah memerlukan penanganan berupa pelapisan ulang (*overlay*). Kerusakan total (*failure, collapse*) dimungkinkan terjadi di lapangan, menunjukkan bahwa konstruksi perkerasan jalan tersebut telah diperlakukan salah yaitu mengalami keterlambatan dalam penanganan pemeliharaan baik rutin maupun berkala untuk menjaga tidak terjadinya *collapse* atau *failure*.

Konstruksi perkerasan jalan direncanakan dengan sejumlah repetisi beban kendaraan dalam satuan *standard axle load (SAL)* sebesar 18.000 *lbs* atau 8,16 ton untuk as tunggal roda ganda (*singel axle dual wheel*). Di lapangan berat dan

konfigurasi sumbu kendaraan di dalam perhitungan perkerasan perlu terlebih dahulu ditransformasikan ke dalam *equivalent standard axle load (ESAL)*. Angka ekuivalen beban sumbu kendaraan (E) adalah angka yang menyatakan perbandingan tingkat kerusakan yang ditimbulkan oleh suatu lintas beban sumbu tunggal/ganda kendaraan terhadap tingkat kerusakan yang ditimbulkan oleh suatu lintasan beban standar sumbu tunggal seberat 8,16 ton (18000 lb). Formulasi perhitungan angka ekuivalen (E) yang diberikan oleh Bina Marga dapat dilihat pada persamaan berikut ini:

$$E = k \left[\frac{L}{8,16} \right]^4 \quad (2.6)$$

Dimana:

E : Angka ekuivalen beban sumbu kendaraan,

L : Beban sumbu kendaraan (ton),

k : 1 untuk sumbu tunggal,

0,086 untuk sumbu tandem, dan

0,031 untuk sumbu triple.

Kriteria beban sumbu standar menurut Bina Marga adalah sebagai berikut:

1. Beban sumbu 8160 kg,
2. Tekanan roda 1 ban + 5,5kg/cm² (0,55 Mpa),
3. Lebar bidang kontak ban 11 cm,
4. Jarak antara masing-masing sumbu roda ganda 33 cm.

Formula VDF yang berlaku di Indonesia yaitu formula VDF Bina Marga (1987), adalah sebagai berikut:

1. Angka Ekuivalen (E) masing-masing golongan beban sumbu (setiap golongan) ditentukan menurut Persamaan di bawah ini:

$$Sumbu tunggal = \left(\frac{\text{Beban satu sumbu tunggal dalam Kg}}{8160} \right)^4 \quad (2.7)$$

$$Sumbu ganda = 0,086 \left(\frac{\text{Beban satu sumbu tunggal dalam Kg}}{8160} \right)^4 \quad (2.8)$$

2. Konfigurasi beban sumbu pada berbagai golongan kendaraan dengan MST-8 ton dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel **Error! No text of specified style in document.** 4 VDF Berdasarkan Bina Marga (1987) MST-8

No	Tipe Kendaraan			Berat Total (ton)
1	Sedan, jeep, st. wangon	2	1.1	2,0
2	Pick up, combi	3	1.1	5,5
3	Truk 2 as (L), micro truk, mobil hantaran	4	1.2L	8,3
4	Bus kecil	5a	1.2	8,3
5	Bus besar	5b	1.2	9,0
6	Truk 2 as (H)	6	1.2H	14,00
7	Truk 3 as	7a	1.2.2	21,00
8	Truk 4 as, truk gandengan	7b	1.2+2.2	34,00

Sumber: *Bina Marga 1987*

2.13 Kerusakan Jalan

Menurut Manual Pemeliharaan Jalan Nomor: 03/MN/B/1993 yang dikeluarkan oleh Direktorat Jenderal Bina Marga, kerusakan jalan dapat dibedakan atas:

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.

Umumnya kerusakan-kerusakan yang timbul itu tidak disebabkan oleh satu faktor saja, tetapi dapat merupakan gabungan penyebab yang saling berkaitan.

Dalam mengevaluasi kerusakan jalan perlu ditentukan:

1. Jenis kerusakan (*distress type*) dan penyebabnya,
2. Tingkat kerusakan (*distress severity*),
3. Jumlah kerusakan (*distress amount*).

Sehingga dengan demikian dapat ditentukan jenis penanganan yang paling sesuai.

2.14 Jenis Kerusakan Perkerasan Lentur

2.14.1 Retak (*Cracking*)

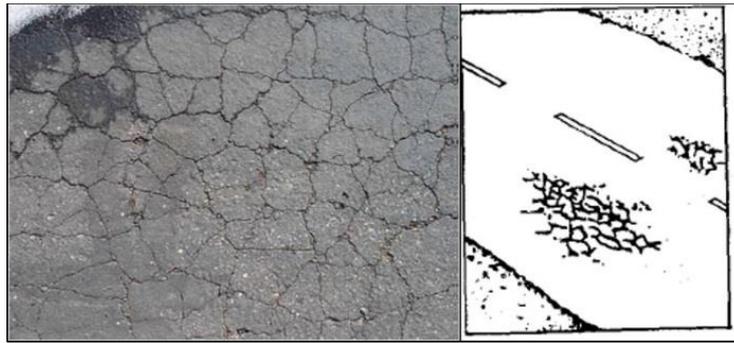
Retak yang terjadi pada lapisan permukaan jalan dapat dibedakan atas:

1. Retak halus (*hair cracking*), lebar celah lebih kecil atau sama dengan 3 mm, penyebab adalah bahan perkerasan yang kurang baik, tanah dasar atau bagian perkerasan di bawah lapis permukaan kurang stabil. Retak halus ini dapat meresapkan air kedalam lapis permukaan. Untuk pemeliharaan dapat dipergunakan lapis latasir atau buras. Dalam tahap perbaikan sebaiknya dilengkapi dengan perbaikan sistem drainase. Retak rambut dapat berkembang menjadi lebih retak kulit buaya.



Gambar **Error! No text of specified style in document.** 6 Retak Halus (*Hair Cracks*)
 Sumber : *Silvia Sukirman 1999*

2. Retak kulit buaya (*alligator crack*), lebar celah lebih besar atau sama dengan 3 mm. Saling berangkai membentuk serangkaian kotak-kotak kecil yang menyerupai kulit buaya. Retak ini disebabkan oleh bahan perkerasan yang kurang baik, pelapukan permukaan, tanah dasar atau bagian perkerasan di bawah lapis permukaan kurang stabil, atau bahan lapis pondasi dalam keadaan jenuh air (air tanah naik). Umumnya daerah dimana terjadi retak kulit buaya tidak luas. Jika daerah dimana terjadi retak kulit buaya luas, mungkin hal ini disebabkan oleh repetisi beban lalu lintas yang melampaui beban yang dapat dipikul oleh lapisan permukaan tersebut. Retak kulit buaya untuk sementara dapat dipelihara dengan menggunakan lapis burda, burtu, atau lataston, jika celah ≤ 3 mm. Sebaiknya bagian perkerasan yang telah mengalami retak kulit buaya akibat air yang merembes masuk ke lapis pondasi dan tanah dasar diperbaiki dengan cara dibongkar dan membuang bagian-bagian yang basah, kemudian dilapis kembali dengan bahan yang sesuai. Perbaikan harus disertai dengan perbaikan drainase sekitarnya. Kerusakan yang disebabkan oleh beban lalu lintas harus diperbaiki dengan memberi lapis tambahan. Retak kulit buaya dapat diresapi oleh air sehingga lama-kelamaan akan menimbulkan lubang-lubang akibat terlepasnya butir-butir.



Gambar **Error! No text of specified style in document.**7 Retak Kulit Buaya (*Alligator Crack*)

Sumber : *Silvia Sukirman 1999*

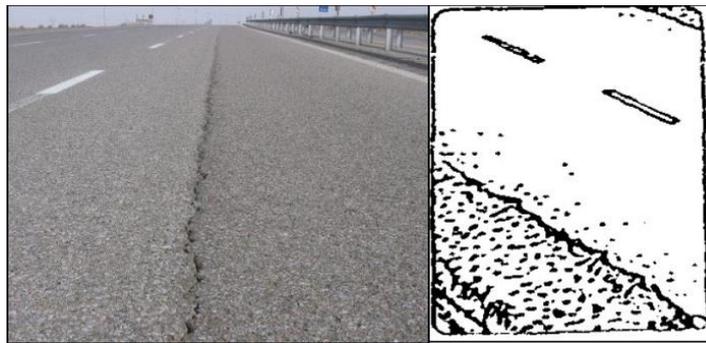
3. Retak pinggir (*edge crack*), retak memanjang jalan, dengan atau tanpa cabang yang mengarah ke bahu dan terletak dekat bahu. Retak ini disebabkan oleh tidak baiknya sokongan dari arah samping, drainase kurang baik, terjadinya penyusutan tanah, atau terjadinya *settlement* di bawah daerah tersebut. Akar tanaman yang tumbuh di tepi perkerasan dapat pula menjadi sebab terjadinya retak pinggir ini. Dilokasi retak air dapat meresap yang dapat semakin merusak lapis permukaan. Retak ini dapat diperbaiki dengan mengisi celah dengan campuran aspal cair dan pasir. Perbaikan drainase harus dilakukan bahu diperlebar dan dipadatkan. Jika pinggir perkerasan mengalami penurunan, elevasi dapat diperbaiki dengan menggunakan hotmix. Retak ini lama-kelamaan akan bertambah besar disertai dengan terjadinya lubang-lubang.



Gambar **Error! No text of specified style in document.**8 Retak Pinggir (*Edge Crack*)

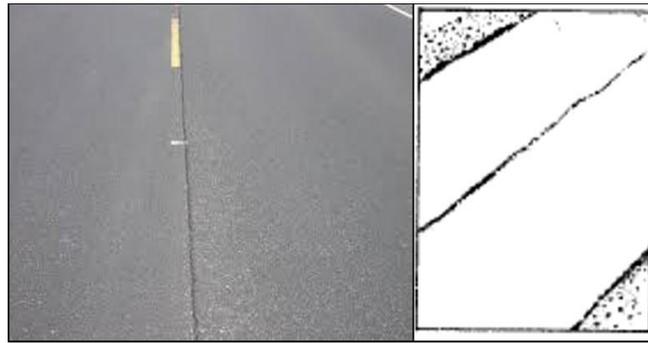
Sumber : *Silvia Sukirman 1999*

4. Retak sambungan bahu dan perkerasan (*edge joint crack*), letak memanjang, umumnya terjadi pada sambungan bahu dengan perkerasan. Retak dapat disebabkan oleh kondisi drainase dibawah bahu jalan lebih buruk daripada di bawah perkerasan terjadinya *settlement* dibawah bahu jalan, penyusutan material bahu atau perkerasan jalan, atau akibat lintasan truk atau kendaraan berat dibahu jalan. Perbaikan dapat dilakukan seperti perbaikan retak refleksi.



Gambar **Error! No text of specified style in document..9** Retak Sambungan Bahu Dan Perkerasan (*Edge Joint Crack*)
Sumber : *Silvia Sukirman 1999*

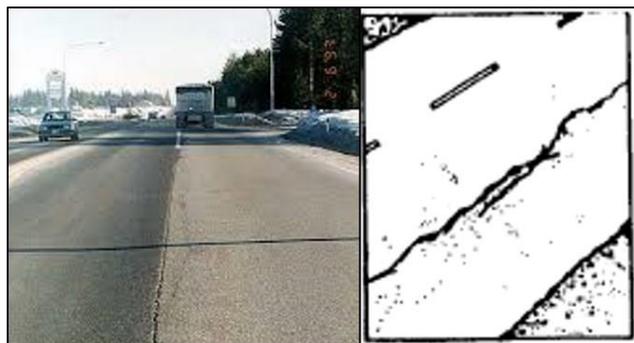
5. Retak sambungan jalan (*lane joint cracks*), retak memanjang, yang terjadi pada sambungan 2 lajur lalu lintas. Hal ini disebabkan tidak baiknya ikatan sambungan kedua lajur. Perbaikan dapat dilakukan dengan memasukkan campuran aspal cair dan pasir ke dalam celah-celah yang terjadi. Jika tidak diperbaiki, retak dapat berkembang menjadi lebar karena terlepasnya butir-butir pada tepi retak dan meresapnya air ke dalam lapisan.



