

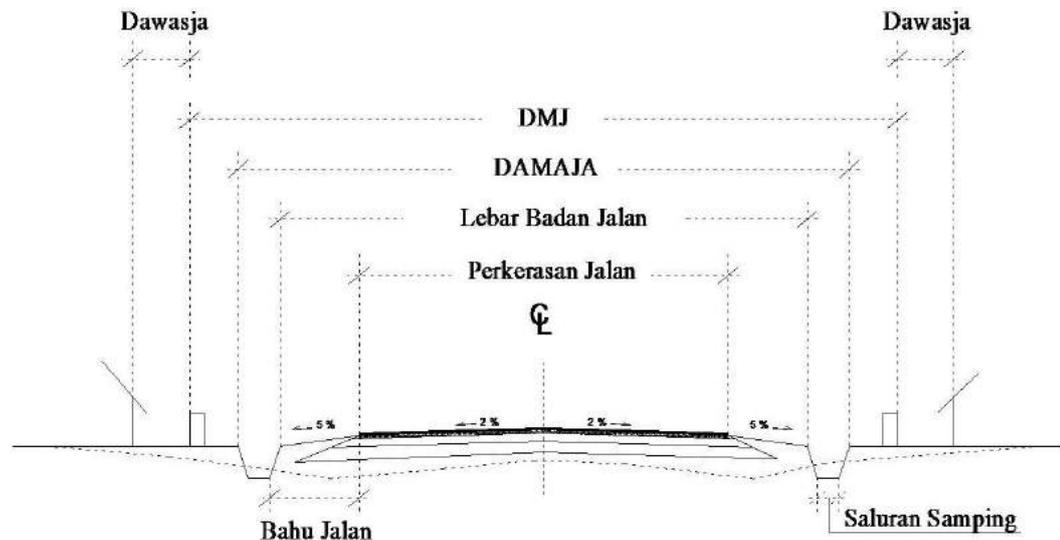
BAB II LANDASAN TEORI

2.1. Jalan

Jalan adalah prasarana transportasi darat, yang meliputi segala bagian jalan termasuk bangunan pelengkap jalan, dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi lalu lintas yang berada pada permukaan tanah, di atas permukaan tanah, dibawah 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).

Menurut Hardiyatmo (2007), fungsi perkerasan jalan meliputi:

1. Untuk melindungi struktur tanah dari pengaruh perubahan cuaca buruk.
2. Untuk memberikan kenyamanan dalam penggunaan jalan bagi pengendara.
3. Untuk mendistribusikan beban kendaraan.



Gambar 2.1 Penampang Melintang Jalan

2.2. Klasifikasi Jalan

Klasifikasi jalan merupakan aspek penting yang pertama kali harus diidentifikasi sebelum melakukan perencanaan jalan. Karena kriteria desain suatu rencana jalan yang ditentukan dari standar desain ditentukan oleh klasifikasi jalan rencana. Pada prinsipnya klasifikasi jalan dalam standar desain (baik untuk jalan dalam kota maupun jalan luar kota) didasarkan kepada klasifikasi jalan menurut undang-undang dan peraturan pemerintah yang berlaku.

2.2.1. Klasifikasi Menurut Fungsi Jalan

Klasifikasi berdasarkan undang-undang Nomor 38 Tahun 2004 mengenai jalan, dapat dilihat dibawah ini:

A. Jalan Arteri

Sesuai undang-undang Nomor 38 Tahun 2004, jalan arteri adalah jalan umum yang dapat digunakan oleh kendaraan angkutan. Ciri-ciri dari jalan ini seperti memiliki jarak perjalanan yang jauh, kecepatan termasuk tinggi, hingga adanya pembatasan secara berdaya guna pada jumlah jalan masuk. Jalan arteri terbagi dalam dua klasifikasi, yaitu jalan arteri primer dan jalan arteri sekunder.

Jalan Arteri Primer adalah ruas jalan yang menghubungkan antar kota jenjang kesatu yang berdampingan atau menghubungkan kota jenjang kesatu dengan kota jenjang kedua. (R. Desutama. 2007). Jika ditinjau dari peranan jalan itu sendiri, ada beberapa persyaratan yang harus dipenuhi oleh Jalan Arteri Primer adalah:

- 1) Kecepatan rencana > 60 km/jam.
- 2) Lebar badan jalan $> 8,0$ m.
- 3) Kapasitas jalan lebih besar dari volume lalu lintas rata-rata.
- 4) Jalan masuk dibatasi secara efisien sehingga kecepatan rencana dan kapasitas jalan dapat tercapai.
- 5) Tidak boleh terganggu oleh kegiatan lokal, lalu lintas lokal.
- 6) Jalan primer tidak terputus walaupun memasuki kota.

Jalan Arteri Sekunder adalah ruas jalan yang menghubungkan kawasan primer dengan kawasan sekunder kesatu atau menghubungkan kawasan sekunder kesatu dengan kawasan sekunder lainnya atau kawasan sekunder kesatu dengan kawasan sekunder kedua. Jika ditinjau dari peranan jalan maka persyaratan yang harus dipenuhi oleh Jalan Arteri Sekunder adalah:

- 1) Kecepatan rencana > 30 km/jam.
- 2) Lebar jalan $> 8,0$ m.
- 3) Kapasitas jalan lebih besar atau sama dari volume lalu lintas rata-rata.
- 4) Tidak boleh diganggu oleh lalu lintas lambat.

B. Jalan Kolektor

Sesuai undang-undang Nomor 38 Tahun 2004, jalan kolektor adalah jaringan jalan umum yang ditujukan untuk kendaraan angkutan pembagi atau pengumpul. Ciri-ciri nya adalah kecepatan kendaraan sedang, pembatasan pada jalan masuk, dan jarak perjalanan sedang. Jalan kolektor terbagi dalam dua klasifikasi, yaitu jalan kolektor primer dan jalan kolektor sekunder.

Jalan Kolektor Primer adalah ruas jalan yang menghubungkan antar kota kedua dengan kota jenjang kedua, atau kota jenjang kesatu dengan kota jenjang ketiga. (R. Desutama. 2007). Jika ditinjau dari peranan jalan maka persyaratan yang harus dipenuhi oleh Jalan Kolektor Primer adalah:

- 1) Kecepatan rencana > 40 km/jam.
- 2) Lebar badan jalan $> 7,0$ m.
- 3) Kapasitas jalan lebih besar atau sama dengan volume lalu lintas rata-rata.
- 4) Jalan masuk dibatasi secara efisien sehingga kecepatan rencana dan kapasitas jalan tidak terganggu.
- 5) Tidak boleh terganggu oleh kegiatan lokal, lalu lintas lokal.
- 6) Jalan kolektor primer tidak terputus walaupun memasuki daerah kota.

Jalan Kolektor Sekunder adalah ruas jalan yang menghubungkan kawasan sekunder kedua dengan kawasan sekunder lainnya atau menghubungkan kawasan sekunder kedua dengan kawasan sekunder ketiga. Jika ditinjau dari peranan jalan maka persyaratan yang harus dipenuhi oleh Jalan Kolektor Sekunder adalah:

- 1) Kecepatan rencana > 20 km/jam.
- 2) Lebar jalan $> 7,0$ m.

C. Jalan Lokal

Sesuai undang-undang Nomor 38 Tahun 2004, jalan lokal adalah jalan umum untuk kendaraan angkutan lokal. ciri-cirinya adalah jarak perjalanan dekat, kecepatan terhitung rendah, dan ada pembatasan pada jalan masuk. Jalan lokal terbagi dalam dua klasifikasi, yaitu jalan lokal primer dan jalan lokal sekunder.

Jalan Lokal Primer adalah ruas jalan yang menghubungkan kota jenjang kesatu dengan persil, kota jenjang kedua dengan persil, kota jenjang ketiga dengan

kota jenjang ketiga lainnya, kota jenjang ketiga dengan kota jenjang di bawahnya. (R. Desutama. 2007). Jika ditinjau dari peranan jalan maka persyaratan yang harus dipenuhi oleh Jalan Lokal Primer adalah:

- 1) Kecepatan rencana > 20 km/jam.
- 2) Lebar badan jalan $> 6,0$ m.
- 3) Jalan lokal primer tidak terputus walaupun memasuki desa.

Jalan Lokal Sekunder adalah ruas jalan yang menghubungkan kawasan sekunder kesatu dengan perumahan, atau kawasan sekunder kedua dengan perumahan, atau kawasan sekunder ketiga dan seterusnya dengan perumahan. Jika ditinjau dari peranan jalan maka persyaratan yang harus dipenuhi oleh Jalan Lokal Sekunder adalah:

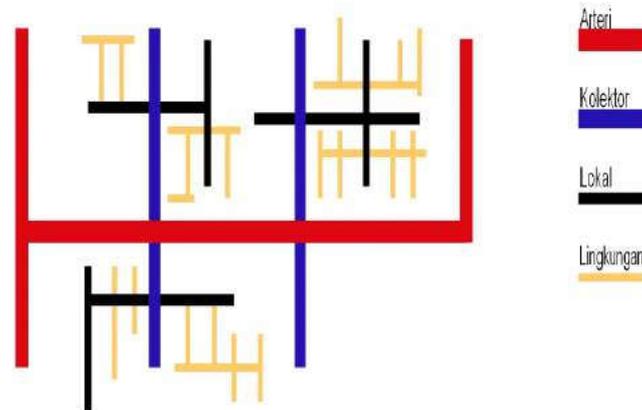
- 1) Kecepatan rencana > 10 km/jam.
- 2) Lebar jalan $> 5,0$ m.

D. Jalan Lingkungan

Sesuai undang-undang Nomor 38 Tahun 2004, jalan lingkungan adalah jalan umum untuk kendaraan angkutan lingkungan. Ciri-cirinya terdiri dari jarak perjalanan dekat dengan kecepatan yang rendah. Jalan lingkungan terbagi dalam dua klasifikasi, yaitu jalan lingkungan primer dan jalan lingkungan sekunder.

Jalan Lingkungan Primer adalah ruas jalan yang menghubungkan aktivitas kawasan pedesaan dengan lingkungan sekitarnya. Kecepatan kendaraan paling rendah 15 kilometer per jam dengan ukuran lebar badan jalan 6,5 meter, serta bisa dilalui motor roda tiga.

