

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Pengertian Jalan**

Jalan adalah prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi lalu lintas, yang berada pada permukaan tanah, di atas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah dan/atau air, serta di atas permukaan air, kecuali jalan kereta api, jalan lori, dan jalan kabel (Peraturan Pemerintah Nomor 34 Tahun 2006).

Sedangkan dalam UU Nomor 22 Tahun 2009, dijelaskan jika jalan adalah seluruh bagian jalan, bangunan pelengkap serta perlengkapannya yang ditujukan untuk lalu lintas umum, berada di atas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah atau air, serta di atas permukaan air, terkecuali untuk jalan rel serta jalan kabel.

##### **2.1.1 Klasifikasi dan Fungsi Jalan**

Transportasi khususnya transportasi darat yang berkembang, khususnya kendaraan bermesin yang melingkupi ukuran, jumlah, dan jenis sehingga permasalahan daya dukung dari perkerasan, kelancaran arus lalu lintas dan kenyamanan jalan harus menjadi perhatian, maka dari itu perlu adanya sebuah determinasi dalam merencanakannya. Menurut peraturan daerah No. 26, jalanan yang ada pada lingkungan perkotaan dibagi menjadi jaringan jalan pokok/primer dan jaringan jalan sekunder.

##### **2.1.2 Jaringan Jalan Berdasarkan Sistemnya**

###### **a. Sistem Jaringan Jalan Primer**

Sistem jaringan jalan pokok/primer disusun agar dapat mengikuti resolusi pengendalian sebuah tata ruang dan system pemekaran di kawasan tingkat nasional, yang menyambungkan titik-titik dari pelaku distribusi.

###### **b. Sistem Jaringan Jalan Sekunder**

Mengacu pada pengaturan tata ruang kota, sistem jaringan jalan sekunder ditumpuk agar mengikuti ketentuan-ketentuan yang bertujuan sebagai penghubung wilayah yang memiliki fungsi primer, sekunder pertama, sekunder kedua, sekunder ketiga, hingga kawasan perumahan.

### 2.1.3 Jenis-jenis Jalan

Berdasarkan fungsinya, maka jalan dibedakan menjadi beberapa fungsi, yaitu:

#### a. Jalan Arteri

- **Arteri Primer:** Jalan yang menghubungkan secara berdaya guna antarpusat kegiatan nasional atau antara pusat kegiatan nasional dengan pusat kegiatan wilayah. Didesain berdasarkan kecepatan rencana paling rendah 60 km per jam, lebar badan jalan minimal 11 meter, lalu lintas jarak jauh tidak boleh terganggu lalu lintas ulang alik, lalu lintas lokal dan kegiatan lokal, jumlah jalan masuk ke jalan arteri primer dibatasi, serta tidak boleh terputus di kawasan perkotaan.
- **Arteri Sekunder:** Jalan yang menghubungkan kawasan primer dengan kawasan sekunder kesatu, kawasan sekunder kesatu dengan kawasan sekunder kesatu, atau kawasan sekunder kesatu dengan kawasan sekunder kedua. Didesain berdasarkan kecepatan rencana paling rendah 30 km per jam dengan lebar badan jalan minimal 11 meter, dan lalu lintas cepat tidak boleh terganggu oleh lalu lintas lambat.

#### b. Jalan Kolektor

- **Kolektor Primer:** Jalan yang menghubungkan secara berdaya guna antara pusat kegiatan nasional dengan pusat kegiatan lokal, antarpusat kegiatan wilayah, atau antara pusat kegiatan wilayah dengan pusat kegiatan lokal. Didesain berdasarkan kecepatan rencana paling rendah 40 km per jam dengan lebar badan jalan minimal 9 meter, dan jumlah jalan masuk dibatasi.
- **Kolektor Sekunder:** Jalan yang menghubungkan kawasan sekunder kedua dengan kawasan sekunder kedua atau kawasan sekunder kedua dengan

kawasan sekunder ketiga. Didesain berdasarkan kecepatan rencana paling rendah 20 km per jam dengan lebar badan jalan minimal 9 meter, dan lalu lintas cepat tidak boleh terganggu oleh lalu lintas lambat.

**c. Jalan Lokal**

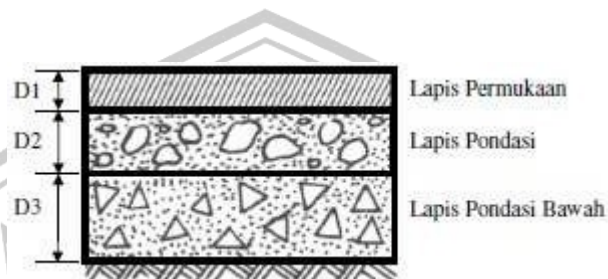
- **Lokal Primer:** Jalan yang menghubungkan secara berdaya guna pusat kegiatan nasional dengan pusat kegiatan lingkungan, pusat kegiatan wilayah dengan pusat kegiatan lingkungan, antarpusat kegiatan lokal, atau pusat kegiatan lokal dengan pusat kegiatan lingkungan, serta antarpusat kegiatan lingkungan. Didesain berdasarkan kecepatan rencana paling rendah 20 km per jam dengan lebar badan jalan minimal 7,5 meter, dan tidak boleh terputus di kawasan perdesaan.
- **Lokal Sekunder:** Jalan yang menghubungkan kawasan sekunder kesatu dengan perumahan, kawasan sekunder kedua dengan perumahan, kawasan sekunder ketiga dan seterusnya sampai ke perumahan. Didesain berdasarkan kecepatan rencana paling rendah 10 km per jam dengan lebar badan jalan minimal 7,5 meter.

**d. Jalan Lingkungan**

- **Lingkungan Primer:** Jalan yang menghubungkan antarpusat kegiatan di dalam kawasan perdesaan dan jalan di dalam lingkungan kawasan perdesaan. Didesain berdasarkan kecepatan rencana paling rendah 15 km per jam dengan lebar badan jalan minimal 6,5 meter untuk jalan yang diperuntukkan bagi kendaraan bermotor roda 3 atau lebih. Sedangkan jalan yang tidak diperuntukkan bagi kendaraan bermotor roda 3 atau lebih harus mempunyai lebar badan jalan minimal 3,5 meter.
- **Lingkungan Sekunder:** Jalan yang menghubungkan antarpersil dalam kawasan perkotaan. Didesain berdasarkan kecepatan rencana paling rendah 10 km per jam dengan lebar badan jalan minimal 6,5 meter untuk jalan yang diperuntukkan bagi kendaraan bermotor roda 3 atau lebih. Sedangkan jalan yang tidak diperuntukkan bagi kendaraan bermotor roda 3 atau lebih harus mempunyai lebar badan jalan minimal 3,5 meter.

## 2.2 Perkerasan Jalan

Menurut petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Jalan Raya dengan Metode Analisa Komponen SKBI – 2.3.26.1998, bagian perkerasan jalan umumnya meliputi : lapis pondasi bawah (*sub base course*), lapis pondasi (*base course*), dan lapis permukaan (*surface course*) yang dapat dilihat pada **Gambar 2.1**.



