

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Jalan**

##### **2.1.1 Pengertian Jalan**

Jalan merupakan sarana transportasi darat yang mencakup seluruh bagian fisiknya, mencakup konstruksi pelengkap dan fasilitas pendukung yang dipakai untuk mendukung aktivitas lalu lintas. Infrastruktur ini dapat dibangun di beragam kondisi medan, baik di atas permukaan tanah, bawah tanah, permukaan air, maupun di bawah permukaan air. Namun, jalur kereta api, jalan lori, dan sistem transportasi berbasis kabel tidak termasuk dalam kategori ini (PP No. 34 Tahun 2006).

##### **2.1.2 Pengelompokan Jalan**

Klasifikasi jalan berdasarkan UU No. 38 tahun 2004 mengenai jalan, PP No. 34 tahun 2006 tentang jalan, serta UU No. 22 tahun 2009 mengenai lalu lintas dan angkutan jalan mencakup beberapa kategori. Kategori tersebut meliputi: 1) peruntukan, 2) sistem jaringan jalan (SJJ), 3) status jalan, 4) fungsi jalan, dan 5) klasifikasi jalan yang mencakup spesifikasi penyediaan infrastruktur jalan serta kelas pengguna jalan.

##### **2.1.3 Peruntukan Jalan**

Menurut peruntukan, jalan dapat dikelompokkan menjadi dua kategori, yaitu:

- a) Jalan umum ialah prasarana transportasi yang ditujukan untuk mobilitas masyarakat luas, mencakup pula jalan tol dan jalan bebas hambatan (JBH), yang pengelolaannya berada di bawah tanggung jawab pemerintah.
- b) Jalan khusus merupakan jenis jalan yang tidak dimaksudkan untuk digunakan oleh masyarakat umum, melainkan hanya melayani kebutuhan atau memberikan manfaat langsung bagi perorangan, kelompok tertentu, perusahaan, atau lembaga tertentu. Sesuai ketentuan yang berlaku, jalan khusus tidak dikelola oleh pemerintah. Contoh jalan jenis ini antara lain meliputi jalan di area perkebunan, pertanian, dan kehutanan; jalur untuk kegiatan tambang; jalan inspeksi saluran irigasi; jalan sementara untuk

proyek konstruksi; serta jalan di dalam wilayah pelabuhan, kawasan industri, wilayah berikat, dan zona hunian yang masih dalam pengelolaan pengembang.

#### **2.1.4 Sistem Jaringan Jalan (SJJ)**

Berdasarkan UU Nomor 38 Tahun 2004 mengenai Jalan, sistem jaringan jalan merupakan suatu kesatuan dari sejumlah ruas jalan yang berhubungan satu dengan yang lain dan berfungsi untuk mengintegrasikan pusat-pusat yang sedang berkembang dengan wilayah-wilayah yang termasuk dalam cakupan layanannya, yang tersusun dalam suatu tatanan hierarkis.

Sistem jaringan jalan dibentuk dengan merujuk pada rencana tata ruang wilayah dan dengan mempertimbangkan terhubungnya antar wilayah serta di dalam wilayah perkotaan dan wilayah perdesaan, sesuai dengan PP No. 34 tahun 2006.

Sistem jaringan jalan menurut Alamsyah, (2003:3) dikelompokkan menjadi 2 yaitu sistem jaringan jalan primer dan sistem jaringan jalan sekunder.

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

Jaringan jalan primer dibentuk berdasarkan rencana tata ruang serta struktur pengembangan wilayah di tingkat nasional, yang berfungsi untuk menghubungkan berbagai simpul jasa distribusi. Jaringan ini secara berkesinambungan menghubungkan kota-kota pada jenjang pertama, kedua, dan ketiga, serta kota-kota di bawahnya hingga mencapai persil dalam satu kesatuan wilayah pengembangan.

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

Jaringan jalan sekunder dirancang dan dibangun berdasarkan ketentuan dalam rencana tata ruang kota, dengan tujuan menghubungkan berbagai kawasan mulai dari yang mempunyai fungsi utama, hingga fungsi sekunder tingkat pertama, kedua, ketiga, dan seterusnya, sampai menjangkau areal permukiman

#### **2.1.5 Status Jalan**

Sesuai dengan PP No. 34 Tahun 2006, jalan dikelompokkan menjadi lima jenis berdasarkan fungsi yang dimilikinya:

- a. Jalan nasional, merupakan jalan yang dikelola oleh pemerintah pusat yang berfungsi untuk mengkoneksikan antar ibukota provinsi yang mencakup:
- Jalan arteri primer;
  - Jalan kolektor primer yang menghubungkan antar ibukota provinsi;
  - Jalan tol;
  - Jalan strategis nasional.
- b. Jalan provinsi adalah jalan umum yang diatur oleh pemerintah provinsi, dengan fungsi mengintegrasikan antara ibu kota provinsi dan ibu kota kabupaten atau kota, yang terdiri dari:
- Jalan kolektor primer yang mengkoneksikan ibukota provinsi dengan ibukota kabupaten atau kota;
  - Jalan kolektor primer yang mengkoneksikan antar ibukota kabupaten atau kota;
  - Jalan strategis provinsi;
  - Jalan di Daerah Khusus Ibukota Jakarta.
- c. Jalan kabupaten adalah jenis jalan umum yang menjadi kewenangan dan tanggung jawab pengelolaan pemerintah kabupaten. Jalan ini berperan menyambungkan wilayah kabupaten dan kecamatan, kabupaten dengan pusat pemerintahan desa, kecamatan dengan desa, serta antar desa. Jalan kabupaten mencakup:
- Jalan kolektor primer yang berada di luar kategori jalan nasional maupun jalan provinsi;
  - Jalan lokal primer berfungsi mengkoneksikan ibu kota kabupaten dengan ibu kota kecamatan, pusat pemerintahan desa, sesama ibu kota kecamatan, antara ibu kota kecamatan dan desa, serta antar desa.;
  - Jalan sekunder yang tidak tergolong sebagai jalan provinsi maupun jalan sekunder dalam wilayah perkotaan;
  - Jalan strategis kabupaten.
- d. Jalan kota merupakan jalan yang diatur oleh pemerintah kota adalah dan berada pada jaringan jalan sekunder di dalam kota.

- e. Jalan desa merupakan bagian dari jalan lingkungan primer dan jalan lokal primer yang tidak diklasifikasikan sebagai jalan kabupaten, sebagaimana tercantum dalam Pasal 28 huruf B. Jalan ini terletak di wilayah perdesaan dan berperan sebagai jalur umum yang mengkoneksikan antarwilayah atau kawasan permukiman di dalam desa. Pengadaan jalan desa menjadi kewenangan pemerintah kabupaten.

#### **2.1.6 Klasifikasi Jalan Yang Terdiri Dari Spesifikasi Penyediaan Prasarana Jalan (SPPJ) dan Kelas Penggunaan Jalan**

1. Penggolongan jalan menurut spesifikasi penyediaan infrastruktur jalan mencakup sejumlah aspek penting, antara lain pengaturan akses masuk ke jalan, keberadaan persimpangan sebidang, jumlah serta lebar lajur, ketersediaan jalur median, dan pemasangan pagar pembatas.
2. Klasifikasi Jalan berdasarkan kelas jalan  
Menurut UU No. 22 tahun 2009 mengenai lalu lintas dan angkutan jalan, jalan dikelompokkan dalam beberapa kelas berdasarkan:
  - a. Fungsi serta tingkat intensitas lalu lintas menjadi dasar dalam aturan pemanfaatan jalan demi mendukung kelancaran arus lalu lintas dan transportasi jalan.
  - b. Kapasitas jalan dalam menahan beban sumbu terberat serta menyesuaikan dengan ukuran kendaraan bermotor.
    - Jalan kelas I merupakan jenis jalan arteri dan kolektor yang dirancang untuk dilintasi kendaraan bermotor dengan dimensi maksimal: lebar hingga 2.500 milimeter, panjang hingga 18.000 milimeter, tinggi maksimum 4.200 milimeter, sekaligus dapat menahan beban sumbu terberat sebesar 10 ton.;
    - Jalan kelas II mencakup jalan arteri, kolektor, lokal, dan lingkungan yang dirancang untuk kendaraan bermotor dengan batas dimensi maksimal: lebar hingga 2.500 milimeter, panjang tidak lebih dari 12.000 milimeter, tinggi maksimal 4.200 milimeter, sekaligus mampu menahan beban sumbu terberat sebesar 8 ton.

- Jalan kelas III meliputi jalan arteri, kolektor, lokal, dan lingkungan yang memungkinkan kendaraan bermotor melintas dengan batasan dimensi maksimum: lebar tidak lebih dari 2.100 milimeter, panjang maksimum 9.000 milimeter, tinggi paling tinggi 3.500 milimeter, serta daya dukung beban sumbu terberat hingga 8 ton.
- Jalan kelas khusus merupakan jenis jalan arteri yang dirancang untuk dilintasi kendaraan bermotor dengan dimensi melebihi standar, yaitu lebar lebih dari 2.500 mm, panjang lebih dari 18.000 mm, tinggi maksimum 4.200 mm, dan beban sumbu terberat di atas 10 ton.

Penetapan kelas pada tiap ruas jalan dilakukan oleh:

- a) Pemerintah, untuk jalan nasional;
- b) Pemerintah provinsi untuk jalan yang berada dalam kewenangan provinsi;
- c) Pemerintah kabupaten untuk jalan di wilayah kabupaten; dan
- d) Pemerintah kota, untuk jalan dalam kawasan perkotaan.