Jalan Lingkungan Sekunder adalah ruas jalan yang menghubungkan kegiatan kawasan pedesaan dengan perkotaan. Kecepatan paling rendah 10 kilometer per jam dengan ukuran lebar badan jalan 6,5 meter, serta bisa dilalui motor roda tiga. Untuk ukuran lebar jalan bagi kendaraan tidak bermotor dan non roda tiga adalah 3,5 meter.



Gambar 2.2 Klasifikasi Menurut Fungsi Jalan

2.2.2. Klasifikasi Menurut Kelas Jalan

Kelas jalan diatur dalam Undang-Undang Nomor 22 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan. Jalan dikelompokkan dalam beberapa kelas berdasarkan:

- a. Fungsi dan intensitas lalu lintas guna kepentingan pengaturan penggunaan jalan dan kelancaran lalu lintas dan angkutan jalan.
- b. Daya dukung untuk menerima muatan sumbu terberat dan dimensi kendaraan bermotor.

Pengelompokan jalan menurut kelas jalan terdiri dari:

a. Jalan Kelas I

Jalan kelas I yaitu jalan arteri dan kolektor yang dapat dilalui kendaraan bermotor dengan ukuran lebar tidak melebihi 2.500 milimeter, ukuran panjang tidak melebihi 18.000 milimeter, ukuran paling tinggi 4.200 milimeter, dan muatan sumbu terberat 10 ton.

b. Jalan Kelas II

Jalan kelas II yaitu jalan arteri, kolektor, lokal, dan lingkungan yang dapat dilalui kendaraan bermotor dengan ukuran lebar tidak melebihi 2.500 milimeter, ukuran panjang tidak melebihi 12.000 milimeter, ukuran paling tinggi 4.200 milimeter, dan muatan sumbu terberat 8 ton.

c. Jalan Kelas III

Jalan kelas III yaitu jalan arteri, kolektor, lokal, dan lingkungan yang dapat dilalui kendaraan bermotor dengan ukuran lebar tidak melebihi 2.100 milimeter, ukuran panjang tidak melebihi 9.000 milimeter, ukuran paling tinggi 3.500 milimeter, dan muatan sumbu terberat 8 ton.

d. Jalan Kelas Khusus

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

Tabel 2.1 Klasifikasi Kelas Jalan

| Kelas Jalan | Fungsi Jalan | Ukuran Kendaraan Bermotor | MST |
|--------------|-------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|----------|
| Kelas I | Jalan Arteri Jalan Kolektor | Lebar \leq 2.500 mm Panjang \leq 18.000 mm Tinggi \leq 4.200 mm | 10 Ton |
| Kelas II | Jalan Arteri Jalan Kolektor Jalan Lokal Jalan Lingkungan | Lebar \leq 2.500 mm Panjang \leq 12.000 mm Tinggi \leq 4.200 mm | 8 Ton |
| Kelas III | Jalan Arteri Jalan Kolektor Jalan Lokal Jalan Lingkungan | Lebar \leq 2.100 mm Panjang \leq 9.000 mm Tinggi \leq 3.500 mm | 8 Ton |
| Kelas Khusus | Jalan Arteri | Lebar \leq 2.500 mm Panjang \leq 18.000 mm Tinggi \leq 4.200 mm | > 10 Ton |

(Sumber: UU No. 22 tahun 2009)

2.2.3. Klasifikasi Menurut Pengelolaan Jalan

Sesuai dengan Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 2004 tentang jalan dan Peraturan Pemerintah Nomor 34 Tahun 2006 tentang jalan, maka sesuai dengan kewenangan/status, maka jalan umum dikelompokkan sebagai berikut:

a. Jalan Nasional

Jalan nasional merupakan jalan arteri dan jalan kolektor dalam sistem jaringan jalan primer yang menghubungkan antar ibukota provinsi, dan jalan strategis nasional, serta jalan tol.

Sesuai dengan kewenangannya, maka ruas-ruas jalan nasional ditetapkan oleh Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat dalam bentuk Surat Keputusan (SK) Menteri PUPR.

b. Jalan Provinsi

Jalan provinsi merupakan jalan kolektor dalam sistem jaringan jalan primer yang menghubungkan ibukota provinsi dengan ibukota kabupaten/ kota, atau antar ibukota kabupaten/kota, dan jalan strategis provinsi.

Ruas-ruas jalan provinsi ditetapkan oleh Gubernur dengan Surat Keputusan (SK) Gubernur.

c. Jalan Kabupaten

Jalan kabupaten merupakan jalan lokal dalam sistem jaringan jalan primer yang menghubungkan ibukota kabupaten dengan ibukota kecamatan, antar ibukota kecamatan, ibukota kabupaten dengan pusat kegiatan lokal, antarpusat kegiatan lokal, serta jalan umum dalam sistem jaringan jalan sekunder dalam wilayah kabupaten, dan jalan strategis kabupaten.

Ruas-ruas jalan kabupaten ditetapkan oleh Bupati dengan Surat Keputusan (SK) Bupati.

d. Jalan Kota

Jalan kota merupakan jalan umum dalam sistem jaringan jalan sekunder yang menghubungkan antarpusat pelayanan dalam kota, menghubungkan pusat pelayanan dengan persil, menghubungkan antarpersil, serta menghubungkan antarpusat permukiman yang berada di dalam kota.

Ruas-ruas jalan kota ditetapkan oleh Walikota dengan Surat Keputusan (SK) Walikota.

e. Jalan Desa

Jalan desa merupakan jalan umum yang menghubungkan kawasan dan/atau antar permukiman di dalam desa, serta jalan lingkungan.

2.3. Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan adalah suatu lapisan yang berada di atas tanah dasar yang sudah dipadatkan, dimana fungsi dari lapisan ini adalah memikul beban lalu lintas dan menyebarkannya ke tanah dasar agar beban yang diterima tanah dasar tidak melebihi daya dukung tanah yang diijinkan (Sukirman, 1992).

Perkerasan jalan merupakan lapisan perkerasan yang terletak di antara lapisan tanah dasar dan roda kendaraan yang berfungsi memberikan pelayanan kepada sarana transportasi dan selama masa pelayanannya diharapkan tidak mengalami kerusakan yang berarti.

2.4. Konstruksi Perkerasan Jalan

Konstruksi perkerasan jalan raya adalah suatu lapisan yang diletakkan diatas tanah dasar (subgrade) yang berfungsi, mendukung beban lalu lintas tanpa menimbulkan kerusakan yang berarti pada konstruksi jalan itu sendiri. Beban tersebut diteruskan ke tanah dasar, sehingga tanah mendapat tekanan tidak melampaui daya dukung tanahnya.

Konstruksi perkerasan jalan umumnya terdiri dari lapisan-lapisan yang terletak diatas tanah dasar yang telah dipadatkan. Lapisan-lapisan tersebut berfungsi untuk menerima beban lalu lintas dan menyebarkannya ke lapisan dibawahnya.

Komponen perkerasan jalan terdiri dari:

1. Lapisan Tanah Dasar (*Subgrade*)

Lapisan tanah dasar adalah lapisan tanah yang berfungsi sebagai tempat perletakan lapis perkerasan dan mendukung konstruksi perkerasan jalan diatasnya. Menurut spesifikasi, tanah dasar adalah lapisan paling atas dari timbunan badan jalan setebal 30 cm, yang mempunyai persyaratan tertentu sesuai fungsinya, yaitu yang berkenaan dengan kepadatan dan daya dukungnya (CBR).

2. Lapisan Pondasi Bawah (*Subbase Course*)

Lapis pondasi bawah adalah lapisan perkerasan yang terletak di atas lapisan tanah dasar dan di bawah lapis pondasi atas.

Lapis pondasi bawah ini berfungsi sebagai:

- a. Bagian dari konstruksi perkerasan untuk menyebarkan beban roda ke tanah dasar.
- b. Lapis peresapan, agar air tanah tidak berkumpul di pondasi.
- c. Lapisan untuk mencegah partikel-partikel halus dari tanah dasar naik ke lapis pondasi atas.

3. Lapisan Pondasi Atas (*Base Course*)

Lapisan pondasi atas adalah lapisan perkerasan yang terletak di antara lapis pondasi bawah dan lapis permukaan.

Lapisan pondasi atas ini berfungsi sebagai:

- a. Perkerasan yang menahan gaya lintang dari beban roda dan menyebarkan beban ke lapisan di bawahnya.
- b. Bantalan terhadap lapisan permukaan.

4. Lapisan Permukaan (*Surface Course*)

Lapisan permukaan adalah lapisan yang bersentuhan langsung dengan beban roda kendaraan.

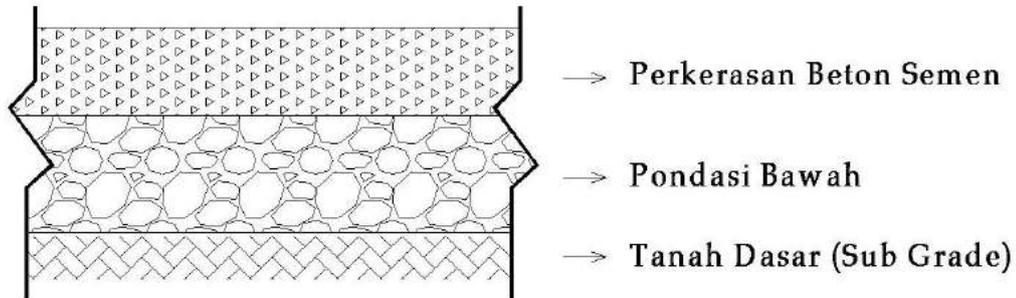
Lapisan permukaan ini berfungsi sebagai:

- a. Lapisan yang langsung menahan akibat beban roda kendaraan.
- b. Lapisan yang langsung menahan gesekan akibat rem kendaraan (lapis aus).
- c. Lapisan yang mencegah air hujan yang jatuh di atasnya tidak meresap ke lapisan bawahnya dan melemahkan lapisan tersebut.
- d. Lapisan yang menyebarkan beban ke lapisan bawah, sehingga dapat dipikul oleh lapisan di bawahnya.

