

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Umum

Jalan merupakan komponen infrastruktur penting yang mempunyai fungsi penting dalam sektor transportasi. Menurut Priawitama (2019), mereka memainkan peran penting dalam memfasilitasi dan meningkatkan pelaksanaan upaya sosial dan ekonomi di wilayah tertentu, terutama ketika upaya tersebut dikelola secara efektif dan dijaga agar tetap optimal. Jalan adalah sejenis infrastruktur transportasi darat yang mencakup banyak elemen, termasuk jalan raya itu sendiri, serta struktur dan peralatan terkait yang dimaksudkan untuk memudahkan lalu lintas kendaraan. Komponen-komponen tersebut mempunyai kemampuan untuk ditempatkan pada berbagai ketinggian, termasuk posisi di atas permukaan bumi, di bawah permukaan bumi atau badan air, atau bahkan di atas permukaan air. Perlu diketahui, ruang lingkup frasa yang dituangkan dalam Pasal 1 ayat 5 UU 38/2004 tidak mencakup jalur kereta api, jalan raya truk, dan jalan kabel.

Perkerasan jalan merupakan komponen integral dari jalur, dengan penampang strukturalnya diposisikan terpusat di dalam badan jalan. Menurut Saodang (2005), ruas jalan yang dipertimbangkan mempunyai konsentrasi lalu lintas langsung yang signifikan, sehingga merupakan kawasan yang penting untuk perbaikan jalan.

2.2. Perkerasan Jalan Lentur

Perkerasan aspal, kadang-kadang disebut perkerasan aspal beton atau perkerasan fleksibel, terdiri dari agregat yang diperoleh dari penghancuran batu. Material pasir, filler, dan aspal mengalami proses distribusi dan kompresi. Perkerasan lentur dirancang untuk menunjukkan kemampuan untuk melentur atau mengalami deformasi ketika terkena beban, dan kemudian kembali ke bentuk aslinya. Prinsip dasar dalam desain adalah distribusi lapisan permukaan dan lapisan pondasi secara simultan, sehingga memungkinkan pengelolaan regangan di dalam tanah dasar untuk mengurangi defleksi permanen. Ketika mempertimbangkan kekuatan tanah dasar, penting untuk berhati-hati dalam memilih jenis dan ketebalan komponen perkerasan yang akan diletakkan di atasnya (Hardiyatmo, 2019).

Istilah "fleksibel" digunakan untuk menggambarkan konstruksi meluncur karena kemampuannya untuk menampung deformasi vertikal yang disebabkan oleh efek beban lalu lintas. *Clamps sliding* jalan raya telah dirancang dengan masa pakai yang diproyeksikan 10 tahun, dengan mempertimbangkan perhitungan peningkatan lalu lintas tahunan. Ini merupakan praktik normal untuk memasukkan asumsi pertumbuhan lalu lintas 5% dalam perhitungan ini.

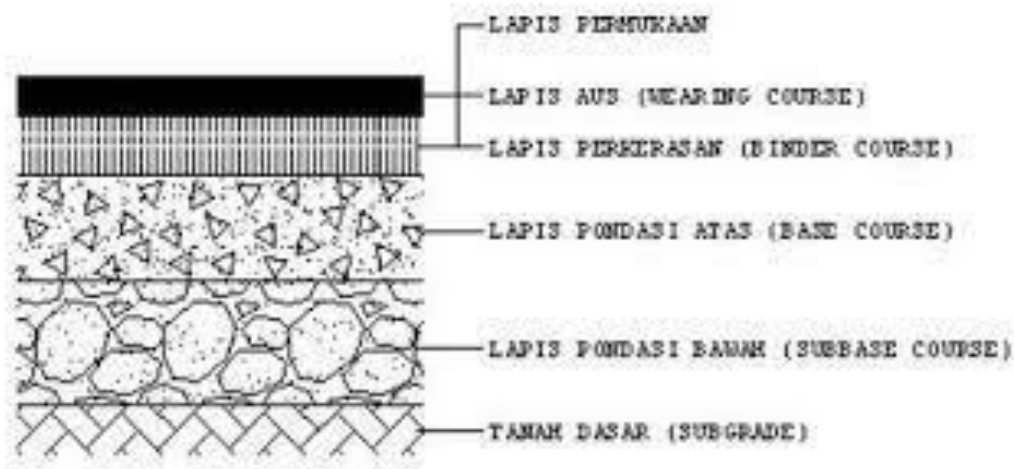
Efektivitas konstruksi jalan fleksibel bergantung pada efisiensi pengoperasian komponen utama dalam sistem perkerasan. Menurut deliniasi komponen perkerasan jalan yang disediakan oleh Federal Highway Administration (FHWA) (Hardiyatmo, 2019).

1. Sistem drainase yang efisien sangat penting untuk segera menghilangkan air dari sistem perkerasan, sehingga mencegah kerusakan pada lapisan material granular dan tanah dasar yang tidak terikat.
2. Tanah dasar, juga dikenal sebagai lapisan tanah dasar, bertanggung jawab untuk memberikan kekakuan yang cukup dan kekuatan yang konsisten, berfungsi sebagai fondasi kokoh untuk lapisan perkerasan yang terletak di atasnya.
3. Penggabungan lapisan dasar dan lapisan dasar tidak terikat ke dalam struktur perkerasan mempunyai potensi untuk meningkatkan kekuatan dan umur panjangnya, sehingga mengurangi dampak buruk dari kerusakan yang disebabkan oleh air dan jenis kerusakan lainnya, seperti erosi dan infiltrasi partikel halus.
4. Perkerasan jalan terdiri dari lapisan terikat atau disemen yang memiliki dua fungsi utama: menyediakan kapasitas menahan beban yang cukup dan berfungsi sebagai penghalang pelindung terhadap intrusi air ke dalam material tidak terikat di bawahnya.
5. Lapisan aus, biasa disebut sebagai pelapis permukaan, memiliki beberapa fungsi termasuk meningkatkan kekasaran permukaan, meningkatkan daya tahan, meningkatkan gesekan, dan memberikan kemampuan kedap air atau memfasilitasi drainase air permukaan.

2.2.1. Syarat Konstruksi Perkerasan Lentur

Konstruksi perkerasan lentur umumnya memerlukan integrasi tiga lapisan utama: lapisan permukaan, sering disebut sebagai lapisan keausan, lapisan dasar atas, juga dikenal sebagai lapisan dasar, dan lapisan dasar bawah, yang dikenal sebagai subbase. Biasanya, lapisan paling atas dari perkerasan jalan dikategorikan menjadi dua komponen berbeda: lapisan keausan, yang sering disebut lapisan permukaan, dan lapisan pengikat, yang posisinya terpisah. Lapisan pondasi atas dan lapisan pondasi bawah mempunyai potensi untuk digabungkan menjadi suatu struktur komposit, termasuk beragam elemen seperti pondasi atas dan pondasi bawah, atau subbase atas dan subbase pondasi bawah. Menurut Hardiyatmo (2019), lapisan tersebut terletak di atas tanah pondasi yang telah dipadatkan.

Untuk mengetahui struktur perkerasan lentur (*Flexible Pavement*) dapat dilihat pada **Gambar 2.1** dan **Gambar 2.2**



Gambar 2.1 Lapis Perkerasan

Sumber: Sukirman, 2003



Gambar 2. 2 Komponen Struktur Perkerasan Lentur

Sumber: Hardiyatmo, 2019

2.2.2. Lapis Permukaan (*Surface Course*)

Lapisan perkerasan lentur paling atas, yang disebut lapisan permukaan, terletak di atas lapisan pondasi. Lapisan pondasi terdiri dari dua komponen yang berbeda, yaitu lapisan keausan dan lapisan ikatan. Untuk memastikan umur panjang, ketahanan air, konsistensi, dan tekstur lapisan aus, lapisan khusus ini harus terdiri dari campuran aspal dengan gradasi cermat dan telah mengalami suhu tinggi. Hardiyatmo (2019) berpendapat bahwa lapisan pengikat berfungsi sebagai elemen perantara yang ditempatkan antara lapisan pondasi dan lapisan keausan.

