

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Perkerasan Jalan Raya

Perkerasan jalan digunakan untuk melayani/ mampu menahan beban lalu lintas yang terdiri dari campuran antara agregat dengan bahan ikat. Agregat yang digunakan adalah batu pecah, batu belah, batu kali atau hasil samping dari pelaburan baja. Bahan ikat yang dapat digunakan antarlain adalah aspal, semen ataupun tanah liat.

Menurut Sukirman (1999) berdasarkan bahan pengikatnya, konstruksi perkerasan jalan dapat dibedakan menjadi:

1. Konstruksi perkerasan lentur (*flexible pavement*), yakni perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat dan lapis perkerasannya berfungsi untuk mendistribusikan beban lalu lintas ke tanah dasar.
2. Konstruksi perkerasan kaku (*rigid pavement*), yakni perkerasan yang menggunakan semen (*Portland cement*) sebagai bahan pengikat. Pelat beton dengan atau tanpa tulangan diletakkan diatas tanah dasar dengan atau tanpa lapis pondasi bawah. Beban lalu lintas sebagian besar dipikul oleh pelat beton.
3. Konstruksi perkerasan komposit (*composite pavement*), yakni perkerasan lentur yang dikombinasikan dengan perkerasan kaku yang diatasnya terdapat perkerasan lentur.

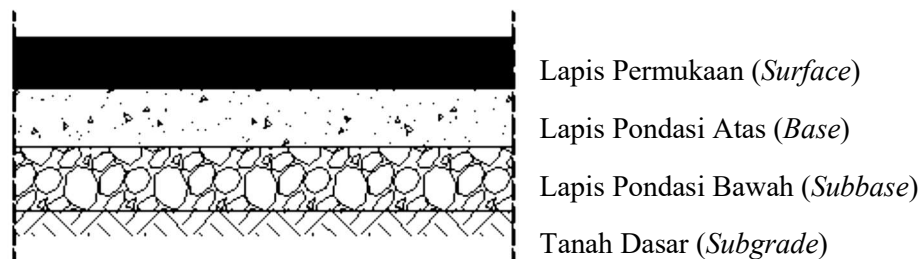
3.2 Perkerasan Lentur

Perkerasan lentur (*flexible pavement*) adalah perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Lapisan-lapisan perkerasannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar. Suatu struktur perkerasan lentur biasanya terdiri atas beberapa lapisan bahan, dimana setiap lapisan akan menerima beban dari lapisan diatasnya, meneruskan dan menyebarkan beban tersebut ke lapisan di bawahnya. Setiap lapisan biasanya disusun berdasarkan daya dukung terhadap beban, lapisan atas adalah material dengan daya dukung paling besar dan

lapisan bawah adalah lapisan dengan daya dukung beban semakin kecil. Beban lalu lintas yang akan bekerja di atas perkerasan dapat dibedakan menjadi 3, yaitu:

1. Gaya verikal, berupa muatan kendaraan
2. Gaya horizontal, berupa gaya rem kendaraan
3. Getaran-getaran dari pukulan roda kendaraan

Dari sifat lapis perkerasan yang menyebarkan gaya maka muatan yang akan diterima oleh setiap lapisan berbeda-beda dan semakin ke bawah semakin kecil beban yang diterima oleh lapisan. Oleh karena itu, lapisan yang berada dibawah adalah lapisan dengan daya dukung beban paling kecil. Susunan konstruksi perkerasan lentur dapat diilustrasikan seperti Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Susunan Konstruksi Perkerasan Lentur

(Sumber: Sukirman, 1999)

Menurut Sukirman (1999) perkerasan lentur terdiri dari beberapa lapisan yaitu: lapis permukaan (*surface*), lapis pondasi atas (*base*), lapis pondasi bawah (*subbase*) dan lapisan tanah dasar (*subgrade*).

1. Lapis Permukaan (*surface*)

Lapis permukaan merupakan lapisan yang terletak paling atas, fungsi dari lapisan permukaan antara lain sebagai berikut:

- a. Lapis perkerasan penahan beban roda, lapisan ini harus memiliki stabilitas tinggi untuk menahan beban roda selama masa pelayanan.
- b. Lapis kedap air, sehingga air hujan yang jatuh di atas lapis permukaan tidak meresap ke lapisan di bawahnya karena akan melemahkan lapisan tersebut.
- c. Lapis aus (*wearing course*) merupakan lapisan yang langsung menderita akibat adanya gesekan rem kendaraan, sehingga lapisan ini mudah menjadi aus.

- d. Lapisan yang menyebarkan beban ke lapisan bawah, sehingga dapat dipikul oleh lapisan lain dengan daya dukung beban kecil yang berada di bawahnya.

Lapis permukaan umumnya dibuat dengan bahan pengikat aspal yang menghasilkan lapisan yang kedap air, memiliki stabilitas yang tinggi dan memiliki daya tahan yang lama. Beberapa jenis lapisan permukaan yang umumnya digunakan di Indonesia dibagi menjadi 2, yaitu lapisan bersifat *nonstruktural* dan lapisan bersifat struktural.

- a. Lapisan bersifat *nonstruktural*

Lapis permukaan yang bersifat *nonstruktural* berfungsi sebagai lapis aus dan kedap air. Lapisan yang bisa digunakan antara lain adalah sebagai berikut.