2.4.1. Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

Perkerasan kaku (*rigid pavement*) adalah perkerasan tegar/kaku/*rigid* dengan bahan perkerasan yang terdiri atas bahan ikat (semen *portland*) dengan

batuan. Bahan ikat semen portland digunakan untuk lapis permukaan yang terdiri atas campuran batu dan semen (beton) yang disebut *slab* beton.



Gambar 2.3 Lapis *Rigid Pavement*

Karena beton akan segera mengeras setelah dicor, dan pembuatan beton tidak dapat menerus, maka pada perkerasan ini terdapat sambungan-sambungan beton atau *joint*. Pada perkerasan ini juga *slab* beton akan ikut memikul beban roda, sehingga kualitas beton sangat menentukan kualitas pada *rigid pavement*. (Suryadharma dan Susanto, 1999)

Keuntungan dan kerugian perkerasan kaku dapat dilihat pada Tabel 2.2 berikut:

Tabel 2.2 Keuntungan dan Kerugian Perkerasan Kaku

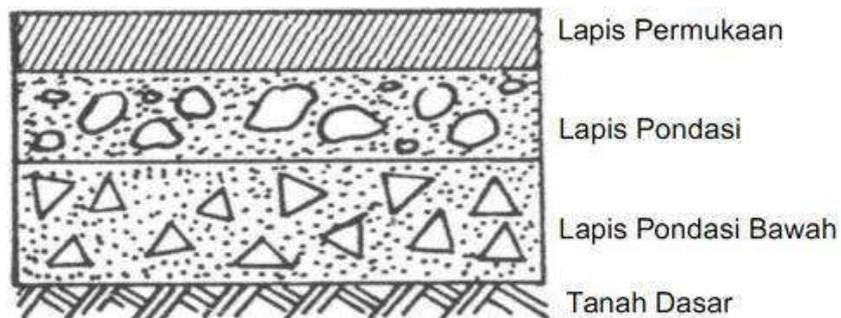
| No | Keuntungan | Kerugian |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. | Job mix lebih mudah dikendalikan kualitasnya. Modulus Elastisitas antara lapis permukaan dan pondasi sangat berbeda. | Kebanyakan digunakan hanya pada jalan kelas tinggi, serta pada perkerasan lapangan terbang. |
| 2. | Dapat lebih bertahan terhadap kondisi drainase yang lebih buruk. | Jika terjadi kerusakan maka kerusakan tersebut cepat dan dalam waktu singkat. |
| 3. | Umur rencana dapat mencapai 20 tahun. | Pada umumnya biaya awal konstruksi tinggi. Tetapi biaya awal hampir sama untuk jenis konstruksi jalan berkualitas tinggi dan tidak tertutup kemungkinan bisa lebih rendah. |
| 4. | Indeks pelayanan tetap baik hampir selama umur rencana, terutama jika <i>transverse joint</i> dikerjakan dan dipelihara dengan baik. | Agak sulit untuk menetapkan saat yang tepat untuk melakukan pelapisan ulang. |

| No | Keuntungan | Kerugian |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| 5. | Biaya pemeliharaan relatif tidak ada. | Tebal konstruksi perkerasan kaku adalah tebal pelat beton tidak termasuk pondasi. |
| 6. | Kekuatan konstruksi perkerasan kaku lebih ditentukan oleh kekuatan pelat beton sendiri (tanah dasar tidak begitu menentukan). | Bila dibebani praktis tidak melentur (kecil). |

(Sumber: Sri Wiyanti, 2011)

2.4.2. Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

Perkerasan lentur (*flexible pavement*) adalah perkerasan fleksibel dengan bahan terdiri dari bahan ikat (berupa aspal, tanah liat) dan batu. Perkerasan ini umumnya terdiri atas 3 lapis atau lebih. Urut-urutan lapisan adalah lapis permukaan, lapis pondasi atas, lapis pondasi bawah dan *sub grade*.



Gambar 2.4 Lapis *Flexible Pavement*

Apabila beban roda yang terjadi pada permukaan jalan berupa ton, maka beban ini diteruskan ke lapisan bawahnya dengan sistem penyebaran tekanan, sehingga semakin ke bawah/dalam tekanan yang dirasakan akan semakin kecil. (Suryadharma dan Susanto, 1999)

Keuntungan dan kerugian perkerasan lentur dapat dilihat pada Tabel 2.3 berikut:

Tabel 2.3 Keuntungan dan Kerugian Perkerasan Lentur

| No | Keuntungan | Kerugian |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| 1. | Dapat digunakan untuk semua tingkat volume lalu lintas. | Kendali kualitas untuk job mix lebih rumit. |
| 2. | Kerusakan tidak merambat ke bagian konstruksi yang lain, kecuali jika perkerasan terendam air. | Sulit bertahan terhadap kondisi drainase yang buruk. |

| No | Keuntungan | Kerugian |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3. | Pada umumnya biaya awal konstruksi rendah, terutama untuk jalan lokal dengan volume lalu lintas rendah. | Umur rencana relative pendek 5 – 10 tahun. |
| 4. | Pelapisan ulang dapat dilaksanakan pada semua tingkat ketebalan perkerasan yang diperlukan, dan lebih mudah menentukan perkiraan pelapisan ulang. | Indeks pelayanan yang terbaik hanya pada saat selesai pelaksanaan konstruksi, setelah itu berkurang seiring dengan waktu dan frekuensi beban lalu lintasnya. |
| 5. | Tebal konstruksi perkerasan lentur adalah tebal seluruh lapisan yang ada diatas tanah dasar. | Biaya pemeliharaan yang dikeluarkan, mencapai lebih kurang dua kali lebih besar dari pada perkerasan kaku. |
| 6. | Bila dibebani melentur. Beban hilang, lenturan kembali. | Kekuatan konstruksi perkerasan lentur ditentukan oleh tebal setiap lapisan dan daya dukung tanah dasar. |

(Sumber: Sri Wiyanti, 2011)

Perbedaan utama antara perkerasan kaku dan perkerasan lentur bisa dilihat pada Tabel 2.4 dibawah ini:

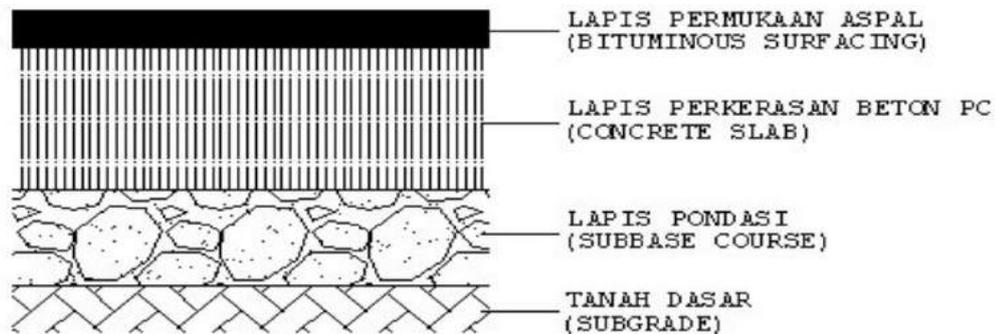
Tabel 2.4 Perbedaan Antara Perkerasan Lentur dan Perkerasan Kaku

| No. | | Perkerasan Lentur | Perkerasan Kaku |
|-----|-----------------------|-------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| 1. | Bahan pengikat | Aspal | Semen |
| 2. | Repetisi beban | Timbul <i>rutting</i> (lendutan pada jalur roda). | Timbul retak-retak pada permukaan. |
| 3. | Penurunan tanah dasar | Jalan bergelombang (mengikuti tanah dasar). | Bersifat sebagai balok di atas peletakan. |
| 4. | Perubahan temperatur | Modulus kekakuan berubah, timbul tegangan dalam yang kecil. | Modulus kekakuan tidak berubah timbul tegangan dalam yang besar. |

(Sumber: Sukirman, S. 1992. *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Bandung: Nova)

2.4.3. Perkerasan Komposit (*Composite Pavement*)

Perkerasan komposit (*composite pavement*) ini merupakan gabungan antara perkerasan kaku (*rigid pavement*) dan perkerasan lentur (*flexible pavement*). (Suryadharma dan Susanto, 1999)



Gambar 2.5 Lapis *Composite Pavement*

2.5. Metode Manual Desain Perkerasan Jalan Bina Marga 2017

Manual Desain Perkerasan Jalan No. 02/M/BM/2017 merupakan metode desain yang digunakan pada manual desain perkerasan adalah metode mekanistik empiris yang dewasa ini telah digunakan secara meluas di berbagai negara yang telah berkembang. Dengan metode ini analisis struktur perkerasan dilakukan menggunakan prinsip-prinsip mekanik yang keluarannya digunakan untuk memprediksi kinerja struktur berdasarkan pengalaman empiris. Untuk mendapatkan hasil yang optimal metode mekanistik empiris memerlukan input parameter material dan beban lalu lintas yang terperinci dan akurat yang memerlukan pengujian ekstensif baik di lapangan maupun di laboratorium.

Dalam Manual Desain Perkerasan Jalan No. 02/M/BM/2017 dideskripsikan desain struktur perkerasan dalam bentuk katalog memungkinkan pendesain lebih fokus pada upaya mendapatkan input tersebut. Namun demikian, tidak berarti bahwa pendesain tidak perlu memahami proses analisis mekanistik. Manual ini melengkapi pedoman desain perkerasan PtT-01-2002-B dan Pd T-14-2003, dengan penajaman pada aspek-aspek berikut:

- a. Penentuan umur rencana.
- b. *Discounted lifecycle cost* yang terendah.
- c. Pelaksanaan konstruksi yang praktis.
- d. Efisiensi penggunaan material.