Lapisan permukaan perkerasan jalan berfungsi sebagai lapisan paling atas dan menjalankan peran utamanya, sebagaimana dikemukakan oleh Sukirman (2010).

1. Lapisan permukaan mempunyai sifat kedap air, sehingga mencegah presipitasi masuk ke lapisan di bawahnya dan menyebabkan dampak buruk terhadap integritas struktural perkerasan jalan.
2. Jalur keausan dipengaruhi oleh gesekan dan getaran yang disebabkan oleh roda kendaraan yang melakukan pengereman.
3. Lapisan yang bertanggung jawab untuk mendistribusikan beban secara merata ke lapisan pondasi di bawahnya.
4. Lapisan penahan beban vertikal pada kendaraan sangat penting untuk menjaga stabilitas sepanjang masa pakainya.

Menurut Hardiyatmo (2019), lapisan terluar yang bertujuan untuk menjamin keselamatan dan mencapai permukaan yang seragam dan mulus harus memenuhi kriteria berikut.

1. Pencegahan masuknya air ke dalam konstruksi perkerasan dapat dicapai.
2. Mampu menahan gaya yang diberikan kendaraan dan mempertahankan bentuknya tanpa mengalami deformasi permanen.
3. Topik yang menarik berkaitan dengan konsep resistensi atau perlawanan terhadap penggelinciran.

Sukirman (2010) berpendapat bahwa beragam bidang permukaan sering digunakan di Indonesia.

1. Lapisan non-struktural berfungsi sebagai penghalang pelindung terhadap keausan dan infiltrasi air, termasuk fitur-fitur berikut:
 - a. Burtu, juga dikenal sebagai lapisan aspal satu lapis, adalah sejenis lapisan pelindung yang terdiri dari satu lapisan aspal yang dipadukan dengan kerikil berukuran sama. Ketebalan maksimal lapisan ini adalah 2 sentimeter.
 - b. Pendekatan Burda mencakup penggunaan sistem aspal dua lapis, termasuk lapisan aspal awal yang kemudian dilapisi dengan material agregat. Prosedur tersebut diulangi secara berurutan sebanyak dua kali, dimana masing-masing strata mempunyai magnitudo maksimum 3,5 sentimeter.
 - c. Latasir, disebut juga pasir aspal lapis tipis, merupakan material permukaan yang tersusun dari banyak lapisan aspal dan pasir alam dengan gradasi seragam. Campuran ini diaplikasikan, didistribusikan, dan dikompresi pada suhu tertentu, sehingga menghasilkan ketebalan padat berkisar antara 1 hingga 2 sentimeter.
 - d. Buras, kadang-kadang disebut sebagai lapisan aspal, adalah lapisan pelindung yang terbuat dari aspal yang telah digradasi secara hati-hati dengan pasir, menggunakan ukuran butiran maksimum 3/8 inci.
 - e. Latasbum mengacu pada struktur bertingkat yang terdiri dari kombinasi berbeda antara asbuton dan pelembut, yang diproduksi menggunakan proses pencampuran dingin dan dibatasi hingga ketebalan maksimum 1 sentimeter.

- f. Laston, kadang-kadang disebut sebagai Hot Rolled Sheet (HRS), terdiri dari lapisan permukaan termasuk campuran kerikil bergradasi, bahan pengisi, dan aspal tahan lama. Amalgamasi tersebut dikonsolidasikan, dikendalikan, dan dikompresi pada suhu tinggi, menggunakan ketebalan berkisar antara 2,5 hingga 3 cm untuk mencapai tingkat kepadatan yang ideal.
2. Lapisan tersebut mempunyai sifat struktural dan berfungsi sebagai media penampung dan pendispersi beban yang ditimbulkan oleh roda, antara lain:
- a. Campuran Emulsi Bergradasi Dekat (CEBR) dan Campuran Emulsi Bergradasi Terbuka (CEBT) adalah dua bentuk campuran emulsi yang sedang dieksplorasi.
 - b. Lapisan Laston, kadang-kadang disebut sebagai lapisan beton aspal, mempunyai arti penting sebagai unsur pokok dalam pembangunan jalan. Komposisi material ini terdiri dari perpaduan aspal berketahanan dan agregat berukuran seragam. Campuran yang disebutkan di atas digabungkan dengan cermat, terdispersi secara merata, dan dikompresi secara padat pada suhu tinggi untuk mencapai efisiensi maksimum.
 - c. Lasbutag merupakan komponen yang digunakan pada bangunan permukaan jalan, ditandai dengan komposisi agregat asbuton dan bahan pelunakan. Kombinasi ini diterapkan dan dipadatkan dalam keadaan dingin, dengan setiap lapisan memiliki ketebalan yang konsisten berkisar antara 3 hingga 5 sentimeter.
 - d. Penetrasi makadam (lapen) mengacu pada jenis lapisan perkerasan jalan tertentu yang ditandai dengan adanya agregat primer dan sekunder yang tersusun seragam, sehingga menghasilkan permukaan yang rata dan rata secara konsisten. Lapisan ini disatukan dengan pengaplikasian aspal yang disemprotkan di atasnya dan kemudian dipadatkan dalam banyak lapisan. Ketebalan maksimum setiap lapisan berkisar antara 4 hingga 10 cm.

Lapisan paling atas dari perkerasan aspal lentur dapat dibagi lagi menjadi banyak lapisan di bawahnya. Menurut Federal Highway Administration (FHWA)

tahun 2006, sebagaimana tertuang dalam buku karangan Hardiyatmo (2019), susunan yang biasa dilakukan adalah dari posisi tertinggi hingga terendah.

1. Lapisan segel adalah perawatan permukaan yang sering digunakan dengan tujuan menjaga integritas lapisan paling atas. Penerapan lapisan aspal pada lapisan aus melibatkan penempatan lapisan aspal tipis dengan ketebalan kurang dari ½ inci. Prosedur ini bertujuan untuk melindungi perkerasan dari infiltrasi air dan meningkatkan tekstur lapisan keausan.
2. Jalur keausan mengacu pada lapisan perkerasan paling atas, yang sering diaplikasikan tanpa lapisan segel. Biasanya, lapisan tersebut terdiri dari beton aspal mutu tebal yang dipadatkan. Lapisan aus memiliki sifat kedap air, menunjukkan ketahanan terhadap slip, menunjukkan ketahanan terhadap perkembangan alur, dan menjaga permukaan tetap halus.
3. Lapisan pengikat, kadang-kadang dikenal sebagai lapisan dasar aspal, mengacu pada lapisan aspal campuran panas yang ditempatkan tepat di bawah lapisan keausan.

Bahan yang diaplikasikan sebagai pelapis cair tipis pada perkerasan sering disebut dengan aspal.

1. Istilah “tack coat” mengacu pada pengaplikasian aspal yang relatif tipis yang berfungsi sebagai bahan perekat antara perkerasan yang sudah ada sebelumnya yang terbuat dari beton aspal atau beton semen Portland (PCC). Lapisan ini ditempatkan pada ketebalan yang ditentukan. Penerapan lapisan tack coat dilakukan pada area tertentu di mana lapisan aus dan lapisan pengikat bersentuhan.
2. Lapisan utama, kadang-kadang disebut sebagai lapisan dasar, meliputi pengaplikasian aspal cair pada permukaan tanah, kerikil, atau batu pecah sebagai perlakuan permukaan. Tujuan utama penggunaan lapisan primer adalah untuk menutup pori-pori tanah secara efisien, sehingga menghambat masuknya air ke dalam tanah dasar. Selain itu, bahan ini juga berfungsi untuk meningkatkan kohesi zat granular lepas dan bahan partikulat,

sehingga meningkatkan kemampuan perekat antara lapisan pondasi di bawah dan lapisan permukaan paling atas.

2.2.3. Lapis Pondasi Atas (*Base Course*)

Lapisan pertama suatu perusahaan konstruksi disebut lapisan pondasi, terletak di bawah lapisan luar. Penempatan lapisan pondasi terjadi di atas lapisan subbase atau, jika tidak ada lapisan subbase, tepat di atas tanah dasar. Lapisan pondasi tersusun dari berbagai macam bahan, seperti batu pecah, sirtu, terak pecah, atau kombinasi keduanya (Hardiyatmo, 2019).