Gambar 2. 1 Susunan Lapisan Perkerasan Jalan

Sumber: Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Jalan Raya dengan Metode Analisa Komponen SKBI – 2.3.26.1998

### 1. Tanah Dasar

Kekuatan dan keawetan konstruksi perencanaan jalan sangat bergantung dari sifat-sifat dan daya dukung tanah dasar. Umumnya persoalan yang menyangkut tanah dasar adalah sebagai berikut :

- a. Perubahan bentuk tetap (deformasi permanen) dari macam tanah tertentu akibat beban lalu lintas.
- b. Sifat mengembang dan menyusut dari tanah tertentu akibat perubahan kadar air.
- c. Daya dukung tanah yang tidak merata dan sukar ditentukan secara pasti pada daerah dengan macam tanah yang sangat berbeda sifat dan kedudukannya, atau akibat pelaksanaan.
- d. Lendutan dan lendutan balik selama dan sesudah pembebanan lalu lintas dari macam tanah tertentu.
- e. Tambahan pemadatan akibat pembebanan lalu lintas dan penurunan yang diakibatkan, yaitu pada tanah berbutir kasar (*granular soil*) yang tidak dipadatkan secara baik pada saat pelaksanaan.

Untuk sedapat mungkin mencegah timbulnya persoalan diatas maka tanah dasar harus dikerjakan sesuai dengan “Peraturan Pelaksanaan Pembangunan Jalan Raya” edisi terakhir.

## 2. Lapis Pondasi Bawah

Fungsi lapis pondasi bawah antara lain :

- a. Sebagai bagian dari konstruksi perkerasan untuk mendukung dan menyebarkan beban roda.
- b. Mencaai efisiensi penggunaan material yang relatif murah agar lapisan selebihnya dapa dikurangi tebalnya (penghematan biaya konstruksi).
- c. Untuk mencegah tanah dasar masuk ke lapis pondasi.
- d. Sebagai lapis pertama agar pelaksanaan dapat berjalan lancar.

Hal ini sehubungan dengan terlalu leahnya daya dukung tanah dasar terhadap roda alat-alat besar atau karena kondisi lapangan yang memaksa harus segera menutup tabag dasar dari pengaruh cuaca.

Campuran-campuran tanah setempat dengan kapur atau semen dalam beberapa hal sangat dianjurkan, agar dapat membantu dan efektif terhadap kestabilankonstruksi perkerasan.

## 3. Lapis Pondasi

Fungsi lapis pondasi antara lain :

- a. Sebagai bagian perkerasan yang menahan beban roda.
- b. Sebagai perletakan terhadap lapis permukaan.

Bahan-bahan untuk lapis pondasi umumnya harus cukup kuat dan awet sehingga dapat menahan beban-beban roda. Sebelum menentukan suatu bahan untuk digunakan sebagai bahan pondasi, hendaknya terlebih dahulu dilakukan pertimbangan sebaik-baiknya sehubungan dengan persyaratan teknik.

Bermacam-macam bahan alam atau bahan setempat ( $CBR \geq 50\%$ ,  $PI \leq 4\%$ ) dapat digunakan sebagai bahan lapis pondasi antara lain : batu pecah, kerikil pecah, dan stabilisasi tanah debfan semen atau kapur.

## 4. Lapis Permukaan

Fungsi lapis permukaan antara lain :

- a. Sebagai bahan perkerasan untuk menahan beban roda.
- b. Sebagai lapisan kedap air untuk melindungi badan jalan dari kerusakan akibat cuaca.
- c. Sebagai lapisan aus (*wearing course*).

Bahan lapis permukaan pondasi umumnya adalah sama dengan bahan untuk lapis pondasi, dengan persyaratan yang lebih tinggi. Penggunaan bahan aspal diperlukan agar lapisan dapat bersifat kedap air, disamping itu bahan aspal sendiri diberikan bantuan tegangan Tarik yang berarti mempertinggi daya dukung lapisan terhadap beban roda lalu lintas.

Pemilihan bahan untuk lapis permukaan perlu dipertimbangkan kegunaan, umur rencana serta tahap konstruksi, agar dicapai manfaat yang sebesar-besarnya dari biaya yang sudah dikeluarkan.

Perkerasan jalan adalah merupakan suatu konstruksi jalan yang disusun sedemikian rupa, kemudian menjadi satu kesatuan yang membentuk suatu perkerasan jalan yang berfungsi sebagai penunjang beban lalu lintas di atasnya yang kemudian akan disalurkan ke tanah dasar. Pada dasarnya perkerasan jalan menggunakan material utama berupa agregat dan bahan pengikat.

Menurut Sukirman (1999) konstruksi perkerasan yang berkembang saat ini dibedakan menjadi 3 jenis, yaitu:

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

Sebelum menentukan penggunaan jenis konstruksi perkerasan yang akan dipakai sebaiknya perlu diketahui terlebih dahulu perbedaan antara perkerasan lentur dan perkerasan kaku dalam hal perbedaan respon jika terjadi repetisi beban, penurunan tanah dasar, dan perubahan temperatur. Terdapat perbedaan utama antara perkerasan lentur dan perkerasan kaku sebagaimana diberikan pada **Tabel 2.1**.

Tabel 2. 1 Perbedaan antara Perkerasan Lentur dan Perkerasan Kaku

|                         | Perkerasan Lentur                          | Perkerasan Kaku                           |
|-------------------------|--|---|
| 1 Bahan Pengikat        | Aspal                                      | Semen                                     |
| 2 Repetisi Beban        | Timbul rutting (lendutan pada jalur roda)  | Timbul retak-retak pada permukaan         |
| 3 Penurunan Tanah Dasar | Jalan bergelombang (mengikuti tanah dasar) | Bersifat sebagai balok di atas perletakan |
| 4 Perubahan Temperatur  | Modulus kekakuan berubah                   | Modulus kekakuan tidak berubah            |
|                         | Timbul tegangan dalam yang kecil           | Timbul tegangan dalam yang besar          |

Sumber: Sukirman (1999)

### 2.3 Parameter Desain Tebal Lapisan Konstruksi Perkerasan Lentur

Perkerasan direncanakan untuk memikul beban lalu lintas yang berada di atasnya secara aman, nyaman, serta selama masa layannya tidak terjadi kerusakan yang berarti. Untuk dapat memenuhi fungsi tersebut perkerasan harus mampu mereduksi tegangan yang terjadi pada tanah dasar akibat beban lalu lintas di atasnya, dan mampu juga mengatasi pengaruh kembang susut dari tanah dasar. Dengan demikian akan dapat memberikan kenyamanan kepada pengemudi selama masa pelayanan jalan tersebut. Untuk itu dalam perencanaan perlulah dipertimbangkan faktor-faktor yang mempengaruhi kenyamanan dari konstruksi perkerasan jalan seperti:

### **2.3.1 Fungsi Jalan**

Menurut Sukirman (1999) berdasar fungsi jalan, jalan dapat dibedakan atas :

- a. Jalan Arteri Jalan umum yang berfungsi melayani angkutan utama dengan ciri perjalanan jauh, kecepatan rata-rata tinggi dan jumlah jalan masuk dibatasi secara efisien.
- b. Jalan Kolektor Jalan umum yang berfungsi melayani angkutan pengumpul atau pembagi dengan ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang dan jumlah jalan masuk dibatasi.
- c. Jalan Lokal Jalan umum yang berfungsi melayani angkutan setempat dengan ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah, dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi.

### **2.3.2 Umur Rencana**

Umur rencana perkerasan jalan adalah jumlah tahun dari saat jalan tersebut dibuka untuk lalu lintas kendaraan sampai diperlukan perbaikan yang bersifat struktural (overlay lapisan perkerasan). Selama umur rencana tersebut pemeliharaan perkerasan jalan tetap harus dilakukan seperti pelapisan nonstruktural yang berfungsi sebagai lapis aus.