Menurut Manual Desain Perkerasan Jalan No. 02/M/BM/2017, tipikal struktur perkerasan yang digunakan dalam mendesain struktur perkerasan baru adalah sebagai berikut:

1. Perkerasan pada permukaan tanah asli.
2. Perkerasan pada timbunan.
3. Perkerasan pada galian.

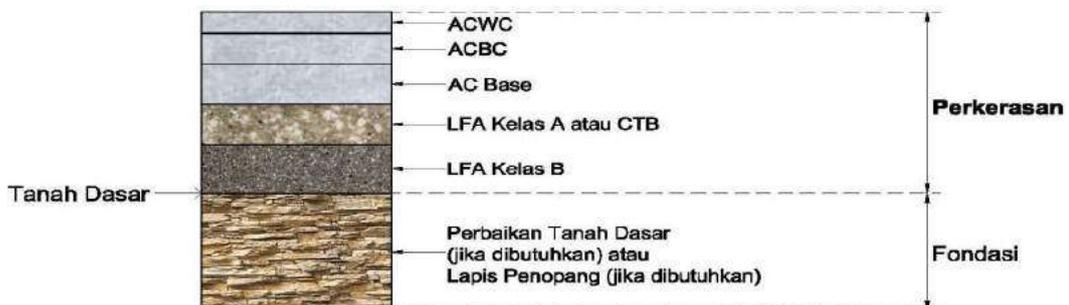
Tipikal struktur perkerasan lentur dan perkerasan kaku dapat dilihat pada Gambar berikut ini:



Gambar 2.6 Perkerasan Lentur pada Permukaan Tanah Asli
(Sumber: MDP No. 02/M/BM/2017)



Gambar 2.7 Perkerasan Lentur pada Timbunan
(Sumber: MDP No. 02/M/BM/2017)



Gambar 2.8 Perkerasan Lentur pada Galian
(Sumber: MDP No. 02/M/BM/2017)



Gambar 2.9 Perkerasan Kaku pada Permukaan Tanah Asli
(Sumber: MDP No. 02/M/BM/2017)



Gambar 2.10 Perkerasan Kaku pada Timbunan
(Sumber: MDP No. 02/M/BM/2017)



Gambar 2.11 Perkerasan Kaku pada Galian
(Sumber: MDP No. 02/M/BM/2017)

2.5.1. Umur Rencana (UR)

Menurut Sukirman (1999) umur rencana perkerasan jalan adalah jumlah tahun dari saat jalan tersebut dibuka untuk lalu lintas kendaraan sampai diperlukan suatu perbaikan yang bersifat struktural.

Tabel 2.5 Umur Rencana Perkerasan Jalan Baru (UR)

| Jenis Perkerasan | Elemen Perkerasan | Umur Rencana (tahun) |
|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| Perkerasan lentur | Lapisan aspal dan lapisan berbutir. | 20 |
| | Fondasi Jalan | 40 |
| | Semua perkerasan untuk daerah yang tidak dimungkinkan pelapisan ulang (<i>overlay</i>), seperti: jalan perkotaan, <i>underpass</i> , jembatan, terowongan. | |
| | <i>Cement Treated Based (CTB)</i> | |
| Perkerasan kaku | Lapis fondasi atas, lapis fondasi bawah, lapis beton semen, dan fondasi jalan. | |
| Jalan tanpa penutup | Semua elemen (termasuk fondasi jalan) | Minimum 10 |

(Sumber: MDP No. 02/M/BM/2017)

2.5.2. Pemilihan Struktur Perkerasan

Pemilihan struktur perkerasan ditentukan oleh volume lalu lintas, umur rencana dan kondisi pondasi jalan. Dalam pemilihan ini pula perencana harus mempertimbangkan biaya terendah selama umur rencana, keterbatasan dan kepraktisan pelaksanaan (Gery, 2020). Adapun pemilihan struktur perkerasan alternatif desain dalam metode ini akan ditunjukkan pada Tabel 2.6.

Tabel 2.6 Pemilihan Jenis Perkerasan

| Struktur Perkerasan | Bagan desain | ESA (juta) dalam 20 tahun (pangkat 4 kecuali ditentukan lain) | | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------|--------------|------------------------------------------------------------------|---------|---------|----------|-----------|
| | | 0 – 0,5 | 0,1 – 4 | >4 - 10 | >10 – 30 | >30 - 200 |
| Perkerasan kaku dengan lalu lintas berat (di atas tanah dengan CBR \geq 2,5%) | 4 | - | - | 2 | 2 | 2 |
| Perkerasan kaku dengan lalu lintas rendah (daerah pedesaan dan perkotaan) | 4A | - | 1,2 | - | - | - |
| AC WC modifikasi atau SMA modifikasi dengan CTB (ESA pangkat 5) | 3 | - | - | - | 2 | 2 |
| AC dengan CTB (ESA pangkat 5) | 3 | - | - | - | 2 | 2 |
| AC tebal \geq 100 mm dengan lapis fondasi berbutir (ESA pangkat 5) | 3B | - | - | 1,2 | 2 | 2 |
| AC atau HRS tipis diatas lapis fondasi berbutir | 3A | - | 1,2 | - | - | - |
| Burda atau Burtu dengan LPA Kelas A atau batuan asli | 5 | 3 | 3 | - | - | - |
| Lapis Fondasi Soil Cement | 6 | 1 | 1 | - | - | - |
| Perkerasan tanpa penutup (Japat, jalan kerikil) | 7 | 1 | - | - | - | - |

(Sumber: MDP No. 02/M/BM/2017)

Catatan:

Tingkat kesulitan:

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

2.5.3. Analisis Volume Lalu Lintas

Volume lalu lintas adalah banyaknya kendaraan yang melewati suatu titik atau garis tertentu pada suatu penampang melintang jalan. Data pencacahan volume lalu lintas adalah informasi yang diperlukan untuk fase perencanaan, desain, manajemen sampai pengoperasian jalan (Sukirman 1994).

Volume lalu lintas untuk penentuan LHR (lalu lintas harian rata-rata) didasarkan pada survei yang diperoleh dari:

1. Survei lalu lintas dengan durasi minimal 7 x 24 jam yang mengacu pada Pedoman Survei Pencacahan Lalu Lintas (Pd T-19-2004-B) atau menggunakan peralatan dengan pendekatan yang sama.
2. Hasil-hasil survei lalu lintas sebelumnya. Penentuan volume lalu lintas dilakukan pada jam sibuk dan lalu lintas harian rata-rata (LHR) mengacu pada Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI).

2.5.4. Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas

Faktor pertumbuhan lalu lintas berdasarkan data-data pertumbuhan series (*historical growth*) data atau formulasi korelasi dengan faktor pertumbuhan yang berlaku (MDP No. 02/M/BM/2017). Jika data tersebut tidak tersedia maka Tabel 2.7 dapat digunakan sebagai nilai minimum.

Tabel 2.7 Faktor Laju Pertumbuhan Lalu Lintas (*i*) (%)

| | Jawa | Sumatera | Kalimantan | Rata-rata 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: MDP No. 02/M/BM/2017)

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

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

Dengan:

R = Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif

i = Laju pertumbuhan lalu lintas tahunan (%)

UR = Umur rencana (tahun)

2.5.5. Lalu Lintas Pada Lajur Rencana

Lajur rencana adalah salah satu lajur lalu lintas dari suatu ruas jalan yang akan menanggung lalu lintas kendaraan niaga (truk dan bus) paling besar. Lalu lintas pada lajur rencana memperhitungkan dua faktor, yaitu (Gery, 2020):

1. Faktor Distribusi Arah (DD), untuk jalan dua arah faktor distribusi arah umumnya diambil nilai 0,50.
2. Faktor Distribusi Lajur (DL), faktor distribusi lajur digunakan untuk menyesuaikan beban kumulatif (ESA) pada jalan dengan dua lajur atau lebih dalam satu arah. Nilai faktor distribusi jalan dijelaskan pada Tabel 2.8.

Tabel 2.8 Faktor Distribusi Lajur (DL)

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

(Sumber: MDP No. 02/M/BM/2017)

2.5.6. Faktor Ekuivalen Beban/*Vehicle Damage Factor* (VDF)

Faktor ekuivalen beban atau *vehicle damage factor* adalah suatu faktor yang menyatakan perbandingan tingkat kerusakan perkerasan yang diakibatkan satu lintasan kendaraan tertentu. Dalam desain perkerasan, faktor ekuivalen beban berguna sebagai faktor konversi dari beban lalu lintas ke beban standar (ESA).

Desain yang akurat memerlukan perhitungan beban lalu lintas yang akurat pula. Studi atau survei beban gandar yang dirancang dan dilaksanakan dengan baik merupakan dasar perhitungan ESA yang andal. Oleh sebab itu, survei beban gandar harus dilakukan apabila dimungkinkan (MDP No. 02/M/BM/2017). Ketentuan pengumpulan data beban gandar ditunjukkan pada Tabel 2.9.

Tabel 2.9 Pengumpulan Data Beban Gandar

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

(Sumber: MDP No. 02/M/BM/2017)

Untuk mendapatkan data beban gandar dapat diperoleh dari:

1. Jembatan timbang, timbangan statis atau WIM (survei langsung).
2. Survei beban gandar pada jembatan timbang dan WIM yang pernah dilakukan dan dianggap cukup representatif.
3. Data WIM regional yang dilakukan oleh Direktorat Jenderal Manual Desain Perkerasan Jalan.

Apabila survei beban gandar tidak dapat dilakukan oleh perencana dan data survei beban gandar sebelumnya tidak tersedia, maka nilai VDF pada Tabel 2.10 dan Tabel 2.11 dapat digunakan untuk menghitung ESA.