Lapisan pondasi atas pada sistem lapisan perkerasan mempunyai banyak fungsi, sebagaimana diuraikan oleh Sukirman (2010).

1. Lapisan permukaan bantalan atau berbaring merupakan komponen yang memberikan dukungan dan kenyamanan.
2. Lapisan pondasi bawah membutuhkan lapisan impregnasi.
3. Komponen sistem perkerasan yang secara efektif melawan gaya vertikal yang diberikan oleh beban kendaraan dan selanjutnya mendistribusikan gaya tersebut ke lapisan di bawahnya.

Menurut Hardiyatmo (2019), faktor utama yang perlu diperhatikan dalam membangun lapisan pondasi paling atas adalah:

1. Ketahanan terhadap pelapukan.
2. Stabilitas akibat beban lalu lintas
3. Ketebalannya”

Dalam konteks lapisan perkerasan jalan, merupakan hal yang lazim di Indonesia untuk menggunakan berbagai lapisan pondasi, sebagaimana dijelaskan oleh Sukirman (2010).

1. Lapisan Pondasi Agregat Semen (LFAS) merupakan material komposit semen dan agregat dari Kelas A, Kelas B, atau Kelas C, dan berfungsi sebagai lapisan pondasi. Lapisan yang dimaksud terletak di atas lapisan dasar yang terdiri dari agregat kelas C.

2. Konstruksi lapisan pondasi tanah semen memerlukan pemanfaatan material tanah yang mudah diakses di sekitar lokasi. Bahan yang termasuk dalam kategori ini terdiri dari tanah lempung dan tanah granular yaitu pasir dan kerikil berpasir yang mempunyai indeks plastisitas yang relatif rendah.
3. Istilah "lapisan pondasi agregat" menunjukkan jenis pondasi tertentu yang dibuat dengan menggunakan partikel granular dari bahan agregat. Perbedaan agregat kelas A dan kelas B ditentukan oleh gradasi lapisan pondasi agregat. Setiap lapisan harus mempunyai ketebalan minimal dua kali ukuran agregat terbesar.
4. Lapisan Penetrasi Macadam (Lapen) merupakan lapisan perkerasan yang terdiri atas agregat dasar dan agregat pengunci yang keduanya mempunyai gradasi yang konsisten. Setelah pemadatan agregat pengunci selesai, agregat tersebut kemudian diaplikasikan ke permukaan aspal melalui proses penyemprotan. Hal ini kemudian diikuti dengan pemberian agregat lebih lanjut dan pemadatan berikutnya.
5. Lapisan pondasi Lasbutag terdiri dari campuran dingin agregat asbuton dan peremajaan. Campuran ini kemudian diaplikasikan dan dipadatkan. Disarankan untuk membuat lapisan pondasi Lasbutag dengan ketebalan minimal 50 mm, menggunakan ukuran agregat tidak melebihi 25 mm (2 inci).
6. Proses konstruksi lapisan pondasi memerlukan penggunaan bahan yang disebut Asphalt Concrete Base (AC-Base). Dianjurkan untuk mematuhi ketebalan nominal minimum 60mm, sekaligus memungkinkan variasi ketebalan yang diperbolehkan hingga +5mm. Ukuran agregat tertinggi yang digunakan adalah 37,5 mm, setara dengan 1,5 inci.

2.2.4. Lapis Pondasi Bawah (*Subbase Course*)

Lapisan subbase mengacu pada lapisan perkerasan yang terletak di antara lapisan pondasi dan tanah di bawahnya. Tujuan utama dari lapisan subbase adalah untuk menjamin keberadaan lapisan perkerasan dengan ketebalan yang cukup, sehingga memungkinkan distribusi beban yang efektif, sekaligus menghasilkan

penghematan biaya (Hardiyatmo, 2019). Sebagaimana dikemukakan oleh Sukirman (2010), lapisan pondasi bawah mempunyai fungsi sebagai berikut:

1. Penggunaan material hemat biaya untuk mencapai pengurangan ketebalan lapisan atas sebesar 15% merupakan strategi yang bertujuan untuk meningkatkan efisiensi.
2. Struktur jalan mencakup komponen-komponen yang berfungsi memberikan dukungan dan memfasilitasi distribusi beban kendaraan ke tanah dasar. Stabilitas lapisan ini harus memadai, dengan nilai California Bearing Ratio (CBR) sebesar 20% atau lebih tinggi, dan indeks plastik (IP) sebesar 10% atau lebih rendah.
3. Lapisan pertama sangat penting untuk memastikan pengoperasian proyek yang efisien, karena lapisan ini mengatasi dampak kondisi cuaca pada tanah dasar dan terbatasnya kemampuan menahan beban tanah dasar dalam menampung alat berat.
4. Tujuan utama penggunaan lapisan pengisi adalah untuk mengurangi pergerakan partikel kecil yang berasal dari tanah dasar dan bermigrasi menuju lapisan pondasi dan lapisan berikutnya di atasnya.
5. Penerapan lapisan impregnasi bertujuan untuk mencegah penumpukan air tanah di dalam pondasi.

Di Indonesia, lapisan subbase yang sering digunakan dapat digolongkan menjadi beberapa jenis sebagai berikut:

1. Agregat bergradasi baik, dibedakan atas:
 - a. Sirtu/pitrun kelas A
 - b. Sirtu/pitrun kelas B
 - c. Sirtu/pitrun kelas C

Sirtu kelas A mempunyai gradasi yang lebih jelas dibandingkan dengan sirtu kelas B, sedangkan sirtu kelas B mempunyai gradasi yang lebih jelas dibandingkan sirtu kelas C.

2. Stabilisasi

- a. Proses stabilisasi agregat dengan menggunakan kapur yaitu Lime Treated Subbase (LTS).
- b. Proses stabilisasi agregat dengan menggunakan semen, disebut juga Cement Treated Subbase, digunakan untuk meningkatkan kinerja dan daya tahan material agregat.
- c. Proses stabilisasi tanah dengan penggunaan kapur, juga dikenal sebagai stabilisasi kapur tanah, merupakan teknik yang banyak digunakan dalam banyak aplikasi teknik dan konstruksi.
- d. Proses stabilisasi tanah dengan penggunaan semen, sering disebut juga dengan stabilisasi semen tanah, merupakan teknik yang banyak digunakan dalam teknik sipil.

2.2.5. Lapis Tanah Dasar (*Subgrade*)

Lapisan yang dimaksud terletak pada lapisan terbawah yang berfungsi sebagai landasan fundamental atau sub-fundamental. Benda yang diperiksa memiliki ketebalan bervariasi yang berkisar antara 50 hingga 100 sentimeter. Lapisan tanah dasar terdiri dari tanah asli yang dipadatkan, bahan impor yang dipadatkan, atau tanah yang diolah secara kimia yang telah diperkuat dengan komponen tambahan untuk meningkatkan stabilitasnya. Pencapaian pemadatan yang efektif bergantung pada pelaksanaan proses pada tingkat kadar air yang ideal dan mempertahankan kadar air yang konsisten selama jangka waktu yang ditentukan. Hasil yang diinginkan dapat dicapai dengan penggunaan peralatan drainase yang sesuai. Penempatan struktur perkerasan jalan ditentukan oleh elevasi permukaan tanah. Menurut Sukirman (2010), lapisan tanah primer dikategorikan menjadi beberapa bagian sebagai berikut:

1. Tanah dasar, kadang-kadang disebut sebagai lapisan tanah asli, menunjukkan permukaan tanah asli yang ada di suatu tempat. Biasanya, lapisan tanah dasar dibuat melalui proses pembersihan dan pemadatan lapisan paling atas, yang tebalnya sekitar 30-50 cm, di lokasi yang ditentukan di mana konstruksi perkerasan akan dibangun.