Gambar **Error! No text of specified style in document.**10 Retak Sambungan Jalan (*Lane Joint Cracks*)

Sumber : *Silvia Sukirman 1999*

6. Retak sambungan pelebaran jalan (*widening cracks*), adalah retak memanjang yang terjadi pada sambungan antara perkerasan lama dengan perkerasan pelebaran. Hal ini disebabkan oleh perbedaan daya dukung dibawah bagian pelebaran dan bagian jalan lama, dapat juga disebabkan oleh ikatan antara sambungan tidak baik. Perbaikan dilakukan dengan mengisi celah-celah yang timbul dengan campuran aspal cair dan pasir. Jika tidak diperbaiki, air dapat meresap masuk kedalam lapisan perkerasan melalui celah-celah, butir-butir dapat lepas dan retak bertambah besar.

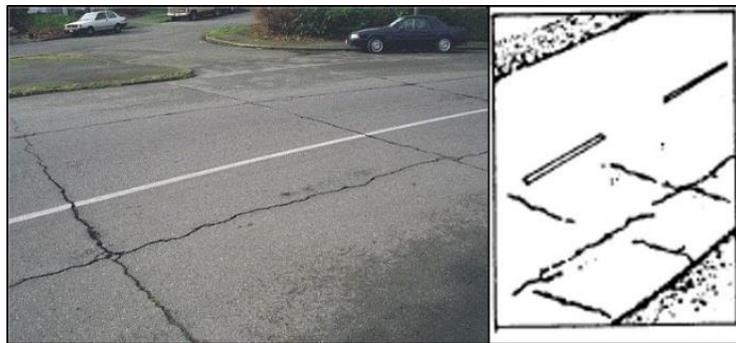


Gambar **Error! No text of specified style in document.**11 Retak Sambungan Pelebaran Jalan (*Widening Cracks*)

Sumber : *Silvia Sukirman 1999*

7. Retak refleksi (*reflection cracks*), retak memanjang, melintang, diagonal atau membentuk kotak. Terjadi pada lapis tambahan (*overlay*) yang menggambarkan pola retakan di bawahnya. Retak refleksi dapat terjadi jika

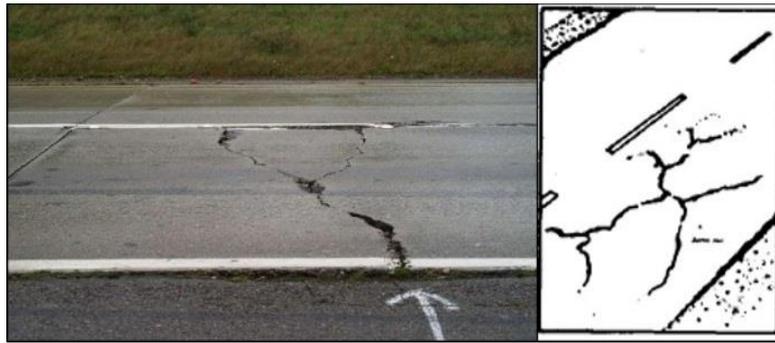
retak pada perkerasan lama tidak diperbaiki secara baik sebelum pekerjaan *overlay* dilakukan. Retak refleksi dapat pula terjadi jika terjadi gerakan vertikal atau horizontal dibawah lapis tambahan sebagai akibat perubahan kadar air pada jenis tanah yang ekspansif. Untuk retak memanjang, melintang dan diagonal perbaikan dapat dilakukan dengan mengisi celah dengan campuran aspal cair dan pasir. Untuk retak berbentuk kotak perbaikan dilakukan dengan membongkar dan melapis kembali dengan bahan yang sesuai.



Gambar **Error! No text of specified style in document.** 12 Retak Refleksi (*Reflection Cracks*)

Sumber : *Silvia Sukirman 1999*

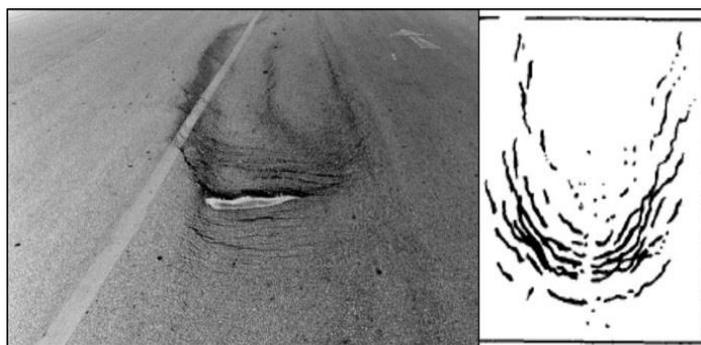
8. Retak susut (*shrinkage cracks*), retak yang saling bersambungan membentuk kotak-kotak besar dengan sudut tajam. Retak disebabkan oleh perubahan volume pada lapisan permukaan yang memakai aspal dengan penetrasi rendah atau perubahan volume pada lapisan pondasi dan tanah dasar. Perbaikan dapat dilakukan dengan mengisi celah dengan campuran aspal cair dan pasir dan dilapisi dengan burtu.



Gambar **Error! No text of specified style in document.** 13 Retak Susut (*Shrinkage Cracks*)

Sumber : *Silvia Sukirman 1999*

9. Retak selip (*slippage cracks*), retak yang berbentuk melengkung seperti bulan sabit. Hal ini terjadi disebabkan oleh kurang baiknya ikatan antara lapis permukaan dan lapis di bawahnya. Kurang baiknya ikatan dapat disebabkan oleh adanya debu, minyak, air atau benda nonadhesif lainnya, atau akibat tidak diberinya *tack coat* sebagai bahan pengikat diantara kedua lapisan. Retak selipun dapat terjadi akibat terlalu banyaknya pasir dalam campuran lapisan permukaan, atau kurang baiknya pemadatan lapis permukaan. Perbaikan dapat dilakukan dengan membongkar bagian yang rusak dan menggantikannya dengan lapisan yang lebih baik



Gambar **Error! No text of specified style in document.** 14 Retak Selip (*Slippage Cracks*)

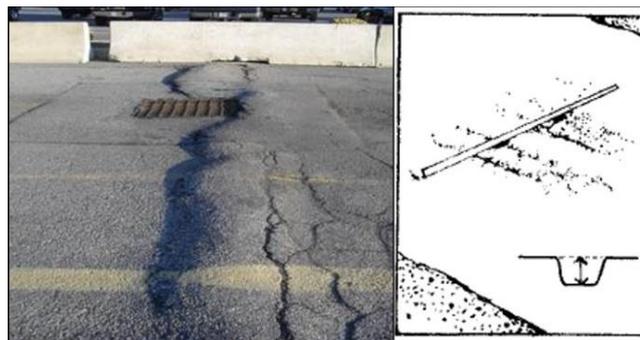
Sumber : *Silvia Sukirman 1999*

2.14.2 Distorsi (*Distortion*)

Distorsi atau perubahan bentuk dapat terjadi akibat lemahnya tanah dasar, pemadatan yang kurang pada lapis pondasi sehingga terjadi tambahan pemadatan akibat beban lalu lintas. Sebelum perbaikan dilakukan sewajarnya ditentukan terlebih dahulu jenis dan penyebab distorsi yang terjadi. Dengan demikian dapat ditentukan jenis penanganan yang tepat.

Distorsi (*distortion*) dapat dibedakan atas:

1. Alur (*ruts*), yang terjadi pada lintasan roda sejajar dengan as jalan. Alur dapat merupakan tempat menggenangnya air hujan yang jatuh di atas permukaan jalan, mengurangi tingkat kenyamanan, dan akhirnya dapat timbul retak-retak. Terjadinya alur disebabkan oleh lapis perkerasan yang kurang padat, dengan demikian terjadi tambahan pemadatan akibat repetisi beban lalu lintas pada lintasan roda. Campuran aspal dengan stabilitas rendah dapat pula menimbulkan deformasi plastis. Perbaikan dapat dilakukan dengan memberi lapisan tambahan dari lapis permukaan yang sesuai.

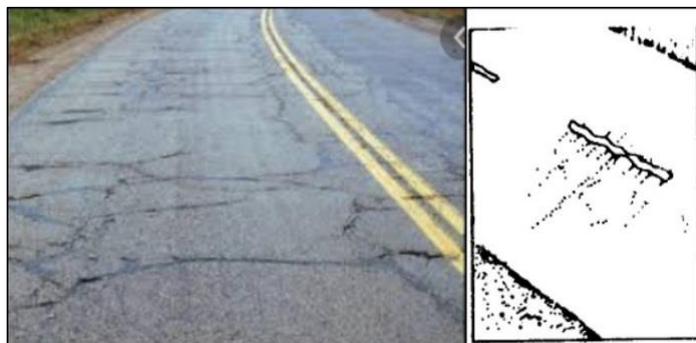


Gambar **Error! No text of specified style in document..15** Alur (*Ruts*)
Sumber : *Silvia Sukirman 1999*

2. Keriting (*corrugation*), alur yang terjadi melintang jalan. Dengan timbulnya lapisan permukaan yang berkeriting ini pengemudi akan merasakan ketidaknyamanan mengemudi. Penyebab kerusakan ini adalah rendahnya

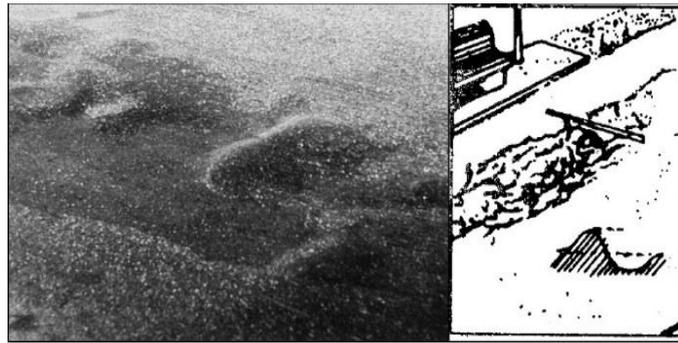
stabilitas campuran yang dapat berasal dari terlalu tingginya kadar aspal, terlalu banyak menggunakan agregat halus, agregat berbentuk bulat dan berpemukaan licin, atau aspal yang dipergunakan mempunyai penetrasi yang tinggi. Keriting dapat juga terjadi jika lalu lintas dibuka sebelum perkerasan mantap (untuk perkerasan yang mempergunakan aspal cair). Kerusakan dapat diperbaiki dengan:

- Jika lapis permukaan yang berkeriting itu mempunyai lapis pondasi agregat, perbaikan yang tepat adalah dengan menggaruk kembali, dicampur dicampur dengan lapis pondasi, dipadatkan kembali dan diberi lapisan permukaan baru.
- Jika lapis permukaan dengan bahan pengikat mempunyai ketebalan > 5 cm, maka lapis tipis yang mengalami keriting tersebut diangkat dan diberi lapis permukaan yang baru.



Gambar **Error! No text of specified style in document.** 16 Keriting (*Corrugation*)
Sumber : *Silvia Sukirman 1999*

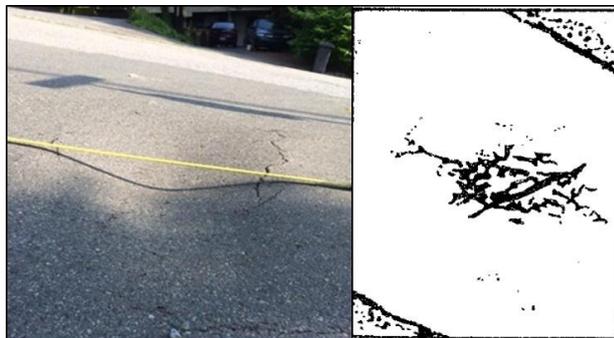
3. Sungkur (*shoving*), deformasi plastis yang terjadi setempat, ditempat kendaraan ering berhenti, kelandaian curam dan tikungan tajam. Kerusakan dapat terjadi dengan atau tanpa retak. Penyebab kerusakan sama dengan kerusakan keriting. Perbaikan dapat dilakukan dengan cara dibongkar dan dilapis kembali.



Gambar **Error! No text of specified style in document.**17 Sungkur (*Shoving*)
Sumber : *Silvia Sukirman 1999*

4. Amblas (*grade depressions*), terjadi setempat, dengan atau tanpa retak. Amblas dapat terdeteksi dengan adanya air yang tergenang. Air tergenang ini dapat meresap kedalam lapis 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 *statement*. Perbaikan dapat dilakukan dengan:

- Untuk amblas yang ≤ 5 cm, bagian yang rendah diisi dengan bahan sesuai seperti lapen, lataston, laston.
- Untuk amblas yang ≥ 5 cm, bagian yang amblas dibongkar dan dilapis kembali dengan lapis yang sesuai.