- 1) Brutu (laburan aspal satu lapis), lapis penutup yang berasal dari lapisan aspal yang ditaburi dengan satu lapis agregat bergradasi seragam. Tebal maksimum yang diperbolehkan adalah 2 cm.
- 2) Burda (laburan aspal dua lapis), lapis penutup yang berasal dari lapisan aspal yang ditaburi agregat bergradasi seragam yang dilakukan dua kali secara beruntun. Tebal padat maksimum adalah 3,5 cm.
- 3) Latasir (lapis tipis aspal pasir), lapis penutup yang berasal dari campuran lapisan aspal dengan pasir alam bergradasi menerus yang dihampar dan dipadatkan pada suhu tertentu dengan tebal padatnya 1-2 cm.
- 4) Buras (laburan aspal), lapis penutup yang berasal dari lapisan aspal dan taburan pasir dengan ukuran butir maksimum 3/8 inch.
- 5) Latasbum (lapis tipis asbuton murni), lapis penutup yang berasal dari asbuton dan bahan pelunak, dicampur pada suhu dingin dengan perbandingan tertentu. Tebal padat maksimum adalah 1 cm.
- 6) Laston (lapis tipis aspal beton) yang dikenal dengan *Hot Rolled Sheet* (HRS), lapis penutup yang berasal dari campuran antara agregat bergradasi timpang dengan mineral pengisi (*filler*) dan aspal keras

dengan perbandingan tertentu yang dicampur dan dipadatkan dalam keadaan panas. Tebal padat yang diperbolehkan yaitu 2,5-3 cm.

b. Lapisan bersifat struktural

Lapis permukaan yang bersifat struktural berfungsi sebagai lapisan yang menahan dan menyebarkan beban roda kendaraan. Lapisan yang bisa digunakan antara lain adalah sebagai berikut.

- 1) Lapen (penetrasi makadam), lapis perkerasan yang terdiri atas agregat pokok dan agregat pengunci bergradasi terbuka dan seragam yang kemudian diikat oleh aspal dengan cara disemprot di atas agregat tersebut dan dipadatkan lapis demi lapis. Biasanya di atas lapen diberi laburan aspal dengan agregat penutup. Tebal lapisan satu lapisnya dapat berbeda-beda, antara 4-10 cm.
- 2) Lasbutag, lapis perkerasan yang terdiri dari agregat, asbuton dan bahan pelunak yang dicampur kemudian dihampar dan dipadatkan secara dingin. Tebal tiap lapisannya adalah 3-5 cm.
- 3) Laston (lapis tipis aspal beton), lapis perkerasan yang terdiri dari aspal keras dan agregat dengan gradasi menerus yang dicampur, dihamparkan dan dipadatkan pada suhu tertentu.

2. Lapis Pondasi Atas (*base*)

Lapis pondasi atas terletak diantara lapis permukaan dengan lapis pondasi bawah. Material yang digunakan untuk lapis pondasi atas harus memiliki kualitas sangat tinggi karena lapisan ini berada di bawah permukaan perkerasan langsung sehingga menerima beban yang berat dan paling menderita akibat muatan maka dalam pelaksanaannya harus dilakukan dengan teliti. Fungsi dari lapisan pondasi atas adalah sebagai berikut:

- a. Merupakan bagian perkerasan yang menahan gaya lintang dari beban roda dan menyebarkan beban ke lapisan di bawahnya.
- b. Lapisan peresapan untuk lapisan pondasi bawah.
- c. Bantalan terhadap lapisan permukaan.

Material yang umumnya digunakan untuk pondasi atas adalah material dengan $CBR > 50 \%$ dan *Plastisitas Index* (PI) $< 4 \%$. Bahan-bahan alam yang dapat

digunakan sebagai lapis pondasi atas adalah batu pecah, kerikil pecah dan stabilisasi tanah dengan semen dan kapur. Jenis lapis pondasi atas yang umum digunakan di Indonesia antara lain adalah:

- a. Agregat bergradasi baik, agregat ini dapat dibagi menjadi 3, yaitu:
 - 1) Batu pecah kelas A, memiliki gradasi yang lebih kasar dari batu pecah kelas B
 - 2) Batu pecah kelas B, memiliki gradasi lebih kasar dari batu pecah kelas C
 - 3) Batu pecah kelas C
- b. Pondasi makadam
- c. Pondasi telford
- d. Lapen (penetrasi makadam)
- e. Pondasi aspal beton (*asphalt concrete base/ asphalt treated base*)
- f. Stabilisasi dengan:
 - 1) Stabilisasi agregat dengan semen (*cement treated base*)
 - 2) Stabilisasi agregat dengan kapur (*lime treated base*)
 - 3) Stabilisasi agregat dengan aspal (*asphalt treated base*)

3. Lapis Pondasi Bawah (*subbase*)

Merupakan lapis perkerasan yang terletak antara lapis pondasi atas dan tanah dasar. Lapis pondasi bawah berfungsi sebagai:

- a. Bagian dari konstruksi perkerasan untuk menyebarkan beban roda ke tanah dasar.
- b. Efisiensi penggunaan material, material pondasi bawah relatif murah dibandingkan dengan lapisan perkerasan di atasnya.
- c. Mengurangi tebal lapisan di atasnya yang lebih mahal.
- d. Lapis peresapan, agar air tanah tidak berkumpul di pondasi.
- e. Lapis pertama agar pekerjaan dapat berjalan lancar, hal ini sehubungan dengan kondisi lapangan yang memaksa harus segera menutup tanah dasar dari pengaruh cuaca atau lemahnya daya dukung tanah dasar menahan roda alat berat.
- f. Mencegah partikel-partikel halus dari tanah dasar untuk naik ke atas.

Lapis pondasi bawah tidak menerima beban yang paling berat, namun lapis ini harus cukup kuat dan material yang digunakan memiliki $CBR < 20 \%$ dan *Plastisitas Index* (PI) $> 10 \%$. Jenis pondasi bawah yang umumnya digunakan di Indonesia antara lain adalah:

- a. Agregat bergradasi baik, agregat ini dibagi menjadi 3, yaitu :
 - 1) Sirtu/ pirun kelas A
 - 2) Sirtu/ pirun kelas B
 - 3) Sirtu/ pirun kelas C
- b. Stabilisi dengan:
 - 1) Stabilisasi agregat dengan semen (*cement treated subbase*)
 - 2) Stabilisasi agregat dengan kapur (*lime treated subbase*)
 - 3) Stabilisasi tanah dengan semen (*soil cement stabilization*)
 - 4) Stabilisasi tanah dengan kapur (*soil lime stabilization*)

4. Lapis Tanah Dasar (*subgrade*)

Merupakan lapisan dimana akan diletakkan lapis pondasi bawah (*subbase*). Lapisan tanah dasar dapat berupa tanah asli yang dipadatkan, tanah yang didatangkan dari tempat lain dan dipadatkan atau tanah yang distabilisasi dengan bahan kimia atau bahan lainnya. Pematatan yang baik diperoleh jika dilakukan pada kadar air optimum dan diusahakan kadar air tersebut konstan selama umur rencana. Hal ini dapat dicapai dengan perlengkapan drainase yang memenuhi syarat. Ditinjau dari muka tanah asli, lapisan tanah dasar dibedakan atas:

- a. Lapisan tanah galian
- b. Lapisan tanah timbunan
- c. Lapisan tanah asli

Sebelum diletakkan lapisan-lapisan lainnya, tanah dasar dipadatkan terlebih dahulu sehingga mencapai kestabilan yang tinggi terhadap perubahan volume. Hal ini dikarenakan kekuatan konstruksi perkerasan jalan sangat ditentukan oleh sifat-sifat daya dukung tanah dasar.