Menurut Sukirman (1999) umur rencana untuk perkerasan lentur jalan baru umumnya diambil 20 tahun dan untuk peningkatan jalan 10 tahun. Umur rencana yang lebih besar dari 20 tahun tidak lagi ekonomis karena perkembangan lalu lintas yang terlalu besar dan sukar mendapatkan ketelitian yang memadai (tambahan tebal perkerasan menyebabkan biaya awal yang cukup tinggi).

### **2.3.3 Lalu Lintas**

Menurut Sukirman (1999) tebal lapisan perkerasan jalan ditentukan dari beban yang akan dipikul, berarti dari arus lalu lintas yang hendak memakai jalan tersebut. Besarnya arus lalu lintas diperoleh dari:

- a. Analisa lalu lintas saati ini.

- b. Perkiraan faktor pertumbuhan lalu lintas selama umur rencana, antara lain berdasarkan analisis pola lalu lintas di sekitar lokasi jalan tersebut.

Di negara sedang berkembang termasuk Indonesia, analisa lalu lintas yang dapat menunjang data perencanaan dengan ketelitian yang memadai sukar dilakukan, karena kurangnya data yang dibutuhkan, dan sukar memperkirakan perkembangan yang akan datang karena belum adanya rancangan induk untuk disebagian besar wilayah Indonesia. Hal ini dapat diatasi dengan melakukan konstruksi bertahap, dimana lapis perkerasan sampai dengan lapis pondasi atas dilakukan sesuai kebutuhan untuk umur rencana yang lebih panjang, biasanya 20 tahun, tetapi lapisan permukaannya dilaksanakan sesuai kebutuhan umur rencana tahap pertama.

#### **2.3.4 Volume Lalu Lintas**

Jumlah kendaraan yang hendak memakai jalan dinyatakan dalam volume lalu lintas. Menurut Sukirman (1999) volume lalu lintas didefinisikan sebagai jumlah kendaraan yang melewati satu titik pengamatan selama satu tahun waktu.

Menurut Sumarsono (2018) parameter yang paling penting dalam analisis struktur perkerasan adalah data lalu lintas yang diperlukan untuk menghitung beban lalu lintas rencana yang dipikul oleh perkerasan selama umur rencana. Beban dihitung dari volume lalu lintas pada tahun survei selanjutnya diproyeksikan kedepan selama umur rencana.

#### **2.3.5 Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas**

Menurut Sukirman (1999) jumlah kendaraan yang memakai jalan bertambah dari tahun ke tahun. Faktor yang mempengaruhi pertumbuhan lalu lintas adalah perkembangan daerah, bertambahnya kesejahteraan masyarakat, naiknya kemampuan membeli kendaraan dll. Faktor pertumbuhan lalu lintas dinyatakan dalam persen/tahun.

### **2.3.6 Sifat Tanah Dasar**

Tanah dasar (subgrade) merupakan lapisan tanah yang paling atas, yang mana diatas tanah dasar akan diletakkan lapis perkerasan. Umumnya tanah dasar adalah berupa tanah asli atau berupa galian dan timbunan yang relative lemah daya dukungnya. Menurut Sukirman (1999) sifat tanah dasar ini memengaruhi ketahanan lapisan diatasnya dan mutu jalan secara keseluruhan.

Metode yang digunakan untuk menentukan daya dukung tanah dasar ada bermacam-macam, seperti metode CBR (California Bearing Ratio) dan DCP (Dynamic Cone Penetrometer). CBR diperoleh dari hasil pemeriksaan contoh tanah yang telah disiapkan di laboratorium atau langsung di lapangan.

Sifat tanah dasar ini mempengaruhi ketahanan lapisan di atasnya dan mutu jalan secara keseluruhan. Sehingga tanah dasar memiliki peranan yang sangat penting bagi kestabilan sistem perkerasan lentur. Untuk kondisi desain tertentu makin tinggi daya dukung tanah dasar maka akan semakin tipis struktur perkerasan yang diperlukan.

### **2.3.7 Faktor Lingkungan**

Menurut Kholiq (2014) pengaruh kondisi lingkungan terhadap lapisan perkerasan jalan dan tanah dasar adalah pada sifat teknis konstruksi perkerasaan dan sifat komponen material penyusunnya juga terhadap pelapukan bahan material konstruksi perkerasan sehingga dapat mempengaruhi penurunan tingkat kenyamanan perkerasan jalan tersebut.

## **2.4 Perencanaan Tebal Pakerasan Lentur Menggunakan Manual Desain Perkerasan Jalan Bina Marga 2017**

Metode Manual Desain Perkerasan Jalan (MDP) Bina Marga 2017 adalah salah satu metode yang dikeluarkan oleh Direktorat Jenderal Bina Marga. Terdapat 2 bagian dalam metode ini, yaitu pada Bagian I menjelaskan tentang pedoman struktur perkerasan baru dan Bagian II tentang rehabilitasi perkerasan. Pada metode ini dijelaskan pula faktor-faktor yang harus dipertimbangkan dalam pemilihan

struktur perkerasan. Empat tantangan terhadap kinerja aset jalan di Indonesia telah diakomodasi dalam manual ini: beban berlebih, temperature perkerasan tinggi, curah hujan tinggi, dan tanah lunak.

Dalam manual ini dideskripsikan pendekatan dengan desain mekanistik, prosedur pendukung empiris, dan solusi berdasarkan chart yang mengakomodasi keempat tantangan tersebut secara komprehensif. Metode Manual Desain Perkerasan Jalan (MDP) Bina Marga 2017 merupakan pelengkap pedoman desain perkerasan Pd-T-2002-B untuk perkerasan lentur dan Pd-T-14-2003 untuk perkerasan kaku, dengan penajaman pada aspek-aspek sebagai berikut : penentuan umur rencana, penetapan minimalisasi discounted lifecycle cost, pertimbangan kepraktisan pelaksanaan konstruksi, dan penggunaan material yang efisien.

Jenis struktur perkerasan yang diterapkan dalam desain struktur perkerasan baru terdiri atas: Struktur perkerasan pada permukaan tanah asli, susunan lapisannya dijelaskan pada **Gambar 2.2**.



Gambar 2. 2 Struktur Perkerasan Lentur pada Tanah Dasar

Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum, 2017

#### 2.4.1 Umur Rencana

Umur rencana adalah jumlah waktu dalam satuan tahun yang dihitung sejak jalan tersebut mulai dibuka sampai dengan saat jalan tersebut memerlukan perbaikan dalam skala berat atau dianggap perlu untuk diberikan pelapisan ulang pada permukaannya. Perencanaan umur rencana perkerasan baru sesuai seperti dengan **Tabel 2.2**.

Tabel 2. 2 Umur Rencana Perkerasan Jalan Baru

| Jenis Perkerasan    | Elemen Perkerasan   | Umur Rencana (tahun) |
|---------------------|---|----------------------|
| Perkerasan Lentur   | Lapisan aspal dan lapisan berbutir dan CTB  | 20                   |
|                     | Pondasi jalan<br>Semua lapisan perkerasan untuk area yang tidak diijinkan ssering ditinggikan akibat pelapisan ulang, misal: jalan perkotaan, underpass, jembatan, terowongan | 40                   |
| Perkerasan Kaku     | Cement Treated Based  |                      |
|                     | Lapis pondasi atas, lapis pondasi bawah, lapis beton semen dan pondasi jalan  |                      |
| Jalan tanpa penutup | Semua elemen  | Minimum 10           |

Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum, 2017

#### 2.4.2 Analisis Volume Lalu Lintas

Dalam analisis lalu lintas, terutama untuk menentukan volume lalu lintas pada jam sibuk dan lintas harian rata-rata tahunan (LHRT) agar mengacu pada Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI), LHRT yang dihitung adalah untuk semua jenis kendaraan kecuali sepeda motor, ditambah 30% jumlah sepeda motor. Untuk keperluan desain volume lalu lintas dapat diperoleh dari: 1. Survei lalu lintas actual dengan durasi 7 x 24 jam. Pelaksanaan survei mengacu pada Pedoman Survei Pencacahan Lalu Lintas dengan Cara Manual Pd T-10- 2004-B atau dapat mengacu menggunakan peralatan dengan pendekatan yang sama. 2. Hasil-hasil survei sebelumnya. 3. Untuk jalan dengan lalu lintas rendah dapat menggunakan nilai perkiraan pada **Tabel 2.3**.