Gambar **Error! No text of specified style in document.**18 Amblas (*Grade Depressions*)
Sumber : *Silvia Sukirman 1999*

5. Jempul (*upheaval*), terjadi setempat, dengan atau tanpa retak. Hal ini terjadi akibat adanya pengembangan tanah dasar pada tanah dasar ekspansif. Perbaikan dilakukan dengan membongkar bagian yang rusak dan melapisnya kembali.



Gambar **Error! No text of specified style in document..19** Jempul (*Upheaval*)
Sumber : *Silvia Sukirman 1999*

2.14.3 Cacat Permukaan (*Desintegration*), yang mengarah kepada kerusakan secara kimiawi dan mekanis dari lapisan perkerasan

Yang termasuk dalam cacat permukaan ini adalah:

1. Lubang (*potholes*), berupa mangkuk, ukuran bervariasi dari kecil sampai besar. Lubang-lubang ini menampung dan meresapkan air ke dalam lapis permukaan yang menyebabkan semakin parahnya kerusakan jalan. Lubang yang terjadi akibat:
 - a. Campuran material lapis permukaan jelek, seperti:
 - Kadar aspal rendah, sehingga film aspal tipis dan mudah lepas.
 - Agregat kotor sehingga ikatan antara aspal dan agregat tidak baik.
 - Temperatur campuran tidak memenuhi persyaratan.
 - b. Lapis permukaan tipis sehingga ikatan aspal dan agregat mudah lepas akibat pengaruh cuaca.

- c. Sistem drainase jelek, sehingga air banyak yang meresap dan mengumpul dalam lapis perkerasan.
- d. Retak-retak yang terjadi tidak segera ditangani sehingga air meresap masuk dan mengakibatkan terjadinya lubang-lubang kecil.

Lubang-lubang tersebut diperbaiki dengan cara dibongkar dan dilapis kembali. Perbaikan yang bersifat permanen disebut juga tambalan dalam (*deep patch*), yang dilakukan sebagai berikut:

- a. Bersihkan lubang dari air dan material material yang lepas.
- b. Bongkar bagian lapis permukaan dan lapisan pondasi sedalam-dalamnya sehingga mencapai lapisan yang kokoh (potong dalam bentuk persegi panjang).
- c. Beri lapis *tack coat* sebagai lapis pengikat.
- d. Isikan campuran aspal dengan hati-hati sehingga tidak terjadi segregasi.
- e. Padatan campuran dan bentuk permukaan sesuai dengan lingkungan.



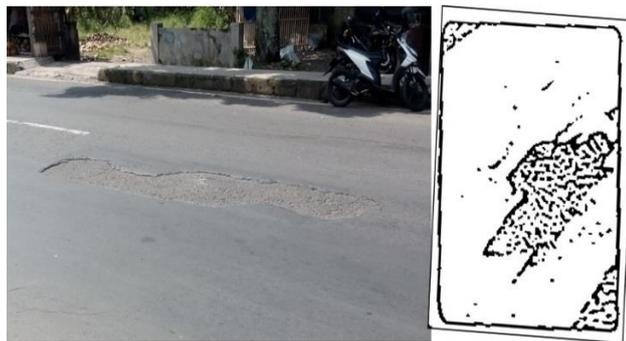
Gambar **Error! No text of specified style in document.**20 Lubang (*Potholes*)
Sumber : *Silvia Sukirman 1999*

- 2. Pelepasan butir (*raveling*), dapat terjadi secara meluas dan mempunyai efek serta disebabkan oleh hal yang sama dengan lubang. Dapat diperbaiki dengan memberikan lapisan tambahan diatas lapisan yang mengalami pelepasan butir setelah lapisan tersebut dibersihkan dan dikeringkan.



Gambar **Error! No text of specified style in document.**21 Pelepasan Butir (*Raveling*)
Sumber : *Silvia Sukirman 1999*

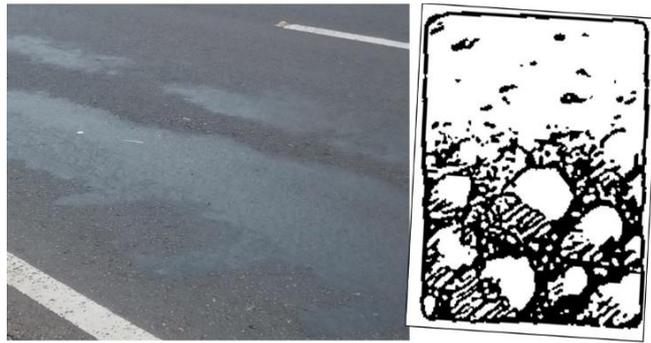
3. Pengelupasan lapisan permukaan (*stripping*), dapat disebabkan oleh kurangnya ikatan antara lapis permukaan dan lapis dibawahnya atau terlalu tipisnya lapis permukaan. Dapat diperbaiki dengan cara di garuk, diratakan, dan dipadatkan. Setelah itu dilapis dengan buras.



Gambar **Error! No text of specified style in document.**22 Pengelupasan Lapisan Permukaan (*Stripping*)
Sumber : *Silvia Sukirman 1999*

2.14.4 Pengausan (*Polished Aggregate*)

Permukaan jalan menjadi licin, sehingga membahayakan kendaraan. Pengausan terjadi karena agregat berasal dari material yang tidak tahan aus terhadap roda kendaraan, atau agregat yang dipergunakan berbentuk bulat dan licin, tidak berbentuk *cubical*. Dapat diatasi dengan menutup lapisan dengan latsir, buras, atau latsbum.



Gambar **Error! No text of specified style in document.**..23 Pengausan (*Polished Aggregate*)

Sumber : *Silvia Sukirman 1999*

2.14.5 Kegemukan (*Bleeding Or Flushing*)

Permukaan jalan menjadi licin. Pada temperatur tinggi aspal menjadi lunak dan akan terjadi jejak roda, berbahaya bagi kendaraan. Kegemukan (*bleeding*) dapat disebabkan pemakaian kadar aspal yang tinggi pada campuran aspal, pemakaian terlalu banyak aspal pada pekerjaan *prime coat* atau *tack coat*. Dapat diatasi dengan menaburkan agregat panas dan kemudian dipadatkan, atau lapis aspal diangkat dan kemudian diberi lapisan penutup.

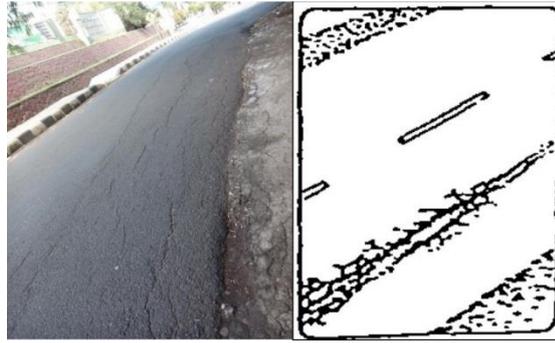


Gambar **Error! No text of specified style in document.**..24 Kegemukan (*Bleeding Or Flushing*)

Sumber : *Silvia Sukirman 1999*

2.14.6 Penurunan Pada Bekas Penanaman Utilitas (*Utility Cut Depression*)

Penurunan yang terjadi di sepanjang bekas penanaman utilitas. Hal ini terjadi karena pemadatan yang tidak memenuhi syarat. Dapat diperbaiki dengan dibongkar kembali dan diganti dengan lapis yang sesuai.



Gambar **Error! No text of specified style in document.**.25 Penurunan Pada Bekas Penanaman Utilitas (*Utility Cut Depression*)
Sumber : *Silvia Sukirman 1999*

2.15 Faktor-Faktor Kerusakan Jalan

Menurut Silvia Sukirman (1999) kerusakan pada konstruksi perkerasan jalan dapat disebabkan oleh:

1. Lalu lintas, yang dapat berupa peningkatan beban, dan repetisi beban.
2. Air, yang dapat berasal dari air hujan, sistem drainase jalan yang tidak baik, naiknya air akibat sifat kapilaritas.
3. Material konstruksi perkerasan. Dalam hal ini dapat disebabkan oleh sistem pengolahan bahan yang tidak baik.
4. Iklim, Indonesia beriklim tropis, dimana suhu udara dan curah hujan umumnya tinggi, yang dapat merupakan salah satu penyebab kerusakan jalan.
5. Kondisi tanah dasar yang tidak stabil. Kemungkinan disebabkan oleh sistem pelaksanaan yang kurang baik, atau dapat juga disebabkan oleh sifat tanah dasarnya yang memang jelek.
6. Proses pemadatan lapisan di atas tanah dasar yang kurang baik.

2.16 Penilaian Kondisi Permukaan

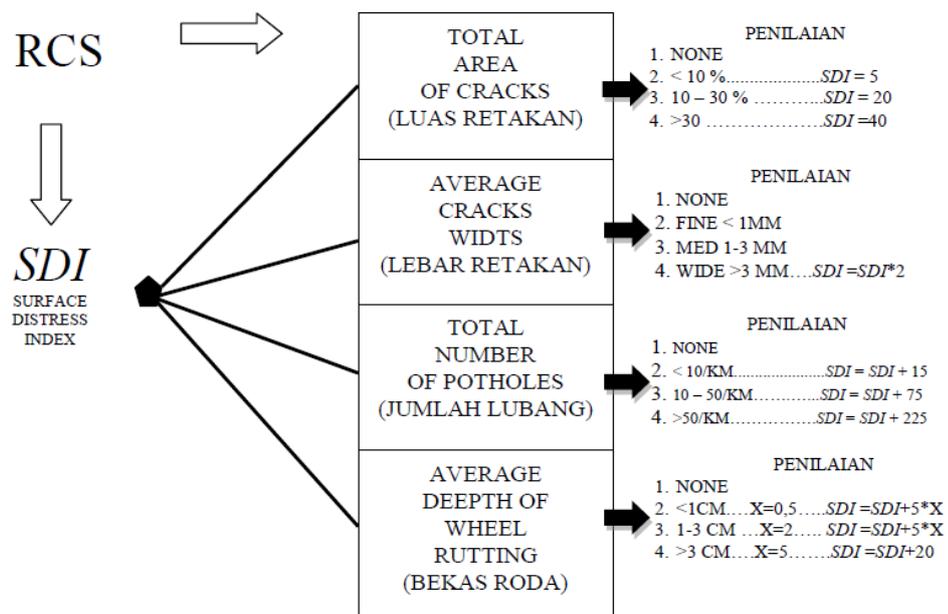
2.16.1 Sistem Penilaian Kondisi Permukaan Menurut Bina Marga

Bina Marga telah memberikan manual konstruksi dan bangunan tentang survei kondisi jalan untuk pemeliharaan rutin No. 00101/M/BM/ 2011, manual ini merupakan review terhadap manual pemeliharaan rutin untuk Jalan Nasional dan Propinsi No.001/T/Bt/1995 yang disiapkan untuk dapat digunakan sebagai atas pengumpulan data lapangan sebagai penyusunan program awal identifikasi kerusakan yang akan dijadikan dasar dalam penanganan pemeliharaan rutin jalan baik jalan Nasional, Propinsi, maupun Kabupaten/ Kota.

Manual survei kondisi jalan mencakup ketentuan umum dan, ketentuan teknis, didalam ketentuan umum memuat persyaratan-persyaratan, serta ketentuan teknis memuat metode survei kondisi jalan (Bina Marga, 2011).

Penilaian kondisi permukaan jalan dengan pengamatan secara visual dan diidentifikasi sesuai jenis dan tingkat kerusakan. Penilaian kondisi jalan pada penelitian ini menggunakan metode IRI dan SDI.

1. Perhitungan *Surface Distress Index* (SDI)



Gambar **Error! No text of specified style in document.**26 Cara Perhitungan Surface Distress Index
Sumber : Bina Marga 2011

Dengan, RCS = Road Condition Survei

Perhitungan SDI sebagaimana dijelaskan pada gambar diatas merupakan kombinasi penelitian dari 4 jenis komponen dari 3 kerusakan utama (retak, lubang, dan alur) yaitu total area retak, rata-rata lebar retak, jumlah lubang, dan rata-rata kedalaman alur. Perhitungan dilakukan secara berurutan dari atas ke bawah sehingga hasil hitungan dari komponen paling atas atau total retak akan mempengaruhi hasil perhitungan kebawah dan begitu seterusnya.