3.3 Desain Tebal Perkerasan

Metode yang dapat digunakan untuk mendesain atau merancang perkerasan sebuah jalan memiliki banyak cara, seperti yang dikeluarkan oleh Bina Marga dari Indonesia, AASHTO dan *The Asphalt Institute* dari Amerika, *Road Note* dari Inggris dan NAASRA dari Australia.

Metode desain yang dikeluarkan oleh Bina Marga merupakan hasil modifikasi peraturan-peraturan dari beberapa negara maju. Metode ini sering kali diperbarui yang memiliki berbagai macam cara, yang terbaru adalah Metode Bina Marga 2017. Metode-metode yang dikeluarkan oleh Bina Marga antarlain adalah Pd T-01-2002-B, Pd T-14-2003, Pd T-05-2005-B, Bina Marga No. 001/BT/2010 dan Bina Marga 2013.

Metode Bina Marga 2013, terdiri dari 2 bagian yaitu Struktur Perkerasan Baru pada bagian I dan Rehabilitasi Perkerasan pada bagian II. Bina Marga 2013 merupakan pelengkap dari pedoman desain perkerasan yang sebelumnya yaitu Pd T-01-2002-B dan Pd T-14-2003. Bina Marga 2013 ini digunakan untuk menghasilkan desain awal (berdasarkan bagan desain). Manual ini membantu dalam meyakinkan kecukupan struktural dan kepraktisan konstruksi untuk kondisi beban dan iklim Indonesia. Elemen dalam metode ini yaitu umur rencana, beban, iklim, tanah dasar lunak dan batas konstruksi pekerjaan. Metode Bina Marga 2013 mengatur dan memberi pertimbangan dalam hal kemampuan mendesain suatu struktur perkerasan.

Menurut Bina Marga 2013, desain yang baik memiliki kriteria sebagai berikut:

1. Menjamin tercapainya tingkat layanan jalan sepanjang umur pelayanan jalan
2. Merupakan *life cycle cost* yang minimum
3. Mempertimbangkan kemudahan saat pelaksanaan dan pemeliharaan
4. Menggunakan material yang efisien dan memanfaatkan material lokal semaksimal mungkin
5. Mempertimbangkan faktor keselamatan pengguna jalan
6. Mempertimbangkan kelestarian lingkungan

Metode Bina Marga 2013 memiliki kelemahan dalam penggunaannya, dengan kombinasi metode mekanistik dan empiris diharapkan mampu mendukung desain yang ada. Salah satu metode mekanistik adalah dengan menggunakan *software KENPAVE*, program ini merupakan program analisis untuk perkerasan yang dikembangkan oleh DR. Yang H. Huang P.E *Professor Emeritus* dari *Civil Enggineering University of Kentucky*. Program *KENPAVE* memiliki keunggulan-keunggulan dibanding program lain, yaitu lebih *user friendly* dan dapat menganalisis perkerasan sampai 19 lapisan (Huang, 2004). Program *KENPAVE* dapat digunakan untuk mengetahui nilai tegangan, regangan dan lendutan yang terjadi akibat beban lalu lintas.

Software KENPAVE ditulis dengan bahasa pemrograman *VisualBasic* dan dapat dijalankan dengan versi *Windows 95* atau versi di atasnya. *Software* ini dibagi dalam empat program, yaitu *LAYERINP*, *KENLAYER*, *SLABINP* dan *KENSLAB*. Untuk perkerasan lentur dapat menggunakan *LAYERINP* dan *KENLAYER* yang merupakan program analisis berdasarkan pada teori system lapis banyak, sedangkan untuk perkerasan kaku menggunakan *SLABINP* dan *KENSLAB* yang menggunakan program analisis berdasarkan metode elemen hingga.

3.4 Life Cycle Cost Analysis (LCCA)

Analisis biaya siklus hidup (*life cycle cost analysis*) merupakan teknik analisis yang dibangun berdasarkan pada prinsip-prinsip ekonomi untuk mengevaluasi ekonomi jangka panjang yang efisien, yang digunakan sebagai bahan pertimbangan dalam melakukan investasi. Menggabungkan investasi awal dan investasi masa yang akan datang (*agency cost*), biaya yang dikeluarkan oleh konsumen (*user cost*) dan biaya lainnya selama umur investasi (FHWA, 1998).

Metode LCCA merupakan salah satu metode dalam sistem manajemen jalan. Dengan metode LCCA, dapat dilakukan pengambilan keputusan dalam pemilihan strategi pemeliharaan jalan dengan biaya yang paling efektif dan efisien. Menurut *Federal Highway Administration* (1998), LCCA adalah teknik analisis yang menggunakan prinsip-prinsip ekonomi dalam rangka untuk mengevaluasi jangka panjang alternatif investasi pilihan. Analisis ini memungkinkan perbandingan total

biaya desain bersaing alternatif dengan manfaat yang setara. *LCCA account* untuk biaya yang relevan dengan badan sponsor, pemilik, operator fasilitas dan penggunaan jalan akan terjadi sepanjang kehidupan sebuah alternatif. Biaya relevan meliputi konstruksi awal (termasuk dukungan proyek), masa depan pemeliharaan dan rehabilitasi, serta penggunaan biaya (waktu dan biaya kendaraan).

