

**BAHAN AJAR  
PERKERASAN JALAN**



**Tim Peneliti:**

- 1 Iman Haryanto (Ketua Peneliti)
- 2 Heru Budi Utomo (Anggota)

**DISUSUN SEBAGAI BAGIAN DARI KEGIATAN  
PROGRAM HIBAH PEMBELAJARAN  
PEMBELAJARAN BERBASIS RISET (PBR)**

**Judul:**

Pengembangan Pembelajaran Berbasis Riset dan *Education for Sustainable Development* untuk Matakuliah Perkerasan Jalan Raya dengan Memanfaatkan Hasil Riset Terapan *Ecomaterial*

**PUSAT PENGEMBANGAN PENDIDIKAN  
UNIVERSITAS GADJAH MADA  
NOVEMBER  
2012**

## KATA PENGANTAR

Kami memanjatkan puji syukur kehadirat Allah swt yang telah memberikan kesempatan dan kemampuan, sehingga Bahan Ajar Mata Kuliah Perkerasan Jalan dapat diselesaikan. Penyusunan bahan ajar tersebut merupakan bagian dari kegiatan penelitian **PROGRAM HIBAH PEMBELAJARAN PEMBELAJARAN BERBASIS RISET (PBR)** yang berjudul “Pengembangan Pembelajaran Berbasis Riset dan *Education for Sustainable Development* untuk Matakuliah Perkerasan Jalan Raya dengan Memanfaatkan Hasil Riset Terapan *Ecomaterial*”.

Kami menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang bekerjasama dan membantu kegiatan penelitian, baik di dalam maupun di luar lingkungan Teknik Sipil Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada.

Kami menerima saran dan kritik membangun dalam rangka memperbaiki isi penelitian.

Yogyakarta, November 2012

Tim Peneliti

## KATA PENGANTAR

Kami memanjatkan puji syukur kehadirat Allah swt yang telah memberikan kesempatan dan kemampuan, sehingga Bahan Ajar Mata Kuliah Perkerasan Jalan dapat diselesaikan. Penyusunan bahan ajar tersebut merupakan bagian dari kegiatan penelitian **PROGRAM HIBAH PEMBELAJARAN PEMBELAJARAN BERBASIS RISET (PBR)** yang berjudul “Pengembangan Pembelajaran Berbasis Riset dan *Education for Sustainable Development* untuk Matakuliah Perkerasan Jalan Raya dengan Memanfaatkan Hasil Riset Terapan *Ecomaterial*”.

Kami menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang bekerjasama dan membantu kegiatan penelitian, baik di dalam maupun di luar lingkungan Teknik Sipil Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada.

Kami menerima saran dan kritik membangun dalam rangka memperbaiki isi penelitian.

Yogyakarta, November 2012

Tim Peneliti

## DAFTAR ISI

Halaman Judul.....	1
KATA PENGANTAR .....	2
DAFTAR ISI.....	3
DESKRIPSI SINGKAT MATA AJARAN .....	7
<b>BAB I PERKERASAN JALAN.....</b>	<b>11</b>
A. Pendahuluan.....	11
1. Deskripsi singkat.....	11
2. Relevansi.....	11
3. Tujuan instruksional khusus .....	11
B. Penyajian.....	11
1. Pengertian perkerasan jalan .....	11
2. Jenis perkerasan jalan .....	12
3. Susunan perkerasan jalan.....	13
4. Bahan susun perkerasan.....	14
5. Perkembangan konstruksi perkerasan.....	15
6. Rangkuman .....	18
C. Penutup .....	20
1. Latihan soal.....	20
2. Petunjuk penilaian.....	20
3. Jawaban.....	20
<b>BAB II ASPAL.....</b>	<b>22</b>
A. Pendahuluan.....	22
1. Deskripsi singkat .....	22
2. Relevansi.....	22
3. Tujuan instruksional khusus .....	22
B. Penyajian.....	22
1. Peranan aspal pada perkerasan jalan.....	22
2. Komposisi aspal.....	24
3. Jenis aspal .....	24
4. Perhitungan sifat kepekaan aspal keras terhadap suhu .....	30
5. Zat-zat aditif aspal .....	31
6. Aspal hayati ( <i>bio-asphalt</i> ) .....	31
7. Rangkuman.....	34
C. Penutup .....	35
1. Latihan soal.....	35
2. Petunjuk penilaian .....	36
3. Jawaban.....	36
<b>BAB III AGREGAT .....</b>	<b>39</b>

A. Pendahuluan.....	39
1. Deskripsi singkat .....	39
2. Relevansi.....	39
3. Tujuan instruksional khusus .....	39
B. Penyajian.....	39
1. Peranan agregat pada perkerasan jalan.....	39
2. Klasifikasi Agregat .....	40
3. Sifat-sifat teknis agregat .....	41
4. Cara pencampuran agregat .....	45
5. Pemanfaatan Agregat Alternatif untuk Konstruksi Perkerasan.....	46
6. Kesimpulan .....	48
C. Penutup .....	50
1. Latihan soal.....	50
2. Petunjuk penilaian .....	51
3. Jawaban.....	51
 BAB IV SEMEN.....	 55
A. Pendahuluan.....	55
1. Deskripsi singkat .....	55
2. Relevansi.....	55
3. Tujuan instruksional khusus .....	55
B. Penyajian.....	55
1. Peranan semen pada perkerasan jalan.....	55
2. Kategori semen .....	56
3. Karakteristik semen .....	57
4. Pemilihan semen.....	58
5. Bahan tambah semen .....	58
6. Ragam campuran beton .....	59
7. Rangkuman.....	59
C. Penutup .....	61
1. Latihan soal.....	61
2. Petunjuk penilaian .....	61
3. Jawaban.....	62
 BAB V PERENCANAAN CAMPURAN KERJA.....	 63
A. Pendahuluan.....	63
1. Deskripsi singkat .....	63
2. Relevansi.....	63
3. Tujuan instruksional khusus .....	63
B. Penyajian.....	63
1. Pengertian resep campuran kerja .....	63
2. Sifat-sifat teknis campuran beraspal .....	64
3. Prosedur pencampuran aspal di laboratorium.....	66
4. Sifat-sifat teknis beton untuk perkerasan jalan.....	74
5. Prosedur pencampuran beton.....	76

6. Rangkuman.....	78
C. Penutup .....	79
1. Latihan soal.....	79
4. Petunjuk penilaian .....	80
5. Jawaban.....	80
BAB VI JENIS CAMPURAN BERASPAL DAN CAMPURAN BETON UNTUK KONSTRUKSI JALAN .....	83
A. Pendahuluan .....	83
1. Deskripsi singkat.....	83
2. Relevansi .....	83
3. Tujuan instruksional khusus.....	83
B. Penyajian .....	83
1. Pengantar.....	83
2. Gambaran umum mutu bahan jalan di Indonesia.....	84
3. Jenis-jenis campuran beraspal dan beton .....	85
4. Rangkuman.....	90
C. Penutup.....	91
1. Latihan soal .....	91
2. Petunjuk penilaian .....	91
3. Jawaban .....	91
BAB VII PERHITUNGAN STRUKTUR PERKERASAN JALAN ASPAL .....	94
A. Pendahuluan .....	94
1. Deskripsi singkat.....	94
2. Relevansi .....	94
3. Tujuan instruksional khusus .....	94
B. Penyajian .....	94
1. Pengantar.....	94
2. Prosedur perhitungan metode analisa komponen.....	95
3. Komponen-komponen perhitungan.....	97
4. Langkah-langkah perhitungan.....	102
5. Perkerasan lentur dengan lapisan semen titanium diokasida.....	111
6. Rangkuman.....	113
C. Penutup.....	114
1. Latihan soal .....	114
2. Petunjuk penilaian .....	115
3. Jawaban .....	115
BAB VIII PERHITUNGAN STRUKTUR JALAN BETON/KAKU.....	121
A. Pendahuluan .....	121
1. Deskripsi singkat .....	121
2. Relevansi .....	121
3. Tujuan instruksional khusus.....	121
B. Penyajian .....	121

1. Pengantar.....	121
2. Dasar-dasar perencanaan.....	122
3. Faktor-faktor yang mempengaruhi perencanaan.....	123
4. Persyaratan dan pembatasan.....	126
5. Besaran-besaran rencana .....	127
6. Langkah-langkah penentuan tebal pelat beton .....	128
7. Perencanaan tulangan.....	134
8. Rangkuman.....	135
C. Penutup.....	136
1. Latihan soal .....	136
2. Petunjuk penilaian .....	137
3. Jawaban .....	137
BAB IX	KERUSAKAN JALAN DAN PENANGANAN
	PERBAIKANNYA .....
	141
A. Pendahuluan .....	141
1. Deskripsi singkat .....	141
2. Relevansi .....	141
3. Tujuan instruksional khusus.....	141
B. Penyajian .....	141
1. Pengantar.....	141
2. Jenis-jenis kerusakan jalur lalu lintas dan penanganannya.....	142
3. Jenis-jenis kerusakan bahu jalan dan penanganannya .....	151
4. Jenis-jenis kerusakan drainase dan penanganannya.....	156
5. Jenis-jenis kerusakan lereng dan penanganannya .....	159
6. Konstruksi jalan dengan <i>self-healing asphalt</i> .....	160
7. Rangkuman.....	164
C. Penutup.....	165
1. Latihan soal .....	165
2. Petunjuk penilaian .....	165
3. Jawaban.....	166
DAFTAR PUSTAKA .....	167

## DESKRIPSI SINGKAT MATA AJARAN

### 1. Status Mata Ajaran dan Bobot SKS

Perkerasan Jalan adalah mata ajaran teori yang bersifat wajib. Mata kuliah ini berbobot 2 SKS. Hal tersebut berarti lama tatap muka di kelas dan pelaksanaan tugas terstruktur sekitar  $2 \times 50$  menit per minggu. Selain itu mahasiswa diharapkan melakukan kegiatan belajar mandiri setidaknya  $2 \times 50$  menit per minggu. Tugas terstruktur adalah tugas perkuliahan yang dibimbing dosen dan atau instruktur untuk memantapkan penguasaan bahan ajar oleh mahasiswa. Dosen atau instruktur dapat memanfaatkan tugas ini untuk mengevaluasi pemahaman mahasiswa terhadap bahan ajar. Mahasiswa pun dapat memanfaatkan tugas ini untuk memperdalam pemahaman bahan ajar melalui diskusi dengan dosen, instruktur atau rekan. Kegiatan belajar mandiri adalah kegiatan pembelajaran yang harus dilakukan mahasiswa. Kegiatan tersebut sangat penting karena pemahaman saja belum cukup tetapi juga harus disertai penguasaan bahan ajar. Aspek penguasaan bahan ajar biasanya tidak cukup dimiliki mahasiswa dengan *hanya* mengandalkan pengertian yang diberikan selama tatap muka di kelas atau disajikan dalam tugas terstruktur.

### 2. Gambaran Singkat

Ada dua materi pokok Perkerasan Jalan yaitu pengetahuan dasar dan pengetahuan terapan. Pengetahuan dasar terdiri dari pengertian dan jenis perkerasan/jalan serta karakteristik bahan susun perkerasan, yaitu aspal dan agregat. Pengetahuan dasar diperlukan karena sifat teknis bahan merupakan hal mendasar yang mempengaruhi optimal tidaknya kinerja konstruksi jalan. Pengetahuan terapan mencakup penjelasan metode perhitungan rumus kerja campuran (*job mix formula*), jenis-jenis campuran beraspal di lapangan, perkerasan kaku dan jenis kerusakan jalan dan cara perbaikannya. Pengetahuan terapan dimaksudkan untuk mempersiapkan mahasiswa dalam mengikuti mata ajaran bersifat praktek dan kerja yaitu Praktikum Jalan Raya dan Kerja Jalan Raya. Ketrampilan tersebut harus dimiliki oleh mahasiswa program diploma



teknik sipil karena merupakan kompetensi mendasar seorang ahli madya teknik sipil.

### 3. Kegunaan Mata Ajaran bagi Mahasiswa

Ditinjau dari aspek kegiatan belajar mahasiswa, bahan ajar ini membantu dalam mempersiapkan diri sebelum mengikuti perkuliahan. Persiapan tersebut diharapkan dapat mempercepat pemahaman dan penguasaan pengetahuan dasar dan pengetahuan terapan teknik jalan sebagai unsur kompetensi ahli madya teknik sipil.

Mata ajaran Perkerasan Jalan berkaitan dengan mata ajaran lain yaitu Praktikum Pengujian Material Jalan serta Survei Lalulintas dan Jalan. Dengan mempelajari mata ajaran Perkerasan Jalan diharapkan mahasiswa telah memiliki pengetahuan yang mendasari mata kuliah-mata kuliah tersebut.

Mata ajaran Perkerasan Jalan juga bermanfaat ditinjau dari sudut keperluan praktek jangka panjang. Di bidang teknik jalan, terdapat jenis pekerjaan rutin yang lazimnya memiliki prosedur umum tertentu. Namun, terdapat pula pekerjaan tidak rutin yang membutuhkan unsur kreatifitas dalam pelaksanaannya. Kemampuan tersebut dapat dikembangkan melalui daya analisis terhadap permasalahan bidang teknik jalan di lapangan. Mata ajaran ini mengajarkan konsep, uraian dan latihan yang diperlukan sebagai sarana analisis terhadap persoalan-persoalan tersebut. Oleh karena itu, mata ajaran ini berguna bagi mahasiswa kelak dalam pekerjaannya mereka di bidang teknik jalan.

### 4. Tujuan Instruksional Umum

Tujuan instruksional umum mata ajaran Perkerasan Jalan adalah mahasiswa memahami karakteristik bahan jalan (agregat, aspal dan semen) serta mampu menghasilkan rumus kerja campuran sesuai jenis campuran beraspal yang terdapat di lapangan.

### 5. Sistematika Bahan Ajar

Mata ajaran Perkerasan Jalan terdiri dari 9 bab. Sistematika bab dan gambaran singkat tiap bab adalah:

- a) Bab I – Perkerasan Jalan yang berisi uraian perihal pengertian dan jenis perkerasan jalan.
- b) Bab II – Aspal yang berisi uraian perihal peranan aspal pada perkerasan, komposisi aspal, jenis aspal dan penggunaannya, sifat kepekaan aspal terhadap suhu dan jenis-jenis bahan tambah aspal.
- c) Bab III – Agregat yang berisi uraian perihal peranan agregat pada perkerasan, jenis agregat, sifat-sifat teknis agregat, serta analisis dan perencanaan gradasi.
- d) Bab IV – Semen yang berisi uraian perihal peranan semen pada perkerasan, jenis semen dan sifat-sifat teknis semen.
- e) Bab V – Perencanaan Rumus Kerja Pekerjaan yang berisi uraian perihal, cara perencanaan campuran beraspal dan beton untuk pekerjaan jalan.
- f) Bab VI – Jenis Campuran Beraspal yang berisi uraian perihal jenis campuran beraspal di lapangan.
- g) Bab VII – Perhitungan Struktur Perkerasan Jalan Aspal yang berisi uraian perihal perhitungan ketebalan lapis perkerasan jalan menurut Metode Analisis Komponen.
- h) Bab VIII – Perhitungan Struktur Perkerasan Jalan Beton yang berisi uraian perihal perhitungan ketebalan lapis perkerasan jalan menurut Metode Bina Marga.
- i) Bab IX – Kerusakan Jalan yang berisi uraian perihal jenis kerusakan jalan dan cara penanganannya.

#### 6. Petunjuk Umum untuk Mempelajari Bahan Ajar

Bahan ajar ini memuat teori-teori, contoh soal dan latihan soal. Mahasiswa perlu membaca terlebih dahulu teori-teori dan contoh soal yang disajikan dalam setiap bab. Hal tersebut bermanfaat untuk mengaktifkan kegiatan tatap muka di kelas, karena mahasiswa telah memiliki gambaran awal perihal materi perkuliahan. Beberapa hal yang belum jelas dapat didiskusikan dengan dosen, instruktur/asisten atau rekan-rekan lainnya. Beberapa bagian dari bahan ajar ini memang dirancang hanya memuat pokok-pokok pikiran saja sehingga mahasiswa didorong untuk mengadakan penelusuran ke buku ajar (*text books*) lain. Hal

tersebut diharapkan dapat memperluas wawasan mahasiswa dalam bidang teknik jalan.

# **BAB I**

## **PERKERASAN JALAN**

### **A. PENDAHULUAN**

#### 1. Deskripsi Singkat

Bab ini menjelaskan perihal pengertian perkerasan jalan, jenis perkerasan jalan dan jenis bahan susun perkerasan jalan.

#### 2. Relevansi

Pemahaman perihal pengertian dan jenis perkerasan jalan serta jenis bahan susunnya merupakan dasar pemahaman terhadap bab-bab berikutnya. Oleh karena itu, bab ini berkaitan dengan bab-bab lain dalam bahan ajar ini.

#### 3. Tujuan Instruksional Khusus

Pada akhir kuliah ini mahasiswa diharapkan dapat memahami pengertian perkerasan jalan, jenis perkerasan jalan, faktor-faktor yang mempengaruhi pemilihan jenis perkerasan jalan, susunan perkerasan jalan dan jenis bahan susun perkerasan jalan.

### **B. PENYAJIAN**

#### 1. Pengertian Perkerasan Jalan

Konstruksi jalan telah dibuat sejak lama, karena aktivitas pengangkutan merupakan kegiatan dasar manusia. Pada awalnya, konstruksi jalan tanah yang diperkeras dianggap cukup karena beban kendaraan dan arus lalu lintas masih ringan. Dengan perkembangan jaman, jalan tanah dinilai tidak memadai karena jalan tersebut mengalami kerusakan. Selanjutnya dipikirkan teknik untuk memberi lapis tambahan di atas permukaan jalan dalam rangka memperkuat daya dukung jalan terhadap beban. Oleh karena lapis tambahan tersebut perlu diperkeras dengan maksud untuk memperkuat daya dukung terhadap beban lalu lintas maka disebut perkerasan (*pavement*).

Perkerasan yang dibuat untuk konstruksi jalan disebut perkerasan jalan. Hal tersebut dimaksudkan untuk membedakan dengan perkerasan yang dibuat untuk tujuan lain seperti bandar udara, parkir, dan terminal.

## 2. Jenis Perkerasan Jalan

Beban kendaraan akan disalurkan roda ke perkerasan jalan di bawahnya. Sebagian besar beban tersebut didukung lapis perkerasan diatas tanah dasar. Batuan butiran/granular yang disusun dengan baik secara alamiah memiliki sifat saling mengunci sehingga cukup stabil mendukung beban roda sampai ukuran berat tertentu. Namun demikian, jika beban yang bekerja di atas permukaan jalan ternyata meningkat dan melebihi kemampuan sifat saling kunci agregat maka susunan butiran tersebut dapat “lari”. Oleh karena itu maka diperlukan bahan ikat agregat yang menyatukan agregat. Pada umumnya jenis perkerasan jalan dibedakan menurut bahan ikatnya yaitu perkerasan jalan aspal dan perkerasan Jalan semen/beton.

Perkerasan jalan aspal adalah perkerasan jalan yang permukaan bagian atasnya menggunakan campuran agregat-aspal. Struktur perkerasan jalan aspal bersifat relatif lentur karena aspal dapat melunak bila suhu meningkat atau dibebani secara terus menerus. Oleh karena itu maka perkerasan jalan aspal sering juga disebut perkerasan lentur.

Perkerasan jalan beton/semen adalah perkerasan jalan yang permukaan bagian atasnya menggunakan campuran agregat-semen yang dibentuk menjadi pelat-pelat. Struktur perkerasan jalan beton aspal bersifat relatif kaku karena ikatan kimia antara agregat dan semen menghasilkan struktur komposit yang keras dan kuat. Oleh karena itu maka perkerasan jalan beton sering juga disebut perkerasan kaku.

Pertimbangan pemilihan kostruksi perkerasan jalan, apakah perkerasan jalan lentur atukah perkerasan kaku, melibatkan sejumlah faktor sebagai pertimbangannya, antara lain faktor teknis, pendanaan, kenyamanan dan keamanan berkendara bahkan seringkali harus mempertimbangkan aspek politis. Jika rencana perkerasan jalan nantinya melewati permukaan tanah dasar

yang sudah keras maka secara teknis cukup digunakan struktur perkerasan lentur. Jika rencana jalan terpaksa melewati daerah yang tanah dasarnya berdaya dukung jelek, maka secara teknis jenis perkerasan kaku lebih stabil dalam mendukung beban. Namun perkerasan lentur pada umumnya memberikan kenyamanan yang lebih baik dibandingkan perkerasan beton. Dilihat dari pembiayaan, terdapat sisi *plus* dan *minus* masing-masing tipe perkerasan jalan. Perkerasan lentur membutuhkan perawatan baik rutin atau berkala untuk mempertahankan kinerjanya agar tetap baik, sedangkan perkerasan kaku pada umumnya dianggap tidak memerlukan perawatan rutin atau berkala. Namun, biaya pembangunan konstruksi perkerasan kaku lebih tinggi dari biaya pembangunan konstruksi perkerasan lentur.

Ada juga jenis perkerasan jalan yang menggabungkan konstruksi perkerasan lentur dan perkerasan kaku, yaitu perkerasan komposit. Perkerasan komposit terdiri dari pelat beton yang berfungsi struktural dan lapis tipis campuran beraspal yang berfungsi non struktural. Dengan demikian dalam perkerasan komposit, pelat beton yang mendukung beban lalu lintas sedangkan lapis tipis campuran beraspal menyediakan kekesatan dan kerataan permukaan jalan. Jenis perkerasan komposit pada umumnya diterapkan pada perkerasan bandara atau jalan raya yang *demand* lalu lintasnya tinggi dan tuntutan persyaratan kinerjanya tinggi.

### 3. Susunan Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan dibangun di atas tanah dasar. Lapis perkerasan jalan yang langsung bersentuhan dengan roda kendaraan disebut lapis permukaan (*surface course*). Lapis permukaan berfungsi struktural dan non struktural. Di antara lapis permukaan dan tanah dasar terdapat lapis antara yang disebut lapis pondasi. Lapis pondasi bermanfaat untuk mendukung struktur perkerasan jalan secara struktural dan sebagai rantai kerja untuk pembuatan konstruksi lapis permukaan. Rantai kerja diperlukan karena pelaksanaan pembuatan konstruksi lapis permukaan melibatkan banyak peralatan berat. Lapis pondasi dapat dibuat satu lapisan dengan jenis bahan yang sama. Seringkali lapis pondasi juga dibuat menjadi dua lapisan

yang berbeda kualitasnya yaitu lapis pondasi atas (LPA) dan lapis pondasi bawah (LPB). Susunan perkerasan akan diuraikan lebih lengkap pada bab-bab berikutnya.

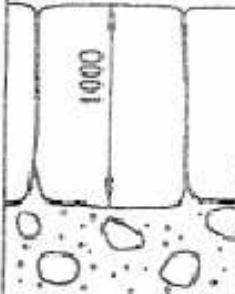
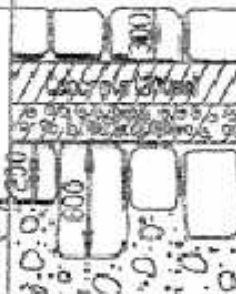
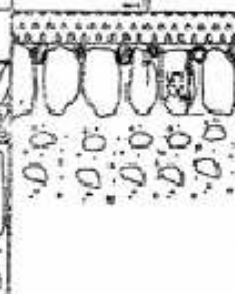
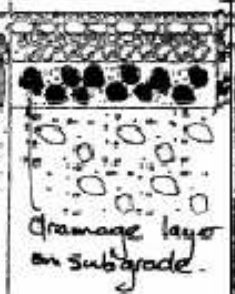
#### 4. Bahan Susun Perkerasan

Bahan susun perkerasan terutama berupa agregat, aspal, atau semen. Agregat merupakan komponen pendukung utama terhadap beban lalu lintas. Aspal atau semen merupakan bahan ikat butiran agregat yang menjaga agar agregat tidak “lari” pada saat beban kendaraan bekerja. Penggunaan aspal atau semen tidak hanya terbatas penggunaannya untuk lapis permukaan saja, tetapi juga dapat digunakan untuk LPA, LPB bahkan tanah dasar sebagai bahan stabilisasi.

#### 5. Perkembangan Konstruksi Perkerasan

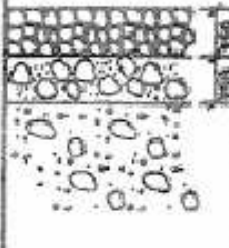
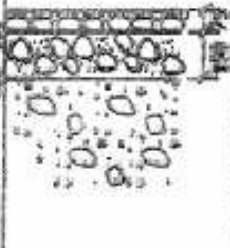
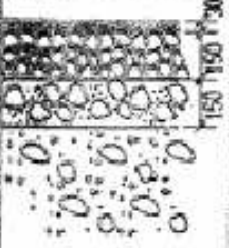
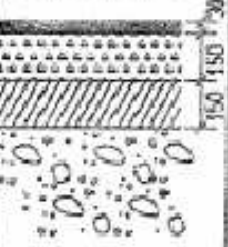
Gambar 1.1 menyajikan perkembangan konstruksi perkerasan yang dikenal dalam peradaban manusia, yaitu sejak jaman Persia–Mesopotamia sampai dengan jaman modern. Secara umum, konstruksi perkerasan yang dilaksanakan di lapangan menggunakan bahan-bahan konvensional yaitu aspal minyak dan agregat yang ditambang langsung di alam.

Di masa mendatang, pemanfaatan material inovatif sebagai bahan jalan serta pelaksanaan konstruksi jalan yang ramah lingkungan mulai dipertimbangkan. Beberapa contoh material inovatif yang dapat digunakan sebagai bahan konstruksi jalan adalah tar atau bio-aspal, serat alam, agregat hasil pengolahan limbah, komposit serta *smart/advanced material*. Gambar 1.2 menyajikan beberapa contoh material inovatif bahan jalan. Gambar 1.3 menyajikan contoh konstruksi jalan yang ramah lingkungan.

PERIOD AND ERA	PERSIAN MESAPOTAMIAN ASSIRIAN +/-2000 BC TO +/-500 BC	ROMAN ROAD BUILDING +/-450 BC TO +/-500 AD	TRESAGUET +/-1790 TELFORD +/-1810	WATERBOUND MACADAM +/-1820 TO +/-1860
EQUIPMENT AND TECHNOLOGY BREAKTHROUGHS	Wood, bronz and later iron tools The discovery of the <u>wheel</u> .	Roman cement, iron and bronz digging and shaping tools. Horse-drawn carts and <u>rollers</u> .	Mauls, hammers, spades, horse-drawn carts.	Forks, rakes, spades, hammers horse-drawn carts/wagons and <u>rollers</u> .
TRAFFIC	Pedestrians, horse-drawn charriots, sledges, light wagons.	Pedestrians, Horse/Ox-drawn carts, wagons and heavy war machinery.	Pedestians, animal-drawn wagons, carts, etc.	Pedestians, animal-drawn wagons, carts, etc.
STRUCTURE				
CONSTRUCTION	Large rock blocks (500mm to 1000mm dimensional) placed by slave labour and animal power.	Large stones (250 to 3000) forming a roadbed covered with gravel and lime, a base of Roman concrete and a wearing course of dressed and shaped stone (300mm thick). <b>100000 km<sup>2</sup> MC. TWICE !</b>	Broken stone (100mm) placed on foundation layer of rock (100mm thick) smaller stones driven into voids and protruding points broken off. • drainage • camber • maintenance	Patterned design. Consists of Telford layer. Broken stone 50mm to 75mm placed by hand with forks rakes and spades in 75mm layers with stone on stone interlock. Voids filled with filler material and bound with water and horse-drawn roller.

Gambar 1.1 Perkembangan Konstruksi Perkerasan Lentur



PERIOD AND ERA	MACADAM EARLY MECHANISED +/-1860 TO +/-1890	BITUMEN MACADAM EARLY MECHANISED +/-1890 TO +/-1930	SURFACED MACADAM MECHANISED +/-1930 TO +/-1960	HIGH QUALITY CRUSHED STONE BASE +/-1950 TO PRESENT
EQUIPMENT AND TECHNOLOGY BREAKTHROUGHS	Stone crusher 1858 (Blake) Heavy steam roller, 1860 (Aveling and Porter). Dynamite 1867 (Hobel).	Internal combustion engine 1861 (Lenoir) 1865 (Daimler).	Motorised graders, pavers and heavy rollers.	Pneumatic and vibratory rollers.
TRAFFIC	Pedestrians, animal-drawn wagons, carts, etc. Height of vehicles increased.	Motorised vehicles with increased speed, weight and contact pressure.	Larger volumes of motorised vehicles with increasing weight, speed, and contact pressure.	Larger volumes of motorised vehicles with increasing weight, speed, and contact pressure.
STRUCTURE				
CONSTRUCTION	Crusher facilitated single sized stone production and bigger layer lifts (150mm to 200mm) made possible by steam roller.	Water proofing with bitumen and tar placed and sprayed on single stone layers laid-in with smaller stone (75mm to 200mm). Layer thicknesses 75mm to 100mm.	Produce hot asphalt surfacing placed 20mm to 50mm on top of 150mm to 200mm water-bound macadam base. Rollers, pavers, graders provided mechanization.	Produce hot asphalt surfacing placed 20mm to 50mm on top of crushed stone base with continuous grading (max. size 37mm) placed by grader or paver. Vibratory rollers enhanced compaction. Detailed subbase construction enhanced structural capacity, too.

Gambar 1.1 Perkembangan Konstruksi Perkerasan Lentur (lanjutan)



(a) Cangkang kelapa sawit sebagai sumber pembuatan aspal hayati



(b) Limbah kulit jagung sebagai sumber aspal hayati



(c) Abu sekam padi sebagai bahan pembuatan batu bata



(d) Komposit aspal dan paving block



(e) Komposit blok semen fotokatalis



(f) Komposit baja profil dan beton ringan

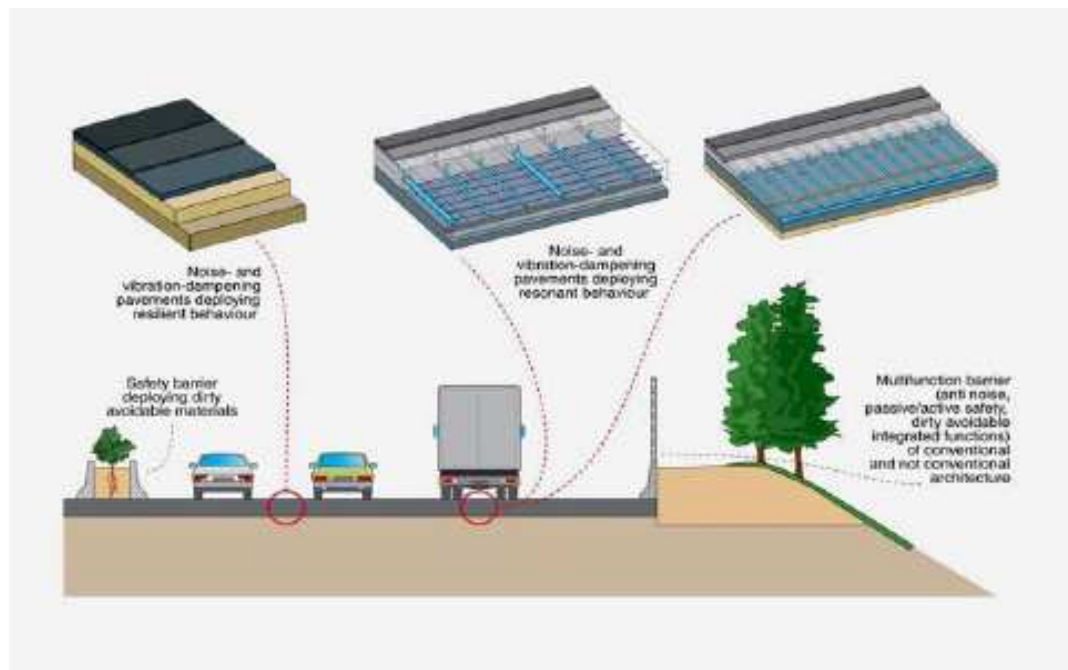
Gambar 1.2 Beberapa material inovatif konstruksi jalan



(a) Konstruksi perkerasan lentur menggunakan bioasphalt *vegecol*<sup>TM</sup> aspal hayati



(b) Konstruksi perkerasan modular menggunakan batu bata dari abu sekam padi



(c) Konstruksi perkerasan ramah lingkungan di Eropa

Gambar 1.3 Konstruksi Jalan yang Ramah Lingkungan

## 6. Rangkuman

- 1) Perkerasan (*pavement*) adalah lapis tambahan yang diberikan di atas tanah dasar dengan maksud untuk memperkuat daya dukung tanah dasar terhadap beban kendaraan. Perkerasan yang digunakan untuk melayani lalu lintas darat disebut perkerasan jalan.
- 2) Secara umum ada tiga jenis perkerasan jalan yaitu perkerasan lentur, perkerasan kaku dan perkerasan komposit. Perkerasan lentur adalah

perkerasan yang bahan susunnya menggunakan agregat dan aspal. Perkerasan kaku adalah perkerasan yang bahan susunnya menggunakan agregat dan semen. Perkerasan komposit adalah perkerasan yang lapis permukaan strukturalnya menggunakan pelat beton sedangkan lapis permukaan non strukturalnya menggunakan agregat dan aspal. Pemilihan jenis perkerasan tergantung sejumlah faktor antara lain faktor teknis, pendanaan, kenyamanan dan keamananberkendaraan bahkan seringkali harus mempertimbangkan aspek politis.

- 3) Baik perkerasan lentur, perkerasan kaku dan perkerasan komposit secara umum terdiri dari tiga lapisan yaitu lapis permukaan (*surface course*), lapis pondasi (*road foundation*) dan tanah dasar (*subgrade*). Lapis permukaan terdiri dari 2 lapisan yaitu lapis non struktural (*wearing course*) dan lapis struktural (*binder course*). Lapis pondasi dapat terdiri dari 2 lapisan yaitu LPA (*base course*) dan LPB (*sub base course*).
- 4) Bahan susun lapis perkerasan lentur adalah agregat dan aspal. Komposit agregat dan aspal disebut campuran beraspal. Bahan susun lapis perkerasankaku adalah agregat dan semen. Komposit agregat dan semen disebut beton.

Konstruksi perkerasan komposit menggunakan *binder course* berupa pelat beton dan *wearing course* berupa campuran beraspal.

- 5) Konstruksi perkerasan umumnya menggunakan bahan-bahan konvensional yaitu aspal minyak dan agregat alam. Dimasa mendatang, pemanfaatan material inovatif sebagai bahan jalan serta pelaksanaan konstruksi jalan yang ramah lingkungan semakin dipertimbangkan. Beberapa contoh material inovatif yang dapat digunakan sebagai bahan konstruksi jalan adalah tar atau bio-aspal, serat alam, agregat hasil pengolahan limbah, komposit serta *smart/advanced material*.



### C. PENUTUP

#### 1. Latihan Soal

- 1) Jelaskan pengertian perkerasan jalan!
- 2) Sebutkan tiga jenis perkerasan jalan dan jelaskan pengertiannya!
- 3) Suatu proyek konstruksi jalan akan dibangun di atas tanah rawa. Konstruksi perkerasan apakah yang lebih sesuai untuk kondisi lapangan seperti itu? Jelaskan alasan anda!
- 4) Sebutkan jenis lapisan yang terdapat pada konstruksi perkerasan!
- 5) Sebutkan material inovatif yang dapat digunakan sebagai bahan konstruksi jalan.

#### 2. Petunjuk Penilaian

Setiap nomor pada latihan di atas berbobot 25 %. Kemampuan anda menjawab soal dengan benar mencerminkan penguasaan materi yang telah diberikan.

65	Kategori Penguasaan Materi
< 25 %	Kurang
25 % - 50 %	Cukup
50 % - 75 %	Baik
> 75 %	Sangat Baik

#### 3. Jawaban

- 1) Perkerasan (*pavement*) adalah lapis tambahan yang diberikan di atas tanah dasar dengan maksud untuk memperkuat daya dukung tanah dasar terhadap beban kendaraan. Perkerasan yang digunakan untuk melayani lalu lintas darat disebut perkerasan jalan.
- 2) Secara umum ada tiga jenis perkerasan jalan yaitu perkerasan lentur, perkerasan kaku dan perkerasan komposit. Perkerasan lentur adalah perkerasan yang bahan susunnya menggunakan agregat dan aspal. Perkerasan kaku adalah perkerasan yang bahan susunnya menggunakan agregat dan

semen. Perkerasan komposit adalah perkerasan yang lapis permukaan strukturalnya menggunakan pelat beton sedangkan lapis permukaan non strukturalnya menggunakan agregat dan aspal.

- 3) Analisis masalah : tanah dasar berdaya dukung relatif rendah meskipun mungkin telah dilakukan *ground improvement*. Jika tidak terdapat kendala dana maka konstruksi perkerasan kaku lebih sesuai secara teknis dibandingkan jenis perkerasan jalan lainnya. Kelemahannya adalah permukaan jalan relatif kurang rata sehingga jika dapat diberikan *wearing course* berupa campuran beraspal maka dapat diperoleh permukaan yang lebih nyaman untuk dilewati. Jika terdapat kendala dana maka perlu dipikirkan rencana perbaikan tanah yang baik misalnya dengan pemasangan geosintetik. Jika daya dukung dapat ditingkatkan maka dapat dilakukan pembangunan konstruksi perkerasan lentur.
- 4) Baik perkerasan lentur, perkerasan kaku dan perkerasan komposit secara umum terdiri dari tiga lapisan yaitu lapis permukaan (*surface course*), lapis pondasi (*road foundation*) dan tanah dasar (*subgrade*). Lapis permukaan terdiri dari 2 lapisan yaitu lapis non struktural (*wearing course*) dan lapis struktural (*binder course*). Lapis pondasi dapat terdiri dari 2 lapisan yaitu LPA (*base course*) dan LPB (*sub base course*).
- 5) Beberapa contoh material inovatif yang dapat digunakan sebagai bahan konstruksi jalan adalah tar atau bio-aspal, serat alam, agregat hasil pengolahan limbah, komposit serta *smart/advanced material*.

## **BAB II**

### **ASPAL**

#### **A. PENDAHULUAN**

##### 1) Deskripsi Singkat

Bab ini menjelaskan perihal peranan aspal pada struktur jalan/perkerasan, komposisi dasar dan jenis aspal, pengujian aspal, sifat kepekaan aspal terhadap suhu dan zat-zat aditif aspal.

##### 2) Relevansi

Aspal merupakan bahan susun campuran beraspal, sehingga pendalaman pengetahuan perihal aspal dapat membantu penguasaan metode perancangan rumus campuran kerja/*jobmix formula* yang akan dikerjakan di lapangan. Pengetahuan perihal karakteristik aspal juga berkaitan dengan jenis kerusakan lapis perukaan jalan. Oleh karena itu maka Bab II sangat berhubungan dengan Bab IV, Bab V, Bab VI dan Bab VIII.

##### 3) Tujuan Instruksional Khusus

Pada akhir kuliah ini mahasiswa diharapkan dapat memahami peranan aspal pada struktur jalan/perkerasan, komposisi dasar dan jenis aspal, pengujian aspal, sifat kepekaan aspal terhadap suhu dan zat-zat aditif aspal.

#### **B. PENYAJIAN**

##### 1) Peranan Aspal pada Perkerasan Jalan

Kendaraan yang melaju di atas permukaan jalan aspal akan membebani struktur perkerasan di bawahnya. Secara umum ada tiga komponen/lapis pada struktur jalan yaitu lapis permukaan (*surface course*), lapis pondasi (*road foundation*) dan tanah dasar (*sub grades*).

Lapis permukaan jalan aspal merupakan bagian yang langsung bersentuhan dengan roda kendaraan. Lapis permukaan jalan aspal dapat dibuat satu lapis saja atau dua lapis. Jika dibuat satu lapis saja maka seluruh lapisan

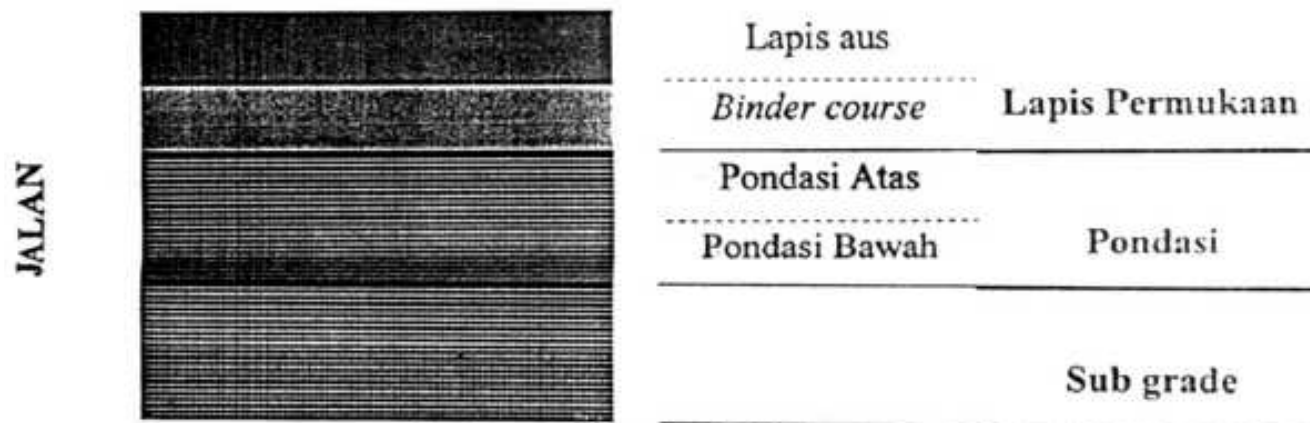
tersebut berfungsi struktural artinya harus mampu mendukung beban roda kendaraan. Namun, apabila dibuat menjadi dua lapis maka lapis permukaan terdiri dari lapis aus (*wearing course*) dan lapis struktural (*binder course*). Lapis aus dirancang untuk membentuk permukaan jalan yang rata dan kesat (tidak licin) sehingga tidak memiliki kekuatan struktural. Sedangkan *binder course* memang dirancang untuk mendukung beban lalu lintas yang membebani jalan. Tetapi baik lapis aus maupun *binder course* tersusun dari agregat dan aspal. Beban lalu lintas terutama didukung oleh agregat. Agar agregat tidak “lari” pada saat beban kendaraan bekerja maka diperlukan bahan ikat. Bahan ikat yang dapat digunakan adalah aspal. Meskipun kontributor utama kekuatan jalan aspal berasal dari agregat, tetapi aspal juga memberi kontribusi terhadap daya dukung jalan aspal yaitu dalam bentuk kekuatan tarik.

Lapis pondasi juga dapat dibuat dengan menambahkan aspal pada campuran bahan untuk pondasi jalan. Penambahan tersebut dapat memperbaiki kekuatan struktural lapis pondasi, karena munculnya kekuatan tarik bahan aspal.

Pelaksanaan pekerjaan konstruksi jalan dipengaruhi faktor-faktor lingkungan. Contohnya, pada saat hujan turun, maka pekerjaan penghamparan dan pemadatan aspal harus dihentikan. Hal tersebut disebabkan butiran air hujan dapat mendinginkan suhu campuran beraspal sehingga di bawah persyaratan suhu pemadatan. Selain itu masuknya air hujan diantara campuran aspal-agregat yang belum padat dapat merusak kekuatan ikatan antara aspal-agregat. Oleh karena itu, pengetahuan perihal karakteristik aspal perlu dipahami dan dikuasai, sehingga pelaksanaan pekerjaan pengaspalan dapat dibuat sebaik-baiknya untuk menghasilkan kinerja jalan yang optimal selama masa pelayanan.

Gambaran umum konstruksi jalan aspal disajikan pada Gambar 2.1.