Tabel **Error! No text of specified style in document.**5 Hubungan Antara Nilai SDI Dengan Kondisi Jalan

Kondisi Jalan	SDI
Baik	<50
Sedang	50-100

Rusak Ringan	100-150
Rusak Berat	>150

Sumber: *Bina Marga 2011*

2. Perhitungan *International Roughness Index* (IRI)

International Roughness Index (IRI) atau ketidakrataan permukaan adalah parameter ketidakrataan yang dihitung dari jumlah kumulatif naik turunnya permukaan arah profil memanjang dibagi dengan jarak/panjang permukaan yang diukur seperti terlihat pada untuk mengetahui tingkat kerataan permukaan jalan dapat dilakukan pengukuran salah satunya dengan menggunakan alat *Roadroid*. *Roadroid* adalah salah satu aplikasi pada ponsel pintar (*smart phone*) *android* yang dikembangkan oleh perusahaan di Swedia yang berfungsi untuk mengukur ketidakrataan jalan (*road roughness*). Aplikasi ini hanya dapat digunakan pada jenis ponsel yang memiliki spesifikasi tertentu, cara kerja aplikasi ini dengan menggunakan sensor getaran *builtin* di ponsel pintar untuk mengumpulkan data kekasaran jalan yang dapat menjadi indikator kondisi jalan hingga ke level kelas 2 atau 3 dengan cara efektif dan efisien.

Dalam penggunaan aplikasi *Roadroid* mengukur dengan 2 cara yaitu eIRI dan cIRI dimana perkiraan IRI (eIRI) menggunakan rumus konversi linier dan mengambil lebih banyak tekstur jalan sementara IRI yang dihitung (cIRI) menggunakan rumus seperempat dari mobil. eIRI memiliki kompensator kecepatan (20-80 km/jam) untuk jalan beraspal - dan cIRI membutuhkan kecepatan yang konsisten, eIRI lebih sensitif terhadap kekasaran mikro, memiliki kompensator kecepatan untuk jalan beraspal dengan pengaturan terbatas (hanya jenis kendaraan).

Dimana cara dalam penggunaan alat tersebut sesuai dalam penggunaan alat roadroid yaitu sistem survei terdiri dari :

a. Kendaraan

1) Gunakan kendaraan standar yang dekat dengan tipe yang dapat dipilih di menu *setting* pada aplikasi *Roadroid*, dimana dalam menu *setting* pada pemilihan kendaraan terdiri atas:

a) *Becycle (does not support user changed sensitivity for speed).*

b) *Small car/ business van.*

c) *Medium/ big sedan/ station wagon (default).*

d) *4WD jeep type (Hilux/ King Cab).*

2) Hindari suspensi yang buruk atau khusus (seperti suspensi *sport*). Gunakan tekanan ban standar.

3) Pastikan semua roda seimbang (seperti penggunaan roda yang sejenis) roda tidak seimbang akan merusak data.

b. Telepon

1) *Accelerometer* atau sensor untuk menghitung percepatan suatu objek masih bagus, dan mampu menangkap populasi atau kumpulan data dari aplikasi tersebut.

2) Menggunakan versi sistem yang *Android*, dan mampu menampung aplikasi tersebut.

3) Pengikat telepon penting dengan ikatan yang stabil.

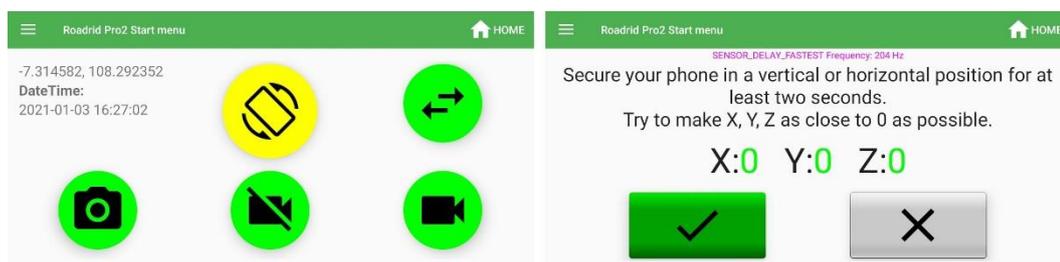
c. Kecepatan Survei

1) Kecepatan secara langsung mempengaruhi hasil survei - menjaga kecepatan yang konsisten.

2) Korelasi terbaik untuk metode tipe IQL3 / *response* adalah sekitar 70- 80 km/jam.

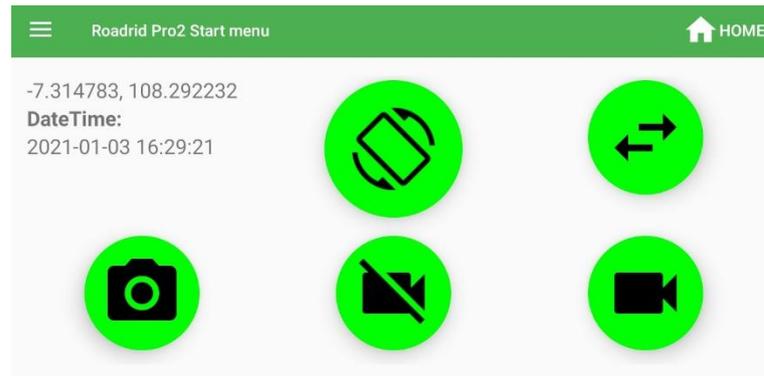
3) Sistem dapat disetel untuk kecepatan survei yang lebih rendah hingga 30 km/jam.

Mulai aplikasi *Roadroid* dengan mengetuk adalah ikon program, lalu tekan tombol "pas" kuning.



Gambar **Error! No text of specified style in document.**27 Penyesuaian alat sensor pada *android* dan *icon* yang bisa digunakan pada saat survei
Sumber : *Aplikasi Roadroid*

Amankan ponsel dalam posisi vertikal atau horizontal minimal dua detik, tempatkan kendaraan di tanah datar untuk membuat pas. Sesuaikan telepon ke X, Y dan Z sebagai dekat dengan = 0 mungkin Tombol OK akan berubah menjadi hijau saat berada dalam toleransi. Tekan hijau Tombol OK. Prosedur ini untuk memastikan memilih adisi vertikal (Y) yang tidak disertakan dipengaruhi oleh pengereman (X) atau balik (Z).

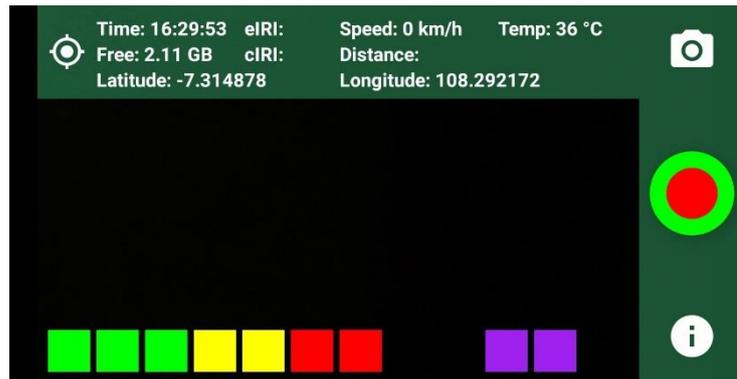


Gambar **Error! No text of specified style in document.**28 Icon yang bisa digunakan pada saat survei
Sumber : Aplikasi Roadroid

Survei ini serupa menggunakan tombol kamera (kiri) untuk foto otomatis dan kamera film (kanan) untuk video. Jika tidak ingin menangkap informasi visual apapun, gunakan tombol dengan kamera silang.

Sistem hanya dimulai jika sinyal GPS tersedia. Saat melakukan survei:

1. Bilah atas menampilkan jika GPS terhubung, waktu, ruang memori, perkiraan dan perhitungan IRI, kecepatan dan jarak yang disurvei.
2. Ini juga menunjukkan suhu baterai ponsel. Amati akhirnya overheating – in. Kondisi hangat/cerah, jaga AC di kaca depan untuk mendinginkan telepon.
3. Di bawah 20 km/jam aplikasi akan menunjukkan "kecepatan rendah" dan data kekasaran tidak tertangkap.
4. Lebih dari 100 km/jam akan menunjukkan "kecepatan tinggi" dan data kekasaran tidak tertangkap.
5. Tombol ikon foto/video memberikan data teknis tentang kamera.
6. Tombol Info memberikan info survei terkini.
7. Bilah dengan kotak berwarna menunjukkan kekasaran dari hijau (baik) hingga yang buruk (hitam).



Gambar **Error! No text of specified style in document..29** Penampilan pada layar android saat melakukan survei
Sumber : *Aplikasi Roadroid*

Mulai survei yaitu dengan tekan tombol rekam (lingkaran merah lingkaran dengan latar belakang hijau) untuk memulai survei. Bisa memasukkan komentar opsional atau id jalan saat memulai survei.

Apabila selesai survei dan akan hentikan survei yaitu dengan tekan tombol yang sama (sekarang kotak hitam dengan latar belakang merah) untuk menghentikan survei. Setelah menekan berhenti anda dapat memutuskan apakah anda ingin menyimpan atau menghapus survei.

Setelah mengetahui nilai IRI maka dilanjutkan dengan pengelompokan kondisi jalan berdasarkan penilaian SDI dan penilaian IRI dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel **Error! No text of specified style in document..6** Nilai Kondisi Jalan Berdasarkan Hubungan SDI dan IRI

IRI	SDI			
	<50	50-100	100-150	>150
<4	Baik	Sedang	Rusak Ringan	Rusak Berat
4-8	Sedang	Sedang	Rusak Ringan	Rusak Berat
8-12	Rusak Ringan	Rusak Ringan	Rusak Ringan	Rusak Berat
>12	Rusak Berat	Rusak Berat	Rusak Berat	Rusak Berat

Sumber : *Bina Marga 2011*

3. Jenis Penanganan Jalan

Berdasarkan Bina Marga (2011), hasil penilaian kondisi kerusakan jalan yang diperoleh untuk menentukan jenis penanganan jalan sebagai berikut:

- a. Pemeliharaan rutin (nilai IRI < 8 / SDI < 100).
- b. Pemeliharaan berkala (nilai IRI 8 – 12 / SDI 100 – 150).
- c. Peningkatan/rekonstruksi (nilai IRI > 12 / SDI > 150).

Penentuan jenis penanganan jalan dari hasil penilaian kondisi kerusakan jalan dan penilaian kondisi permukaan jalan dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel **Error! No text of specified style in document.** 7 Penentuan Jenis Penanganan Jalan

IRI	SDI			
	<50	50-100	100-150	>150
<4	Pemeliharaan Rutin	Pemeliharaan Rutin	Pemeliharaan Berkala	Rekontruksi
4-8	Pemeliharaan Rutin	Pemeliharaan Rutin	Pemeliharaan Berkala	Rekontruksi
8-12	Pemeliharaan Berkala	Pemeliharaan Berkala	Pemeliharaan Berkala	Rekontruksi
>12	Rekontruksi	Rekontruksi	Rekontruksi	Rekontruksi

Sumber : *Bina Marga 2011*

Kombinasi nilai IRI dan SDI juga dapat digunakan untuk menentukan tipe penanganan jalan. Sebagaimana telah dijelaskan sebelumnya, strategi penanganan jalan menurut Bina Marga ada tiga jenis, yaitu pemeliharaan rutin setiap tahun, pemeliharaan berkala yang idealnya dilakukan setiap lima tahun sekali (di Bina Marga umumnya tiga tahun sekali sudah diperlukan pemeliharaan berkala) dan peningkatan atau rekontruksi.

Pemeliharaan berkala diterapkan pada jalan dengan kondisi rusak ringan. Umumnya pada kondisi jalan yang tidak mengalami kerusakan secara struktural.