Tabel 2.10 Nilai VDF Masing-masing Jenis Kendaraan Niaga

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

(Sumber: MDP No. 02/M/BM/2017)

Tabel 2.11 Nilai VDF Masing – masing Jenis Kendaraan Niaga Berdasarkan Jenis Kendaraan dan Muatan

| Jenis Kendaraan | | Uraian | Konfigurasi sumbu | Muatan ² yang diangkut | Kelompok sumbu | Distribusi tipikal (%) | | Faktor Ekuivalen Beban (VDF) | |
|------------------|------------|------------------------------------------|-------------------|-----------------------------------|----------------|--------------------------|-----------------------------------------------|------------------------------|----------------|
| Klasifikasi Lama | Alternatif | | | | | Semua kendaraan bermotor | Semua kendaraan bermotor kecuali sepeda motor | VDF4 Pangkat 4 | VDF5 Pangkat 5 |
| 1 | 1 | Sepeda motor | 1.1 | Muatan ² yang diangkut | 2 | 30,4 | | | |
| 2, 3, 4 | 2, 3, 4 | Sedan / Angkot / Pickup / Station wagon | 1.1 | | 2 | 51,7 | 74,3 | | |
| 5a | 5a | Bus kecil | 1.2 | | 2 | 3,5 | 5,00 | 0,3 | 0,2 |
| 5b | 5b | Bus besar | 1.2 | | 2 | 0,1 | 0,20 | 1,0 | 1,0 |
| 6a.1 | 6.1 | Truk 2 sumbu – cargo ringan | 1.1 | | 2 | 4,6 | 6,60 | 0,3 | 0,2 |
| 6a.2 | 6.2 | Truk 2 sumbu – ringan | 1.2 | | 2 | | | 0,8 | 0,8 |
| 6b1.1 | 7.1 | Truk 2 sumbu – cargo sedang | 1.2 | | 2 | | | 0,7 | 0,7 |
| 6b1.2 | 7.2 | Truk 2 sumbu – sedang | 1.2 | | 2 | | | 1,6 | 1,7 |
| 6b2.1 | 8.1 | Truk 2 sumbu – berat | 1.2 | | 2 | | | 0,9 | 0,8 |
| 6b2.2 | 8.2 | Truk 2 sumbu – berat | 1.2 | | 2 | 3,8 | 5,50 | 7,3 | 11,2 |
| 7a1 | 9.1 | Truk 3 sumbu – ringan | 1.22 | | 3 | 3,9 | 5,60 | 7,6 | 11,2 |
| 7a2 | 9.2 | Truk 3 sumbu – sedang | 1.22 | | 3 | | | 28,1 | 64,4 |
| 7a3 | 9.3 | Truk 3 sumbu – berat | 1.1.2 | | 3 | 0,1 | 0,10 | 28,9 | 62,2 |
| 7b | 10 | Truk 2 sumbu dan trailer penarik 2 sumbu | 1.2-2.2 | | 4 | 0,5 | 0,70 | 36,9 | 90,4 |
| 7c1 | 11 | Truk 4 sumbu - trailer | 1.2-22 | 4 | 0,3 | 0,50 | 13,6 | 24,0 | |
| 7c2.1 | 12 | Truk 5 sumbu - trailer | 1.2-22 | 5 | | | 19,0 | 33,2 | |
| 7c2.2 | 13 | Truk 5 sumbu - trailer | 1.2-222 | 5 | 0,7 | 1,00 | 30,3 | 69,7 | |
| 7c3 | 14 | Truk 6 sumbu - trailer | 1.22-222 | 6 | 0,3 | 0,50 | 41,6 | 93,7 | |

(Sumber: MDP No. 02/M/BM/2017)

2.5.7. Beban Sumbu Standar Kumulatif

Beban sumbu standar kumulatif atau *Cumulative Equivalent Single Axle Load* (CESAL) merupakan jumlah kumulatif beban sumbu lalu lintas desain pada lajur desain selama umur rencana, yang ditentukan sebagai berikut (Gery, 2020):
Menggunakan VDF masing-masing kendaraan niaga

$$ESA_{TH-1} = (\sum LHR_{JK} \times VDF_{JK}) \times 365 \times DD \times DL \times R \dots\dots (2.2)$$

Dengan:

ESA_{TH-1} = Kumulatif lintasan sumbu standar ekuivalen (*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 2.10 dan Tabel 2.11

DD = Faktor distribusi arah

DL = Faktor distribusi lajur (Tabel 2.8)

CESAL = Kumulatif beban sumbu standar ekivalen selama umur rencana

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

Perhitungan:

$$ESA4 = LHRT \times VDF_4 \times DL$$

$$ESA5 = (TM) \times ESA4$$

2.5.8. Perkiraan Lalu Lintas Untuk Jalan Lalu Lintas Rendah

Pada daerah dengan lalu lintas rendah, jika data lalu lintas tidak tersedia atau diperkirakan terlalu rendah maka Tabel 2.12 dapat digunakan.

Tabel 2.12 Perkiraan Lalu Lintas Untuk Jalan Lalu Lintas Rendah

| Deskripsi Jalan | LHR dua arah (kend/hari) | Kendaraan berat (% dari lalu lintas) | Umur Rencana (th) | Pertumbuhan Lalu Lintas (%) | Faktor Pengali Pertumbuhan kumulatif lalu lintas | Kelompok Sumbu/ Kendaraan Berat | Kumulatif HVAG (kelompok sumbu) | Faktor ESA/HVAG | Beban Lalu lintas desain (aktual) (ESA4) |
|--------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------------------|-------------------|-----------------------------|--------------------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|-----------------|------------------------------------------|
| Jalan desa minor dengan akses kendaraan berat terbatas | 30 | 3 | 20 | 1 | 22 | 2 | 14.454* | 3,16 | $4,5 \times 10^4$ |
| Jalan kecil dua arah | 90 | 3 | 20 | 1 | 22 | 2 | 21.681 | 3,16 | 7×10^4 |
| Jalan lokal | 500 | 6 | 20 | 1 | 22 | 2,1 | 252.945 | 3,16 | 8×10^5 |
| Akses lokal daerah industri atau quarry | 500 | 8 | 20 | 3,5 | 28,2 | 2,3 | 473.478 | 3,16 | $1,5 \times 10^6$ |
| Jalan kolektor | 2000 | 7 | 20 | 3,5 | 28,2 | 2,2 | 1.585.122 | 3,16 | 5×10^6 |

(Sumber: MDP No. 02/M/BM/2017)

2.5.9. Desain Fondasi Jalan

Pengukuran daya dukung dengan DCP (*Dynamic Cone Penetration Test*) tidak memberikan hasil dengan tingkat ketelitian yang sama dengan pengujian di laboratorium. Pengujian DCP hanya dilakukan pada kondisi berikut:

- Tanah rawa jenuh air sehingga tidak mungkin dapat dipadatkan sehingga pengujian CBR laboratorium menjadi tidak relevan. Dalam hal ini nilai CBR yang diperoleh dari pengujian DCP memberikan nilai yang lebih dapat diandalkan. Pengujian DCP juga digunakan untuk menentukan kedalaman tanah lunak. Pengujian penetrometer atau piezometer juga dapat digunakan.
- Pada kawasan tanah aluvial kering, khususnya daerah persawahan, kemungkinan terdapat lapisan dengan kepadatan rendah

(antara 1200 – 1500 kg/m³) di bawah permukaan tanah yang kering. Pengujian DCP harus dilakukan untuk memastikan kondisi faktual terbasah di lapangan dan harus diperhitungkan dalam desain. Untuk keamanan, dalam proses desain harus diasumsikan bahwa lapisan tersebut jenuh selama musim penghujan.

Nilai modulus tanah dasar yang diperoleh dari DCP harus disesuaikan dengan kondisi musim. Faktor penyesuaian minimum ditunjukkan pada Tabel 2.13.

Tabel 2.13 Faktor Penyesuaian Modulus Tanah Dasar Terhadap Kondisi Musim

| Musim | Faktor penyesuaian minimum nilai CBR berdasarkan pengujian DCP |
|-----------------------------|----------------------------------------------------------------|
| Musim hujan dan tanah jenuh | 0.90 |
| Masa transisi | 0.80 |
| Musim kemarau | 0.70 |

(Sumber: MDP No. 02/M/BM/2017)

Nilai CBR desain = (CBR hasil pengujian DCP) x faktor penyesuaian.

Tabel 2.14 Indikasi Perkiraan Nilai CBR

| Jenis tanah | Posisi muka air tanah (Tabel 6.2) | Di bawah standar minimum (tidak dianjurkan) | Sesuai desain standar | ≥ 1200 mm di bawah tanah dasar |
|-------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|--------------------------------|
| | Implementasi | Semua galian kecuali seperti ditunjukkan untuk kasus-3 dan timbunan tanpa drainase yang baik dan LAP* < 1000 mm di atas muka tanah asli | | |
| | Kasus | | | |
| | PI | 1 | 2 | 3 |
| Lempung | 50 – 70 | 2 | 2 | 2,5 |
| Lempung kelanauan | 40 | 2,5 | 3 | 3,5 |
| | 30 | 3 | 4 | 4 |
| Lempung kepasiran | 20 | 4 | 4 | 5 |
| | 10 | 4 | 4 | 5 |
| Lanau | | 1 | 1 | 2 |

(Sumber: MDP No. 02/M/BM/2017)

2.5.10. Umur Rencana Fondasi Perkerasan

Menurut Kementerian Pekerjaan Umum (2017) Umur rencana fondasi untuk jalan baru dan pelebaran minimum 40 tahun dengan pertimbangan sebagai berikut:

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

2.5.11. Penurunan

Menurut Kementerian Pekerjaan Umum (2017) Batasan penurunan timbunan di atas tanah lunak untuk mencegah timbulnya masalah pada perkerasan diuraikan pada Tabel 2.15. Batasan tersebut tidak boleh dilampaui terutama pada perkerasan kaku.