Gambar 1.1 Konstruksi jalan Beraspal

Gambar 2.1 Konstruksi Perkerasan Lentur

## 2) Komposisi Aspal

Komposisi aspal mempengaruhi sifat-sifat aspal. Ada dua komponen utama yaitu *asphaltene* dan *maltenese*. *Asphaltene* merupakan komponen padat (*solids*) sedangkan *maltenese* merupakan komponen cair aspal. *Maltenese* terdiri dari *resin* dan *oils*. *Resin* adalah cairan berwarna kuning - coklat tua, mudah menguap dan memberi sifat adhesi aspal. Proporsi komponen-komponen aspal berbeda menurut asal dan proses produksi aspal, sehingga kualitas aspal cukup beragam.

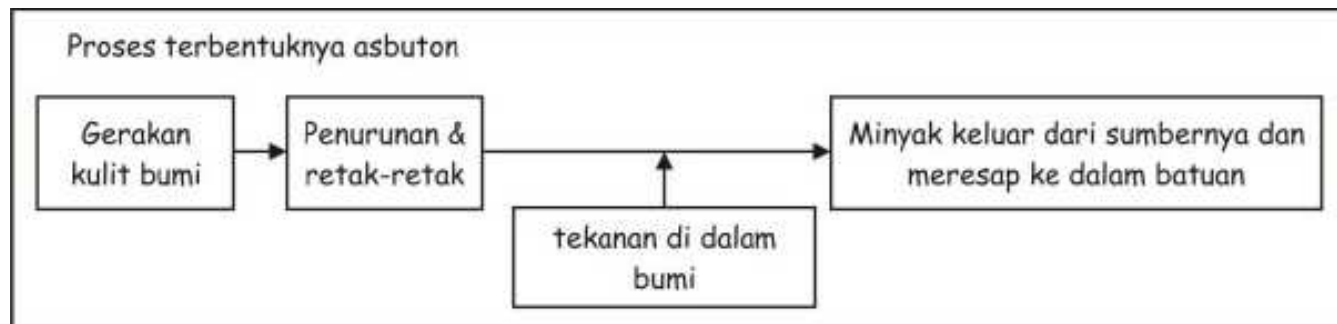
## 3) Jenis Aspal

Aspal dapat dikelompokkan berklasarkan, asalnya, seperti disajikan pada Tabel 2.1 berikut

Tabel 2.1 Jenis Aspal Menurut Asalnya

		Keterangan	
ASPAL	Aspal Buatan/ Aspal Minyak yang berasal dari proses destilasi minyak bumi.	Aspal Keras (AC, Asphalt Cement).	
		Aspal Cair ( <i>Liquid Asphalt</i> )	Asal : AC + gasoline/solar/Kerosin
		Aspal Emulsi ( <i>Emulsion Asphalt</i> )	Asal : AC + air + emulgator
	Aspal Alam	Aspal danau	Terdapat di Trinidad dan Bermuda
		Aspal batuan	Contoh Aspal Buton (Asbuton atau Butas)

Di Indonesia, pekerjaan pengaspalan jalan lazimnya menggunakan aspal buatan. Akhir-akhir ini penelitian dan pemanfaatan aspal alam dari Pulau Buton semakin diperluas. Proses terbentuknya asbuton dijelaskan pada gambar berikut.



Gambar 2.2 Proses Terbentuknya Asbuton

Kendala penggunaan di lapangan secara komersil adalah kadar aspal di dalam batuan yang mengandung aspal tidak merata. Pemanfaatan asbuton dilakukan dengan penambahan bahan peremaja (pelunak) seperti : *flux oil*, *bunker oil*/minyak bakar, campuran solar dan *asphalt cement* (1 : 1) dan aspal cair.

Produksi beragam jenis aspal buatan dimaksudkan untuk kemudahan pelaksanaan di lapangan. Pelaksanaan pengaspalan dimungkinkan mengalami kendala-kendala lapangan atau kondisi pekerjaan yang spesifik antara lain disebabkan skala pekerjaan, cuaca dan fungsi jalan. Ada pekerjaan pembuatan konstruksi jalan baru, tetapi ada pula pekerjaan perawatan rutin. pekerjaan pembuatan konstruksi baru pada umumnya mengharuskan pembuatan lapis struktural, sedangkan pekerjaan perawatan rutin seringkali hanya berupa pembuatan lapisan non struktural. Kadangkala pekerjaan jalan juga harus segera dilaksanakan karena fungsi jalan tersebut yang sangat penting sehingga campuran beraspal yang digunakan harus dipertimbangkan untuk memungkinkan pengikatan agregat secara cepat. Pelaksanaan pengaspalan di musim penghujan membutuhkan aspal yang mampu tetap mengikat agregat walaupun keadaan agregatnya relatif basah. Oleh karena itu pemahaman terhadap jenis-jenis aspal sangat bermanfaat untuk pemilihan jenis aspal ataupun cara pelaksanaan pengaspalan.

### 3.1. Aspal Keras (AC)

Asal aspal keras diperoleh dari proses pengolahan residu/sisa hasil penyulingan minyak bumi jenis *asphaltic base crude oil* atau *mixed base crude oil*. Jenis pengolahan sisa minyak bumi untuk memperoleh AC terdiri dari *vacuum and steam refining process* dan *solvent diasphalting process*. Aspal keras bersifat termoplastik artinya pada suhu kamar aspal akan berujud padat dan semakin melunak/mencair bila suhunya meningkat.

Karakteristik AC terdiri dari

#### a) Konsistensi (*Consistency*)

Konsistensi merupakan sifat terpenting AC, sehingga merupakan dasar penggolongan AC. Konsistensi digunakan untuk menyatakan derajat kemudahan mengalir (*fluidity*) aspal pada suhu 25°C. Pengukuran pada suhu 25°C ditetapkan di Amerika Serikat karena suhu tersebut merupakan rerata perkerasan aspal di sana. Sebenarnya, konsistensi aspal terkait dengan kekentalan/viskositas AC. Namun karena pengukuran kekentalan AC pada suhu 25°C tidak dapat dilakukan, maka kekentalan dinilai berdasarkan nilai penetrasi yang diperoleh dari uji penetrasi aspal. Jenis AC menurut nilai penetrasi disajikan pada Tabel 2.2

Tabel 2.2. Jenis AC menurut Nilai Penetrasi

1) AC 40/50	AC dengan penetrasi 40 – 50
2) AC 60/70	AC dengan penetrasi 60 – 70
3) AC 85/100	AC dengan penetrasi 85 – 100
4) AC 120/150	AC dengan penetrasi 120 – 150
5) AC 200/300	AC dengan penetrasi 200 – 300

Semakin tinggi nilai penetrasi aspal keras, berarti pula semakin meningkat pula ketahanan aspal terhadap peningkatan suhu (lapangan). Bila di wilayah yang mengalami musim dingin dapat digunakan AC 200/300, maka di Indonesia pada umumnya digunakan jenis AC 60/70 karena suhu rerata perkerasan aspal di Indonesia relatif lebih tinggi.

b) Kemurnian (*Purity*)

Kemurnian AC terkait dengan kadar bahan pengotor aspal yaitu air atau bahan kotoran lain yang tidak larut *carbon disulfide*.

c) Keamanan

Keamanan AC terkait dengan suhu mulai terbakarnya aspal. Pembakaran aspal yang melampaui titik bakarnya akan merusak kualitas aspal. Pelaksanaan pemanasan aspal secara manual oleh pekerja di proyek jalan tergolong berbahaya sehingga jika dilakukan harus secara hati-hati.

Penggunaan AC sebagai bahan ikat pada campuran beraspal panas (*hot mixed asphalt*), yaitu campuran agregat panas dan aspal keras yang dipanaskan sehingga cair. Sampai saat ini, AC dinilai paling baik memberikan daya ikat terhadap agregat, sehingga hampir selalu digunakan untuk pembuatan *lapis struktural*. Hal tersebut disebabkan pemanasan aspal dapat menurunkan kekentalan aspal sehingga cukup memadai untuk melapisi agregat dan mengikatnya setelah aspal mendingin. Kelemahannya : karena harus dipanaskan sebelum digunakan maka selain berbahaya bagi pekerja konstruksi juga membutuhkan energi yang banyak.

Pengujian AC. Aspal yang akan digunakan pada konstruksi jalan harus diuji lebih dulu di laboratorium. Hal tersebut dimaksudkan untuk mengetahui bahwa aspal yang akan digunakan telah memenuhi persyaratan teknik yang ditentukan. Persyaratan teknis mutlak dipenuhi sebagai upaya menghasilkan konstruksi aspal yang berkinerja baik. Misalnya aspal harus memenuhi persyaratan kelekatan agregat terhadap aspal sehingga jika digunakan aspal tersebut dapat mengikat agregat secara kuat. Uji standar aspal keras terdiri dari :

- 1) Uji penetrasi (suhu 25°C, 5 detik, beban 100 gram), satuan dmm.
- 2) Uji titik leleh, satuan °C.
- 3) Uji daktilitas (25°C, 5 cm/menit), satuan cm.
- 4) Uji kelarutan dalam C<sub>2</sub>HCl<sub>3</sub>, satuan %.
- 5) Uji titik nyala dan titik bakar, satuan °C.
- 6) Uji kelekatan agregat terhadap aspal (%).
- 7) Uji berat jenis (pada suhu 25°C).

- 8) Uji kehilangan berat (163°C, 5 jam), satuan % berat.
- 9) Uji penetrasi setelah kehilangan berat, satuan % semula.
- 10) Uji daktilitas setelah kehilangan berat, satuan cm.
- 11) Uji titik lembek setelah kehilangan berat, satuan °C.
- 12) Uji viskositas pada beberapa suhu tinggi, yaitu 120°C, 140°C, 160°C dan 180°C. Satuan viskositas adalah centistokes (cSt).

Uraian lebih lanjut perihal pengujian aspal dapat diperoleh pada mata kuliah Praktikum Jalan Raya.

### 3.2. Aspal Cair/*Cut Back Asphalt*

Asal aspal cair adalah AC yang telah dilarutkan dalam bahan pelarut minyak (*petroleum solvent*). Berdasarkan bahan pelarut dan kecepatan penguapan bahan pelarut, aspal cair dikelompokkan menjadi 3 kelompok besar, yaitu :

1. AC + gasoline/naphta : *rapid curing liquid asphalt (RC)*, paling cepat menguap.
2. AC kerosene : *medium curing liquid asphalt (MC)*.
3. AC + solar : *slow curing liquid asphalt (SC)*.

Semakin cepat aspal tersebut mengeras, semakin cepat lapisan permukaan jalan yang dibentuknya untuk siap melayani lalu lintas.

Jenis aspal cair dinilai dari kekentalan. Uji kekentalan aspal cair dilakukan dengan viskosimeter pada suhu 140 °F atau 60 °C. Aspal cair diberi nama dengan indeks sesuai dengan kekentalannya seperti disajikan pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3. Jenis Aspal Cair

<i>Rapid Curing (RC)</i>	<i>Medium Curing (MC)</i>	<i>Slow Curing (SC)</i>
RC 30 – 60	MC 30 – 60	SC 30 – 60
RC 70 – 140	MC 70 – 140	SC 70 – 140
RC 250 – 500	MC 250 – 500	SC 250 – 500
RC 800 – 1600	MC 800 – 1600	SC 800 – 1600
RC 3000 – 6000	MC 3000 – 6000	SC 3000 – 6000

Penggunaan aspal cair sebagai bahan ikat pada campuran dingin - hangat (pemanasan minimum) dengan agregat dingin. Aspal cair tipe RC dan MC digunakan secara luas untuk pekerjaan jalan, *airport*, industri berupa pekerjaan *coating* (*prime coat* dan *tack coat*) dan pembuatan beton aspal campuran dingin (*cold mix*).

Pengujian standar aspal cair terdiri dari :

- 1) Uji kekentalan kinematik.
- 2) Uji titik nyala.
- 3) Uji distilasi.

### 3.3. Aspal Emulsi/*Emulsified Asphalt*

Asal aspal emulsi adalah AC yang dilarutkan ke dalam air dan diberi bahan pengemulsi/*agent*. Aspal dan air yang dicampur berupa dispersi butiran aspal halus di dalam air. Sebaran butiran halus aspal dapat dipertahankan sehingga tidak berkumpul dan menggumpal dengan penambahan *surface active agent* (emulgator).

Jenis aspal emulsi dibedakan menurut dua kriteria yaitu muatan listrik bahan emulsinya dan kecepatan mengerasnya. Berdasarkan muatan listrik bahan emulsinya ada 3 jenis aspal emulsi yaitu :

- 1) Anionik : bermuatan listrik negatif (emulgator : Natrium Oleat)
- 2) Kationik : bermuatan listrik positif (emulgator : Amine)
- 3) Nonionik : tidak bermuatan listrik

Berdasarkan kecepatan pengerasannya, aspal emulsi dibedakan menjadi 3 kelompok, yaitu :

- 1) *Rapid Setting (RS)*, mengandung sedikit bahan emulsi sehingga pengikatannya (paling) cepat.
- 2) *Medium Setting (MS)*.
- 3) *Slow Setting (SS)*, paling lambat menguap.

Semakin cepat aspal tersebut mengeras, semakin cepat lapisan permukaan jalan yang dibentuknya untuk siap melayani lalu lintas.

Penggunaanaspal emulsi yang lazim adalah untuk lapis permukaan non struktural atau kegiatan perawatan rutin. Keuntungan penggunaan aspal emulsi adalah :

- 1) Tidak ada bahaya kebakaran, karena merupakan campuran dingin.
- 2) Tidak ada polusi.
- 3) Sesuai untuk pekerjaan *kecil/unskilled labou.r*
- 4) Dapat digunakan pada kondisi agregat kering atau basah.

Kelemahan : aspal emulsi baru dapat berfungsi setelah air menguapdan tidak dapat digunakan untuk lapis permukaan struktural.

Selain ketiga jenis aspal tersebut ada lagi jenis aspal yang sering digunakan di konstruksi sipil bukan jalan yaitu *air blown asphalt*. Tahukah anda perihal *air blown asphalt*?

#### 4) Perhitungan Sifat Kepekaan Aspal Keras terhadap Suhu

Sifat kepekaan aspal keras (AC) terhadap suhu dapat dinilai dari angka *Penetration Index (PI)*. Rumus yang digunakan adalah rumus Pfeiffer dan Van Doormaal, yaitu :

$$A = \frac{\log \text{Pen}(T_1) - \log \text{Pen}(T_2)}{T_1 - T_2} \dots\dots\dots (1)$$

$$PI = \frac{20 - 500A}{1 + 50A} \dots\dots\dots (2)$$

dimana,

Pen (T<sub>1</sub>) nilai penetrasi aspal pada suhu T<sub>1</sub>° C.

Pen (T<sub>2</sub>) nilai penetrasi aspal pada suhu T<sub>2</sub>° C.

Semakin rendah nilai PI aspal keras maka sifat kepekaan terhadap suhu akan meningkat. Sebagian besar AC bernilai PI antara -1 dan +1. Jika nilai PI AC <-2 maka AC tersebut tergolong getas terutama pada suhu rendah.

Contoh Nilai penetrasi suatu sampel AC pada suhu 25° C adalah 120 dan pada suhu 4,4° C adalah 10. Hitunglah nilai PI!

Jawab :

$$A = \frac{\log \text{Pen}(T_1) - \log \text{Pen}(T_2)}{T_1 - T_2}, \text{sehingga}$$

$$\Leftrightarrow A = \frac{\log 120 - \log 10}{25 - 4,4}$$

$$\Leftrightarrow A = 0,052, \text{ selanjutnya}$$

$$PI = \frac{20 - 500A}{1 + 50A}, \text{ sehingga}$$

$$\Leftrightarrow PI = \frac{20 - 500 \times 0,052}{1 + 50 \times 0,052}$$

$$\Leftrightarrow PI = -1,67$$

##### 5) Zat-zat Aditif Aspal

Aspal yang digunakan pada kondisi khusus misalnya lalu lintas berat atau cuaca yang panas biasanya memerlukan perlakuan (*treatment*) khusus. Perlakuan tersebut dimaksudkan agar sifat-sifat teknis aspal menjadi lebih baik. Perlakuan tersebut berupa pemberian bahan tambah aspal tertentu yang dapat memperbaiki sifat-sifat teknis aspal, seperti sifat adhesi dan kepekaan terhadap suhu disebut zat-zat aditif aspal atau *asphalt modifier* adalah. Ada pula bahan tambah yang tidak meningkatkan sifat teknis aspal tetapi dapat mengisi rongga dalam campuran beraspal sehingga stabilitas campuran beraspal secara keseluruhan meningkat. Ada 10 jenis bahan tambah yaitu bahan pengisi (*filler*), karet, *extender*, polimer, kombinasi karet dan polimer, serat, *oxidant*, *antioxidant*, hidrokarbon dan *antistriper*. Uraian lebih lanjut perihal zat aditif dapat dilihat pada Kennedy dkk. (1991).

##### 6) Aspal Hayati (*Bio-asphalt*)

Aspal hayati dapat diperoleh dari biomassa. Biomassa adalah sumber daya terbarukan yang potensial dimanfaatkan dalam industri aspal. Departemen Pertanian Amerika Serikat (USDA) mengembangkan aspal hayati dari *barley hulls* dan *alfalfa stems* (Schubert, 2006). Aspal hayati juga dapat diperoleh dari switchgrass (Boateng dkk, 2006). Fini dkk (2011) mengolah limbah babi (*swine manure*) menjadi aspal hayati dan minyak hayati. You dkk (2011) setelah Mohan



(2006) menyebutkan bahwa aspal hayati dapat diperoleh dari pirolisis *straw, olive pits, nuts shells* dan *sorghum*.

Salah satu sumber potensial untuk pembuatan aspal hayati di Indonesia adalah limbah cangkang kelapa sawit. Limbah cangkang kelapa sawit adalah biomassa yang dapat dimanfaatkan sebagai eko-material baru dan terbarukan dalam industri aspal di Indonesia. Melalui proses pirolisis, limbah cangkang kelapa sawit dapat diekstrak menjadi aspal hayati dan minyak hayati. Aspal hayati dapat digunakan sebagai pengikat agregat dalam campuran beraspal. Minyak hayati dapat melarutkan aspal dan dapat dimanfaatkan sebagai bahan aditif aspal yang bersifat anti oksidan.

Xiu dkk (2011) membandingkan sifat-sifat minyak hayati yang diperoleh dari *swine manure* dan pirolisis kayu dengan minyak bumi. Perbandingan tersebut disajikan pada Tabel 2.4 berikut ini.

Tabel 2.4 Perbandingan sifat-sifat minyak hayati yang diperoleh dari *swine manure* dan pirolisis kayu dengan minyak bumi

Sifat-sifat	Minyak hayati dari <i>swine manure</i>	Minyak hayati dari pirolisis kayu	Minyak bumi
Kadar air (% berat)	2,37	15-30	0,1
pH	-	2,5	-
Massa jenis	1	1,2	0,94
C (% berat)	72,58	54-58	85
H (% berat)	9,76	5,5-7	11
O (% berat)	13,19	35-40	1
N (% berat)	4,47	0-0,2	0,3
Abu	0,78	0-0,2	0,1
HHV (MJ/kg)	36,05	16-19	40
Viskositas (pada 50°C, cP)	843	40-100	180
Padatan (% berat)	-	0,2-1	1
Sisa destilasi (% berat)	63	s.d 50	1

Sumber: (Xiu dkk, 2011)

Aspal hayati dari limbah limbah cangkang kelapa sawit dapat dihasilkan dari proses pirolisis sederhana. Gambar 2.3, 2.4, 2.5, 2.6 dan 2.7 berikut ini masing-

masing menyajikan peralatan pirolisis, peralatan destilasi, limbah cangkang kelapa sawit, aspal hayati dan minyak hayati hasil pirolisis limbah cangkang kelapa sawit.



Gambar 2.3 Peralatan pirolisis (milik PT. Tropica Nucifera Industry)



Gambar 2.4 Peralatan destilasi



Gambar 2.5 Cangkang kelapa sawit



Gambar 2.6 Aspal hayati hasil pirolisis



Gambar 2.7 Minyak hayati hasil pirolisis

Beberapa manfaat penggunaan bio-asphalt dibandingkan dengan aspal minyak adalah: asapnya sedikit, baunya tidak tajam, suhu penghamparan  $25^{\circ}\text{C}$  lebih rendah, emisi gas rumah kaca  $< 44\%$ , konsumsi energi tidak terbarui  $< 40\%$ , material yang digunakan lebih hemat 5-10%, tingkat toksisitasnya lebih rendah, titik bakarnya  $> 160^{\circ}\text{C}$ .

#### 7) Rangkuman

Hal-hal penting perihal aspal dapat disajikan berikut ini :

- 1) Aspal merupakan bahan termoplastik.
- 2) Aspal terdiri dari 2 komponen utama yaitu *asphaltense* dan *maltense*.
- 3) Tiga jenis aspal yang digunakan sebagai bahan jalan adalah aspal keras (AC), aspal cair dan aspal emulsi.
- 4) Aspal keras digolongkan berdasarkan angka penetrasinya dan digunakan untuk campuran beraspal panas. Aspal keras lazim digunakan untuk lapis permukaan jalan yang bersifat struktural. Semakin rendah angka penetrasi berarti semakin keras aspal tersebut sehingga lebih tahan terhadap peningkatan suhu.
- 5) Aspal cair digolongkan menurut jenis bahan pelarut, kecepatan penguapan dan kekentalannya. Aspal cair digunakan untuk jenis campuran dingin – hangat dan

lazim diterapkan pada lapis permukaan non struktural. Semakin cepat aspal tersebut mengeras, semakin cepat lapisan permukaan jalan yang dibentuknya untuk siap melayani lalu lintas.

- 6) Aspal emulsi digolongkan menurut jenis muatan listrik bahan emulsinya dan kecepatan mengerasnya. Aspal emulsi digunakan pada campuran dingin dan lazim diterapkan pada lapis permukaan non struktural. Semakin cepat aspal tersebut mengeras, semakin cepat lapisan permukaan jalan yang dibentuknya untuk siap melayani lalu lintas.
- 7) Zat aditif aspal dapat memperbaiki sifat teknis aspal dan atau sifat teknis campuran beraspal. Ada 10 jenis bahan tambah aspal yaitu bahan pengisi (*filler*), karet, *extender*, polimer, kombinasi karet dan polimer, serat, *oxidant*, *antiidant*, hidrokarbon dan antistrip.

### C. PENUTUP

#### 1. Latihan Soal

- 1) Jelaskan pembagian jenis aspal berdasarkan asalnya!
- 2) Jelaskan istilah-istilah berikut : asbuton, AC 60/70, dan MC 70 – 140!
- 3) Suatu proyek jalan akan dilaksanakan di daerah yang rerata suhu hariannya tergolong tinggi. Jenis aspal apa yang disarankan untuk pembuatan lapis permukaan strukturalnya?
- 4) Bila anda diminta melaksanakan kegiatan pemeliharaan rutin jalan berskala kecil di musim penghujan, jenis aspal apakah yang akan digunakan?
- 5) Hasil uji penetrasi sampel aspal keras adalah 66 pada suhu 25 ° C dan 150 pada suhu 35 ° C. Hitunglah angka PI aspal tersebut. Bandingkan tingkat kepekaan sampel tersebut dengan sampel aspal kedua yang memiliki PI sebesar – 2, 1.

#### 2. Petunjuk Penilaian

Setiap nomor pada latihan di atas berbobot 25 %. Kemampuan anda menjawab soal dengan benar mencerminkan penguasaan materi yang telah diberikan.

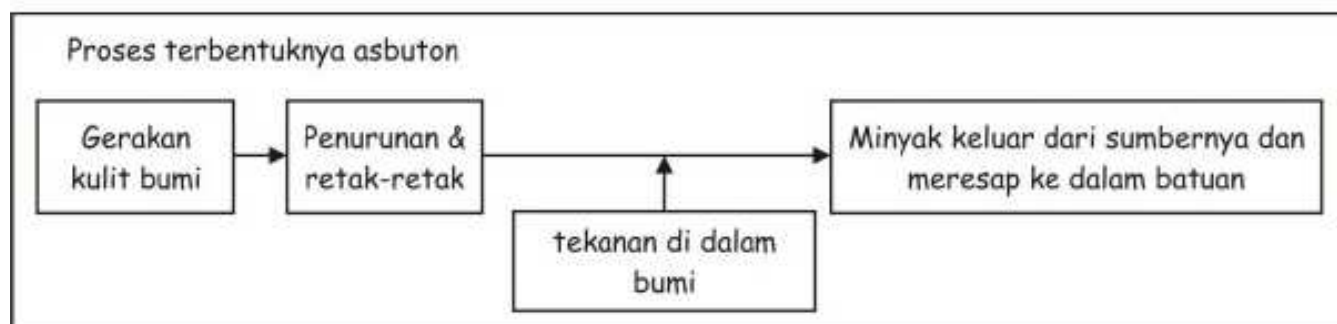
Jawaban yang benar	Kategori Penguasaan Materi
< 25 %	Kurang
25 % - 50 %	Cukup
50 % - 75 %	Baik
> 75 %	Sangat Baik

### 3. Jawaban

- 1) Penggolongan aspal menurut asalnya adalah sebagai berikut :

Aspal dapat dibagi menjadi 2 yaitu : aspal alam dan aspal buatan. Aspal alam terdiri dari 2 yaitu aspal danau dan aspal batu. Aspal buatan berasal dari residu hasil destilasi minyak bumi, sehingga sering pula disebut aspal minyak. Ada tiga jenis aspal minyak yaitu aspal keras (AC), aspal cair dan aspal emulsi. Aspal keras diperoleh langsung dari residu proses destilasi minyak bumi. Aspal cair diperoleh dari aspal keras yang diberi bahan pelarut seperti kerosen, gasoline dan solar. Aspal emulsi adalah butiran-butiran halus aspal keras yang didispersikan ke dalam air dengan bantuan emulgator.

- 2) Asbuton adalah aspal batu yang terdapat di Pulau Buton. Proses terbentuknya asbuton dijelaskan pada gambar berikut.



Kendala penggunaan di lapangan secara komersil adalah kadar aspal di dalam batuan yang mengandung aspal tidak merata. Cara pemanfaatan asbuton : menambahkan bahan peremaja (pelunak) seperti : *flux oil*, *bunker oil*/minyak bakar, campuran solar dan *asphalt cement* (1 : 1) dan *aspal cair*

AC 60/70 adalah jenis aspal keras yang memiliki angka penetrasi antara 60 sampai dengan 70. Uji penetrasi dilakukan pada suhu 25° C., beban 100 gram dan waktu pengujian 5 detik.

MC 70 – 140 adalah jenis aspal cair yang diperoleh dari aspal keras dicampur dengan kerosen, memiliki kecepatan pengerasan sedang dan memiliki angka viskositas antara 70 – 140 cSt pada suhu 60° C.

- 3) Analisa masalah : iklim daerah panas sehingga diperlukan aspal yang mempunyai kepekaan suhu relatif rendah. Untuk pembuatan lapis permukaan lazimnya digunakan aspal keras. Oleh karena itu maka disarankan menggunakan aspal keras (AC) dengan angka penetrasi rendah, misalnya AC 40/50 atau AC 60/70.
- 4) Analisa masalah : untuk pekerjaan rutin dapat digunakan aspal emulsi. Oleh karena pekerjaan dilaksanakan di musim penghujan diperlukan aspal yang segera mengikat agregat. Jenis aspal yang disarankan adalah aspal emulsi jenis RS (*Rapid Setting*).
- 5) Penyelesaian dilakukan sebagai berikut

$$A = \frac{\log \text{Pen}(T_1) - \log \text{Pen}(T_2)}{T_1 - T_2}, \text{ sehingga}$$

$$\Leftrightarrow A = \frac{\log 150 - \log 66}{35 - 25}$$

$$\Leftrightarrow A = 0,035655, \text{ selanjutnya}$$

$$PI = \frac{20 - 500A}{1 + 50A}, \text{ sehingga}$$

$$\Leftrightarrow PI = \frac{20 - 500 \times 0,035655}{1 + 50 \times 0,035655}$$

$$\Leftrightarrow PI = +0,780754$$

Bila dibandingkan terhadap sampel aspal II yang memiliki PI – 2,1 maka sampel aspal I kurang peka terhadap perubahan suhu dari sampel aspal II karena nilai PI sampel aspal I lebih besar dari PI sampel aspal II.

#### D. SENARAI

Aspal : bahan berwarna hitam sampai coklat tua dan berujud bendapadat atau *semi padat* dan apabila dipanasi akan berangsur-angsur mencair (ASTM, 1994).

## **BAB III**

### **AGREGAT**

#### **A. PENDAHULUAN**

##### 1. Deskripsi Singkat

Bab ini menjelaskan perihal peranan agregat pada struktur jalan/perkerasan, klasifikasi agregat, sifat teknis agregat, gradasi dan cara pencampuran agregat.

##### 2. Relevansi

Agregat merupakan bahan susun campuran beraspalmaupun beton, sehingga pendalaman pengetahuan perihal agregat sangat penting untuk membantu penguasaan metode perancangan rumus campuran kerja/*jobmix formula* maupun perancangan campuran beton yang akan dikerjakan di lapangan. Oleh karena itu maka Bab III berhubungan erat dengan semua bab dalam bahan ajar ini.

##### 3. Tujuan Instruksional Khusus

Pada akhir kuliah ini mahasiswa diharapkan dapat memahami peranan agregat dalam struktur jalan/perkerasan, klasifikasi agregat, sifat teknis agregat, gradasi dan cara pencampuran agregat.

#### **B. PENYAJIAN**

##### 1. Peranan Agregat pada Perkerasan Jalan

Agregat adalah bahan keras dan kaku yang digunakan sebagai bahan campuran beraspal. Agregat terdiri dari butiran-butiran dan dapat berupa pasir, kerikil, agregat pecah, dan abu batu.

Kendaraan yang melaju di atas permukaan jalan akan membebani struktur perkerasan di bawahnya. Beban kendaraan akan disalurkan oleh lapis-lapis perkerasan jalan sehingga pada saat mencapai *subgrade*, tegangan yang terjadi sudah mengecil. Pada perkerasan *lentur*, penyaluran beban berlangsung pada



setiap lapisan melalui mekanisme kontak antar batuan, gesekan (*friction*) dan kuncian (*interlocking*) antar butiran agregat dan dibantu oleh ikatan antar butiran yang ditimbulkan oleh aspal. Pada perkerasan *kaku*, beban kendaraan terutama akan didukung oleh pelat betonnya, sedangkan lapis pondasi di bawahnya dianggap sedikit saja memberikan sumbangan dukungan daya dukung.

## 2. Klasifikasi Agregat

Klasifikasi agregat terkait dengan identifikasi dan penggolongan jenis agregat. Ada agregat yang kualitasnya baik untuk bahan jalan, tetapi ada pula agregat yang jelek untuk bahan jalan. Ada beberapa cara penggolongan agregat sebagai bahan jalan yaitu menurut asalnya, gradasi, bentuk butiran dan tekstur.

Menurut asalnya ada tiga jenis batuan yaitu :

- a. Batuan alami, terdiri tiga jenis : batuan beku (*igneous rock*), batuan sedimen (*sedimentary rock*), batuan metamorf (*metamorphic rock*)
- b. Batuan buatan (*artificial rock*), biasanya untuk *filler*
- c. Batuan sisa/bekas (*waste material*), contohnya *slag* (limbah pengolahan besi, baja, nikel, emas), abu terbang (*fly ash*).

Pada dasarnya semua batuan tersebut baik untuk bahan jalan sepanjang memenuhi persyaratan sifat teknis agregat.

Gradasi adalah sebaran ukuran butiran dan dianalisis dengan uji saringan.

Menurut gradasinya asalnya ada tiga jenis gradasi yaitu :

- a. Gradasi rapat (*dense grading*), yaitu sebaran ukuran butiran yang relatif “merata” untuk seluruh ukuran saringan.
- b. Gradasi terbuka (*open grading*) atau gradasi seragam (*uniform grading*), yaitu sebaran ukuran butiran yang relatif seragam sehingga cukup banyak mengandung rongga-rongga di antara butirannya.
- c. Gradasi timpang (*gap grading*), yaitu sebaran ukuran butiran yang mengalami kekurangan pada salah satu atau dua nomor saringan.

Semua gradasi tersebut dapat digunakan untuk konstruksi jalan sepanjang dirancang dengan baik untuk menemukan kadar aspal optimumnya. Masing-masing gradasi memiliki karakteristik teknik tertentu karena perbedaan perilaku

gradasi tersebut. Gradasi rapat lazim digunakan pada perancangan campuran beraspal atau beton. Gradasi terbuka lazim untuk perancangan campuran beraspal jenis *porous asphalt* atau beton non pasir. Gradasi tersebut lazim digunakan di campuran beraspal jenis *Hot Rolled Asphalt* atau *lataston*.

Berdasarkan ragam bentuknya ada agregat berbentuk bulat, kubikal, tak teratur, pipih dan lonjong. Agregat bulat pada umumnya mudah dipadatkan namun kekuatan yang dihasilkannya relatif rendah. Agregat kubikal pada umumnya dapat menghasilkan campuran beraspal yang memiliki stabilitas/kekuatan yang tinggi namun relatif sulit dipadatkan selama tahap konstruksi. Agregat pipih dan lonjong pada umumnya relatif berkekuatan rendah dan mempersulit pemadatan campuran beraspal. Oleh karena itu penggunaan agregat pipih atau lonjong dibatasi sebesar 25 %.

Agregat juga dapat dibedakan berdasarkan teksturnya menjadi tiga yaitu kasar, sedang dan halus. Agregat bertekstur kasar memberikan sifat *interlocking* yang lebih baik dari agregat lainnya.

### 3. Sifat-sifat Teknis Agregat

Sifat-sifat teknis agregat adalah sifat-sifat fisik, mekanis dan volumetrik agregat yang harus dipenuhi agregat sebelum digunakan sebagai bahan jalan. Jenis dan persyaratan sifat teknis agregat untuk perkerasan lentur dan perkerasan kaku sedikit berbeda.

*Sifat-sifat teknis agregat untuk perkerasan lentur.* Sifat-sifat fisik meliputi gradasi, ukuran maksimum, kadar lempung, pelekatan, bentuk butiran dan tekstur serta kesetaraan pasir (selanjutnya dapat disebut SE atau *sand equivalent*). Sifat mekanis berupa ketahanan abrasi, pelekatan, Sifat volumetrik berupa berat jenis (BJ) dan penyerapan air. Sifat-sifat tersebut akan mempengaruhi kinerja kekuatan dan keawetan.

Gradasi adalah sebaran ukuran butiran dan dianalisis dengan uji saringan. Gradasi agregat mempengaruhi stabilitas/kekuatan, sifat kedap air dan berat volume. Gradasi mempengaruhi *stabilitas/kekuatan* karena stabilitas dan kekuatan lapis permukaan dan lapis pondasi terutama dihasilkan oleh kontak antar batuan,

gesekan (*friction*) dan kuncian (*interlocking*) antar butiran agregat. Jumlah bidang kontak dipengaruhi oleh sebaran butiran menurut gradasinya. Semakin merata sebaran ukurannya maka semakin banyak bidang kontak antar butirannya sehingga makin besar tahanan gesekan dan saling kuncian agregatnya. Gradasi mempengaruhi kekedapan campuran karena makin merata sebaran butirannya makin rapat suatu gradasi sehingga sifat kekedapannya terhadap fluida akan meningkat. Gradasi mempengaruhi berat volume karena makin merata sebaran butirannya makin rapat suatu gradasi sehingga rongga udara yang tersisa dalam suatu campuran kompak. Makin tinggi berat volume maka kebutuhan bahan ikatnya semakin sedikit dan biasanya makin murah biaya konstruksinya. Namun kelemahannya, campuran beraspal hanya memiliki lapisan aspal yang tipis sehingga kurang awet.

*Gradasi rapat* memiliki hampir semua ukuran butiran sehingga mampu mengisi rongga antar butiran. Hal tersebut mengakibatkan jumlah rongga dalam mineral agregat relatif sedikit. Sifat perkerasan yang dihasilkannya adalah stabilitas tinggi, kurang kedap air, sifat drainasi jelek dan berat volume besar. Stabilitas yang tinggi diperoleh dari gaya gesek dan sifat saling mengunci yang relatif sempurna di antara butiran agregat. Sifat drainase jelek berakibat jika terdapat butiran air yang terperangkap di antara ikatan aspal dan agregat maka air tersebut akan susah mengalir keluar sehingga lama kelamaan daya adhesi antara aspal dan batuan rusak.

*Gradasi seragam* memiliki cukup banyak rongga antar agregat, karena agregat halus sedikit sehingga menghasilkan campuran beraspal yang memiliki permeabilitas tinggi, stabilitas kurang dan berat volume kecil. Kelebihan agregat ini adalah sifat drainasenya yang relatif baik sehingga cocok digunakan pada lapis permukaan. Hal tersebut disebabkan limpasan air di atas permukaan jalan dapat segera di-drain dari permukaan jalan agar tidak menimbulkan genangan. Genangan air di atas permukaan jalan berbahaya karena dapat mengakibatkan slip roda kendaraan.

Ukuran nominal butiran adalah ukuran maksimum butiran agregat pada suatu gradasi yang ditinjau. Ukuran nominal butiran ditentukan oleh tebal lapis

perkerasan yang akan dikerjakan. Ukuran nominal butiran harus *lebih kecil* dari tebal lapis perkerasan rencana. Penggunaan agregat dengan ukuran semakin besar dapat memberi keuntungan berupa biaya produksi agregat semakin murah dan luas permukaan agregat yang diselimuti aspal semakin kecil. Namun kerugiannya adalah kemudahan pelaksanaan pekerjaan menjadi berkurang, segregasi bertambah besar dan kemungkinan terjadi gelombang melintang (*ravelling*). Ada tiga kategori agregat dilihat dari ukuran butiran yaitu agregat kasar, agregat halus dan bahan pengisi. Agregat kasar adalah agregat tertahan saringan nomor 8. Agregat halus adalah agregat lolos saringan nomor 8 dan tertahan saringan nomor 200. Bahan pengisi adalah bahan yang minimum 85 % lolos saringan no. 200.

Sand Equivalent terkait dengan kebersihan agregat halus saringan nomor 4 dari material pengotor seperti debu atau tanah liat. Kadar lempung harus dibatasi karena :

1. Lempung membungkus butir-butir agregat menyebabkan ikatan dengan aspal atau semen berkurang.
2. Luas permukaan yang harus diselimuti aspal atau semen bertambah. Pada campuran beraspal hal tersebut berakibat bahwa pada kadar aspal yang sama mengakibatkan lapisan aspal jadi tipis (*stripping*, lepasnya ikatan antara aspal dengan agregat).
3. Lapisan aspal tipis, mengakibatkan mudah teroksidasi, hal ini mengakibatkan campuran menjadi rapuh/getas.
4. Lempung menyerap air, sehingga dapat menghancurkan aspal.

Untuk campuran beraspal, dibatasi nilai SE minimal sebesar 40 %.

Sifat pelekatan agregat adalah kemampuan agregat mempertahankan adhesi dengan aspal atau ketahanan agregat terhadap pengelupasan (*stripping*). Persyaratan nilai pelekatan terhadap aspal adalah minimum 95 %.

Sifat-sifat mekanis meliputi ketahanan terhadap abrasi. Sifat tersebut juga mempengaruhi kinerja kekuatan dan keawetan. Abrasi terkait dengan kekuatan agregat terhadap keausan. Sifat abrasi diuji dengan uji *Los Angeles Abrasion* (selanjutnya dapat disebut LAA). Persyaratan nilai LAA adalah maksimum 40 %. Semakin tinggi nilai LAA, berarti semakin banyak material

yang terabrasi sehingga material tersebut semakin rendah kualitas mekanisnya dan tidak awet.

Sifat-sifat volumetrik terkait berupa berat jenis (BJ) dan penyerapan. Sifat-sifat tersebut akan mempengaruhi kebutuhan jumlah bahan ikat (aspal). Hal tersebut disebabkan perancangan campuran beraspal didasarkan pada perbandingan berat. Penyerapan air mencerminkan jumlah rongga yang tembus air. Semakin tinggi penyerapan lazimnya semakin banyak kebutuhan aspal atau mortar.

Berat jenis atau BJ agregat (selanjutnya dapat disimbolkan dengan  $G_s$ ) diperlukan dalam perencanaan campuran beraspal. Pengujian BJ agregat dilakukan terhadap agregat kasar, halus dan bahan pengisi. Ada tiga jenis BJ agregat yaitu BJ padat agregat ( $G_{sb}$ ), BJ semu agregat ( $G_{sa}$ ) dan BJ efektif agregat ( $G_{se}$ ). Definisi dari beberapa jenis BJ adalah (Asphalt Institute, 1993):

- 1)  $G_{sb}$  adalah perbandingan berat di udara antara satu unit volume material yang lolos air pada suhu tertentu dengan berat di udara satu unit volume air distilasi pada suhu yang sama.
- 2)  $G_{sa}$  adalah perbandingan berat di udara antara satu unit volume material yang kedap air pada suhu tertentu dengan berat di udara satu unit volume air distilasi pada suhu yang sama.
- 3)  $G_{se}$  adalah perbandingan berat di udara antara satu unit volume material yang lolos air (tetapi kedap aspal) pada suhu tertentu dengan berat di udara satu unit volume air distilasi pada suhu yang sama.

Persyaratan  $G_{sb}$  agregat kasar dan halus adalah minimum 2,5. Perhitungan Penyerapan adalah persentase berat air terserap pori terhadap berat agregat kering. Penyerapan terkait dengan jumlah pori agregat. Agregat dengan kadar pori besar menyerap aspal dengan jumlah banyak, sehingga tebal selimut aspalnya relatif tipis. Persyaratan nilai penyerapan agregat untuk campuran beraspal adalah maksimal 3 %.

*Sifat-sifat teknis agregat untuk perkerasan kaku.* Agregat yang digunakan untuk pembuatan beton harus memenuhi persyaratan teknis tertentu. Hal tersebut dimaksudkan untuk menghasilkan beton yang tahan terhadap pengausan, stabil

terhadap reaksi kimia dan awet. Untuk komponen agregat halus jenis persyaratannya adalah gradasi, *fineness modulus* (2,2 – 3,1), bersih dari bahanorganik, kehilangan pada uji *soundness* (<10 %), kadar lumpur (< 3 %), kadar agregat yang BJ rendah ( $\leq 0,5$  %). Untuk komponen agregat kasarnya jenis persyaratannya adalah gradasi, maksimum kehilangan pada uji LAA 35 %, kadar agregat halus ( $\leq 1$  %) dan kadar bahan pengotor ( $\leq 3$ %), dan kehilangan pada uji *soundness* ( $\leq 18$ %). Penjelasan yang lebih lengkap terkait dengan persyaratan agregat untuk beton dapat diperoleh dari mata kuliah Bahan Bangunan dan Praktikum Bahan Bangunan.

#### 4. Cara Pencampuran Agregat

Agregat yang akan digunakan pada pembuatan campuran beraspal dan beton harus memenuhi persyaratan gradasi. Namun ketersediaan gradasi yang sesuai dengan spesifikasi tersebut tidak selalu dapat ditemui di lapangan. Oleh karena itu maka perlu dilakukan pencampuran antara beberapa fraksi agregat sehingga menghasilkan gradasi yang disyaratkan. Metode sederhana untuk melakukan pencampuran agregat adalah dengan metode *trial and error*. Dinamakan metode tersebut sesuai dengan cara perhitungannya yaitu melakukan perhitungan iterasi sampai diperoleh hasil yang diharapkan. Berikut ini adalah contoh perhitungan pencampuran agregat dengan metode *trial and error*.