Pemeliharaan berkala memerlukan survei detail yaitu survei fungsional dan struktural disesuaikan dengan kebutuhan perencanaan *Detail Engineering Design* (DED). Survei fungsional misalnya IRI menggunakan NAASRA dan kekesatan (*skid resistance*) dan Mu meter. Akan tetapi pengukuran kekesatan belum diaplikasikan di Indonesia mengingat keterbatasan alat ukur yang tersedia. Survei struktural seperti pengukuran lendutan dengan alat *falling weight deflectometer* (FWD) atau *bengkelmen beam* (BB).

Penanganan jalan dengan peningkatan dan rekonstruksi diterapkan pada jalan dengan kondisi rusak berat. Peningkatan umumnya untuk jalan yang mengalami kerusakan struktural. Sama seperti pada penelitian pada pemeliharaan berkala, pada pekerjaan peningkatan perlu didahului dengan survei detail baik fungsional maupun struktural disesuaikan dengan kebutuhan DED.

2.16.2 Sistem Penilaian Kondisi Permukaan Menurut *Pavement Condition*

***Index* (PCI)**

Pavement condition index (PCI) adalah kualitas dari suatu lapisan permukaan perkerasan yang mengacu pada tingkat kerusakan. PCI ini digunakan untuk mengetahui tingkat kerusakan suatu perkerasan khususnya jalan raya untuk dapat dioperasikan penggunaannya.

Penelitian terhadap PCI ini awalnya dilakukan pada lapisan perkerasan pelabuhan udara yaitu pada *runway*, *taxiway*, dan *apron*. PCI juga digunakan sebagai acuan dalam usaha pemeliharaan lapisan keras.

2.16.2.1 Tingkat Kerusakan (*Severity Level*)

Severity level adalah tingkat kerusakan pada tiap-tiap kerusakan yang ada tingkat kerusakan yang digunakan dalam melakukan perhitungan PCI menurut FAA ada 3 (tiga) tingkat yaitu *low severity level*, *medium severity level* dan *high severity level*.

2.16.2.2 Jenis - Jenis Kerusakan

1. *Alligator cracking*

Alligator cracking adalah retak yang saling berhubungan dan berbentuk kulit buaya dengan kotak- kotak kecil yang teratur. Tingkat kerusakan perkerasan untuk hitungan PCI dan pemeliharaan perbaikannya kerusakan retak kulit buaya (*alligator crack*) ditunjukkan pada tabel berikut ini.

Tabel **Error! No text of specified style in document.**8 Tingkat Kerusakan, Identifikasi dan Pilihan Perbaikan Kerusakan *Alligator Cracking*

Tingkat Kerusakan	Identifikasi	Pilihan Untuk Perbaikan
L	Retak rambut/halus memanjang sejajar satu dengan yang lain, dengan atau tanpa berhubungan satu sama lain. Retakan tidak mengalami gompal*.	Belum perlu diperbaiki: Penutup permukaan lapisan tambahan (<i>overlay</i>).
M	Jaringan dan pola terus berkembang kedalam pola atau jaringan retakan yang diikuti gumpalan ringan.	Penambalan parsial: Penambalan diseluruh kedalaman, lapisan Tambahan (<i>overlay</i>) rekonstruksi.
H	Jaringan dan pola retak telah berlanjut sehingga pecah – pecahan dapat diketahui dengan mudah dan terjadi gompal	Penambalan parsial: Penambalan diseluruh kedalaman; lapisan

	dipinggir. Beberapa pecahan mengalami <i>rocking</i> akibat lalu lintas.	tambahan (<i>overlay</i>) rekonstruksi.
*retak gompal adalah pecahan material disepanjang sisi retakan.		

Sumber: *Shahin 1990*

2. *Bleeding*

Bleeding adalah bentuk lapisan tipis pada permukaan jalan yang menimbulkan kilauan seperti kaca. *Bleeding* disebabkan oleh terlalu banyaknya kuantitas dari aspal didalam campuran atau rendahnya kandungan rongga udara. *Bleeding* terjadi pada waktu cuaca panas, aspal pengisi dari campuran memuai naik keluar perkerasan jalan dan tidak dapat kembali lagi setelah cuaca dingin aspal akan tertumpuk dipermukaan.

Tingkatan kerusakan perkerasan untuk hitungan PCI dan pemilihan perbaikan kerusakan (*bleeding*) ditunjukkan pada tabel dibawah ini.

Tabel **Error! No text of specified style in document.** 9 Tingkat Kerusakan, Identifikasi dan Pilihan Perbaikan Kerusakan *Bleeding*

Tingkat kerusakan	Identifikasi	Pilihan Untuk Perbaikan
L	Bleeding terjadi hanya pada derajat rendah, dan kejadiannya nampak terjadi hanya beberapa hari dalam setahun. Aspal tidak melekat pada sepatu atau roda kendaraan.	Belum perlu diperbaiki.
M	Bleeding telah mengakibatkan aspal melekat pada sepatu atau roda kendaraan, dan kejadiannya paling tidak terjadi dalam beberapa minggu dalam setahun.	Tambahkan pasir atau agregat dan padatkan.
H	Bleeding telah begitu nyata dan banyak aspal melekat pada sepatu dan roda kendaraan, dan kejadiannya paling tidak lebih dari beberapa minggu dalam setahun.	Tambahkan pasir atau agregat dan padatkan.

Sumber : *Shahin 1990*

3. *Block cracking*

Blocking cracking adalah retak yang disebabkan faktor muai susut aspal beton dan siklus perubahan temperatur. Retak ini saling berhubungan dan membagi permukaan perkerasan menjadi beberapa bagian yang berbentuk empat persegi panjang.

Tingkatan kerusakan perkerasan untuk hitungan PCI dan pemilihan perbaikan kerusakan (*block cracking*) ditunjukkan pada tabel dibawah ini.

Tabel **Error! No text of specified style in document.** 10 Tingkat Kerusakan, Identifikasi dan Pilihan Perbaikan Kerusakan *Block Cracking*

Tingkat kerusakan	Identifikasi	Pilihan Untuk Perbaikan
L	Blok didefinisikan oleh retak dengan tingkat kerusakan rendah.	Penutupan retak (<i>seal crack</i>) bila retak melebihi 3 mm (1/8in); penutup permukaan
M	Blok didefinisikan oleh retak dengan tingkat kerusakan tinggi.	Penutupan retak (<i>seal crack</i>) mengembalikan permukaan dikasarkan dengan pemanas dan lapisan tambahan
H	Blok didefinisikan oleh retak dengan tingkat kerusakan tinggi.	Penutupan retak (<i>seal crack</i>) mengembalikan permukaan dikasarkan dengan pemanas dan lapisan tambahan.

Sumber : *Shahin 1990*

4. *Bump and Sags*

Bumps and sags adalah benjolan kecil, terlokalisasi, perpindahan ke atas dari permukaan perkerasan. Berbeda dengan sorong karena sorong disebabkan oleh perkerasan jalan yang tidak stabil. Benjolan, di sisi lain, bisa disebabkan oleh beberapa faktor, termasuk:

- a. Tekuk atau penonjolan pelat PCC yang mendasari di *overlay* AC di atas perkerasan PCC.
- b. Embun beku (es, pertumbuhan lensa).
- c. Infiltrasi dan penumpukan material pada retakan yang dikombinasikan dengan pembebanan lalu lintas (kadang disebut "tenting").

Sags adalah perpindahan kecil, tiba-tiba, dan penurunan permukaan perkerasan jalan. Distorsi dan perpindahan yang terjadi pada area permukaan perkerasan yang luas, menyebabkan kemerosotan yang besar dan / atau panjang pada perkerasan jalan disebut "*swelling*".

Benjolan atau penurunan diukur dalam kaki linier. Jika tonjolan muncul dalam pola yang tegak lurus dengan arus lalu lintas dan berjarak kurang dari 10 kaki (3 m), bahaya disebut kerutan. Jika benjolan terjadi bersamaan dengan retakan, retakan juga dicatat.

Tabel Error! No text of specified style in document..11 Tingkat Kerusakan, Identifikasi dan Pilihan Perbaikan Kerusakan *Bump and sags*

Tingkat Kerusakan	Identifikasi	Pilihan Untuk Perbaikan
L	<i>Bump and sags</i> menyebabkan kualitas kendaraan dengan tingkat keparahan rendah.	Belum ada perbaikan.
M	<i>Bump and sags</i> menyebabkan kualitas pengendaraan dengan tingkat keparahan sedang.	<i>Cold mill</i> ; Tambalan dalam yang dangkal, sebagian atau penuh.
H	<i>Bump and sags</i> menyebabkan kualitas pengendaraan yang sangat parah.	<i>Cold mill</i> ; Tambalan dalam yang dangkal,

		sebagian atau penuh; Hampanan.
--	--	-----------------------------------

Sumber : *Shahin 1990*

5. *Corrugation*

Corrugation merupakan tipe pergeseran plastik yang berupa gelombang melintang pada permukaan perkerasan. *Corrugation* disebabkan oleh terlalu banyaknya butiran halus pada perkerasan. Kadar air yang berlebihan dan lapisan aspal yang kurang stabil.

Tingkatan kerusakan perkerasan untuk hitungan PCI dan pemilihan perbaikan kerusakan (*corrugation*) ditunjukkan pada tabel dibawah ini.

Tabel **Error! No text of specified style in document.** 12 Tingkat Kerusakan, Identifikasi dan Pilihan Perbaikan Kerusakan *Corrugation*

Tingkat Kerusakan	Identifikasi	Pilihan Untuk Perbaikan
L	Corrugation terjadi masih kecil dan tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap tingkat kenyamanan.	Belum perlu diperbaiki.
M	Corrugation sudah mulai terlihat dan sudah mulai terasa serta sudah memberikan pengaruh terhadap tingkat kenyamanan.	Rekonstruksi.
H	Corrugation sudah terlihat dengan jelas dan tingkat kenyamanan berkendara sudah sangat berbahaya.	Rekonstruksi.

Sumber : *Shahin 1990*

6. *Depression*

Depression adalah daerah setempat dimana terjadi penurunan yang berupa retak-retak atau tidak, depression ditandai dengan adanya genangan air pada perkerasan dan bahaya bagi lalu lintas yang melewatinya. Hal ini disebabkan oleh:

- a. Beban berat pada perkerasan yang melebihi umur rencana,
- b. Penurunan lapisan perkerasan terbawah, dan
- c. Metode perencanaan yang kurang baik.

Tingkatan kerusakan perkerasan untuk hitungan PCI dan pemilihan perbaikan kerusakan *depression* ditunjukkan pada tabel dibawah ini.

Tabel **Error! No text of specified style in document.** 13 Tingkat Kerusakan, Identifikasi dan Pilihan Perbaikan Kerusakan *Depression*

Tingkat Kerusakan	Identifikasi	Pilihan Untuk Perbaikan
L	Kedalaman maksimal ambles 13 – 25 mm.	Belum perlu diperbaiki.
M	Kedalaman maksimal ambles 25,4 – 51 mm.	Penambalan dangkal; penambalan diseluruh kedalaman.
H	Kedalaman maksimal ambles > 51 mm.	Penambalan dangkal; penambalan diseluruh kedalaman.

Sumber : *Shahin 1990*

7. *Edge cracking*

Retakan tepi sejajar dan biasanya dalam jarak 1 hingga 2 kaki (0,3 hingga 0,6 m) dari tepi luar trotoar. *Distress* ini dipercepat oleh beban lalu lintas dan dapat disebabkan oleh dasar yang dilemahkan oleh embun beku atau tanah dasar di dekat tepi perkerasan. Area antara retakan dan tepi perkerasan diklasifikasikan sebagai bergelombang jika pecah (kadang-kadang sejauh potongan-potongannya dihilangkan).

Tabel **Error! No text of specified style in document.** 14 Tingkat Kerusakan, Identifikasi dan Pilihan Perbaikan Kerusakan *Edge Cracking*

Tingkat Kerusakan	Identifikasi	Pilihan Untuk Perbaikan
--------------------------	---------------------	--------------------------------

L	Retak rendah atau sedang tanpa putus atau <i>raveling</i> .	Belum ada perbaikan; Segel retak lebih dari 1/8 in. (3 mm).
M	Retakan sedang dengan beberapa pecah dan bergelombang.	Segel retak; <i>Patch</i> kedalaman parsial.
H	Perpisahan yang cukup besar atau bergelombang di sepanjang tepi.	<i>Patch</i> kedalaman parsial.