Menurut FHWA (1998) dalam melakukan analisis LCC, periode analisis harus dilakukan cukup lama, setidaknya memasukkan satu kali kegiatan rehabilitasi. Setiap alternatif desain perkerasan jalan memiliki waktu desain awal yang diharapkan, pemeliharaan berkala dan serangkaian kegiatan rehabilitasi. Ruang lingkup, waktu dan biaya kegiatan penting untuk diidentifikasi.

3.5 Pemeliharaan Jalan

Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 13 tahun 2011 mengenai Tata Cara Pemeliharaan dan Penilikan Jalan, pemeliharaan jalan adalah kegiatan penanganan jalan yang berupa pencegahan, perawatan dan perbaikan yang diperlukan untuk mempertahankan kondisi jalan agar tetap berfungsi secara optimal melayani lalu lintas sehingga umur rencana yang ditetapkan dapat tercapai.

Pemeliharaan jalan meliputi pemeliharaan rutin jalan, pemeliharaan berkala jalan, rehabilitasi jalan dan rekonstruksi jalan. Pemeliharaan rutin jalan adalah kegiatan merawat serta memperbaiki kerusakan-kerusakan yang terjadi pada ruas-ruas jalan dengan kondisi pelayanan mantap atau ruas-ruas jalan dalam kondisi baik atau sesuai umur rencana yang diperhitungkan serta mengikuti suatu standar tertentu.

Pemeliharaan berkala jalan adalah kegiatan penanganan pencegahan terjadinya kerusakan yang lebih luas dan setiap kerusakan yang diperhitungkan dalam desain agar penurunan kondisi jalan dapat dikembalikan pada kondisi mantap sesuai dengan rencana.

Rehabilitasi jalan adalah kegiatan penanganan pencegahan terjadinya kerusakan yang luas dan setiap kerusakan yang tidak diperhitungkan dalam desain, yang berakibat menurunnya kondisi kemandapan pada bagian/tempat tertentu dari

suatu ruas jalan dengan kondisi rusak ringan, agar penurunan kondisi kemandapan tersebut dapat dikembalikan pada kondisi kemandapan sesuai dengan rencana.

Rekonstruksi jalan adalah peningkatan struktur yang merupakan kegiatan penanganan untuk dapat meningkatkan kemampuan bagian ruas jalan yang dalam kondisi rusak berat agar bagian jalan tersebut mempunyai kondisi mantap kembali sesuai dengan umur rencana yang ditetapkan.

Penanganan pemeliharaan jalan dilakukan secara preventif dan reaktif. Penanganan pemeliharaan jalan secara preventif bertujuan untuk membatasi jenis, tingkat, sebaran kerusakan dan menunda kerusakan lebih lanjut serta mengurangi jumlah kegiatan pemeliharaan rutin, melindungi perkerasan dari pengaruh beban dan lingkungan serta mempertahankan kondisi jalan dalam tingkatan baik dan sedang sesuai dengan rencana. Sedangkan pemeliharaan jalan secara reaktif bertujuan untuk mengembalikan ke kondisi sesuai dengan rencana.

Pemilihan penanganan pemeliharaan jalan menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 13 tahun 2011 dapat dilakukan berdasarkan persentase kerusakan terhadap luas lapis perkerasan permukaan seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3.1 berikut ini.

Tabel 3.1 Penentuan Program Penanganan Pemeliharaan Jalan Berpenutup Aspal/ Beton Semen

Kondisi Jalan	Persentase Batasan Kerusakan (Persen terhadap luas lapis perkerasan permukaan)	Program Penanganan
Baik (B)	< 6 %	Pemeliharaan rutin
Sedang (S)	6 - <11%	Pemeliharaan rutin/ berkala
Rusak Ringan (RR)	11 - < 15%	Pemeliharaan rehabilitasi
Rusak Berat (RB)	> 15 %	Rekonstruksi/ peningkatan struktur

Sumber: Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 13 (2011)

Nurahmi (2012) mengatakan bahwa biaya pemeliharaan untuk struktur perkerasan lentur dibagi menjadi dua, yaitu sebagai berikut.

1. Biaya pemeliharaan berkala yaitu biaya yang dilakukan 5 tahun sekali. Bahwasannya rentang waktu pemeliharaan adalah 5, 10, 15, 20, 25, 30 dan 35 tahun.

2. Biaya pemeliharaan rutin yaitu biaya yang dilakukan setiap tahunnya dengan asumsi jalan tersebut mengalami kerusakan 1% setiap tahunnya.

3.6 Biaya (*Cost*)

Menurut FHWA (1998), biaya siklus hidup atau *life cycle cost* mencakup dua jenis biaya, yaitu biaya agensi (*agency cost*) dan biaya pengguna (*user cost*). *Agency cost* adalah biaya langsung yaitu perkiraan biaya yang diperlukan untuk membangun, memelihara dan memperpanjang umur perkerasan. Biaya yang dikategorikan dalam *agency cost* adalah biaya awal (*initial cost*), biaya pemeliharaan (*maintenance cost*), biaya rehabilitasi (*rehabilitation cost*), biaya yang mendukung (*future project support cost*) dan nilai sisa (*remaining service life value*). *User cost* adalah biaya tidak langsung yaitu biaya-biaya yang berkaitan dengan waktu perjalanan tambahan dan biaya operasi kendaraan yang dikeluarkan karena penundaan lalu lintas akibat adanya pembangunan awal dan kegiatan rehabilitasi yang akan datang.

Initial cost harus mencakup biaya konstruksi yang akan dibutuhkan, biaya yang dimasukkan dalam *initial cost* adalah biaya untuk jalan utama, bahu jalan, *base*, *subbase*, drainase, *joint seals*, pekerjaan tanah, kontrol lalu lintas dan *overhead*. Dalam penelitian ini yang akan dimasukkan dalam *initial cost* adalah biaya untuk jalan utama, pekerjaan tanah, *base* dan *subbase*. FHWA (1998) menyebutkan bahwa ada beberapa hal yang tidak boleh dimasukkan dalam perhitungan *initial cost*, antara lain adalah biaya tambahan seperti barang kecil, pekerjaan tambahan, mobilisasi dan biaya proyek untuk desain, lingkungan, manajemen proyek dan administrasi.