## 2.2 Perkerasan Jalan

Perkerasan merupakan komponen yang berkedudukan di atas tanah dasar, berperan sebagai pemisah antara roda kendaraan dan lapisan tanah di bawahnya. Lapisan ini harus mampu menyediakan permukaan yang halus namun memiliki tingkat kekasaran tertentu, tahan lama dalam penggunaan, serta membutuhkan perawatan minimal (Hardiyatmo, 2019:1)

Struktur perkerasan jalan tersusun atas beberapa lapisan material yang berkedudukan di atas tanah dasar. Setiap lapisan tersusun dari bahan-bahan granuler yang memiliki fungsi utama memberikan kekuatan struktural, terutama pada sistem perkerasan lentur. Material dengan mutu terbaik ditempatkan pada lapisan paling atas, sementara kualitasnya menurun ke arah bawah, seiring dengan berkurangnya tegangan akibat beban roda kendaraan yang menembus ke dalam lapisan (Hardiyatmo, 2019:1)

Menurut Hardiyatmo (2019:12), jenis-jenis perkerasan jalan yang seringkali diterapkan adalah:

- 1) Perkerasan lentur (*flexible pavement*)

Perkerasan lentur, atau yang juga dikenal sebagai perkerasan aspal, pada umumnya tersusun dari lapisan aspal yang dibangun di atas permukaan tanah dasar (Hardiyatmo, 2019:12).

## 2) Perkerasan kaku (*rigid pavement*)

Perkerasan kaku, yang juga dikenal sebagai perkerasan beton, banyak diterapkan pada jalan utama dan bandara. Perkerasan ini mencakup tanah dasar, lapisan pondasi bawah, dan pelat beton semen portland. Terlepas dari ada atau tidaknya tulangan (Hardiyatmo, 2019:15).

### 2.2.1 Fungsi Perkerasan Jalan

Fungsi utama dari perkerasan adalah untuk mendistribusikan beban kendaraan ke permukaan tanah dasar dengan cakupan area yang lebih besar dibandingkan luas kontak langsung antara roda dan permukaan perkerasan. Tujuan dari penyebaran ini adalah untuk menurunkan tegangan maksimum yang diterima tanah dasar, sehingga mencegah terjadinya distorsi yang signifikan selama umur layanan perkerasan. Secara garis besar, perkerasan jalan memiliki beberapa fungsi pokok (Hardiyatmo, 2019:3):

- 1) Menyediakan struktur yang kokoh dalam mendukung beban lalu lintas.
- 2) Menciptakan permukaan halus dan nyaman bagi pengguna jalan.
- 3) Menyediakan tingkat kekasaran permukaan yang memadai guna mencegah kendaraan tergelincir.
- 4) Sebagai media dalam penyebaran beban kendaraan ke tanah dasar dengan baik, sehingga tanah dasar terproteksi dari tekanan yang melebihi kapasitas.
- 5) Befungsi sebagai pelindung tanah dasar dari kondisi cuaca yang berubah-ubah.

Desain sistem perkerasan harus memastikan daya tahan yang baik, agar kuat dalam menghadapi pengaruh lingkungan seperti air, oksidasi, dan variasi temperatur. Material yang membentuk perkerasan jalan biasanya memiliki sensitivitas tinggi terhadap kadar air dan kondisi lingkungan. Kelembaban yang berlebihan dalam struktur perkerasan dapat berdampak

buruk pada kinerjanya. Peningkatan kadar air dapat mengurangi kekuatan dan kekakuan material granuler (tak terikat) serta menyebabkan pengembangan tanah dasar. Disisi lain, material granuler (pondasi dan pondasi bawah) dapat terkontaminasi oleh butiran halus dari tanah dasar yang terangkat dengan air (Hardiyatmo, 2019:4).

Perancangan yang ditinjau dalam aspek geoteknik difokuskan kepada (Hardiyatmo, 2019:4):

- 1) Pemilihan material lolos air dari lapis pondasi dan pondasi bawah yang tidak sensitif terhadap kelembaban air.
- 2) Stabilisasi tanah dasar yang sensitif terhadap perubahan kadar air.
- 3) Menyediakan pembuangan air (drainase) yang baik, terhadap air yang berinfiltrasi ke dalam sistem perkerasan.

### **2.3 Perkerasan Lentur**

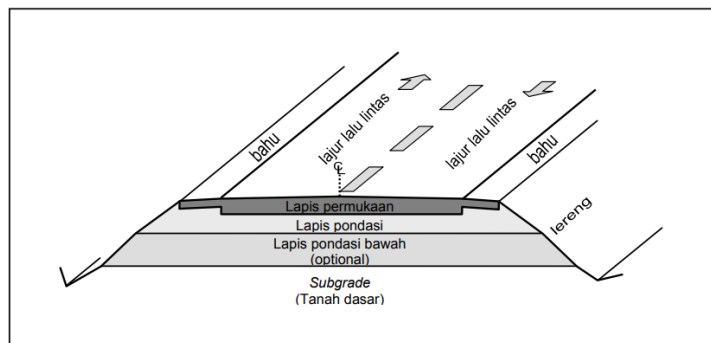
Perkerasan lentur merupakan gabungan antara batu pecah, pasir, bahan pengisi, dan aspal yang diaplikasikan serta dikompaksi di atas tanah dasar. Jenis perkerasan ini dirancang untuk mampu mengalami lenturan dan kembali ke bentuk semula seiring dengan gerakan tanah dasar di bawahnya (Hardiyatmo, 2019:153).

Secara umum, perkerasan lentur cocok digunakan pada jalan yang dilintasi kendaraan dengan volume beban lalu lintas ringan hingga sedang, meliputi jalan perkotaan, jalan yang memiliki sistem utilitas di bawah perkerasan, perkerasan bahu jalan, atau perkerasan yang dibangun secara berkelanjutan (Sukirman, 2010:11)

#### **2.3.1 Komponen-Komponen Perkerasan Lentur**

Berdasarkan penjelasan Sukirman (2010:12), struktur perkerasan lentur dibentuk oleh beberapa lapisan yang memiliki daya dukung yang semakin buruk ke arah bawah. Gambar 2.1 menunjukkan komposisi lapisan-lapisan tersebut.

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



Gambar 2. 1 Struktur perkerasan lentur

Sumber: Sukirman,2010:13

### 2.3.2 Lapis Permukaan

Lapis permukaan adalah bagian paling atas struktur perkerasan jalan, yang memiliki fungsi dasar sebagai (Sukirman,2010:14):

- 1) Menanggung beban vertikal yang ditimbulkan oleh kendaraan, sehingga setiap lapisan perkerasan harus tetap stabil sepanjang masa operasionalnya.
- 2) Lapisan aus (*wearing course*) berfungsi untuk merespons gaya gesek dan getaran yang timbul akibat pengereman roda kendaraan.
- 3) Lapis kedap air berfungsi untuk menghalangi air hujan yang mengenai lapis permukaan agar tidak menembus ke lapisan di bawahnya, yang dapat menyebabkan perkerasan rusak;
- 4) Lapis yang berperan mendistribusikan beban ke lapis pondasi.

Lapis permukaan perkerasan lentur dibuat dengan material perekat berbasis aspal, yang mengakibatkan terbentuknya lapisan yang tahan terhadap air, memiliki stabilitas tinggi, dan daya tahan yang baik selama masa pelayanan. Akan tetapi, karena terpapar langsung oleh roda kendaraan, hujan, serta perubahan suhu dingin dan panas, lapisan teratas ini cepat mengalami keausan dan kerusakan, maka dari itu disebut sebagai lapis aus. Di bawah lapis aus, terdapat lapisan yang menerapkan aspal sebagai bahan perekat, yang dikenal sebagai lapis permukaan antara (*binder course*). Lapis ini mempunyai peran untuk menanggung beban lalu lintas dan mengalirkan ke lapisan pondasi. Karena hal itu, lapis permukaan diklasifikasikan menjadi beberapa kategori (Sukirman, 2010:15):

- 1) Lapisan aus (*wearing course*) merupakan bagian ter atas dari perkerasan yang mengalami kontak langsung dengan roda kendaraan serta terpapar secara langsung oleh kondisi cuaca.
- 2) Lapisan antara (*binder course*) merupakan bagian dari perkerasan yang terletak di bawah lapisan aus dan berada di atas lapisan pondasi.

Lapis permukaan yang bertujuan untuk menjamin keamanan serta permukaan yang halus dan rata harus mengacu pada kriteria-kriteria tertentu (Hardiyatmo, 2019:156).

- 1) Menyediakan kekasaran atau tahanan terhadap slip.
- 2) Dapat memikul beban kendaraan dan deformasi selama jalan beroperasi.
- 3) Mampu menghalangi air masuk ke dalam struktur perkerasan.

Menurut Sukirman (2010:15) ada beberapa bidang permukaan yang biasanya diterapkan di Indonesia.

- 1) Laburan Aspal Satu Lapis, atau dikenal dengan istilah *surface dressing* (burtu), yakni jenis lapisan yang mengandung aspal yang disemprotkan, lalu ditaburi dengan satu lapis agregat bergradasi seragam berukuran maksimal 13 mm. Ketebalan burtu tidak boleh melebihi 2 cm.
- 2) Laburan Aspal Dua Lapis, atau *surface dressing* (burda), adalah jenis perkerasan yang dibentuk melalui dua kali penyemprotan aspal disertai penaburan agregat secara berurutan. Ketebalan akhir setelah pemadatan tidak boleh melebihi 3,5 cm. Lapisan pertama dari burda merupakan laburan satu lapis (burtu), dan kedua lapisan tersebut memanfaatkan agregat penutup dengan ukuran paling besar 9,5 mm (3/8 inci)
- 3) Lapis Tipis Aspal Pasir (Latasir), juga dikenal sebagai *Sand Sheet* (SS), yakni lapisan perkerasan yang menutupi permukaan jalan dengan campuran aspal dan agregat halus, pasir, atau kombinasi keduanya. Campuran ini dihamparkan dan dipadatkan pada temperatur yang telah ditetapkan. Latasir terbagi menjadi dua tipe, yaitu kelas A dan kelas B. Latasir kelas A memiliki tebal minimal 15 mm dan menggunakan agregat dengan ukuran paling besar No.4, sementara itu kelas B memiliki ketebalan minimal 20 mm dan memakai agregat berukuran maksimal 9,5 mm (3/8 inci). Jenis ini

diperuntukkan bagi jalan dengan tingkat lalu lintas ringan, yaitu kurang dari 0,5 juta lintas sumbu standar (lss).