Sumber : *Shahin 1990*

8. *Joint reflection cracking*

Joint reflection cracking adalah retak yang disebabkan oleh, karena hal – hal berikut:

- pergerakan vertikal dan horizontal pada bagian *overlay*,
- kontraksi lapisan perkerasan akibat perubahan temperatur dan kadar air,
- pergerakan tanah dasar dan kehilangan air pada *subgrade*.

Tingkatan kerusakan perkerasan untuk hitungan PCI dan pemilihan perbaikan kerusakan (*depression*) ditunjukkan pada tabel dibawah ini.

Tabel **Error! No text of specified style in document.** 15 Tingkat Kerusakan, Identifikasi dan Pilihan Perbaikan Kerusakan *Joint Reflection Cracking*

Tingkat Kerusakan	Identifikasi	Pilihan Untuk Perbaikan
L	Kondisi retak sedikit mengalami kerontokan partikel atau tidak sama sekali dengan lebar < ¼ inchi.	Belum perlu diperbaiki.
M	Kondisi retak sedikit mengalami kehilangan material (rontok) dengan lebar retak > ¼ inchi.	Rekonstruksi.
H	Terjadi kerontokan dan kehilangan pertikel agregat pada jalur retak.	Rekonstruksi.

Sumber : *Shahin 1990*

9. Lane / shoulder drop off

Jalur / bahu turun adalah perbedaan ketinggian antara tepi trotoar dan bahu jalan. *Distress* ini disebabkan oleh erosi bahu, penurunan bahu, atau dengan membangun jalan raya tanpa menyesuaikan ketinggian bahu.

Tabel **Error! No text of specified style in document.** 16 Tingkat Kerusakan, Identifikasi dan Pilihan Perbaikan Kerusakan *Lane/Shoulder Drop Off*

Tingkat Kerusakan	Identifikasi	Pilihan Untuk Perbaikan
L	Perbedaan ketinggian antara tepi perkerasan dan bahu adalah 1 sampai 2 inci (25 sampai 51 mm).	<i>Regrade</i> dan isi bahu agar sesuai dengan tinggi jalur.
M	Perbedaan ketinggian lebih dari 2 hingga 4 inci (51 hingga 102 mm).	<i>Regrade</i> dan isi bahu agar sesuai dengan tinggi jalur.
H	Perbedaan ketinggian lebih besar dari 4 inci (102 mm).	<i>Regrade</i> dan isi bahu agar sesuai dengan tinggi jalur.

Sumber : *Shahin 1990*

10. Longitudinal and Transverse cracking

Longitudinal and Transverse Cracking adalah kerusakan yang disebabkan oleh faktor maui susut pada permukaan perkerasan atau sambungan yang kurang baik. Retak arah horizontal juga disebabkan oleh konstruksi sambungan yang kurang baik.

Tingkatan kerusakan perkerasan untuk hitungan PCI dan pemilihan perbaikan kerusakan (*Longitudinal and Transverse cracking*) ditunjukkan pada tabel dibawah ini.

Tabel **Error! No text of specified style in document.** 17 Tingkat Kerusakan, Identifikasi dan Pilihan Perbaikan Kerusakan *Longitudinal and Transverse Cracking*

Tingkat Kerusakan	Identifikasi	Pilihan Untuk Perbaikan
L	Satu dari kondisi yang terjadi :	Belum perlu diperbaiki:

	1. Retak tak terisi, lebar <math><3/9\text{ in.}</math> (10 mm), atau 2. Retak terisi sembarang lebar (pengisi kondisi bagus).	Pengisi retak (seal crack) >math>>1/8\text{ in.}</math>
M	Satu dari kondisi yang terjadi : 1. Retak tak terisi, lebar <math><3/8 - 3\text{ in}</math> (10 -76 mm), 2. Retak tak terisi, sembarang lebar sampai 3 in (76mm) dikelilingi retak acak ringan, 3. Retak terisi, sembarang lebar keliling retak agak acak.	Penutupan retakan
H	Satu dari kondisi yang terjadi : Sembarang retak terisi atau tak berisi dikelilingi oleh retak acak, kerusakan sedang sampai tinggi 1. Retak tak terisi >math>>3\text{ in}</math> (76 mm), 2. Retak sembarang lebar, dengan beberapa inci disekitar retakan.	Penutup retakan penambalan kedalaman parsial.

Sumber : *Shahin 1990*

11. Patching

Patching adalah perbaikan pada bagian permukaan perkerasan jalan yang bergelombang dengan cara menambal. Bahan yang dipakai untuk tambalan tersebut adalah bahan yang sama dengan bahan pembentukan perkerasan yang lama. Karena penambalan tersebut bersifat monolit maka saat tambalan tersebut akan lepas.

Tingkatan kerusakan perkerasan untuk hitungan PCI dan pemilihan perbaikan kerusakan (*Patching*) ditunjukkan pada tabel dibawah ini.

Tabel **Error! No text of specified style in document.** 18 Tingkat Kerusakan, Identifikasi dan Pilihan Perbaikan Kerusakan *Patching*

Tingkat	Identifikasi	Pilihan Untuk
---------	--------------	---------------

Kerusakan		Perbaikan
L	Kondisi tambalan baik dengan elevasi yang hampir sama dengan lapis perkerasan yang sudah ada (rata).	Belum perlu diperbaiki.
M	Kondisi tambalan agak memburuk dan mempengaruhi kualitas perkerasan yang ada.	Rekonstruksi.
H	Kondisi tambalan sangat buruk dan perlu perbaikan.	Rekonstruksi.

Sumber : *Shahin 1990*

12. *Polished Aggregat*

Polished Aggregat adalah pengausan yang disebabkan oleh partikel agregat yang kehilangan aspal dan terkikis oleh roda kendaraan secara terus menerus atau disebabkan oleh air. *Polished aggregat* tidak dibedakan atas *severity level*.

13. *Potholes*

Lubang kecil - biasanya berdiameter kurang dari 3 kaki (0,9 m) - cekungan berbentuk mangkuk di permukaan perkerasan. Mereka umumnya memiliki tepi yang tajam dan sisi vertikal di dekat bagian atas lubang. Pertumbuhannya dipercepat dengan pengumpulan kelembaban bebas di dalam lubang. Lubang dihasilkan ketika lalu lintas mengikis bagian kecil dari permukaan perkerasan. Perkerasan tersebut kemudian terus hancur karena campuran permukaan yang buruk, titik lemah di dasar atau tanah dasar, atau karena telah mencapai kondisi retak buaya yang sangat parah. Lubang paling sering adalah gangguan yang secara struktural terkait dan tidak boleh disamakan dengan kerikil dan pelapukan. Jika

lubang dibuat oleh retakan aligator yang sangat parah, maka lubang tersebut harus diidentifikasi sebagai lubang, bukan sebagai pelapukan.

Tingkat keparahan lubang dengan diameter kurang dari 30 inci (762 mm) didasarkan pada diameter dan kedalaman lubang. Jika diameter lubang lebih dari 30 inci (76 mm), luasnya harus ditentukan dalam kaki persegi dan dibagi dengan 5 kaki persegi (0,47 m²) untuk menemukan jumlah lubang yang setara. Jika kedalamannya 1 in. (25 mm) atau kurang, lubang dianggap dengan tingkat keparahan sedang. Jika kedalamannya lebih dari 1 in. (25 mm), dianggap sangat parah.

Tabel **Error! No text of specified style in document.** 19 Tingkat Keparahannya Lubang

Kedalaman Lubang Maksimum	Diameter Rata-rata (masuk) (mm)		
	4 sampai 8 In. (102 hingga 203 mm)	8 sampai 18 In. (203 hingga 457 mm)	18 hingga 30 In. (457 hingga 762 mm)
1/2 hingga 1 in. (12,7 hingga 25,4 mm)	L	L	M
> 1 hingga 2 in. (25,4 hingga 50,8 mm)	L	M	H
> 2 In. (50,8 mm)	M	M	H

Sumber : *Shahin 1990*

Lubang diukur dengan menghitung angka yang memiliki tingkat keparahan rendah, sedang, dan tinggi dan mencatatnya secara terpisah. Opsi untuk Perbaikan kerusakan lubang adalah sebagai berikut:

L = Belum ada perbaikan; *Patch* kedalaman parsial atau penuh.

M = *Patch* kedalaman parsial atau penuh.

H = *Patch* kedalaman penuh.

14. *Railroad crossing*

Cacat perlintasan kereta api adalah cekungan atau gundukan di sekitar dan / atau di antara rel. Mengukur kerusakan ini adalah luas persimpangan diukur dalam kaki persegi luas permukaan. Jika penyeberangan tidak mempengaruhi kualitas pengendaraan, hal itu tidak dihitung. Setiap tonjolan besar yang dibuat oleh trek harus dihitung sebagai bagian dari penyeberangan.

Tabel **Error! No text of specified style in document.** 20 Tingkat Kerusakan, Identifikasi dan Pilihan Perbaikan Kerusakan *Railroad Crossing*

Tingkat Kerusakan	Identifikasi	Pilihan Untuk Perbaikan
L	Persimpangan rel kereta api menyebabkan kualitas perjalanan dengan tingkat keparahan rendah.	Belum ada perbaikan.
M	Persimpangan rel kereta api menyebabkan kualitas perjalanan dengan tingkat keparahan sedang.	Pendekatan <i>patch</i> kedalaman dangkal atau parsial, Rekonstruksi persimpangan.
H	Persimpangan rel kereta api menyebabkan kualitas perjalanan yang sangat parah.	Pendekatan <i>patch</i> kedalaman dangkal atau parsial; Rekonstruksi penyeberangan.

Sumber : *Shahin 1990*

15. *Rutting*

Rutting merupakan karakteristik yang berbentuk akibat tekanan roda kendaraan pada permukaan perkerasan. Pada beberapa bagian alur ini hanya kelihatan setelah turun hujan diaman air menggenangi alur tersebut. Kerusakan ini disebabkan oleh deformasi permanen dari beberapa lapisan permukaan.

Tingkatan kerusakan perkerasan untuk hitungan PCI dan pemilihan perbaikan kerusakan (*rutting*) ditunjukkan pada tabel dibawah ini.

Tabel Error! No text of specified style in document..21 Tingkat Kerusakan, Identifikasi dan Pilihan Perbaikan Kerusakan *Rutting*

Tingkat Kerusakan	Identifikasi	Pilihan Untuk Perbaikan
L	Kedalaman alur rata -rata 6 – 13 mm.	Belum perlu diperbaiki: lapis tambahan.
M	Kedalaman alur rata -rata 13 – 25,4 mm.	Penambahan permukaan atau seluruh kedalaman; lapis tambahan.
H	Kedalaman alur rata – rata > 25,4 mm.	Penambahan permukaan atau seluruh kedalaman; lapis tambahan.

Sumber : *Shahin 1990*

16. *Shoving*

Shoving adalah suatu pergeseran plastis yang menghasilkan tonjolan setempat dari permukaan perkerasan. Hal ini disebabkan oleh lapisan aspal yang kurang stabil. Kadar air yang berlebihan dan butiran halus yang terlalu banyak pada campuran perkerasan. Biasanya terjadi pada daerah dimana lalu lintas mulai bergerak dan berhenti dan juga pada daerah yang sering terjadi pengereman dan tikungan tajam.

Tingkatan kerusakan perkerasan untuk hitungan PCI dan pemilihan perbaikan kerusakan (*shoving*) ditunjukkan pada tabel dibawah ini.

Tabel Error! No text of specified style in document..22 Tingkat Kerusakan, Identifikasi dan Pilihan Perbaikan Kerusakan *Shoving*

Tingkat Kerusakan	Identifikasi	Pilihan Untuk Perbaikan
L	Shoving menyebabkan sedikit gangguan kenyamanan.	Belum perlu diperbaiki.
M	Shoving menyebabkan cukup gangguan kenyamanan berkendara.	Penambalan permukaan; penambalan diseluruh kedalaman.
H	Shoving menyebabkan gangguan besar kenyamanan berkendara.	Penambalan permukaan; penambalan diseluruh kedalaman.

Sumber : *Shahin 1990*

17. *Slippage cracking*

Slippage cracking adalah retak yang disebabkan oleh pengereman dan putaran roda yang mengakibatkan permukaan perkerasan memiliki kekuatan yang kecil atau tekanan yang lemah antara lapis permukaan dengan lapisan dibawahnya dari struktur perkerasan. *Slippage cracking* tidak dibedakan atas *severity level*.