2. Istilah "lapisan urukan", juga disebut sebagai "tanah urukan", mengacu pada lapisan tanah dasar yang ditempatkan di atas permukaan tanah yang sudah ada sebelumnya. Ketika melakukan pembangunan lapisan dasar timbunan, penting untuk mempertimbangkan tingkat kepadatan yang diinginkan.
3. Lapisan tanah dasar diartikan sebagai lapisan tanah yang digali dan ditempatkan di bawah permukaan tanah yang sudah ada sebelumnya. Klasifikasi khusus ini mencakup tindakan penggantian lapisan tanah awal, yang ketebalannya sering kali antara 50 dan 100 sentimeter, karena kemampuan menahan beban yang tidak memadai seperti yang ditunjukkan oleh tanah asli.

2.2.6. Fungsi Perkerasan Jalan

Tujuan utama dari perkerasan jalan adalah untuk menyebarkan secara merata beban yang ditimbulkan oleh roda kendaraan ke seluruh permukaan tanah dasar yang lebih luas. Distribusi ini bergantung pada luasnya kontak antara roda dan perkerasan. Pola distribusi beban yang dijelaskan menyebabkan penurunan tegangan maksimum yang dihadapi oleh tanah dasar, khususnya di daerah dimana tanah dasar mengalami deformasi yang signifikan. Selama musim pemeliharaan perkerasan jalan. Menurut Hardiyatmo (2019), tujuan utama perkerasan jalan adalah untuk menyediakan permukaan yang berketahanan dan kokoh guna memudahkan mobilitas kendaraan.

- a. Untuk memberikan kerangka kerja yang kuat yang mampu mengakomodasi tuntutan lalu lintas kendaraan.
- b. Tujuan utama pembangunan jalan adalah untuk menyediakan perkerasan yang rata dan seragam yang memungkinkan transportasi mobil dan pejalan kaki secara efisien.
- c. Tujuan utama memasukkan kekasaran atau ketahanan selip pada permukaan perkerasan adalah untuk meningkatkan traksi dan mengurangi kemungkinan terjadinya selip.
- d. Tujuan utamanya adalah untuk memberikan distribusi berat kendaraan yang tepat pada tanah dasar untuk melindunginya dari tekanan yang berlebihan.

- e. Untuk mengurangi dampak buruk perubahan iklim terhadap komposisi dasar tanah.

2.2.7. Kinerja Struktur Perkerasan Jalan

Sukirman (2010) berpendapat bahwa struktur permukaan jalan mempunyai arti penting sebagai elemen kunci dalam infrastruktur transportasi.

1. Organisasi mempunyai tanggung jawab menerima dan mengatur beban lalu lintas yang disebarkan oleh roda kendaraan. Oleh karena itu, konstruksi perkerasan jalan harus menunjukkan stabilitas, ketahanan sepanjang masa pakainya, dan ketahanan terhadap pengaruh iklim dan meteorologi. Kelelahan adalah suatu keadaan kelelahan atau keletihan yang ekstrim yang diakibatkan oleh fisik atau mental. Terjadinya resistensi dan kerusakan perkerasan, seperti retak, alur, dan terbentuknya lubang, dianggap tidak diinginkan pada perkerasan jalan.
2. Pengutamaan kenyamanan dan keselamatan bagi pengguna jalan adalah hal yang paling penting. Oleh karena itu, permukaan perkerasan harus mempunyai tingkat kekasaran yang cukup agar dapat tercapainya gesekan yang optimal antara permukaan jalan dengan ban kendaraan. Karakteristik ini sangat penting untuk mencegah selip yang tidak diinginkan, terutama pada kondisi basah akibat curah hujan atau saat melakukan manuver berbelok dengan kecepatan tinggi. Selain itu, permukaan perkerasan juga harus memiliki kualitas non-reflektif, sehingga mencegah pengendara mengalami silau saat jalan disinari sinar matahari.

Untuk mengoptimalkan umur panjang, keamanan, dan kenyamanan bagi individu yang menggunakan jalan raya, penting untuk memiliki infrastruktur perkerasan jalan yang kuat (Sukirman, 2010).

1. Proses pemilihan perkerasan dan penentuan ketebalan perkerasan memerlukan pertimbangan yang cermat terhadap beberapa aspek. Unsur-unsur yang termasuk dalam studi ini adalah daya dukung tanah dasar, beban lalu lintas, kondisi lingkungan yang ada, umur layanan atau umur rencana

yang diantisipasi, serta aksesibilitas dan kualitas material perkerasan jalan di sekitarnya.

2. Analisis dan desain campuran yang terbuat dari bahan yang dapat diakses secara lokal memerlukan pertimbangan yang cermat terhadap kualitas dan jumlah elemen tersebut untuk memastikan kepatuhannya terhadap persyaratan yang ditentukan untuk lapisan perkerasan tertentu.
3. Tugas yang ada meliputi pengawasan pelaksanaan tugas sesuai dengan protokol pengawasan yang ditetapkan, dan juga mempertimbangkan kerangka jaminan kualitas konstruksi jalan sebagaimana diuraikan dalam persyaratan proyek. Pelaksanaan dan pemantauan yang cermat terhadap prosedur dan standar jalan sangat penting untuk memastikan bahwa karakteristik perkerasan yang diinginkan telah tercapai, meskipun perencanaan jenis dan ketebalan lapisan perkerasan yang sesuai, serta analisis pencampuran yang menyeluruh, telah dilakukan.
4. Pemeliharaan jalan secara berkala sangat penting sepanjang masa pelayanan untuk menjamin tercapainya umur yang ditentukan. Pemeliharaan tidak hanya mencakup keutuhan struktur permukaan jalan, namun juga pengelolaan sistem drainase di sekitarnya.

2.2.8. Syarat Konstruksi Perkerasan

Untuk menyediakan lingkungan yang aman dan menyenangkan bagi pengguna jalan raya, konstruksi perkerasan jalan harus memenuhi kriteria tertentu. Ciri-ciri tersebut di atas dapat dikategorikan ke dalam dua kategori berbeda, sebagaimana digambarkan oleh Sukirman (2010).

1. Syarat berlalu lintas

Menurut Sukirman (2010), ada kriteria keamanan dan kenyamanan tertentu yang harus dipenuhi dalam pembangunan perkerasan lentur.

- a. Permukaannya menunjukkan kerataan yang seragam, tanpa adanya ketidakrataan seperti gundukan, kendur, atau lubang.

- b. Permukaannya menunjukkan tingkat kekakuan yang tinggi, sehingga membatasi kerentanannya terhadap deformasi akibat pengaruh beban yang diberikan.
 - c. Permukaan jalan memiliki tingkat kekasaran yang tinggi, yang secara efektif meningkatkan gesekan antara ban dan jalan, sehingga mengurangi kemungkinan tergelincir.
 - d. Permukaannya tidak terlihat mengilap dan tidak menunjukkan sifat memantulkan cahaya saat terkena sinar matahari.
2. Ketika mempertimbangkan kemampuan memikul dan mendistribusikan beban secara merata, persyaratan kekuatan dan struktur untuk konstruksi permukaan jalan mencakup kriteria berikut:
- a. Untuk mendistribusikan berat atau beban lalu lintas ke tanah dasar secara efektif, diperlukan ketebalan yang memadai.
 - b. Zat tersebut menunjukkan impermeabilitas terhadap air, sehingga menghambat penetrasi air ke lapisan di bawahnya.
 - c. Permukaannya menunjukkan tingkat hidrofobitas yang tinggi, memfasilitasi drainase air yang efisien, sehingga memungkinkan pembuangan air hujan secara efektif.
 - d. Kekakuan adalah karakteristik penting yang memungkinkan suatu struktur menahan beban yang diterapkan secara efektif tanpa mengalami deformasi yang berarti.

2.3. Fungsi Jalan

Jaringan jalan di Indonesia diklasifikasikan menjadi beberapa segmen sesuai dengan Undang-Undang Nomor 13 Tahun 1980 dan Peraturan Pemerintah Nomor 26 Tahun 1985.