Tabel 2.15 Batasan Penurunan (*settlement*) pada Timbunan di Atas Tanah Lunak Setelah Pelaksanaan Perkerasan

| Jenis penurunan | Status/ Kelas Jalan | Uraian | Batas izin | Pencegahan tipikal |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Kasus umum; penurunan total. | Semua jalan nasional, provinsi, kab/kota dan lokal. | Penurunan mutlak setelah pelaksanaan perkerasan (sama dengan perbedaan penurunan berdekatan dengan struktur tetap) | Total 100mm | a) Pra-pembebanan sebelum pelaksanaan perkerasan (pada oprit struktur mungkin diperlukan pra pembebanan yang sama dengan konsolidasi primerkecuai jika ada penanganan tambahan) b) Drainase vertikal atau beban tambah (<i>surcharge</i>) untuk mempercepat konsolidasi. c) penggantian tanah atau pemancangan pada bagian oprit struktur |
| Perbedaan penurunan (<i>differential settlement</i>) dan penurunan total jika berdampingan dengan bangunan struktur. | Jalan bebas hambatan atau jalan raya dengan kecepatan rencana 100 – 120 km/jam | Di antara setiap dua titik secara memanjang dan melintang termasuk yang berdampingan dengan struktur tertanam dan atau pada <i>relief slab</i> abutment jembatan | 0,003:1 (perubahan kemiringan 0,3%) | Seperti penanganan penurunan total |
| | Jalan raya atau jalan kecil dengan kecepatan rencana 60 km/jam atau lebih rendah | | 0,006:1 (0,6%) (nilai antara bisa dipakai untuk kecepatan rencana lainnya) | |
| Penurunan Rangkak (<i>Creep Settlement</i>) akibat beban dinamis dan statis | Jalan bebas hambatan atau jalan raya dengan kecepatan rencana 100 – 120 km/jam | Berlaku untuk perkerasan kaku dengan sambungan | Perlu penanganan atau perbaikan apabila terjadi patahan atau perbedaan penurunan > 4 mm pada sambungan | Tinggi timbunan minimum sesuai Gambar 6.3, atau dukungan dari <i>micro pile</i> dan cakar ayam atau tulangan menerus. |
| | Jalan raya atau jalan kecil dengan kecepatan rencana 60 km/jam atau lebih rendah | | Perlu penanganan atau perbaikan apabila terjadi patahan atau perbedaan penurunan > 8 mm pada sambungan | |

(Sumber: MDP No. 02/M/BM/2017)

2.5.12. CBR Desain Tanah Dasar

1. Penentuan Segmen Tanah Dasar Yang Seragam

Menurut Kementerian Pekerjaan Umum (2017) Ruas jalan yang didesain harus dikelompokkan berdasarkan kesamaan segmen yang mewakili kondisi tanah dasar yang dapat dianggap seragam (tanpa perbedaan yang signifikan). Pengelompokan awal dapat dilakukan berdasarkan hasil kajian meja dan penyelidikan lapangan atas dasar kesamaan geologi, pedologi, kondisi drainase dan topografi, serta karakteristik geoteknik (seperti gradasi dan plastisitas).

Secara umum disarankan untuk menghindari pemilihan segmen seragam yang terlalu pendek. Jika nilai CBR yang diperoleh sangat bervariasi, perancang harus membandingkan manfaat dan biaya antara pilihan membuat segmen seragam yang pendek berdasarkan variasi nilai CBR tersebut, atau membuat segmen yang lebih panjang berdasarkan nilai CBR yang lebih konservatif.

Hal penting lainnya yang harus diperhatikan adalah perlunya membedakan daya dukung rendah yang bersifat lokal (setempat) dengan daya dukung tanah dasar yang lebih umum (mewakili suatu lokasi). Tanah dasar lokal dengan daya dukung rendah biasanya dibuang dan diganti dengan material yang lebih baik atau ditangani secara khusus.

Dua metode perhitungan CBR karakteristik diuraikan sebagai berikut:

a. Metode Distribusi Normal Standar

Jika tersedia cukup data yang valid (minimum 10 titik data uji per segmen yang seragam) rumus berikut ini dapat digunakan:

$$\text{CBR karakteristik} = \text{CBR rata-rata} - f \times \text{deviasi standar} \dots\dots (2.3)$$

1. $f = 1,645$ (probabilitas 95%), untuk jalan tol atau jalan bebas hambatan.
2. $f = 1,282$ (probabilitas 90%), untuk jalan kolektor dan arteri.
3. $f = 0,842$ (probabilitas 80%), untuk jalan lokal dan jalan kecil.
4. Koefisien variasi (CV) maksimum dari data CBR untuk suatu segmen tidak lebih besar dari 25%. Koefisien variasi sampai dengan 30% masih boleh digunakan.

Apabila jumlah data per segmen kurang dari 10 maka nilai CBR terkecil dapat mewakili sebagai CBR segmen.

b. Metode Persentil

Metode persentil menggunakan distribusi data nilai CBR pada segmen seragam yang dianggap terdistribusi secara normal. Nilai persentil ke “x” dari suatu kumpulan data membagi kumpulan data tersebut dalam dua bagian, yaitu bagian yang mengandung “x” persen data dan bagian yang mengandung $(100 - x)$ persen data. Nilai CBR yang dipilih adalah adalah nilai persentil ke 10 (10^{th} percentile) yang berarti 10% data

segmen yang bersangkutan lebih kecil atau sama dengan nilai CBR pada persentil tersebut. Atau: 90% dari data CBR pada segmen seragam tersebut lebih besar atau sama dengan nilai CBR pada persentil tersebut. Prosedur perhitungan untuk presentil ke-10 adalah sebagai berikut:

1. Susun data CBR secara berurutan dari nilai terkecil hingga terbesar.
 2. Hitung jumlah total data nilai CBR (n).
 3. Hitung 10% dari (n), nilai yang diperoleh disebut sebagai indeks.
 4. Jika indeks yang diperoleh dari langkah 3 merupakan bilangan pecahan, lakukan pembulatan ke bilangan terdekat dan lanjutkan ke langkah 5 a. Jika indeks yang dihasilkan berupa bilangan bulat, lanjutkan ke langkah 5 b.
 5. a. Dari kumpulan data yang sudah diurutkan (langkah 1), hitung mulai dari data terkecil hingga mencapai data diurutkan yang diperoleh dari langkah 3. Nilai CBR pada urutan tersebut adalah nilai CBR persentil ke-10.
b. Dari kumpulan data yang sudah diurutkan (langkah 1), hitung mulai dari data terkecil hingga mencapai data diurutkan yang diperoleh dari langkah 3. Nilai CBR persentil ke-10 adalah nilai rata-rata dari dua nilai CBR yaitu CBR pada urutan tersebut dan urutan berikutnya.
- c. Metode Bina Marga

Analisa Komponen Perkerasan

Perhitungan perencanaan ini didasarkan pada kekuatan relatif masing-masing lapisan perkerasan jangka panjang, dimana penentuan tebal perkerasan dinyatakan oleh ITP (Indeks Tebal Perkerasan), dengan rumus sebagai berikut:

$$ITP = a_1D_1 + a_2D_2 + a_3D_3$$

Dengan:

a_1, a_2, a_3 = Koefisien kekuatan relatif bahan perkerasan (Tabel 2.16)

D_1, D_2, D_3 = Tebal masing-masing lapis perkerasan (cm)

Angka 1, 2, 3: Masing-masing untuk lapis permukaan lapis pondasi dan lapis pondasi bawah

Tabel 2.16 Koefisien Kekuatan Relatif

| Koefisien Kekuatan Relatif | | | Kekuatan Bahan | | | Jenis Bahan |
|----------------------------|------|------|----------------|------------|---------|--------------------------|
| a1 | a2 | a3 | MS (kg) | Kt (kg/cm) | CBR (%) | |
| 0,40 | - | - | 744 | - | - | Laston |
| 0,35 | - | - | 590 | - | - | |
| 0,35 | - | - | 454 | - | - | |
| 0,30 | - | - | 340 | - | - | |
| 0,35 | - | - | 744 | - | - | |
| 0,31 | - | - | 590 | - | - | Lasbutag |
| 0,28 | - | - | 454 | - | - | |
| 0,26 | - | - | 340 | - | - | |
| 0,30 | - | - | 340 | - | - | HRA |
| 0,26 | - | - | 340 | - | - | Aspal macadam |
| 0,25 | - | - | - | - | - | Lapen (mekanis) |
| 0,20 | - | - | - | - | - | Lapen (manual) |
| - | 0,28 | - | 590 | - | - | Laston Atas |
| - | 0,26 | - | 454 | - | - | |
| - | 0,24 | - | 340 | - | - | |
| - | 0,23 | - | - | - | - | Lapen (mekanis) |
| - | 0,19 | - | - | - | - | Lapen (manual) |
| - | 0,15 | - | - | 22 | - | Stab. Tanah dengan semen |
| - | 0,13 | - | - | 18 | - | |
| - | 0,15 | - | - | 22 | - | Stab. Tanah dengan kapur |
| - | 0,13 | - | - | 18 | - | |
| - | 0,14 | - | - | - | 100 | Batu pecah (kelas A) |
| - | 0,13 | - | - | - | 80 | Batu pecah (kelas B) |
| - | 0,12 | - | - | - | 60 | Batu pecah (kelas C) |
| - | - | 0,13 | - | - | 70 | Sirtu/pitrun (kelas A) |
| - | - | 0,12 | - | - | 50 | Sirtu/pitrun (kelas B) |
| - | - | 0,11 | - | - | 30 | Sirtu/pitrun (kelas C) |
| - | - | 0,10 | - | - | 20 | Tanah/lempung kepasiran |

(Bina Marga, 1987)

2.5.13. Lapis Penopang (*Capping Layers*)

Menurut Kementerian Pekerjaan Umum (2017) Tabel 2.17 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 terletak di bawah permukaan air harus digunakan material batuan atau material berbutir. Dalam hal ini harus berupa 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).
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 menggunakan 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. Pada perkerasan kaku pemadatan maksimum yang mungkin dicapai lapis penopang sangat penting untuk meminimalkan retak akibat perbedaan penurunan lapis penopang setelah pelaksanaan.

c. Geotekstil

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

Tabel 2.17 Desain Fondasi 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 ESA5) | Tebal minimum perbaikan tanah dasar | |
| ≥ 6 | SG6 | Perbaikan tanah dasar dapat berupa stabilisasi semen atau material timbunan pilihan (sesuai persyaratan Spesifikasi Umum, Divisi 3 – Pekerjaan Tanah) (pemadatan lapisan ≤ 200 mm tebal gembur) | Tidak diperlukan perbaikan | | 300 |
| 5 | SG5 | | - | 100 | |
| 4 | SG4 | | 100 | 150 | |
| 3 | SG3 | | 150 | 200 | |
| 2,5 | SG2.5 | | 175 | 250 | |
| Tanah ekspansif (potensi pemuaian > 5%) | | | 400 | 500 | 600 |
| Perkerasan di atas tanah lunak ⁽²⁾ | SG1 ⁽¹⁾ | Lapis penopang ⁽⁴⁾⁽⁵⁾ | 1000 | 1100 | 1200 |
| | | -atau- lapis penopang dan geogrid ⁽⁴⁾ ⁽⁵⁾ | 650 | 750 | 850 |
| Tanah gambut dengan HRS atau DBST untuk perkerasan untuk jalan raya minor (nilai minimum – ketentuan lain berlaku) | | Lapis penopang berbuitir ⁽⁴⁾⁽⁵⁾ | 1000 | 1250 | 1500 |

(Sumber: MDP No. 02/M/BM/2017)

2.5.14. Desain Fondasi Perkerasan Lentur

Menurut Kementerian Pekerjaan Umum (2017) Tanah dasar normal adalah tanah dasar yang secara umum mempunyai nilai CBR *in-situ* lebih besar dari 2,5%, termasuk pada daerah timbunan, galian dan permukaan tanah asli.