Tabel 2. 3 Perkiraan Lalu Lintas untuk Jalan dengan Lalu Lintas Rendah (Kasus Beban Berlebih)

| Deskripsi Jalan  | LHRT<br>dua arah | Kend Berat<br>(% dari lalu<br>lintas) | Umur<br>rencana<br>(th) | Pertumbuhan<br>lalu lintas<br>(%) | Pertumbuhan<br>lalu lintas<br>kumulatif | Kelompok<br>sumbu/Kendaraan<br>berat | Kumulatif<br>HVAG | ESA/HVAG<br>(overloaded) | Lalin desain<br>indikatif (Pangkat<br>4) Overloaded |
|--|------------------|---------------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|---|--------------------------------------|-------------------|--------------------------|---|
| Jalan desa<br>minor dengan<br>akses<br>kendaraan berat<br>terbatas | 30               | 3                                     | 20                      | 1                                 | 22                                      | 2                                    | 14.454            | 3,16                     | 4,5 x 10  |
| Jalan kecil 2<br>arah  | 90               | 3                                     | 20                      | 1                                 | 22                                      | 2                                    | 21.681            | 3,16                     | 7 x 10  |
| Jalan lokal  | 500              | 6                                     | 20                      | 1                                 | 22                                      | 2,1                                  | 252.945           | 3,16                     | 8 x 10  |
| Akses lokal<br>daerah industri<br>atau quarry                      | 500              | 8                                     | 20                      | 3,5                               | 28,2                                    | 2,3                                  | 473.478           | 3,16                     | 1,5 x 10  |
| Jalan kolektor   | 2000             | 7                                     | 20                      | 3,5                               | 28,2                                    | 2,2                                  | 1.585.122         | 3,16                     | 5 x 10  |

Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum, 2017

### 2.4.3 Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas

Faktor pertumbuhan lalu lintas didasarkan pada data-data pertumbuhan historis atau formulasi korelasi dengan faktor pertumbuhan lain yang berlaku, Jika tidak tersedia maka **Tabel 2.4** digunakan sebagai nilai minimum.

Tabel 2. 4 Faktor Laju Pertumbuhan Lalu Lintas (i)

|                          | Jawa | Sumatera | Kalimantan | Rata-rata<br>Indonesia |
|--------------------------|------|----------|------------|------------------------|
| Arteri dan perkotaan (%) | 4,80 | 4,83     | 5,14       | 4,75                   |
| Kolektor rural (%)       | 3,50 | 3,50     | 3,50       | 3,50                   |
| Jalan desa (%)           | 1,00 | 1,00     | 1,00       | 1,00                   |

Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum, 2017

Untuk menghitung pertumbuhan lalu lintas kumulatif selama umur rencana dihitung menggunakan **Persamaan 2.1**

$$R = \frac{(1+0,01i)^{UR} - 1}{0,01i} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana:

- R = Faktor Pengali Pertumbuhan Lalu Lintas
- i = Tingkat Pertumbuhan Tahunan
- UR = Umur Rencana (tahun)

Perhitungan LHR pada tahun rencana dapat dihitung menggunakan **Persamaan 2.2**

$$LHR_{akhir} = LHR_{awal} \times (1 + i)^n \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana:

- i = Pertumbuhan lalu lintas kendaraan (%)
- n = Selisih tahun LHR awal dan LHR akhir

### 2.4.4 Faktor Distribusi Lajur

Faktor distribusi lajur untuk kendaraan niaga (truk dan bus) ditetapkan dalam **Tabel 2.5**. Beban desain pada setiap lajur tidak boleh melampaui kapasitas lajur pada setiap tahun selama umur rencana.

Tabel 2. 5 Faktor Distribusi Lajur (D<sub>L</sub>)

| Jumlah lajur setiap arah | Kendaraan niaga pada lajur desain (%terhadap populasi kendaraan niaga) |
|--------------------------|--|
| 1                        | 100  |
| 2                        | 80   |
| 3                        | 60   |
| 4                        | 50   |

Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum, 2017

#### 2.4.5 Faktor Ekuivalen Beban

Perkiraan faktor ekuivalen beban atau VDF (Vehicle Damage Factor). Perhitungan beban lalu lintas yang akurat sangatlah penting. Beban lalu lintas tersebut diperoleh dari:

1. Studi jembatan timbang, timbangan statis atau WIM (survei langsung).
2. Survei beban gandar pada jembatan timbang atau WIM yang pernah dilakukan dan dianggap cukup representatif.
3. Data WIM regional yang dikeluarkan oleh Direktorat Bina Marga.

Ketentuan untuk cara pengumpulan data beban lalu lintas dapat dilihat dalam **Tabel 2.6**.

Tabel 2. 6 Pengumpulan Data Beban Gandar

| Spesifikasi Penyediaan Prasarana Jalan | Sumber Data Beban Lalu Lintas |
|--|-------------------------------|
| Jalur Bebas Hambatan                   | 1 atau 2                      |
| Jalan Raya                             | 1 atau 2 atau 3               |
| Jalan Sedang                           | 2 atau 3                      |
| Jalan Kecil                            | 2 atau 3                      |

Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum, 2017

Jika survei beban gandar tidak memungkinkan dilakukan oleh perencana dan data survei beban gandar sebelumnya tidak tersedia, maka nilai VDF dapat menggunakan **Tabel 2.7** dan **Tabel 2.8** untuk menghitung ESA.

**Tabel 2.7** menunjukkan nilai VDF regional masing-masing jenis kendaraan niaga yang diolah dari studi WIM yang dilakukan oleh Ditjen Bina Marga pada 2012-2013.

Apabila survei lalu lintas yang dilakukan dapat mengidentifikasi jenis dan muatan kendaraan niaga, maka dapat digunakan data VDF masing-masing kendaraan menurut **Tabel 2.8**.