- 4) Lapis Tipis Beton Aspal, dikenal juga sebagai *Hot Rolled Sheet* (Laston atau HRS), merupakan lapisan permukaan jalan yang mengaplikasikan agregat bergradasi tidak merata, dengan ukuran butiran maksimal mencapai 19 mm (3/4 inci).
- 5) Lapis Beton Aspal, atau dikenal sebagai *Asphalt Concrete* (Laston/AC), adalah lapisan perkerasan permukaan yang menggunakan agregat dengan gradasi bagus dan cocok diterapkan pada jalan dengan intensitas tinggi. Lapisan ini dibedakan menjadi dua jenis, yaitu lapisan aus dan lapisan antara. Laston Lapis Aus (*Asphalt Concrete Wearing Course – AC-WC*) digunakan agregat memakai ukuran maksimal 19 mm (3/4 inci) dan memiliki ketebalan minimal 40 mm dengan toleransi ketebalan  $\pm 3$  mm. Sementara itu, Laston Lapis Antara (*Asphalt Concrete Binder Course – AC-BC*) memakai agregat berukuran maksimal 25 mm (1 inci), dengan ketebalan minimal 50 mm dan toleransi  $\pm 4$  mm.
- 6) Lapis Penetrasi Macadam (Lapen) merupakan jenis perkerasan yang terbentuk dari kombinasi agregat utama dan agregat pengunci dengan gradasi sejenis. Setelah agregat pengunci dikompaksi, dilakukan penyemprotan aspal di atasnya, lalu ditambahkan agregat penutup yang kemudian dipadatkan kembali. Jenis lapisan ini sangat sesuai diimplikasikan bagi jalan dengan volume lintas tidak terlalu tinggi.
- 7) Lapis Asbuton Agregat (Lasbutag) merupakan kombinasi agregat dengan asbuton dan bahan peremaja yang diolah, disebar, dan dikompaksi dalam kondisi tanpa pemanasan tambahan. Lapisan ini memiliki ketebalan paling sedikit 40 mm, dengan ukuran agregat maksimal mencapai 19 mm (3/4 inci).

### **2.3.3 Lapis Pondasi**

Lapis pondasi (*base course*) yakni lapisan yang posisinya di bawah lapisan permukaan perkerasan. Lapisan ini berada di atas lapis pondasi bawah, atau langsung di atas tanah dasar jika tanpa memakai lapis pondasi bawah. Bahan

penyusunnya mencakup agregat seperti batu pecah, pasir batu (sirtu), terak pecah (*crushed slag*), atau kombinasi dari material-material tersebut (Hardiyatmo, 2019:160).

Lapis pondasi dan pondasi bawah dari perkerasan lentur memiliki dimensi tebal yang ekstra dibandingkan dengan lapis permukaan, karena diperlukan untuk mengalirkan tegangan yang dihasilkan oleh beban kendaraan. Dalam sistem lapisan perkerasan, kedua lapisan pondasi dan pondasi bawah memiliki peran yang penting dalam (Hardiyatmo, 2019:160):

- a) Meningkatkan kekakuan sistem perkerasan dan mempunyai daya tahan terhadap kelelahan (*fatigue*).
- b) Menghasilkan lapisan yang lebih tebal, sehingga beban perkerasan yang menekan ke tanah dasar dapat tersalurkan dengan baik.

Lapisan pondasi atas di dalam sistem lapisan perkerasan memiliki maksud sebagai berikut (Sukirman, 2010:23):

1. Komponen struktur perkerasan yang berfungsi memikul beban vertikal dari kendaraan dan mendistribusikannya ke lapisan di bawahnya.
2. Lapisan yang berfungsi menyerap air dan diaplikasikan pada pondasi bawah.
3. Lapisan penyangga atau tempat dudukan bagi lapisan permukaan.

Lapisan pondasi harus memiliki ketahanan terhadap deformasi yang lebih besar dibandingkan tanah dasar. Selain itu, lapisan ini juga perlu memiliki ketahanan terhadap proses pelapukan, mengingat posisinya yang lebih terbuka dan kurang terlindungi dibandingkan tanah dasar. Oleh karena itu, material yang sifat stabilitasnya mudah terpengaruh oleh air tidak boleh digunakan dalam konstruksi lapisan pondasi (Hardiyatmo, 2019:161).

Menurut Sukirman (2010:23) ada beraneka macam jenis lapisan pondasi yang lazim dipakai di Indonesia, yaitu:

1. Laston Lapis Pondasi, atau *Asphalt Concrete Base (AC-Base)*, merupakan jenis laston yang difungsikan sebagai lapisan pondasi. Lapisan ini memiliki ketebalan minimal 60 mm dengan batas penyimpangan  $\pm 5$  mm, dan menggunakan agregat dengan ukuran maksimal 37,5 mm (1,5 inci).

2. Lasbutag sebagai lapisan pondasi merupakan hasil pencampuran agregat asbuton dengan bahan peremaja, yang kemudian dihampar dan dikompaksi pada suhu rendah. Lapisan ini memiliki ketebalan paling sedikit 50 mm, dengan ukuran butiran agregat maksimal mencapai 25 mm.
3. Lapis Penetrasi Macadam (Lapen), sebagaimana telah dijelaskan sebelumnya, juga dapat difungsikan sebagai lapisan pondasi, namun dalam penerapannya tidak melibatkan penggunaan agregat penutup.
4. Lapis Pondasi Agregat merupakan lapisan pondasi yang tersusun atas butiran agregat. Berdasarkan gradasinya, jenis ini terbagi menjadi dua, yaitu agregat Kelas A dan agregat Kelas B. Setiap lapisan harus memiliki ketebalan minimum sebesar dua kali ukuran agregat terbesar yang digunakan
5. Lapis Pondasi Tanah Semen merupakan lapisan yang dibentuk dari tanah pilihan yang diambil dari lokasi sekitar, seperti tanah lempung atau tanah berbutir halus seperti pasir dan kerikil berpasir dengan tingkat plastisitas rendah. Campuran ini kemudian dicampur dengan proporsi semen dan air tertentu, baik di tempat pekerjaan maupun di tempat pencampuran terpusat, hingga homogen serta menawarkan kekuatan dukung yang memadai sebagai lapisan pondasi.
6. Lapis Pondasi Agregat Semen (LFAS) merupakan lapisan pondasi yang terbuat dari agregat Kelas A, B, atau C yang dicampur dengan semen. Lapisan ini berfungsi sebagai lapis pondasi dan wajib diaplikasikan di atas lapisan pondasi bawah yang menggunakan agregat Kelas C.

#### **2.3.4 Lapis Pondasi Bawah**

Lapis pondasi bawah adalah lapisan perkerasan yang posisinya terletak diantara lapisan pondasi dan tanah. Menurut Hardiyatmo (2019:161) Maksud dari lapisan pondasi bawah adalah untuk mendistribusikan beban yang dapat diaplikasikan dengan biaya investasi yang kecil. Material untuk lapis pondasi bawah (*subbase course*) mempunyai kualitas yang terjelek dibandingkan dengan lapis pondasi (*base course*) mengenai daya tahan, sifat plastis serta susunan ukuran butiran, tetapi tetap lebih baik daripada tanah dasar. Oleh karena

itu, pondasi bawah dapat beragam, asalkan memenuhi persyaratan ketebalan yang dirancang.

Lapisan pondasi bawah diterapkan apabila kondisi tanah dasar sangat tidak mendukung maupun material untuk lapis pondasi tidak tersedia di area proyek. Namun, apabila tanah dasar telah masuk kriteria teknis untuk diaplikasikan sebagai lapisan pondasi bawah, dengan demikian pembangunan lapis pondasi dapat diabaikan.

Lapis pondasi bawah (*subbase course*) memiliki banyak fungsi diantara lain (Sukirman, 2010:26):

1. Merupakan elemen dari struktur perkerasan yang berfungsi menopang serta mentransfer beban lalu lintas dari permukaan jalan ke tanah pendukung di bawahnya. Lapisan ini dituntut mengandung kestabilan yang baik dengan nilai CBR paling rendah 20% dan indeks plastisitas tidak melebihi 10%.
2. Memungkinkan pemanfaatan material yang lebih ekonomis secara lebih optimal, sehingga dapat menurunkan kebutuhan ketebalan pada lapisan-lapisan perkerasan di atasnya.
3. Pemasangan lapisan awal memiliki peran krusial dalam kelancaran pelaksanaan konstruksi, terutama ketika kondisi di lokasi menuntut perlindungan tanah dasar dari perubahan cuaca atau ketika tanah dasar tidak cukup kuat menahan tekanan dari peralatan berat.
4. Bertugas untuk mencegah pergerakan partikel halus dari tanah dasar agar tidak menyusup ke dalam lapisan pondasi.