18. *Swell*

Swell adalah kenaikan setempat akibat perpindahan perkerasan sehubungan dengan pengembuangan *subgrade* atau bagian perkerasan. Penyebabnya adalah *expansion* dari lapisan bawah perkerasan atau tanah dasar.

Tingkatan kerusakan perkerasan untuk hitungan PCI dan pemilihan perbaikan kerusakan (*swell*) ditunjukkan pada tabel dibawah ini.

Tabel **Error! No text of specified style in document.** 23 Tingkat Kerusakan, Identifikasi dan Pilihan Perbaikan Kerusakan *Swell*

Tingkat Kerusakan	Identifikasi	Pilihan Untuk Perbaikan
L	Pengembangan menyebabkan sedikit gangguan keamanan kendaraan. Kerusakan ini sulit dilihat, tapi dapat dideteksi dengan keberadaan cepat, gerakan keatas terjadi bila ada pengembangan.	Belum perlu diperbaiki.
M	Pengembangan menyebabkan cukup gangguan kenyamanan kendaraan.	Rekonstruksi.
H	Pengembangan menyebabkan gangguan besar pada kenyamanan berkendara.	Rekonstruksi.

Sumber : *Shahin 1990*

19. *Raveling and Weathering*

Raveling (pelepasan butiran) disebabkan oleh terlepasnya partikel batuan dan hilangnya bahan pengikat aspal. Bila pelepasan butiran berlanjut maka kehilangan agregat yang lebih besar akan terjadi dan akan kehilangan seperti bergigi.

Tingkatan kerusakan perkerasan untuk hitungan PCI dan pemilihan perbaikan kerusakan (*weathering and ravelling*) ditunjukkan pada tabel dibawah ini.

Tabel **Error! No text of specified style in document.** 24 Tingkat Kerusakan, Identifikasi dan Pilihan Perbaikan Kerusakan *Weathering and Raveling*

Tingkat Kerusakan	Identifikasi	Pilihan Untuk Perbaikan
L	Agregat atau bahan pengikat mulai lepas. Dibeberapa tempat, permukaan mulai berlubang. Jika ada tumpahan oli, genangan oli dapat terlihat, tetapi permukaannya	Belum perlu diperbaiki; penutup permukaan; perawatan permukaan.

	keras, tak dapat ditembus mata uang logam.	
M*	Agregat atau bahan pengikat telah lepas, tekstur permukaan agak kasar dan berlubang. Jika ada tumpahan oli dipermukaannya lunak, dan dapat ditembus mata uang logam.	Penutup permukaan; perawatan permukaan; lapis tambahan.
H*	Agregat atau bahan pengikat telah banyak lepas, tekstur permukaan sangat kasar dan mengakibatkan banyak lubang. Diameternya luasan lubang < 10 mm dan kedalaman 13 mm. jika ada tumpahan oli permukaannya lunak, pengikat aspal telah hilang ikatannya sehingga agregat menjadi longgar.	Perawatan permukaan; lapis tambahan; penambahan diseluruh kedalaman.
* Bila lokal, yaitu akibat tumpahan oli, maka ditambah secara parsial		

Sumber : *Shahin 1990*

2.16.2.3 Standar penilaian

1. Kerapatan (*Density*)

Kerapatan adalah presentase luasan atau panjang total dari suatu jenis kerusakan terhadap luasan atau panjang total bagian jalan yang di ukur, bisa dalam sq.ft atau dalam *feet* atau meter. Dengan demikian, kerapatan kerusakan dapat dinyatakan dengan Persamaan:

$$\text{Kerapatan (density) (\%)} = \frac{Ad}{As} \times 100\% \quad (2.9)$$

Atau

$$\text{Kerapatan (density) (\%)} = \frac{Ld}{As} \times 100\% \quad (2.10)$$

dengan,

Ad = Luas total dari satu jenis perkerasan untuk setiap tingkat

keparahan kerusakan (sq.ft atau *feet* atau meter).

As = Luas total unit sampel (sq.ft atau *feet* atau meter).

Ld = Panjang total jenis kendaraan untuk tiap tingkat keparahan kerusakan.

2. Nilai pengurang total (*Total Deduct value*, TDV)

Nilai pengurang total atau TDV adalah nilai pengurangan total dari individual nilai pengurangan (*individu deduct value*) untuk tiap jenis kerusakan dan tingkat kerusakan yang ada pada suatu unit sampel.

Total deduct value (TDV) dengan menyusun nilai DV dalam nilai menurun. Untuk menentukan jumlah pengurangan izin (*allowable number of deduct*) menggunakan Persamaan:

$$m = 1 + \left(\frac{9}{98}\right) \times (100 - HDV_i) \quad (2.11)$$

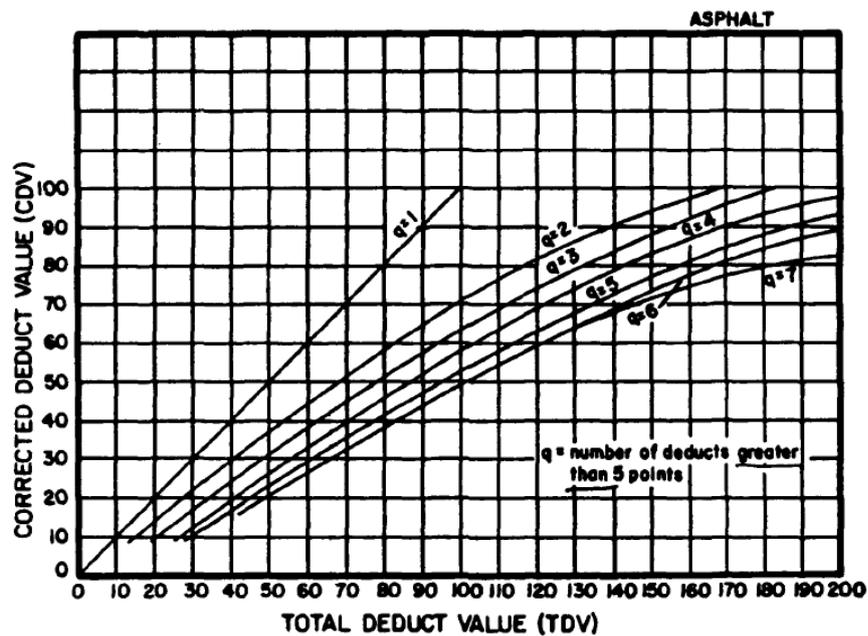
dengan,

m = Jumlah pengurangan izin, termasuk pecahan, untuk unit sampel yang ditinjau.

HDVi = Nilai pengurang individual tertinggi (*highest individual deduct value*).

3. Nilai pengurang terkoreksi (*Correted Deduct Value*, CDV)

Nilai pengurang terkoreksi atau CDV diperoleh dari kurva hubungan antara nilai pengurang total (TDV) dan nilai pengurang (DV) dengan memilih kurva yang sesuai. Jika nilai CDV yang diperoleh lebih kecil dari nilai pengurang tertinggi (*Hight Deduct Value*, HVD), maka CDV yang digunakan adalah nilai pengurang individual yang tertinggi.



Gambar Error! No text of specified style in document..30 Koreksi Kurva untuk Jalan dengan Perkerasan Aspal

Sumber : *Shahin 1990*

4. Nilai PCI

Setelah CDV diperoleh, maka PCI untuk setiap unit sampel dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$PCI_s = 100 - CDV \quad (2.12)$$

dengan :

PCI_s = PCI untuk setiap unit segmen atau unit penelitian

CDV = CDV dari setiap unit sampel

Nilai PCI perkerasan secara keseluruhan pada ruas jalan tertentu adalah:

$$PCI_f = \sum \frac{PCI_s}{N} \quad (2.13)$$

dengan,

PCI_f = Nilai PCI rata – rata dari seluruh area penelitian

PCI_s =Nilai PCI untuk setiap unit sampel

N = jumlah unit sampel

5. Rating

Rating adalah index kondisi tingkat keparahan dari perkerasan, yang diperoleh setelah nilai *pavement condition index* (PCI) diketahui. Begitu juga untuk PCI rata – rata. Kondisi rating dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel **Error! No text of specified style in document.**25 Nilai PCI dan Kondisi

Nilai PCI	Kondisi
0 – 10	Gagal (failed)
11 – 25	Sangat buruk (very poor)
26 – 40	Buruk (poor)
41 – 55	Sedang (fair)
56 – 70	Baik (good)
71 – 85	Sangat baik (very good)
86 – 100	Sempurna (excellent)

Sumber: *Shahin 1990*

2.17 Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Metode Analisa Komponen

SKBI-2.3.26.1987 Bina Marga

2.17.1 Lalu Lintas

Lalu lintas di dalam Undang – Undang No 22 Tahun 2009 didefinisikan sebagai gerak kendaraan dan orang di ruang lalu lintas jalan, sedang yang di maksud dengan ruang lalu lintas jalan adalah prasarana yang diperuntukkan bagi

gerak pindah kendaraan, orang, dan barang yang berupa jalan dan fasilitas pendukung.

2.17.1.1 Jumlah Lajur dan Koefisien Distribusi Kendaraan (C)

Jalur rencana merupakan salah satu jalur lalu lintas dari suatu ruas jalan raya, yang menampung lalu lintas terbesar. Jika jalan tidak memiliki tanda batas jalur, maka jumlah jalur ditentukan dari lebar perkerasan menurut tabel di bawah ini:

Tabel **Error! No text of specified style in document.**26 Jumlah Lajur Berdasarkan Lebar Perkerasan

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

Sumber : *Bina Marga 1987*

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

Tabel **Error! No text of specified style in document.**27 Koefisien Distribusi Kendaraan (C)

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

*) berat total < 5 ton, misalnya mobil penumpang, pick up, mobil hantaran

***) berat total > 5 ton, misalnya, bus, truk, traktor, semi trailer, trailer.

Sumber : *Bina Marga 1987*

2.17.1.2 Angka Ekuivalen (E) Beban Sumbu Kendaraan

Angka Ekuivalen (E) masing-masing golongan beban sumbu (setiap kendaraan) ditentukan menurut rumus daftar di bawah ini:

Tabel **Error! No text of specified style in document.**..28 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 : *Bina Marga 1987*

2.17.1.3 Lalu Lintas Harian Rata-Rata Dan Rumus-Rumus Lintas Ekuivalen

1. Lalu lintas Harian Rata-rata (LHR) setiap jenis kendaraan di tentukan pada awal umur rencana, yang dihitung untuk dua arah pada jalan tanpa median atau masing-masing arah pada jalan dengan median.
2. Lintas Ekuivalen Permulaan (LEP) dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$LEP = \sum_{j=1}^n LHR_j \times C_j \times E_j \quad (2.14)$$

Catatan : j = jenis kendaraan

3. Lintas Ekuivalen Akhir (LEA) dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$LEA = \sum_{j=1}^n LHR_j (1+i)^{UR} \times C_j \times E_j \quad (2.15)$$

Catatan : i = perkembangan lalulintas,

j = jenis kendaraan,

C = koefisien distribusi kendaraan,

UR = umur rencana,

E = angka ekuivalen beban.

4. Lintas Ekuivalen Tengah (LET) dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$LET = 1/2 \times (LEP + LEA) \quad (2.16)$$

5. Lintas Ekuivalen Rencana (LER) dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$LER = LET \times FP \quad (2.17)$$

6. Faktor penyesuaian (FP) tersebut diatas ditentukan dengan rumus :

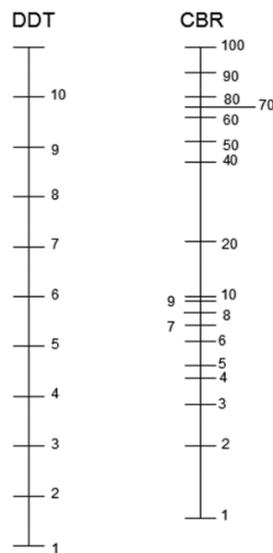
$$FP = UR/10 \quad (2.18)$$

2.17.2 Daya Dukung Tanah Dasar (DDT) dan CBR

Daya dukung tanah dasar (DDT) ditetapkan berdasarkan grafik korelasi. Yang dimaksud dengan harga CBR adalah harga CBR lapangan atau CBR laboratorium.