Tanah lunak didefinisikan sebagai tanah terkonsolidasi normal atau sedikit *over* konsolidasi (*lightly over consolidated*), biasanya berupa tanah lempung atau lempung kelanauan dengan CBR kurang dari 2,5% dan kekuatan geser (c_u) lebih kecil dari 7,5 kPa, dan umumnya $IP > 25$.

Metode khusus diperlukan untuk mempersiapkan fondasi jalan yang memadai di atas tanah terkonsolidasi normal. Metode pemadatan permukaan biasa dan penggunaan pengujian CBR laboratorium tidak valid karena:

- a. Umumnya dalam keadaan jenuh dan tidak dapat dipadatkan secara biasa.
- b. Dalam keadaan kering, hanya lapis permukaan yang dapat dipadatkan dengan alat pemadat biasa, sedangkan kepadatan dan kekuatan geser lapisan di bawahnya akan tetap rendah pada kondisi jenuh.

Tanah terkonsolidasi normal yang mendapat pembebanan statik dan dinamik akan mengalami pergerakan yang jauh lebih besar (akibat konsolidasi sekunder atau rangkak) dibandingkan tanah dasar normal yang dipadatkan secara mekanik. Lakukan survei DCP atau survei resistivitas elektrik dan karakteristik tanah untuk mengidentifikasi sifat dasar dan kedalaman tanah lunak dan area yang memerlukan perbaikan tambahan.

2.5.15. Desain Perkerasan

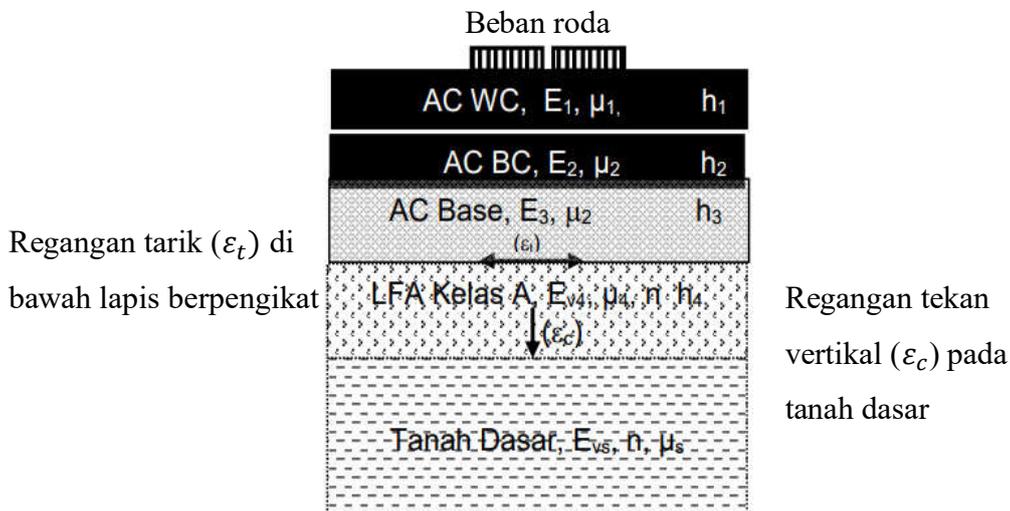
Menurut Kementerian Pekerjaan Umum (2017) Desain tebal perkerasan didasarkan pada nilai ESA pangkat 4 dan pangkat 5 tergantung pada model kerusakan (*deterioration model*) dan pendekatan desain yang digunakan. Gunakan nilai ESA yang sesuai sebagai input dalam proses perencanaan.

- a. Pangkat 4 digunakan pada desain perkerasan lentur berdasarkan Pedoman Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Pt T-01-2002-B atau metode AASHTO 1993 (pendekatan statistik empirik).

- b. Pangkat 4 digunakan untuk bagan desain pelaburan tipis (seperti Burtu atau Burda), perkerasan tanpa penutup (*Unsealed granular pavement*) dan perencanaan tebal *overlay* berdasarkan grafik lendutan untuk kriteria alur (*rutting*).
- c. Pangkat 5 digunakan untuk desain perkerasan lentur (kaitannya dengan faktor kelelahan aspal beton dalam desain dengan pendekatan Mekanistik Empiris) termasuk perencanaan tebal *overlay* berdasarkan grafik lengkung lendutan (*curvature curve*) untuk kriteria retak lelah (*fatigue*).
- d. Desain perkerasan kaku menggunakan jumlah kelompok sumbu kendaraan berat (*Heavy Vehicle Axle Group, HVAG*) dan bukan nilai ESA sebagai satuan beban lalu lintas untuk perkerasan beton.

2.5.16. Prosedur Desain

Menurut Kementerian Pekerjaan Umum (2017) Tipikal sistem perkerasan lentur berdasarkan pendekatan mekanistik ditunjukkan pada Gambar 2.9.



Gambar 2.12 Tipikal Sistem Perkerasan

Parameter elastik material yang digunakan adalah:

Untuk material isotropik:

E_i = modulus elastik lapisan i ;

μ_i = rasio Poisson lapisan i ;

Untuk material anisotropik:

E_{vi} = modulus elastik arah vertikal lapis i ;

E_{hi} = modulus elastik arah horizontal lapis i ;

n = derajat anisotropik (E_v/E_h)

μ_i = rasio Poisson (dalam semua arah);

f_i = modulus geser lapis $i = \frac{E_{vi}}{1 + \mu_i}$

2.5.17. Koreksi Temperatur

Menurut Kementerian Pekerjaan Umum (2017) Temperatur perkerasan beraspal dapat dinyatakan sebagai temperatur rata-rata tertimbang tahunan (*weighted mean asphalt pavement temperature*, WAMPT). Untuk iklim Indonesia, WAMPT berkisar di antara 38°C (daerah pegunungan) hingga 42°C (untuk daerah pesisir). Nilai modulus campuran beraspal yang digunakan pada bagan desain ditetapkan berdasarkan asumsi WAMPT 41°C. Efek perbedaan modulus pada rentang temperatur tersebut di atas terhadap ketebalan rencana lapisan beraspal tidak signifikan. Namun demikian, dalam hal pendesain akan melakukan analisis mekanistik tersendiri, faktor koreksi temperatur di bawah ini dapat digunakan:

Tabel 2.18 Faktor Koreksi Modulus Campuran Beraspal

| Temperatur perkerasan aspal (WAMPT) | Faktor koreksi modulus |
|-------------------------------------|------------------------|
| 42 | 0.923 |
| 41 | 1.000 |
| 40 | 1.083 |
| 39 | 1.174 |
| 38 | 1.271 |

(Sumber: MDP No. 02/M/BM/2017)

2.5.18. Material Berbutir

Menurut Kementerian Pekerjaan Umum (2017) Modulus lapisan berbutir (*unbounded granular material*) tidak hanya tergantung pada nilai modulus intrinsik bahan bersangkutan tetapi juga ditentukan oleh tegangan (*stress*) yang bekerja pada lapisan tersebut dan kekakuan lapis-lapis di bawahnya. Semakin tinggi tegangan

semakin tinggi modulus bahan berbutir. Dengan demikian, semakin tebal dan kaku lapis di atasnya, semakin rendah tegangan yang bekerja pada permukaan lapis berbutir dan semakin rendah modulus. Selanjutnya, semakin dalam, nilai modulus tersebut semakin rendah. Tingkat penurunan nilai modulus lapis berbutir tersebut dipengaruhi pula oleh modulus kekakuan tanah dasar.

Dalam analisis struktur perkerasan, lapisan berbutir dibagi dalam lima sub-lapisan dengan ketebalan yang sama dan nilai modulus yang semakin ke bawah semakin kecil. Tabel 2.19 menunjukkan modulus karakteristik permukaan sub-lapisan teratas yang digunakan untuk pengembangan bagan desain dan analisis mekanistik.

Tabel 2.19 Karakteristik Modulus Lapisan Teratas Bahan Berbutir

| Tebal lapisan aspal di atas lapisan berbutir | Modulus bahan berbutir (MPa) | |
|----------------------------------------------|-------------------------------|------------------------------------------|
| | (Langsung di bawah lapis HRS) | (Langsung di bawah lapis AC: WC/BC/Base) |
| 40 mm | 350 | 350 |
| 75 mm | 350 | 350 |
| 100 mm | 350 | 350 |
| 125 mm | 320 | 300 |
| 150 mm | 280 | 250 |
| 175 mm | 250 | 250 |
| 200 mm | 220 | 210 |
| 225 mm | 180 | 150 |
| ≥ 250 mm | 150 | 150 |

(Sumber: MDP No. 02/M/BM/2017)

2.6. Deformasi Permanen

Walaupun model yang digunakan mengasumsikan bahwa material bersifat elastik, namun pada kenyatannya tidak semua regangan yang akibat beban lalu lintas bersifat elastik murni (*recoverable*). Sebagian dari regangan vertikal tersebut tidak kembali (*plastic strain*). Besaran regangan plastik berbanding langsung dengan regangan elastik. Pada tanah dasar akumulasi dari regangan yang tidak kembali tersebut membentuk deformasi permanen.

Semakin dekat dengan permukaan perkerasan regangan elastik semakin besar. Dengan demikian, pembatasan regangan tekan elastik pada permukaan tanah dasar akan mengendalikan regangan tekan elastik pada lapisan-lapisan di atasnya sehingga total regangan plastik akan juga terkendali.