<u>Lolos saringan</u>	<u>Agregat A</u>	<u>Agregat B</u>	<u>Agregat C</u>	<u>Spesifikasi</u>
12,5 mm	100%	100%	100%	100%
9,5 mm	62 %	100%	100 %	72-88 %
<b>4,75 mm</b>	<b>8%</b>	<b>100 %</b>	<b>78 %</b>	<b>45-65 %</b>
2,36 mm	2%	91 %	52 %	30-60%
1,18 mm	0%	73%	36%	25-55%
600 $\mu\text{m}$		51 %	29 %	16-40 %
300 $\mu\text{m}$		24 %	24 %	8-25 %
150 $\mu\text{m}$		4%	20 %	4-12 %
75 $\mu\text{m}$		1 %	18 %	3-6 %

### Penyelesaian :

Sebagian besar agregat kasar ( $> 4,75$  mm) akan didapat dari agregat A, sedangkan sebagian besar *filler* akan diperoleh dari agregat C. Spesifikasi untuk agregat kasar adalah 45 % - 65 % sehingga nilai tengahnya 55 %. Hal itu berarti bahwa 45 % gradasi harus tertahan saringan 4,75 %. Spesifikasi untuk *filler* adalah 3 % - 6 % sehingga nilai tengahnya 5 %.

Agregat kasar = 45 % ( $> 4,75$  mm) akan dicoba dipenuhi dari agregat A yaitu dengan *mencoba* proporsi agregat A sebesar 45 %. *Filler* sebanyak 5 % akan dipenuhi dari agregat C. Karena agregat C memiliki 18 % bahan *filler* sedangkan kebutuhan *filler* hanya 5 % maka proporsi perkiraan agregat C adalah  $5/18 = 28$  %. Namun perlu diingat bahwa agregat B juga memiliki *filler*, sehingga sebaiknya nilai proporsi agregat C diturunkan menjadi 25 % saja. Oleh karena proporsi agregat A = 45 %, agregat C = 25 % maka proporsi agregat B = 30 %. Selanjutnya dilakukan perhitungan sebagai berikut.

<u>Lolos</u> <u>saringan</u>	<u>Agregat A</u> (x 45 %)	<u>Agregat B</u> (x 30 %)	<u>Agregat C</u> (x 25 %)	<u>Kombinasi</u> <u>Gradasi</u>
12,5 mm	100 %	45 %	100 %	100 %
9,5 mm	62 %	27,9 %	100 %	82,9%
4,75 mm	8 %	3,6 %	100 %	53,1%
2,36 mm	2%	0,9%	91 %	41,2%
1,18 mm	0%	0%	73 %	30,9%
600 $\mu$ m	0%	0%	51 %	22,5%
300 $\mu$ m	0%	0%	24 %	13,2%
150 $\mu$ m	0%	0%	4%	6,2%
75 $\mu$ m	0%	0%	1 %	4,8%

Hasil kombinasi gradasi yang diperoleh masih *memenuhi* spesifikasi yang ditentukan sehingga proporsi percobaan yang dilakukan dapat digunakan.

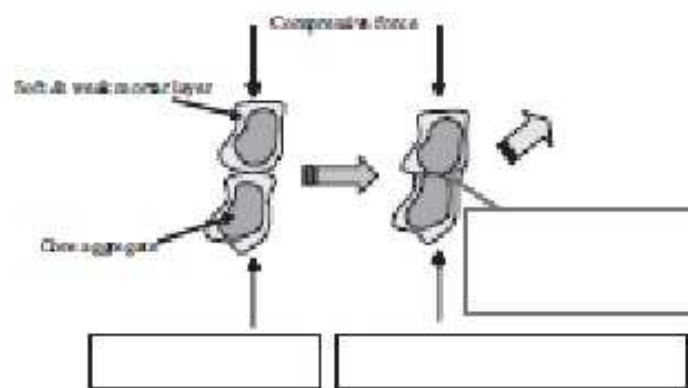
### 5. Pemanfaatan Agregat Alternatif untuk Konstruksi Perkerasan

Ada dua jenis agregat alternatif yang dapat digunakan untuk konstruksi perkerasan yaitu agregat daur ulang dan agregat sisa proses industri (*by products*). Contoh agregat daur ulang yang dapat digunakan adalah agregat limbah beton.

Gambar 3.1 menyajikan contoh butiran agregat limbah beton. Gambar 3.2 menyajikan mekanisme *interlocking* antar butiran agregat limbah beton yang digunakan sebagai konstruksi perkerasan (baik sebagai lapis permukaan maupun lapis pondasi).



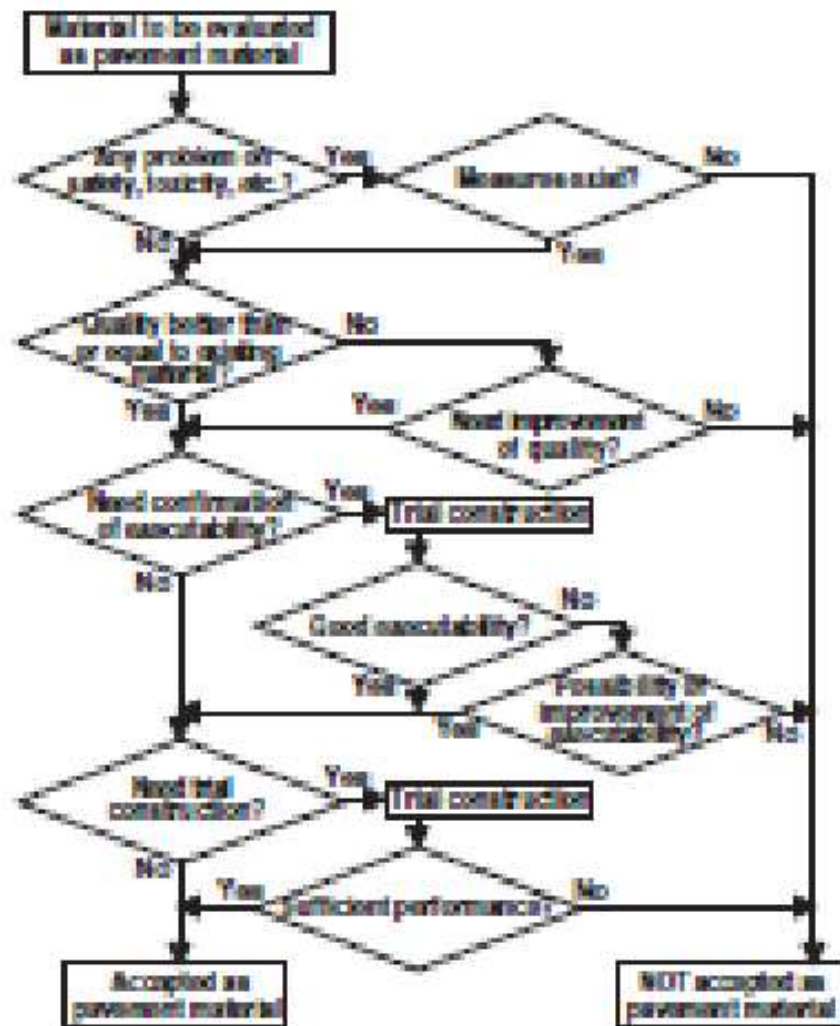
Gambar 3.1 Contoh butiran agregat limbah beton



Gambar 3.2 Mekanisme *interlocking* antar butiran agregat limbah beton yang dipadatkan dalam konstruksi perkerasan

Pemanfaatan agregat sisa proses industri untuk konstruksi perkerasan dikaji dengan prosedur seperti tersaji pada Gambar 3.3.





Gambar 3.3 Prosedur pemanfaatan agregat sisa proses industri untuk konstruksi perkerasan

## 6. Kesimpulan

- 1) Pada struktur perkerasan umumnya, agregat berperan sebagai pendukung dan penyalur utama beban kendaraan yang berada di atas perkerasan. Beban tersebut akan disalurkan oleh lapis-lapis perkerasan jalan sehingga pada saat mencapai *subgrade*, tegangan yang terjadi sudah mengecil. Pada perkerasan *lentur*, penyaluran beban berlangsung pada setiap lapisan melalui mekanisme kontak antar batuan, gesekan (*friction*) dan kuncian (*interlocking*) antar butiran agregat dan dibantu oleh ikatan antar butiran yang ditimbulkan oleh aspal. Pada perkerasan *kaku*, beban kendaraan terutama akan didukung oleh pelat betonnya, sedangkan lapis pondasi di bawahnya dianggap sedikit saja memberikan sumbangan dukungan daya dukung.

- 2) Klasifikasi agregat terkait dengan identifikasi dan penggolongan jenis agregat. Ada agregat yang kualitasnya baik untuk bahan jalan, tetapi ada pula agregat yang jelek untuk bahan jalan. Ada beberapa cara penggolongan agregat sebagai bahan jalan yaitu menurut asalnya, gradasi, bentuk butiran dan tekstur.
- 3) Pemilihan gradasi berperan penting dalam struktur perkerasan jalan. Menurut gradasinya asalnya ada tiga jenis gradasi yaitu gradasi rapat, gradasi terbuka atau seragam dan gradasi celah atau timpang. Semua gradasi tersebut dapat digunakan untuk konstruksi jalan sepanjang dirancang dengan baik untuk menemukan kadar aspal optimumnya.
- 4) Sifat-sifat teknis agregat adalah sifat-sifat fisik, mekanis dan volumetrik agregat yang harus dipenuhi agregat sebelum digunakan sebagai bahan jalan.
 

*Sifat-sifat teknis agregat untuk perkerasan lentur.* Sifat-sifat fisik meliputi gradasi, ukuran maksimum, kadar lempung, pelekatan, bentuk butiran dan tekstur serta kesetaraan pasir (selanjutnya dapat disebut SE atau *sand equivalent*). Sifat mekanis berupa ketahanan abrasi, pelekatan, sifat volumetrik berupa berat jenis (BJ) dan penyerapan air.

*Sifat-sifat teknis agregat untuk perkerasan kaku.* Sifat-sifat teknis yang harus dipenuhi dibedakan sesuai jenis fraksi agregat. Untuk fraksi agregat halus, persyaratannya adalah gradasi, *fineness modulus* (2,2 – 3,1), bersih dari bahan organik, kehilangan pada uji *soundness* ( $\leq 10\%$ ), kadar lumpur ( $\leq 3\%$ ), kadar agregat yang BJ rendah ( $\leq 0,5\%$ ). Untuk fraksi agregat kasar, jenis persyaratannya adalah gradasi, maksimum kehilangan pada uji LAA 35 %, kadar agregat halus ( $\leq 1\%$ ) dan kadar bahan pengotor ( $\leq 3\%$ ), dan kehilangan pada uji *soundness* ( $\leq 18\%$ ).
- 5) Gradasi mempengaruhi stabilitas/kekuatan karena stabilitas dan kekuatan lapis permukaan dan lapis pondasi terutama dihasilkan oleh kontak antar batuan, gesekan (*friction*) dan kuncian (*interlocking*) antar butiran agregat. Jumlah bidang kontak dipengaruhi oleh sebaran butiran menurut gradasinya. Semakin merata sebaran ukuran butirannya maka semakin banyak bidang kontak antar butirannya sehingga makin besar tahanan gesekan dan saling kuncian agregatnya. Gradasi mempengaruhi kekedapan campuran karena makin

merata sebaran butirannya makin rapat suatu gradasi sehingga sifat kekedapannya terhadap fluida akan meningkat. Gradasi mempengaruhi berat volume karena makin merata sebaran butirannya makin rapat suatu gradasi sehingga rongga udara yang tersisa dalam suatu campuran kompak. Makin tinggi berat volume maka kebutuhan bahan ikatnya semakin sedikit dan biasanya makin murah biaya konstruksinya.

- 6) Gradasi yang sesuai dengan spesifikasi tidak selalu dapat diperoleh di lapangan. Hal tersebut mungkin diatasi dengan mencampur sejumlah fraksi agregat yang tersedia. Cara pencampuran dapat dilakukan dengan metode *trial and error*.

### C. PENUTUP

1. Latihan Soal

- 1) Jelaskan peranan agregat pada struktur perkerasan lentur dan perkerasan kaku!
- 2) a. Apakah yang disebut gradasi?  
b. Mengapa gradasi penting dalam perancangan perkerasan?
- 3) Suatu jalan akan dibangun untuk melayani lalu lintas yang kecepatannya tinggi. Kondisi lingkungannya bercurah hujan tinggi. Jenis gradasi apa yang disarankan untuk pembuatan lapis permukaannya?
- 4) Mengapa kadar lempung harus dibatasi dalam persyaratan spesifikasi agregat?
- 5) Berikut ini terdapat tiga buah gradasi agregat dan spesifikasi gradasi yang disyaratkan. Kombinasikan ketiganya sehingga dapat memenuhi spesifikasi tersebut!

Lolos Saringan	Agregat A	Agregat B	Agregat C	Spesifikasi Gradasi
25	100	100	100	100
19	92	100	100	90-100
9.5	41	100	100	50-75
4.75	19	77	96	35-55
2.36	7	60	79	-
1.18	-	-	-	15-40
0.6	4	42	40	-
0.3	2	36	16	5-22
0.075	1	28	3	2-8

## 2. Petunjuk Penilaian

Setiap nomor pada latihan di atas berbobot 20 %. Kemampuan anda menjawab soal dengan benar mencerminkan penguasaan materi yang telah diberikan.

Jawaban yang benar	Kategori Penguasaan Materi
< 25 %	Kurang
25 % - 50 %	Cukup
50 % - 75 %	Baik
> 75 %	Sangat Baik

## 3. Jawaban :

1) Pada struktur perkerasan umumnya, agregat berperan sebagai pendukung dan penyalur utama beban kendaraan yang berada di atas perkerasan. Beban tersebut akan disalurkan oleh lapis-lapis perkerasan jalan sehingga pada saat mencapai *subgrade*, tegangan yang terjadi sudah mengecil.

Pada perkerasan *lentur*, penyaluran beban berlangsung pada setiap lapisan melalui mekanisme kontak antar batuan, gesekan (*friction*) dan kuncian (*interlocking*) antar butiran agregat dan dibantu oleh ikatan antar butiran yang ditimbulkan oleh aspal.

Pada perkerasan *kaku*, beban kendaraan terutama akan didukung oleh pelat betonnya, sedangkan lapis pondasi di bawahnya dianggap sedikit saja memberikan sumbangan dukungan daya dukung.

- 2) a. Gradasi adalah sebaran agregat sesuai ukuran butiran.  
b. Gradasi agregat mempengaruhi stabilitas/kekuatan, sifat kekedapan air dan berat volume.

Gradasi mempengaruhi stabilitas/kekuatan karena stabilitas dan kekuatan lapis permukaan dan lapis pondasi terutama dihasilkan oleh kontak antar batuan, gesekan (*friction*) dan kuncian (*interlocking*) antar butiran agregat. Jumlah bidang kontak dipengaruhi oleh sebaran butiran menurut gradasinya. Semakin merata sebaran ukuran butirannya maka semakin

banyak bidang kontak antar butirannya sehingga makin besar tahanan gesekan dan saling kunciannya.

Gradasi mempengaruhi kekedapancampuran karena makin merata sebaran butirannya makin rapat suatu gradasi sehingga sifat kekedapannya terhadap fluida akan meningkat.

Gradasi mempengaruhi berat volume karena makin merata sebaran butirannya makin rapat suatu gradasi sehingga rongga udara yang tersisa dalam suatu campuran kompak. Makin tinggi berat volume maka kebutuhan bahan ikatnya semakin sedikit dan biasanya makin murah biaya konstruksinya.

c. Menurut gradasinya asalnya ada tiga jenis gradasi yaitu :

- Gradasi rapat (*dense grading*), yaitu sebaran ukuran butiran yang relatif “merata” untuk seluruh ukuran saringan yang lazim digunakan pada perancangan campuran beraspal atau beton.
- Gradasi terbuka (*open grading*) atau gradasi seragam (*uniform grading*), yaitu sebaran ukuran butiran yang relatif seragam sehingga cukup banyak mengandung rongga-rongga di antara butirannya. Gradasi terbuka lazim untuk perancangan campuran beraspal jenis *porous asphalt* atau beton non pasir.
- Gradasi timpang (*gap grading*), yaitu sebaran ukuran butiran yang mengalami kekurangan pada salah satu atau dua nomor saringan. Gradasi tersebut lazim digunakan di campuran beraspal jenis *Hot Rolled Asphalt* atau laston.

3) Analisis masalah : Peruntukan adalah lapis permukaan jalan yang melayani lalu lintas tinggi pada kawasan dengan curah hujan tinggi. Kinerja yang dipikirkan penting adalah lapis permukaan harus tetap kering dan kesat sehingga bahaya slip terutama pada saat hujan dapat diminimalisasi. Oleh karena itu, maka gradasi seragam dan bertekstur kasar lebih sesuai digunakan. Hal tersebut disebabkan rongga udaranya relatif tinggi sehingga kemungkinan rongga udara tersebut saling berkoneksi membentuk saluran yang mampu mengalirkan limpasan air dari atas permukaan jalan ke saluran drainase.

Mekanisme tersebut dapat menjaga lapis permukaan tetap kering dan kesat sehingga aman untuk dilewati kendaraan berkecepatan tinggi.

- 4) Lempung berdampak negatif terhadap sistem ikatan antara agregat dan aspal atau semen. Dampak tersebut berupa :
- Lempung membungkus butir-butir agregat menyebabkan ikatan dengan aspal atau semen berkurang.
  - Luas permukaan yang harus diselimuti aspal atau semen bertambah. Pada campuran beraspal hat tersebut berakibat bahwa pada kadar aspal yang sama mengakibatkan lapisan aspal jadi tipis (*stripping*, lepasnya ikatan antara aspal dengan agregat).
  - Lapisan aspal tipis, mengakibatkan mudah teroksidasi, hal ini mengakibatkan campuran menjadi rapuh/getas.
  - Lempung menyerap air, sehingga dapat menghancurkan aspal.
- 5) Sebagian besar agregat kasar ( $> 4,75$  mm) akan didapat dari agregat A, sedangkan sebagian besar *filler* akan diperoleh dari agregat, sebagian besar agregat kasar ( $> 4,75$  mm) aka 35 % - 55 % sehingga nilai tengahnya 45%. Hal itu berarti bahwa 55 % gradasi harus tertahan saringan 4,75 %.

Spesifikasi untuk *filler* adalah 2 % - 8 % sehingga nilai tengahnya 5 %.

Agregat kasar = 55 % ( $> 4,75$  mm) akan dipenuhi dari agregat A yaitu dengan *mencoba* proporsi agregat A sebesar 55 %. *Filler* sebanyak 5 % terutama akan dipenuhi dari agregat B. Agregat B memiliki 28 % bahan *filler* sedangkan kebutuhan *filler* hanya 5 % maka proporsi perkiraan agregat C adalah  $5/28 = 14,29$  %. Proporsipercobaannya adalah A = 55 %, agregat B = 14,29 % dan proporsi agregat C = 30,71 %. Selanjutnya dilakukan perhitungan sebagai berikut.

<u>Lolos saringan</u>	<u>Agregat A</u> (x 55 %)		<u>Agregat B</u> (x 14,29 %)		<u>Agregat C</u> (x 30,71 %)		<u>Kombinasi Gradasi</u>	
25 mm	100	55	100	14.29	100	30.71	100	100
19 mm	92	50.6	100	14.29	100	30.71	96	90-100
9.5 mm	41	22.55	100	14.29	100	30.71	68	50-75
4.75 mm	19	10.45	77	11.00	96	29.48	51	35-55
2.36 mm	7	3.85	60	<b>8.57</b>	79	24.26	37	-

1,18mm	-	-	-	-	-	-	-	15-40
600µm	4	2.2	42	6.00	40	12.28	20	-
300µm	2	1.1	36	5.14	16	4.91	11	5-22
75 µm	1	0.55	28	4.00	3	0.92	5	2-8

Ternyata percobaan kombinasi masih memenuhi persyaratan spesifikasi agregat, sehingga perbandingan agregat A = 55 %, agregat B = 14,29 % dan agregat C = 30,71 % dapat digunakan.

## **BAB IV**

### **SEMEN**

#### **A. PENDAHULUAN**

##### **1. Deskripsi Singkat**

Bab ini menjelaskan perihal peranan semen pada struktur jalan/perkerasan, pengkategorian semen, karakteristik semen, cara pemilihan semen, bahan-bahan tambah perkerasan beton dan ragam campuran beton untuk perkerasan.

##### **2. Relevansi**

Semen merupakan bahan susun campuran beton, sehingga pendalaman pengetahuan perihal semen dapat membantu penguasaan metode perancangan campuran beton yang akan dikerjakan di lapangan. Pengetahuan perihal semen juga berkaitan dengan jenis kerusakan lapis permukaan jalan. Oleh karena itu maka Bab IV berhubungan erat dengan semua bab yang terdapat dalam bahan ajar ini.

##### **3. Tujuan Instruksional Khusus**

Pada akhir kuliah ini mahasiswa diharapkan dapat memahami peranan semen pada struktur jalan/perkerasan, pengkategorian semen, karakteristik semen, cara pemilihan semen, bahan-bahan tambah perkerasan beton dan ragam campuran beton untuk perkerasan.

#### **B. PENYAJIAN**

##### **1. Peranan Semen pada Perkerasan Jalan**

Seperti telah dijelaskan di depan, beban kendaraan akan didukung oleh lapis perkerasan di bawah roda, yaitu permukaan (*surface course*), lapis pondasi (*road foundation*) dan tanah dasar (*sub grades*). Khusus pada perkerasan kaku, beban kendaraan terutama akan didukung oleh pelat betonnya sebagai lapis struktural permukaan, sedangkan lapis pondasi di bawahnya dianggap sedikit saja memberikan sumbangan dukungan daya dukung.



Fungsi utama semen adalah bahan ikat campuran beton, memberikan kekuatan mekanis terhadap beton (setelah mengeras) dan mempengaruhi sifatkemudahan pelaksanaan di lapangan (baik pencampuran maupun pemadatan). Kekuatan dan kemudahan pengerjaan merupakan faktor utama sifat keawetan.

Selama pembuatan campuran beton, semen akan mengalami proses hidrasi yaitu pelepasan panas dan penyusutan. Pada saat itu, semen berinteraksi secara kimia dengan air dan memberikan daya ikat yang kuat antar butiran agregat kasarnya. Waktu interaksi tersebut disebut *setting time* dan dipengaruhi oleh jenis semen. Selama interaksi semen dan air berlangsung, campuran beton dapat diangkat dan dipadatkan di lapangan. Ikatan antar butiran agregat oleh reaksi semen dan air menyebabkan campuran beton segar/cair berubah mengeras danakhirnya menjadi komposit yang memiliki daya dukung tinggi terhadap beban lalulintas.

## 2. Kategori Semen

Semen sering juga disebut *portland cement*. Kata *portland* ditambahkan untuk menandai produksi semen dari batuan alam yang diproses di Pulau Portland. Mineral semen adalah kapur/*lime* (CaO), silika (SiO<sub>2</sub>), alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) dan oksida besi (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>).Kapur merupakan komponen utama yaitu sekitar 60 % -65 %. Mineral-mineral semen saling bersenyawa satu sama lain. Ada 4 jenis senyawa semen yaitu C<sub>3</sub>S, C<sub>2</sub>S, C<sub>3</sub>A dan C<sub>4</sub>AF.Sifat-sifat keempat senyawa disajikan berikut :

	C <sub>3</sub> S	C <sub>2</sub> S	C <sub>3</sub> A	C <sub>4</sub> AF
Laju hidrasi	Sedang	Lambat	Cepat	Lambat
Kekuatan awal	Tinggi	Rendah	Sedang	Rendah
Kekuatan akhir	Tinggi	Tinggi	Rendah	Rendah
Jumlah panas yang dibebaskan	Sedang	Rendah	Tinggi	Rendah
Tahanan terhadap reaksi kimia	Baik	Baik	Jelek	Baik

Semen dapat dikategorikan menjadi 5 kategori yaitu :

Kategori	Tipe
I	Normal
II	Sedang
III	Kekuatan awal tinggi

IV	Panas hidrasi rendah
V	Tahan terhadap sulfat

Semen tipe normal adalah jenis semen yang lazim digunakan. Pada kondisi pekerjaan tertentu, semen tipe normal atau juga semen tipe sedang dapat diberi bahan tambah. Semen berkekuatan awal tinggi digunakan untuk pembuatan konstruksi yang harus cepat selesai. Semen tipe panas hidrasi rendah digunakan untuk pengecoran yang relatif luas. Pada pengecoran tersebut proses *curing* biasanya relatif tidak seragam sehingga kemungkinan terjadi retak-retak relatif besar. Penggunaan semen tipe ini juga meminimalkan penyusutan yang dapat mengakibatkan retak-retak. Semen yang bersifat tahan terhadap sulfat digunakan di daerah yang airnya mengandung asam misalnya daerah gambut.

Semen dapat juga dikategorikan sesuai komposisi klinker dan bahan tambah lainnya serta kekuatan mekanisnya. Jenis semen menurut komposisi klinker dan bahan tambah adalah :

1. APC atau *artificial portland cement*, yaitu semen yang mengandung klinker sedikitnya 97 %.
2. CPC atau *compound portland cement* yaitu semen yang mengandung sedikitnya 65 % klinker dan bahan tambah sebanyak 35 % baik berupa *fly ash*, bahan pengisi, slag dan *pozzolans*.
3. BFC atau *blast furnace cement* yaitu semen yang mengandung sedikitnya 25 % klinker dan sebanyak 75 % *slag*.
4. CSC atau *clinker slag cement* yaitu semen yang mengandung sedikitnya 7 % klinker dan sedikitnya sebanyak 80 % *slag*.

### 3. Karakteristik Semen

Karakteristik semen untuk perkerasan jalan terdiri dari :

1. Kadar  $C_3A$  potensial kurang dari 8 %.
2. Waktu ikat semen pada suhu 20°C minimal 3 jam, sedang pada suhu 30°C waktu ikatnya minimal 2 jam.
3. Penyusutan maksimum sedikitnya 800  $\mu m/m$ .

4. Kemudahan pencampuran yang dinyatakan dalam detik, dengan acuan sebesar 7 detik.

#### 4. Pemilihan Semen

Pemilihan semen perlu dilakukan sebaik-baiknya sehingga pekerjaan bernilai ekonomis, optimal dan memiliki kekuatan mekanis yang memadai. Faktor-faktor yang perlu diperhatikan dalam pemilihan semen adalah :

1. Kemungkinan penghematan semen. APC dan CPC masih cukup banyak mengandung klinker, sehingga penambahan *fly ash*, *pozzolanic* atau *slag* dalam rangka untuk penghematan semen masih dimungkinkan.
2. Waktu pembukaan lalulintas pertama. Pemilihan dapat dilakukan dengan mempertimbangkan waktu yang diperlukan untuk mencapai kekuatan, biasanya diambil ketentuan paling lama 24 jam atau 48 jam.
3. Semen jenis CSC bersifat sensitif terhadap kehilangan air selama waktu pengikatan, tahanan abrasinya rendah. Sehingga CSC sebaiknya tidak digunakan untuk pembuatan lapis non struktural lapis permukaan.
4. Kadar  $C_3A$  dan laju penyusutan hidraulik. Bila nilai kedua parameter tersebut melebihi persyaratan maka perlu dilakukan pengangkutan dan penghampanan yang hati-hati.

#### 5. Bahan Tambah Semen

Bahan tambah semen adalah bahan tambah pengganti terhadap sebagian semen sehingga dapat mereduksi biaya dan dapat meningkatkan beberapa sifat teknis beton secara keseluruhan.

Bahan tambah semen utama terdiri dari *pozzolanic*, *slag* dan *silica fume*. *Pozzolanic* terdiri dari *natural pozzolanic* dan *flyash*. *Fly ash* biasanya dihasilkan dari pembangkit listrik yang menggunakan batubara sebagai tenaga penggerak turbinnya. Penggunaan *pozzolanic* dapat memperbaiki *workability* beton, karakteristik akhir pekerjaan, mengurangi *bleeding* dan segregasi, laju hidrasi berlangsung lambat, meningkatkan waktu pengikatan, mengurangi laju pelepasan panas serta permeabilitas menurun. Kekuatan akhir beton pada tingkat hidrasi yang rendah dapat dicapai setelah 90 hari, namun nilainya kuat desaknya menjadi

sangat tinggi. Penurunan permabilitas dapat meningkatkan ketahanan terhadap reaksi kimia (reaksi alkali-agregat atau sulfat) dan juga bahaya korosi terhadap tulangan. *Slag* adalah produk limbah dari pengolahan bijih besi. Penggunaan *slag* pada umumnya memberikan dampak yang sejenis tetapi tidak dapat menghasilkan kekuatan setinggi beton yang diberi bahan tambah *flyash*. *Silica fume* dihasilkan sebagai produk limbah industri silikon. Penambahan *silica fume* dapat mempengaruhi lebih banyak sifat-sifat beton. Hal tersebut disebabkan *silica fume* berupa butiran yang sangat halus. Perubahan sifat-sifat teknis berupa jumlah pori dan *workability* dapat dikurangi sehingga kekuatan desaknya sangat tinggi, *bleeding* (air) dapat dikurangi, permabilitas menurun, tetapi resiko retak permukaan akibat penyusutan meningkat.

Ada juga jenis bahan tambah lain selain yang disebutkan di atas yaitu pereduksi air (*water reducing*), penunda waktu pengikatan (*retarding*), pemercepat waktu pengikatan (*accelerating*), kombinasi dari *water reducing-retarding-accelerating*, pelindung bahaya korosi (*corrosion inhibitors*), *pumping additives* (bahan tambah untuk mempermudah pemompaan).

## 6. Ragam Campuran Beton

Ragam campuran beton untuk perkerasan jalan adalah beton normal, beton kurus (*lean concrete*) dan beton porous. Beton normal dibuat dengan gradasi dan kadar semen yang lazim untuk pembuatan beton pada umumnya. Beton normal dapat digunakan untuk lapis struktural lapis permukaan. Beton kurus dirancang sehingga berkadar semen rendah. Konsekuensinya kekuatan mekanisnya relatif rendah tetapi dinilai memadai untuk keperluan tertentu. Beton kurus dapat digunakan untuk lapis non struktural lapis permukaan. Beton porous dirancang memiliki porositas yang tinggi. Hal tersebut dicapai dengan penggunaan gradasi yang sedikit saja mengandung fraksi agregat sedang.

## 7. Rangkuman

Hal-hal penting perihal semen dapat disajikan berikut ini :

- 1) Semen bersama air merupakan bahan ikat agregat pada campuran beton untuk perkerasan jalan jenis perkerasan kaku.

- 2) Mineral semen adalah kapur/*lime* (CaO), silika (SiO<sub>2</sub>), alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) dan oksida besi (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). Kapur merupakan komponen utama yaitu sekitar 60 % -65 %. Mineral-mineral semen saling bersenyawa satu sama lain. Ada 4 jenis senyawa semen yaitu C<sub>3</sub>S, C<sub>2</sub>S, C<sub>3</sub>A dan C<sub>4</sub>AF. Keempat senyawa tersebut memiliki sifat laju hidrasi, kekuatan awal, kekuatan akhir, jumlah panas yang dibebaskan, dan tahanan terhadap reaksi kimia yang tidak selalu sama.
- 3) Ada lima kategori semen yang lazim dikenal yaitu :

Kategori	Tipe
I	Normal
II	Sedang
III	Kekuatan awal tinggi
IV	Pangs hidrasi rendah
V	Tahan terhadap sulfat

- 4) Karakteristik semen untuk perkerasan jalan adalah :
- Kadar C<sub>3</sub>A potensial kurang dari 8 %.
  - Waktu ikat semen pada suhu 20°C minimal 3 jam, sedang pada suhu 30°C waktu ikatnya minimal 2 jam.
  - Penyusutan maksimum sedikitnya 800 µm/m.
  - Kemudahan pencampuran yang dinyatakan dalam detik, dengan acuan sebesar 7 detik.
- 5) Faktor-faktor yang perlu diperhatikan dalam pemilihan semen untuk konstruksi jalan adalah :
- Kemungkinan penghematan semen dengan cara penambahan *fly ash*, *pozzolanic* atau *slag*.
  - Waktu pembukaan lalulintas pertama, sehingga memungkinkan pencapaian kekuatan paling lama 24 jam atau 48 jam.
  - Sifat sensitivitas terhadap kehilangan air selama waktu pengikatan dan tahanan abrasinya rendah.
  - Kadar C<sub>3</sub>A dan laju penyusutan hidraulik.
- 6) Bahan tambah semen utama terdiri dari *pozzolanic*, *slag*, *silica fume*, pereduksi air (*water reducing*), penunda waktu pengikatan (*retarding*),

percepatan waktu pengikatan (*accelerating*), kombinasi dari *water reducing-retarding-accelerating*, pelindung bahaya korosi (*corossion inhibitors*), *pumping additives* (bahan tambah untuk mempermudah pemompaan).

### C. PENUTUP

#### 1. Latihan Soal

- 1) Jelaskan peranan semen dalam perkerasan kaku!
- 2) Jelaskan karakteristik 4 senyawa semen!
- 3) Sebutkan jenis semen yang dikenal di Indonesia (bukan merk semen)!
- 4) Suatu proyek jalan akan dilaksanakan untuk mengalihkan arus lalu lintas di jalan lain yang sudah sangat padat. Kebutuhan penyelesaian konstruksi dinilai sudah mendesak. Jenis semen apakah yang disarankan?
- 5) Menurut anda, untuk keperluan pembangunan jembatan di Sungai Mahakam sebaiknya digunakan semen jenis apa? Jelaskan!

#### 2. Petunjuk Penilaian

Setiap nomor pada latihan di atas berbobot 20 %. Kemampuan anda menjawab soal dengan benar mencerminkan penguasaan materi yang telah diberikan.

Jawaban yang benar	Kategori Penguasaan Materi
< 20%	Kurang Sekali
< 25 %	Kurang
25 % - 50 %	Cukup
50 % - 75 %	Baik
> 75 %	Sangat Baik

### 3. Jawaban

- 1) Semen bersama air berperan sebagai bahan ikat agregat pada campuran beton untuk perkerasan jalan jenis perkerasan kaku.
- 2) Ada 4 jenis senyawa semen yaitu  $C_3S$ ,  $C_2S$ ,  $C_3A$  dan  $C_4AF$ . Sifat-sifat keempat senyawa adalah :

	$C_3S$	$C_2S$	$C_3A$	$C_4AF$
Laju hidrasi	Sedang	Lambat	Cepat	Lambat
Kekuatan awal	Tinggi	Rendah	Sedang	Rendah
Kekuatan akhir	Tinggi	Tinggi	Rendah	Rendah
Jumlah panas yang dibebaskan	Sedang	Rendah	Tinggi	Rendah
Tahanan terhadap reaksi kimia	Baik	Baik	Jelek	Baik

- 3) Ada lima kategori semen yang lazim dikenal yaitu

<b>Kategori</b>	<b>Tipe</b>
I	Normal
II	Sedang
III	Kekuatan awal tinggi
IV	Panas hidrasi rendah
V	Tahan terhadap sulfat

- 4) Analisis masalah : kebutuhan lalulintasnya mendesak, sehingga jalan harus segera dapat dibuka dan dilalui lalulintas. Oleh karena itu, perlu digunakan semen yang cepat mengeras. Ada beberapa alternatif semen yang dapat dilaksanakakan. Alternatif 1 : semen normal yang diberi bahan tambah *accelerator*. Alternatif 2 : semen berkekuatan awal tinggi.
- 5) Analisis masalah : konstruksi jembatan di Sungai Mahakam kemungkinan akan menghadapi masalah air yang asam. Oleh karena itu, perlu digunakan semen tipe V yang bersifat tahan terhadap sulfat.

## **BAB V**

### **PERENCANAAN CAMPURAN KERJA**

#### **A. PENDAHULUAN**

##### **1. Deskripsi Singkat**

Bab ini menjelaskan pengertian campuran kerja, persyaratan teknis campuran beraspal, metode perencanaan campuran kerja untuk campuran beraspal dan metode perencanaan campuran kerja untuk beton.

##### **2. Relevansi**

Campuran kerja terdiri dari agregat dan aspal atau semen-air. campuran kerja harus memperhatikan karakteristik bahan susunnya. Sifat-sifat teknis campuran kerja untuk campuran beraspal atau beton berpengaruh terhadap kinerja struktural perkerasan jalan. Oleh karena itu, bab ini berkaitan dengan bab-bab lain dalam bahan ajar ini.

##### **3. Tujuan Instruksional Khusus**

Pada akhir kuliah ini mahasiswa diharapkan dapat memahami pengertian campuran kerja, persyaratan teknis campuran beraspal, metode perencanaan campuran kerja untuk campuran beraspal dan metode perencanaan campuran kerja untuk beton.

#### **B. PENYAJIAN**

##### **1. Pengertian Resep Campuran Kerja**

Campuran beraspal atau beton dibuat dengan material yang tersedia di lapangan. Variasi sifat-sifat teknik agregat, aspal, dan semen cukup luas sesuai lokasi proyek dan tidak selalu dapat langsung memenuhi persyaratan teknis yang ditetapkan. Oleh karena itu perlu dilakukan tahap coba-coba untuk menemukan komposisi campuran beraspal atau beton yang memenuhi persyaratan teknik. Komposisi campuran beraspal atau beton yang telah memenuhi persyaratan teknik disebut resep campuran kerja. Proses perencanaan resep campuran kerja disebut



perencanaan campuran. Resep campuran kerja berupa komposisi fraksi-fraksi agregat yang menghasilkan spesifikasi gradasi dan proporsi bahan ikat, dalam hal ini % aspal atau rasio semen-air.

## 2. Sifat-sifat Teknis Campuran Beraspal

Campuran beraspal yang lazim digunakan untuk perkerasan jalan di Indonesia adalah campuran beraspal panas (*hot mixed asphalt*). Campuran beraspal panas diperoleh dari pencampuran agregat panas dan aspal keras yang dipanaskan sehingga kondisinya cair dengan kekentalan tertentu. Agregat perlu dipanaskan agar benar-benar kering dari air. Persyaratan kering dari air penting sekali karena ikatan antara aspal-agregat dapat terganggu dengan adanya air. Persyaratan kekentalan, aspal harus dipenuhi supaya diperoleh aspal dapat rnelapisi agregat selama pencampuran dan pemadatan berlangsung.

Perencanaan rumus campuran kerja dilaksanakan di laboratorium dan selanjutnya diadakan simulasi di pabrik (*asphalt mixing plant*). Simulasi di pabrik harus dilakukan karena pencampuran di dalam pabrik tidak sama persis dengan pencampuran beraspal yang dilakukan di laboratorium. Setelah pencampuran agregat dan aspal di *mixing plant* selesai dilakukan selanjutnya diangkut ke lokasi pekerjaan dan segera dihamparkan sampai didapat lapisan yang seragam. Dalam kondisi masih panas, lapisan tersebut segera dipadatkan untuk mendapatkan lapisan yang rata dan padat. Mula-mula dilaksanakan percobaan pemadatan (*trial mix*) untuk menentukan jumlah gilasan pemadatan mesin pemadat yang diperlukan untuk mencapai persyaratan kepadatan. Selama persyaratan suhu pemadatan masih terpenuhi, uji coba pemadatan terhadap resep campuran kerja biasanya dapat memenuhi persyaratan teknis. Jika persyaratan kepadatan terpenuhi maka resep campuran kerja dapat diterima sehingga produksi campuran beraspal di *asphalt mixing plant* dan pekerjaan pemadatan dapat dilanjutkan. Namun apabila ternyata uji coba tersebut tidak berhasil memenuhi persyaratan kepadatan, maka mau tidak mau resep campuran kerja harus diubah atau dikoreksi lagi.

Perencanaan campuran beraspal dimaksudkan untuk memenuhi persyaratan teknis, sehingga campuran beraspal yang dihasilkan memiliki kecukupan stabilitas

(*stability*), keawetan (*durability*), kecukupan kelenturan (*flexibility*), kecukupan kekedapan (*impermeability*), mudah dikerjakan (*workability*), tahan terhadap kelelahan (*fatigue resistance*), kekesatan yang cukup (*skid resistance*).

*Stability*, yaitu kemampuan untuk menahan deformasi akibat beban yang diterima. Ketidakstabilan perkerasan ditandai dengan adanya alur (*rutting*) dan keriting (*corrugation*). *Stability* perkerasan tergantung pada kohesi dan *internal friction*.

*Durability*, yaitu kemampuan untuk menahan disintegrasi oleh perubahan cuaca maupun beban lalu lintas. Perubahan cuaca bisa mengakibatkan perubahan karakteristik aspal, antara lain karena oksidasi, kerusakan oleh air dan lain-lain.

*Flexibility*, yaitu kemampuan untuk dapat mengikuti perubahan bentuk akibat beban berulang yang diterima.

*Fatigue resistance*, yaitu ketahanan lapis perkerasan untuk menahan beban roda yang berulang.

*Skid resistance*, yaitu kemampuan perkerasan dalam kondisi basah untuk menghindari terjadinya *slipping*.

*Impermeability*, yaitu kemampuan lapis perkerasan untuk menahan masuknya air atau udara ke dalam perkerasan.

*Workability*, yaitu kemudahan dalam pelaksanaan konstruksi, meliputi pencampuran, pengangkutan, penghamparan dan pemadatan.

Sifat-sifat teknis tersebut bernilai kualitatif. Agar kualitas sifat-sifat tersebut dapat dipenuhi dalam perencanaan campuran beraspal maka dikeluarkan spesifikasi teknik. Spesifikasi teknik berisi nilai-nilai parameter-parameter yang ditinjau. Bina Marga (sekarang menjadi bagian Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah) menetapkan *sifat-sifat Marshall* sebagai parameter dalam spesifikasi teknik. Dinamakan sifat-sifat Marshall karena sifat-sifat tersebut diperoleh dari sampel yang disiapkan dengan prosedur dan peralatan pemadatan serta kemudian diuji dengan mesin yang dikembangkan oleh Bruce Marshall dari USA. Secara rinci persyaratan teknik campuran terdiri dari stabilitas, kelelahan, dan parameter volumetrik (yaitu *Voids In the Mixtures (VIM)*, *Voids in Mineral Aggregates (VMA)* dan *Voids Filled with Bitumens (VFB)*). Di USA sendiri telah

dikembangkan spesifikasi baru yang disusun oleh SHRP (*Strategic Highway Research Project*). Spesifikasi tersebut tidak lagi mendasarkan pada sifat-sifat Marshall tetapi parameter volumetrik dan parameter mekanis misalnya kekakuan.

### 3. Prosedur Pencampuran Aspal di Laboratorium

#### *Tahap Penyiapan dan Pengujian Material serta Penyiapan Peralatan.*

Tahap penyiapan dan pengujian material dimaksudkan untuk mengevaluasi agregat dan bitumen. Prosedur pengujian material mengikuti SNI. Apabila standaryang diperlukan ternyata belum terdapat pada SNI maka penelitian dirujukpada ASTM atau AASHTO. Material yang tidak memenuhi persyaratan, tidak digunakan untuk penibuatan briket.