Menurut Soedarsono (1987:90), syarat-syarat untuk *sub base* pada dasarnya tidak berbeda dengan base, namun butir-butir batuan tidak harus berasal dari batu pecah. Untuk mengurangi budget, sebaiknya digunakan batuan alam/asli yang tidak usah diproses terlebih dulu. Hanya jika menggunakan batu kali atau batu gunung, batu tersebut perlu dibelah menjadi batu belah dengan ukuran maksimum sekitar 20 cm dan berbentuk pipih dengan ketebalan 5-7 cm. Perkerasan bawah yang lazim dipakai di Indonesia adalah:

1. Batu belah dengan balast pasir (konstruksi sistim *Telford*).
2. Dengan sirtu atau tanah sirtu (*pit-run gravel*).

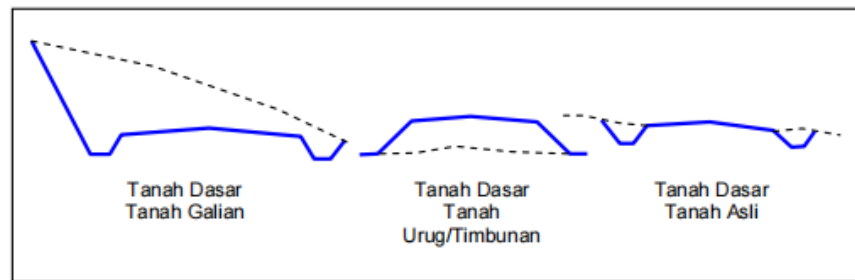
### 2.3.5 Lapis Tanah Dasar

Tanah dasar yakni komponen krusial dalam konstruksi jalan, karena ia mendukung seluruh struktur jalan dan beban kendaraan yang ada di atasnya. Kekuatan tanah juga berakibat pada biaya pembangunan jalan, karena hal ini menentukan seberapa tebal atau tipis lapisan perkerasan yang diperlukan (Soedarsono, 1987:126).

Struktur perkerasan jalan memiliki peran penting dalam melindungi tanah dasar serta meneruskan beban kendaraan ke lapisan tersebut. Jika tanah dasar tidak memberikan dukungan yang cukup, maka perkerasan akan mengalami rusak yang lebih cepat. Oleh karena itu, perlindungan terhadap tanah dasar sangat penting agar tetap stabil di tengah pengaruh kondisi lalu lintas dan perubahan cuaca. Apabila tanah dasar menerima beban yang melebihi kemampuannya, dapat terjadi perubahan bentuk yang berlebihan, yang pada akhirnya menimbulkan gelombang pada permukaan jalan dan berpotensi mengakibatkan kerusakan structural (Hardiyatmo, 2019:32).

Sukirman (2010:29) mengklasifikasikan lapis tanah dasar menjadi tiga kategori, yaitu:

1. Tanah dasar alami adalah permukaan tanah asli di lokasi jalan. Cukup dibersihkan dan dipadatkan bagian atas 30-50 cm untuk persiapan. Sampel uji diambil setelah lokasi dibersihkan.
2. Tanah dasar timbunan adalah lapisan yang berada di atas tanah asli. Dalam proses pembuatannya, perlu diperhatikan kepadatan yang diinginkan. Contoh tanah untuk uji daya dukung diambil dari lokasi urugan.
3. Tanah dasar galian adalah lapisan yang berada di bawah tanah asli. Termasuk dalam kategori ini adalah penggantian tanah asli setebal 50-100 cm jika daya dukungnya tidak memadai. Dalam proses pembuatannya, perlu diperhatikan tingkat kepadatan yang diinginkan. Contoh tanah untuk uji daya dukung diambil dari elevasi lapisan tanah dasar. Jenis lapis tanah dasar dilihat dari elevasi muka tanah asli dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2. 2 Tipe Tanah Dasar Berdasarkan Elevasi Dari Permukaan Tanah Asli Di Lokasi Proyek.

Sumber: Sukirman, 2010:29

Untuk pembangunan jalan baru uji tanah harus diambil dari tanah dasar dibawah rencana perkerasan. Hasil pengujian tanah tersebut akan menjadi dasar pertimbangan dalam perencanaan perkerasan. Untuk perancangan yang didasarkan pada daya dukung tanah dasar, maka dapat diuji DCP (*Dynamic Cone Penetrometer*) di lapangan dan dapat dilakukan juga uji CBR laboratorium sebagai data pendukung. (Hardiyatmo, 2019:548).

Berdasarkan Manual Desain Perkerasan Jalan No. 03/M/BM/(2024:6–9), proses perancangan jalan mengharuskan pembagian ruas menjadi segmen-segmen yang memiliki kondisi tanah dasar yang relatif homogen, tanpa perbedaan karakteristik yang mencolok. Identifikasi awal segmen bisa dilangsungkan melalui studi dokumen dan survei lapangan, dengan mempertimbangkan faktor-faktor seperti kondisi geologi, jenis tanah (pedologi), sistem drainase, kontur wilayah (topografi), serta sifat-sifat geoteknik seperti komposisi butiran tanah dan tingkat plastisitasnya.

Secara umum, pemilihan segmen dengan kondisi seragam sebaiknya tidak terlalu pendek. Bila nilai CBR yang diperoleh menunjukkan variasi signifikan, perlu dilakukan analisis perbandingan antara keuntungan dan biaya—baik untuk membagi ruas menjadi segmen-segmen pendek sesuai fluktuasi nilai CBR, atau menetapkan segmen yang lebih panjang dengan mengacu pada nilai CBR yang lebih konservatif. Jika dalam suatu segmen

ditemukan nilai CBR < 10, maka nilai terendah tersebut dapat dijadikan acuan.

### **2.3.6 Tanah Lunak**

Tanah lunak didefinisikan sebagai tanah yang berada dalam kondisi konsolidasi wajar atau sedikit berlebih, biasanya terdiri dari lempung atau lempung kelanauan. Tanah ini memiliki CBR di bawah 2,5%, kekuatan geser (cu) kurang dari 7,5 kPa, dan biasanya ditunjukkan dengan nilai indeks plastisitas (IP) > 25 (Manual Desain Perkerasan Jalan No. 03/M/BM/2024:6-13).

### **2.4 Perancangan Perkerasan Lentur**

Secara umum ditunjukkan pada hitungan tebal masing-masing komponen pembentuk strukturnya agar memenuhi syarat pelayanan pada periode waktu rancangan yang ditentukan. Perbedaan mendasar dari perancangan perkerasan bila dibandingkan dengan perancangan bangunan sipil yang lain, adalah pada bangunan sipil, umumnya perancangan didasarkan pada kondisi keruntuhan, pada waktu segera, atau setelah periode waktu tertentu dengan kualitas bahan yang relatif (dianggap) sama dengan kondisi awalnya. Dalam merancang perkerasan, perlu diperhatikan penurunan kualitas bahan yang terjadi secara bertahap seiring waktu berlalu. Penurunan kualitas ini dipengaruhi oleh mutu komponen yang dipakai, besarnya beban lalu lintas, frekuensi pengulangan beban lalu lintas, dan kondisi lingkungan (Hardiyatmo, 2019:163).

### **2.5 Desain Perkerasan Jalan Metode Bina Marga Manual Desain Perkerasan Jalan (MDP) 2024**

Metode manual desain perkerasan Nomor 03/M/BM/2024 atau MDP 2024 sebagai pembaharuan dari edisi 2017 untuk menyesuaikan dengan pedoman teknis jalan dan jembatan. Metode ini juga menggabungkan pedoman teknis untuk perencanaan dan desain perkerasan jalan, serta pemeliharaan perkerasan dengan mempertimbangkan daya dukung tanah dasar dan evaluasi ulang nilai teknis material lokal. Dalam perencanaan struktur perkerasan lentur, Manual Desain Perkerasan (MDP) 2024 mengadopsi metode gabungan antara pendekatan mekanistik dan empiris. Pendekatan ini menghasilkan bagan desain

sebagai dasar untuk perancangan. Beberapa parameter digunakan untuk menentukan ketebalan lapisan perkerasan yang paling sesuai secara teknis.

### 2.5.1 Umur Rencana (UR)

Umur rencana ialah parameter dalam perhitungan akumulasi lintasan kendaraan selama masa layanan jalan, terhitung sejak awal masa penggunaannya (Sukirman, 2010:121). Untuk menentukan umur rencana dari konstruksi jalan baru, bisa mengacu pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Umur Rencana Perkerasan Jalan Baru (UR)

Jenis Perkerasan	Komponen Perkerasan	Umur Rencana
Perkerasan Lentur	Lapisan aspal serta lapisan berbutir	20 Tahun
	Struktur Fondasi Jalan	40 Tahun
	Semua perkerasan yang terdapat di wilayah di mana pelapisan ulang ( <i>overlay</i> ) tidak dapat dilaksanakan, semisal pada jalan perkotaan, <i>underpass</i> , jembatan, dan terowongan.	
	<i>Cement Treated Based (CTB)</i>	
Perkerasan Kaku	Lapis pondasi atas, lapis pondasi bawah, lapis beton semen, serta struktur fondasi jalan	
Jalan Penutup	Tanpa Seluruh komponen (termasuk fondasi jalan)	Minimum 10 Tahun

Sumber: (Manual Desain Perkerasan Jalan No. 03/M/BM/2024:2-1)

### 2.5.2 Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas

Faktor pertumbuhan lalu lintas berdasarkan data (*historical growth data*) atau melalui korelasi dengan faktor pertumbuhan lain yang berlaku. Disajikan tabel 2.2 nilai faktor pertumbuhan lalu lintas didasarkan oleh tipe jalan dan pulau.

Tabel 2. 2 Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas

	Jawa	Sumatra	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: (Manual Desain Perkerasan Jalan No. 03/M/BM/2024:4-2)

### 2.5.3 Faktor Distribusi Arah dan Distribusi Lajur

Dalam perencanaan jalan dengan dua atau lebih lajur searah, penyesuaian terhadap total beban sumbu ekuivalen (ESA) dilakukan menggunakan koefisien distribusi lajur. Informasi rinci mengenai faktor ini tersedia dalam Tabel 2.3.