Jika digunakan CBR lapangan maka pengambilan contoh tanah dasar dilakukan dengan tabung (*undisturb*), kemudian direndam dan diperiksa harga CBRnya. Dapat juga mengukur langsung di lapangan (musim hujan / direndam). CBR lapangan biasanya digunakan untuk perencanaan lapis tambahan (*overlay*). Jika dilakukan menurut pengujian Kepadatan Berat (SKBI 3.3.30.1987/UDC 624.131.43 (02) atau Pengujian Kepadatan Berat (SKBI 3.3.30.1987/UDC 624.131.53 (02) sesuai dengan kebutuhan. CBR laboratorium biasanya dipakai untuk perencanaan pembangunan jalan baru. Sementara ini dianjurkan untuk mendasarkan daya dukung tanah dasar hanya kepada pengukuran nilai CBR. Cara-cara lain hanya digunakan bila telah disertai data – data yang dapat dipertanggung jawabkan. Cara-cara lain tersebut dapat berupa : *Group Index*, *Plate Bearing Test* atau *R-Value*. Harga yang mewakili dari sejumlah harga CBR yang dilaporkan, ditentukan sebagai berikut :

1. Tentukan harga CBR terendah.
2. Tentukan berapa banyak harga dari masing – masing nilai CBR yang sama dan lebih besar dari masing – masing nilai CBR.
3. Angka jumlah terbanyak dinyatakan sebagai 100%. Jumlah lainnya merupakan persentase dari 100 %.
4. Dibuat grafik hubungan antara harga CBR dan persentase jumlah tadi.
5. Nilai CBR yang mewakili adalah yang didapat dari angka persentase 90%.



Gambar **Error! No text of specified style in document.**31 Korelasi DDT dan CBR
 Catatan : Hubungan nilai CBR dengan garis mendatar sebelah kiri diperoleh dari nilai DDT.

Sumber : *Bina Marga 1987*

2.17.3 Faktor Regional (FR)

Keadaan lapangan mencakup permeabilitas tanah, perlengkapan drainase, bentuk alinyemen serta persentase kendaraan dengan berat 13 ton, dan kendaraan yang berhenti, sedangkan keadaan iklim mencakup curah hujan rata –rata per tahun.

Mengingat persyaratan penggunaan disesuaikan dengan “Peraturan Pelaksanaan Pembangunan Jalan Raya” edisi terakhir, maka pengaruh keadaan lapangan yang menyangkut permeabilitas tanah dan perlengkapan drainase dapat dianggap sama. Dengan demikian dalam penentuan tebal perkerasan ini, Faktor Regional hanya dipengaruhi oleh bentuk alinyemen (kelandaian dan tikungan), persentase kendaraan berat dan berhenti serta iklim (curah hujan) sebagai berikut:

Tabel **Error! No text of specified style in document.**29 Faktor Regional (FR)

Curah Hujan	Kelandaian I (< 6 %)	Kelandaian I (6 – 10 %)	Kelandaian II (> 10%)

	% Kendaraan Berat		% Kendaraan Berat		% Kendaraan Berat	
	≤ 30%	> 30%	≤ 30%	> 30%	≤ 30%	> 30%
Iklm I < 900 mm/tahun	0,5	1,0 – 1,5	1	1,5 – 2,0	1,5	2,0 – 2,5
Iklm II ≥ 900 mm/tahun	1,5	2,0 – 2,5	2	2,0 – 3,0	2,5	3,0 – 3,5

Catatan : Pada bagian – bagian jalan tertentu, seperti persimpangan, pemberhentian atau tikungan tajam (jari – jari 30 m) FR ditambah dengan 0,5. Pada daerah rawa-rawa FR ditambah dengan 1,0.

Sumber : *Bina Marga 1987*

2.17.4 Indeks Permukaan (IP)

Indeks permukaan ini menyatakan nilai dari pada kerataan / kehausan serta kekokohan permukaan yang bertalian dengan tingkat pelayanan bagi lalu lintas yang lewat. Adapun beberapa nilai IP beserta artinya, sebagai berikut :

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

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

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

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

Dalam menentukan indeks permukaan (IP) pada akhir umur rencana, perlu dipertimbangkan faktor – faktor klasifikasi fungsional jalan dan jumlah lintas ekuivalen rencana (LER), menurut tabel dibawah ini:

Tabel Error! No text of specified style in document..30 Indeks Permukaan Pada Akhir Umur Rencana (IP)

LER = Lintas	Klasifikasi Jalan
--------------	-------------------

Ekivalen Rencana *)	Lokal	Kolektor	Alteri	Tol
< 10	1,0 – 1,5	1,5	1,5 – 2,0	-
10 – 100	1,5	1,5 – 2,0	2	-
100 – 1000	1,5 – 2,0	2	2,0 – 2,5	-
> 1000	-	2,0 – 2,5	2,5	2,5

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

Catatan : Pada proyek- proyek penunjang jalan, JAPAT / jalan murah atau jalan darurat maka IP dapat diambil 1,0

Sumber : *Bina Marga 1987*

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 dibawah ini:

Tabel Error! No text of specified style in document..31 Indeks Permukaan Pada Awal Umur Rencana (IPo)

Jenis Lapis Perkerasan	Ipo	Roughnees *) mm/km
Laston	$\geq 4,0$	≤ 1000
	3,9 – 3,5	> 1000
Lasbutag	3,9 – 3,5	≤ 2000
	3,4 – 3,0	> 2000
Hra	3,9 – 3,5	≤ 2000
	3,4 – 3,0	< 2000
Burda	3,9 – 3,5	< 2000
Burtu	3,4 – 3,0	< 2000
Lapen	3,4 – 3,0	≤ 3000
	2,9 – 2,5	> 3000
Latasbum	2,9 – 2,5	-
Buras	2,9 – 2,5	-
Latasir	2,9 – 2,5	-
Jalan Tanah	$\leq 2,4$	-
Jalan Kerikil	$\leq 2,4$	-

*) Alat pengukur roughness yang dipakai adalah roughometer NAASRA, yang dipasang pada kendaraan standar Datsun 1500 station wagon, dengan kecepatan ± 32 km per jam.

Sumber : *Bina Marga 1987*

Gerakan sumbu belakang dalam arah vertikal dipindahkan pada alat *roughometer* melalui kabel yang dipasang ditengah-tengah sumbu belakang kendaraan, yang selanjutnya dipindahkan kepada counter melalui “ *flexible drive*”.

Setiap putaran *counter* adalah sama dengan 15,2 mm gerakan vertikal antara sumbu belakang dan *body* kendaraan. Alat pengukur *roughness* tipe lain dapat digunakan dengan mengkalibrasikan hasil yang diperoleh terhadap *roughometer* NAASRA.

2.17.5 Koefisien Kekuatan Relatif (a)

Koefisien kekuatan relatif (a) masing – masing bahan dan kegunaannya sebagai lapis permukaan, pondasi, pondasi bawah, ditentukan secara korelasi sesuai nilai *Marshall Test* (Untuk bahan dengan aspal), kuat tekan (untuk bahan yang distabilisasi dengan semen atau kapur), atau CBR (untuk bahan lapis pondasi bawah).

Jika alat *Marshall Test* tidak tersedia, maka kekuatan (stabilitas) bahan beraspal bisa diukur dengan cara lain seperti *Hveem Test*, *Hubbard Field*, dan *Smith Triaxial*.

Tabel Error! No text of specified style in document..32 Koefisien Kekuatan Relatif (a)

Kekutan Relatif			Kekuatan Bahan			Jenis Bahan
a1	a2	a3	Ms (kg)	Kt kg/cm ²	CBR %	
0,4		-	744	-	-	LASTON
0,35		-	590	-	-	

Kekutan Relatif			Kekuatan Bahan			Jenis Bahan
a1	a2	a3	Ms (kg)	Kt kg/cm ²	CBR %	
0,32		-	454	-	-	LASBUTAG
0,3		-	340	-	-	
0,35		-	744	-	-	
0,31		-	590	-	-	
0,28		-	454	-	-	
0,26		-	340	-	-	
0,3		-	340	-	-	HRA
0,26		-	340	-	-	Aspal Macadam
0,25		-	-	-	-	LAPEN (mekanis)
0,2		-	-	-	-	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	-	Stab. Tanah dengan kapur
-	0,13	-	-	18	-	
-	0,14	-	-	-	100	Pondasi Macadam (Basah)
-	0,12	-	-	-	60	Pondasi Macadam
-	0,14	-	-	-	100	Batu pecah (A)
-	0,13	-	-	-	80	Batu pecah (B)
-	0,12	-	-	-	60	Batu pecah (C)
-	-	0,13	-	-	70	Sirtu/pitrun (A)
-	-	0,12	-	-	50	Sirtu/pitrun (B)
-	-	0,11	-	-	30	Sirtu/pitrun (C)
-	-	0,1	-	-	20	Tanah/lempung kepasiran

Catatan : Kuat tekan stabilitas tanah dengan semen diperiksa pada hari ke – 7. Kuat tekan stabilitas tanah dengan kapur diperiksa pada hari ke – 21.

Sumber : *Bina Marga 1987*

2.17.6 Batas-Batas Minimum Tebal Lapisan Perkerasan

1. Lapis Permukaan

Tabel Error! No text of specified style in document..33 Batas Minimum Tebal Lapis Permukaan

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

Sumber : *Bina Marga 1987*

2. Lapis Pondasi Atas

Tabel Error! No text of specified style in document..34 Batas Minimum Tebal Lapis Pondasi Atas

ITP	Tebal Minimum	Bahan
< 3,00	15	Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabilisasi tanah dengan kapur
3,00 – 7,49	20	Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabilisasi tanah dengan kapur
	10	Laston atas
7,50 – 9,99	20	Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabilisasi tanah dengan kapur, pondasi macadam
	15	Laton atas
10 – 12,14	20	Batu pecah, stabilisasi tanah dengan

		semen, stabilisasi tanah dengan kapur, pondasi macadam, Lapen, Laston atas
$\geq 12,25$	25	Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabilisasi tanah dengan kapur, pondasi macadam, Lapen, Laston atas

Sumber : *Bina Marga 1987*

3. Lapis Pondasi Bawah

Untuk setiap nilai ITP bila digunakan pondasi bawah, tebal minimum adalah 10 cm.

2.17.7 Pelapisan Tambahan

Untuk perhitungan pelapisan tambahan (*overlay*), kondisi perkerasan jalan lama (*existing pavement*) dinilai sesuai daftar dibawah ini :

1. Lapis Permukaan

Umumnya tidak retak, hanya sedikit deformasi pada jalur roda.....90 – 100%

Terlihat retak halus, sedikit deformasi pada jalur roda namun masih tetap stabil.....70 – 90%

Retak sedang, beberapa deformasi pada jalur roda, pada dasarnya masih menunjukkan kestabilan..... 50 – 70 %

Retak banyak, demikian juga deformasi pada jalur roda, menunjukkan gejala ketidakstabilan.....30 – 50%

2. Lapis Pondasi

a. Pondasi Aspal Beton atau Penetrasi Macadam

Umumnya tidak retak.....90 – 100%

Terlihat retak halus, namun masih tetap stabil.....70 – 90%

Retak sedang, pada dasarnya masih menunjukkan kestabilan.....50 – 70%

Retak banyak, menunjukkan gejala ketidakstabilan.....30 – 50%

b. Stabilisasi Tanah dengan Semen atau Kapur

Indeks Plastisitas (*Plasticity Index* = PI) \leq 1070 – 100%

c. Pondasi Macadam atau Batu Pecah

Indeks Plastisitas (*Plasticity Index* = PI) \leq 680 – 100%

3. Lapis Pondasi Bawah

Indeks Plastisitas (*Plasticity Index* = PI) \leq 690 – 100%

Indeks Plastisitas (*Plasticity Index* = PI) $>$ 670 – 90%

2.17.8 Konstruksi Bertahap

Konstruksi bertahap digunakan pada keadaan tertentu, antara lain :

1. Keterbatasan biaya untuk pembuatan tebal perkerasan sesuai rencana (misalnya 20 tahun). Perkerasan dapat direncanakan dalam dua tahap, misalnya tahap pertama untuk 5 tahun, dan tahap berikutnya untuk 15 tahun.
2. Kesulitan dalam memperkirakan perkembangan lalu lintas diharapkan tidak jauh meleset.
3. Kerusakan setempat (*weak spots*) selama tahap pertama dapat diperbaiki dan direncanakan kembali sesuai data lalu lintas yang ada.