- a) Evaluasi agregat yang terdiri dari : fraksi kasar, agregat halus dan bahan pengisi. Sifat-sifat teknis agregat yang diuji adalah :

Tabel 5.1. Sifat-sifat teknis agregat dan persyaratannya

Sifat (Satuan)	Metoda Uji	Nilai
Ketahanan agregat dengan alat tumbuk (%)	SNI 03-4426-1997	Maksimum 30
Keausan agregat dengan mesin abrasi Los Angeles (%)	SNI -03-2417-1991	Maksimum 40
BJ agregat kasar	SNI 03-1969-1990	Minimum 2,5
Penyerapan (%)	SNI 03-1969-1990	Maksimum 3
<i>BJ agregat halus</i>	SNI 03-1970-1990	Minimum 2,5
<i>Nilai SE abu batu (%)</i>	SNI 03-4428-1997	Minimum 60
BJ bahan pengisi	SNI 15-2531-1991	-

Pemilihan agregat harus mempertimbangkan

- Ketersediaan (lokal)
- Ekononlis
- Kualitas

Setelah dievaluasi sifat-sifat teknis per fraksi agregat, selanjutnya dilakukan pencampuran agregat. Campuran fraksi-fraksi agregat kemudian dihitung nilai BJ campuran agregat. Rumus untuk menghitung BJ campuran agregat adalah :

$$G_{sb} = \frac{100}{\frac{P_1}{G_1} + \frac{P_2}{G_2} + \dots + \frac{P_n}{G_n}} \dots\dots\dots (5.1)$$

dengan

$G_{sb}$  : berat jenis *bulk* campuran agregat

$P_1, P_2, \dots, P_n$  : persentase berat dari komponen agr. 1, 2, ... n

$G_1, G_2, \dots, G_n$  : berat jenis *bulk* dari masing-masing agr. 1, 2, ..., n

b) Evaluasi bitumen. Sifat-sifat teknis aspal yang dinilai adalah :

Tabel 5.2. Sifat-sifat teknis aspal dan persyaratannya

Jenis Pengujian (Satuan)	Metoda Uji	Nilai Spesifikasi pen 60/70
Penetrasi : 25°C, 5 detik, 100gram(dmm)	SNI-06-2456-1991	60-79
Titik lembek, (°C)	SNI-06-2434-1991	48-58
Titik nyala, (°C)	SNI-06-2433-1991	Minimum 200
Kehilangan berat : 163 °C, 5 jam, (%berat)	SNI-06-2440-1991	Maksimum SO
Kelarutan dalam C,HC1 <sub>3</sub> (% berat)	ASTM D 2041	Minimum 99
Daktilitas : 25°C, 5 cm/menit, (cm)	SNI-06-2432-1991	Minimum 100
Penetrasi dari residu, (% semula)	SNI-06-2456-1991	Minimum 54

Tabel 5.2. Sifat-sifat teknis aspal dan persyaratannya (lanjutan)

Jenis Pengujian (Satuan)	Metoda Uji	Mai Spesifikasi Pen 60/70
Berat jenis (25°C)	SNI-06-2441-1991	Minimum 1
Daktilitas setelah kehilangan berat 25°C, 5 cm/menit, (cm)	SNI-06-2432-1991	Minimum 50
Viskositas	AASHTO T 72-90	-

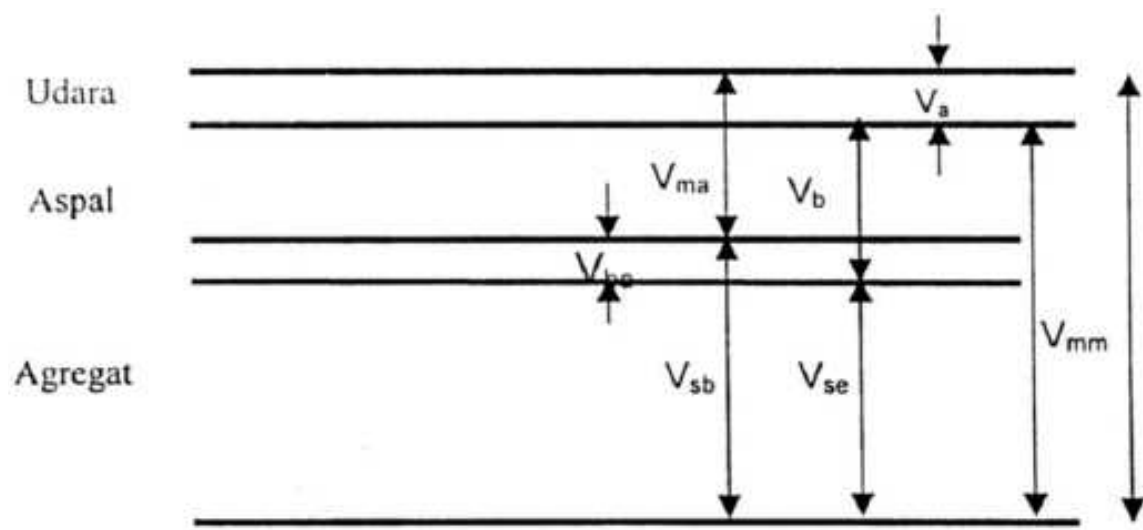
Uji viskositas dimaksudkan untuk mencari suhu pencampuran dan suhu pemadatan. Suhu pencampuran adalah suhu pada saat viskositas aspal mencapai  $170 \pm 20$  cSt. Suhu pemadatan adalah suhu pada saat viskositas aspal mencapai  $280 \pm 30$  cSt.

c) Peralatan utama berupa alas pemadat dan mesin uji marshall untuk mengukur nilai stabilitas dan kelelahan briket yang telah dipadatkan.

*Pengujian Campuran Beraspal* yang terdiri dari :

a) Pencampuran agregat panas dan aspal cair panas.

- b) Pemadatan Marshall sejumlah jumlah tumbukan Marshall yang sesuai kategori lalu lintas rencananya. Variasi tumbukan Marshall terdiri dari  $2 \times 35, 2 \times 50, 2 \times 75$  tumbukan.
- c) Jumlah benda uji yang dipersiapkan sesuai dengan jumlah variasi kadar aspal. Untuk campuran beraspal jenis *Hot Rolled Asphalt* (FIRA) biasanya dilakukan uji coba terhadap enam variasi kadar aspal sesuai tipe HRA yang dipilih. Untuk jenis aspal beton, jumlah uji coba sampel adalah enam variasi kadar aspal, yaitu  $P_{est}, P_{est} \pm 0,5 \%, P_{est} \pm 1 \%$  dan  $P_{est} - 1,5 \%$ . Nilai  $P_{est}$ , dihitung dari persamaan berikut :
- $$P_{est} = 0,035 \times CA + 0,045 \times FA + 0,18 \times FF + \text{Konstanta} \dots\dots\dots(5.2)$$
- Nilai konstanta untuk laston adalah 0,5 – 1.
- d) Perhitungan sifat-sifat volumetrik campuran beraspal yang terdiri dari kepadatan, kadar aspal terserap, VMA, VIM dan VFA. Konsep perhitungan campuran beraspal disajikan pada Gambar 5.1 berikut.



Gambar 5.1 campuran Aspal Beton setelah Dipadatkan

Keterangan :

- $V_a$  : volume udara/pori = VIM
- $V_{ma}$  : volume pori antar butir agregat
- $V_{mb}$  : volume bulk campuran yg telah dipadatkan
- $V_{mm}$  : volume campuran tanpa volume udara
- $V_b$  : volume aspal
- $V_{ba}$  : volume aspal yang terabsorpsi
- $V_{sb}$  : volume *bulk* agregat

$V_{se}$  : volume agregat efektif

Rumus-rumus untuk menghitung sifat-sifat volumetrik diberikan pada persamaan-persamaan berikut.

▪ Kadar aspal terserap :

$$P_{ba} = 100 \left( \frac{G_{se} - G_{sb}}{G_{sb} \cdot G_{se}} \right) \cdot G_b \dots\dots\dots (5.3)$$

dengan

$P_{ba}$  : aspal yg diserap, persen dari berat agregat

$G_{sb}$  : berat jenis *bulk* campuran agregat

$G_{se}$  : berat jenis efektif dari total agregat.

Dimana  $G_{se}$  dihitung sebagai berikut :

$$G_{se} = \frac{W_{mm} - W_b}{V_{mm} - V_b} \dots\dots\dots (5.4)$$

dengan

$W_{mm}, V_{mm}$  : berat dan volume campuran sebelum dipadatkan

$W_b, V_b$  : berat dan volume aspal dalam campuran

$$V_{mm} = \frac{W_{mm}}{\gamma_w} + \frac{W_{m1m}}{\gamma_w} - \frac{W_2}{\gamma_w} \dots\dots\dots (5.5)$$

dengan  $\gamma_w$  adalah BJ air (1 g/ml)

• BJ *bulk* campuran beraspal :

Nilai ini ditentukan melalui rasio berat di udara dengan volume *bulk*. Ada beberapa cara, salah satunya dengan menyelimuti benda uji dengan paraffin sebelum ditimbang di air.

$$G_{mb} = \frac{W_m}{(V_{mb} + V_p) - V_p} \dots\dots\dots (5.6)$$

dengan

$G_{mb}$  : BJ *bulk* campuran padat

$W_m$  : berat benda uji padat (tanpa selimut paraffin)

$(V_{mb} + V_p)$  : vol *bulk* benda uji padat + vol paraffin

$V_p$  : volume selimut paraffin

$$G_{mb} = \frac{W_m}{(W_{mp} - W_{mpw}) - \left( \frac{W_{mp} - W_m}{G_p} \right)} \dots\dots\dots (5.7)$$

Cara lain adalah tanpa menyelimuti benda uji dengan paraffin, tetapi dengan menggunakan berat kering permukaan jenuh ( $W_{mssd}$ ), dengan rumus :

$$G_{mb} = \frac{W_m}{W_{mssd} - W_{mw}} \dots\dots\dots (5.8)$$

- Analisa kepadatan dan pori (*density-voids*) yang dilakukan sebagai berikut :

<u>Parameter</u>	<u>Rumus</u>	<u>Nomor Persamaan</u>
▪ Berat campuran beraspal	$W = 100 G_{mb}$	(5.9)
▪ Berat aspal	$W_b = \frac{P_b \cdot W}{100}$	(5.10)
▪ Berat agregat	$W_s = W - W_b$	(5.11)
▪ Berat aspal terabsorpsi	$W_{bs} = \frac{P_{ba} \cdot W_s}{100}$	(5.12)
▪ Volume aspal	$V_b = \frac{W_b}{G_b}$	(5.13)
▪ Volume aspal terabsorpsi	$V_{ba} = \frac{W_{ba}}{G_b}$	(5.14)
▪ Volume agregat	$V_{sb} = \frac{W_s}{G_{sb}}$	(5.15)
▪ Rongga udara dalam campuran (VIM)	$V_a = 100 - (V_b + V_{sb} - V_{ba})$	(5.16)
▪ Rongga dalam mineral agregat (VMA)	$VMA = 100 - V_{sb}$	(5.17)

- Berat jenis maksimum (teoritis) campuran beraspal yaitu BJ campuran beraspal *tanpa* pori.

Nilai BJ maksimum teoritis dihitung dengan persamaan berikut.

$$G_{mm} = \frac{W_{mm}}{V_{mm}} = \frac{W_{mm}}{\frac{W_{mm}}{\gamma_w} + \frac{W_1}{\gamma_w} + \frac{W_2}{\gamma_w}} \dots\dots\dots (5.18)$$

atau

$$G_{mm} = \frac{W}{V_{sb} + V_b - V_{bs}} \dots\dots\dots (5.19)$$

- Kadar aspal efektif

Kadar aspal efektif adalah kadar aspal total tanpa jumlah aspal yang terserap agregat. Persamaan yang digunakan untuk menghitung kadar aspal efektif adalah :

$$P_{be} = \frac{W_b - W_{ba}}{W_m - W_{ba}} \dots\dots\dots (5.20)$$

yang kemudian dapat dikembangkan menjadi :

$$P_{be} = \left[ \frac{P_b - \frac{P_{ba}}{100}(100 - P_b)}{100 - \frac{P_{ba}}{100}(100 - P_b)} \right] \cdot 100 \dots\dots\dots (5.21)$$

- e) Pengukuran stabilitas dan kelelahan campuran beraspal dengan mesin uji Marshall.
- f) Penentuan kadar aspal optimum, yaitu kadar aspal yang dinilai memenuhi semua kriteria *sifat-sifat Marshall* sesuai spesifikasi teknis yang diacu, misalnya persyaratan VIM, VMA, VFA, stabilitas, kelelahan dan stabilitas sisa.

*Contoh Perhitungan Campuran Beraspal*

Berikut ini diberikan contoh perhitungan campuran beraspal menggunakan persamaan- persamaan di atas dari contoh data yang tersedia.

Contoh data :

- a) BJ aspal dan agregat serta proporsi agregat sesuai fraksi

Material	Berat Jenis		Prosentase thd berat total campuran
	<i>Apparent</i>	<i>Bulk</i>	
<i>Asphalt Cement, 85 – 100</i>	1,010	-	6,96
Agregat kasar	-	2,604	51,45
Agregat halus	-	2,723	34,24
<i>Filler/pengisi</i>	2,701	-	7,35

- b) Pengukuran berat campuran sebelum dipadatkan
  - Berat bersih campuran di udara ( $W_{mm}$ ) : 1260,0 g
  - Berat bersih labu diisi air ( $W_1$ ) : 2001,0 g
  - Berat bersih labu, sampel dan air ( $W_2$ ) : 2744,9 g
- c) Pengukuran berat campuran setelah dipadatkan
  - Berat campuran padat ( $W_m$ ) : 1174,7 g
  - Berat campuran padat dilapisi parafin ( $W_{mp}$ ) : 1219,9 g
  - Berat campuran padat berlapis parafin di dalam air ( $W_{mpw}$ ) : 668,6 g



- Berat jenis parafin ( $G_p$ ) : 0,9
- Berat campuran di dalam air ( $W_{mw}$ ) : 679,8 g
- Berat campuran tiering permukaan jenuh ( $W_{mssd}$ ) : 1 179,9 g

Contoh langkah-langkah perhitungan :

1) Perhitungan BJ total agregat

Rumus yang digunakan adalah persamaan 5.1 untuk menghitung  $G_{sb}$ , sehingga hitungan menjadi:

$$G_{sb} = \frac{51,45 + 34,24 + 7,35}{\frac{51,45}{2,604} + \frac{34,24}{2,723} + \frac{7,35}{2,701}} = \frac{93,04}{19,76 + 12,57 + 2,72}$$

$$G_{sb} = 2,654$$

2) Kadar aspal terserap agregat

Mula-mula digunakan persamaan 5.5 untuk menghitung  $V_{mm}$ , sehingga hitungan menjadi :

$$V_{mm} = \frac{1260,0}{1} + \frac{2001,0}{1} - \frac{2744,9}{1} = 516,1 \text{ ml}$$

Kemudian digunakan persamaan 5.4 untuk menghitung  $G_{se}$ , sehingga hitungan menjadi :

$$G_{se} = \frac{1260,0 - 0,0696(1260,0)}{516,1 - \frac{0,0696(1260,0)}{1,010}} = \frac{1172,3}{429,3} = 2,731$$

Kemudian digunakan persamaan 5.3 untuk menghitung  $P_{ba}$ , sehingga hitungan menjadi :

$$P_{ba} = 100 \left( \frac{2,731 - 2,654}{2,654(2,731)} \right) 1,010 = 1,07\%$$

3) Perhitungan BJ bulk campuran beraspal dengan menggunakan persamaan 5.7 sehingga diperoleh hasil hitungan :

$$G_{mb} = \frac{1174,7}{(1219,9 - 668,6) - \left( \frac{1219,9 - 1174,7}{0,9} \right)}$$

$$G_{mb} = \frac{1174,7}{501,1} = 2,344$$

4) Perhitungan kepadatan dan pori (*density-voids*) yang dilakukan sebagai berikut :

- Perhitungan berat (persamaan 5.9)

$$W = 100 \cdot 2,344 = 234,4 \text{ gr}$$

- Perhitungan berat aspal (persamaan 5.10)

$$W_b = \frac{6,96(234,4)}{100} = 16,3 \text{ gr}$$

- Perhitungan berat agregat (persamaan 5.11)

$$\begin{aligned} W_s &= W - W_b \\ &= 234,4 - 16,3 = 218,1 \text{ gr} \end{aligned}$$

- Perhitungan berat aspal terabsorpsi (persamaan 5.12)

$$W_{ba} = \frac{P_{bs} \cdot W_s}{100} = \frac{1,07(218,1)}{100} = 2,3 \text{ g}$$

- Perhitungan volume aspal (persamaan 5.13)

$$V_b = \frac{W_b}{G_b} = \frac{16,3}{1,010} = 16,1\%$$

- Perhitungan volume aspal terabsorpsi (persamaan 5.14)

$$V_{ba} = \frac{W_{ba}}{G_b} = \frac{2,3}{1,010} = 2,3\%$$

- Perhitungan volume agregat (persamaan 5.15)

$$V_{sb} = \frac{W_s}{G_{sb}} = \frac{218,1}{2,654} = 82,2\%$$

- Perhitungan VIM (persamaan 5.16)

$$V_a = 100 - (16,1 + 82,2 - 2,3) = 4,0\%$$

- Perhitungan VMA (persamaan 5.17)

$$VMA = 100 - V_{sb} = 100 - 82,2 = 17,8\%$$

5) BJ maksimum campuran beraspal

Nilai ini dihitung dengan persamaan 5.18 sehingga diperoleh :

$$G_{mm} = \frac{1260,0}{\frac{1260,0}{1} + \frac{2001,0}{1} - \frac{2744,9}{1}} = \frac{1260,0}{516,1} = 2,441$$

atau dihitung dengan persamaan 5.19 sehingga diperoleh :

$$G_{mm} = \frac{2,344}{82,2 + 16,1 - 2,3} = 2,442$$

6) Kadar aspal efektif

Nilai kadar aspal efektif dihitung dengan persamaan 5.21

$$P_{be} = \left[ \frac{6,96 - \frac{1,07}{100} (93,04)}{100 - \frac{1,07}{100} (93,04)} \right] \cdot 100 = \frac{6,96 - 0,87}{100 - 0,87} = 6,14\%$$

#### 4. Sifas-sifat Teknis Beton untuk Perkerasan Jalan

Perencanaan rumus campuran kerja dilaksanakan di laboratorium dan selanjutnya diadakan simulasi di pabrik (*asphalt mixing plant*). Simulasi di pabrik harus dilakukan karena pencampuran di dalam pabrik tidak sama persis dengan pencampuran beraspal yang dilakukan di laboratorium. Setelah pencampuran agregat air dan semen di *concrete mixing plant* selesai dilakukan selanjutnya diangkut ke lokasi pekerjaan. Sesampai ditempat tujuan, campuran segar betondihampar dan dipadatkan dengan pemadat getar. Hasilnya kemudian ditunggu sampai dengan 28 hari. Hal tersebut dimaksudkan untuk menunggu beton membentuk kekuatan akhir. Setelah itu, dilakukan *core drill* pada struktur atau diuji secara *non destructive test*. Jika dilakukan secara *core drill* selanjutnya harus diuji dengan uji tekan silinder. Jika persyaratan kekuatan tekan terpenuhi maka resep campuran kerja dapat diterima sehingga produksi campuran beton di *concrete mixing plant* dan pekerjaan pemadatan dapat dilanjutkan. Jika persyaratan teknis tersebut tidak dipenuhi maka perencanaan campuran kerja harus diulang dan konstruksi semula harus dibongkar.

Sifat-sifat teknis yang penting untuk campuran beton adalah kekuatan tekan, kekuatan tarik, kekuatan lentur, keawetan, permeabilitas, tahanan terhadap abrasi, *workability*, *harshness* dan perubahan volume. Deskripsi sifat-sifat teknis adalah sebagai berikut :

- a) Kekuatan tekan yaitu tekanan maksimum yang dapat ditahan silinder beton setelah 28 hari. Kekuatan tekan diperoleh dari beban maksimum yang dapat ditahan silinder dibagi luas penampang silinder beton. Kekuatan tekan beton penting karena beton terutama mampu menahan beban tekan.
- b) Kekuatan tarik beton sebenarnya jauh lebih rendah dibandingkan kekuatan tekannya yaitu sekitar 10 %. Kekuatan tarik dilihat karena beban kendaraan menimbulkan tegangan dan regangan tarik pada slab beton. Regangan tarik

pada beton juga dapat terjadi akibat perubahan volume beton. Namun untuk regangan tank yang disebabkan oleh beban kendaraan biasanya diatasi dengan pemasangan tulangan pada pelat beton.

- c) Kekuatan lentur atau *modulus rupture* ( $M_r$ ). Kekuatan lentur diperoleh dari uji lentur. Secara kasar nilai kekuatan lentur dapat dikaitkan dengan kekuatan tekan juga dan dirumuskan sebagai berikut.

$$M_r = 0,7 \times \sqrt{(\text{kekuatan tekan})} \text{ Mpa} \dots\dots\dots (5.22)$$

atau

$$M_r = 8,4 \times \sqrt{(\text{kekuatan tekan})} \text{ psi} \dots\dots\dots (5.23)$$

Kisaran kekuatan lentur beton adalah 15 % dari kekuatan tekannya.

- d) Keawetan adalah tahanan beton terhadap beragam kondisi yang menimbulkan disintegrasi. Sifat keawetan harus dipertimbangkan karena terdapat sejumlah reaktif yang terpengaruhi sifat kembang susut.
- e) Permeabilitas adalah sifat kedap air. Semakin porous campuran beton, semakin mudah aliran udara atau air melalui material beton. Terdapat indikasi bahwa permeabilitas terkait dengan keawetan.
- f) Tahanan terhadap abrasi. Sifat ini penting karena beban dan orientasi roda kendaraan akan menimbulkan pengausan pada permukaan beton. Tahanan terhadap abrasi dinilai dari *depth of wear* (mm).
- g) *Workability* menunjukkan konsistensi atau plastisitas atau kemudahan penghamparan beton tanpa segregasi atau *bleeding*. Segregasi adalah pemisahan agregat kasar dari mortar. *Bleeding* adalah perpindahan atau pergerakan air ke permukaan beton. *Bleeding* dapat mengakibatkan rasio semen air di permukaan beton menjadi meningkat sehingga mengakibatkan lapisan yang lemah. Segregasi atau *bleeding* dapat disebabkan kelebihan getaran akibat pemadatan selama penghamparan, terlalu banyak air atau perencanaan campuran beton yang jelek. Secara umum dikatakan bahwa penambahan air akan meningkatkan *workability*. *Workability* harus memadai untuk menjamin bahwa beton setelah dihamparkan selanjutnya dapat dipadatkan dengan mudah dan memadai yaitu kadar air minimum yang

memungkinkan beton dapat dihampar dan kemudian mengental dan bertahan dengan stabil terhadap vibrasi pemadat.

- h) *Harshness* adalah indikasi kualitas penyelesaian beton. *Harshness* hampir mirip dengan *skid resistance* pada perkerasan lentur.
- i) Perubahan volume disebabkan perubahan suhu. Perubahan volume dapat disebabkan oleh perubahan panjang, penyusutan dan *creep*.

### 5. Prosedur Pencampuran Beton

Prosedur perencanaan campuran beton menurut ACI adalah sebagai berikut :

1. Dipilih nilai *Slam* untuk konstruksi jenis perkerasan atau pelat (*slab*) yaitu 25 mm – 75 mm.
2. Dipilih ukuran nominal agregat yang ekonomis sesuai ketersediaan bahan di *agregat crushing plant*. Sebagai kriteria, ukuran nominal agregat sebaiknya nilai maksimum dari 1/5 lebar cetakan, 1/3 dari ketebalan slab dan 1/4 dari jarak antar tulangan.
3. Dipilih ketentuan kebutuhan air dan jumlah pori udara berdasarkan ukuran nominal agregat sesuai tabel berikut.

Tabel 5.3. Estimasi air untuk campuran beton dan persyaratan kadar udara

Slam (mm)	Air (kg/m) sesuai ukuran nominal agregat							
	9,5	12,5	19	25	37,5	50	75	150
<i>Non Air entrained concrete</i>								
25 – 50	207	199	190	179	166	154	130	113
50 – 75	228	216	205	193	181	169	145	124
Perkiraan <i>entrapped air</i> (%)	3	2,5	2	1,5	1	0,5	0,3	0,2
<i>Air entrained concrete</i>								
25 – 50	181	175	168	160	150	142	122	107
50 – 75	202	193	184	175	165	157	133	119
Kadar udara yang direkomendasikan (%)								
Kontak udara luar ringan	4,5	4	3,5	3	2,5	2	1,5	1
Kontak udara luar sedang	6	5,5	5	4,5	4,5	4	3,5	3
Kontak udara luar inensif	7,5	7	6	6	5,5	5	4,5	4

4. Dipilih rasio air-semen berdasarkan estimasi kekuatan tekan atau kondisi kontak dengan udara luar (*exposure*) dari tabel berikut.

Tabel 5.4. Estimasi kekuatan rerata untuk beton

Kekuatan desak setelah 28 hari	Rasio air-semen (berdasarkan massa) untuk kriteria kuat desak	
	<i>Non air entrained concrete</i>	<i>Air entrained concrete</i>
40	0,42	-
35	0,47	0,39
30	0,54	0,45
25	0,61	0,52
20	0,69	0,60
15	0,79	0,70

Tabel 5.5. Rasion air semen maksimum sesuai kondisi lingkungan

Tipe struktur	Struktur yang basah terus menerus, atau sering kontak dengan kembang susut akibat saldu dan panas	Struktur yang kontak dengan air laut atau sulfat
Bagian yang tipis (rel, kerb, sills, ledges, pekerjaan ornamental) atau pekerjaan yang kurang selimut betonnya kurang dari 1 inchi	0,45	0,4
Struktur lain selain di atas	0,5	0,45

- Dihitung kadar semen berdasarkan nilai rasio air-semen (langkah 4) dan estimasi kebutuhan air (langkah 3).
- Diperkirakan proporsi agregat kasar dari tabel berikut.

Tabel 5.6. Estimasi volume agregat kasar kering per unit volume beton

Ukuran nominal agregat(mm)	Volume agregat kasar kering per unit volume beton untuk beragam nilai <i>Fineness modull</i> agregat halus			
	2,4	2,6	2,8	3
9,5	0,5	0,48	0,46	0,44
12,5	0,59	0,57	0,55	0,53
19	0,66	0,64	0,62	0,6
25	0,71	0,69	0,67	0,65
37,5	0,75	0,73	0,71	0,69
50	0,78	0,76	0,74	0,72
75	0,82	0,8	0,78	0,76
150	0,87	0,85	0,83	0,81

- Diperkirakan massa agregat halus dari tabel massa beton segar berikut

Tabel 5.7. Estimasi massa agregat halus

Perkiraan awal massa beton sear per kg, /m3

Ukuran nominal agregat (mm)	<i>Non air entarined concrete</i>	<i>Air entarined concrete</i>
9,5	2280	2200
12,5	2310	2230
19	2345	2275
25	2380	2290
37,5	2410	2350
50	2445	2345
75	2490	2405
150	2530	2435

8. Dihitung ulang proporsi agregat halus, agregat kasar, semen dan air berdasarkan nilai absorpsi agregat halus.
9. Dihitung kebutuhan pembuatan silinder uji desak beton.
10. Dilakukan uji coba campuran beton di batch-batch. Pada proses ini diukur nilai *Slam*, kadar rongga, kepadatan dan kekuatan tekan. Pada tahap ini dimungkinkan **penambahan** dan **pengurangan** air untuk memenuhi persyaratan *Slam*. Jika terdapat koreksi terhadap jumlah air semula maka dilakukan perhitungan ulang.
11. Selanjutnya dilakukan uji desak silinder beton jika diperlukan. Jika telah memenuhi persyaratan maka, resep campuran kerja untuk beton dapat digunakan. Jika tidak maka perlu dilakukan percobaan lagi misalnya dengan perubahan material.

## 6. Rangkuman

- 1) Resep campuran kerja adalah komposisi campuran beraspal atau beton yang telah memenuhi persyaratan teknik. Proses perencanaan resep campuran kerja disebut perencanaan campuran. Proses tersebut dilaksanakan secara coba-coba di laboratorium dan bersifat empirik. Resep campuran kerja berupa komposisi fraksi-fraksi agregat yang menghasilkan spesifikasi gradasi dan proporsi bahan ikat, dalam hal ini % aspal atau rasio semen-air.
- 2) Penerapan resep campuran kerja dilapangan meliputi pembuatan resep campuran kerja di pabrik/*plant*, baik *asphalt mixing plant* atau *concrete, mixing plant*. Setelah itu, campuran diangkut ke lokasi proyek dengan truk untuk dihampar dan dipadatkan. Pada campuran beraspal, mula-mula

dilaksanakan percobaan pemadatan (*trial mix*) untuk menentukan jumlah gilasan pemadatan mesin pemadat yang diperlukan untuk mencapai persyaratan kepadatan. Jika persyaratan kepadatan terpenuhi maka resep campuran kerja dapat diterima sehingga produksi campuran beraspal di *asphalt mixing plant* dan pekerjaan pemadatan dapat dilanjutkan. Pada campuran beton, sesampai ditempat tujuan, campuran segar beton dihampar dan dipadatkan dengan pemadat getar. Hasilnya kemudian ditunggu sampai dengan 28 hari. Hal tersebut dimaksudkan untuk menunggu beton membentuk kekuatan akhir. Setelah itu, dilakukan *core drill* pada struktur atau diuji secara *non destructive test*. Jika dilakukan secara *core drill* selanjutnya harus diuji dengan uji tekan silinder. Jika persyaratan kekuatan tekan terpenuhi maka resep campuran kerja dapat diterima sehingga produksi campuran beton di *concrete mixing plant* dan pekerjaan pemadatan dapat dilanjutkan. Jika persyaratan teknis tersebut tidak dipenuhi maka perencanaan campuran kerja harus diulang dan konstruksi semula harus dibongkar.

- 3) Perencanaan campuran beraspal dimaksudkan untuk memenuhi persyaratan teknis, berupa stabilitas (*stability*), keawetan (*durability*), kelenturan (*flexibility*), kedap air (*impermeability*), mudah dikerjakan (*workability*), tahan terhadap kelelahan (*fatigue resistance*), kekesatan yang cukup (*skid resistance*). Perencanaan campuran beraspal di Indonesia lazim dilaksanakan sesuai prosedur Marshall.
- 4) Perencanaan beton dimaksudkan untuk memenuhi persyaratan teknis, berupa kekuatan tekan, kekuatan tarik, kekuatan lentur, keawetan, permeabilitas, tahanan terhadap abrasi, *workability*, *harshness* dan perubahan volume. Perencanaan campuran beraspal dapat dilakukan dengan prosedur AC1.

### C. PENUTUP

#### 1. Latihan Soal

- 1) Apakah yang dimaksud resep campuran kerja?
- 2) Jelaskan proses penerapan resep campuran kerja di lapangan!



- 3) Campuran beton aspal mengandung 2250 kg agregat dan 150 aspal per m<sup>3</sup>. Absorpsi agregat 1.2 %. BJ bulk agregat = 2,67 dan BJ aspal = 1,05. Hitunglah kepadatan, kadar aspal (total, efektif, terserap) dan sifat-sifat volumetrik (VIM, VMA dan VFA).
- 4) Konstruksi perkerasan beton setebal 150 mm akan dibangun di daerah yangterkena pengaruh air laut. Persyaratan kekuatan tekan sebesar 20 Mpa. Nilai *modulus offineness* pasir = 2,8 dan memiliki nilai absorpsi 1,2 %. Agregatkasarnya memiliki nilai absorpsi 1,6 %, kepadatan keringnya 1730 kg/m<sup>3</sup> dankadar air 3 %. Jenis beton *air entrained concrete*. Rencanakan kebutuhan bahan untuk uji desak silinder beton dan uji-uji lainnya bila diperkirakan semua uji tersebut membutuhkan 0,03 m<sup>3</sup> campuran beton segar.

## 2. Petunjuk Penilaian

Setiap nomor pada latihan di atas berbobot 25 %. Kemampuan anda menjawab soal dengan benar mencerminkan penguasaan materi yang telah diberikan.

Jawaban yang benar	Kategori Penguasaan Materi
< 25 %	Kurang
25 % - 50 %	Cukup
50 % - 75 %	Baik
> 75 %	Sangat Baik

## 3. Jawaban

- 1) Resep campuran kerja adalah komposisi campuran beraspal atau beton yang telah memenuhi persyaratan teknik. Proses perencanaan resep campuran kerja disebut perencanaan campuran. Proses tersebut dilaksanakan secara coba-coba di laboratorium. Resep campuran kerja berupa komposisi fraksi-fraksi agregat yang menghasilkan spesifikasi gradasi dan proporsi bahan ikat (% aspal atau rasio semen-air).
- 2) Penerapan resep campuran kerja dilapangan meliputi pembuatan resep campuran kerja di pabrik/*plant*. Setelah itu, campuran diangkut ke lokasi proyek dengan truk untuk dihampar dan dipadatkan. Pada campuran beraspal,

mula-mula dilaksanakan *trial mix* untuk menentukan jumlah gilasan pemadatan mesin pemadat yang diperlukan untuk mencapai persyaratan kepadatan. Jika persyaratan kepadatan terpenuhi maka resep campuran kerja dapat diterima sehingga produksi campuran beraspal di *asphalt mixing plant* dan pekerjaan pemadatan dapat dilanjutkan. Pada campuran beton, sesampai ditempat tujuan, campuran segar beton dihampar dan dipadatkan dengan pemadat getar. Hasilnya kemudian ditunggu sampai dengan 28hari. Hal tersebut dimaksudkan untuk menunggu beton membentuk kekuatan akhir. Setelah itu, dilakukan *core drill* pada struktur atau diuji secara *non destructive test*. Jika dilakukan secara *core drill* selanjutnya harus diuji dengan uji tekan silinder. Jika persyaratan kekuatan tekan terpenuhi maka resep campuran kerja dapat diterima sehingga produksi campuran beton di *concrete mixing plant* dan pekerjaan pemadatan dapat dilanjutkan. Jika persyaratan teknis tersebut tidak dipenuhi maka perencanaan campuran kerja harus diulang dan konstruksi semula harus dibongkar.

3) Diasumsikan volume = 1 m<sup>3</sup>.

Massa aspal terserap = 1,2 % × 2250 = 27 kg.

Massa aspal efektif (yang melapisi agregat) 150 – 27 = 123 kg.

Volume bulk agregat = 2250 (2,67 × 1000) 0,843 m<sup>3</sup>.

Volume aspal efektif = 123 / (1,02 × 1000) = 0,117 m<sup>3</sup>.

Volume rongga berisi udara = I – (0,843 + 0,117) = 0,04 m<sup>3</sup>.

Kadar aspal = 150 / (2250 + 150) = 6,25 %.

Kadar aspal efektif = 123 / (2250 + 150) = 5,12 %.

Kadar aspal terserap = 27 / (2250 + 150) = 1,12

VIM = 0,04/1 = 4%.

VMA = (0,04 + 0,117) / I = 15,7 %.

VFA = 0,117 (0,04 + 0,117) = 74,5 %.

4) Perhitungan dilakukan sebagai berikut :

a) Nilai slam = 25 – 27 inni.

b) Ketebalan slab 150 mm, sehingga maksimum ukuran nominal agregat sebesar = 1/3 × 150 = 50 mm. Selanjutnya dipilih ukuran nominal agregat

sebesar 37,5 mm (misalnya dengan pertimbangan faktor ketersediaan bahan di lapangan).

- c) Jumlah kebutuhan air untuk nilai-nilai slam 25 – 50 mm adalah 150 (lihat tabel 5.3).
- d) Maksimum rasio air semen adalah 0,47 untuk kriteria kekuatan (lihat tabel 5.4) dan 0,45 untuk kriteria kondisi lingkungan (lihat tabel 5.5). Dipilih yang paling rendah rasio air semennya yaitu 0,45. (Mengapa?)
- e) Kadar semen =  $150 \times 0,45 = 333 \text{ kg/m}^3$ .
- f) Estimasi awal volume kering agregat terhadap volume kering beton = 0,71 (lihat Label 5.6). Sehingga massa agregat kasar =  $0,71 \times 1730 \text{ kg} = 1228 \text{ kg}$ .
- g) Estimasi massa awal beton segar = 2350 kg, sehingga massa kering agregat halus =  $2350 - (150 + 333 + 1228) = 2350 - 1711 = 639 \text{ Kg}$ .
- h) Dengan pertimbangan faktor absorpsi (agregat halus dan agregat kasar) maka kebutuhan air perlu dikoreksi sebagai berikut :
  - Akibat faktor absorpsi agregat halus, maka jumlah air yang nantinya akan diserap agregat halus =  $1,2 \% \times 639 = 7,7 \text{ kg}$ .
  - Faktor absorpsi agregat kasar 1,6 %. Oleh karena kadar air agregat kasar 3 % maka kelebihan air agregat kasar  $(3 \% - 1,6 \% ) \times 1228 \text{ kg} = 17,2 \text{ kg}$ .
  - Koreksi proporsi campuran menjadi sebagai berikut.
    - semen = 333 kg.
    - air =  $150 + 7,7 - 17,2 = 140 \text{ kg}$ .
    - Agregat halus leering = 639 kg.
    - Agregat kasar (basah) =  $1228 + (3 \% \times 1228) = 1265 \text{ kg}$ .
- i) Pengujian diperkirakan membutuhkan beton segar sebanyak  $0,03 \text{ m}^3$ . Oleh karena itu maka diperlukan bahan sebanyak :
  - semen =  $333 \times 0,03 = 9,99 \text{ kg}$ ,
  - air =  $140 \times 0,03 = 4,2 \text{ kg}$ .
  - Agregat halus leering =  $639 \text{ kg} \times 0,03 = 19,2 \text{ kg}$ .
  - Agregat kasar (basah) =  $1265 \times 0,03 = 38,0 \text{ kg}$ .

**BAB VI**  
**JENIS CAMPURAN BERASPAL DAN CAMPURAN BETON UNTUK**  
**KONSTRUKSI JALAN**

**A. PENDAHULUAN**

1) Deskripsi Singkat

Bab ini menjelaskan perihal jenis-jenis campuran beraspal dan campuran beton yang lazim digunakan di lapangan untuk membangun atau memperbaiki perkerasan jalan. Penjelasan mencakup pengantar, gambaran umum mutu bahan lokal di Indonesia, uraian singkat per jenis campuran, jenis bahan susun yang digunakan (agregat, aspal atau semen), peruntukannya menurut lapisan-lapisan jalan dan spesifikasi teknik yang harus dipenuhi.

2) Relevansi

Bab ini merupakan pengembangan materi lima bab terdahulu, karena menjelaskan jenis-jenis campuran beraspal atau campuran beton yang lazim diterapkan di lapangan.

3) Tujuan Instruksional Khusus

Pada akhir kuliah ini mahasiswa diharapkan dapat memahami jenis-jenis campuran beraspal dan campuran beton sesuai peruntukannya.

**B. PENYAJIAN**

1) Pengantar

Jalan yang akan atau sudah dibangun melewati suatu kawasan tertentu harus menanggung beban lalu lintas tertentu. Ada jalan yang diperuntukan untuk melayani lalu lintas ringan atau lalu lintas sedang atau lalu lintas berat. Perbedaan tersebut disebut perbedaan fungsional. Perbedaan fungsional harus dipertimbangkan dalam pemilihan jenis campuran kerja yang akan diterapkan. Konstruksi jalan yang melayani lalu lintas ringan tidak perlu dibuat dengan standar teknik seperti jalan yang memang harus melayani lalu lintas berat. Faktor

*ketersediaan* bahan juga perlu diperhatikan dalam pemilihan jenis campuran kerja. Hal tersebut bermanfaat untuk memperoleh optimasi antara hasil kerja dan biaya yang dikeluarkan. Oleh karena pembangunan di Indonesia masih menghadapi faktor biaya sebagai *restraint*/kendalamaka pengetahuan tentang karakteristik campuran dalam rangka pemilihan bahan jalan menjadi sangat penting agar pembangunan infrastruktur jalan dapat terus dilaksanakan secara efisien dan merata.

Perbedaan jenis campuran beraspal salah satunya dicirikan dengan perbedaan persyaratan tekniknya. Penentuan persyaratan teknik yang ditetapkan di Indonesia kadang kala tidak selalu sama persis dengan kelaziman persyaratan teknik internasional. Hal tersebut disebabkan faktor karakteristik bahan lokal dan kondisi iklim. Bahan jalan yang terutama sangat dipengaruhi oleh geografisnya adalah agregat.

## 2) Gambaran Umum Mutu Bahan Jalan di Indonesia

Mutu dan karakteristik agregat yang tersedia di Indonesia ternyata relatif berbeda dan agregat di negara lain. Terdapat sejumlah bahan lokal setempat yang mungkin potensial untuk dimanfaatkan untuk suatu proyek jalan, sehingga tidak perlu mendatangkan dari luar daerah. Spesifikasi Bina Marga menetapkan batasan yang luas mengenai mutu agregat dan masih membolehkan penggunaan agregat yang dianggap marginal atau bahkan tidak cocok dimana-dimana, sebagai contoh berikut ini.

- a) Tingkat penyerapan air. Beberapa batuan sangat menyerap air (kuarsa dan feldspar) dan ini merupakan masalah karena agregat yang diperoleh mungkin sukar untuk dikeringkan atau mungkin menimbulkan masalah pada rencana campuran beraspal. Banyak tempat di Indonesia yang mempunyai persediaan agregat keras yang melimpah tetapi sangat menyerap air (penyerapan bitumen rerata 2 % dari berat campuran aspal yang dianggap maksimum di banyak negara di luar Indonesia) namun batuan tersebut harus digunakan karena alasan-alasan praktis dan ekonomis.

b) Jenis-jenis pasir. Ada batasan yang luas dalam jenis-jenis pasir yang tersedia untuk campuran beraspal dari pasir vulkanis/gunung yang geserannya sangat tinggi yang membuat campuran beraspal sangat kuat tetapi sukar untuk dipadatkan, sampai dengan pasir laut yang mengkilat dan rata yang dengan mudah dapat dipadatkan tetapi menghasilkan campuran beraspal berkekuatan relatif rendah.

Untuk bahan aspal karena merupakan hasil destilasi minyak bumi maka kualitasnya relatif seragam kecuali untuk jenis aspal alam dari Pulau Buton. Untuk jenis aspal kerasnya biasanya digunakan aspal keras jenis AC 60/70.

### 3) Jenis jenis campuran beraspal

#### 3.1 Lapisan perekat

Ada dua jenis lapis perekat, yaitu *primary coating* dan *tack coating*. *Primary coating* dimaksudkan untuk penyiapan suatu lapisan pondasi atas tanpa lapis penutup. Perhatian harus diberikan kepada tingkat kepadatan, bentuk dan tekstur permukaan. Takaran aspal dari lapis perekat *primary coating* adalah 0,5 – 1,1 lt/m<sup>2</sup> untuk lapis pondasi bergradasi rapat dan 0,8 – 1,4 lt/m<sup>2</sup> untuk lapis pondasi bergradasi terbuka.

*Tack coating* dimaksudkan untuk mempersiapkan suatu perkerasan dengan lapis penutup agar siap untuk perawatan lapis ulang (overlay). Takaran aspal dari lapis perekat *tack coating* adalah :

<u>Jenis aspal</u>	<u>Takaran penyemprotan</u>	
	<u>Permukaan baru</u>	<u>Permukaan lama-lapuk</u>
Aspal cair	0,15	0,15-0,35
Aspal emulsi	0,20	0,20-0,50

Pada pelaksanaan kedua jenis lapis perekat tersebut semua jenis kerusakan dari lapisan yang lama harus sudah diperbaiki.

#### 3.2 Laburan aspal satu lapis (BURTU)

Burtu digunakan sebagai lapis penutup ulang pada perkerasan yang ada atau sebagai rawatan pada tahap pertama pada bagian lapis perkerasan yang direkonstruksi.

Bahan BURTU berupa :

1. Agregat berukuran tunggal yang disaring dan ukuran yang dicuci 19 mm atau 12 mm.
2. Aspal keras jenis AC 80-100 atau aspal emulsi jenis CRS1 dan CRS2.
3. Minyak cutter (kadar kerosen 5 %).

Tingkat pemakaiannya disajikan berikut ini.

	<u>19 mm</u>	<u>12 mm</u>	<u>Satuan</u>
Agregat	50–65	65–80	m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>
Aspal AC 85/100	2,4–1,8	1,9–1,6	lt/m <sup>2</sup>
	Batas suhu 135 ° – 176 ° C		

### 3.3 Laburan aspal dua lapis (BURDA)

Burda digunakan sebagai lapis penutup pada lapis pondasi atas yang telah dipadatkan atau pada bagian lapis perkerasan yang direkonstruksi.

Bahan BURDA berupa :

1. Agregat dengan dua variasi yaitu variasi 1 (berukuran 19 mm dan 9 mm) atau variasi 2 (12 mm dan 6 mm).
2. Aspal keras jenis AC 80-100 atau aspal emulsi jenis CRS1 dan CRS2.
3. Minyak cutter (kadar kerosen 5 %).

Tingkat pemakaiannya disajikan berikut ini.