Menurut Shahin (1994), *Life Cycle Cost* (LCC) harus dianalisis dalam menentukan solusi dengan biaya yang paling efektif. Beberapa jenis biaya yang digunakan dalam melakukan analisis LCC untuk menentukan alternatif perawatan dan rehabilitasi adalah berikut ini.

1. *Initial cost of the alternative (first year cost)*

Initial cost adalah nilai sekarang dari biaya alternatif dan mengabaikan segala biaya mendatang. *Initial cost* akan disimbolkan dengan C_1 .

2. *Present value of the alternative (discounted cost of the alternative in present dollars, using interest and inflation rates)*

Dalam analisis ekonomi, pengaruh bunga dan tingkat inflasi biasanya diperhitungkan. Tingkat inflasi digunakan untuk menyesuaikan biaya masa depan pada alternatif perawatan dan perbaikan, dengan rumus berikut:

$$C_{mt} = C_m (1 + r)^t \quad (3.1)$$

dengan:

C_m = biaya perawatan dan perbaikan dimasa sekarang

r = tingkat inflasi tahunan dalam desimal

t = waktu ditahun mendatang

C_{mt} = biaya perawatan dan perbaikan dimasa mendatang

Rumus tersebut menjadikan semua harga dianggap pada harga dasar yang setara. Dengan menerapkan tingkat suku bunga, i , dapat mengubah biaya masa depan menjadi biaya sekarang. Nilai sekarang dari biaya masa depan dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$PV = \frac{C_{mt}}{(1+i)^t} \quad (3.2)$$

atau,

$$PV = C_m \frac{(1+r)^t}{(1+i)^t} \quad (3.3)$$

dengan:

PV = nilai sekarang

C_{mt} = biaya perawatan dan perbaikan dimasa mendatang

r = tingkat inflasi tahunan dalam desimal

i = tingkat suku bunga dalam desimal

t = waktu ditahun mendatang

Serangkaian kegiatan perawatan dan perbaikan ditambahkan dengan biaya awal, C_1 , dalam nilai sekarang dari semua biaya masa depan yang telah disesuaikan dengan tingkat inflasi dan suku bunga merupakan nilai sekarang yang dapat digunakan sebagai alat dalam proses pengambilan keputusan. Nilai sekarang dari rangkaian biaya tersebut adalah sebagai berikut:

$$PV = C_1 + \sum_{t=1}^N \frac{C_{mt}}{(1+i)^t} \quad (3.4)$$

atau,

$$PV = C_1 + \sum_{t=1}^N C_{mt} \frac{(1+r)^t}{(1+i)^t} \quad (3.5)$$

dengan:

PV = nilai sekarang

C_{mt} = biaya perawatan dan perbaikan dimasa mendatang

r = tingkat inflasi tahunan dalam desimal

i = tingkat suku bunga dalam desimal

t = waktu ditahun mendatang

N = jumlah tahun dalam periode analisis

3. *Equivalent uniform annual cost (EUAC) of the alternative (present value cost converted to an annuity)*

EUAC diperlukan untuk membandingkan antara alternatif perawatan dan perbaikan yang ada. Untuk menghitung EUAC dapat dilakukan dengan mengalikan nilai sekarang dan *Capital Recovery Factor* (CRF), atau dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$EUAC = CRF \times PV \quad (3.6)$$

$$CRF = \frac{i(1+i)^N}{(1+i)^N - 1} \quad (3.7)$$

dengan:

EUAC = *equivalent uniform annual cost*

CRF = *capital recovery factor*

PV = nilai sekarang

i = tingkat suku bunga dalam desimal

N = jumlah tahun dalam periode analisis

4. EUAC per square metric of pavement

EUAC dibagi dengan luas permukaan perkerasan untuk mendapatkan EUAC per square metric of pavement.

Perhitungan biaya dapat dihitung dengan spesifikasi umum pekerjaan konstruksi jalan, spesifikasi umum ini tercantum dalam Pedoman Analisis Harga Satuan Pekerjaan (AHSP) Bidang Bina Marga. Spesifikasi umum pekerjaan konstruksi jalan dan jembatan yang diterbitkan oleh Direktorat Jendral Bina Marga tahun 2014 atau Spesifikasi Umum 2010 Revisi 3 yang berlaku di Ditjen Bina Marga terdiri atas 10 Divisi. Spesifikasi umum ini merupakan bagian dari dokumen kontrak pekerjaan, digunakan sebagai ketentuan teknis untuk mencapai suatu produk pekerjaan mulai dari proses persiapan, metode pelaksanaan, bahan, peralatan, pengendalian mutu dan tata cara pembayaran. 10 divisi yang terdapat dalam spesifikasi umum yaitu:

1. Divisi 1 – Umum

Pada divisi 1 berisi 21 seksi, 21 seksi tersebut adalah:

- a. Seksi 1.1 Ringkasan Pekerjaan
- b. Seksi 1.2 Mobilisasi
- c. Seksi 1.3 Kantor Lapangan dan Fasilitasnya
- d. Seksi 1.4 Fasilitas dan Pelayanan Pengujian
- e. Seksi 1.5 Transportasi dan Penanganan
- f. Seksi 1.6 Pembayaran Sertifikat Bulanan
- g. Seksi 1.7 Pembayaran Sementara (provisional sums) (Tidak ada pembayaran sementara dalam kontrak ini)