Tabel 2. 3 Faktor Distribusi Lajur

Banyaknya lajur dalam setiap arah	Persentase kendaraan niaga yang menggunakan lajur desain dibandingkan total kendaraan niaga (%)
1	100
2	80
3	60
4	50

Sumber: (Manual Desain Perkerasan Jalan No. 03/M/BM/2024:4-3)

Untuk jalan dua arah, faktor distribusi arah (DD) biasanya digunakan nilai sebesar 0,50. (Manual Desain Perkerasan Jalan No. 03/M/BM/2024:4-3)

### 2.5.4 Nilai VDF Masing-Masing Kendaraan Niaga

Dalam perencanaan struktur perkerasan, beban lalu lintas diubah dalam beban sumbu setara (ESA) dengan memakai Faktor Kerusakan Kendaraan (*Vehicle Damage Factor/VDF*). Perhitungan tebal perkerasan bertumpuan pada akumulasi total ESA yang melintas di lajur desain selama masa layanan jalan. Karena beban gandar dari kendaraan pribadi serta kendaraan ringan hingga menengah cenderung kecil, kontribusinya terhadap kerusakan struktural dianggap tidak signifikan. Informasi mengenai nilai VDF untuk tiap jenis

kendaraan niaga dapat ditemukan pada Tabel 2.4 (Manual Desain Perkerasan Jalan No. 03/M/BM/2024:4-1).

Tabel 2. 4 Nilai VDF Masing-Masing Kendaraan Niaga

Kondisi	Kelas Kendaraan	Gol 5B	Gol 6A	Gol 6B	Gol 7A1	Gol 7A2	Gol 7A3	Gol 7B1	Gol 7B2	Gol 7B3	Gol 7C1	Gol 7C2A	Gol 7C2B	Gol 7C3	Gol 7C4
VDF 4	Faktual	1,2	0,5	2,2	8,1	14,3	-	10,2	16,9	-	9,8	15,5	21,4	21,7	-
	Normal	1,2	0,5	0,6	2,9	4,4	-	4,6	7,1	-	4,8	8,3	7,6	9,4	-
VDF5	Faktual	1,2	0,4	2,9	12,4	28,5	-	16,2	25,7	-	15,8	26,5	42,2	42,5	-
	Normal	1,3	0,4	0,6	3,4	6	-	5,2	8,4	-	5,9	11,7	10,8	13,9	-

Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan No. 03/M/BM/2024:H-6

### 2.5.5 Menghitung Nilai (R)

Perkiraan volume lalu lintas selama umur rencana ditentukan dengan menggunakan faktor pertumbuhan kumulatif (*Cumulative Growth Factor*).

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

dengan:

R = Faktor akumulasi pertumbuhan lalu lintas.

I = Tingkat pertumbuhan lalu lintas tahunan (%).

UR = Nilai Umur Rencana (tahun)

### 2.5.6 Menghitung Beban Sumbu Standar Kumulatif

*Cumulative Equivalent Single Axle Load* (CESAL), atau beban sumbu standar kumulatif, adalah akumulasi beban sumbu lalu lintas desain pada lajur yang direncanakan selama umur rencana, yang ditentukan dengan cara berikut:

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

dengan:

$ESA_{TH-1}$  :Kumulatif lintasan sumbu standar ekuivalen (*equivalent standard axle*) di tahun pertama.

$LHR_{JK}$  : Rata-rata jumlah kendaraan niaga yang melintas setiap hari (satuan kendaraan per hari).

$VDF_{JK}$  :Angka faktor ekivalen beban (*vehicle damage factor*) tiap

$DD$  :Faktor distribusi arah

$DL$  :Faktor distribusi lajur

R :Faktor akumulasi pertumbuhan lalu lintas

### 2.5.7 Menentukan Tebal Perkerasan

Menurut pedoman *Manual Desain Perkerasan Jalan No. 03/M/BM/2024* (halaman 3-1), pemilihan tipe perkerasan ditentukan berdasarkan sejumlah faktor seperti volume lalu lintas, umur rencana jalan, serta kondisi fondasi yang tersedia. Perancang wajib mengevaluasi pilihan desain dengan memperhitungkan total biaya terkecil sepanjang umur rencana, termasuk mempertimbangkan kendala teknis dan aspek kemudahan pelaksanaan di lapangan. Dalam menentukan alternatif struktur perkerasan, acuan utama adalah nilai *life cycle cost* yang telah didiskontokan dan paling efisien. Meskipun demikian, penggunaan bagan desain tetap dianjurkan sebagai tahap awal dalam proses perencanaan. Untuk perkerasan lentur, acuan bagan desain dapat ditemukan pada Tabel 2.5, sementara Tabel 2.6 memuat panduan desain untuk lapis fondasi.



Tabel 2. 5 Desain Perkerasan Lentur

STRUKTUR PERKERASAN								
	F(4)2	F(4)3	F(4)4	F(4)5	F(4)6	F(4)7	F(4)8	
	Untuk beban rencana <30 juta ESA5 Menggunakan Aspal Pen 60-70			Untuk beban rencana >30 juta ESA5 direkomendasikan menggunakan Aspal PG70				
Beban rencana 20 tahun (10 <sup>6</sup> ESA5)	>1 - 10	>10 - 17	>17 - 30	>30 - 40	>40 - 60	>60 - 90	>90 - 150	>150 - 200
Jenis permukaan berpegikat	AC							
Jenis lapis pondasi	Cement Treated Base (CTB)							
Tebal Perkerasan (mm)								
AC WC	40	40	50	50	40	50	50	50
AC BC	60	70	75	80	60	60	60	75
	-	-	-	-	70	-	-	-
AC Base	-	-	-	-	-	80	100	100
	-	-	-	-	-	-	-	-
CTB	300	300	300	300	300	300	300	300
Lapis Fondasi Agregat Kelas B	150	150	150	150	150	150	150	150
Timbunan Pilihan Berbutir Kasar Atau LFA Kelas C atau Stabilisasi Semen	200	200	200	200	200	200	200	200

- (1) Penggunaan aspal PG70 tidak wajib untuk lapisan AC Base apabila volume lalu lintas rencana melebihi 30 juta ESA5.
- (2) Lapisan dapat dibentuk menggunakan timbunan pilihan berbutir kasar yang memiliki nilai CBR minimal 30%, indeks plastisitas (PI) antara 6 hingga 15, serta ukuran butiran maksimum 50 mm; alternatif lainnya adalah menggunakan LFA Kelas C atau campuran stabilisasi semen dengan kuat tekan (UCS) sebesar 10 kg/cm<sup>2</sup>. Apabila ketiga jenis material tersebut, termasuk alat untuk proses stabilisasi, tidak tersedia, maka lapisan ini bisa digantikan dengan LFA Kelas B setebal 200 mm, asalkan biaya pengadaannya setara atau lebih rendah.
- (3) Khusus untuk AC WC dan AC BC.

*Sumber: (Manual Desain Perkerasan Jalan No. 03/M/BM/2024:7-17)*



Tabel 2. 6 Desain Fondasi Jalan

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)		
			<10	>10	
Tebal minimum perbaikan tanah dasar (mm)					
5	SG5	Perbaikan tanah dengan material timbunan pilihan (CBR >10%)	200	200	200
4	SG4		300	400	400
3	SG3			600	600
2,5	SG2.5				
Kekuatan tanah dasar <2,5 % atau tanah lunak			Apabila ketebalan lapisan tanah lunak melebihi 1 meter, maka diperlukan penanganan khusus berdasarkan kajian geoteknik. Namun, jika ketebalannya kurang dari 1 meter, lapisan tersebut dapat digantikan dengan tanah timbunan, dengan ketebalan minimal setara, mengikuti ketentuan yang berlaku untuk tanah dengan klasifikasi SG 2.5 sesuai bagan desain ini.		
Tanah ekspansif			Penanganan dilakukan berdasarkan hasil kajian geoteknik mengenai tingkat potensi pemuaian, dengan cara menambahkan lapisan penutup setebal minimum 60 mm menggunakan material yang memiliki potensi pemuaian maksimum 1,5%. Di atas lapisan ini, wajib ditambahkan lapisan perbaikan dengan spesifikasi SG 2.5.		

Catatan:

1) Jika tanah dasar masih didominasi oleh material berbutir halus, maka baik pada perkerasan lentur maupun perkerasan kaku perlu ditambahkan lapisan setebal 200 mm. Lapisan ini dapat berupa timbunan pilihan dengan material berbutir kasar yang memiliki nilai CBR minimal 30%, indeks plastisitas (PI) antara 6 hingga 15, serta ukuran butiran maksimum 50 mm. Alternatif lain adalah menggunakan LFA Kelas C atau lapisan stabilisasi semen dengan nilai kekuatan tekan bebas (UCS) sebesar 10 kg/cm<sup>2</sup>.

2) Penanganan terhadap tanah ekspansif dapat dilakukan dengan merujuk pada Subbab 6.7, atau mengikuti acuan teknis dari beberapa dokumen pedoman, seperti Pedoman Konstruksi dan Bangunan PUPR mengenai Penanganan Tanah Ekspansif untuk Konstruksi Jalan (PdT-10-2005-B), serta pedoman penggunaan geomembran sebagai penghalang kelembaban vertikal (PdT-11-2004-B). Selain itu, referensi internasional seperti *Austroads Guide to Pavement Technology Part 4I: Earthworks Materials (AGPT04I-0)* juga dapat dijadikan rujukan tambahan.