	<u>19 mm</u>	<u>12 mm</u>	<u>9 mm</u>	<u>6 mm</u>	<u>Satuan</u>
Agregat	50–65	65–80	100–125	200–250	m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>
Aspal AC 85/100	2,4–1,8	1,9–1,6	1,2–1,0	1,0–0,8	lt/m <sup>2</sup>

### 3.4 Lapisan tipis aspal pasir (LATASIR)

Latasir digunakan sebagai lapis penutup ulang pada pemakaian jangka pendek pada perkerasan dengan penutup yang ada atau pada bagian perkerasan yang direkonstruksi.

Bahan latasir berupa :

1. Agregat halus terdiri dari semua butiran yang lolos saringan 9,5 mm, batas ukuran terutama 2,38 mm – 2,75 mm dan tertahan saringan 0,075 = 90 %.

2. Aspal keras jenis AC 80-100 atau aspal emulsi jenis CRS1 dan CRS2, atau jenis aspal cair jenis RC 250.

Tingkat pemakaiannya disajikan berikut ini.

Lapis permukaan	Aspal (Lt/m <sup>2</sup> )	Agregat (Kg/m <sup>2</sup> )
Tanpa lapis penutup	0,6– 1,5	5 –8
Dengan lapis penutup	0,5– 1,0	5 –8

### 3.5 Lapis penetrasi makadam (LAPEN)

Lapen digunakan sebagai lapis permukaan yang tebalnya dari 4 cm sampai dengan 8 mm dari agregat pecah dan bergradasi serta bersih dilapisi dengan penetrasi aspal panas. Diletakkan di atas bagian lapis pondasi atas yang padat atau permukaan lapis permukaan perkerasan yang ada sebagai penutup akhir.

Lapen menggunakan agregat yang bergradasi sebagai berikut :

	Tebal lapis permukaan	
	5 – 8 cm (maks. 50 mm)	4 – 5 cm (maks. 40 mm)
Lolos saringan	% Lolos	% Lolos
Agregat kasar		
50 mm	95– 100	100
40 mm	35– 70	95– 70
25 mm	0– 15	–
19 mm	0– 5	0– 5
Agregat kunci		
25 mm	100	100
19 mm	95– 100	95– 100
9,5 mm	0– 5	0– 5
Lapis penutup		
12,5 mm	100	
9,5 mm	85– 100	
4,75 mm	10– 30	
2,36 mm	0– 10	

Bahan lapen yang lainnya adalah :



1. Bahan ikat agregat berupa aspal keras jenis AC – 100 atau aspal emulsi jenis CRS1 dan CRS2.
2. Lapis penutup berupa aspal cair jenis RC 250 atau RC 800.

Tingkat pemakaiannya disajikan berikut ini.

Untuk lapis permukaan utama lapen :

	<u>Tebal lapisan</u>		
	6 cm	5 cm	Batu pengunci
Agregat	(kg/m <sup>2</sup> )	(kg/m <sup>2</sup> )	(kg/m <sup>2</sup> )
Maks. 50 mm	114	105	25
Maks. 40 mm	–	80	25
Aspal pengikat	(lt/m <sup>2</sup> )	(lt/m <sup>2</sup> )	
Maks. 50 mm	4,4	3,7	
Maks. 40 mm	–	2,5	

Untuk lapis penutup lapen :

	12 mm	10 mm	7,5 mm	Satuan
Agregat	40	60	80	m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>
Aspal cair RC	1,5 sampai 1,7 liter/m <sup>2</sup>			

### 3.6 Lapis pondasi atas aspal beton untuk perataan (ATBL)

ATBL merupakan lapis perata dari agregat yang dimantapkan dengan aspal dan digunakan untuk memperbaiki dan memperkuat ketidakteraturan permukaan perkerasan setempat dan membentuk ulang permukaan yang ada sampai kemiringan yang dikehendaki. Penentuan ketebalan harus dihitung tetapi tidak boleh melebihi 12 cm.

Aspal yang digunakan pada ATBL biasanya aspal keras penetrasi 80 – 100 dengan kandungan efektif minimum yang diperlukan sekitar 5,5 %. Gradasi agregat yang ditetapkan untuk jenis campuran beraspal ATBL adalah :

Saringan (mm)	% Lolos (berdasarkan berat)
19,00	100
13,00	98–100
9,50	52–100

4,75	47-57
2,36	42-56
0,60	13-54
0,15	4-31

Penerapan ATBL dilapangan harus didahului dengan rencana campuran beraspal sesuai prosedur Marshall. Spesifikasi teknik yang ditetapkan untuk ATBL adalah :

1. Stabilitas minimum 750 kg.
2. Nilai bagi Marshall 4 kN/mm.
3. VIM = 4 % – 8%.

### 3.7 Lapis tipis aspal beton (lataston)

Lataston adalah campuran aspal padat dengan gradasi tidak menerus untuk jalan yang lalulintasnya ringan diletakkan sebagai lapis permukaan di atas dasar yang dipersiapkan dari permukaan perkerasan yang direkonstruksi. Ketebalannya antara 2,5 – 3 cm.

Aspal yang digunakan pada lataston biasanya aspal keras penetrasi 80 – 100 dengan kandungan efektif minimum yang diperlukan sekitar 6,8 %. Gradasi agregat yang ditetapkan untuk jenis campuran beraspal lataston adalah :

Fraksi agregat	Saringan	% Lolos	Komponen campuran
Agregat kasar	19,00	100	20% – 40%
	13,00	30 – 100	
	9,50	0 – 55	
	4,75	0 – 10	
	2,36	0 – 1	
Agregat halus	9,50	100	47% – 67%
	4,75	90 – 100	
	2,36	80 – 100	
	0,60	25 – 100	
Bahan pengisi	0,075	3 – 11	5% – 9%

### 3.8 Aspal beton campuran dingin

Aspal campuran dingin digunakan pada jalan-jalan yang lalulintasnya dari rendah sampai dengan sedang. Pemakaiannya digunakan untuk :

1. Penambalan dan perbaikan-perbaikan kecil.
2. Pembetulan terhadap bentuk permukaan.
3. Pelebaran tepi.
4. Pelapisan ulang.

Ketebalan pengerjaan antara 2 – 5 cm.

Jenis aspal yang digunakan untuk campuran dingin ada dua yaitu :

1. Aspal cair, jenis MC 70, MC 250 dan MC 800.
2. Aspal emulsi, jenis CRS1 dan CRS2.

Pelaksanaan penghamparan tergantung pada sifat pekerjaan dari tebal lapisan dan ditentukan dengan uji percobaan. Batas-batas yang harus diikuti adalah 75 – 90 lt/m<sup>3</sup> (untuk MC 800) dan 125 – 145 lt/m<sup>3</sup> (untuk CRS 800).

### 3.9 Beton

Kelas beton yang terkait dengan konstruksi jalan dan jembatan adalah :

- |              |   |  |
|--------------|---|--|
| <u>K 350</u> | } | Lantai kendaraan, beton pratekan, bagian-bagian pokok    |
| <u>K 275</u> | } | struktur beton bertulang (kolom, pilar, kepala jembatan, |
| <u>K 225</u> | } | gorong- gorong dan tembok penahan).                      |
| <u>K 125</u> | : | Beton massa kepala jembatan.                             |

#### 4) Rangkuman

- 1) Pemilihan jenis campuran kerja dipengaruhi oleh perbedaan fungsional konstruksi jalan dan ketersediaan bahan. Pemilihan jenis campuran yang sesuai bermanfaat untuk memperoleh optimasi antara hasil kerja dan biaya yang dikeluarkan.
- 2) Jenis campuran kerja memiliki persyaratan teknik yang sesuai. Persyaratan teknik untuk campuran kerja aspal atau beton di Indonesia tidak persis sama dengan persyaratan teknik di negara lain. Hal tersebut disebabkan adanya pertimbangan-pertimbangan optimasi bahan lokal.

- 3) Beberapa jenis campuran beraspal yang lazim digunakan di Indonesia adalah lapis perkat, burtu, burda, ATBL, latasir, lataston, aspal beton campuran dingin.
- 4) Beberapa jenis beton yang terkait dengan konstruksi jalan dan jembatan adalah beton K 350, K 275, K 225 dan K 125.

### C. PENUTUP

#### 1. Latihan Soal

- 1) Sebutkan dua faktor yang mempengaruhi pemilihan jenis campuran kerja!
- 2) Jelaskan mengapa persyaratan teknik campuran kerja yang berlaku di Indonesia tidak selalu sama dengan spesifikasi teknik sejenis di negara-negara lain!
- 3) Suatu tikungan jalan yang sedikit menanjak mengalami kerusakan ketidakrataan. Jenis campuran beraspal apa sajakah yang dapat digunakan untuk memperbaikinya.
- 4) Sebutkan jenis beton yang lazim digunakan untuk pembuatan konstruksi jalan dan jembatan di Indoensia.

#### 2. Petunjuk Penilaian

Setiap nomor pada latihan di atas berbobot 25 %. Kemampuan anda menjawab soal dengan benar mencerminkan penguasaan materi yang telah diberikan.

Jawaban yang benar	Kategori Penguasaan Materi
< 25 %	Kurang
25 % - 50 %	Cukup
50 % - 75 %	Baik
> 75 %	Sangat Baik

#### 3. Jawaban

- 1) Pemilihan jenis campuran kerja dipengaruhi oleh perbedaan fungsional konstruksi jalan dan ketersediaan bahan. Konstruksi jalan yang

melayani lalulintas ringan tidak perlu dibuat dengan standar teknik seperti jalan yang memang harus melayani lalulintas berat. Faktor *ketersediaan* bahan juga perlu diperhatikan dalam pemilihan jenis campuran kerja. Hal tersebut bermanfaat untuk memperoleh optimasi antara hasil kerja dan biaya yang dikeluarkan. Pemilihan campuran kerja yang tepat membantu pengelola jalan untuk mengatasi kendala keterbatasan biaya.

- 2) Spesifikasi teknik bahan jalan di Indonesia tidak selalu sama dengan spesifikasi teknik yang sejenis di negara lain karena adanya pertimbangan faktor karakteristik bahan lokal dan kondisi iklim, terutama berkaitan dengan agregat. Mutu dan karakteristik agregat yang tersedia di Indonesia ternyata relatif berbeda dan agregat di negara lain. Terdapat sejumlah bahan lokal setempat yang mungkin potensial untuk dimanfaatkan untuk suatu proyek jalan, sehingga tidak perlu mendatangkan dari luar daerah. Spesifikasi BinaMarga menetapkan batasan yang luas mengenai mutu agregat dan masih membolehkan penggunaan agregat yang dianggap marginal atau bahkan tidak cocok dimana-mana, sebagai contoh berikut ini.
  - a) Tingkat penyerapan air. Beberapa batuan sangat menyerap air (kuarsa dan feldspar) dan ini merupakan masalah karena agregat yang diperoleh mungkin sukar untuk dikeringkan atau mungkin menimbulkan masalah pada rencana campuran beraspal. Banyak tempat di Indonesia yang mempunyai persediaan agregat keras yang melimpah tetapi sangat menyerap air (penyerapan bitumen rerata 2 % dari berat campuran aspal yang dianggap maksimum di banyak negara di luar Indonesia) namun batuan tersebut harus digunakan karena alasan-alasan praktis dan ekonomis.
  - b) Jenis jenis pasir. Ada jenis pasir vulkanis/gunung yang gesernya sangat tinggi yang membuat campuran beraspal sangat kuat tetapi sukar untuk dipadatkan. Ada juga pasir laut yang mengkilat dan rata yang dengan mudah dapat dipadatkan tetapi menghasilkan campuran beraspal berkekuatan relatif rendah.

- 3) Analisis masalah : jalan berada tikungan dan sedikit tanjakan. Pada segmen tersebut biasanya kendaraan akan menurunkan kecepatannya, sehingga, beban kendaraan lebih lama membebani struktur jalan. Oleh karena itu diperlukan perbaikan yang bersifat struktural. Selain itu kerusakan berupa ketidakrataan sehingga perbaikannya juga harus bersifat non struktural. Urutan pekerjaan yang dapat dilakukan adalah
- a) Mula-mula digunakan *tack coating* untuk mengikat lapis permukaan jalan yang lama dengan pelapisan ulang yang akan diberikan.
  - b) Selanjutnya dapat digunakan lataston atau ATBL atau aspal betoncampuran dingin untuk memberikan lapis permukaan struktural.
  - c) Untuk memberikan lapis non struktural dapat digunakan latasir atauburda karena pelapisan jalan terhadap perkerasan yang direkonstruksi.
- 4) Kelas beton yang terkait dengan konstruksi jalan dan jembatan adalah :
- |              |   |  |
|--------------|---|--|
| <u>K 350</u> | } | Lantai kendaraan, beton pratekan, bagian-bagian pokok    |
| <u>K 275</u> | } | struktur beton bertulang (kolom, pilar, kepala jembatan, |
| <u>K 225</u> | } | gorong- gorong dan tembok penahan).                      |
- 5) K 125 : Beton massa kepala jembatan.

## **BAB VII**

### **PERHITUNGAN STRUKTUR PERKERASAN JALAN ASPAL**

#### **A. PENDAHULUAN**

##### **1. Deskripsi Singkat**

Bab ini secara umum menjelaskan perihal perhitungan struktur perkerasan jalan aspal. Mula-mula diberikan pengantar perihal urgensi perhitungan struktur perkerasan jalan dan pelaksanaan konstruksi bertahap. Selanjutnya disajikan uraian inti perihal prosedur perhitungan metode analisa komponen, komponen-komponen perhitungan dan contoh soal perhitungan serta metode perhitungan konstruksi jalan beraspal yang dilaksanakan secara bertahap.

##### **2. Relevansi**

Perhitungan struktur jalan aspal memerlukan pemahaman karakteristik material dan beban yang bekerja di atas permukaan jalan. Oleh karena itu maka Bab VII ini berkaitan erat dengan bab-bab sebelumnya yaitu Bab I, Bab II, Bab III, Bab V dan Bab VI. Perhitungan struktur jalan juga mencakup pekerjaan pelapisan ulang dalam rangka perbaikan permukaan jalan yang mengalami kerusakan. Oleh karena itu maka Bab VII ini berkaitan juga dengan Bab IX tentang Kerusakan-kerusakan Jalan.

##### **3. Tujuan Instruksional Khusus**

Pada akhir kuliah ini mahasiswa diharapkan dapat memahami urgensi pentingnya perhitungan struktur jalan serta dapat mengaplikasikan prosedur perhitungan struktur jalan metode analisa komponen pada suatu kasus pembuatan jalan baru dan pelapisan jalan aspal yang direkonstruksi.

#### **B. PENYAJIAN**

##### **1. Pengantar**

Pembuatan jalan atau perbaikan jalan memerlukan biaya yang besar terutama untuk pembuatan lapis permukaannya. Secara umum harga aspal relatif

tinggi karena merupakan produksi pabrik hasil dari penyulingan minyak bumi. Pada daerah-daerah tertentu ketersediaan agregat untuk bahan jalan tergolong minim. Contohnya di Kalimantan, agregat untuk bahan jalan harus didatangkan dari luar daerah (misalnya Pulau Sulawesi). Hal tersebut menunjukkan bahwa konstruksi jalan bersifat pada sumber daya baikt tenaga kerja maupun modal.

Secara praktis, volume kebutuhan bahan jalan (baik agregat maupun aspal) ditentukan oleh ketebalan lapis-lapis permukaan jalan yang harus dihampar dan dikerjakan di lapangan. Di sisi lain, ketebalan perkerasan juga terkait dengan kekuatan struktur perkerasan terhadap beban lalu lintas. Oleh karena itu, perhitungan struktur perkerasan merupakan tahap penting dalam pekerjaan konstruksi jalan. Hasil yang diperoleh secara langsung berkaitan dengan aspek biaya konstruksi serta aspek kinerja jalan untuk jangka waktu teknis dan ekonomis yang ditentukan (*life periods*).

Perhitungan struktur jalan yang ditetapkan di Indonesia menggunakan metode analisa komponen. Pada metode analisa komponen perhitungan ketebalan akhir lapis-lapis perkerasan yang diperoleh dipengaruhi oleh karakteristik atau sifat-sifat teknis bahan yang digunakan yaitu tanah dasar, pondasi dan lapis permukaan.

## 2. Prosedur Perhitungan Metode Analisa Komponen

Ada tiga tahap perhitungan metode analisa komponen yaitu.

- 1) Tahap masukan.
- 2) Tahap pemrosesan/perhitungan.
- 3) Tahap keluaran hasil.

Tahap masukan mencakup penentuan parameter-parameter awal yaitu kendaraan dan lalu lintas, stabilitas tanah dasar, kriteria keruntuhan/kinerja/pelayanan, faktor regional, umur rencana dan kualitas bahan. Penentuan parameter lalu lintas dilakukan melalui proses perhitungan. Penentuan stabilitas tanah dasar didasarkan pada pengujian CBR lapangan terhadap tanah dasar. Penentuan parameter kriteria keruntuhan dilakukan berdasarkan justifikasi/penilaian kelayakan sesuai standar fungsi jalan. Faktor regional



ditentukan berdasarkan justifikasi/penilaian kelayakansesuai curah hujan dan kondisi air tanah. Penentuan parameter kualitas bahan didasarkan pada hasil uji laboratorium.

Tahap pemrosesan berupa perhitungan lalulintas dan perhitungan tebal perkerasan dengan bantuan nomogram atau rumus- rumus. Nomogram-nomogram telah disediakan dalam buku peraturan tentang perencanaan lapis pekerasan lentur dengan metode analisa komponen yang dikeluarkan oleh Ditjen Bina Marga (sekarang telah manjadi bagian dari Departemen Prasarana Wilayah dan Permukiman) tahun 1987. Perhitungan dengan rumus juga dimungkinkan karena nomogram-nomogram tersebut diturunkan dari metode AASHTO dari USA. Rumus-rumus yang digunakan dalam perhitungan metode analisa komponen adalah :

$$\log (LER \times 3650) = 9,36 \left( \frac{ITP}{2,54} + 1 \right) - 0,20 + \frac{\log \frac{IPo - IPt}{4,2 - 1,5}}{0,4 + \frac{1094}{\left( \frac{ITP}{2,54} + 1 \right)^{5,19}}} + \dots \dots \dots (7.1)$$

$$\log \frac{1}{FR} + 0,372 (DDT - 3)$$

$$DDT = 4,3 \log (CBR) + 1,7 \dots \dots \dots (7.2)$$

$$ITP = a_1 D_1 + a_2 D_2 + a_3 D_3 \dots \dots \dots (7.3)$$

Keterangan :

- LER : jumlah lalulintas ekuivalen rencana (sumbu tunggal/hari).
- ITP : indeks tebal perkerasan total (cm).
- IN : indeks pelayanan awal umur rencana.
- IPt : indeks pelayanan akhir umur rencana.
- DDT : daya dukung tanah.
- CBR : nilai CBR lapangan tanah.
- ITP<sub>2</sub> : indeks tebal perkerasan pondasi bawah (cm).
- ITP<sub>3</sub> : indeks tebal perkerasan pondasi bawah dan pondasi atas (cm).
- a<sub>1</sub>, a<sub>2</sub>, a<sub>3</sub> : koefisien (kekuatan relatif) bahan berturut-turut untuk pondasi bawah, pondasi atas dan lapis permukaan.
- D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub>, D<sub>3</sub> : tebal lapis perkerasan berturut-turut untuk pondasi bawah, pondasi atas dan lapis permukaan.

Tahap keluaran dapat terutama berupa desain struktur perkerasan. Hasil lain yang dapat diperoleh adalah analisa sensitifitas parameter desain terhadap desain struktur perkerasan dan kurva kondisi perkerasan selama umur rencana.

### 3. Komponen - Komponen Perhitungan

#### 3.1 Analisis lalulintas dan kendaraan

##### 3.1.1 Jumlah lajur dan koefisien distribusi kendaraan (C)

Lajur rencana merupakan salah satu lajur lalulintas dari suatu ruas jalan yang menampung lalulintas terbesar. Jika jalan tidak memiliki tanda batas lajur, maka jumlah lajur ditentukan dari lebar perkerasan menurut tabel 7.1 berikut :

Tabel 7.1 Kesetaraan lebar perkerasan dan jumlah lajur

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

Prosentase kendaraan pada lajur rencana dapat ditentukan dengan menggunakan koefisien distribusi kendaraan (C), sesuai dengan tabel 7.2 berikut :

Tabel 7.2 Nilai C pada lajur rencana

Jumlah lajur	Kendaraan ringan		Kendaraan berat	
	1 arah	2 arah	1 arah	2 arah
1	1,00	1,00	1,00	1,00
2	0,60	0,50	0,70	0,50
3	0,40	0,40	0,50	0,475
4	-	0,30	-	0,45
5		0,25		0,425
6		0,20		0,40

Kendaraan ringan : berat total < 5 ton : mobil penumpang, pick up, mobil hantaran

Kendaraan berat : berat total  $\geq$  5 ton : bus, truk, traktor, semi trailer, trailer

##### 3.1.2 Angka ekuivalen beban sumbu (E)

Jenis kendaraan pengguna jalan beraneka macam bervariasi baik ukuran, berat total konfigurasi dan beban sumbu dan daya (*power*). Oleh karena itu

volume lalu lintas umumnya dikelompokkan atas beberapa kelompok yang masing-masing kelompok diwakili oleh satu jenis kendaraan, yaitu : mobil penumpang, bus, truk 2 as, truk 3 as, truk 5 as, semi trailer.

Konstruksi perkerasan jalan menerima beban lalu lintas yang dilimpahkan melalui roda-roda kendaraan. Besarnya beban yang dilimpahkan tersebut tergantung pada :

- 1) Berat total kendaraan.
- 2) Konfigurasi sumbu.
- 3) Bidang kontak dengan perkerasan.

Dengan demikian efek dari masing-masing kendaraan terhadap kerusakan yang ditimbulkan tidak sama. Oleh karena itu, perlu adanya beban standar sehingga semua beban lainnya dapat diekivalensikan kepada beban standar.

Beban standar merupakan beban sumbu tunggal beroda ganda seberat 18.000 pon (8,16 ton). Semua beban kendaraan lain dengan beban sumbu berbeda diekivalensikan ke beban sumbu standar dengan menggunakan “angka ekivalen beban sumbu” (E). Angka Ekivalen (E) dari suatu beban sumbu adalah angka yang menyatakan perbandingan tingkat kerusakan yang ditimbulkan oleh suatu lintasan beban sumbu tunggal kendaraan terhadap tingkat kerusakan yang ditimbulkan oleh satu lintasan standar sumbu tunggal seberat 8,16 ton (18.000 pon). Misal : E truck= 1,2; berarti satu kali lintasan truk mengakibatkan penurunan indeks permukaan sama dengan 1,2 kali lintasan sumbu standar. Nilai E masing-masing golongan beban sumbu (setiap kendaraan) ditentukan dengan persamaan :

$$E \text{ sumbu tunggal} = \left( \frac{\text{beban sumbu tunggal,kg}}{8160} \right)^4 \dots\dots\dots (7.4)$$

$$E \text{ sumbu ganda} = \left( \frac{\text{beban sumbu tunggal,kg}}{8160} \right)^4 \cdot 0,086 \dots\dots\dots (7.5)$$

### 3.1.3 Angka ekivalen kendaraan

Berat kendaraan dilimpahkan ke perkerasan melalui roda-roda yang terletak di ujung sumbu. Setiap jalan kendaraan mempunyai konfigurasi yang berbeda-beda :

- 1) Sumbu depan : sumbu tunggal

2) Sumbu belakang : sumbu tunggal/sumbu ganda

Dengan demikian setiap jenis kendaraan akan mempunyai E yang merupakan *jumlah* angka ekivalen sumbu depan dan sumbu belakang. Beban masing-masing sumbu dipengaruhi letak titik berat kendaraan dan bervariasi sesuai dengan muatan dari kendaraan. Contohnya : truk dengan berat 4,2 ton. Distribusi beban sumbu depan dan sumbu belakang = 34%:66%. Maka

E truk = E sumbu depan + E sumbu belakang atau

$$\begin{aligned} &= \left(0,34 \cdot \frac{4200}{8160}\right)^4 + \left(0,66 \cdot \frac{4200}{8160}\right)^4 \\ &= 0,0009 + 0,0133 = 0,0142 \end{aligned}$$

### 3.1.4 Faktor pertumbuhan lalulintas (i)

Faktor pertumbuhan lalulintas adalah peningkatan jumlah kendaraan pemakai jalan dari tahun ke tahun. Faktor pertumbuhan lalulintas (i) dinyatakan dalam persen per tahun. Untuk memperkirakan peningkatan jumlah kendaraan pemakai jalan pada tahun tertentu digunakan rumus berikut :

$$LHR_n = LHR_o (1 + i)^n \dots\dots\dots (7.6)$$

Keterangan :

$LHR_n$  : perkiraan lalulintas harian rerata kendaraan jenis tertentu pada tahun ke n.

$L,HR_o$  : lalulintas harian rerata kendaraan jenis tertentu pada tahun awal (tahun survei).

n : jumlah tahun dari tahun awal diperolehnya data.

## 3.2 Stabilitas tanah dasar

Stabilitas tanah dasar dinyatakan dalam daya dukung tanah (DDT). Nilai DDT diperoleh dari nilai CBR lapangan rencana tanah dasar sesuai rumus 7.2. Nilai CBR lapangan rencana diperoleh dari pengolahan data CBR lapangan. Pengolahannya dilakukan dengan prosedur sebagai berikut.

- 1) Data CBR direkap dan diurutkan dari yang terkecil sampai dengan yang terbesar.
- 2) Dihitung frekuensi data CBR lapangan yang diperoleh.
- 3) Dihitung prosentasi kumulatif  $\geq$  nilai CBR kelas ke i.

- 4) Dibuat grafik ogive atau frekuensi kumulatif berdasarkan langkah ke (3).
- 5) Perkirakan nilai CBR pada persentil ke 90.
- 6) Nilai yang diperoleh pada langkah ke (5) selanjutnya ditetapkan sebagai CBR rencana.

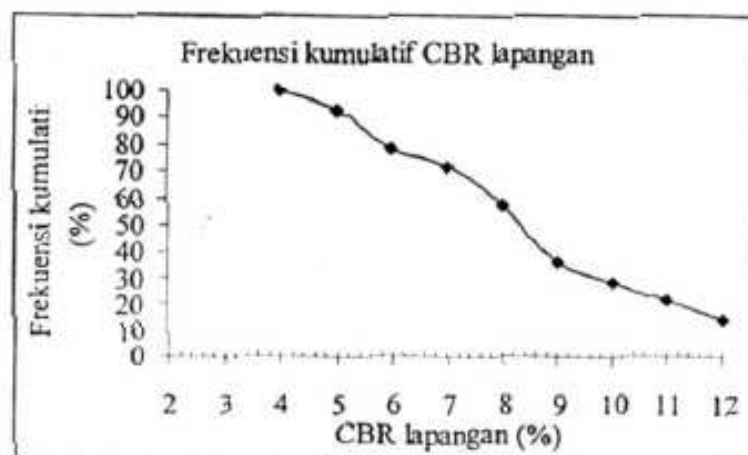
Contoh : suatu survei tanah menghasilkan data CBR lapangan sebagai berikut 12,12, 4, 5, 6, 7, 7, 8, 8, 8, 4, 5, 9, 10, 11. Tentukan nilai nilai CBR rencana dan DDT!

Jawab :

Dibuat tabel sebagai berikut :

CBR lapangan	Jumlah / frekuensi	% frekuensi kumulatif
4	1	100 %
5	2	92.86 %
6	1	78.57 %
7	2	71.43 %
8	3	57.14 %
9	1	35.71 %
10	1	28.57 %
11	1	21.43 %
12	2	14.29%
Jumlah	14	

Selanjutnya dibuat grafik ogive antara nilai CBR lapangan dan frekuensi kumulatif seperti disajikan pada Gambar 7.1 berikut.



Gambar 7.1 Grafik frekuensi kumulatif (ogive) CBR lapangan

Berdasarkan grafik tersebut selanjutnya dipilih nilai persentil ke 90 yaitu  $\pm 5,2 \%$ . Dengan demikian maka nilai CBR rencana =  $5,2 \%$ . Selanjutnya berdasarkan rumus 7.2 nilai DDT untuk CBR =  $5,2 \%$  adalah :

$$\begin{aligned}
\text{DDT} &= 4,3 \log (\text{CBR}) + 1,7 \\
&= 4,3 \log (5,2) + 1,7 \\
&= 4,78
\end{aligned}$$

### 3.3 Umur rencana (UR)

Adalah jumlah waktu dalam tahun dihitung sejak jalan tersebut mulai dibuka sampai saat diperlukan perbaikan berat atau dianggap perlu untuk diberi lapis permukaan baru (*overlay*). Selama umur rencana tersebut, pemeliharaan perkerasan jalan tetap dilakukan, seperti pelapisan non struktural sebagai lapis aus. Nilai UR untuk jalan beraspal lazimnya diambil antara 10 – 15 tahun. Untuk alternatif, konstruksi bertahap dapat diambil nilai UR 5 – 10 tahun.

### 3.4 Faktor regional (FR)

Adalah faktor setempat, menyangkut keadaan lapangan dan iklim yang dapat mempengaruhi keadaan pembebanan, daya dukung tanah dasar dan perkerasan. Keadaan lapangan mencakup permeabilitas tanah, perlengkapan drainasi, bentuk alinemen, prosentase kendaraan berat  $\geq 13$  ton dan kendaraan parkir. Keadaan iklim meliputi curah hujan rata-rata per tahun. Bina Marga memberikan angka yang bervariasi antara 0,5 sampai 4.

### 3.5 Indeks permukaan (IP)

IP adalah suatu angka yang dipergunakan untuk menyatakan kehalusan/kerataan serta kekokohan permukaan jalan yang berkaitan dengan tingkat pelayanan bagi lalu lintas yang lewat. Dengan demikian IP merupakan tolok ukur kriteria keruntuhan. IP diperoleh dari pengamatan kondisi jalan, meliputi kerusakan-kerusakan seperti : retak, alur, lubang, lendutan pada jalur roda, kekasaran dan lain-lain. Indeks permukaan bervariasi dari angka 0 – 5, beberapa nilai IP beserta artinya misalnya :

IP = 1,0 permukaan jalan rusak berat sehingga sangat mengganggu lalu lintas

IP = 1,5 tingkat pelayanan terendah yang masih mungkin

IP = 2,0 tingkat pelayanan rendah bagi jalan yang masih mantap

IP = 2,5 permukaan jalan masih cukup stabil dan baik

Dalam konteks perencanaan tebal lapis perkerasan dikenal :

- 1) Indeks permukaan pada awal umur rencana ( $IP_0$ )
- 2) Indeks permukaan pada akhir umur rencana ( $IP_t$ )

Misal : suatu jalan baru dibuka mempunyai nilai  $IP_0 = 4$ . Seiring dengan masa pengoperasian maka kinerja jalan menurun, pada akhir umur rencana diperkirakan.  $IP_t = 1 - 2,5$

#### 4. Langkah-langkah Perhitungan

##### 4.1 Perhitungan lalulintas

- 1) *Lalulintas harian rata-rata*, adalah jumlah rata-rata lalulintas kendaraan bermotor roda empat atau lebih selama 24 jam sehari untuk kedua jurusan. LHR setiap jenis kendaraan ditentukan pada awal umur rencana, yang dihitung untuk dua arah pada jalan tanpa median dan masing-masing arah pada jalan dengan median.
- 2) *Linters ekivalen permulaan* (LEP) adalah jumlah lintas ekivalen harian rerata dari sumbu tunggal seberat 8,16 ton pada jalur rencana yang diduga terjadi pada permulaan umur rencana. LEP dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$LEP = \sum_{j=1}^n LHR_j \times C_j \times E_j \quad \dots\dots\dots (7.7)$$

dengan : j : jenis kendaraan  
 C : koefisien distribusi kendaraan  
 E : angka ekivalen beban sumbu kendaraan

- 3) *Linters ekivalen akhir* (LEA) adalah jumlah lintas ekivalen harian rata-rata dari sumbu tunggal seberat 8,16 ton pada jalur rencana yang diperkirakan akan terjadi pada akhir umur rencana. LEA dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$LEA = \sum_{j=1}^n LHR_j (1 + i)^{UR} \times C_j \times E_j \quad \dots\dots\dots (7.8)$$

dengan : i : perkembangan lalulintas  
 UR : Umur Rencana

4) *Lintas ekivalen tengah* (LET) adalah jumlah lintas ekivalen harian rata-rata dari sumbu tunggal seberat 8,16 ton pada jalur rencana pada pertengahan umur rencana. LET dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$LET = \frac{LEP + LEA}{2} \dots\dots\dots (7.9)$$

5) *Lintas ekivalen rencana* (LER) adalah suatu nilai yang dipakai dalam nomogram penetapan tebal perkerasan untuk menyatakan jumlah lintas ekivalen sumbu tunggal seberat 8,16 ton pada jalur rencana. LER diperoleh dengan persamaan :

$$LER = LET + FP \dots\dots\dots (7.10)$$

FP = faktor penyesuaian

$$= \frac{UR}{10} \dots\dots\dots (7.11)$$

*Contoh* perhitungan untuk mencari LER disajikan berikut ini :

Suatu survei lalu lintas untuk keperluan pembangunan proyek jalan telah dilaksanakan pada tahun 2000. Proyek itu sendiri direncanakan akan mulai dilaksanakan pada tahun 2001. Jalan terdiri dari 4 lajur dan diperuntukkan lalu lintas 2 arah. Masa konstruksi diperkirakan berlangsung selama 1 tahun. Faktor pertumbuhan lalu lintas berdasarkan survei transportasi diperkirakan sebesar 2 % per tahun. Umur rencana 10 tahun. Data LHR yang tercatat adalah mobil penumpang (ton) = 3100 kendaraan, bus (6 ton) 800 kendaraan dan truk 2 as (13 ton) = 800 kendaraan. Nilai E mobil penumpang 0,0022, E bus = 0,0594 dan E truk = 1,3084. Hitunglah LER proyek jalan tersebut.

*Jawab :*

1) Tahun-tahun yang terkait dengan pembukaan jalan adalah :

- 2000 : pelaksanaan survei.
- 2001 : pelaksanaan konstruksi.
- 2002 : pembukaan jalan.
- 2012 : akhir umur rencana.

2) Perkiraan LHR tahun 2002 adalah :

- untuk mobil penumpang  $LRR_{mp2} = 3100 (1 + 0,02)^2 = 3225,24$  kendaraan.



- untuk bus  $LHR_{b2} = 800 (1 + 0,02)^2 = 832,32$  kendaraan.
  - untuk truk  $LHR_{t2} = 800 (1 + 0,02)^2 = 832,32$  kendaraan.
- 3) Perkiraan LHR tahun 2012 adalah :
- untuk mobil penumpang  $LHR_{mp12} = 3100 (1 + 0,02)^{12} = 13047,89$  kendaraan.
  - untuk bus  $LHR_{b12} = 800 (1 + 0,02)^{12} = 3367,2$  kendaraan.
  - untuk truk  $LHR_{t12} = 800 (1 + 0,02)^{12} = 3367,2$  kendaraan.
- 4) Nilai C untuk masing-masing kendaraan dilihat pada Label 7.2. Mobil penumpang termasuk kendaraan ringan sedangkan bus dan truk termasuk kendaraan berat, sehingga diperoleh nilai C sebagai berikut:
- untuk mobil penumpang nilai  $C = 0,3$ .
  - untuk bus nilai  $C = 0,45$ .
  - untuk truk nilai  $C = 0,45$ .
- 5) Nilai LEP adalah
- untuk mobil penumpang  $LEP_{mp} = 3225,24 \times 0,3 \times 0,0022 = 2,1287$  sumbu tunggal/hari.
  - untuk bus  $LEP_b = 832,32 \times 0,45 \times 0,0564 = 22,2479$  sumbu tunggal/hari.
  - untuk truk  $LEP_t = 832,32 \times 0,45 \times 1,3084 = 490,0534$  sumbu tunggal/hari.
  - $LEP_{total} = LEP_{mp} + LEP_b + LEP_t = 514,43$  sumbu tunggal/hari.
- 6) Nilai LEA adalah :
- untuk mobil penumpang  $LEA_{mp} = 13,047 \times 0,3 \times 0,0022 = 8,61$  sumbu tunggal/hari.
  - untuk bus  $LEA_b = 3367,2 \times 0,45 \times 0,0564 = 90,01$  sumbu tunggal/hari.
  - untuk truk  $LEA_t = 3367,2 \times 0,45 \times 1,3084 = 1982,54$  sumbu tunggal/hari.
  - $LEA_{total} = LEA_{mp} + LEA_b + LEA_t = 2081,16$  sumbu tunggal/hari.
- 7) Nilai  $LET = \frac{1}{2} (LEP_{total} + LEA_{total}) = 1297,8$  sumbu tunggal/hari.
- 8) Nilai  $LER = LET \times (UR/10) = 1297,8 \times (10/10) = 1297,8$  sumbu tunggal/hari.

#### 4.2 Perhitungan struktur perkerasan

Ada 3 jenis perhitungan struktur perkerasan yang akan dijelaskan yaitu :

- 1) Perhitungan struktur perkerasan baru.

- 2) Perhitungan struktur perkerasan konstruksi bertahap.
- 3) Perhitungan struktur perkerasan untuk pelapisan ulang.

#### 4.2.1 Perhitungan struktur perkerasan baru

Proses perhitungan struktur perkerasan baru dilakukan sebagai berikut :

- 1) Mula-mula ditentukan parameter FR,  $I_{Po}$ ,  $I_{Pt}$ , DDT.
- 2) Pemilihan jenis bahan lapis perkerasan yang akan dipilih (mulai dari lapis pondasi bawah, pondasi dan lapis permukaan), sehingga diperoleh nilai  $a_1$ ,  $a_2$ , dan  $a_3$ .
- 3) Perhitungan lalu lintas telah menghasilkan LER.
- 4) Perhitungan ketebalan lapis-lapis perkerasan dengan cara coba-coba. Ada 3 variasi percobaan perhitungan ketebalan yaitu memaksimalkan lapis permukaan atau memaksimalkan lapis pondasi atau memaksimalkan lapis pondasi bawah.

Untuk memudahkan pemahaman terhadap langkah-langkah perhitungan di atas maka akan disajikan contoh perhitungan struktur perkerasan sebagai berikut.

*Contoh :*

- 1) Parameter FR = 2,  $I_{Po}$  = 3,9,  $I_{Pt}$  = 2,0.
- 2) Tanah dasar memiliki nilai CBR lapangan = 10%.
- 3) Bahan lapis keras yang akan digunakan adalah :
  - a) LPB pasir baru (sirtu) dengan  $a_1$  = 0,11.
  - b) LPA batu pecah dengan  $a_2$  = 0,13.
  - c) Lapis permukaan HRA dengan  $a_3$  = 0,3.
- 4) Persyaratan ketebalan minimum untuk lapis pondasi bawah = 10 cm, lapis pondasi atas = 20 cm dan lapis permukaan = 7,5 cm.
- 5) Nilai LER = 1297,8 sumbu tunggal / hari.

Jawab :

- 1) Nilai CBR lapangan tanah dasar = 10 %, sehingga menurut rumus 7.2 diperoleh nilai DDT = 6 %.
- 2) Nilai ITP menurut rumus 7.1 adalah

$$\log(\text{LER} \times 3650)$$

$$= 9,36 \log\left(\frac{\text{ITP}}{2,54} + 1\right) - 0,20 + \frac{\log \frac{\text{IPo} - \text{IPt}}{4,2 - 1,5}}{0,4 + \frac{1094}{\left(\frac{\text{ITP}}{2,54} + 1\right)^{5,19}}} + \log \frac{1}{\text{FR}} + 0,372(\text{DDT} - 3)$$

Sesuai data diperoleh persamaan sebagai berikut :

$$\log(1297,8 \times 3650)$$

$$= 9,36 \log\left(\frac{\text{ITP}}{2,54} + 1\right) - 0,20 + \frac{\log \frac{3,9 - 2,0}{4,2 - 1,5}}{0,4 + \frac{1094}{\left(\frac{\text{ITP}}{2,54} + 1\right)^{5,19}}} + \log \frac{1}{2} + 0,372(6 - 3)$$

Proses perhitungan dapat dilakukan untuk menghitung ITP karena variabel lainnya sudah ditemukan. Nilai ITP yang diperoleh = 9,3.

3) Selanjutnya digunakan rumus 7.3 yaitu :

$$\text{ITP} = a_1 D_1 + a_2 D_2 + a_3 D_3$$

$$9,3 = 0,3 D_1 + 0,13 D_2 + 0,11 D_3$$

Dalam hal ini ada tiga kemungkinan dalam menentukan tebal perkerasan yaitu dengan :

- memaksimalkan lapis pondasi bawah, atau
- memaksimalkan lapis pondasi atas, atau
- memaksimalkan lapis permukaan.

Misalkan dipilih prinsip memaksimalkan lapis pondasi bawah. Pertimbangannya harga lapis pondasi bawah biasanya paling murah dibandingkan dengan bahan lapis pondasi atas apalagi lapis permukaan. Oleh karena itu selanjutnya dipilih tebal lapis permukaan dan lapis pondasi atas yang nilainya *minimal*. Oleh karena itu maka persamannya menjadi :

$$9,3 = 0,3 \times 7,5 + 0,13 \times 20 + 0,11 \times D_3$$

Sehingga diperoleh nilai  $D_3 = 40,45 \text{ cm} \approx 45 \text{ cm}$ .

#### 4.2.2 Perhitungan struktur perkerasan konstruksi bertahap

Metode perencanaan konstruksi bertahap didasarkan atas konsep “sisa umur”. Perkerasan berikutnya direncanakan sebelum perkerasan pertama mencapai keseluruhan masa “*fatigue*”. Untuk itu, tahap kedua diterapkan bila jumlah kerusakan (*cummulative damage*) pada tahap pertama mencapai  $\pm 60\%$ . Dengan demikian sisa umur tahap pertama tinggal  $\pm 40\%$ .

Untuk menetapkan ketentuan di atas maka perlu dipilih waktu tahap pertama antara  $25\% - 50\%$  dari waktu keseluruhan. Misalnya UR = 20 tahun, maka tahap I antara 5 – 10 tahun dan tahap II antara 10 – 15 tahun.

Perumusan konsep sisa umur ini dapat diuraikan sebagai berikut :

- 1) Jika pada akhir tahap I tidak ada sisa umur (sudah mencapai *fatigue*, misalnya timbul retak), maka tebal perkerasan tahap I didapat dengan memasukkan lalulintas sebesar  $LER_1$ .
- 2) Jika pada akhir tahap II diinginkan adanya sisa umur  $\pm 40\%$  maka perkerasan tahap I perlu ditebalkan dengan memasukkan lalulintas sebesar  $\gamma LER_1$ .
- 3) Dengan anggapan sisa umur linear dengan sisa lalulintas maka :  
$$\gamma LER_1 = LER_1 + 0,4 LER_1$$
  
diperoleh  $\gamma = 1,67$ .
- 4) Jika pada akhir tahap I tidak ada sisa umur maka tebal perkerasan tahap II didapat dengan memasukkan lalulintas sebesar  $LER_2$ .
- 5) Tebal perkerasan tahap I + II didapat dengan memasukkan lalulintas sebesar  $y LER_2$ . Karena  $60\%$   $y LER_2$  sudah dipakai pada tahap I maka  
$$y LER_2 = 0,6 LER_2 + LER_2$$
  
diperoleh  $y = 2,5$ .
- 6) Tebal perkerasan tahap II diperoleh dengan mengurangi tebal perkerasan tahap I + II (lalulintas  $y LER_2$ ) terhadap tebal perkerasan I (lalulintas  $\gamma LER_1$ ).
- 7) Dengan demikian pada tahap II diperkirakan ITP2 dengan rumus :  
$$ITP2 = ITP - ITP1$$
  
ITP didapat dari  $LER = 2,5 LER_2$ , sedangkan ITP1 didapat dari  $LER = 1,67 LER_1$ .

Tentunya selain prosedur dan parameter di atas, sudah pula ditentukan parameter-parameter lainnya yang merupakan standar yaitu FR,  $I_{Po}$ ,  $I_{Pt}$ , DDT, jenis bahan lapis perkerasan yang akan dipilih (mulai dari lapis pondasi bawah, pondasi dan lapis permukaan) dan prinsip perhitungan ketebalan lapis-lapis perkerasandengan cara coba-coba.