- h. Seksi 1.8 Manajemen dan Keselamatan Lalu Lintas
 - i. Seksi 1.9 Kajian Teknis Lapangan
 - j. Seksi 1.10 Standar Rujukan
 - k. Seksi 1.11 Bahan dan Penyimpanan
 - l. Seksi 1.12 Jadwal Pelaksanaan
 - m. Seksi 1.13 Prosedur Perintah Perubahan
 - n. Seksi 1.14 Penutupan Kontrak
 - o. Seksi 1.15 Dokumen Rekaman Proyek
 - p. Seksi 1.16 Pekerjaan Pembersihan
 - q. Seksi 1.17 Pengamanan Lingkungan Hidup
 - r. Seksi 1.18 Relokasi Utilitas dan Pelayanan yang Ada (kecuali disebutkan dalam Spesifikasi khusus, tidak ada pembayaran dalam kontrak ini)
 - s. Seksi 1.19 Keselamatan dan Kesehatan Kerja
 - t. Seksi 1.20 Pengujian Pengeboran
 - u. Seksi 1.21 Manajemen Mutu
2. Divisi 2 – Drainase
- Divisi 2 berisi 4 seksi mengenai segala pekerjaan drainase, seksi-seksi tersebut adalah:
- a. Seksi 2.1 Selokan dan Saluran Air
 - b. Seksi 2.2 Pasangan Batu dengan Mortar
 - c. Seksi 2.3 Gorong-Gorong dan Drainase Beton
 - d. Seksi 2.4 Drainase Porous
3. Divisi 3 – Pekerjaan Tanah
- Pada pekerjaan tanah dibagi dalam 5 seksi yang terdapat pada divisi 3, yaitu:
- a. Seksi 3.1 Galian
- Pekerjaan galian dapat berupa galian biasa, galian batu lunak, galian batu, galian struktur, galian perkerasan beraspal, galian perkerasan berbutir dan galian perkerasan beton. Galian perkerasan beraspal mencakup galian pada perkerasan beraspal lama dan pembuangan bahan perkerasan beraspal dengan maupun tanpa *Cold Milling Machine* (mesin pengupas perkerasan beraspal tanpa pemanasan). Galian perkerasan berbutir mencakup galian

pada perkerasan berbutir lama dan pembuangan bahan perkerasan berbutir yang tidak terpakai.

- b. Seksi 3.2 Timbunan
- c. Seksi 3.3 Penyiapan Badan Jalan

Pekerjaan penyiapan badan jalan mencakup penyiapan, penggaruan dan pemadatan permukaan tanah dasar untuk penghamparan Lapis Pondasi Agregat, Lapis Pondasi Jalan Tanpa Penutup Aspal, Lapis Pondasi Semen Tanah atau Lapis Pondasi Beraspal di daerah jalur lalu lintas yang tidak ditetapkan sebagai pekerjaan pengembalian kondisi dan di daerah bahu jalan baru yang bukan di atas timbunan baru akibat pelebaran jalur lalu lintas.

- d. Seksi 3.4 Pembersihan, Pengupasan dan Pematangan Pohon
- e. Seksi 3.5 Geotekstil

4. Divisi 4 – Pelebaran Perkerasan dan Bahu Jalan

Divisi 4 membahas pekerjaan pelebaran perkerasan dan bahu yang terbagi dalam 2 seksi, yaitu:

- a. Seksi 4.1 Pelebaran Perkerasan
- b. Seksi 4.2 Bahu Jalan

5. Divisi 5 – Perkerasan Berbutir

Terdapat 5 seksi pada divisi 5 yang berisi tentang perkerasan berbutir, 5 seksi tersebut adalah:

- a. Seksi 5.1 Lapis Pondasi Agregat

Pekerjaan lapis pondasi agregat mencakup pemasokan, pengangkutan, penghamparan, pembasahan dan pemadatan agregat di atas permukaan yang telah disiapkan dan telah sesuai dengan spesifikasi yang disyaratkan, serta memelihara lapis pondasi agregat yang telah selesai dan sesuai dengan yang disyaratkan. Terdapat tiga kelas yang berbeda dari lapis pondasi agregat yaitu Kelas A, Kelas B dan Kelas S. Pada umumnya Lapis Pondasi Agregat Kelas A adalah mutu Lapis Pondasi Atas untuk lapisan di bawah lapisan beraspal, dan Lapis Pondasi Agregat Kelas B adalah untuk Lapis

Pondasi Bawah, sedangkan Lapis Pondasi Agregat Kelas S digunakan untuk bahu jalan tanpa penutup.

- b. Seksi 5.2 Perkerasan Berbutir tanpa Penutup Aspal
- c. Seksi 5.3 Perkerasan Beton Semen
- d. Seksi 5.4 Lapis Pondasi Semen Tanah
- e. Seksi 5.5 Lapis Beton Semen Pondasi dan Pondasi Bawah (*Cement Treated Base-CTB* dan *Cement Treated Subbase-CTSB*)

Pekerjaan pada seksi 5.5 merupakan pekerjaan yang mencakup penyediaan material, pencampuran dengan alat pencampur berpengerak sendiri (*self propelled mixer*), pengangkutan, penghamparan, pemadatan dengan *roller*, pembentukan permukaan (*shaping*), perawatan (*curing*), penyelesaian (*finishing*) dan kegiatan insidental yang berhubungan dengan pelaksanaan pekerjaan lapis pondasi agregat semen sesuai dengan spesifikasi, garis, kelandaian, ketebalan dan penampang melintang. Bahan yang digunakan untuk lapis pondasi agregat semen adalah pencampuran antara semen, air dan agregat yang sesuai dengan persyaratan untuk lapis pondasi agregat. Lapis pondasi agregat semen kelas A menggunakan agregat kelas A yang disebut dengan *Cement Treated Base (CTB)* sedangkan lapis pondasi agregat semen kelas B menggunakan agregat kelas B yang disebut dengan *Cement Treated Sub-Base (CTSB)*.

6. Divisi 6 – Perkerasan Aspal

Pada divisi 6 berisi pekerjaan perkerasan aspal yang terbagi dalam 7 seksi, 7 seksi tersebut adalah:

- a. Seksi 6.1 Lapis Resap Pengikat dan Lapis Perekat

Pekerjaan lapis resap pengikat atau *prime coat* dan lapis perekat atau *tack coat* mencakup penyediaan dan penghamparan bahan aspal pada permukaan yang telah disiapkan sebelumnya untuk pemasangan lapisan beraspal berikutnya. Lapis resap pengikat harus dihampar di atas permukaan pondasi tanpa bahan pengikat lapis pondasi agregat, sedangkan lapis perekat harus dihampar di atas permukaan berbahan pengikat seperti

Lapis Penetrasi Makadam, Laston, Lataston dan di atas Semen Tanah, RCC, CTB, Perkerasan Beton dan lainnya.