*Sumber: (Manual Desain Perkerasan Jalan No. 03/M/BM/2024:6-15)*



Tabel 2.6 menunjukkan tebal minimum perbaikan tanah dasar apabila nilai CBR kurang dari 6% maka tanah harus diperbaiki dengan cara menggunakan timbunan dengan menggunakan material timbunan pilihan yang memiliki nilai  $CBR \geq 10\%$ .

## **2.6 Desain Perkerasan Lentur Dengan Metode AASHTO 1993**

Hardiyatmo (2019:166), struktur perkerasan lentur terbagi atas lapisan-lapisan. Ketika menentukan ketebalan perkerasan, hal pertama yang harus dilakukan adalah penetapan angka struktural.

### **2.6.1 Umur Rencana**

Umur rencana untuk perkerasan jalan baru biasanya ditetapkan selama 20 tahun. Jika melebihi 20 tahun dianggap pemborosan biaya karena besarnya peningkatan lalu lintas dan sulit mencapai ketelitian yang tinggi (Alamsyah, 2003:102).

Ditetapkan umur rencana selama 20 tahun sebagai acuan untuk penentuan ketebalan perkerasan lentur menggunakan pedoman AASHTO 1993.

### **2.6.2 Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas**

Setiap tahun, jumlah kendaraan yang menggunakan jalan mengalami peningkatan. Faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan lalu lintas mencakup perkembangan daerah, peningkatan kesejahteraan masyarakat, dan naiknya kemampuan untuk membeli kendaraan. Pertumbuhan lalu lintas dinyatakan dalam persen (Alamsyah, 2003:107).

Karena tidak adanya data histori mengenai Lalu Lintas Harian Rerata dari tahun ke tahun maka digunakan nilai sebesar 4,8%.

### **2.6.3 Faktor Distribusi Lajur Dan Arah**

Salah satu langkah yang umum dilakukan dalam menentukan arah dan lajur rancangan adalah dengan menghitung volume lalu lintas di jalan raya. Untuk menentukan nilai lalu lintas pada lajur yang direncanakan, perlu diketahui terlebih dahulu nilai faktor distribusi lajur (DL) yang dapat diperoleh dari Tabel 2.7.

Tabel 2. 7 Faktor Distribusi Lajur

Total lajur per arah	Presentase kendaraan niaga pada lajur rencana (%terhadap populasi kendaraan niaga)
1	100
2	80-100
3	60-80
4	50-75

Sumber: AASHTO 1993 II-9

Sedangkan Faktor distribusi arah (*DD*) dapat diambil:

$$DD = 0,3 - 0,7 \text{ (umumnya diambil } 0,5 \text{ )}$$

#### 2.6.4 Menentukan Nilai Ekuivalen (E) Masing-Masing Kendaraan

Menurut Sukirman (2010:50) menjelaskan bahwa beban lalu lintas bersumber dari bermacam-macam tipe kendaraan yang memiliki konfigurasi sumbu dan bobot yang beragam. maka, diperlukan suatu angka ekuivalen (E) untuk mengubah beragam lintasan sumbu menjadi lintasan sumbu standar. Penyamaan ini bertujuan untuk merepresentasikan dampak kerusakan terhadap struktur perkerasan, sehingga nilai E mencerminkan jumlah lintasan sumbu standar yang setara dengan efek kerusakan dari satu lintasan sumbu atau kendaraan tertentu. Informasi mengenai nilai angka ekuivalen akibat beban sumbu dapat ditemukan pada Tabel 2.8.

Tabel 2. 8 Angka Ekuivalen Kendaraan

Beban Sumbu (kg)	Angka Ekuivalen	
	Sumbu Tunggal	Sumbu Ganda
1000	0,0002	-
2000	0,0036	0,0003
3000	0,0183	0,0016
4000	0,0577	0,005

Tabel 2. 8 (Lanjutan)

Beban Sumbu	Angka Ekuivalen	
	Sumbu Tunggal	Sumbu Ganda
(kg)		
5000	0,141	0,0121
6000	0,2923	0,0251
7000	0,5415	0,0466
8000	0,9238	0,0794
8160	1,000	0,086
9000	1,4798	0,1273
10000	2,2555	0,194
11000	3,3022	0,284
12000	4,677	0,4022
13000	6,4419	0,554
14000	8,6647	0,7452
15000	11,4184	0,982
16000	14,7815	1,2712

Sumber : SKBI 2.3.26 1987/SNI 03-1732-1989

### 2.6.5 Menentukan Lintas Ekuivalen Kumulatif (W18)

Beban lalu lintas sesuai AASHTO 1993 dinyatakan dalam repetisi lintasan sumbu standar selama umur rencana (W18). Dapat dilihat pada rumus 2.3

$$W18 = \sum LHRT_i \times E \times DD \times DL \times 365 \times N \dots \dots \dots (2.3)$$

dengan:

W18 = repetisi beban lalu lintas selama umur rencana, lss/lajur/umur rencana

LHRT = Lalu lintas Harian Rata-rata Tahunan, kendaraan/hari/2 arah

E = angka ekuivalen jenis kendaraan

- DD = faktor distribusi arah,
- DL = faktor distribusi lajur, digunakan untuk menunjukkan distribusi kendaraan ke lajur rencana.
- 365 = jumlah hari dalam satu tahun
- N = faktor umur rencana

N dihitung melalui pendekatan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$N = \frac{(1+i)^{UR}-1}{i} \dots\dots\dots(2.4)$$

dengan:

- N = faktor umur rencana
- UR = umur rencana, tahun
- i = pertumbuhan lalu lintas pertahun (%/tahun)

**2.6.6 Kemampuan Pelayanan (*Serviceability*)**

Saat jalan mulai dibuka dan dilintasi oleh kendaraan seiring bertambahnya waktu kemampuan pelayanan akan menurun. Laju penurunan pelayanan tergantung dengan prosedur perawatan rutin terhadap perkerasan jalan

Tingkat pelayanan awal ( $p_o$ ) ditentukan oleh kualitas kerataan permukaan perkerasan saat awal digunakan, sedangkan tingkat pelayanan akhir ( $p_t$ ) dipengaruhi oleh kekasaran atau kerusakan jalan yang masih memberikan peluang kendaraan untuk melintas sebelum pelaksanaan perbaikan.

Dalam perancangan, dibutuhkan pemilihan indeks pelayanan awal ( $p_o$ ) dan indeks pelayanan akhir ( $p_t$ ) AASHTO (1993) menyarankan nilai masing masing indeks pelayanan awal ( $p_o$ ) dan indeks pelayanan akhir ( $p_t$ ) sebagai berikut:

- Perkerasan aspal  $p_o = 4,2$
- Jalan raya utama,  $p_t = 2,5$

Maka Kehilangan kemampuan pelayanan total (*total loss off serviceability*) dinyatakan oleh:

$$\Delta PSI = p_o - p_t \dots\dots\dots(2.5)$$

dimana:

$\Delta PSI$  = Jumlah total kehilangan kemampuan pelayanan.

$p_o$  = Nilai kemampuan pelayanan awal rencana.

$p_t$  = Nilai kemampuan pelayanan akhir rencana.

### 2.6.7 Reabilitas (*Reability*, R) dan Standar Deviasi Normal ( $Z_R$ )

Reabilitas mencerminkan besarnya peluang bahwa perkerasan yang direncanakan akan tetap memberikan kinerja yang baik sepanjang masa operasional. Angka R dipergunakan untuk mengatasi potensi kesalahan dalam mengestimasi volume lalu lintas (Hardiyatmo, 2019:167).

Tabel 2.9 disajikan nilai R yang berdasarkan pada tipe jalan sedangkan tabel 2.10 merupakan nilai  $Z_R$  atau standar deviasi normal yang didasarkan pada nilai R yang diperoleh dari tabel 2.9.

Tabel 2. 9 Nilai R Untuk Tipe Jalan

Tipe Jalan	Nilai (R) %	
	perkotaan ( <i>urban</i> )	Pedesaan ( <i>rural</i> )
Jalan bebas hambatan ( <i>freeway</i> )	90-99,99	85-99,99
Utama	85-99	80-95
Arteri	80-99	75-95
Kolektor	80-95	75-95
Lokal	50-85	50-80

Sumber: AASHTO 1993 II-9

Tabel 2. 10 Hubungan Nilai R Dengan  $Z_R$

R(%)	$Z_R$	R(%)	$Z_R$
50	0	93	-1,476
60	-0,253	94	-1,555
70	-0,524	95	-1,645
75	-0,674	96	-1,751
80	-0,841	97	-1,881
85	-1,037	98	-2,054
90	-1,282	99	-2,327
91	-1,340	99,99	-3,09
92	-1,405	99,99	-3,75

Sumber: AASHTO 1993 I-62

**2.6.8 Deviasi standar keseluruhan (overall standard deviation,  $S_o$ )**

Deviasi standar keseluruhan (overall standard deviation,  $S_o$ ) yakni tolak ukur yang dipergunakan dalam mempertimbangkan keberagaman dari input data. Dalam AASHTO (1993) merekomendasikan:

Perkerasan lentur:  $S_o$  di antara 0,40 - 0,50

Direkomendasikan dalam AASHTO (1993), perkerasan lentur (aspal):

$$S_o = 0,45$$

**2.6.9 Koefisien Drainase ( $m$ )**

Koefisien drainase sangat diperlukan dalam perancangan perkerasan lentur untuk mencegah pengaruh drainase terhadap kinerja lapis pondasi dan lapis pondasi bawah (Hardiyatmo, 2019:177)

Penilaian terhadap koefisien drainase dilakukan dengan mempertimbangkan mutu sistem drainase serta jumlah hari hujan efektif dalam satu tahun, karena kedua faktor ini dapat memengaruhi kinerja perkerasan jalan. Rincian klasifikasi mutu drainase dapat dilihat pada Tabel 2.11.