Untuk memudahkan pemahaman terhadap langkah-langkah perhitungan di atasmaka akan disajikan contoh perhitungan struktur perkerasan dengan cara konstruksi bertahap sebagai berikut.

*Contoh :*

- 1) Parameter  $FR = 1$ ,  $I_{Po} = 3,9$ ,  $I_{Pt} = 2,0$ .
- 2) Tanah dasar memiliki nilai CBR lapangan = 3,4%.
- 3) Uniur rencana 5 tahun dan 15 tahun.
- 4) Faktor pertumbuhan lalu lintas ( $i$ ) = 5 %.
- 5) Jalan 2 lajur dan akan dibuka pada tahun 2005.
- 6) Bahan lapis keras yang akan digunakan adalah :
  - a) LPB pasir batu(sirtu)dengan  $a_1=0,12$ dengantebalmininum10cm.
  - b) Nilai LPA batupecah dengan  $a_2=0,14$ dengantebalminmum20 cm.
  - c) Lapis permukaan asbuton dengan  $a_3 = 0,35$ .
  - d) Data LHR pada tahun 2000 adalah kendaraan ringan 2 ton = 1000 kendaraan, bus 8 ton = 300 kendaraan dan truk 2 as 13 ton = 50 kendaraan.

Jawab :

- 1) Perhitungan dan analisis lalu lintas disajikan berikut :
  - a) Tahun-tahun yang terkait dengan pembukaan jalan adalah
    - 2000 : pelaksanaan survei.
    - (akhir) 2004 : penyelesaian konstruksi.
    - (awal) 2005 : pembukaan jalan.
    - (akhir) 2010 : akhir umur rencana tahap I.
    - (akhir) 2025 : akhir umur rencana tahap II.
  - b) Perkiraan LHR akhir tahun 2004 atau awal tahun 2005 adalah
    - untuk mobil penumpang  $LHR_{mp4} = 1000 (1 + 0,05)^4 = 1215,5$  kendaraan.

- untuk bus  $LHR_{b4} = 300 (1 + 0,05)^4 = 364,7$  kendaraan.
  - untuk truk  $LHR_{t4} = 50 (1 + 0,05)^4 = 60,8$  kendaraan.
- c) Perkiraan LHR tahun 2010 adalah
- untuk mobil penumpang  $LHR_{mp5} = 1215,5 (1 + 0,05)^5 = 1551,3$  kendaraan.
  - untuk bus  $LHR_{b5} = 364,7 (1 + 0,05)^5 = 465,2$  kendaraan.
  - untuk truk  $LHR_{t5} = 60,8 (1 + 0,05)^5 = 77,6$  kendaraan.
- d) Perkiraan LHR tahun 2025 adalah :
- untuk mobil penumpang  $LHR_{mp20} = 1215,5 (1 + 0,05)^{20} = 3225,1$  kendaraan.
  - untuk bus  $LHR_{b20} = 364,7 (1 + 0,05)^{20} = 967,7$  kendaraan.
  - untuk truk  $LHR_{t20} = 60,8 (1 + 0,05)^{20} = 161,3$  kendaraan.
- e) Nilai C untuk kondisi jalan 2 lajur adalah 0,5 untuk semua jenis kendaraan)
- f) Nilai ekivalen (E) untuk masing-masing jenis kendaraan adalah :
- kendaraan ringan =  $\left(0,50 \cdot \frac{2000}{8160}\right)^4 + \left(0,50 \cdot \frac{2000}{8160}\right)^4 = 0,0002 + 0,0002 = 0,0004$
  - bus 8 ton =  $\left(0,34 \cdot \frac{8000}{8160}\right)^4 + \left(0,66 \cdot \frac{8000}{8160}\right)^4 = 0,0123 + 0,1752 = 0,1875$
  - truk 2 as 13 ton =  $\left(0,34 \cdot \frac{13000}{8160}\right)^4 + \left(0,66 \cdot \frac{8000}{8160}\right)^4 = 0,0861 + 0,1752 = 0,2614$
- g) Nilai LEP adalah :
- untuk mobil penumpang  $LEP_{mp} = 1215,5 \times 0,5 \times 0,0004 = 0,24$  sumbu tunggal/hari.
  - untuk bus  $LEP_b = 465,7 \times 0,5 \times 0,1875 = 34,19$  sumbu tunggal/hari.
  - untuk truk  $LEP_t = 60,8 \times 0,5 \times 0,2614 = 7,95$  sumbu tunggal/hari.
  - $LEP_{total} = LEP_{mp} + LEP_b + LEP_t = 42,38$  sumbu tunggal/hari.
- h) Nilai LEA untuk tahun ke 5 (2010) adalah :
- untuk mobil penumpang  $LEA_{mp5} = 1551,3 \times 0,5 \times 0,0004 = 0,31$  sumbu tunggal/hari.

- untuk bus  $LEA_{b5} = 465,5 \times 0,5 \times 0,1875 = 43,64$  sumbu tunggal/hari.
- untuk truk  $LEA_{t15} = 77,6 \times 0,5 \times 0,2614 = 10,14$  sumbu tunggal/hari.
- $LEA_5 = LEA_{mp5} + LEA_{b5} + LEA_{t5} = 54,09$  sumbu tunggal/hari.

i) Nilai  $LET_5 = \frac{1}{2} (LEP + LEA_5) = 48,235$  sumbu tunggal/hari, sedangkan  
 Nilai  $LET_{15} = \frac{1}{2} (LEA_5 + LEA_{15}) = 83,27$  sumbu tunggal/hari

j) Nilai  $LER_5 = LET_5 \times (UR/10) = 48,235 \times (5/10) = 24$  sumbu tunggal/hari,  
 sehingga  $1,67 LER_5 = 40$ .

Nilai  $LER_{15} = LET_{15} \times (UR/10) = 83,27 \times (15/10) = 125$  sumbu  
 tunggal/hari, sehingga  $2,5 LER_{15} = 313$ .

2) Nilai CBR lapangan tanah dasar = 3,4 %, sehingga menurut rumus 7.2  
 diperoleh nilai DDT = 4 %.

3) Nilai ITP dicari menurut menurut rumus 7.1

$$\log(LER \times 3650)$$

$$= 9,36 \log\left(\frac{ITP}{2,54} + 1\right) - 0,20 + \frac{\log \frac{IPo - IPt}{4,2 - 1,5}}{0,4 + \frac{1094}{\left(\frac{ITP}{2,54} + 1\right)^{5,19}}}$$

$$+ \log \frac{1}{FR} + 0,372(DDT - 3)$$

Sesuai data di atas pada kondisi  $1,67 LER_5 = 40$  diperoleh hasil  $ITP_5 = 6,5$ ,  
 sedangkan untuk kondisi  $2,5 LER_{15}$  diperoleh hasil  $ITP_{5+15} = 8,9$ .

4) Selanjutnya digunakan rumus 7.3 yaitu :

$$ITP = a_1 D_1 + a_2 D_2 + a_3 D_3$$

Untuk  $ITP_5$  diperoleh

$$6,3 = 0,35 D_1 + 0,14 D_2 + 0,12 D_3$$

Dalam hal ini akan dicoba kemungkinan memaksimalkan lapis permukaan  
 sehingga diperoleh

$$6,3 = 0,35 D_1 + 0,14 \times 20 + 0,12 \times 10$$

$$6,3 = 0,3 \times D_1 + 0,13 \times 20 + 0,11 \times 10$$

Sehingga diperoleh nilai  $D_1 = 7,1$  cm  $7,5$  cm.

Untuk  $ITP_{5+15}$  diperoleh

$$9,3 = 0,35 D_1 + 0,14 D_2 + 0,12 D_3$$

$$9,3=0,35 D_1 + 0,14 \times 20+ 0,12 \times 10$$

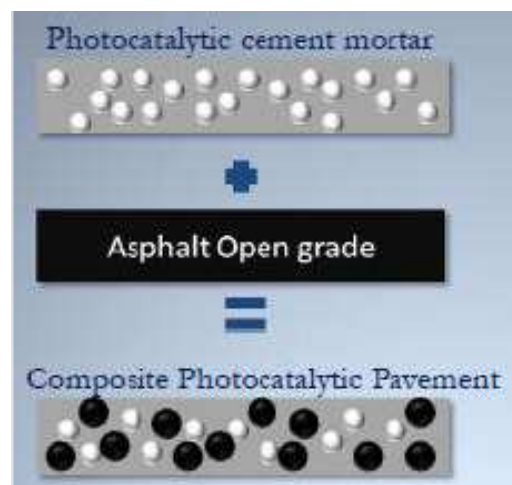
$$9,3 = 0,35 \times D_1 + 0,13 \times 20 + 0,12 \times D_3$$

Sehingga diperoleh nilai  $D_1 = 14$  cm.

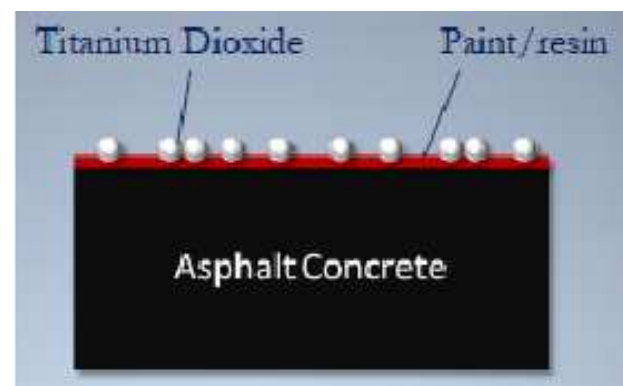
- 5) Sehingga susunan perkerasan yang didapat adalah pada tahap I dibuat LPB sirtu = 10 cm, LPA = 20 cm dan asbuton = 6,5 cm. Pada tahap II lapis asbuton ditambah setebal 7,5 cm.

### 5. Perkerasan Lentur dengan Lapisan Semen Titanium Diokasida

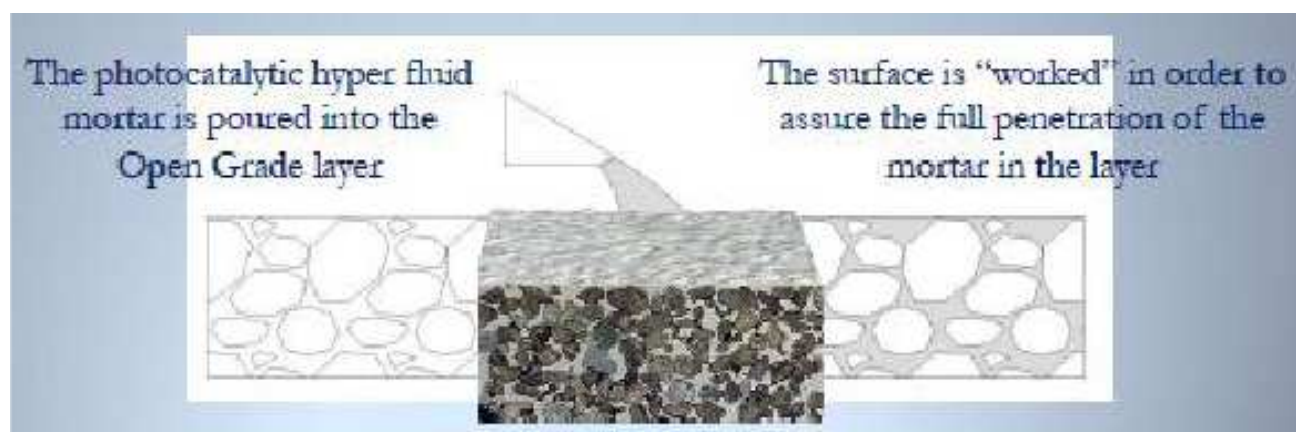
Perkerasan lentur yang telah didesain dengan metode analisa komponen dan menggunakan campuran bergradasi terbuka dapat ditambahi diatasnya dengan lapisan semen khusus yang mengandung titanium dioksida ( $TiO_2$ ). Gambar 7.2 dan Gambar 7.3 berikut ini menyajikan prinsip dan metode pelaksanaan penyemprotan atau penyuntikan  $TiO_2$ .



(a)



(b)



(c)

Gambar 7.2 Prinsip konstruksi perkerasan lentur dengan lapisan  $TiO_2$





(a) Penyuntikan semen TiO<sub>2</sub>



(b) Penyemprotan semen TiO<sub>2</sub>



(c) Penyemprotan semen TiO<sub>2</sub>



(d) Potongan konstruksi perkerasan lentur dengan lapisan semen TiO<sub>2</sub>

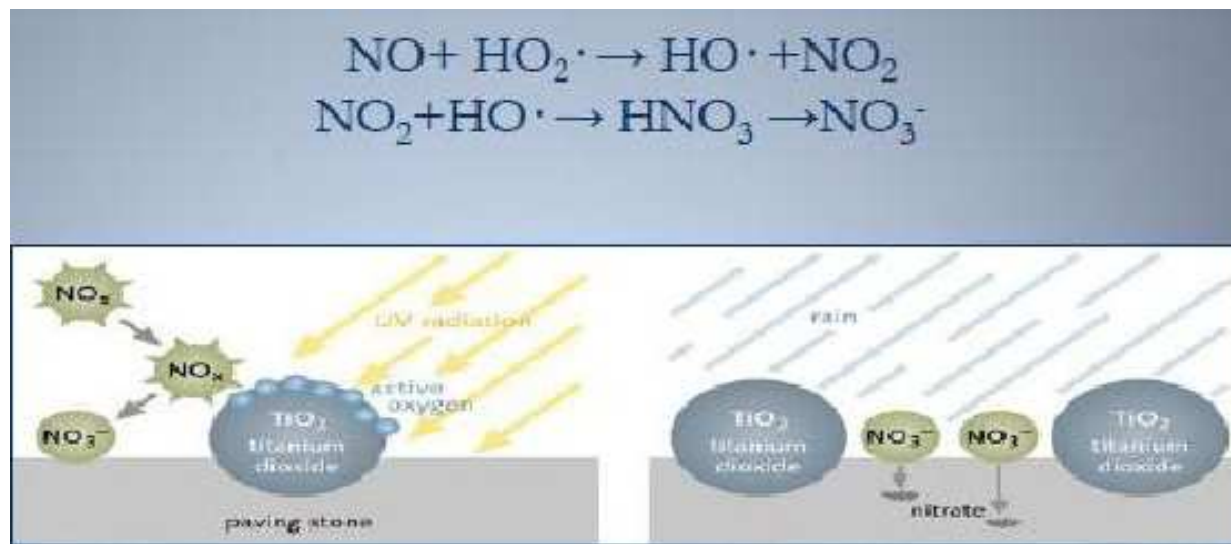


(e) Potongan konstruksi perkerasan lentur dengan lapisan semen TiO<sub>2</sub>

Gambar 7.3 Metode pelaksanaan penyemprotan atau penyuntikan TiO<sub>2</sub>

Manfaat utama pemberian lapisan semen TiO<sub>2</sub> adalah berkurangnya tingkat pencemaran udara akibat lalu lintas. Hal tersebut dapat terjadi melalui mekanisme berlangsungnya proses *photocatalytic* yang merubah nitrogen oksida (NO dan NO<sub>2</sub>), yang bersifat polutif; menjadi nitrat (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) yang tidak polutif dan dapat

terbawa hilang oleh limpasan air hujan. Gambar 7.4 berikut ini menyajikan reaksi dan proses pembersihan polusi udara di jalan melalui proses *photocatalytic*.



Gambar 7.4 Reaksi dan proses pembersihan polusi udara di jalan melalui proses *photocatalytic* oleh lapisan semen TiO<sub>2</sub>

## 6. Rangkuman

- 1) Perhitungan struktur perkerasan merupakan tahap penting dalam pekerjaan konstruksi jalan dan menghasilkan ketebalan lapis-lapis perkerasan. Hasilnya terkait dengan biaya konstruksi karena menentukan volume pekerjaan jalan.
- 2) Perhitungan struktur jalan dapat dilakukan menggunakan metode analisis komponen. Tiga tahap utama perhitungan metode analisa komponen adalah
  - Tahap masukan.
  - Tahap pemrosesan/perhitungan.
  - Tahap keluaran hasil.

Parameter masukan berupa kendaraan dan lalulintas, stabilitas tanah dasar, kriteria keruntuhan/kinerja/pelayanan, faktor regional, umur rencana dan kualitas bahan. Pemrosesan berupa perhitungan lalulintas dan perhitungan tebal perkerasan dengan bantuan nomogram atau rumus-rumus. Keluaran hasil utama hitungan berupa tebal perkerasan. Hasil lain yang dapat diperoleh berupa analisa sensitifitas parameter desain terhadap desain struktur perkerasan dan kurva kondisi perkerasan selama umur rencana.

- 3) Metode analisa komponen dapat digunakan untuk menghitung perencanaan perkerasan baru, perhitungan konstruksi secara bertahap dan penentuan tebal lapis ulang.
- 4) Perkerasan lentur bergradasi terbuka dapat diberi lapisan semen khusus yang mengandung titanium dioksida ( $\text{TiO}_2$ ). Pemberian  $\text{TiO}_2$  dilaksanakan dengan cara penyemprotan atau penyuntikan. Manfaat utama pemberian lapisan semen dengan  $\text{TiO}_2$  adalah berkurangnya tingkat pencemaran udara akibat lalu lintas. Hal tersebut dapat terjadi melalui mekanisme berlangsungnya proses *photocatalytic* yang merubah nitrogen oksida ( $\text{NO}$  dan  $\text{NO}_2$ ), yang bersifat polutif; menjadi nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) yang tidak polutif dan dapat terbawa hilang oleh limpasan air hujan.

### C. PENUTUP

#### 1. Latihan Soal

- 1) Jelaskan urgensi perhitungan tebal lapis keras jalan aspal dalam suatu proyek jalan!
- 2) Jelaskan prosedur perhitungan tebal struktur perkerasan menurut metode analisa komponen!
- 3) Suatu jalan akan dibangun 2 lajur 2 arah. Data LHR tahun 2001 sbb :
  - Mobil penumpang 2 ton : 90 kendaraan.
  - Bus 6 ton : 3 kendaraan.
  - Truk 2 as 10 ton : 2 kendaraan.Jalan dibuka tahun 2005. Pertumbuhan lalu lintas selama masa konstruksi 5 %.
  - Umur rencana : 5 tahun.
  - Pertumbuhan lalu lintas selama masa pelayanan jalan 8 %.
  - FR : 1, CBR lapangan tanah dasar : 3,4%,  $\text{IP}_O$  : 2,9,  $\text{IP}_t$  : 1,5.
  - Bahan perkerasan menggunakan makadam ( $a_1 = 0,25$ ), LPA batu pecah CBR 50 % ( $a_2 = 0,12$ ) dan LPB tanah kepasiran dengan CBR 20 % ( $a_3 = 0,10$ ). Persyaratan tebal minimum LPA = 20 cm dan LPB = 10 cm.Rencanakan tebal perkerasannya!

- 4) Suatu jalan 2 lajur 2 arah memiliki data LHR tahun 2000 sbb :
- ❑ Mobil penumpang 2 ton : 2000 kendaraan.
  - ❑ Bus 8 ton : 600 kendaraan.
  - ❑ Truk 2 as 13 ton : 100 kendaraan.
  - ❑ Pertumbuhan lalu lintas 8 %.
  - ❑ Umur rencana jalan tersebut pada waktu dibangun : 5 tahun.
  - ❑ FR : 1, CBR lapangan tanah dasar : 3,4%, IPo : 3,9, IPt : 2.
  - ❑ Struktur perkerasan lama berupa asbuton (10,5 cm), LPA batu pecah CBR 100 % (20 cm) dan LPB sirtu CBR 50 % (10 cm).

Berdasarkan survei lapangan dinilai bahwa kondisi jalan setelah 5 tahun konstruksi tinggal 60 % dari kekuatan semula. Hal tersebut diindikasikan dari munculnya keretakan dan alur. Jika direncanakan suatu pekerjaan *overlay*, rencanakan tebal lapis ulangnya!

5. Jelaskan prinsip pelaksanaan dan manfaat pemberian lapisan semen yang mengandung  $TiO_2$  pada perkerasan lentur.

## 2. Petunjuk Penilaian

Setup nomor pada latihan di atas berbobot 25 %. Kemampuan anda menjawab soal dengan benar mencerminkan penguasaan materi yang telah diberikan.

Jawaban yang benar	Kategori Penguasaan Materi
< 25 %	Kurang
25 % - 50 %	Cukup
50 % - 75 %	Baik
> 75 %	Sangat Baik

## 3. Jawaban

- 1) Perhitungan struktur perkerasan menghasilkan ketebalan lapis-lapis perkerasan. Parameter tersebut terkait erat dengan biaya konstruksi karena menentukan volume pekerjaan jalan.

2) Perhitungan struktur jalan menurut metode analisis komponen terdiri dari tiga tahap utama perhitungan yaitu :

- Tahap masukan.
- Tahap pemrosesan/perhitungan.
- Tahap keluaran hasil.

Parameter masukan berupa kendaraan dan lalu lintas, stabilitas tanah dasar, kriteria keruntuhan/kinerja/pelayanan, faktor regional, umur rencana dan kualitas bahan. Pemrosesan berupa perhitungan lalu lintas dan perhitungan tebal perkerasan dengan bantuan nomogram atau rumus-rumus. Keluaran hasil utama hitungan berupa tebal perkerasan. Hasil lain yang dapat diperoleh berupa analisa sensitifitas parameter desain terhadap desain struktur perkerasan dan kurva kondisi perkerasan selama umur rencana.

3) a) Tahun-tahun yang terkait dengan pembukaan jalan adalah :

- 2001 : pelaksanaan survei.
- (awal) 2005 : pembukaan jalan.
- (akhir) 2010 : akhir umur rencana.

b) Perkiraan LHR awal tahun 2005 adalah :

- untuk mobil penumpang  $LHR_{mp4} = 109,4 (1 + 0,05)^4 = 109,4$  kendaraan.
- untuk bus  $LHR_{b4} = 3 (1 + 0,05)^4 = 3,6$  kendaraan.
- untuk truk  $LHR_{t4} = 2 (1 + 0,05)^4 = 2,4$  kendaraan.

c) Perkiraan LHR akhir tahun 2010 adalah :

- untuk mobil penumpang  $LHR_{mp5} = 109,4 (1 + 0,08)^5 = 1551,3$  kendaraan.
- untuk bus  $LHR_{b5} = 3,6 (1 + 0,08)^5 = 5,3$  kendaraan.
- untuk truk  $LHR_{t5} = 2,4 (1 + 0,08)^5 = 3,5$  kendaraan.

d) Nilai C untuk kondisi jalan 2 lajur adalah 0,5 untuk semua jenis kendaraan.

e) Nilai ekivalen (E) untuk masing-masing jenis kendaraan adalah :

- kendaraan ringan =  $\left(0,50 \cdot \frac{2000}{8160}\right)^4 + \left(0,50 \cdot \frac{2000}{8160}\right)^4 = 0,0002 + 0,0002 = 0,0004$

- bus 8 ton =  $\left(0,34 \cdot \frac{8000}{8160}\right)^4 + \left(0,66 \cdot \frac{8000}{8160}\right)^4 = 0,0123 + 0,1752 = 0,1875$

- truk 2 as 10 ton =  $\left(0,5 \cdot \frac{4000}{8160}\right)^4 + \left(0,5 \cdot \frac{6000}{8160}\right)^4 = 0,0301 + 0,4280 = 0,4581$

f) Nilai LEP adalah :

- untuk mobil penumpang  $LEP_{mp} = 109,4 \times 0,5 \times 0,0004 = 0,022$  sumbu tunggal/hari.

- untuk bus  $LEP_b = 3,6 \times 0,5 \times 0,1875 = 0,338$  sumbu tunggal/hari.

- untuk truk  $LEP_t = 2,4 \times 0,5 \times 0,2614 = 0,55$  sumbu tunggal/hari.

- $LEP_{total} = LEP_{mp} + LEP_b + LEP_t = 0,91$  sumbu tunggal/hari.

g) Nilai LEA pada tahun 2010 adalah :

- untuk mobil penumpang  $LEA_{mp5} = 160,7 \times 0,5 \times 0,0004 = 0,032$  sumbu tunggal/hari.

- untuk bus  $LEA_{b5} = 5,3 \times 0,5 \times 0,1875 = 0,497$  sumbu tunggal/hari.

- untuk truk  $LEA_{t5} = 3,5 \times 0,5 \times 0,2614 = 0,802$  sumbu tunggal/hari.

- $LEA_5 = LEA_{mp5} + LEA_{b5} + LEA_{t5} = 1,331$  sumbu tunggal/hari.

h) Nilai  $LET = \frac{1}{2} (LEP + LEA) = 1,12$  sumbu tunggal/hari.

i) Nilai  $LER = LET \times (UR/10) = 1,12 \times (5/10) = 0,56$  sumbu tunggal/hari.

j) Nilai CBR lapangan tanah dasar = 3,4 %, sehingga menurut rumus 7.2 diperoleh nilai  $DDT = 4$  %.

k) Nilai ITP dicari menurut rumus 7.1

$$\log(LER \times 3650) = 9,36 \left( \frac{ITP}{2,54} + 1 \right) - 0,20 + \frac{\log \frac{IPo - IPT}{4,2 - 1,5}}{0,4 + \frac{1094}{\left( \frac{ITP}{2,54} + 1 \right)^{5,19}}} + \log \frac{1}{FR} + 0,372(DDT - 3)$$

Sesuai data di atas diperoleh hasil  $ITP_5 = 3$ .

l) Selanjutnya digunakan rumus 7.3 yaitu

$$ITP = a_1 D_1 + a_2 D_2 + a_3 D_3$$

Dalam hal ini akan dicoba kemungkinan memaksimalkan lapis permukaan sehingga diperoleh

$$3 = 0,25 D_1 + 0,12 \times 20 + 0,1 \times 10$$

$$3 = 0,25 \times D_1 + 0,12 \times 20 + 0,1 \times 10$$

Selingga diperoleh nilai  $D_1 \approx 0$  cm, oleh karena itu maka selanjutnyaditetapkan rencana lapis permukaan makadam setebal 5 cm yaitu ketebalan minimum lapis permukaan jenis makadam. Jadi susunan perkerasan yang didapat adalah LPB sirtu = 10 cm, LPA = 20 cm dan makadam = 5 cm.

- 4) a) Tabun-talitin yang terkait dengan pembukaan jalan adalah :
- 2000 : hasil pengamatan lalu lintas terhadap operasional jalan.
  - (awal) 2005 : penilaian kondisi jalan.
- b) Perkiraan LHR awal tahun 2005 adalah :
- untuk mobil penumpang  $LHR_{mp5} = 2000 (1 + 0,08)^5 = 109,4$  kendaraan.
  - untuk bus  $LHR_{b5} = 600 (1 + 0,08)^5 = 881,6$  kendaraan.
  - untuk truk  $LHR_{t5} = 100 (1 + 0,08)^5 = 146,9$  kendaraan.
- c) Nilai ekivalen (E) untuk masing-masing jenis kendaraan adalah :
- kendaraan ringan =  $\left(0,50 \cdot \frac{2000}{8160}\right)^4 + \left(0,50 \cdot \frac{2000}{8160}\right)^4 = 0,0002 + 0,0002 = 0,0004$
  - bus 8 ton =  $\left(0,5 \cdot \frac{8000}{8160}\right)^4 + \left(0,5 \cdot \frac{8000}{8160}\right)^4 = 0,0123 + 0,1752 = 0,1875$
- f) Nilai LEP adalah :
- untuk mobil penumpang  $LEP_{mp} = 2000 \times 0,5 \times 0,0004 = 0,4$  sumbu tunggal/hari.
  - untuk bus  $LEP_b = 600 \times 0,5 \times 0,1875 = 56,694$  sumbu tunggal/hari.
  - untuk truk  $LEP_t = 100 \times 0,5 \times 1,3084 = 65,42$  sumbu tunggal/hari.
  - $LEP_{total} = LEP_{mp} + LEP_b + LEP_t = 122,1$  sumbu tunggal/hari.
- g) Nilai LEA pada tahun 2005 adalah :
- untuk mobil penumpang  $LEA_{mp5} = 2938,6 \times 0,5 \times 0,0004 = 0,588$  sumbu tunggal/hari.

- untuk bus  $LEA_{b5} = 881,6 \times 0,5 \times 0,1875 = 82,694$  sumbu tunggal/hari.
- untuk truk  $LEA_{t5} = 146,9 \times 0,5 \times 1,3084 = 96,102$  sumbu tunggal/hari.
- $LEA_5 = LEA_{mp5} + LEA_{b5} + LEA_{t5} = 179,384$  sumbu tunggal/hari.

h) Nilai  $LET = \frac{1}{2} (LEP + LEA) = 150,742$  sumbu tunggal/hari.

i) Nilai  $LER = LET \times (UR/10) = 150,742 \times (5/10) = 75,371$  sumbu tunggal/hari

j) Nilai CBR lapangan tanah dasar = 3,4 %, sehingga menurut rumus 7.2 dipeoleh nilai  $DDT = 4$  %.

k) Mai ITP dicari menurut menurut rumus 7.1

$$\log (LER \times 3650) = 9,36 \left( \frac{ITP}{2,54} + 1 \right) - 0,20 + \frac{\log \frac{IP_o - IP_t}{4,2 - 1,5}}{0,4 + \frac{1094}{\left( \frac{ITP}{2,54} + 1 \right)^{5,19}}} + \log \frac{1}{FR} + 0,372 (DDT - 3)$$

Sesuai data di atas diperoleh hasil  $ITP_5 = 7,1$

l) Selanjutnya dilihat rumus 7.3 yaitu

$$ITP = a_1 D_1 + a_2 D_2 + a_3 D_3$$

Berdasarkan data yang ada maka kekuatan sisa perkerasan lama adalah

$$ITP = (60\% \times 0,35 \times 10,5) + (100\% \times 0,14 \times 20) + (100\% \times 0,14 \times 20)$$

$$ITP = 6,2.$$

Sehingga selisih ITP yang ada =  $7,1 - 6,2 = 0,9$ . Selisih ITP tersebut selanjutnya akan dipenuhi dengan pelapisan ulang pada lapis permukaannya. Tebal lapis ulang yang dibutuhkan adalah

$$0,35 D_1 = 0,9, \text{ atau diperoleh nilai } D_1 = 2,6 \text{ cm} \approx 3 \text{ cm}.$$

5) Perkerasan lentur bergradasi terbuka dapat diberi lapisan semen khusus yang mengandung titanium dioksida ( $TiO_2$ ). Pemberian  $TiO_2$  dilaksanakan dengan cara penyemprotan atau penyuntikan. Manfaat utama pemberian lapisan semen dengan  $TiO_2$  adalah berkurangnya tingkat pencemaran udara akibat lalulintas. Hal tersebut dapat terjadi melalui mekanisme berlangsungnya proses *photocatalytic* yang merubah nitrogen oksida ( $NO$  dan  $NO_2$ ), yang bersifat



polutif; menjadi nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) yang tidak polutif dan dapat terbawa hilang oleh limpasan air hujan.

## **BAB VIII**

### **PERHITUNGAN STRUKTUR JALAN BETON KAKU**

#### **A. PENDAHULUAN**

##### **1. Deskripsi Singkat**

Bab ini menjelaskan perihal pengantar perihal urgensi perhitungan struktur perkerasan jalan, prosedur perhitungan metode Bina Marga dan contoh soal perhitungan.

##### **2. Relevansi**

Perhitungan struktur jalan beton memerlukan pemahaman karakteristik material dan beban yang bekerja di atas permukaan jalan. Oleh karena itu maka Bab VIII ini berkaitan erat dengan bab-bab sebelumnya yaitu Bab I, Bab III, Bab IV, Bab V dan Bab VI. Bab VIII ini berkaitan juga dengan Bab IX tentang Kerusakan-kerusakan Jalan.

##### **3. Tujuan Instruksional Khusus**

Pada akhir kuliah ini mahasiswa diharapkan dapat memahami urgensi pentingnya perhitungan struktur jalan serta dapat mengaplikasikan prosedur perhitungan struktur jalan beton pada kasus pembuatan jalan baru.

#### **B. PENYAJIAN**

##### **1. Pengantar**

Pada dasarnya urgensi perhitungan struktur perkerasan jalan beton pada sistem perencanaan jalan sama dengan urgensi perhitungan struktur perkerasan aspal/lentur, yaitu untuk memperhitungkan biaya konstruksi. Perbedaannya terutama terletak pada kelaziman bahwa konstruksi jalan beton tidak memerlukan overlay atau pelapisan ulang. Hal tersebut disebabkan pada umumnya umur rencana konstruksi jalan beton biasanya diasumsikan mencapai sedikitnya 20 tahun sehingga tergolong sangat lama. Selain itu, sasaran perhitungan struktur jalan beton adalah menghasilkan tebal pelat betonnya, sedangkan tebal lapis

pondasi tidak dihitung secara struktural dan hanya ditentukan sesuai kebutuhan pembentukan lapis perata dan lapis lantai kerja saja terhadap operasional alat-alat berat konstruksi.

Prosedur penentuan tebal perkerasan kaku yang akan diuraikan di sini berdasarkan buku PETUNJUK PERENCANAAN PERKERASAN KAKU (RIGID PAVEMENT), STANDAR KONSTRUKSI BANGUNAN INDONESIA (SKIII. 2.3.28.1988) yang juga didasarkan atas pedoman yang dikembangkan oleh NAASRA (*Interim Guide to, Pavement Thickness Design 1979*) dengan beberapa penyesuaian yang dipandang memenuhi kondisi di Indonesia.

## 2. Dasar-dasar Perencanaan

Dalam perencanaan perkerasan kaku, tebal pelat beton dihitung agar mampu memikul tegangan yang ditimbulkan oleh :

- a. beban roda kendaraan,
- b. perubahan suhu dan kadar air,
- c. perubahan volume pada lapisan di bawahnya.

Dalam perencanaan tebal pelat beton diterapkan prinsip kelelahan (*fatigue*), di mana dianggap bahwa apabila perbandingan tegangan yang terjadi pada beton akibat beban roda terhadap kuat lentur beton (*modulus of rupture, MR*) menurun, maka jumlah repetisi pembebanan sampai runtuh (*failure*) akan meningkat. Apabila perbandingan tegangan tersebut sangat rendah, maka beton akan mampu memikul repetisi tegangan yang tidak terbatas tanpa kehilangan kekuatannya. Sebaliknya, apabila perbandingan tegangan yang terjadi tinggi, beton hanya akan mampu memikul repetisi tegangan yang sangat terbatas sebelum beton tersebut runtuh. Beban lalu lintas yang akan dipikul oleh pelat beton dinyatakan dalam konfigurasi dan besarnya beban sumbu.

Untuk menghitung tebal pelat beton dipakai 3 parameter :

- 1) Kekuatan tanah dasar yang dinyatakan dalam Modulus Reaksi tanah Dasar (*k*) yang diperoleh melalui pengujian 'Plate Hearing'.
- 2) Tebal dan jenis pondasi bawah (apabila ada).

3) Kekuatan beton dinyatakan dalam kuat tarik lentur (Modulus of Rupture, MR), yang diperoleh dari pengujian kuat lentur THIRD-POINT LOADING.

### 3. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Perencanaan

#### 1) Peranan dan Tingkat Pelayanan

Makin penting peranan jalan, dan makin tinggi intensitas lalu lintas, maka makin tinggi pula perwujudan yang harus disediakan. Hal ini dapat diperoleh dengan menerapkan tingkat kepercayaan yang tinggi dalam menetapkan besaran-besaran rencana.

#### 2) Lalu lintas

Variabel-variabel lalu lintas yang berpengaruh adalah :

- a) Volume lalu lintas
- b) Konfigurasi sumbu dan roda
- c) Beban sumbu
- d) Ukuran dan tekanan ban
- e) Pertumbuhan lalu lintas
- f) Jumlah jalur dan arah lalu lintas

#### 3) Umur rencana

Umur rencana perkerasan jalan ditentukan atas dasar pertimbangan-pertimbangan peranan jalan, pola lalu lintas dan nilai ekonomi jalan.

#### 4) Kapasitas jalan

Kapasitas maksimum jalan yang direncanakan harus dipandang sebagai pembatasan.

#### 5) Tanah dasar

Dalam merencanakan tebal pelat beton perkerasan kaku, keseragaman daya dukung tanah dasar sangat penting. Pengujian daya dukung tanah (nilai  $k$ ) untuk jalan beton sebaiknya berupa uji Plate Bearing, namun jika uji tersebut tidak bisa dilakukan, maka nilai  $k$  dapat juga ditentukan berdasarkan nilai CBR (Gambar 8.1). Apabila digunakan lapis pondasi bawah dan lapis pondasi tersebut diperhitungkan mempunyai daya dukung, maka nilai  $k$  gabungan dapat ditentukan dengan menggunakan Gambar 8.2.

#### 6) Lapis Pondasi Bawah

Pada dasarnya lapis pondasi bawah pada perkerasan kaku tidak merupakan bagian utama untuk memikul beban tetapi apabila dilaksanakan (dalam hal k tanah dasar  $< 2 \text{ kg/cm}^3$ ) harus berfungsi sebagai berikut :

- a) Mengendalikan pengaruh kembang susut tanah dasar.
- b) Mencegah intrusi dan pemompaan lumpur (mud pumping) pada sambungan, retakan dan tepi pelat.
- c) Meniberikan dukungan yang mantap dan seragam pada pelat
- d) Sebagai perkerasan jalan kerja selama pelaksanaan.

Untuk menghitung nilai k gabungan, nilai modulus elastisitas lapis pondasi dapat ditentukan dengan menggunakan Tabel 8.1.

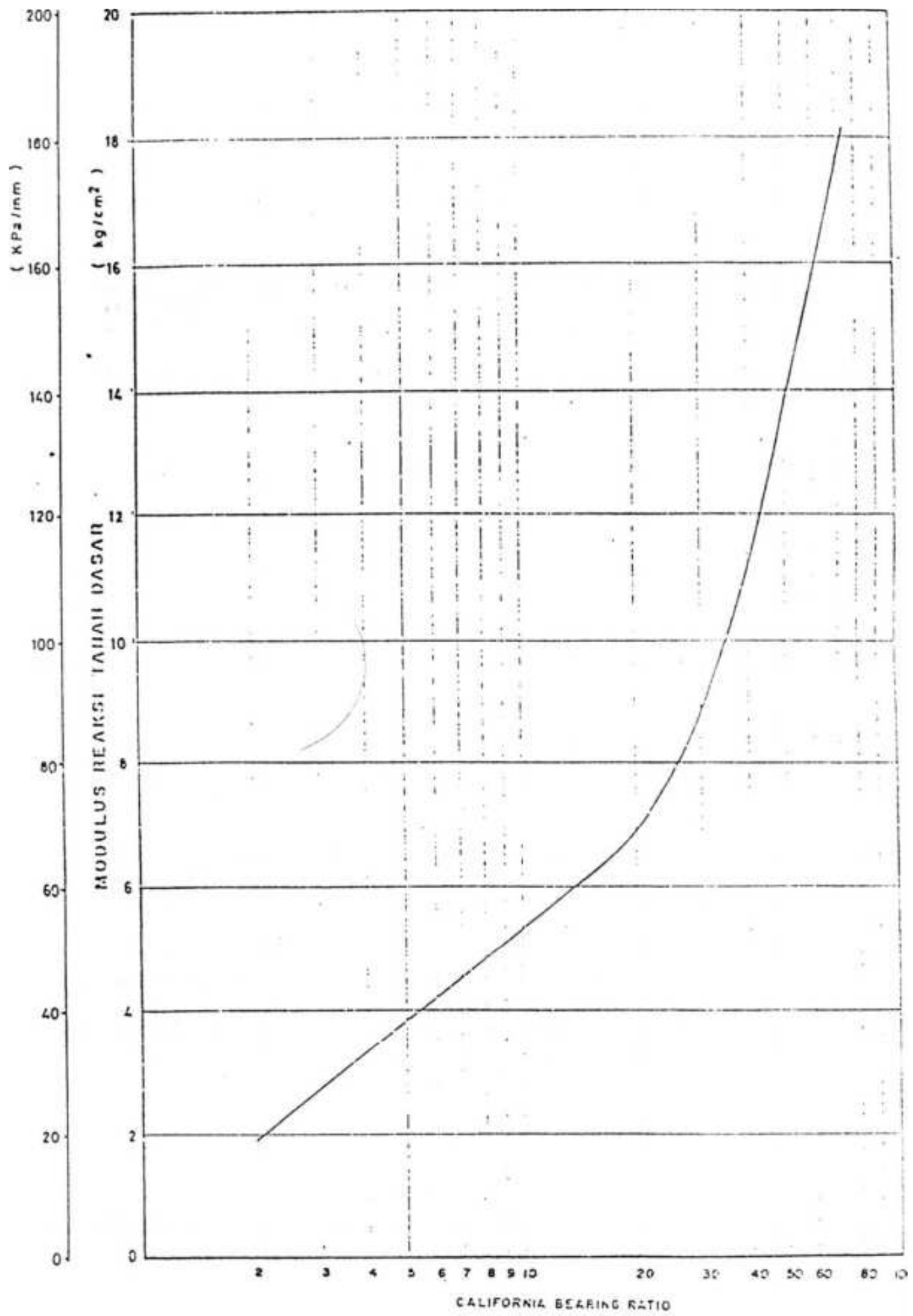
Tabel 8.1. Perkiraan Nilai Modulus Elastisitas Lapis Pondasi

Jenis Bahan	Modulus Elastisitas		
	GPa	psi	Kg/cm <sup>3</sup>
Granular	0,055-0.133	8000-20000	365-1410
Lapis pondasi distabilisasi semen	3,5-6,9	500000-1000000	35210-70420
Tanah distabilisasi Semen	2,8-6,2	400000-900000	28170-63380
Lapis pond. Diperbaiki Aspal	2,4-6,9	350000-1000000	24650-70420
Lapis pond. Diperbaiki aspal emulsi	0,28-2,1	4000-300000	2815-20025

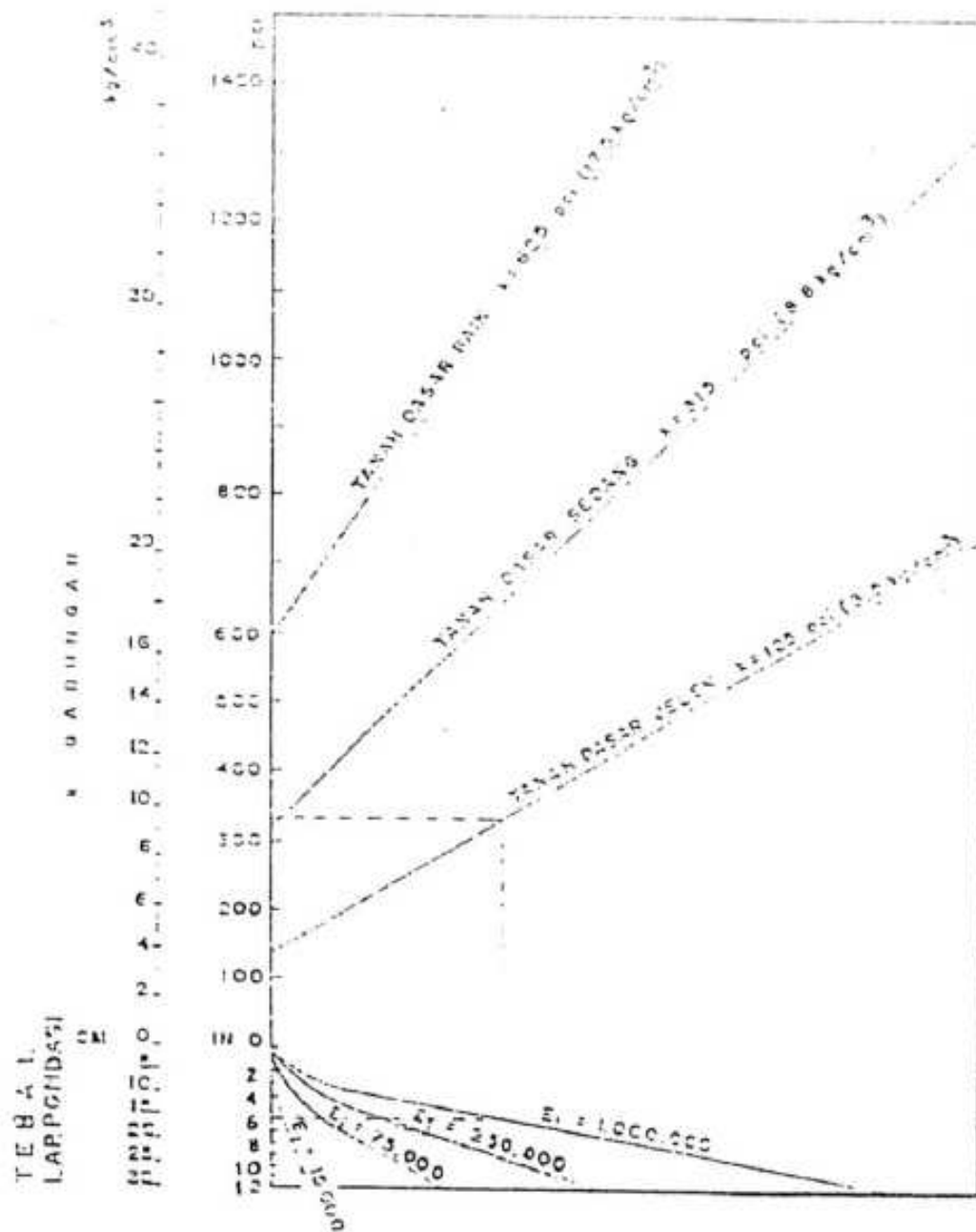
#### 7) Bahu

Bahu biasanya dibuat dari bahan lapis pondasi lentur atau bahan lapis pondasi distabilisasi yang kemudian ditutup dengan lapis bahan beraspal. Perbedaan kekuatan antara bahu dengan jalur lalu lintas akan menimbulkan persoalan pada sambungan (antara bahu dengan pelat) apabila sebagian roda kendaraan berat menginjak bahu. Hal tersebut bisa diatasi antara lain dengan cara :

- a) Membuat bahu dari pelat beton dan mengikatkannya pada pelat perkerasan.
- b) Mempertebal tepi pelat.
- c) Menggunakan kerb monolit.