1. Sistem Jaringan Jalan Primer

Sistem jaringan jalan yang berfungsi sebagai sarana distribusi pelayanan dirancang untuk mendorong pembangunan di seluruh wilayah di seluruh tanah air. Sistem ini mencakup berbagai pusat layanan dan distribusi, yang sering kali bermanifestasi sebagai pusat perkotaan. Sistem jaringan jalan

utama memfasilitasi hubungan antar simpul layanan distribusi dengan cara sebagai berikut:

- a. Dalam suatu wilayah pembangunan tertentu, terdapat jaringan berkesinambungan yang memfasilitasi konektivitas antara beberapa tingkatan kota, antara lain kota tingkat pertama (Ibu Kota Provinsi), kota tingkat kedua (Ibukota Kabupaten, Kotamadya), kota tingkat ketiga (Kabupaten), dan kota tingkat bawah (Kabupaten), dan kota tingkat bawah. kota, meluas hingga ke sebidang tanah individual.
- b. Terjalinnnya keterhubungan antar kota pada tingkat primer antar entitas pembangunan daerah.

2. Sistem Jaringan Sekunder

Sistem jaringan jalan memainkan peran penting dalam memfasilitasi penyediaan layanan kepada penduduk perkotaan. Artinya, sistem jaringan jalan sekunder ditata sesuai dengan pedoman penataan ruang kota, sehingga memudahkan penghubung antar tempat dengan berbagai fungsi primer, sekunder, tersier, dan selanjutnya, termasuk kawasan pemukiman. Menurut Sukirman (2010), jalan raya dapat diklasifikasikan berdasarkan kegunaannya.

1. Jalan arteri adalah sejenis jalan umum yang sengaja dirancang untuk memfasilitasi perjalanan jarak jauh yang efisien dengan kecepatan rata-rata tinggi, sekaligus membatasi jumlah lokasi masuk dan keluar.
2. Jalan kolektor adalah jenis jalan umum tertentu yang sengaja dibangun untuk memfasilitasi pengumpulan dan distribusi lalu lintas secara efisien dalam jaringan transportasi yang ditentukan. Jalan-jalan yang dipermasalahkan sebagian besar ditujukan untuk meningkatkan efisiensi transportasi jarak menengah, yang ditentukan oleh kecepatan rata-rata yang rendah dan jumlah akses dan titik keluar yang terbatas.
3. Jalan lokal dapat diklasifikasikan sebagai jalan raya yang disponsori publik yang sengaja dirancang dan dibangun untuk meningkatkan efisiensi transportasi dalam wilayah geografis yang ditentukan. Jalan tersebut memiliki atribut yang cocok untuk mendukung transportasi jarak pendek,

mempertahankan kecepatan rata-rata yang relatif rendah, dan memungkinkan akses tidak terbatas ke berbagai lokasi.

4. Jalan ramah lingkungan, kadang-kadang disebut sebagai jalan ramah lingkungan, adalah jenis infrastruktur jalan umum khusus yang sengaja dibangun untuk mendukung moda transportasi yang sadar lingkungan. Jalan raya ini memiliki atribut yang menjadikannya cocok untuk perjalanan jarak pendek dan memfasilitasi kecepatan rata-rata yang lebih rendah, sehingga mendorong penggunaan bentuk transportasi yang berkelanjutan.
5. Jalan raya arteri primer mempunyai karakteristik tertentu, termasuk kecepatan desain minimum yang ditentukan sebesar 60 km/jam, lebar minimum 8 meter, dan batasan jumlah jalan akses efisien yang diizinkan. Selain itu, jarak yang memisahkan pintu masuk atau jalan akses langsung harus tidak berada di bawah ambang batas minimum 500 meter. Jalan raya ini telah meningkatkan kapasitas jalan dalam kondisi tingkat lalu lintas sedang. Selain itu, perlu dicatat bahwa jalur-jalur arteri utama tetap mempertahankan aliran yang berkelanjutan bahkan ketika memasuki wilayah metropolitan.
6. Jalan kolektor utama telah dibangun untuk mengakomodasi kecepatan desain yang ditetapkan sebesar 40 km/jam. Lebar jalan minimal yang ditentukan adalah 7 meter. Untuk mengoptimalkan pergerakan lalu lintas, penting untuk menerapkan pembatasan jumlah jalan masuk dan menerapkan jarak minimal 400 meter antar jalan. Selain itu, indeks permukaan jalan harus dipertahankan pada nilai minimum 2. Penting untuk diketahui bahwa jalur kolektor utama tidak terganggu ketika memasuki kawasan perkotaan.
7. Batas kecepatan di jalan-jalan utama setempat ditetapkan sebesar 20 km/jam, untuk mengakomodasi pergerakan truk kargo dan bus. Lebar jalan harus minimal 6 meter. Patut dicatat bahwa jalan raya utama lokal tetap tidak terganggu saat melintasi pemukiman kecil. Selain itu, indeks permukaan jalan harus tidak berada di bawah nilai 2. Sistem jaringan jalan sekunder dapat didefinisikan sebagai jaringan jalan yang berbeda dari jaringan jalan utama. Jalan raya ini sering kali berfungsi sebagai saluran

yang menghubungkan kota-kota kecil, kawasan pedesaan, dan tempat-tempat menarik lainnya di dekatnya. Benda-benda yang dimaksud sengaja dibuat dengan tujuan atau fungsi tertentu.

8. Pembangunan jalan arteri sekunder memerlukan pertimbangan cermat terhadap faktor-faktor tertentu. Kriteria tersebut mencakup banyak elemen penting, seperti kecepatan desain minimum yang ditentukan sebesar 30 km/jam, lebar jalan minimum yang diwajibkan sebesar 8 meter, kapasitas jalan yang sesuai atau melebihi volume lalu lintas pada umumnya, dan indeks permukaan minimum yang ditetapkan sebesar 1,5.
9. Jalan lokal sekunder dibangun dengan kecepatan desain minimum yang ditentukan sebesar 10 km/jam dan memiliki lebar minimum 5 meter. Penting untuk diketahui bahwa jalan raya ini tidak dirancang untuk memfasilitasi pengangkutan barang atau pergerakan bus. Selain itu, jalan-jalan tersebut harus memiliki indeks permukaan minimal 1,0.
10. Jalan kolektor sekunder sengaja direkayasa dengan karakteristik tertentu. Diantaranya kecepatan desain maksimum 20 kilometer per jam, lebar jalan tidak melebihi 7 meter, dan indeks permukaan minimum 1,5.

2.3.1. Klasifikasi Jalan

Pengkategorian jalan di Indonesia digambarkan berdasarkan kerangka hukum yang ditetapkan oleh Undang-Undang Nomor 13 Tahun 1980 dan Peraturan Pemerintah Nomor 26 Tahun 1985, sebagaimana diuraikan dalam penelitian ilmiah Sukirman yang dilakukan pada tahun 2010.

1. Jalan raya nasional mempunyai peranan penting dalam infrastruktur jaringan jalan utama, karena berfungsi sebagai jalur arteri dan kolektor. Tujuan utama infrastruktur ini adalah untuk menghubungkan ibu kota provinsi, jalan raya nasional terkemuka, dan jalan tol.
2. Jalan raya provinsi dapat diklasifikasikan sebagai jalur pengumpulan di dalam jaringan jalan utama. Jalan raya ini bertujuan untuk memfasilitasi konektivitas antara ibu kota provinsi dan ibu kota kabupaten atau kota,

sekaligus memfasilitasi transit antara ibu kota kabupaten atau kota dan jalur-jalur utama provinsi.

3. Jalan kabupaten merupakan bagian integral dari prasarana jaringan jalan primer yang berfungsi menghubungkan ibu kota kabupaten dengan ibu kota kecamatan. Selain itu, mereka juga berperan penting dalam membangun interkoneksi antar ibu kota kecamatan dan memfasilitasi konektivitas antar ibu kota kabupaten melalui pusat-pusat kegiatan daerah. Selain itu, jalan-jalan ini berfungsi sebagai penghubung penting antara berbagai kegiatan daerah. Jalan tengah berfungsi sebagai jalan raya utama dalam sistem jaringan jalan sekunder di kawasan tersebut, memenuhi perannya sebagai jalur transportasi umum. Selain hal-hal tersebut di atas, jalan raya tersebut juga mencakup jalur distrik penting yang strategis.
4. Jalan kota merupakan komponen jaringan jalan sekunder yang memfasilitasi hubungan antara berbagai wilayah layanan dalam suatu wilayah metropolitan, sehingga menyediakan akses publik ke jalan raya tersebut. Sistem ini meningkatkan terjalannya hubungan antara pusat layanan dan paket, serta terjalannya interkoneksi antar berbagai paket. Selain itu, Jalan Kota juga berfungsi untuk menghubungkan pusat-pusat pemukiman di dalam kawasan perkotaan.
5. Jalan desa berfungsi sebagai salah satu infrastruktur publik yang memungkinkan penghubung berbagai wilayah di desa dan memfasilitasi mobilitas antar berbagai permukiman di desa. Selain itu, mereka juga dapat berfungsi sebagai jalur yang melintasi lingkungan alam.