Tabel 2. 11 Kualitas Drainase

Kualitas Drainase	Air tersingkir dalam waktu
Sempurna	2 jam
Baik	1 hari
Sedang	1 minggu
Buruk	1 bulan
Sangat Buruk	Air tidak mengalir

Sumber: AASHTO,1993 II-22

Setelah mengetahui kualitas drainase maka selanjutnya menghitung nilai persen hari efektif hujan dalam setahun yang akan mempengaruhi perkerasan (P) dengan dengan rumus sebagai berikut:

$$P = \frac{T_j}{24} \times \frac{T_h}{365} \times WL \times 100 \dots\dots\dots(2.6)$$

dengan,

- P = Persen hari efektif hujan dalam setahun yang akan mempengaruhi perkerasan (%)
- Tj = Frekuensi hujan rata – rata harian (jam)
- Th = Frekuensi rata-rata hujan tahunan (hari)
- WL = Faktor air hujan yang masuk ke pondasi jalan
- C = Koefisien pengaliran

Sebelum menghitung nilai P maka perlu menghitung WL terlebih dahulu dengan rumus sebagai berikut:

$$WL = 1 - C \dots\dots\dots(2.7)$$

Dalam tabel 2.12 disajikan koefisien pengaliran yang direkomendasikan oleh Bina Marga (1990)

Tabel 2. 12 Koefisien Pengaliran (C)

No	Kondisi Permukaan Tanah	Koefisien Pengaliran (C)
1	Jalan Beton dan Aspal	0,70 - 0,95
2	Bahu Jalan :	
	Tanah berbutir halus	0,40 - 0,65
	Tanah berbutir kasar	0,10 - 0,20
	Batuan masif keras	0,70 - 0,85
	Batuan masif lunak	0,60 - 0,75

Sumber: (DPU-Bina Marga,1990 dalam Hardiyatmo 2020:177)

Setelah diketahui besaran nilai P maka dapat ditentukan untuk koefisien drainase dengan tabel 2.13.

Tabel 2. 13 Hubungan Kualitas Drainase Dengan (P)

Kualitas Drainase	Persen waktu struktur perkerasan dipengaruhi kadar air yang mendekati jenuh (P)			
	<1%	1-5%	5-25%	>25%
Sempurna	1,40-1,35	1,35-1,30	1,30-1,20	1,20
Baik	1,35-1,25	1,25-1,15	1,15-1,00	1,00
Sedang	1,25-1,15	1,15-1,05	1,00-0,80	0,80
Buruk	1,15-1,05	1,05-0,80	0,80-0,60	0,60

Sangat Buruk	1,05-0,95	0,95-0,75	0,75-0,40	0,40
--------------	-----------	-----------	-----------	------

Sumber: AASHTO,1993 II-25

### 2.6.10 Modulus Resilent (MR)

Modulus resiliens merupakan parameter yang menunjukkan seberapa baik tanah atau lapisan pondasi granular mampu menahan deformasi akibat beban yang diterapkan secara berulang. Umumnya, pada sebagian besar jenis tanah, peningkatan tegangan akan menyebabkan hubungan antara tegangan dan regangan menjadi bersifat nonlinier (Hardiyatmo, 2019:182).

Dalam menentukan nilai Modulus Resilent (MR) dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

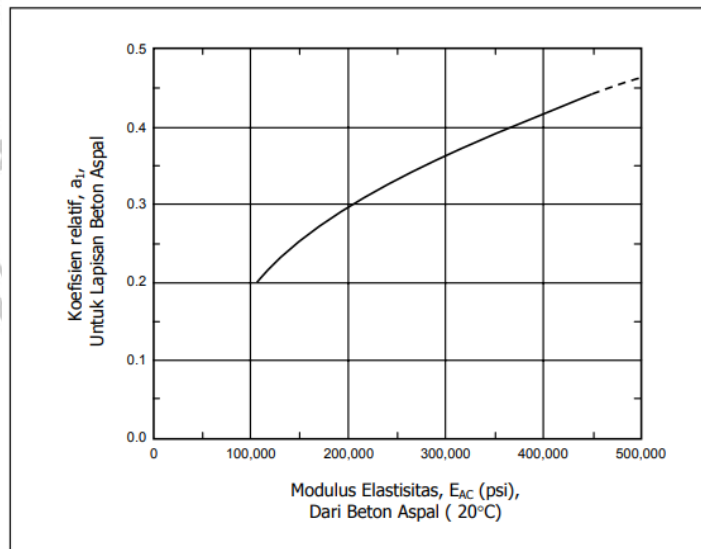
$$M_R = 1500 (\text{CBR}) \quad (\text{psi}) \dots \dots \dots (2,6)$$

### 2.6.11 Koefisien Lapisan (a)

Koefisien lapisan merupakan nilai empiris yang menunjukkan keterikatan antara ketebalan lapisan perkerasan dengan nilai Structural Number (SN).

a) Koefisien lapisan  $a_1$  (Laston).

Dapat ditentukan untuk nilai lapisan permukaan  $a_1$  ( $E_{ac}$ ) dapat diperkirakan dengan didasarkan modulus elastisitas aspal beton pada suhu (68°F) dengan gambar 2.3.

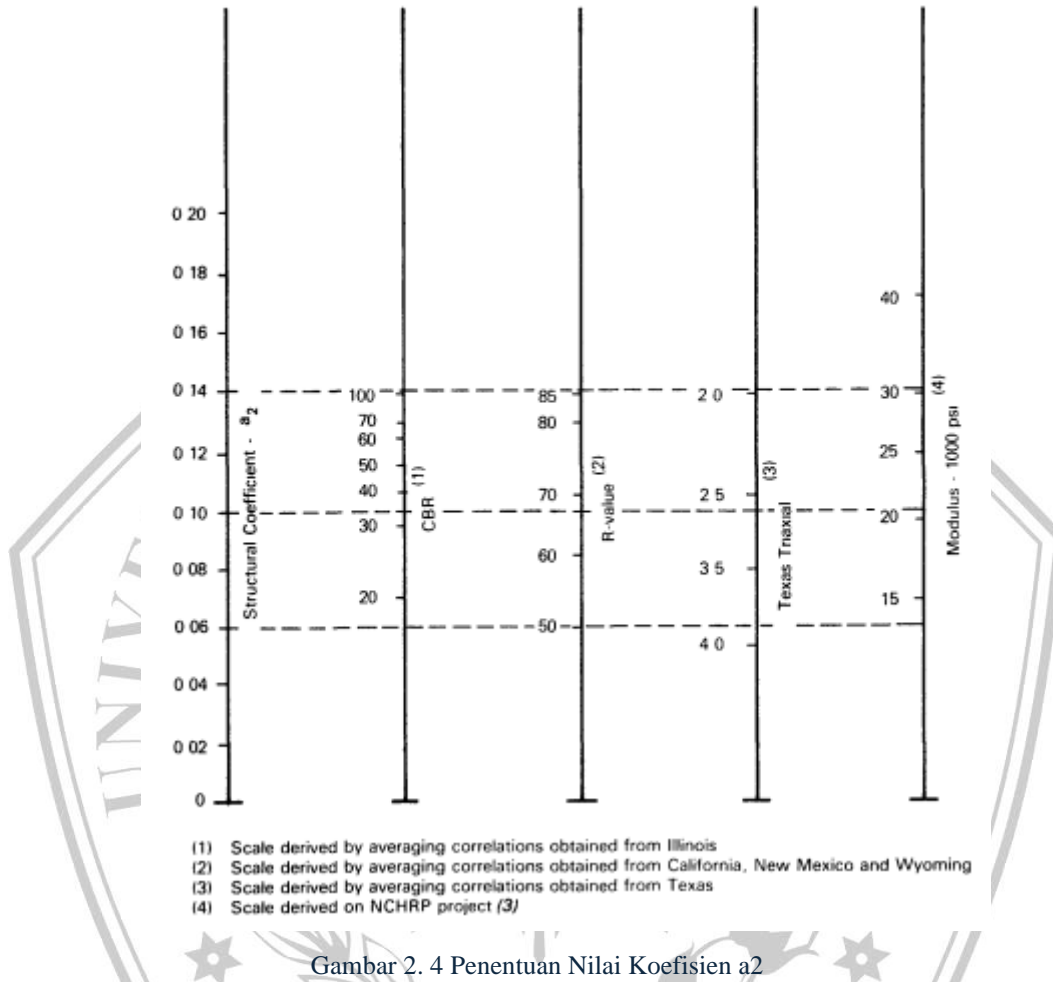


Gambar 2. 3 Koefisien Lapis Permukaan Aspal Beton

Sumber: AASHTO ,1993 II-18

b) Koefisien Lapisan a2

Dapat ditentukan koefisien lapisan a2 menggunakan gambar 2.4 yang memiliki hubungan dengan nilai CBR.