- b. Seksi 6.2 Laburan Aspal Satu Lapis (Burtu) dan Laburan Aspal Dua Lapis (Burda)

- c. Seksi 6.3 Campuran Beraspal Panas

Pekerjaan campuran beraspal panas mencakup pengadaan lapisan padat yang awet berupa lapis perata, lapis pondasi, lapis antara atau lapis aus campuran beraspal panas yang terdiri dari agregat dan bahan aspal yang dicampur secara panas di pusat instalasi pencampuran serta menghampar dan memadatkan campuran tersebut di atas pondasi atau permukaan jalan yang telah disiapkan sesuai dengan spesifikasi dan memenuhi garis, ketinggian dan potongan memanjang.

Jenis campuran beraspal dibedakan menjadi 3, yaitu:

- 1) Lapis tipis aspal pasir (*sand sheet*, SS) kelas A dan B

Lapis tipis aspal pasir (Latasir) yang selanjutnya disebut SS, terdiri dari dua jenis campuran, yaitu: SS-A dan SS-B. Pemilihan SS-A dan SS-B tergantung pada tebal nominal minimum. Biasanya latasir memerlukan penambahan *filler* agar memenuhi kebutuhan sifat-sifat yang disyaratkan.

- 2) Lapis tipis aspal beton (*hot rolled sheet*, HRS)

Lapis tipis aspal beton (Lataston) yang selanjutnya disebut HRS, terdiri dari dua jenis campuran, yaitu: HRS pondasi (*HRS-Base*) dan HRS lapis aus (*HRS Wearing Course*, HRS-WC) dan ukuran maksimum agregat masing-masing campuran adalah 19 mm. yang membedakan antara *HRS-Base* dengan HRS-WC adalah proporsi fraksi agregat kasar, proporsi fraksi agregat kasar *HRS-Base* lebih besar daripada HRS-WC.

- 3) Lapis aspal beton (*asphalt concrete*, AC)

Lapis aspal beton (laston) yang selanjutnya disebut AC, terdiri dari tiga jenis campuran, yaitu: AC lapis aus (*AC Wearing Course*, AC-WC), AC lapis antara (*AC-Binder Course*, AC-BC), AC lapis pondasi (AC-

Base) dan ukuran maksimum agregat dari masing-masing campuran adalah 19 mm, 25,4 mm dan 37,5 mm.

- d. Seksi 6.4 Lasbutag dan Latasbusir (tidak berlaku dalam Spesifikasi Umum ini)
 - e. Seksi 6.5 Campuran Aspal Dingin
 - f. Seksi 6.6 Lapis Penetrasi Macadam
 - g. Seksi 6.7 Pemeliharaan dengan Laburan Aspal (Buras)
7. Divisi 7 – Struktur

Pada pekerjaan struktur dibagi dalam 16 seksi, yaitu:

- a. Seksi 7.1 Beton
 - b. Seksi 7.2 Beton Pratekan
 - c. Seksi 7.3 Baja Tulangan
 - d. Seksi 7.4 Baja Struktur
 - e. Seksi 7.5 Pemasangan Jembatan Rangka Baja
 - f. Seksi 7.6 Pondasi Tiang
 - g. Seksi 7.7 Pondasi Sumuran
 - h. Seksi 7.8 Adukan Semen
 - i. Seksi 7.9 Pasangan Batu
 - j. Seksi 7.10 Pasangan Batu Kosong dan Bronjong
 - k. Seksi 7.11 Sambungan Ekspansi (*Expansion Joint*)
 - l. Seksi 7.12 Perletakan (*Bearing*)
 - m. Seksi 7.13 Sandaran (*Railing*)
 - n. Seksi 7.14 Papan Nama Jembatan
 - o. Seksi 7.15 Pembongkaran Struktur
 - p. Seksi 7.16 Drainase Lantai Jembatan
8. Divisi 8 – Pengendalian Kondisi dan Pekerjaan Minor
- Pekerjaan pengendalian kondisi dan pekerjaan minor dibagi dalam 5 seksi pada divisi 8, 5 seksi tersebut adalah:
- a. Seksi 8.1 Pengembalian Kondisi Perkerasan Lama
 - b. Seksi 8.2 Pengembalian Kondisi Bahu Jalan Lama pada Perkerasan Berpenutup Aspal

- c. Seksi 8.3 Pengembalian Kondisi Selokan, Saluran Air, Galian, Timbunan dan Penghijauan
 - d. Seksi 8.4 Perlengkapan Jalan dan Pengatur Lalu Lintas
 - e. Seksi 8.5 Pengembalian Kondisi Jembatan
9. Divisi 9 – Pekerjaan Harian
- Pada divisi 9 tentang pekerjaan harian hanya terdapat 1 seksi yaitu Seksi 9.1 Pekerjaan Harian.
10. Divisi 10 – Pekerjaan Pemeliharaan Rutin
- Divisi 10 terdapat 2 seksi mengenai pekerjaan pemeliharaan rutin, seksi-seksi tersebut adalah:
- a. Seksi 10.1 Pemeliharaan Rutin Perkerasan, Bahu Jalan, Drainase, Perlengkapan Jalan dan Jembatan
 - b. Seksi 10.2 Pemeliharaan Jalan Samping dan Jembatan

3.7 Rencana Anggaran Biaya

Menurut Ibrahim (1993), yang dimaksud rencana anggaran biaya (RAB) suatu bangunan atau proyek adalah perhitungan banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan dan upah, serta biaya-biaya lain yang berhubungan dengan pelaksanaan bangunan atau proyek tersebut.

Rencana anggaran biaya merupakan perkiraan biaya yang diperlukan untuk setiap pekerjaan dalam suatu proyek konstruksi sehingga akan diperoleh biaya total yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu proyek (Djojowiriono, 1984).