Deskripsi rute yang diberikan Alamsyah (2008) menggambarkan dua bagian yang berbeda.

1. Efisiensi operasional jalan raya tipe I, yang ditandai dengan terbatasnya jumlah jalan masuk atau titik akses langsung, sangat terhambat. Untuk penentuan peruntukan fungsi dan klasifikasi jalan dengan aksesibilitas langsung terbatas dapat dilihat pada **Tabel 2.1**.

Tabel 2. 1 Klasifikasi Jalan

Fungsi utama	Kelas	
		Arteri
Primer	Kolektor	II
Sekunder	Arteri	II

Sumber: Alamsyah, 2008

2. Jalan Tipe II merupakan jalan masuk atau akses langsung, namun dengan beberapa batasan, seperti terlihat pada tabel di bawah ini: Untuk memperoleh informasi tentang identifikasi alokasi fungsi dan kategorisasi kelas jalan dengan akses langsung terbatas, silakan lihat **Tabel 2.2**.

Tabel 2. 2 Klasifikasi Jalan

	Fungsi	Volume LL Rencana (smp)	Kelas
Utama	Arteri		I
	Kolektor	10.000 atau lebih	I
Sekunder	Arteri	20.000 atau lebih	I
		Kurang dari 20.000	II
	Kolektor	6000 atau lebih	II
		Kurang dari 6000	III
Lokal	500 atau lebih	III	
	Kurang dari 500	VI	

Sumber: Alamsyah, 2008

Kecepatan yang direncanakan mengacu pada kecepatan yang ditentukan pada tahap perencanaan atau desain, yang memperhitungkan banyak parameter fisik yang memengaruhi fungsi kendaraan. Istilah "kecepatan" mengacu pada kecepatan maksimum yang dapat dicapai kendaraan dengan tetap menjaga stabilitas dan beroperasi sesuai dengan pedoman yang tepat. Perbedaan kecepatan perkotaan untuk jalan perkotaan dapat dicapai dengan mengelompokkannya menurut jenis dan kelas, sebagaimana diuraikan dalam penelitian yang dilakukan Hadihardaja pada

tahun 1987. **Tabel 2.3** dapat digunakan untuk mengetahui klasifikasi suatu jalan, kelas jalan, dan kecepatan yang ditentukan.

Tabel 2. 3 Kecepatan Rencana

Tipe jalan	Kelas Jalan	Kecepatan (km/jam)
Tipe I	Kelas I	100 atau 80
	Kelas II	100 atau 60
Tipe II	Kelas I	60
	Kelas II	60 atau 50
	Kelas II	40 atau 30
	Kelas IV	30 atau 20

Sumber: Direktorat Jendral Bina Marga Standar Perencanaan Geometrik Jalan Perkotaan 1988

2.4. Lapis Tambahan Pada Perkerasan Lentur

Tujuan dari perkerasan lentur adalah untuk mengakomodasi kebutuhan lalu lintas selama jangka waktu pelayanan yang ditentukan. Seiring dengan bertambahnya durasi pelayanan, perkerasan rentan terhadap berbagai bentuk kerusakan, termasuk namun tidak terbatas pada alur yang berlebihan, keretakan yang berlebihan, berkurangnya kenyamanan berkendara, dan berkurangnya ketahanan terhadap slip pada permukaan. Apabila perkerasan jalan mendapat perawatan yang teratur dan tepat maka akan terhindar dari terjadinya kerusakan yang berlebihan. Namun demikian, seiring berjalannya waktu, perkerasan tersebut mungkin menghadapi masalah biaya pemeliharaan yang sangat besar, dan kapasitas struktur perkerasan untuk menahan beban lalu lintas di masa depan mungkin tidak lagi dianggap memenuhi kriteria yang ditentukan. Dengan alasan tersebut, penanganan perkerasan dengan cara pemberian lapis tambahan (*overlay*) lebih disukai. Pemberian lapis tambahan, dalam kondisi yang diinginkan) agar kemampuan pelayanan memadai) (Hardiyatmo,2019).

Hal penting yang perlu diperhatikan sebelum dilakukan pekerjaan lapis tambahan adalah perbaikan kerusakan berikut ini harus lebih dul dilakukan:

1. Retak kulit buaya
2. Retak – retak berbentuk garis
3. Alur – alur.
4. Permukaan tidak teratur, termasuk amblas, bergelombang dan lain-lain.

2.5. Umur Rencana

Konsep umur rencana mengacu pada jangka waktu suatu perkerasan jalan dapat mempertahankan kapasitas pelayanannya sebelum diperlukannya perbaikan atau penghentian kapasitas pelayanannya. Ketika mempertimbangkan perencanaan perkerasan jalan, penting untuk menentukan dengan cermat umur desain atau periode perkerasan (Hardiyatmo, 2019).

Konsep umur desain, sebagaimana didefinisikan oleh Departemen Pekerjaan Umum pada tahun 1987, berkaitan dengan durasi yang telah ditentukan sebelumnya, sering kali diukur dalam tahun, dimulai dari pembukaan jalan pertama dan berlanjut hingga diperlukan perbaikan besar. Alternatifnya, memberikan lapisan analisis tambahan mungkin dianggap penting. Umur rencana mengacu pada durasi, diukur dalam tahun, antara dimulainya penggunaan jalan dan titik di mana pemeliharaan atau perbaikan diperlukan.

Memastikan perbaikan perkerasan jalan tepat waktu dilakukan dalam umur rencana yang telah ditetapkan adalah hal yang sangat penting. Perawatan yang cermat terhadap lapisan non-struktural sangat penting untuk memastikan efektivitasnya dalam melindungi terhadap kerusakan akibat keausan dan air. Dalam bidang konstruksi jalan baru, perkiraan umur perkerasan fleksibel diperkirakan sekitar 20 tahun, sedangkan untuk peningkatan jalan, biasanya direncanakan untuk jangka waktu 10 tahun. Sukirman (1999) menegaskan bahwa kelayakan ekonomi dari umur desain yang melebihi 20 tahun telah berkurang sebagai akibat dari kemajuan signifikan dalam pola lalu lintas dan kesulitan yang dihadapi dalam mencapai ketelitian yang cukup.

2.6. Metode Analisa Komponen 1987

Metodologi yang digunakan untuk analisis komponen adalah pendekatan SKBI.2.3.26.1987 yang berasal dari AASHTO'72 dan telah dimodifikasi agar sesuai dengan kondisi jalan spesifik di Indonesia. (Sukirman, 2010)

2.6.1. Jumlah Lajur dan Koefisien Distribusi Kendaraan (C)

Dalam konteks khusus mobil yang melintasi suatu jalan raya dalam suatu lajur tertentu, istilah “lalu lintas ekuivalen” mengacu pada besarnya beban yang dibebankan pada perkerasan jalan, khususnya yang berkaitan dengan satu lajur. Lajur yang disebut lajur desain dicirikan oleh kemampuannya untuk menangani jumlah lalu lintas terbesar dan dianggap sebagai lajur yang paling banyak digunakan di antara banyak lajur pada bagian tertentu dari suatu jalan raya. Ada tidaknya rambu batas lajur pada suatu jalan mempunyai peranan penting dalam menentukan jumlah lajur. Penetapan ini dipengaruhi oleh lebar perkerasan yang ditetapkan dalam SKBI tahun 1987. Representasi lebar perkerasan dan jumlah lajur dapat dilihat pada **Tabel 2.4** seperti dibawah ini.