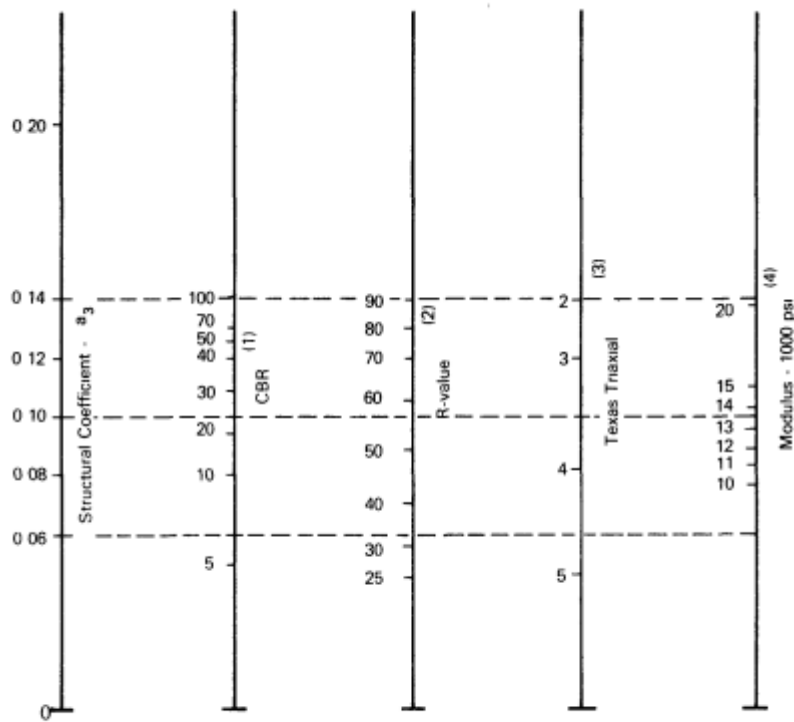


Gambar 2. 4 Penentuan Nilai Koefisien a2

Sumber: AASHTO, 1993 II-19

c) Koefisien Lapisan a3

Dapat ditentukan koefisien lapisan a2 menggunakan gambar 2.5 yang memiliki hubungan dengan nilai CBR



- (1) Scale derived from correlations from Illinois
- (2) Scale derived from correlations obtained from The Asphalt Institute, California, New Mexico and Wyoming
- (3) Scale derived from correlations obtained from Texas
- (4) Scale derived on NCHRP project (3)

Gambar 2. 5 Penentuan Nilai Koefisien Lapisan a3

Sumber: AASHTO, 1993 II-21

### 2.6.12 Menentukan Nilai Structural Number (SN)

Merupakan angka indeks yang menunjukkan pengaruh gabungan dari kondisi tanah, beban lalu lintas, dan karakteristik regional terhadap desain perkerasan.

Cara menentukan nilai SN ada dua yaitu dengan menggunakan grafik dan dengan menggunakan persamaan, kali ini menentukan SN dengan persamaan sebagai berikut:

$$\log_{10} W_{18} = Z_R \times S_0 + 9,36 \times \log_{10} (SN + 1) - 0,2 + \frac{\log \left[ \frac{\Delta PSI}{4,2-1,5} \right]}{0,40 + \frac{1094}{(SN+1)^{5,19}}} + 2,32 \times \log_{10}$$

$$M_R - 0,87 \dots \dots \dots (2.10)$$

dengan:

$W_{18}$  = ESAL yang diperkirakan

- $Z_R$  = Simpangan baku normal, sesuai tabel 7
- $S_0$  = Deviasi standar keseluruhan, bernilai antara 0,4 -0,5
- $SN$  = *Structural Number*, angka struktural relatif perkerasan, inci
- $\Delta PSI$  = Perbedaan *serviceability* index di awal dan akhir umur rencana
- $M_R$  = Modulus reilient

**2.6.13 Menentukan Tebal Masing-Masing Lapisan**

Dalam menentukan tebal masing-masing lapisan dapat menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$SN = a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3 \dots \dots \dots (2.11)$$

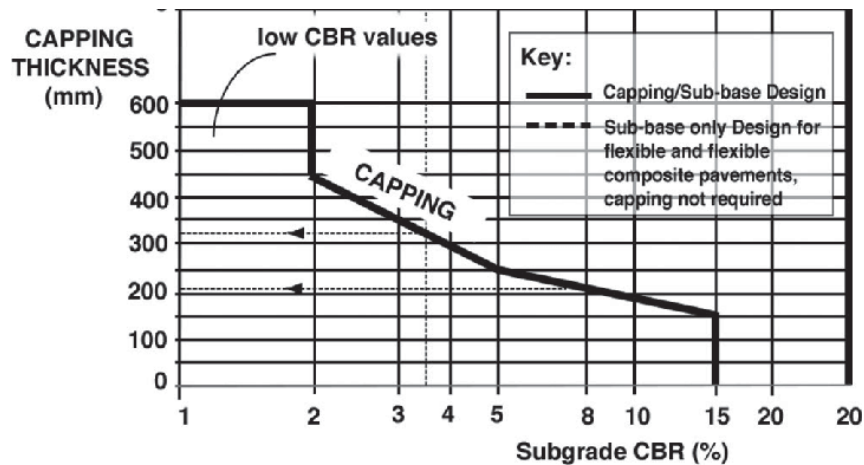
Dimana,

- $D_1$  = tebal lapisan permukaan
- $D_2$  = tebal lapis pondasi
- $D_3$  = tebal lapis pondasi bawah
- $m_2$  = koefisien drainase untuk lapis pondasi
- $m_3$  = koefisien untuk lapis pondasi bawah
- $a_1, a_2, a_3$  = berturut-turut koefisien lapisan untuk lapis permukaan, lapis pondasi dan lapis pondasi bawah

**2.6.14 Menentukan Tebal Lapisan Penutup**

Hardiyatmo (2019:47), apabila tanah dasar memiliki daya dukung rendah, Dengan demikian, lapisan penutup dapat diaplikasikan di atas tanah dasar (*capping layers*). Lapis pondasi bawah dan lapis penutup bersama-sama bekerja mengatur permukaan tanah dasar yang berada di bawahnya serta dapat melindungi dari pengaruh buruk cuaca. Selain itu, lapisan tersebut juga berfungsi sebagai landasan kerja ketika pelaksanaan pembangunan

Gambar 2.6 menyajikan acuan penentuan ketebalan lapisan penutup, yang dihitung dengan mempertimbangkan nilai CBR.



Gambar 2. 6 Penentuan Tebal Lapis Penutup

Sumber: DoT, 1994 dalam Hardiyatmo, 2020:48

## 2.7 Rencana Anggaran Biaya

Merupakan hasil estimasi terhadap sejumlah dana yang dibutuhkan dalam pelaksanaan sebuah proyek, mencakup kebutuhan bahan, tenaga kerja, peralatan, serta biaya lain yang masih terkait mengenai kegiatan tersebut.

Dalam Analisa Harga Satuan Pekerjaan (AHSP), perencana menghitung harga satuan konstruksi dengan mengalikan volume kebutuhan bahan, tenaga kerja, dan peralatan dengan harga material, upah tenaga, serta biaya sewa atau beli alat guna menyelesaikan satu satuan pekerjaan. AHSP ini bergantung pada nilai koefisien yang menunjukkan nilai satuan bahan, alat atau upah tenaga kerja maupun satuan pekerjaan yang bisa dipakai sebagai landasan untuk merencanakan suatu pekerjaan. Berikut Langkah-langkah dalam merencanakan Rencana Anggaran Biaya :

1. Menyiapkan Gambar kerja detail untuk pekerjaan konstruksi, umum disebut dengan *Detail Engineering Design (DED)*. *Detail Engineering Design* dibutuhkan untuk keperluan proyek, termasuk dalam penyusunan Rencana anggaran Biaya.
2. Menghitung volume pekerjaan Setelah semua item yang diperlukan masuk ke dalam daftar dengan baik, maka langkah selanjutnya adalah menghitung volume pekerjaan. Perhitungan volume pekerjaan bisa dilakukan dengan

menggunakan satuan ukuran tertentu, seperti meter persegi (m<sup>2</sup>), meter kubik (m<sup>3</sup>), atau berdasarkan satuan unit tertentu. Selanjutnya, volume yang telah diperoleh dikalikan dengan harga satuan dari tiap jenis pekerjaan, sehingga menghasilkan total estimasi biaya yang dibutuhkan untuk pelaksanaan pekerjaan tersebut.

3. Dalam pelaksanaan proyek konstruksi, penentuan harga satuan pekerjaan dilakukan dengan memisahkan antara komponen biaya tenaga kerja dan bahan material. Untuk memperoleh nilai yang akurat, perlu dilakukan survei terhadap harga pasar yang berlaku di lokasi proyek, dan hasil survei tersebut menjadi dasar dalam perhitungan total biaya pekerjaan.

4. Setelah volume pekerjaan dan harga satuan ditetapkan, tahap berikutnya adalah menghitung total biaya untuk setiap jenis pekerjaan. Nilai total pekerjaan diperoleh dari hasil perkalian antara volume pekerjaan dan harga satuan yang berlaku, sehingga diperoleh estimasi biaya secara keseluruhan untuk masing-masing item pekerjaan.

### 2.8 Perbedaan Metode Bina Marga MDP 2024 dan AASHTO 1993

Metode Bina Marga MDP 2024 dan AASHTO adalah dua metode yang berbeda dari segi metode, lingkup penggunaan, faktor yang dipertimbangkan dan lain sebagainya. Tabel 2.14 menunjukkan perbedaan antara kedua metode tersebut.

Tabel 2. 14 Perbedaan Metode Bina Marga MDP 2024 dan AASHTO 1993

No	Bina Marga MDP 2024	AASHTO 1993
1	Standar desain perkerasan yang ada di Indonesia.	Metode ini banyak dipakai di Amerika Serikat
2	Tidak mempertimbangkan koefisien drainase, reliabilitas, <i>serviceability</i>	Mempertimbangkan faktor koefisien drainase, reliabilitas, <i>serviceability</i>

Tabel 2. 14 (Lanjutan)

No	Bina Marga MDP 2024	AASHTO 1993
3	Metode perhitungan yang lebih sederhana dan mudah diterapkan.	Metode perhitungan yang lebih kompleks dan rumit.
4	Penentuan tebal perkerasan menggunakan bagan desain yang sudah ditetapkan yang berdasarkan beban lalu lintas pada lajur rencana.	Penentuan tebal perkerasan dihitung secara detail.

Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan No. 03/M/BM/2024 & AASHTO 1993