Tabel 2. 7 Nilai VDF masing-masing Kendaraan Niaga

| Jenis Kendaraan | Sumatera     |       |        |       | Jawa         |       |        |       | Kalimantan   |       |        |       | Sulawesi     |       |        |       | Bali, Nusa Tenggara, Maluku dan Papua |       |        |       |   |
|-----------------|--------------|-------|--------|-------|--------------|-------|--------|-------|--------------|-------|--------|-------|--------------|-------|--------|-------|---------------------------------------|-------|--------|-------|---|
|                 | Beban Aktual |       | Normal |       | Beban Aktual |       | Normal |       | Beban Aktual |       | Normal |       | Beban Aktual |       | Normal |       | Beban Aktual                          |       | Normal |       |   |
|                 | VDF 4        | VDF 5 | VDF 4  | VDF 5 | VDF 4        | VDF 5 | VDF 4  | VDF 5 | VDF 4        | VDF 5 | VDF 4  | VDF 5 | VDF 4        | VDF 5 | VDF 4  | VDF 5 | VDF 4                                 | VDF 5 | VDF 4  | VDF 5 |   |
| 5B              | 1            | 1     | 1      | 1     | 1            | 1     | 1      | 1     | 1            | 1     | 1      | 1     | 1            | 1     | 1      | 1     | 1                                     | 1     | 1      | 1     | 1 |
| 6A              | 0,55         | 0,5   | 0,55   | 0,5   | 0,55         | 0,5   | 0,55   | 0,5   | 0,55         | 0,5   | 0,55   | 0,5   | 0,55         | 0,5   | 0,55   | 0,5   | 0,55                                  | 0,5   | 0,55   | 0,5   |   |
| 6B              | 4,5          | 7,4   | 3,4    | 4,6   | 5,3          | 9,2   | 4      | 5,1   | 4,8          | 8,5   | 3,4    | 4,7   | 4,9          | 9     | 2,9    | 4     | 3                                     | 4     | 2,5    | 3     |   |
| 7A1             | 10,1         | 18,4  | 5,4    | 7,4   | 8,2          | 14,4  | 4,7    | 6,4   | 9,9          | 18,3  | 4,1    | 5,3   | 7,2          | 11,4  | 4,9    | 6,7   | -                                     | -     | -      | -     |   |
| 7A2             | 10,5         | 20    | 4,3    | 5,6   | 10,2         | 19    | 4,3    | 5,6   | 9,6          | 17,7  | 4,2    | 5,4   | 9,4          | 19,1  | 3,8    | 4,8   | 4,9                                   | 9,7   | 3,9    | 6     |   |
| 7B1             | -            | -     | -      | -     | 11,8         | 18,2  | 9,4    | 13    | -            | -     | -      | -     | -            | -     | -      | -     | -                                     | -     | -      | -     |   |
| 7B2             | -            | -     | -      | -     | 13,7         | 21,8  | 12,6   | 17,8  | -            | -     | -      | -     | -            | -     | -      | -     | -                                     | -     | -      | -     |   |
| 7C1             | 15,9         | 29,5  | 7      | 9,6   | 11           | 19,8  | 7,4    | 9,7   | 11,7         | 20,4  | 7      | 10,2  | 13,2         | 25,5  | 6,5    | 8,8   | 14                                    | 11,9  | 10,2   | 8     |   |
| 7C2A            | 19,8         | 39    | 6,1    | 8,1   | 17,7         | 33    | 7,6    | 10,2  | 8,2          | 14,7  | 4      | 5,2   | 20,2         | 42    | 6,6    | 8,5   | -                                     | -     | -      | -     |   |
| 7C2B            | 20,7         | 42,8  | 6,1    | 8     | 13,4         | 24,2  | 6,5    | 8,5   | -            | -     | -      | -     | 17           | 28,8  | 9,3    | 13,5  | -                                     | -     | -      | -     |   |
| 7C3             | 24,5         | 51,7  | 6,4    | 8     | 18,1         | 34,4  | 6,1    | 7,7   | 13,5         | 22,9  | 9,8    | 15    | 28,7         | 59,6  | 6,9    | 8,8   | -                                     | -     | -      | -     |   |

Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum, 2017

Tabel 2. 8 Klasifikasi kendaraan dan Nilai VDF Standar

| Jenis Kendaraan  |            | Uraian                              | Konfigurasi Sumbu | Muatan-muatan yang di angkut | Kelompok Sumbu | Distribusi Tipikal (%)   |   | Faktor Ekuivalen Beban |       |
|------------------|------------|-------------------------------------|-------------------|------------------------------|----------------|--------------------------|---|------------------------|-------|
| Klasifikasi Lama | Alternatif |                                     |                   |                              |                | Semua Kendaraan bermotor | Semua Kendaraan Bermotor Kecuali Sepeda Motor | VDF 4                  | VDF 5 |
| 1                | 1          | Sepeda Motor                        | 1.1               |                              | 2              | 30.4                     |   |                        |       |
| 2,3,4            | 2,3,4      | Sedang/Angkot/Pick-up/Station Wagon | 1.1               |                              | 2              | 51.7                     | 74.3  |                        |       |
| 5a               | 5a         | Bus Kecil                           | 1.2               |                              | 2              | 3.5                      | 5   | 0.3                    | 0.2   |
| 5b               | 5b         | Bus Besar                           | 1.2               |                              | 2              | 0.1                      | 0.2   | 1                      | 1     |
| 6a.1             | 6.1        | Truk 2 sumbu cargo ringan           | 1.1               | Muatan Umum                  | 2              | 4.6                      | 6.6   | 0.3                    | 0.2   |
| 6a.2             | 6.2        | Truk 2 sumbu ringan                 | 1.2               | Tanah, Pasir, Besi, Semen    | 2              |                          |   | 0.8                    | 0.8   |
| 6b1.1            | 7.1        | Truk 2 sumbu cargo ringan           | 1.2               | Muatan Umum                  | 2              | -                        | -   | 0.7                    | 0.7   |
| 6b1.2            | 7.2        | Truk 2 sumbu sedang                 | 1.2               | Tanah, Pasir, Besi, Semen    | 2              |                          |   | 1.6                    | 1.7   |
| 6b2.1            | 8.1        | Truk 2 sumbu berat                  | 1.2               | Muatan Umum                  | 2              | 3.8                      | 5.5   | 0.9                    | 0.8   |
| 6b2.2            | 8.2        | Truk 2 sumbu berat                  | 1.2               | Tanah, Pasir, Besi, Semen    | 2              |                          |   | 7.3                    | 11.2  |
| 7a1              | 9.1        | Truk 3 sumbu ringan                 | 1.22              | Muatan Umum                  | 3              | 3.9                      | 5.6   | 7.6                    | 11.2  |
| 7a2              | 9.2        | Truk 3 sumbu sedang                 | 1.22              | Tanah, Pasir, Besi, Semen    | 3              |                          |   | 28.1                   | 64.4  |

Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum 2017

Tabel 2. 8 Lanjutan

| Jenis Kendaraan  |            | Uraian                                   | Konfigurasi | Muatan-muatan yang di angkut | Kelompok | Distribusi Tipikal (%) |       | Faktor Ekvivalen Beban   |   |
|------------------|------------|--|-------------|------------------------------|----------|------------------------|-------|--------------------------|---|
| Klasifikasi Lama | Alternatif |  |             |                              |          | Sumbu                  | Sumbu | Semua Kendaraan bermotor | Semua Kendaraan Bermotor Kecuali Sepeda Motor |
| 7a3              | 9.3        | Truk 3 sumbu berat                       | 1.1.2       | Muatan Umum                  | 3        | 0.1                    | 0.1   | 28.9                     | 62.2  |
| 7b               | 10         | Truk 2 sumbu dan trailer penarik 2 sumbu | 1.2-2.2     | Tanah, Pasir, Besi, Semen    | 4        | 0.5                    | 0.7   | 36.9                     | 90.4  |
| 7c1              | 11         | Truk 4 sumbu trailer                     | 1.2-2.2     |                              | 4        | 0.3                    | 0.5   | 13.6                     | 24  |
| 7c2.1            | 12         | Truk 5 sumbu trailer                     | 1.2.2-2.2   |                              | 5        | 0.7                    | 1     | 19                       | 33.2  |
| 7c2.2            | 13         | Truk 5 sumbu trailer                     | 1.2-2.2.2   |                              | 5        |                        |       | 30.3                     | 69.7  |
| 7c3              | 14         | Truk 6 sumbu trailer                     | 1.2.2-2.2.2 |                              | 6        | 0.3                    | 0.5   | 41.6                     | 93.7  |

Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum, 2017

#### 2.4.6 Menghitung Beban Sumbu Standar Kumulatif (CESAL)

Beban sumbu standar kumulatif atau Cumulative Equivalent Single Axle Load (CESAL) merupakan jumlah kumulatif beban sumbu lalu lintas desain pada lajur desain selama umur rencana dan sesuai dengan VDF masing-masing kendaraan niaga yang ditentukan pada **Persamaan 2.3**, yang ditentukan sebagai berikut:

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

Dimana

$ESA_{TH-1}$  = Kumulatif lintasan sumbu standar ekivalen.(equivalent standard axle) pada tahun pertama

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

$VDF_{JK}$  = Faktor ekivalen beban (Vehicle Damage Factor) tiap jenis kendaraan niaga sesuai **Tabel 2.7** dan **Tabel 2.8**

$DD$  = Faktor distribusi arah (nilainya antara 0,3 – 0,7)

$DL$  = Faktor distribusi lajur (**Tabel 2.5**)

$R$  = Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif (**Persamaan 2.1**)

Nilai  $CESA_4$  ditentukan pada **Persamaan 2.4** yang didapat dikalikan dengan nilai Traffic Multiplier (TM) untuk mendapatkan nilai kumulatif akibat kelelahan lapisan aspal ( $CESA_5$ ). Nilai TM dengan kondisi beban yang berlebih di Indonesia berkisar 1.8 – 2 (Kementerian Pekerjaan Umum, 2017).

$$CESA_5 = TM \times CESA_4 \dots\dots\dots (2.4)$$

## 2.4.7 Desain Struktur Perkerasan

Pemilihan jenis perkerasan akan bervariasi sesuai estimasi volume lalu lintas, umur rencana, dan kondisi pondasi jalan, sesuai **Tabel 2.9**. Data lalu lintas penting untuk menghasilkan desain perkerasan yang efektif. Data harus meliputi semua jenis kendaraan komersial.

Tabel 2. 9 Pemilihan Jenis Perkerasan

| Struktur Perkerasan   | Desain          | ESA20 tahun (juta) (pangkat 4 kecuali disebutkan lain) |         |                           |
|---|-----------------|--|---------|---------------------------|
|   |                 | 0 - 0.5  | 0.1 - 4 | > 4 - > 10 - > 30 - > 200 |
| Perkerasan kaku dengan lalu lintas berat (di atas tanah dengan CBR $\geq$ 2.5%) | 4               |  | 2       | 2                         |
| Perkerasan kaku dengan lalu lintas rendah (desa dan daerah perkotaan)           | 4A              |  | 1,2     |                           |
| AC WC modifikasi atau SMA modifikasi dengan CTB (pangkat 5)                     | 3 (Tabel 2.10)  |  |         | 2                         |
| AC dengan CTB (ESA pangkat 5)   | 3 (Tabel 2.10)  |  |         | 2                         |
| AC tebal $\geq$ 100 mm dengan lapis pondasi berbutir (pangkat 5)                | 3B (Tabel 2.12) |  |         | 1,2                       |
| AC atau HRS tipis diatas lapis pondasi berbutir                                 | 3A (Tabel 2.11) |  | 1,2     |                           |
| Burda atau Burth dengan LPA Kelas A atau batuan asli                            | 5               | 3  | 3       |                           |
| Lapis Pondasi Soil Cement   | 6               | 1  | 1       |                           |
| Pekrerasan tanpa penutup  | 7               | 1  |         |                           |

Tabel 2. 9 Lanjutan

|  |  |
|--|--|
|  | Solusi yang lebih diutamakan (lebih murah) |
|  | Alternatif – lihat catatan                 |

Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum, 2017

Tingkat kesulitan:

1. Kontraktor kecil-medium.
2. Kontraktor besar dengan sumber daya yang memadai.
3. Membutuhkan keahlian dan tenaga ahli khusus dibutuhkan kontraktor spesialis burda.

Selain batasan yang diberikan pada **Tabel 2.9**, perencana harus mempertimbangkan biaya terendah selama umur rencana keterbatasan dan kepraktisan pelaksanaan. Pemilihan alternatif desain berdasarkan manual ini harus didasarkan pada *discounted lifecycle* terendah.

Desain perkerasan berdasarkan lalu lintas rencana dan pertimbangan terendah ditunjukkan pada **Tabel 2.10, 2.11, 2.12, 2.13**. Solusi lain dapat dipilih untuk menyesuaikan dengan kondisi setempat. Namun demikian, disarankan untuk tetap menggunakan prosedur desain pada manual ini sebagai langkah awal untuk semua desain.

Basis dari prosedur desain perkerasan lentur dengan campuran berasapal yang digunakan pada manual ini adalah karakteristik mekanik material dan analisis struktur perkerasan secara mekanistik. Metode ini menghubungkan masukan berupa beban roda, struktur perkerasan dan sifat mekanik material, dengan keluaran berupa respons perkerasan terhadap beban roda seperti tegangan, regangan atau lendutan.

Respons struktural tersebut digunakan untuk memprediksi kinerja struktur perkerasan dalam hal deformasi permanen dan retak lelah. Karena prediksi didasarkan pada kinerja material di laboratorium dan pengamatan di lapangan, pendekatan ini disebut sebagai mekanistik empiris.

Tabel 2. 10 Desain Perkerasan Lentur Opsi Biaya Minimum dengan CTB

|   | F1        | F2                        | F3         | F4          | F5          |
|---|-----------|---------------------------|------------|-------------|-------------|
| Untuk lalu lintas di bawah 10 juta ESA5 lihat Tabel 2.12, Tabel 2.13 dan Tabel 2.14 |           |                           |            |             |             |
| Repetisi beban sumbu kumulatif 20 tahun pada lajur rencana (106 ESA5)               | > 10 - 30 | > 30 - 50                 | > 50 - 100 | > 100 - 200 | > 200 - 500 |
| Jenis permukaan berperingkat  | AC        |                           |            | AC          |             |
| Jenis lapis pondasi   |           | Cement Treated Base (CTB) |            |             |             |
| AC WC   | 40        | 40                        | 40         | 50          | 50          |
| AC BC   | 60        | 60                        | 60         | 60          | 60          |
| AC BC atau AC Base  | 75        | 100                       | 125        | 160         | 220         |
| CTB   | 150       | 150                       | 150        | 150         | 150         |
| Fondasi agregat Kelas A   | 150       | 150                       | 150        | 150         | 150         |

Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum, 2017

Tabel 2. 11 Desain Perkerasan Lentur dengan HRS

|  |                            |                         |
|--|----------------------------|-------------------------|
| Kumulatif beban sumbu 20 tahun pada lajur rencana (106 ESA5)                           | $FF1 < 0.5$                | $0.5 \leq FF2 \leq 4.0$ |
| Jenis Permukaan  | HRS atau penetrasi makadam | HRS                     |
| Struktur Perkerasan  | Tebal Lapisan (mm)         |                         |
| HRS WC   | 50                         | 30                      |
| HRS Base   | -                          | 35                      |
| LFA kelas A  | 150                        | 250                     |
| LFA kelas A atau LFA kelas B atau kerikil alam atau lapis distabilisasi dengan CBR>10% | 150                        | 125                     |

Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum, 2017

Tabel 2. 12 Desain Perkerasan Lentur - Aspal dengan Lapis Fondasi berbutir

Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum, 2017

|   | Struktur Perkerasan             |        |        |         |          |          |                 |           |            |
|---|---------------------------------|--------|--------|---------|----------|----------|-----------------|-----------|------------|
|   | FFF1                            | FFF2   | FFF3   | FFF4    | FFF5     | FFF6     | FFF7            | FFF8      | FFF9       |
|   | Solusi yang dipilih             |        |        |         |          |          | Lihat catatan 2 |           |            |
| Repetisi beban sumbu kumulatif 20 tahun pada lajur rencana (106 ESA5) | >2                              | ≥2 - 4 | >4 - 7 | >7 - 10 | >10 - 20 | >20 - 30 | >30 - 50        | >50 - 100 | >100 - 200 |
|   | Ketebalan lapis perkerasan (mm) |        |        |         |          |          |                 |           |            |
| AC WC   | 40                              | 40     | 40     | 40      | 40       | 40       | 40              | 40        | 40         |
| AC BC   | 60                              | 60     | 60     | 60      | 60       | 60       | 60              | 60        | 60         |
| AC Base   | 0                               | 70     | 80     | 105     | 145      | 160      | 180             | 210       | 245        |
| LPA kela sA   | 400                             | 300    | 300    | 300     | 300      | 300      | 300             | 300       | 300        |
| Catatan   | 1                               |        | 2      |         |          |          | 3               |           |            |

Tabel 2. 13 Penyesuaian Tebal Lapis Fondasi Agregat A untuk Tanah Dasar CBR  $\geq 7\%$  (hanya untuk desain Tabel 2.12)

|   | Struktur Perkerasan |              |        |         |          |          |          |                 |            |
|---|---------------------|--------------|--------|---------|----------|----------|----------|-----------------|------------|
|   | FFF1                | FFF2         | FFF3   | FFF4    | FFF5     | FFF6     | FFF7     | FFF8            | FFF9       |
| Solusi yang dipilih   |                     |              |        |         |          |          |          | Lihat catatan 2 |            |
| Repetisi beban sumbu kumulatif 20 tahun pada lajur rencana (106 ESA5) | >2                  | $\geq 2 - 4$ | >4 - 7 | >7 - 10 | >10 - 20 | >20 - 30 | >30 - 50 | >50 - 100       | >100 - 200 |
| Tebal LFA A (mm) penyesuaian terhadap desain Tabel 2.14               |                     |              |        |         |          |          |          |                 |            |
| Subgrade CBR $\geq 5.5-7$   | 400                 | 300          | 300    | 300     | 300      | 300      | 300      | 300             | 300        |
| Subgrade CBR > 7 - 10   | 330                 | 220          | 215    | 210     | 205      | 200      | 200      | 200             | 200        |
| Subgrade CBR $\geq 10$  | 260                 | 150          | 150    | 150     | 150      | 150      | 150      | 150             | 150        |
| Subgrade CBR $\geq 15$  | 200                 | 150          | 150    | 150     | 150      | 150      | 150      | 150             | 150        |
| Catatan   | 1                   | 2            |        |         |          |          |          | 3               |            |

Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum, 2017

#### 2.4.8 Menentukan Struktur Pondasi Jalan

Menurut Kementerian Pekerjaan Umum (2017) desain pondasi jalan adalah desain perbaikan tanah dasar dan lapis penopang (capping), micro pilling (cerucuk), drainase vertical, pra-pembebanan dan berbagai penanganan lain yang diperlukan untuk membentuk perletakan pendukung struktur perkerasan lentur, baik untuk kondisi tanah biasa maupun tanah lainnya yang lazim ditemui di Indonesia.

Tiga faktor penting di dalam desain perkerasan adalah lalu lintas, tanah dasar dan pengaruh air. Selain itu, pada kasus perkerasan yang harus dibangun di kawasan dengan tanah bermasalah seperti gambut dan tanah lunak, karakteristik tanah bersangkutan merupakan faktor yang sangat penting karena analisis tanah dasar biasa tidak dapat menghasilkan perkerasan dengan kinerja yang diharapkan.

Umur rencana pondasi jalan untuk semua perkerasan baru maupun pelebaran digunakan minimum 40 tahun karena:

- a. Pondasi jalan tidak dapat ditingkatkan selama umur pelayanannya kecuali dengan cara rekonstruksi menyeluruh.
- b. Perkerasan lentur dengan desain fondasi di bawahstandar mungkin memerlukan perkuatan dengan lapisan aspal tambahan berulang kali selama masa pelayanannya sehingga biaya total perkerasan menjadi lebih mahal dibandingkan dengan perkerasan yang didesain dengan baik.
- c. Perkerasan kaku di atas tanah lunak dengan desain fondasi di bawah standar cenderung mengalami keretakan dini yang dalam kasus terburuk mungkin memerlukan penggantian pelat beton.

Untuk menentukan perencanaan jalan baru biasanya memakai CBR lab. Pengukuran nilai CBR menjadi dasar daya dukung tanah untuk saat ini. Menurut Silvia Sukirman dalam buku Perkerasan Lentur Jalan Raya, cara untuk mendapatkan nilai CBR dapat dilakukan dengan metode analitis atau teoritis guna menentukan CBR segmen. Rumus untuk menghitung CBR segmen dapat dilihat pada **Persamaan 2.5**.

$$\text{CBR segmen} = \text{CBR rata-rata} - (\text{CBR max} - \text{CBR min}) / R \dots\dots\dots(2.5)$$

Nilai R untuk perhitungan CBR segmen dapat dilihat pada **Tabel 2.15**.

Tabel 2. 14 Nilai R Untuk Perhitungan CBR Segmen

| Jumlah Titik Pengamatan | Nilai R |
|-------------------------|---------|
| 2                       | 1,41    |
| 3                       | 1,91    |
| 4                       | 2,24    |
| 5                       | 2,48    |
| 6                       | 2,67    |
| 7                       | 2,83    |
| 8                       | 2,96    |
| 9                       | 3,08    |
| > 10                    | 3,18    |

Sumber: Perkerasan Lentur Jalan Raya, Silvia Sukirman, 1999

**Tabel 2.14** menunjukkan tebal minimum lapis penopang untuk mencapai CBR desain 6% yang digunakan untuk pengembangan katalog desain tebal perkerasan. Apabila lapis penopang akan digunakan untuk kendaraan konstruksi mungkin diperlukan lapis penopang yang lebih tebal.

Pertimbangan-pertimbangan di bawah ini berlaku dalam pelaksanaan lapis penopang.

a. Persyaratan umum

1. Material yang digunakan sebagai lapis penopang harus berupa bahan timbunan pilihan. Jika lapisan tersebut di bawah permukaan air harus digunakan material batuan atau material berbutir. Dalam hal ini harus digunakan material berbutir dengan kepekaan terhadap kadar air rendah.
2. Dapat berfungsi sebagai lantai kerja yang kokoh sepanjang periode pelaksanaan.
3. Tebal minimum 600 mm untuk tanah ekspansif.

4. Elevasi permukaan lapis penopang harus memenuhi persyaratan tinggi minimum tanah dasar di atas muka air tanah dan muka air banjir, dijelaskan dalam **Tabel 2.16**.
5. Kedalaman alur roda pada lapis penopang akibat lalu lintas selama periode konstruksi tidak lebih dari 40 mm.
6. Mencapai ketebalan tertentu sehingga permukaan lapis penopang dapat dipadatkan dengan alat pemadat berat.

b. Metode pemadatan

Lapis penopang harus dipadatkan dengan metode dan mencapai tingkat kepadatan yang ditentukan atau yang disetujui oleh direksi pekerjaan. Pada bagian bawah lapis penopang kepadatan yang mungkin dapat dicapai cenderung lebih kecil daripada 95% kepadatan kering maksimum.

c. Geotekstil

Jika tanah asli jenuh atau cenderung akan jenuh pada masa pelayanan, geotekstil sebagai pemisah harus dipasang diantara lapis penopang dan tanah asli. Material lapis penopang yang terletak langsung di atas geotekstil harus material berbutir.