Tabel 2. 4 Jumlah Lajur Berdasarkan Lebar Perkerasan

Lebar Perkerasan (L)	Jumlah Lajur (n)
$L < 5,50 \text{ m}$	1 Lajur
$5,50 \text{ m} \leq L < 8,25 \text{ m}$	2 Lajur
$8,25 \text{ m} \leq L < 11,25 \text{ m}$	3 Lajur
$11,25 \text{ m} \leq L < 15,00 \text{ m}$	4 Lajur
$15,00 \text{ m} \leq L < 18,75 \text{ m}$	5 Lajur
$18,75 \text{ m} \leq L < 22,00 \text{ m}$	6 Lajur

Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, 1987

Tabel 2.5 menampilkan koefisien (C) distribusi kendaraan, baik kendaraan ringan maupun berat yang beroperasi pada rute yang ditentukan.

Tabel 2. 5 Koefisien Distribusi Kendaraan (C)

Jumlah Lajur	Kendaraan Ringan		Kendaraan Berat	
	1 arah	2 arah	1 arah	2 arah
1 Jalur	1,00	1,00	1,00	1,000
2 Jalur	0,60	0,50	0,70	0,500
3 Jalur	0,40	0,40	0,50	0,475
4 Jalur	-	0,30	-	0,450
5 Jalur	-	0,25	-	0,425
6 Jalur	-	0,20	-	0,400

Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, 1987

2.6.2. Lalu Lintas Harian Rata – Rata

Menurut Departemen Pekerjaan Umum (1987), penentuan pertumbuhan kuantitas mobil saat ini dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan 2.1 dan persamaan 2.2. Persamaan ini masing-masing berkaitan dengan Lalu Lintas Harian Rata-rata dan Rumus Lalu Lintas.

$$b = a (1+i)^n \dots\dots\dots 2.1$$

$$i = [(b/a)^{1/n} - 1] \times 100\% \dots\dots\dots 2.2$$

Keterangan:

- b = Volume lalu lintas tahun ke n
- a = Volume lalu lintas tahun a
- i = Tingkat pertumbuhan lalu lintas (% pertahun)

2.6.3. Angka Ekuivalen Beban Sumbu Kendaraan (E)

Bilangan ekuivalen (E) dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan 2.3 dan 2.4 pada perhitungan selanjutnya (Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, 1987)

$$a. E \text{ sumbu tunggal} = \left(\frac{\text{Beban sumbu tunggal dalam kg}}{8610} \right)^4 \dots\dots\dots 2.3$$

$$b. E \text{ sumbu ganda} = \left(\frac{\text{Beban sumbu tunggal}}{8610} \right)^4 \times 0.086 \dots\dots\dots 2.4$$

Tabel 2.6 menampilkan Gambar Ekuivalen (E) untuk setiap kendaraan, yang dikategorikan menurut kelas beban gandarnya.

Tabel 2. 6 Angka Ekuivalen Beban Sumbu Kendaraan

Beban Sumbu		Angka Ekuivalen	
Kg	Lb	Sumbu Tunggal	Sumbu Ganda
1000	2205	0,0002	-
2000	4409	0,0036	0,0003
3000	6614	0,0183	0,0016
4000	8818	0,0577	0,0050
5000	11023	0,141	0,0121
6000	13228	0,2923	0,0251
7000	15432	0,5415	0,0466
8000	17637	0,9238	0,0794
8160	18000	1,0000	0,0860
9000	19841	1,4798	0,1273
10000	22046	2,2555	0,1940
11000	24251	3,3022	0,2840
12000	26455	4,6770	0,4022
13000	22860	6,4419	0,5540
14000	30864	8,6647	0,7452
15000	33069	11,4184	0,9820
16000	35267	14,7815	1,2712

Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, 1987

2.6.4. Lalu Lintas Harian Rata-rata dan Rumus Lintas Ekuivalen

Perhitungan rata-rata lalu lintas harian dan cara membandingkan lalu lintas dilakukan dengan menggunakan persamaan di bawah ini:

- a. Penentuan Lalu Lintas Harian Rata-rata (ADT) untuk setiap jenis kendaraan dilakukan pada awal umur desain. Perhitungan di atas dilakukan untuk dua orientasi berbeda pada jalan raya tanpa pembatas tengah, atau untuk setiap orientasi unik pada jalan raya menggunakan persamaan 2.5.

$$LHR_n = (1 + i)^n \times LHR_0 \dots\dots\dots 2.5$$

- b. Perhitungan Initial Equivalent Cross (LEP) ditentukan dengan menggunakan rumus yang dilambangkan dengan persamaan 2.6.

$$LEP = \sum_{j=1}^n LHR_j \times C_j \times E_j \dots\dots\dots 2.6$$

Catatan: j = jenis kendaraan

- c. Perhitungan Final Equivalent Cross (LEA) ditentukan dengan menggunakan rumus yang dilambangkan dengan persamaan 2.7.

$$LEA = \sum LHR_j (1 + i)^{UR} \times C_j \times E_j \dots\dots\dots 2.7$$

Catatan: i = perkembangan lalu lintas

j = jenis kendaraan

- d. Penentuan Persilangan Ekuivalen Tengah (LET) dapat dilakukan dengan menggunakan rumus yang dinyatakan sebagai persamaan 2.8.

$$LET = \frac{1}{2} (LEP + LEA) \dots\dots\dots 2.8$$

- e. Cross Equivalent Plan (LER) dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan 2.9.

$$LER = LET \times FP \dots\dots\dots 2.9$$

- f. Perhitungan Faktor Penyesuaian (FP) ditentukan dengan menggunakan rumus yang dilambangkan dengan persamaan 2.10.

$$FP = UR/10 \dots\dots\dots 2.10$$

2.6.5. Penentuan Harga CBR (*California Bearing Ratio*)

Penggunaan Uji Laboratorium California Bearing Ratio (CBR) sering terlihat dalam bidang perencanaan proyek pembangunan jalan. Saran yang ada adalah hanya menggunakan uji California Bearing Ratio (CBR) sebagai dasar untuk menilai kemampuan menahan beban tanah dasar. Prosedur alternatif hanya digunakan jika dikombinasikan dengan data yang dapat diandalkan. Prosedur lain

yang dapat digunakan antara lain Group Index, Plate Bearing Test, dan R-value (Sukirman, 2010).

1. Perhitungan Secara Analitis atau Teoritis

Setelah data CBR diperoleh, langkah selanjutnya adalah mengidentifikasi nilai spesifik yang terkait dengan segmen CBR. Penggunaan Persamaan 2.11 berlaku seperti yang dikemukakan oleh Sukirman (2010).

$$CBR \text{ segmen} = \frac{CBR \text{ rata-rata} - CBR \text{ max} - CBR \text{ min}R}{R} \dots\dots\dots 2.11$$

Nilai R bergantung pada volume data yang dimasukkan selama segmen tertentu. Nilai R dapat dilihat pada **Tabel 2.7**.

Tabel 2. 7 Nilai R Untuk Perhitungan CBR Segmen

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

Sumber: Sukirman, 2010

2. Perhitungan Secara Grafik

Proses penentuan harga yang mencerminkan kumpulan harga CBR adalah sebagai berikut:

- a. Identifikasi rasio biaya terhadap buku (CBR) minimum.

- b. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan nilai pricing masing-masing CBR, baik dari segi kesetaraan maupun keunggulannya, terhadap masing-masing nilai CBR.
- c. Nilai maksimum dilambangkan dengan 100%. Berbagai besaran dinyatakan dalam persentase keseluruhan, yang setara dengan 100%.
- d. Representasi grafis yang menggambarkan korelasi antara harga CBR dan persentase total biaya yang sesuai telah dihasilkan.
- e. Nilai khas California Bearing Ratio (CBR) ditentukan dengan angka persentase 90%.