Rencana anggaran biaya menurut Niron (1992) yaitu: rencana adalah himpunan *planning* termasuk detail dan tata cara pelaksanaan pembuatan sebuah bangunan, anggaran adalah perhitungan biaya berdasarkan gambar rencana pada suatu bangunan, sedangkan biaya adalah besarnya pengeluaran yang ada hubungannya dengan borongan yang belum tercantum dalam persyaratan yang ada.

Estimasi biaya memberikan indikasi utama dari total biaya proyek konstruksi. Estimasi biaya (*cost estimate*) digunakan untuk mencapai suatu harga kontrak sesuai persetujuan antara pemilik proyek dengan kontraktor, menentukan anggaran, dan sekaligus mengendalikan biaya proyek.

Anggaran biaya pada sebuah bangunan yang sama akan berbeda-beda pada tiap-tiap daerah, hal ini disebabkan karena adanya perbedaan harga bahan dan upah tenaga kerja.

Biaya dapat dihitung dari penjumlahan masing-masing hasil perkiraan volume dengan harga satuan pekerjaan, secara umum dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\text{RAB} = \sum \text{Volume} \times \text{Harga Satuan Pekerjaan} \quad (3.8)$$

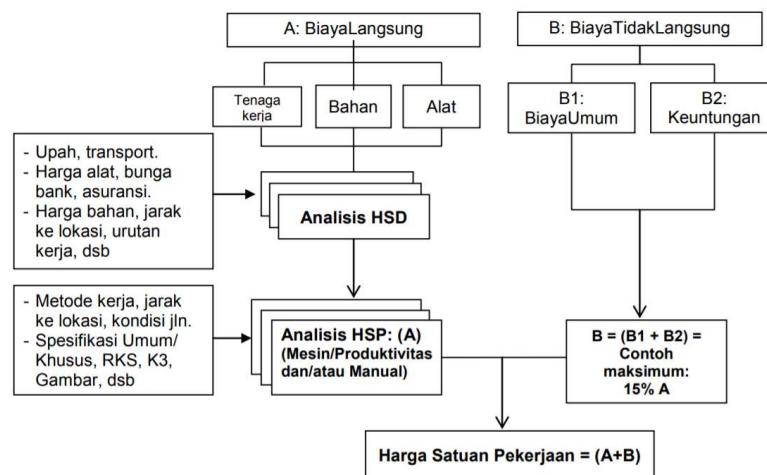
Sastraatmadja (1994) dalam bukunya “Analisa Anggaran Biaya Pelaksanaan” mengatakan bahwa menurutnya rencana anggaran biaya dibagi menjadi dua, yaitu rencana anggaran terperinci dan rencana anggaran biaya kasar.

Rencana anggaran biaya kasar adalah rencana anggaran biaya sementara dimana pekerjaan dihitung setiap ukuran luas. Salah satu hal yang sangat mempengaruhi penafsiran biaya secara kasar adalah pengalaman kerja, hasil dari penafsiran yang telah dilakukan apabila dibandingkan dengan rencana anggaran yang dihitung secara teliti akan didapat sedikit selisih antara keduanya.

Harga satuan pekerjaan atau disebut juga dengan HSP terdiri dari biaya langsung dan biaya tidak langsung. Komponen biaya langsung terdiri atas upah, bahan dan alat, sedangkan komponen biaya tidak langsung terdiri atas biaya umum atau *overhead* dan keuntungan. Biaya *overhead* dan keuntungan belum termasuk pajak-pajak yang harus dibayar, besarnya sesuai dengan ketentuan yang berlaku. Perhitungan seluruh volume pekerjaan yang dikalikan dengan harga satuan ditambah dengan seluruh beban pajak dan keuntungan disebut dengan nilai total Harga perkiraan sendiri (HPS). Pada Gambar 3.5 akan ditampilkan struktur analisis harga satuan pekerjaan (HSP) menurut Pedoman Analisa Harga Satuan Pekerjaan Bidang Bina Marga yang tertuang dalam Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 11/PRT/M/2013.

Harga satuan dasar (HSD) merupakan analisis dari harga satuan untuk tenaga kerja, bahan dan alat yang merupakan komponen utama harga satuan. Harga satuan pekerjaan (HSP) setiap mata pembayaran merupakan *output* dari analisis yang dilakukan, *output* ini diperoleh dengan suatu proses perhitungan dan masukan-

masukan. Masukan yang dimaksud berupa asumsi-asumsi, urutan pekerjaan dan penggunaan upah, bahan dan alat. HSD upah, bahan dan alat akan menentukan HSP. Dengan masukan tersebut diperoleh koefisien upah tenaga kerja, koefisien bahan dan koefisien alat. Pada Gambar 3.2 disajikan struktur analisis harga satuan pekerjaan menurut Pedoman Analisa Harga Satuan Pekerjaan Bidang Bina Marga.



Gambar 3.2 Struktur Analisis Harga Satuan Pekerjaan (HSP)
 (Sumber: Pedoman Analisa Harga Satuan Pekerjaan Bidang Bina Marga, 2016)

Rekapitulasi estimasi biaya kegiatan pekerjaan merupakan jumlah seluruh hasil perkalian setiap koefisien bahan, alat dan upah dengan harga satuan dasar untuk masing-masing pekerjaan termasuk biaya pengujian ditambah dengan biaya umum dan keuntungan atau laba (*overhead* dan profit) yang akan menghasilkan harga satuan pekerjaan untuk setiap mata pembayaran per satu satuan pengukuran (m^1 , m^2 , m^3 , ton, dll). Jumlah harga dari masing-masing jenis pekerjaan ditambah biaya mobilisasi dan PPN 10 % merupakan harga perkiraan sendiri (HPS).

Rumus untuk menghitung volume AC-BC dan AC-WC adalah sebagai berikut:

$$\text{Volume} = \text{panjang} \times \text{lebar} \times \text{tebal} \times \text{berat jenis aspal} \quad (3.9)$$

Rumus untuk menghitung volume *prime coat* dan *tack coat* adalah sebagai berikut:

$$\text{Volume} = \text{panjang} \times \text{lebar} \times \text{koefisien} \quad (3.10)$$