Tabel 2. 15 Solusi Desain Pondasi Jalan Minimum

| CBR Tanah Dasar (%)  | Kelas Kekuatan Tanah Dasar | Uraian Struktur Fondasi  | Perkerasan Lentur  |       |      | Perkerasan Kaku  |
|--|----------------------------|--|--|-------|------|--|
|  |                            |  | Beban Lalu Lintas pada Lajur Rencana dengan Umur Rencana 40 Tahun (juta ESA 5) |       |      |  |
|  |                            |  | < 2  | 2 – 4 | > 4  |  |
|  |                            |  | Tebal Minimum Perbaikan Tanah Dasar  |       |      |  |
| ≥6   | SG6                        | Perbaikan Tanah  | Tidak Perlu Perbaikan  |       |      | 300  |
| 5  | SG5                        | Dasar dapat Berupa   | -  | -     | 100  |  |
| 4  | SG4                        | Stabilisasi Semen  | 100  | 150   | 200  |  |
| 3  | SG3                        | atau Material  | 150  | 200   | 300  |  |
| 2.5  | Sg2.5                      | Timbunan pilihan   | 175  | 250   | 350  |  |
| Tanah Ekspansif (Potensi Pemuaian > 5%)  |                            | (Sesuai Persyaratan Spesifikasi Umum, Deviasi 3-Pekerjaan Tanah) (Pemadatan Lapisan ≤ 200 mm Tebal Gembur) | 400  | 500   | 600  | Berlaku Ketentuan yang Sama dengan Fondasi Jalan Perkerasan Lentur |
| Perkerasan di atas tanah lunak   | SGI                        | Lapis Penopang   | 1000   | 1100  | 1200 |  |
|  |                            | Lapis Penopang dan Geogrid   | 650  | 750   | 850  |  |
| Tanah Gambut dengan HRS atau DBST untuk perkerasan untuk jalan raya minor (nilai minimum-ketentuan lain berlaku) |                            | Lapis Penopang Berbutir  | 1000   | 1250  | 1500 |  |

Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum, 2017

Tabel 2. 16 Tinggi Minimum Tanah Dasar Di Atas Muka Air Tanah dan Muka Air Banjir

| Kelas Jalan  | Tinggi Tanah Dasar di atas Muka Air Tanah (mm)  | Tinggi Tanah Dasar di atas Muka Air Banjir (mm) |
|--------------|---|---|
| Jalan Bebas  |   | 500 (banjir 50 tahunan)                         |
| Hambatan     | 1200 (jika ada drainase bawah permukaan di median)<br>1700 (tanpa drainase bawah permukaan di median)   |   |
| Jalan Raya   | 1200 (tanah lunak jenuh atau gambut tanpa lapis drainase)<br>800 (tanah lunak jenuh atau gambut tanpa lapis drainase)<br>600 (tanah dasar normal) |   |
| Jalan Sedang | 600   | 500 (banjir 10 tahunan)                         |
| Jalan Kecil  | 400   | NA  |

Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum, 2017

## 2.5 Rencana Anggaran Biaya

Menurut (Nurcholid Syawaldi) pengertian dari Rencana Anggaran Biaya (RAB) adalah suatu perhitungan banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan dan upah, serta biaya – biaya lain yang berhubungan dengan pelaksanaan bangunan atau proyek tertentu. Ada dua cara yang dapat dilakukan dalam penyusunan anggaran biaya antara lain:

- Anggaran biaya kasar (taksiran), sebagai pedomannya digunakan harga satuan tiap meter persegi luas lantai. Namun anggaran biaya kasar dapat juga sebagai pedoman dalam penyusunan RAB yang dihitung secara teliti.
- Anggaran biaya teliti, proyek yang dihitung dengan teliti dan cermat sesuai dengan ketentuan dan syarat-syarat penyusunan anggaran biaya.

Tujuan dari pembuatan RAB adalah untuk mengetahui harga item pekerjaan sebagai pedoman untuk mengeluarkan biaya – biaya dalam masa pelaksanaan. Selain itu supaya bangunan yang akan didirikan dapat dilaksanakan secara efektif dan efisien. Fungsi adanya RAB adalah sebagai pedoman pelaksanaan pekerjaan dan sebagai alat pengontrol pelaksanaan pekerjaan.

### **2.5.1 Analisis Harga Satuan Dasar (HSD)**

HSD merupakan komponen untuk menyusun harga satuan pekerjaan (HSP) (Kementerian PUPR). Setelah memperoleh data HSD selanjutnya data-data tersebut masuk dalam rekaitulasi data untuk menghitung RAB dan selanjutnya akan dikalikan dengan volume pekerjaan. HSD meliputi HSD tenaga kerja, HSD alat, HSD bahan yang akan dijelaskan sebagai berikut:

#### **a. HSD Tenaga Kerja**

Untuk menghitung harga satuan pekerjaan, maka perlu ditetapkan dahulu bahan rujukan harga standar untuk upah yang sesuai dengan peraturan daerah (Gubernur, Walikota, Bupati) setempat sebagai HSD tenaga kerja (Kementerian PUPR).

Untuk menghitung harga satuan pekerjaan, maka perlu ditetapkan dahulu bahan rujukan harga standar untuk upah sebagai HSD tenaga kerja. Langkah perhitungan HSD tenaga kerja menurut Kementerian Pekerjaan Umum 2016 adalah sebagai berikut:

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

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

b. HSD Alat

Analisis HSD alat memerlukan data upah operator atau sopir, spesifikasi alat ( tenaga mesin, kapasitas kerja alat, umur ekonomis alat, jam kerja dalam satu tahun), harga alat, serta faktor investasi alat meliputi suku bunga bank, asuransi alat. HSD alat meliputi biaya pasti per jam dan biaya operasional per jam (Kementrian PUPR).

c. HSD Bahan

Faktor yang mempengaruhi harga satuan dasar bahan antara lain adalah kualitas, kuantitas, dan lokasi asal bahan. Faktor-faktor yang berkaitan dengan kuantitas dan kualitas bahan harus ditetapkan dengan mengacu pada spesifikasi yang berlaku. Data harga satuan dasar bahan dalam perhitungan analisis ini berfungsi untuk kontrol terhadap harga penawaran penyedia jasa. Harga satuan dasar bahan dapat dikelompokkan menjadi tiga bagian yaitu:

1. Harga satuan dasar bahan baku, misal: batu, pasir, semen, baja tulangan, dan lain-lain.
2. Harga satuan dasar bahan olahan, misal: agregat kasar dan agregat halus, campuran beton semen, campuran beraspal, dan lain-lain.
3. Harga satuan dasar bahan jadi, misal tiang pancang beton pracetak, panel pracetak, geosintetik dan lain-lain.

Untuk menghitung harga satuan pekerjaan, maka perlu ditetapkan dahulu rujukan harga standar bahan atau HSD bahan per satuan pengukuran

standar. Analisis HSD bahan memerlukan data bahan baku, serta biaya transportasi dan biaya produksi bahan baku menjadi bahan olahan atau bahan jadi.