Model pembatasan regangan pada tanah dasar sebagai pengendali kinerja berdasarkan kriteria deformasi permanen adalah:

$$N = \left[\frac{9300}{\mu\varepsilon} \right]^7$$

Dengan:

N = Jumlah repetisi izin beban

$\mu\varepsilon$ = Regangan tekan pada permukaan tanah dasar (*microstrain*)

Tabel 2.20 Desain Perkerasan Lentur – Aspal Dengan Lapis Fondasi Berbutir (Sebagai Alternatif dari Bagan Desain - 3 dan 3A)

| STRUKTUR PERKERASAN | | | | | | | | |
|------------------------------------------------------------------|------|------------------------|----------|-----------|-----------|-----------|------------|-------------|
| FFF1 | FFF2 | FFF3 | FFF4 | FFF5 | FFF6 | FFF7 | FFF8 | |
| Solusi yang dipilih | | Lihat Catatan 2 | | | | | | |
| Kumulatif beban sumbu 20 tahun pada lajur rencana (10^6 ESA5) | < 2 | ≥ 2 - 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 |
| AC BC | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 |
| AC Base | 0 | 80 | 105 | 145 | 160 | 180 | 210 | 245 |
| LFA Kelas A | 400 | 300 | 300 | 300 | 300 | 300 | 300 | 300 |
| Catatan | 1 | 2 | | | | 3 | | |

(Sumber: MDP No. 02/M/BM/2017)

2.7. Rencana Anggaran Biaya

Rencana anggaran biaya merupakan perhitungan atau estimasi jumlah nominal anggaran biaya yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu pekerjaan proyek. Menurut Firmansyah (2011:25) dalam bukunya Rancang Bangun Aplikasi Rencana Anggaran Biaya Dalam Pembangunan Rumah. Rencana Anggaran Biaya (RAB) merupakan perhitungan banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan dan upah, serta biaya-biaya lain yang berhubungan dengan pelaksanaan proyek pembangunan.

Dalam menentukan anggaran biaya dapat digunakan dua cara, yaitu cara perhitungan anggaran biaya kasar dan cara perhitungan anggaran biaya teliti.

a. Anggaran Biaya Kasar

Perhitungan anggaran biaya kasar berpedoman pada harga satuan permeter persegi (m^2) atau harga satuan permeter kubik (m^3) apabila beserta isi ruang. Namun yang lebih sering digunakan adalah harga satuan permeter persegi (m^2). Anggaran biaya kasar biasanya hanya sebagai pedoman perhitungan secara cepat sehingga bersifat sementara sebelum melakukan perhitungan anggaran biaya secara teliti. Faktor yang memengaruhi perhitungan anggaran biaya kasar antara lain jenis bangunan rencana, jumlah lantai, jenis konstruksi, luasan bangunan, dan lokasi rencana didirikan bangunan. Dalam perhitungan rencana anggaran biaya kasar, tidak dapat diketahui adanya harga per item pekerjaan sehingga pada saat pelaksanaan akan lebih sulit mengontrol pengeluaran biaya.

b. Anggaran Biaya Teliti

Sedangkan perhitungan anggaran biaya teliti adalah perhitungan rencana anggaran biaya yang disusun dengan cermat sesuai urutan pekerjaan per item pekerjaan yang ada. Pada perhitungan anggaran biaya teliti terdapat hanya spesifikasi teknis mutu bahan dan juga syarat-syarat pekerjaan, volume masing-masing item pekerjaan, dan harga satuan pekerjaan yang dihitung berdasarkan perhitungan analisis.

2.7.1 Analisis Harga Satuan Dasar

Suatu pembangunan proyek akan memerlukan susunan anggaran biaya, yang menjadi dasar penyusunannya adalah harga satuan dasar. Menurut Permen PU 28/PRT/M/2016, harga satuan dasar terdiri dari 3 komponen yaitu:

a. Harga Satuan Dasar 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 3 bagian yaitu:

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

b. Harga Satuan Dasar Tenaga Kerja

Faktor yang mempengaruhi harga satuan dasar tenaga kerja antara lain jumlah tenaga kerja dan tingkat keahlian tenaga kerja. Penetapan jumlah dan keahlian tenaga kerja mengikuti produktivitas peralatan utama. Biaya tenaga kerja standar dapat dibayar sistem hari orang standar atau jam orang standar. Besarnya sangat dipengaruhi oleh jenis pekerjaan dan lokasi pekerjaan. Dalam sistem pengupahan pekerjaan dalam 1 hari kerja (8 jam kerja termasuk 1 jam istirahat atau disesuaikan dengan kondisi setempat).

c. Harga Satuan Dasar Alat

Faktor yang mempengaruhi harga satuan dasar alat yaitu jenis peralatan, efisiensi kerja, kondisi cuaca, kondisi medan, dan jenis material yang dikerjakan. Untuk pekerjaan tertentu, kebutuhan alat sudah melekat

dimiliki oleh tenaga kerja karena umumnya pekerjaan dilakukan manual seperti cangkul, sendok tembok, dan lain-lain. Untuk pekerjaan yang memerlukan alat berat penyediaan alat dilakukan sistem sewa.

2.7.2. Tujuan Dan Fungsi Rencana Anggaran Biaya

Perhitungan Rencana Anggaran Biaya ini bertujuan untuk mengetahui jumlah biaya yang dibutuhkan, mengontrol pengeluaran per item pekerjaan, mencegah adanya keterlambatan atau pemberhentian pekerjaan, dan meminimalisir pemborosan biaya yang mungkin terjadi pada saat dilaksanakannya pekerjaan. Selain itu fungsi dari rencana anggaran biaya sebagai pedoman pekerjaan dan sebagai alat bukti pengontrol pelaksanaan pekerjaan.

2.7.3. Harga Satuan Pekerjaan

Menurut Nasrul (2013) harga satuan pekerjaan adalah jumlah harga bahan dan upah tenaga kerja berdasarkan perhitungan analisis. Harga satuan pekerjaan akan berbeda antara daerah satu dengan daerah lain. Hal ini disebabkan karena adanya perbedaan harga pasaran bahan dan harga upah tenaga kerja yang berlaku disetiap daerah. Jadi dalam menghitung RAB, berpedoman pada harga satuan bahan dan tenaga kerja di pasaran dan lokasi pekerjaan yang akan dibangun.

2.8. Dynamic Cone Penetrometer (DCP)

Dynamic Cone Penetrometer (DCP) merupakan salah satu cara pengujian tanpa merusak atau *Non Destructive Testing* (NDT), yang digunakan untuk lapis pondasi batu pecah, pondasi bawah sirtu, stabilitas tanah dengan semen atau kapur dan tanah dasar. Hasil pengujian DCP ini dikorelasikan dengan nilai *California Bearing Ratio* (CBR) untuk keperluan perencanaan pemeliharaan dan peningkatan jalan termasuk perencanaan tebal perkerasan jalan (Syahrudin, 2010).

Menurut Lengkong, dkk (2013), pengujian DCP bertujuan untuk menentukan nilai CBR tanah dasar, timbunan, dan/atau suatu sistem perkerasan. Pengujian ini akan memberikan data kekuatan tanah sampai kedalaman kurang lebih 70 cm di bawah permukaan lapisan tanah yang ada atau permukaan tanah dasar. Pengujian ini dilakukan dengan mencatat data masuknya konus ke dalam tanah untuk setiap pukulan dari palu yang masing-masing memiliki berat dan tinggi jatuh berbeda. Pengujian dilaksanakan dengan mencatat jumlah pukulan (*blow*) dan

penetrasi dari konus (kerucut logam) yang tertanam pada tanah atau lapisan pondasi karena pengaruh penumbuk kemudian dengan menggunakan grafik dan rumus, pembacaan penetrometer diubah menjadi pembacaan yang setara dengan nilai CBR.

Hubungan nilai CBR dan DCP, dari data nilai DCP merupakan jumlah rata-rata dari penetrasi per pukulan (mm/pukulan). Dari nilai DCP yang ada, dapat dicari nilai CBR. Semakin kecil nilai penetrasi DCP (mm/pukulan), maka semakin besar nilai CBR yang terjadi, dan sebaliknya semakin besar nilai penetrasi DCP (mm/pukulan), semakin kecil nilai CBR yang terjadi.

2.9. Muka Air Banjir

Banjir Menurut Suripin (2003) adalah suatu kondisi di mana tidak tertampungnya air dalam saluran pembuang (palung sungai) atau terhambatnya aliran air di dalam saluran pembuang, sehingga meluap menggenangi daerah (dataran banjir) sekitarnya.

2.10. Quarry

Quarry adalah metoda pada tambang terbuka yang diterapkan untuk menambang endapan-endapan bahan galian industri atau mineral industri (*industrial minerals*), misalnya penambangan batu gamping, marmer, granit, andesit, dan sebagainya.

Quarry dapat menghasilkan material atau hasil tambang dalam bentuk pecah-pecah (*loose/broken material*) ataupun dalam bentuk bongkah-bongkah yang teratur (*dimensional stone*).

2.11. Topografi

Topografi secara ilmiah artinya studi tentang bentuk permukaan bumi dan objek lain seperti planet, satelit alami (bulan dan sebagainya), dan asteroid. Menurut Sastra dan Endy (2005), keadaan topografi adalah keadaan yang menggambarkan kemiringan lahan atau kontur lahan, semakin besar kontur lahan berarti lahan tersebut memiliki kemiringan lereng yang semakin besar. Peta topografi mutlak digunakan, khususnya di dalam perencanaan pengembangan wilayah, sehubungan dengan pemilihan lokasi atau di dalam pekerjaan konstruksi.

Pada bidang ketekniksipilan, selain berfungsi untuk mengetahui keadaan tanah pada suatu daerah juga berfungsi untuk melihat elevasi tanah. Elevasi berfungsi untuk menentukan ketinggian suatu dataran dari mulai di atas permukaan laut. Pada proyek, elevasi berfungsi sebagai acuan dalam perencanaan suatu bangunan.

2.12. Geometrik Jalan

Geometrik jalan ialah suatu bangun yang menggambarkan jalan, yang meliputi tentang penampang melintang, penampang memanjang, maupun aspek lain yang berkaitan dengan bentuk fisik dari jalan. Desain geometrik sendiri terdiri dari alinyemen horizontal dan alinyemen vertikal.