Gambar 8.1 Hubungan antara CBR Tanah dengan k



Gambar 8.2. Grafik untuk Menentukan k Gabungan

8) Kekuatan beton

Tegangan kritis dalam perkerasan beton semen terjadi sebagai akibat melenturnya perkerasan (pelat beton) tersebut, sehingga kekuatan lentur beton (flexural strength) lebih cocok dalam perencanaan.

4. Persyaratan dan Pembatasan

- 1) Modulus Reaksi Tanah Dasar (k), minimum  $2 \text{ kg/cm}^3$
- 2) Kuat Lentur Tarik (MR), minimum  $40 \text{ kg/cm}^2$  pada umur 28 hari (dalam keadaan terpaksa boleh menggunakan  $MR 30 \text{ kg/cm}^2$ )
- 3) Kelandaian memanjang jalan, maksimum 10%

## 5. Besaran-besaran Rencana

### 1) Umur Rencana

Perkerasan kaku bisa direncanakan dengan umur rencana 20 sampai 40 tahun.

### 2) Lalulintas Rencana

a) Lalulintas harus dianalisa berdasarkan atau hasil perhitungan volume lalulintas dan konfigurasi sumbu berdasarkan data terakhir ( $\leq 2$  tahun terakhir) dari pos-pos resmi setempat.

b) Untuk keperluan perencanaan perkerasan kaku, hanya kendaraan niaga yang mempunyai berat total minimum 5 ton yang ditinjau dengan kemungkinan 3 konfigurasi sumbu sebagai berikut :

- Sumbu Tunggal Roda Tunggal (STRT)
- Sumbu Tunggal Roda Ganda (STRG)
- Sumbu Tandem Roda Ganda (STdRG)

### 3) Kekuatan Tanah Dasar dengan atau Tanpa Lapis Pondasi Bawah

Hal ini sudah dijelaskan di muka. Untuk menentukan besarnya Modulus Reaksi Tanah Dasar ( $k$ ) Rencana yang mewakili suatu seksi jalan dapat digunakan rumus sebagai berikut :

$$k^{\circ} = k - 2S \quad (\text{untuk jalan toll})$$

$$k^{\circ} = k - 1,645 \quad (\text{untuk jalan arteri})$$

$$k^{\circ} = k - 1,28S \quad (\text{untuk jalan kolektor/lokal})$$

dengan faktor keseragaman ( $FK = S / K \cdot 100\%$ ) dari kecil dari 25% dimana

$k^{\circ}$  : Modulus reaksi tanah dasar yang mewakili satu reaksi

$k$  :  $\sum k / n$  (modulus reaksi tanah dasar rata-rata dalam satu seksi jalan)

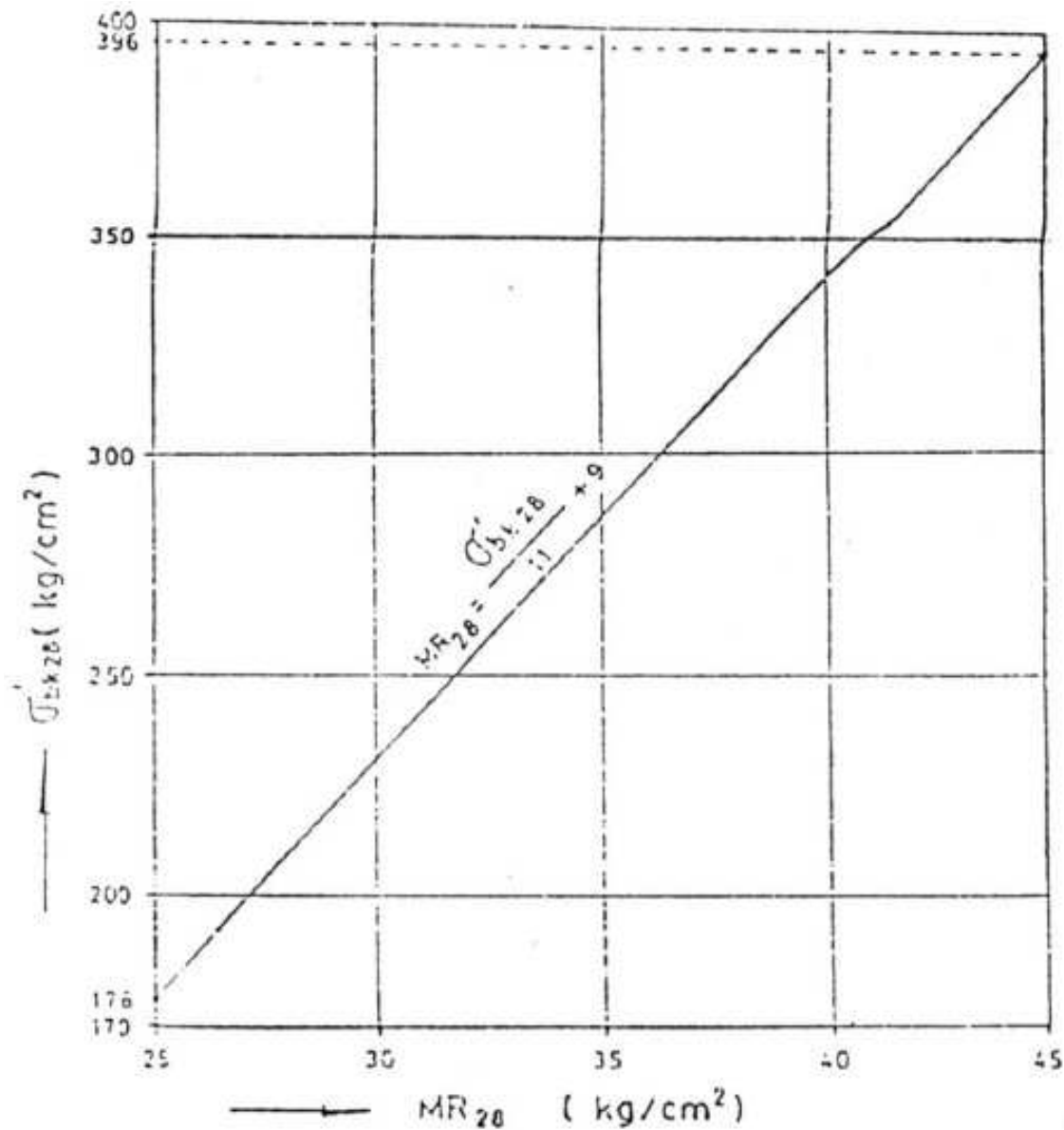
$k$  : modulus reaksi tanah dasar tiap titik didalam seksi jalan

$$S = \frac{n(\sum k^2) - (\sum k)^2}{n(n-1)}$$

### 4) Kekuatan Beton

Hal ini sudah disinggung di muka. Untuk tujuan sementara, kuat tarik lentur (MR) dapat dikorelasikan pada kuat tekan hancur seperti ditunjukkan Gambar 8.3.





Gambar 8.3 Hubungan antara Kuat Tarik Lentur dan Kuat Tekan (Umur 28 Hari)

6. Langkah-langkah Penentuan Tebal Pelat Beton

- 1) Dihitung Jumlah Kendaraan Niaga Harian (JKNH) pada tahun pembukaan.
- 2) Dihitung Jumlah Kendaraan Niaga (JKN) selama umur rencana

$$JKN = 365 \times JKNH \times R$$

R : faktor pertumbuhan

$$R = \frac{(1 + i)^n - 1}{e \log(1 + i)}$$

i : faktor pertumbuhan lalu lintas tahunan

n : umur rencana

- 3) Dihitung Jumlah Sumbu Kendaraan Niaga Harian (JSKNH) dan kemudian dihitung Jumlah Sumbu Kendaraan Niaga (JSKN) selama umur rencana

$$JSKN = 365 \times JSKNH \times R$$

- 4) Dihitung persentase masing-masing beban sumbu dan dihitung juga jumlah repetisi yang akan terjadi selama umur rencana

$$\text{Persentase beban sumbu} = \frac{\text{jumlah sumbu yang ditinjau}}{JSKNH}$$

Repetisi yang akan terjadi = JSKNH × persentase beban sumbu × koef distribusi jalur

Tabel 8.2. Koefisien Distribusi Jalur

Jumlah Jalur	Kendaraan Niaga	
	1 arah	2 arah
1 Jalur	1	1
2 Jalur	0,70	0,50
3 Jalur	0,50	0,475
4 Jalur	-	0,45
5 Jalur	-	0,425
6 Jalur	-	0,40

- 5) Besarnya beban sumbu rencana dihitung dengan cara mengalikan beban sumbu yang ditinjau dengan Faktor Keamanan (FK).

Tabel 8.3. Faktor Keamanan

Peranan Jalan	FK
Jalan Toll	1,2
Jalan Arteri	1,1
Jalan Kolektor	1,0
Jalan lokal	

- 6) Dengan besaran-besaran BEBAN SUMBU, k dan TEBAL PELAT yang sudah diketahui (ditaksir), besarnya tegangan yang terjadi bisa didapat dari NOMOGRAM yang bersangkutan (Gambar 8.4, Gambar 8.5, atau Gambar 8.6).
- 7) Dihitung perbandingan antara TEGANGAN YANG TERJADI dengan MR.
- 8) Berdasarkan perbandingan tegangan tersebut di atas, kemudian dari Tabel 8.4 dapat diketahui jumlah pengulangan (repetisi) tegangan yang diijinkan.
- 9) PERSENTASE LELAH (FATIGUE) untuk tiap-tiap konfigurasi beban sumbu dapat dihitung dengan cara membagi REPETISI YANG AKAN TERJADI dengan REPETISI YANG DIJINKAN.

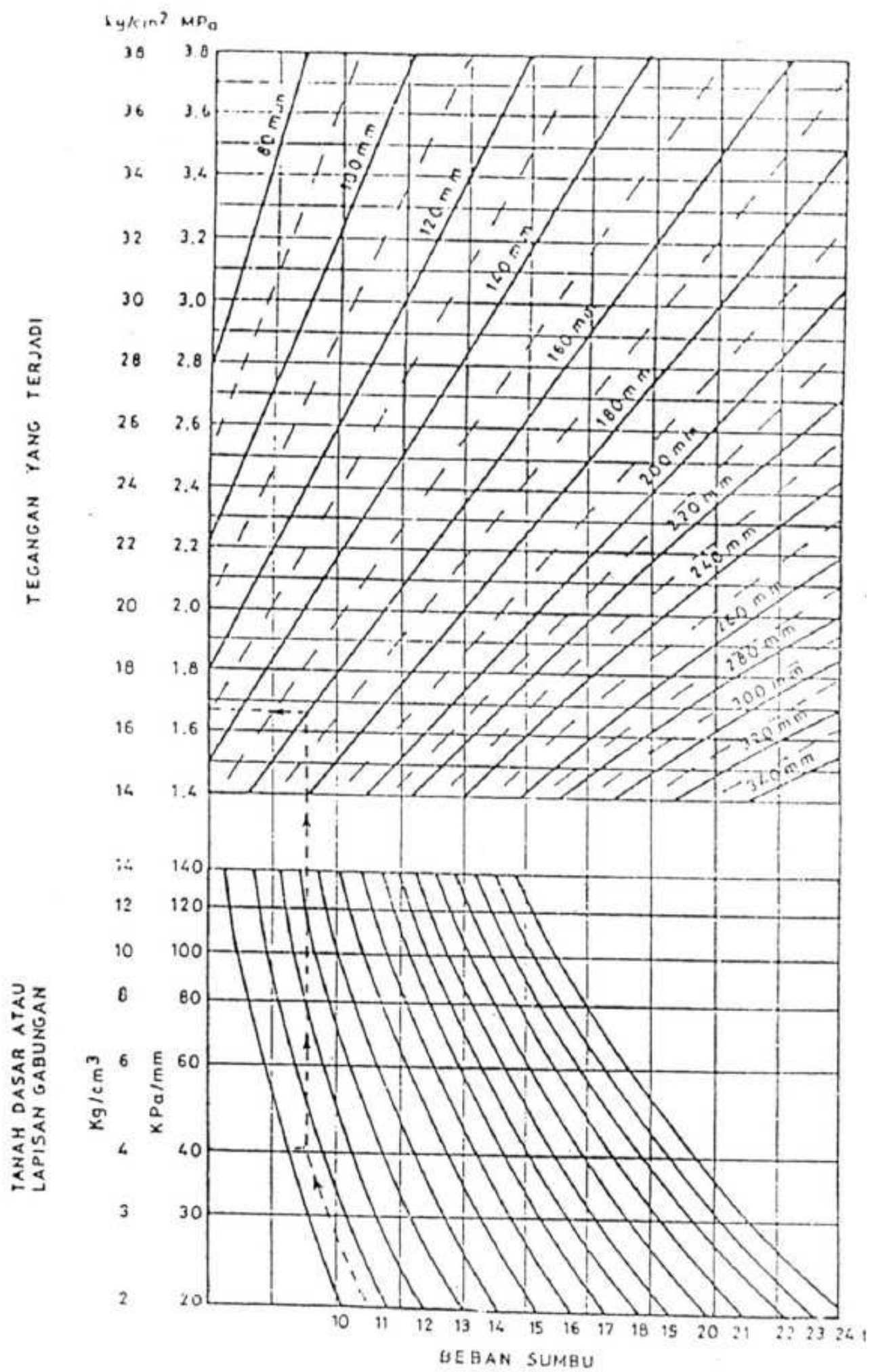
- 10) TOTAL FATIGUE dihitung dengan cara menjumlahkan besarnya PERSENTASE FATIGUE dari seluruh konfigurasi beban sumbu.
- 11) Langkah-langkah yang sama (1 sampai 10) diulangi untuk tebal pelat beton lainnya yang dipilih/ditaksir.
- 12) Tebal pelat beton yang dipilih/ditaksir dinyatakan sudah benar/cocok apabila total fatigue yang didapat besarnya LEDIH KECIL ATAU SAMA DENGAN 100%.

Tabel 8.4 Perbandingan Tegangan dan Jumlah Repetisi Beban yang Diiijinkan

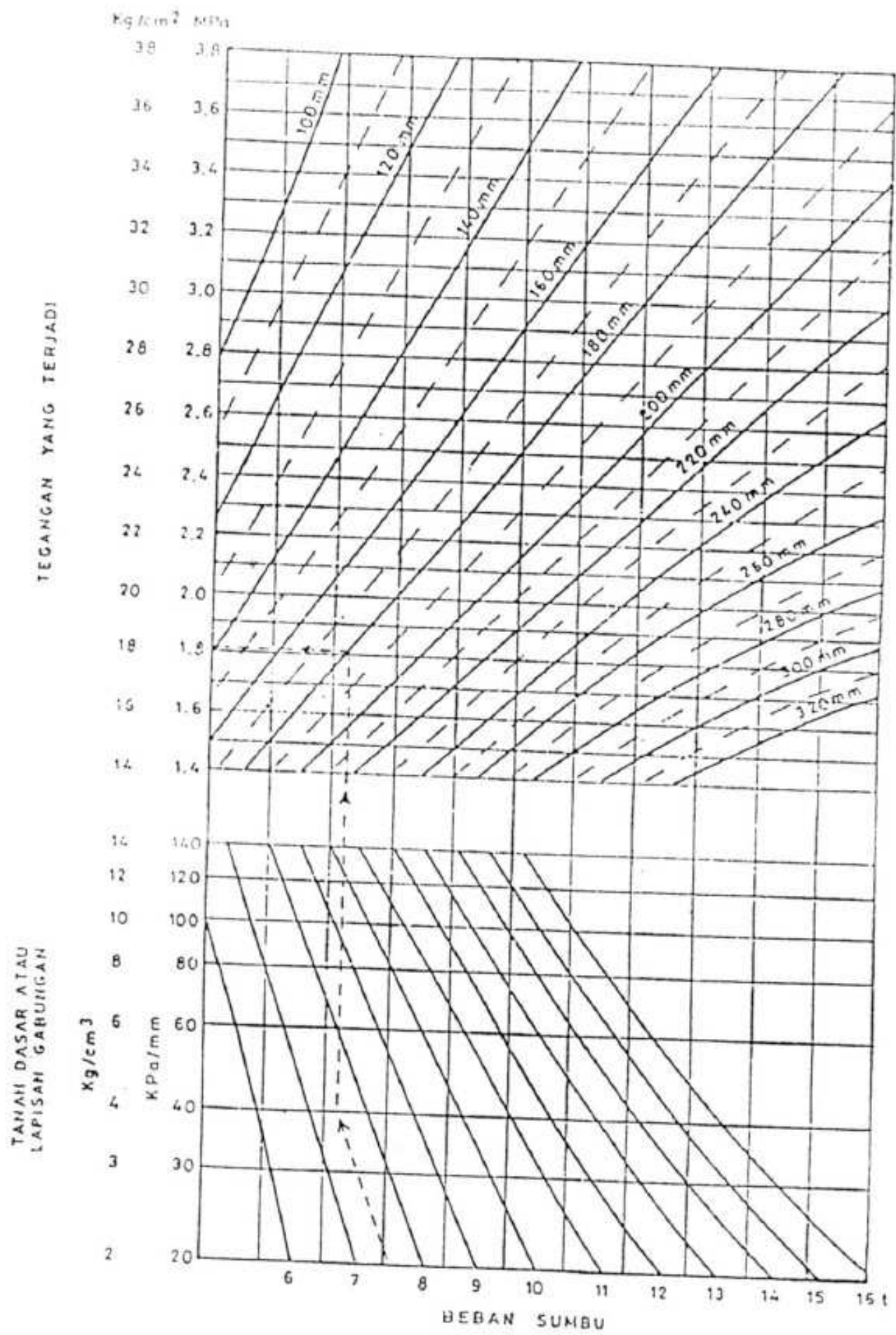
Perbandingan tegangan	Jml pengulangan beban yang diijinkan	Perbandingan Tegangan	Jml pengulangan beban yang diijinkan
0,51+	400.000	0,69	2.500
0,52	300.000	0,70	2.000
0,53	240.000	0,71	1.500
0,54	180.000	0,72	1.100
0,55	130.000	0,73	850
0,56	100.000	0,74	650
0,57	75.000	0,75	490
0,58	57.000	0,76	360
0,59	42.000	0,77	270
0,60	32.000	0,78	210
0,61	24.000	0,79	160
0,62	18.000	0,80	120
0,63	14.000	0,81	90
0,64	11.000	0,82	70
0,65	5.000	0,83	50
0,66	6.000	0,84	40
0,67	4.000	0,85	30
0,68	3.500		

\*) Tegangan akibat beban dibagi dengan Modulus of Rupture (MR)

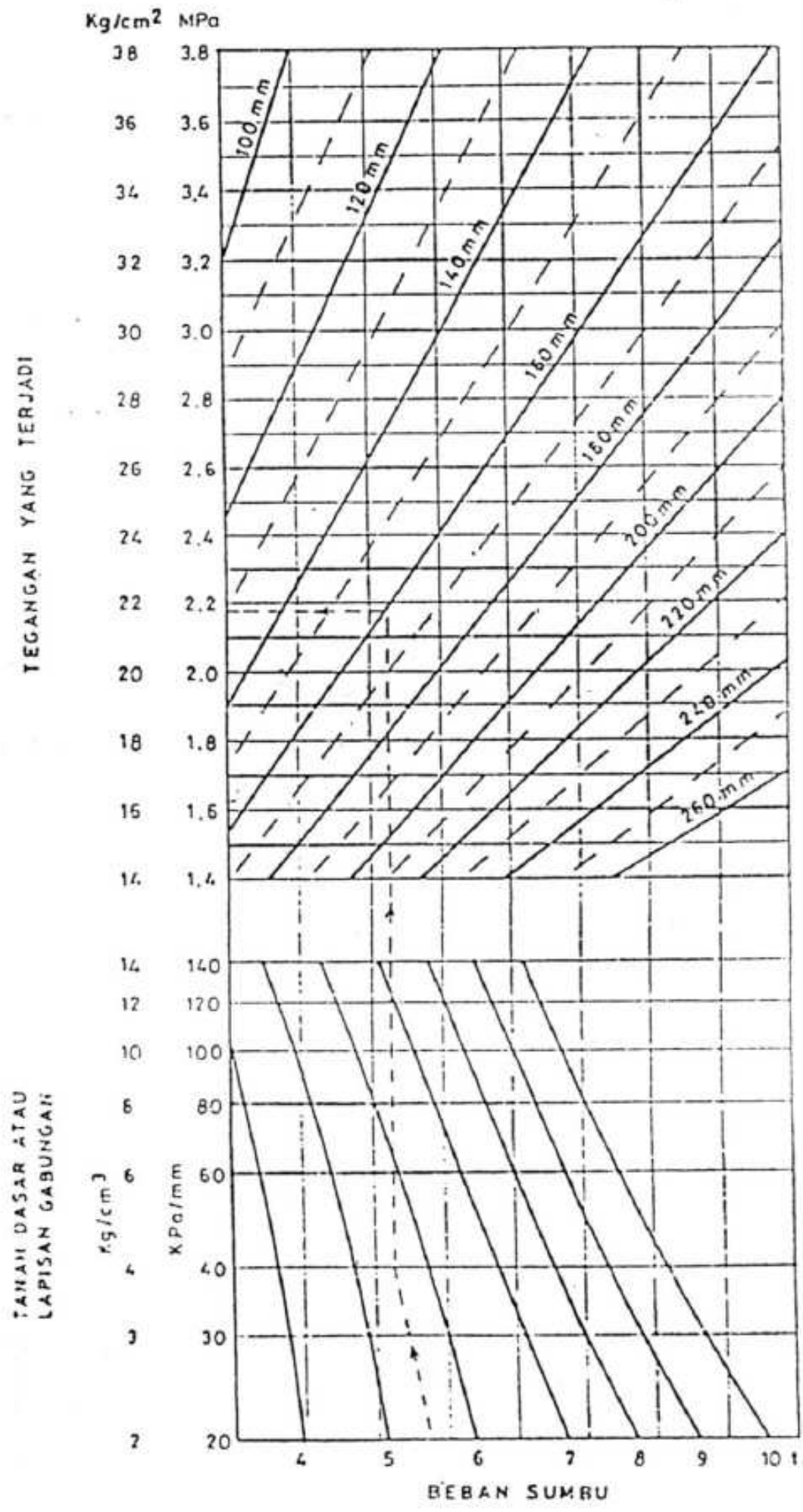
+) Tegangan sama dengan atau lebih kecil 0,50, maka jumlah pengulangan beban tidak terhingga.



Gambar 8.4 Nomogram Untuk Sumbu Tandem Roda Ganda



Gambar 8.5 Nomogram Untuk Sumbu Tunggal Roda Tunggal



Gambar 8.6 Nomogram Untuk Sumbu Tunggal Roda Gamnda

## 7. Perencanaan Tulangan

### 1) Perkerasan beton bersambung

$$A_s = \frac{1200 \cdot F \cdot L \cdot h}{F_s}$$

Dimana :

$A_s$  : Luas tulangan yang dibutuhkan (cm/m lebar)

$F$  : koefisien gesekan antara pelat beton dengan lapisan di bawahnya

$L$  : jarak antara sambungan (m)

$h$  : tebal pelat (m)

$F_s$  : tegangan tarik baja yang diijinkan ( $\text{kg/cm}^2$ )

### 2) Perkerasan beton bertulang menerus

#### a) Tulangan memanjang

$$P_s = \frac{100F_t}{(F_y - n \cdot F_t)} (1,3 - 0,2F)$$

dimana :

$P_s$  : persentase tulangan memanjang yang dibutuhkan terhadap penampang beton

$F_t$  : kuat tarik beton (0,4 - 0,5 MR)

$F_y$  : tegangan leleh rencana baja

$n$  : angka ekuivalensi antara baja-beton ( $E_s/E_c$ )

$F$  : koefisien gesekan antara pelat beton dengan lapisan pondasi

$E_s$  : Modulus elastisitas baja

$E_c$  : Modulus elastisitas beton

Persentase minimum = 0,6 % dari luas penampang

#### b) Tulangan melintang

$$A_s = \frac{1200 \cdot F \cdot L \cdot h}{F_s}$$

Tabel 8.5. Koefisien Gesekan antara Pelat Beton dengan Lapis Pondasi Bawah

Jenis pondasi	Faktor Gesekan (F)
Burtu, Lapen dan konstruksi sejenis	2,2
Aspal beton, Lataston	1,8
Stabilisasi kapur	1,8
Stabilisasi aspal	1,8

Jenis pondasi	Faktor Gesekan (F)
Stabilisasi semen	1,8
Koral	1,5
Batu pecah	
Sirtu	1,2
Tanah	0,9

## 8. Rangkuman

- 1) Urgensi perhitungan pelat beton pada struktur adalah sebagai salah komponen penentu biaya proyek.
- 2) Perhitungan struktur jalan beton diarahkan untuk menghasilkan ketebalan pelat beton, sedangkan ketebalan pondasi ditentukan lebih dulu untuk memenuhi fungsi perataan dan lantai kerja selama pelaksanaan konstruksi.
- 3) Tegangan-tegangan yang diperhitungkan dalam perhitungan struktur beton adalah :
  - a) beban roda kendaraan yang dinyatakan dalam konfigurasi dan besarnya beban sumbu,
  - b) perubahan suhu dan kadar air,
  - c) perubahan volume pada lapisan di bawahnya

Prinsip utama perencanaan tebal pelat beton adalah prinsip kelelahan (*fatigue*), di mana dianggap bahwa apabila perbandingan tegangan yang terjadi pada beton akibat beban roda terhadap kuat lentur beton (*modulus of rupture, MR*) menurun, maka jumlah repetisi pembebanan sampai runtuh (*failure*) akan meningkat. Apabila perbandingan tegangan tersebut sangat rendah, maka beton akan mampu memikul repetisi tegangan yang tidak terbatas tanpa kehilangan kekuatannya. Sebaliknya, apabila perbandingan tegangan yang terjadi tinggi, beton hanya akan mampu memikul repetisi tegangan yang sangat terbatas sebelum beton tersebut runtuh.
- 4) Jenis parameter tanah yang digunakan untuk perencanaan adalah :
  - a) Kekuatan tanah dasar yang dinyatakan dalam Modulus Reaksi Tanah Dasar (*k*) yang diperoleh melalui pengujian 'Plate Hearing'.
  - b) Tebal dan jenis~pondasi bawah (apabila ada).



- c) Kekuatan beton dinyatakan dalam kuat tarik lentur (Modulus of Rupture, MR), yang diperoleh dari pengujian kuat lentur THIRD-POINT WADING.

### C. PENUTUP

#### 1. Latihan Soal

- 1) Jelaskan dua kekhususan hasil perhitungan lapis perkerasan kaku dibandingkan dengan perhitungan lapis perkerasan aspal!
- 2) Sebutkan jenis tegangan yang diperhitungkan dalam perencanaan struktur beton untuk jalan!
- 3) Jelaskan prinsip utama perencanaan jalan beton!
- 4) Rencanakan tebal pelat beton untuk jalan 2 lajur dan 1 arah dimana lalulintas pada tahun pembukaan seperti di bawah ini dan umur rencana 20 tahun. Data yang tersedia adalah :
  - a) Tanah dasar :  $k = 4 \text{ kg/cm}^3$  .
  - b) Pondasi bawah : sirtu 10 cm.
  - c) Beton :  $MR = 40 \text{ kg/cm}^2$  ( $\sigma'_{bk} = 340 \text{ kg/cm}^2$ ).
  - d) Baja :  $U_{39}$  (tegangan leleh  $3390 \text{ kg/cm}^2$ ).
  - e) Pertumbuhan lalulintas : 5 %/tahun.
  - f) Peranan jalan : tol.
  - g) Volume dan komposisi lalulintas harian pada tahun pembukaan (untuk 2 lajur, 1 arah) adalah :

<u>Jenis kendaraan</u>	<u>Konfigurasi dan beban</u>	<u>Volume</u>	<u>Jumlah Sumbu</u>
Mobil penumpang	(1 + 1) ton =	200 buah	-
Bus	(3 + 5) ton =	214 buah	428
Truk 2 as kecil	(2 + 4) ton =	1428 buah	2586
Truk 3 as	(6 + 14) ton =	14 buah	28
Truk gaildeng	(6 + 14 + 5 + 5) ton =	8 buah	32

## 2. Petunjuk Penilaian

Setiap nomor pada latihan di atas berbobot 25 %. Kemampuan anda menjawab soal dengan benar mencerminkan penguasaan materi yang telah diberikan.

Jawaban yang benar	Kategori Penguasaan Materi
< 25 %	Kurang
25 % - 50 %	Cukup
50 % - 75 %	Baik
> 75 %	Sangat Baik

## 3. Jawaban

- 1) Kekhususan hasil perhitungan lapis perkerasan kaku dibandingkan dengan perhitungan lapis perkerasan aspal terutama terletak pada kelaziman bahwa konstruksi jalan beton tidak memerlukan overlay atau pelapisan ulang. Hal tersebut disebabkan pada umumnya umur rencana konstruksi jalan beton biasanya diasumsikan mencapai sedikitnya 20 tahun sehingga tergolong sangat lama. Selain itu, sasaran perhitungan struktur jalan beton adalah menghasilkan tebal pelat betonnya, sedangkan tebal lapis pondasi tidak dihitung secara struktural dan hanya ditentukan sesuai kebutuhan pembentukan lapis perata dan lapis lantai kerja saja terhadap operasional alat-alat berat konstruksi.
- 2) Tegangan-tegangan yang diperhitungkan dalam perhitungan struktur beton adalah :
  - a) beban roda kendaraan yang dinyatakan dalam konfigurasi dan besarnya beban sumbu,
  - b) perubahan suhu dan kadar air,
  - c) perubahan volume pada lapisan di bawahnya.
- 3) Prinsip utama perencanaan tebal pelat beton adalah prinsip kelelahan(*fatigue*), di mana dianggap bahwa apabila perbandingan tegangan yang terjadi pada beton akibat beban roda terhadap kuat lentur beton (*modulus of rupture*, MR) menurun, maka jumlah repetisi pembebanan sampairuntu (*failure*) akan

meningkat. Apabila perbandingan tegangan tersebut sangat rendah, maka beton akan mampu memikul repetisi tegangan yang tidak terbatas tanpa kehilangan kekuatannya. Sebaliknya, apabila perbandingan tegangan yang terjadi tinggi, beton hanya akan mampu memikul repetisi tegangan yang sangat terbatas sebelum beton tersebut runtuh.

4) Penyelesaian dilakukan sebagai berikut

a) Dihitung Jumlah Kendaraan Niaga (JKN) selama umur rencana (20 tahun

$$JKN = 365 \times JKNH \times R$$

$$JKNH = 214 + 1428 + 14+8= 1664$$

$$R = \frac{(1+0,05)^{20} - 1}{e \log(1+0,05)} = 33,9$$

Sehingga diperoleh

$$JKN = 365 \times JKNH \times R$$

$$JKN = 365 \times 1664 \times 33,9 = 20.589.504 \text{ kendaraan.}$$

b) Dihitung Jumlah Sumbu Kendaraan Niaga Harian (JSKNH) dan kemudian dihitung Jumlah Sumbu Kendaraan Niaga (JSKN) selama umur rencana

$$JSKN = 365 \times JSKNI I \times R$$

$$JSKNH = 428 + 2856 + 28 + 32 = 3344$$

Sehingga diperoleh

$$JSKN = 365 \times JSKNH \times R$$

$$JKN = 365 \times 3344 \times 33,9 = 41.376.984 \text{ kendaraan.}$$

c) Dihitung persentase masing-masing beban sumbu dan dihitung jugajumlah repetisi yang akan terjadi selama umur rencana (20 tahun) sebagai berikut :

Konfigurasi sumbu	Beban sumbu (ton)	% Konfigurasi sumbu
STRT	2	1428 : 3344 = 42,70 %
STRT	3	214 : 3344 = 6,40 %
STRG	4	1428 : 3344 = 42,70 %
STRG	5	214 : 3344 = 6,40 %
STRT	5	15 : 3344 = 0,48 %
STRT	6	(14 + 8) : 3344 = 0,66 %
STRG	8	-
STRG	14	(14 + 8) : 3344 = 0,66 %

- d) Jumlah repetisi kumulatif tiap-tiap sumbu pada jalur rencana selama umur rencana (20 tahun) sebagai berikut :

Konfigurasi sumbu	Beban sumbu (ton)	Jumlah repetisi selama umur rencana
STRT	2	$123,68 \times 10^5$
STRT	3	$18,54 \times 10^5$
STRG	4	$123,68 \times 10^5$
STRG	5	$18,54 \times 10^5$
STRT	5	$1,39 \times 10^5$
STRT	6	$1,91 \times 10^5$
STRG	8	-
STRG	14	$1,91 \times 10^5$

Mula-mula dicoba tebal pelat 17 cm dengan MR 40 kg/cm<sup>3</sup>

Konfigurasi sumbu	Beban sumbu (ton)	Beban sumbu rencana Fk = 1,2	Repetisi Beban (10 <sup>5</sup> )	Tegangan yang terjadi (kg/cm <sup>2</sup> )	Perbandingan tegangan	Jumlah repetisi beban yang Diijinkan	% Fatigue
STRT	2	2.4	123.68	-	-		0
STRT	3	3.6	18.54	-	-		0
STRG	4	4.8	123.68	-	-		0
STRG	5	6	18.54	16.25	0.41		0
STRT	5	6	1.39	21	0.53	240000	58
STRT	6	7.2	1.91	25	0.63	14000	1364
STRG	8	9.6	-	-	-	-	-
STRG	14	16.8	1.91	23	0.58	57000	335
Total							1757

Dengan tebal pelat = 17 cm, terlihat bahwa total fatigue yang terjadi 1757 % (> 100 %) maka perhitungan harus diulangi lagi, dengan tebal > 17 cm. Misalnya dicoba pelat dengan tebal 19 cm.

Kemudian dicoba tebal pelat 19 cm dengan MR 40 kg/cm<sup>2</sup>

Konfigurasi sumbu	Beban sumbu (ton)	Beban sumbu rencana Fk = 1,2	Repetisi Beban (10 <sup>5</sup> )	Tegangan yang terjadi (kg/cm <sup>2</sup> )	Perbandingan tegangan	Jumlah repetisi beban yang Diijinkan	% Fatigue
STRT	2	2.4	123.68	-	-		0
STRT	3	3.6	18.54	-	-		0
STRG	4	4.8	123.68	-	-		0
STRG	5	6	18.54	14	0.35		0
STRT	5	6	1.39	18.5	0.44		0
STRT	6	7.2	1.91	20.4	0.51	400000	48
STRG	8	9.6	-	-	-	-	-
STRG	14	16.8	1.91	20.4	0.51	400000	48
Total							96

Dengan tebal pelat = 19 cm, terlihat bahwa total fatigue yang terjadi hanya 96 % (< 100 %) sehingga perhitungan sudah cukup dan pelat dengan tebal 19 cm dapat digunakan.

## BAB IX

### KERUSAKAN JALAN DAN PENANGANAN PERBAIKANNYA

#### A. PENDAHULUAN

##### 1. Deskripsi Singkat

Bab ini menjelaskan perihal pengantar, jenis-jenis kerusakan konstruksi jalan serta penanganannya.

##### 2. Relevansi

Pemahaman perihal kerusakan jalan dan cara penanganannya terkait dengan karakteristik teknik bahan perkerasan dan perhitungan kekuatan sisa struktur perkerasan. Oleh karena itu, bab ini berkaitan dengan seluruh bab terdahulu dalam bahan ajar ini.

##### 3. Tujuan Instruksional Khusus

## **BAB IX**

### **KERUSAKAN JALAN DAN PENANGANAN PERBAIKANNYA**

#### **A. PENDAHULUAN**

##### **1. Deskripsi Singkat**

Bab ini menjelaskan perihal pengantar, jenis-jenis kerusakan konstruksi jalan serta penanganannya.

##### **2. Relevansi**

Pemahaman perihal kerusakan jalan dan cara penanganannya terkait dengan karakteristik teknik bahan perkerasan dan perhitungan kekuatan sisa struktur perkerasan. Oleh karena itu, bab ini berkaitan dengan seluruh bab terdahulu dalam bahan ajar ini.

##### **3. Tujuan Instruksional Khusus**

Pada akhir kuliah ini mahasiswa diharapkan dapat memahami pengertian kerusakan jalan, jenis-jenis kerusakan jalan dan cara penanganannya.

#### **B. PENYAJIAN**

##### **1. Pengantar**

Segera setelah jalan dibuka, maka beragam pembebanan terjadi pada struktur jalan. Beban utama yang bekerja berupa beban lalu lintas dan komponen-komponen lingkungan terutama air dan panas/suhu. Hal tersebut mengakibatkan perlahan-lahan kinerja perkerasan menurun. Penurunan tersebut semakin cepat terjadi jika kualitas bahan susun jalan tidak terlalu bagus atau jika pelaksanaan pekerjaan konstruksi jalan tersebut relatif kurang bermutu.

Kerusakan jalan dapat dibagi menjadi dua yaitu kerusakan struktural dan kerusakan fungsional. Kerusakan struktural terjadi jika jalan sudah tidak mampu lagi menanggung beban lalu lintas yang bekerja padanya. Kerusakan fungsional terjadi jika jalan tidak mampu lagi memberikan pelayanan yang diharapkan dilihat dari sisi keselamatan atau kenyamanan berkendara. Ada jalan yang secara

struktural masih mampu menanggung beban lalu lintas yang lewat di atasnya tetapi kondisi permukaannya tidak cukup kasar sehingga pengendara yang menggunakannya merasa was-was tidak aman karena permukaan jalan sudah licin. Pada umumnya kerusakan jalan struktural dan fungsional terjadi bersamaan dan tidak terjadi secara sendiri-sendiri.

Jenis kerusakan konstruksi perkerasan dapat terjadi di bagian-bagian jalan yaitu lapis permukaan, bahu, saluran drainase dan lereng. Uraian berikut ini akan menyajikan jenis-jenis kerusakan yang terjadi pada bagian-bagian tersebut.

Kerusakan jalan harus ditangani karena dapat mengakibatkan hambatan lalu lintas bahkan kemacetan. Jika terjadi kemacetan maka secara teoritis akan terjadi peningkatan biaya transportasi. Selain itu, kerusakan jalan juga membahayakan pengguna jalan. Jalan yang rusak akan meningkatkan resiko kecelakaan.

## 2. Jenis-jenis kerusakan jalur lalu lintas dan penanganannya

Jenis-jenis kerusakan jalur lalu lintas terdiri dari :

- 1) retak
- 2) perubahan bentuk
- 3) cacat permukaan
- 4) pengausan
- 5) kegemukan
- 6) penurunan pada bekas penanaman utilitas

### 2.1. Retak

Ada beragam jenis retak seperti yang akan dipaparkan selanjutnya berikut cara penanganannya.

#### 2.1.1 Retak halus

Bentuk dan sifat dari retak ini :

- a) lebar celah lebih kecil atau sama dengan 3 mm,
- b) penyebaran setempat atau luas,
- c) meresapkan air,

d) akan berkembang menjadi retak kulit buaya.

Penyebab dari retak ini :

- a) bahan perkerasan yang kurang baik,
- b) terjadinya pelapukan permukaan,
- c) akibat air tanah,
- d) tanah dasar dan atau bagian perkerasan di bawah lapis permukaan kurang stabil.

Penanganan jenis retak halus ini adalah :

- a) dilapis dengan Latasir, Buras, atau Latasbum,
- b) dilakukan perbaikan drainase, dengan cara dibongkar dan dilapis kembali dengan bahan yang sesuai.

#### 2.1.2 Retak kulit buaya

Bentuk dan sifat dari retak ini :

- a) lebar celah lebih besar atau sama dengan 3 mm,
- b) saling berangkai membentuk serangkaian kotak-kotak kecil yang menyerupai kulit buaya,
- c) meresapkan air,
- d) akan berkembang menjadi lubang akibat pelepasan butir-butir.

Penyebab dari retak ini :

- a) bahan perkerasan yang kurang baik,
- b) terjadinya pelapukan permukaan,
- c) akibat air tanah,
- d) tanah dasar dan atau bagian perkerasan di bawah lapis permukaan kurang stabil.

Penanganan jenis retak kulit buaya ini adalah :

- a) dilapis dengan Burtu, Burda atau Lataston,
- b) dilakukan perbaikan drainase, dengan cara dibongkar dan dilapis kembali dengan bahan yang sesuai.



### 2.1.3 Retak pinggir

Bentuk dan sifat dari retak ini :

- a) memanjang dengan atau tanpa cabang yang mengarah kebahu dan terletak dekat bahu,
- b) meresapkan air,
- c) akan berkembang menjadi besar yang diikuti oleh pelepasan butir pada tepi retak.

Penyebab dari retak ini :

- a) sokongan dari samping yang kurang baik,
- b) bahan di bawah retak pinggir kurang baik,
- c) terjadi penyusutan tanah,
- d) drainase disekitar jalur lalulintas kurang baik.

Penanganan jenis retak pinggir ini adalah :

- a) bahu diperlebar atau dipadatkan,
- b) dilakukan perbaikan drainase,
- c) celah yang retak diisi campuran aspal cair dicampur pasir.

### 2.1.4 Retak pertemuan perkerasan dan bahu

Bentuk dan sifat dari retak ini :

- a) memanjang dan terjadi pada bahu beraspal,
- b) meresapkan air,
- c) akan berkembang menjadi besar yang diikuti oleh pelepasan butir pada tepi retak.

Penyebab dari retak ini :

- a) permukaan bahu lebih tinggi daripada permukaan perkerasan,
- b) penurunan bahu,
- c) terjadi penyusutan bahan bahu dan atau bahan perkerasan,
- d) roda kendaraan berat yang menginjak bahu.

Penanganan jenis retak pertemuan perkerasan dan bahu ini adalah :

- a) bahu diperlebar atau dipadatkan,
- b) dilakukan perbaikan drainase,
- c) celah yang retak diisi campuran aspal cair dicampur pasir.

#### 2.1.5 Retak sambungan jalan

Bentuk dan sifat dari retak ini :

- a) memanjang dan terletak pada sambungan dua jalur lalu lintas,
- b) meresapkan air,
- c) diikuti lepasnya butir pada tepi retak dan retak akan bertambah lebar.

Penyebab dari retak ini : ikatan sambungan kurang baik. Penanganan jenis retak sambungan jalan ini : celah yang retak diisi campuran aspal cair dicampur pasir.

#### 2.1.6 Retak sambungan pelebaran

Bentuk dan sifat dari retak ini :

- a) memanjang terletak pada sambungan antara perkerasan lama dengan perkerasan pelebaran,
- b) meresapkan air,
- c) diikuti pelepasan butir pada tepi retak sehingga retak akan bertambah lebar.

Penyebab dari retak ini :

- a) ikatan sambungan kurang baik,
- b) perbedaan kekuatan jalan pelebaran dengan jalan lama.

Penanganan jenis retak sambungan pelebaran ini adalah : celah yang retak diisi campuran aspal cair dicampur pasir.

#### 2.1.7 Retak refleksi

Bentuk dan sifat dari retak ini

- a) memanjang/diagonal/melintang/kotak,
- b) terjadi pada lapis tambahan yang menggambarkan pola retakan perkerasan dibawahnya,
- c) meresapkan air,
- d) diikuti pelepasan butir pada tepi retak sehingga kerusakan akan bertambah parah.

Penyebab dari retak ini : pergerakan vertikal/horisontal di bawah lapis tambahan sebagai akibat perubahan kadar air pada tanah datar yang ekspansif.

Penanganan jenis retak refleksi adalah :

- a) untuk retak memanjang/diagonal/melintang, perbaikan celah diisi campuran aspal cair dengan pasir,
- b) untuk retak bentuk kotak, perbaikan drainase, dibongkar dan lapis kembali dengan bahan yang sesuai.

#### 2.1.8 Retak susut

Bentuk dan sifat dari retak ini

- a) saling bersambungan membentuk kotak besar dengan sudut tajam,
- b) meresapkan air,
- c) diikuti dengan pelepasan butir pada tepi retak.

Penyebab dari retak ini : perubahan volum perkerasan yang mengandung terlalu banyak aspat dengan penetrasi rendah. Penanganan jenis retak susut adalah : celah yang retak diisi campuran aspal cair dicampur pasir dan dilapis dengan Burtu.

#### 2.1.9 Retak selip

Bentuk dan sifat dari retak ini :

- a) berbentik lengkung menyerupai bulan sabit,
- b) meresapkan air,
- c) diikuti pelepasan butir berkembang jadi lubang.

Penyebab dari retak ini :

- a) lapis pengikat kurang berfungsi,
- b) agregat halus (pasir) terlalu banyak,
- c) lapis permukaan kurang padat.

Penanganan jenis retak selip ini adalah : dibongkar dan dilapis kembali dengan bahan lapis permukaan yang sesuai.

## 2.2 Perubahan bentuk

### 2.2.1 Alur

Bentuk dan sifat dari kerusakan ini :

- a) berbentuk alur/parit yang sejajar as jalan dan terjadi pada lintasan roda,
- b) menampung air,

- c) mengurangi kenyamanan,
- d) membahayakan pemakai jalan,
- e) akan diikuti retak-retak.

Penyebab dari kerusakan ini :

- a) stabilitas rendah sehingga terjadi deformasi plastis,
- b) lapis perkerasan yang kurang padat.

Penanganan jenis kerusakan ini adalah : lapis dengan bahan lapis permukaan yang sesuai, Lataston, Laston dan dilanjutkan dengan Buras.

### 2.2.2 Keriting

Bentuk dan sifat dari kerusakan ini :

- a) melintang dan memanjang,
- b) mengurangi kenyamanan.

Penyebab dari kerusakan ini :

- a) stabilitas rendah,
- b) lalu lintas dibuka sebelum perkerasan mantap (untuk perkerasan yang menggunakan aspal cair).

Penanganan jenis kerusakan ini adalah

- a) untuk jenis lapis permukaan yang tipis, maka permukaan digaruk, lalu diratakan dan dipadatkan kemudian dilapis dengan Buras,
- b) untuk jenis lapis permukaan yang tebal, maka dapat langsung dilapis dengan Lataston, Lataston.

### 2.2.3 Amblas

Bentuk dan sifat dari kerusakan ini :

- a) setempat, dengan atau tanpa retak,
- b) kedalaman umumnya lebih dari 2 cm,
- c) menampung air atau dapat pula meresapkannya,
- d) membahayakan pemakai jalan,
- e) akan berkembang menjadi lubang.

Penyebab dari kerusakan ini :

- a) beban atau berat dari kendaraan yang berlebihan (*overloaded*),

- b) pelaksanaan pada waktu pengerjaan yang kurang baik,
- c) penurunan bagian perkerasan dikarenakan tanah dasar.

Penanganan jenis kerusakan ini adalah :

- a) untuk amblas yang lebih kecil atau sama dengan 5 cm, diisi dengan bahan yang sesuai yaitu Lapen, Lataston, Laston dan diikuti Buras,
- b) untuk amblas yang lebih besar dari 5 cm, dibongkar dan dilapis kembali dengan bahan yang sesuai.

#### 2.2.4 Sungkur (*Shoving*)

Bentuk dan sifat dari kerusakan ini :

- a) setempat, ditempat kendaraan berhenti kelandaian yang curam, tikungan tajam dengan atau tanpa retak,
- b) menampung air atau dapat pula meresapkannya,
- c) membahayakan pemakai jalan,
- d) mengurangi kenyamanan.

Penyebab dari kerusakan ini :

- a) stabilitas rendah,
- b) lalulintas dibuka sebelum perkerasan mantap (untuk perkerasan yang menggunakan aspal cair).

Penanganan jenis kerusakan ini adalah : dibongkar dan dilapis kembali dengan bahan yang sesuai.

#### 2.2.5 Jembul (*upheavel*)

Bentuk dan sifat dari kerusakan ini :

- a) setempat, dengan atau tanpa retak,
- b) menghambat pengaliran air atau dapat pula meresapkannya,
- c) mengurangi kenyamanan,
- d) membahayakan pemakai jalan.

Penyebab dari kerusakan ini :

- a) terjadi pengembangan tanah dasar dan atau perkerasan,
- b) tanah dasar yang ekspansif.

Penanganan jenis kerusakan ini adalah :

- a) dibongkar dan dilapis kembali dengan bahan yang sesuai,
- b) dilakukan perbaikan sistem drainase.

## 2.3 Cacat permukaan

### 2.3.1 Lubang

Bentuk dan sifat dari kerusakan ini :

- a) seperti mangkok,
- b) menampung dan dapat pula meresapkan air,
- c) mengurangi kenyamanan,
- d) membahayakan pemakai jalan,
- e) berkembang menjadi lubang yang semakin dalam.

Penyebab dari kerusakan ini :

- a) aspal yang kurang (kurus),
- b) butir halus terlalu banyak atau terlalu sedikit,
- c) agregat pengunci kurang,
- d) drainase kurang baik,
- e) lapis permukaan terlalu tipis.

Penanganan jenis kerusakan ini adalah :

- a) dibongkar dan dilapis kembali dengan balian yang sesuai,
- b) dilakukan perbaikan drainase.

### 2.3.2 Pelepasan butir

Bentuk dan sifat dari kerusakan ini :

- a) luas
- b) menampung dan dapat pula meresapkan air,
- c) mengurangi kenyamanan,
- d) akan berkembang menjadi lubang,
- e) permukaan kasar.

Penyebab dari kerusakan ini :

- a) pemadatan yang kurang,
- b) agregat yang kotor dan atau lunak,

- c) aspal yang kurang,
- d) pemanasan campuran terlalu tinggi. Penanganan jenis kerusakan ini adalah ditutup dengan Latasir, Buras, atau Latasbum.

### 2.3.3 Pengelupasan lapis permukaan

Bentuk dan sifat dari kerusakan ini :

- a) merata dan luas,
- b) menampung dan dapat pula meresapkan air,
- c) mengurangi kenyamanan,
- d) akan berkembang menjadi lubang,
- e) permukaan kasar.

Penyebab dari kerusakan ini :

- a) ikatan antara lapis permukaan dan lapis dibawahnya kurang,
- b) lapis permukaan terlalu tipis.

Penanganan jenis kerusakan ini adalah : digaruk, diratakan dan dipadatkan kemudian dilapis dengan Buras.

### 2.4 Pengausan

Bentuk dan sifat dari kerusakan ini :

- a) permukaan licin,
- b) luas,
- c) membahayakan pemakai jalan.

Penyebab dari kerusakan ini :

- a) agregat tidak tahan aus terhadap roda kendaraan,
- b) bentuk agregat bulat dan licin.

Penanganan jenis kerusakan ini adalah : ditutup dengan Latasir, Boras, atau Latasbum.

### 2.5 Kegemukan

Bentuk dan sifat dari kerusakan ini :

- a) permukaan licin,
- b) luas,

- c) pada temperatur tinggi akan terjadi jejak roda,
- d) membahayakan kendaraan,
- e) akan diikuti pengelupasan.

Penyebab dari kerusakan ini :

- a) aspal pada campuran terlalu banyak,
- b) lapis pengikat atau lapis resap ikat terlalu banyak.

Penanganan jenis kerusakan ini adalah : ditaburi agregat panas dan dipadatkan.

## 2.6 Penurunan pada bekas penanaman utilitas

Bentuk dan sifat dari kerusakan ini : sepanjang bekas utilitas. Penyebab dari kerusakan ini : pemadatan yang tidak memenuhi syarat. Penanganan jenis kerusakan ini adalah : dibongkar dan dilapis kembali dengan bahan yang sesuai.

## 3. Jenis-jenis kerusakan bahu dan penanganannya

Jenis-jenis kerusakan jalur lalu lintas terdiri dari :

- a) retak
- b) perubahan bentuk
- c) carat permukaan

### 3.1 Retak

#### 3.1.1 Retak tanah bahu kerikil

Bentuk dan sifat dari kerusakan ini :

- a) memanjang, luas dan dapat pula setempat,
- b) dapat meresapkan air,
- c) terbatas pada bahu.

Penyebab dari kerusakan ini :

- a) pemadatan yang kurang,
- b) sokongan ke samping kurang,
- c) perubahan perbedaan ketinggian permukaan bahu dengan permukaan perkerasan,
- d) lereng longsor,



- e) adanya tanah yang ekspansif.

Penanganan jenis kerusakan ini adalah : dipadatkan kembali dengan cara mekanis atau dengan peralatan yang manual.

### 3.1.2 Bahu berumput

Bentuk dan sifat dari kerusakan ini :

- a) nlenlanjang, luas dan dapat pula setempat,
- b) dapat meresapkan air,
- c) terbatas pada bahu.

Penyebab dari kerusakan ini :

- a) pemadatan yang kurang,
- b) sokongan ke samping kurang,
- c) perubahan perbedaan ketinggian permukaan bahu dengan permukaan perkerasan,
- d) lereng longsor,
- e) adanya tanah yang ekspansif.

Penanganan jenis kerusakan ini adalah :

- a) dipadatkan kembali dengan cara yang sesuai setelah rumput diamankan untuk kemudian ditanam kembali,
- b) untuk tanah yang ekspansif dapat dibuang, kemudian diisi kembali dengan tanah pengganti dan dipadatkan (setelah rumput diamankan untuk kemudian ditanam kembali).

### 3.1.3 Bahu beraspal

Bentuk dan sifat dari kerusakan ini :

- a) memanjang, luas dan dapat pula setempat,
- b) dapat meresapkan air,
- c) terbatas pada bahu.

Penyebab dari kerusakan ini

- a) pemadatan yang kurang,
- b) sokongan ke samping kurang,

- c) perubahan perbedaan ketinggian permukaan bahu dengan permukaan perkerasan,
- d) lereng longsor,
- e) adanya tanah yang ekspansif.

Penanganan jenis kerusakan ini adalah

- a) dilapis lagi dengan Latasir, Buras, Latasbum,
- b) permukaan bahu digaruk dan dipadatkan kemudian ditutup dengan Buras,
- c) untuk tanah yang ekspansif, lapis agregat diamankan dulu kemudian tanah yang ekspansif dibuang dan diisi tanah pengganti dipadatkan lalu diisi agregat kembali dan ditutup dengan Buras.

### 3.2 Perubahan bentuk (alur, amblas, gelombang)

#### 3.2.1 Bahu tanah bahu kerikil

Bentuk dan sifat dari kerusakan ini :

- a) memanjang, luas dan dapat pula setempat,
- b) menampung dan mengganggu pengaliran air.

Penyebab dari kerusakan ini :

- a) aliran air,
- b) lalu lintas,
- c) pemadatan kurang.

Penanganan jenis kerusakan ini adalah : dipadatkan kembali dengan cara yang sesuai dengan TUK B dan atau dengan peralatan yang manual.

#### 3.2.2 Pendebuan

Bentuk dan sifat dari kerusakan ini : memanjang dan luas

Penyebab dari kerusakan ini :

- a) kekurangan agregat kasar,
- b) pemadatan kurang.

Penanganan jenis kerusakan ini adalah : agregat kasar dihampar dan dipadatkan sesuai TUK B.

### 3.2.3 Bahu berumput

Bentuk dan sifat dari kerusakan ini :

- a) memanjang, luas dan dapat pula setempat,
- b) menampung dan mengganggu pengaliran air.

Penyebab dari kerusakan ini :

- a) aliran air,
- b) lalu lintas,
- c) pemadatan kurang.

Penanganan jenis kerusakan ini adalah :

- a) dipadatkan kembali dengan cara yang sesuai setelah rumput diamankan untuk kemudian ditanam kembali,
- b) untuk tanah yang ekspansif dapat dibuang, kemudian diisi kembali dengan tanah pengganti dan dipadatkan (setelah rumput diamankan untuk kemudian ditanam kembali).

### 3.2.4 Bahu beraspal

Bentuk dan sifat dari kerusakan ini :

- a) memanjang, luas dan dapat pula setempat,
- b) menampung dan mengganggu pengaliran air.

Penyebab dari kerusakan ini :

- a) aliran air,
- b) lalu lintas,
- c) pemadatan kurang.

Penanganan jenis kerusakan ini adalah :

- a) dilapis lagi dengan Latasir, Buras, Latasbum,
- b) permukaan bahu digaruk dan dipadatkan kemudian ditutup dengan Buras,
- c) untuk tanah yang ekspansif, lapis agregat diamankan dulu kemudian tanah yang ekspansif dibuang dan diisi tanah pengganti dipadatkan lalu diisi agregat kembali dan ditutup dengan Buras.

### 3.3 Cacat permukaan

#### 3.3.1 Bahu tanah bahu kerikil (lubang, pelepasan butir)

Bentuk dan sifat dari kerusakan ini :

- a) setempat dan luas,
- b) menampung, meresapkan dan mengganggu pengaliran air.

Penyebab dari kerusakan ini :

- a) erosi oleh air,
- b) bentuk kerikil yang bulat dan licin,
- c) kepadatan kurang.

Penanganan jenis kerusakan ini adalah : dipadatkan kembali dengan cara yang sesuai dengan TUK B dan atau dengan peralatan yang manual.

#### 3.3.2 Bahu berumput (rumput mati, rumput panjang)

Bentuk dan sifat dari kerusakan ini :

- a) setempat dan atau luas,
- b) permukaan bahu mudah tererosi,
- c) memberikan kesan seakan jalan sempit,
- d) menghalangi dan atau menutup perlengkapan jalan,
- e) mempercepat penguapan air.

Penyebab dari kerusakan ini :

- a) akibat cuaca dan pengaruh alam,
- b) lalu lintas.

Penanganan jenis kerusakan ini adalah : penanaman kembali kemudian dilakukan pemangkasan.

#### 3.3.3 Bahu beraspal (lubang, pelepasan butir atau pengelupasan)

Bentuk dan sifat dari kerusakan ini :

- a) luas dan dapat pula setempat,
- b) menampung, meresapkan dan mengganggu aliran air.

Penyebab dari kerusakan ini :

- a) erosi oleh air,
- b) bentuk kerikil yang bulat dan licin,

- c) kepadatan yang kurang,
- d) ikatan antara lapis permukaan dengan lapis dibawahnya kurang (tidak baik).

Penanganan jenis kerusakan ini adalah :

- a) dilapis lagi dengan Latasir, Buras, Latasbum,
- b) permukaan bahu digaruk dan dipadatkan kemudian ditutup dengan Buras,
- c) untuk tanah yang ekspansif, lapis agregat diamankan dulu kemudian tanah yang ekspansif dibuang dan diisi tanah pengganti dipadatkan lalu diisi agregat kembali dan ditutup dengan Buras.

#### 4. Jenis-jenis Kerusakan Drainase dan Penanganannya

Jenis-jenis kerusakan drainase terdiri dari :

- 1) kelainan kemiringan melintang
- 2) retak pada saluran pasangan batu atau beton
- 3) perubahan penampang
- 4) lubang
- 5) kerusakan yang berada diluar tanggungjawab pembina

##### 4.1 Kelainan kemiringan melintang

###### 4.1.1 Pada permukaan perkerasan

Bentuk dan sifat dari kerusakan ini : gangguan pada kemiringan melintang normal perkerasan, sehingga pengaliran air kurang lancar. Penyebab dari kerusakan ini : permukaan perkerasan mengalami kerusakan misal : alur, lubang, ambblas. Penanganan jenis kerusakan ini adalah : seperti pada perawatan jalur lalulintas.

###### 4.1.2 Pada permukaan bahu

Bentuk dan sifat dari kerusakan ini : gangguan pada kemiringan melintang bahu, sehingga pengaliran air kurang lancar.

Penyebab dari kerusakan ini :

- a) permukaan bahu lebih tinggi dari permukaan perkerasan,
- b) permukaan bahu mengalami kerusakan.

Penanganan jenis kerusakan ini adalah : seperti pada perawatan bahu.

## 4.2 Retak pada saluran pasangan batu atau beton

Bentuk dan sifat dari kerusakan ini :

- a) setempat, berat,
- b) luas dan ringan,
- c) dapat meresapkan air.

Penyebab dari kerusakan ini :

- a) tanah yang ekspansif,
- b) tekanan atau gaya angkat dari air tanah (*up lift*)
- c) lalu lintas,
- d) permukaan tanah.

Penanganan jenis kerusakan ini adalah :

- a) retak diisi adukan semen kemudian pasir permukaan diplester,
- b) untuk bagian saluran yang retak dibongkar,
- c) tanah yang ekspansif digali  $\pm 20$  cm, kemudian diisi pasir,
- d) saluran diperbaiki.

## 4.3 Perubahan penampang

### 4.3.1 Perubahan bentuk pada gorong-gorong

Bentuk dan sifat dari kerusakan ini :

- a) terjadi pada gorong-gorong CMP,
- b) menghambat pengaliran aliran tanah.

Penyebab dari kerusakan ini :

- a) beban lalu lintas yang berlebih,
- b) pergerakan tanah.

Penanganan jenis kerusakan ini adalah :

- a) gorong-gorong yang rusak dibongkar dan diganti baru,
- b) perkerasan diperbaiki seperti pada perawatan jalur lalu lintas.

### 4.3.2 Pengendapan dan penyumbatan

Bentuk dan sifat dari kerusakan ini :

- a) luas dan setempat,
- b) bentuk bangunan tidak berubah atau tidak rusak,

c) pengaliran air terganggu.

Penyebab dari kerusakan ini :

- a) lumpur,
- b) reruntuhan tanah atau bangunan,
- c) sampah, ranting, dan yang sejenisnya.

Penanganan jenis kerusakan ini adalah : saluran dibersihkan.

#### 4.3.3 Lereng saluran longsor

Bentuk dan sifat dari kerusakan ini :

- a) setempat,
- b) bangunan mengalami kerusakan,
- c) pengaliran air terganggu.

Penyebab dari kerusakan ini :

- a) air,
- b) hewan,
- c) lalu lintas.

Penanganan jenis kerusakan ini adalah lereng saluran dikembalikan pada kondisi yang aman.

#### 4.3.4 Penggerusan

Bentuk dan sifat dari kerusakan ini :

- a) setempat,
- b) terjadi pada saluran tanah,
- c) akan merusak badan jalan atau tanggul.

Penyebab dari kerusakan ini : aliran air. Penanganan jenis kerusakan ini adalah : bentuk dikembalikan pada kondisi yang aman.

### 4.4 Lubang

#### 4.4.1 Lubang pada saluran

Bentuk dan sifat dari kerusakan ini :

- a) setempat,
- b) menyalurkan air,

c) melemahkan bahan disekitarnya.

Penyebab dari kerusakan ini :

- a) binatang,
- b) penggerusan air.

Penanganan jenis kerusakan ini adalah : tanah disekitar lubang digali dan ditutup kembali.

#### 4.4.2 Lubang, pada saluran pasangan batu

Bentuk dan sifat dari kerusakan ini :

- a) setempat,
- b) menyalurkan air,
- c) melemahkan bahan disekitarnya.

Penyebab dari kerusakan ini : penggerusan air. Penanganan jenis kerusakan ini adalah : bangunan dibongkar dan dibentuk kembali.

#### 4.4.3 Lubang pada gorong-gorong CMP

Bentuk dan sifat dari kerusakan ini :

- a) luas,
- b) menyalurkan air,
- c) melemahkan bahan disekitarnya.

Penyebab dari kerusakan ini : karat. Penanganan jenis kerusakan ini adalah:

- a) gorong-gorong yang rusak dibongkar dan diganti baru,
- b) perkerasan diperbaikiseperti pada perawatanjalurlalulintas.

#### 4.5 Kerusakan pada saluran diluar tanggungjawab pembina jalan

Dalam hal ini kita harus dapat benar-benar mengambil langkah-langkah yang diperlukan untuk penangannya.

### 5. Jenis-jenis Kerusakan Lereng dan Penanganannya

Jenis-jenis kerusakan lereng adalah :

- 1) kerusakan alur
- 2) kerusakan karena longsor



### 5.1 Alur

Bentuk dan sifat dari kerusakan ini

- a) searah lereng berbentuk huruf V atau U,
- b) luas.

Penyebab dari kerusakan ini erosi oleh air. Penanganan jenis kerusakan ini adalah :

- a) alur ditutup tanah setempat, kemudian dipadatkan,
- b) permukaan ditutup dengan bahan yang sesuai,
- c) penanaman rumput (tanaman penutup tanah),
- d) penterasan (teras sering),
- e) pembuatan pasangan batu.

### 5.2 Longsor

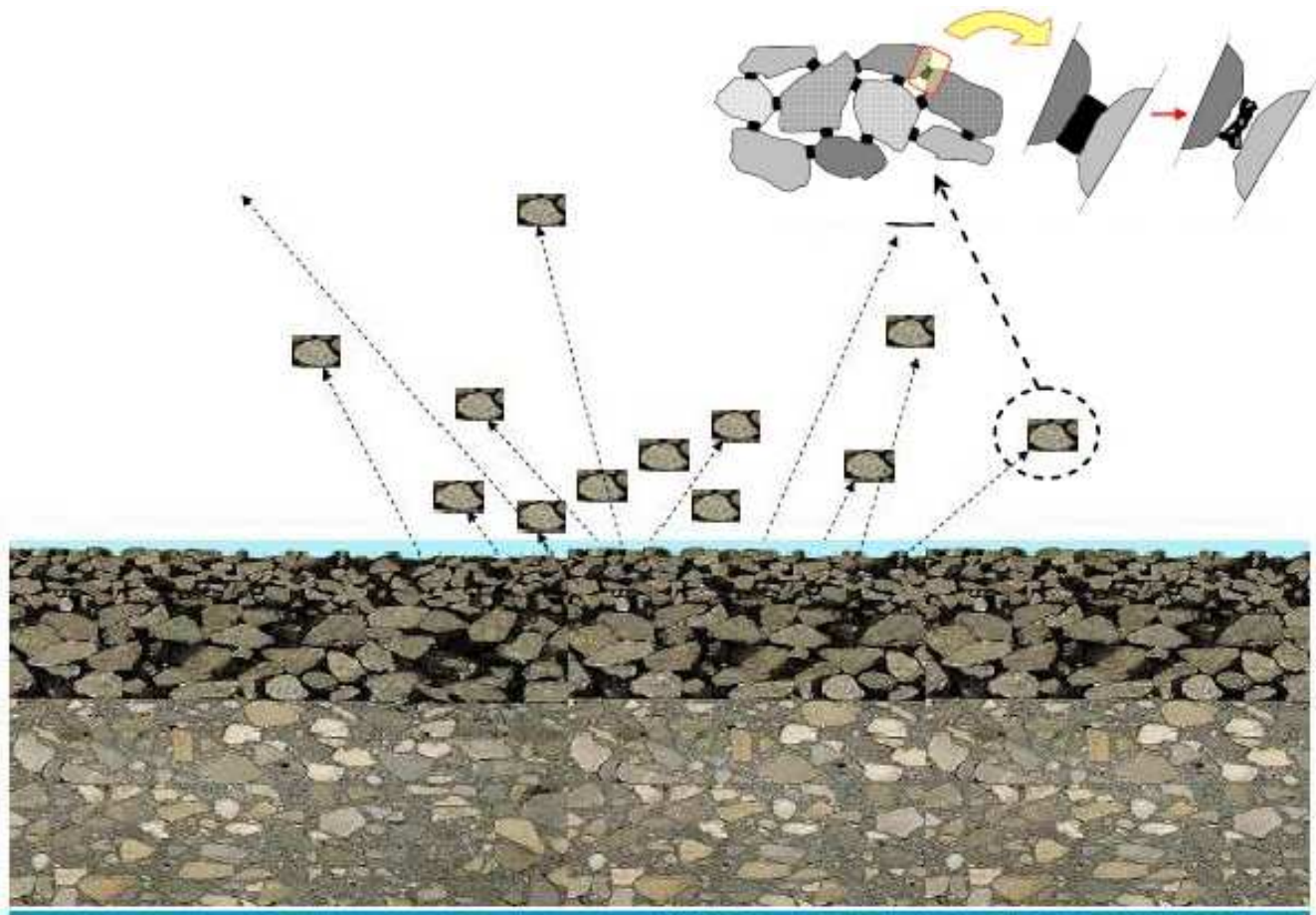
Bentuk dan sifat dari kerusakan ini :

- a) setempat,
- b) ringan,
- c) pada daerah timbunan.

Penyebab dari kerusakan ini air. Penanganan jenis kerusakan ini adalah lereng dikembalikan pada bentuk semula.

## 6. Konstruksi Jalan dengan *Self-Healing Asphalt*

*Self healing asphalt* adalah aspal yang dapat memperbaiki sendiri kerusakan retak (*crack*) dan pelepasan butiran (*ravelling*) yang terjadi di dalam lapis permukaan jalan. Gambar 9.1 berikut ini menyajikan contoh *ravelling*.



(a) Skema pelepasan butiran



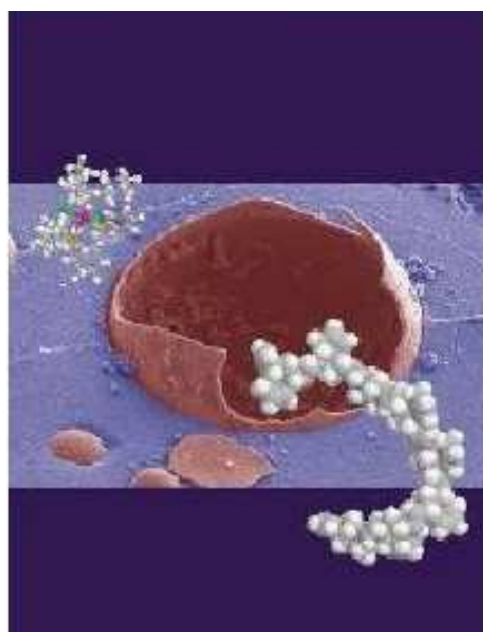
(b) Kenampakan fisik pelepasan butiran

Gambar 9.1 Pelepasan butiran dari lapis permukaan (*ravelling*)

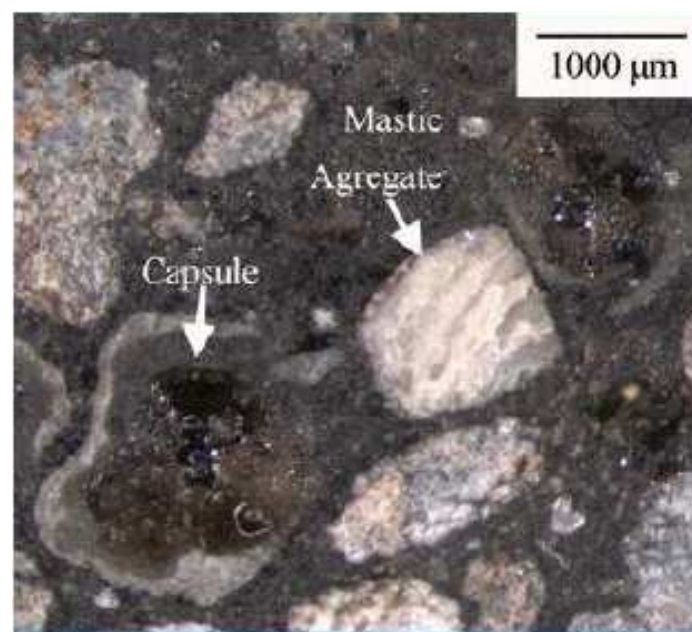
Jenis campuran beraspal yang dapat digunakan untuk menghasilkan *self healing asphalt* adalah aspal porus (*porous asphalt*), yaitu campuran beraspal bergradasi (sangat) terbuka karena memiliki kadar rongga sekitar 20%. Porositas yang tinggi tersebut dimaksudkan untuk menempatkan *self-repair agent* di dalam campuran beraspal. Ada dua jenis *self-repair agent* yang dapat digunakan yaitu



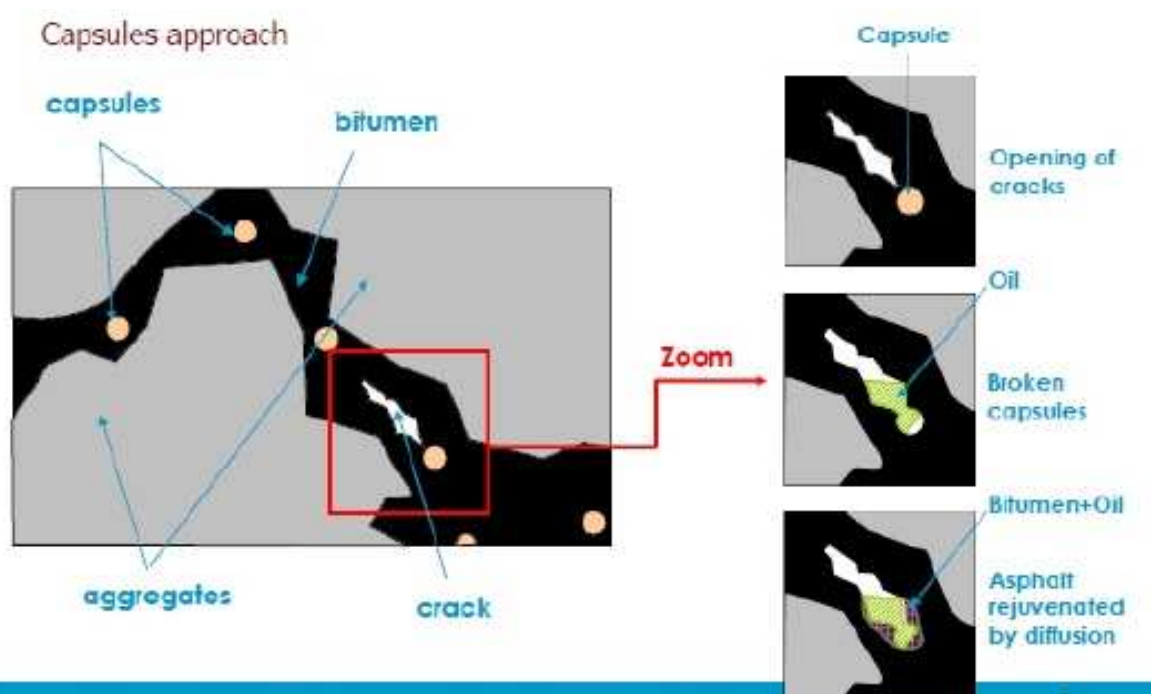
kapsul berisi maltense dan serat baja (yang dapat menginduksi panas). Maltense berfungsi sebagai bahan peremaja aspal sehingga aspal melunak dan menutup retak yang terjadi. Sedangkan panas yang dihantarkan oleh serat baja akan melelehkan aspal, sehingga aspal dapat mengalir dan menutup retak yang terjadi. Gambar 9.1 dan 9.2 menyajikan konsep dan mekanisme self-healing di dalam aspal porous.



(a) Konsep microcapsule

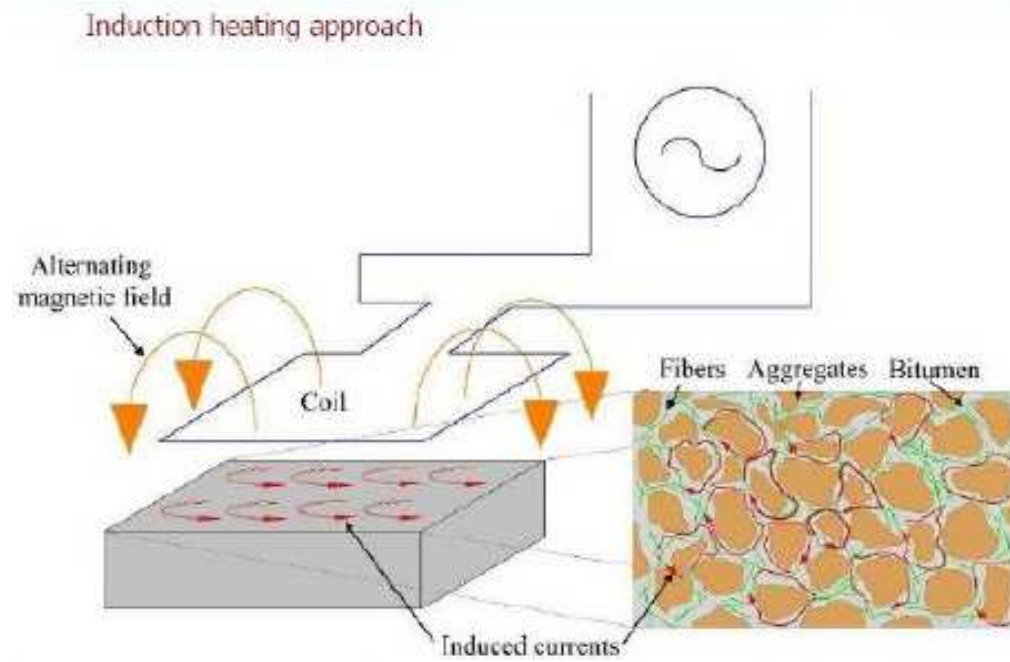


(b) Kenampakan microcapsule dalam campuran beraspal



(c) Mekanisme self healing dengan *microcapsule*

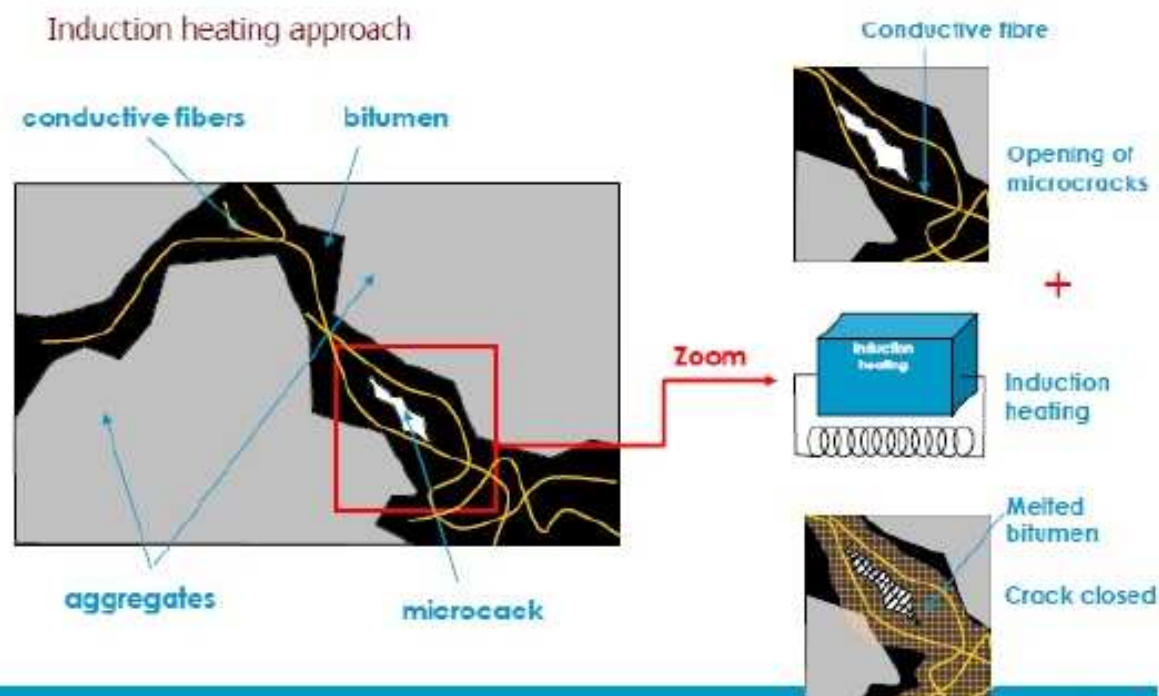
Gambar 9.1 Konsep dan mekanisme *self-healing* menggunakan microcapsule di dalam aspal porous



(a) Prinsip *self healing* dengan serat baja



(b) Contoh serat baja yang dapat digunakan



(c) Mekanisme self healing dengan *microcapsule*

Gambar 9.2 Konsep dan mekanisme *self-healing* menggunakan serat baja di dalam aspal porus

Manfaat penggunaan *self healing asphalt* adalah hemat bahan, minim pekerjaan perawatan, menghindari kemacetan lalu lintas, dan baik untuk lingkungan.

## 7. Rangkuman

- 1) Kerusakan jalan terjadi karena struktur jalan menerima beban luar (berupa lalu lintas maupun faktor-faktor lingkungan), variabilitas kualitas bahan susun jalan maupun pelaksanaan konstruksi yang kurang terkontrol.
- 2) Ada dua jenis kerusakan jalan yaitu kerusakan struktural dan kerusakan fungsional. Kerusakan struktural terjadi jika struktur jalan sudah tidak mampu lagi mendukung beban lalu lintas yang bekerja di atasnya. Kerusakan fungsional terjadi jika jalan sudah tidak lagi mampu memberikan pelayanan yang memadai terutama ditinjau dari aspek keselamatan dan kenyamanan lalu lintas.
- 3) Kerusakan jalan harus ditangani karena dapat mengakibatkan hambatan lalu lintas bahkan kemacetan. Jika terjadi kemacetan maka secara teoritis akan terjadi peningkatan biaya transportasi. Selain itu, kerusakan jalan juga membahayakan pengguna jalan. Jalan yang rusak akan meningkatkan resiko kecelakaan.
- 4) Kerusakan jalan dapat terjadi pada lajur lalu lintas, bahu jalan, saluran drainase dan lereng.
- 5) Kerusakan pada lajur lalu lintas berupa retak, perubahan bentuk, cacat permukaan, pengausan, kegemukan dan penurunan pada bekas penanaman utilitas.
- 6) Kerusakan pada bahu jalan berupa retak, perubahan bentuk dan cacat permukaan.
- 7) Kerusakan pada saluran drainase berupa kelainan kemiringan melintang, retak pada saluran pasangan batu atau beton, perubahan penampang, lubang dan kerusakan yang berada diluar tanggungjawab pembina
- 8) Kerusakan pada lereng berupa alur dan longsor.

- 9) Konstruksi perkerasan *self healing* adalah konstruksi perkerasan lentur yang dapat memperbaiki sendiri kerusakan retak (*crack*) dan pelepasan butiran (*ravelling*) yang terjadi di dalam lapis permukaan jalan. Ada dua jenis *self-repair agent* yang dapat digunakan yaitu kapsul berisi maltense dan serat baja (yang dapat menginduksi panas). Maltense berfungsi sebagai bahan peremaja aspal sehingga aspal melunak dan menutup retak yang terjadi. Sedangkan panas yang dihantarkan oleh serat baja akan melelehkan aspal, sehingga aspal dapat mengalir dan menutup retak yang terjadi. Manfaat penggunaan self healing asphalt adalah hemat bahan, minim pekerjaan perawatan, menghindari kemacetan lalu lintas, dan baik untuk lingkungan.

### C. PENUTUP

#### 1. Latihan Soal

- 1) Mengapa kerusakan jalan terjadi?
- 2) Jelaskan jenis kerusakan jalan!
- 3) Mengapa kerusakan jalan perlu segera ditangani?
- 4) Sebutkan jenis kerusakan lajur lalu lintas! Mengapa jenis kerusakan di lajur lalu lintas relatif paling banyak dibandingkan bagian jalan lainnya?
- 5) Jelaskan mekanisme perbaikan dalam konstruksi perkerasan self healing dan jelaskan manfaatnya.

#### 2. Petunjuk Penilaian

Nomor 1, 2 dan 3 pada latihan di atas berbobot 20 %, sedangkan nomor 4 berbobot 40 %. Kemampuan anda menjawab soal dengan benar mencerminkan penguasaan materi yang telah diberikan.

Jawaban yang benar	Kategori Penguasaan Materi
< 25 %	Kurang
25 % - 50 %	Cukup
50 % - 75 %	Baik
> 75 %	Sangat Baik

### 3. Jawaban

- 1) Kerusakan jalan terjadi karena struktur jalan menerima beban luar (berupa lalu lintas maupun faktor-faktor lingkungan), variabilitas kualitas bahan susun jalan maupun pelaksanaan konstruksi yang kurang terkontrol.
- 2) Ada dua jenis kerusakan jalan yaitu kerusakan struktural dan kerusakan fungsional. Kerusakan struktural terjadi jika struktur jalan sudah tidak mampu lagi mendukung beban lalu lintas yang bekerja di atasnya. Kerusakan fungsional terjadi jika jalan sudah tidak lagi mampu memberikan pelayanan yang memadai terutama ditinjau dari aspek keselamatan dan kenyamanan lalu lintas.
- 3) Kerusakan jalan harus ditangani karena dapat mengakibatkan hambatan lalu lintas bahkan kemacetan. Jika terjadi kemacetan maka secara teoritis akan terjadi peningkatan biaya transportasi. Selain itu, kerusakan jalan juga membahayakan pengguna jalan. Jalan yang rusak akan meningkatkan resiko kecelakaan.
- 4) Kerusakan pada lajur lalu lintas : retak, perubahan bentuk, cacat permukaan, pengausan, kegemukan dan penurunan pada bekas penanaman utilitas. Lajur lalu lintas secara langsung menerima beban lalu lintas yang lewat, terkena langsung pengaruh panas atau perubahan suhu dan curah hujan dan mendapat pengaruh jika lapisan di bawahnya mengalami kerusakan, sehingga potensi kerusakannya paling besar dibandingkan yang lainnya.
- 5) Konstruksi jalan self healing menggunakan dua bahan yaitu kapsul berisi maltense dan serat baja (yang dapat menginduksi panas). Maltense berfungsi sebagai bahan peremaja aspal sehingga aspal melunak dan menutup retak yang terjadi. Sedangkan panas yang dihantarkan oleh serat baja akan melelehkan aspal, sehingga aspal dapat mengalir dan menutup retak yang terjadi. Manfaat penggunaan self healing asphalt adalah hemat bahan, minim pekerjaan perawatan, menghindari kemacetan lalu lintas, dan baik untuk lingkungan.