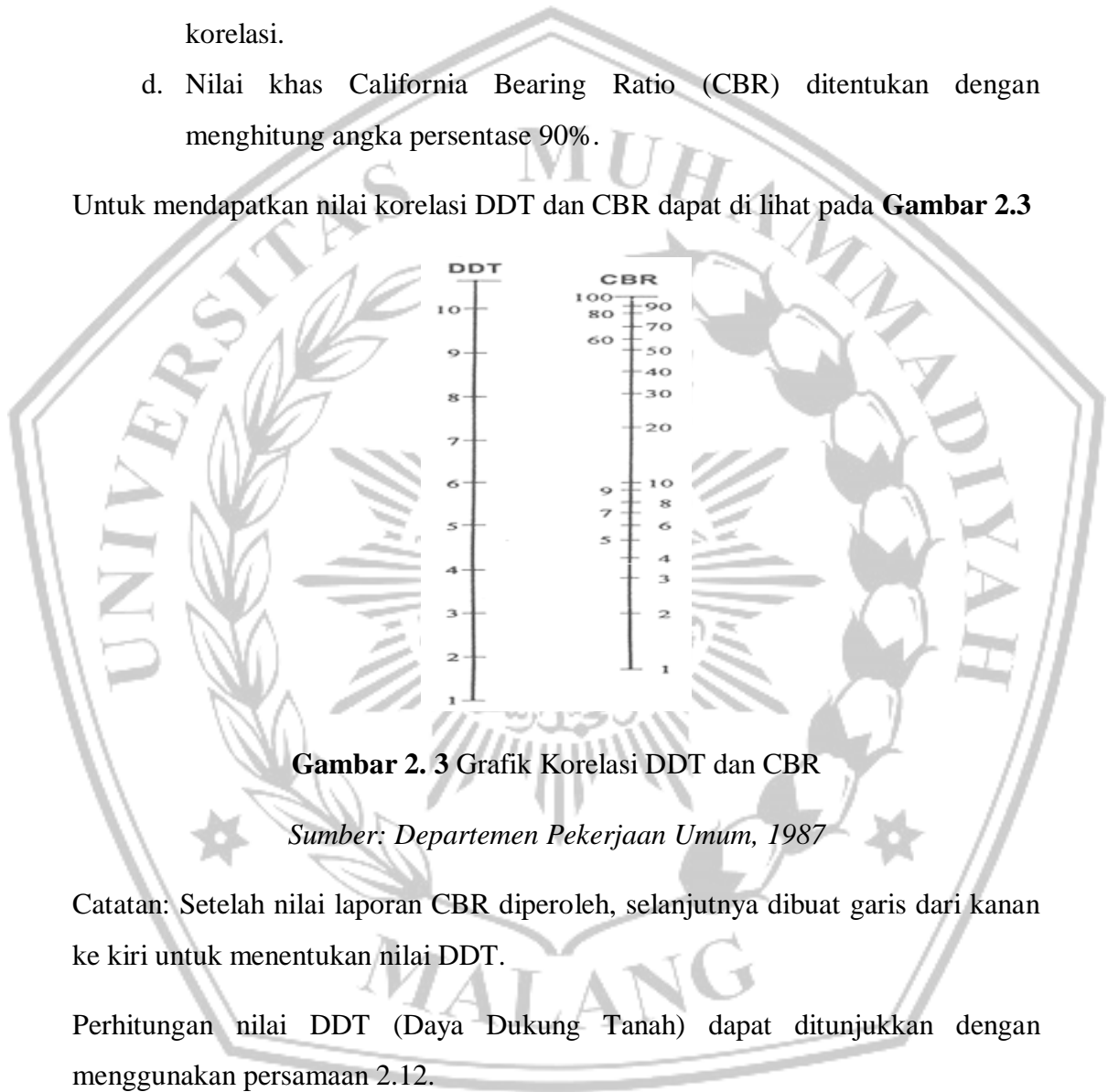
2.6.6. Daya Dukung Tanah Dasar (DDT) dan CBR (*California Bearing Ratio*)

Evaluasi kekuatan tanah dasar dan kapasitas menahan beban meliputi pemeriksaan dua parameter penting: Dynamic Cone Penetration Test (DDT) dan California Bearing Ratio (CBR). Pengukuran tersebut di atas digunakan untuk tujuan menilai kemampuan daya dukung tanah dasar. Penilaian daya dukung tanah dasar, yang sering disebut dengan Uji Penetrasi Kerucut Dinamis (DDT), memerlukan penggunaan grafik korelasi. Kata “harga CBR” yang digunakan dalam konteks ini mengacu pada harga CBR lapangan atau harga CBR laboratorium, sebagaimana dinyatakan oleh Departemen Pekerjaan Umum (1987). Uji lapangan California Bearing Ratio (CBR) melibatkan ekstraksi sampel tanah menggunakan tabung tidak terganggu, selanjutnya dilakukan penjenuhan, dan evaluasi selanjutnya untuk memastikan nilai CBR-nya. Pengukuran kelembaban tanah di lapangan juga dapat dilakukan di lapangan selama kondisi curah hujan yang signifikan atau ketika tanah sudah jenuh sepenuhnya. Uji lapangan California Bearing Ratio (CBR) sering digunakan untuk memastikan ketebalan yang sesuai untuk lapisan tambahan, seperti lapisan luar, dalam kerangka desain. Proses penetapan harga yang termasuk dalam kisaran harga CBR yang ditetapkan ditetapkan sesuai dengan standar yang ditetapkan oleh Departemen Pekerjaan Umum (1987).

- a. Menetapkan nilai dari CBR paling rendah. b.

- b. Menentukan apakah nilai setiap nilai CBR lebih besar atau sama dengan setiap nilai CBR. c.
- c. Jumlah maksimum nilai numerik dilambangkan dengan 100%. Untuk melakukan analisis hubungan antara CBR (Crude Birth Rate) dengan persentase tertentu, dapat dibuat grafik yang menggambarkan nilai korelasi.
- d. Nilai khas California Bearing Ratio (CBR) ditentukan dengan menghitung angka persentase 90%.

Untuk mendapatkan nilai korelasi DDT dan CBR dapat di lihat pada **Gambar 2.3**



Gambar 2.3 Grafik Korelasi DDT dan CBR

Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, 1987

Catatan: Setelah nilai laporan CBR diperoleh, selanjutnya dibuat garis dari kanan ke kiri untuk menentukan nilai DDT.

Perhitungan nilai DDT (Daya Dukung Tanah) dapat ditunjukkan dengan menggunakan persamaan 2.12.

$$DDT = 4,3 \times \log CBR + 1,7 \dots\dots\dots 2.12$$

Nilai CBR dapat diperoleh dengan teknik analisis atau analisis grafis, seperti terlihat pada persamaan 2.13.

$$CBR = \frac{CBR \text{ Grafis} + CBR \text{ analitis}}{2} = \dots\dots\dots 2.13$$

2.6.7. Faktor Regional

Kesesuaian antara persyaratan penggunaan dan peraturan pembangunan jalan raya kontemporer memungkinkan pertimbangan permeabilitas tanah dan sifat drainase di lapangan sebagai hal yang sebanding. Variabel regional dipengaruhi oleh beberapa keadaan, termasuk struktur jalan, termasuk kemiringan dan tikungan, keberadaan kendaraan berat dan kendaraan yang berhenti, serta kondisi meteorologi yang ada, khususnya curah hujan. Kriteria di atas digambarkan secara komprehensif pada Tabel 2.8 yang didokumentasikan oleh Departemen Pekerjaan Umum pada tahun 1987.

Tabel 2. 8 Faktor Regional (FR)

	Kelandaian I (<6%)		Kelandaian II (6-10%)		Kelandaian III (>10%)	
	% Kendaraan Berat		% Kendaraan Berat		% Kendaraan Berat	
	≤ 30%	> 30%	≤ 30%	> 30%	≤ 30%	> 30%
Iklm I < 900 mm/th	0,5	1,0 - 1,5	1,0	1,5 - 2,0	1,5	2,0 – 2,5
Iklm II > 900 mm/th	1,5	2,0 - 2,5	2,0	2,5 - 3,0	2,5	3,0 – 3,5

Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, 1987

Catatan: Pada beberapa ruas jalan, seperti persimpangan jalan, halte, atau tikungan tajam dengan radius 30 meter, terlihat peningkatan tahanan gesek (FR) sebesar 0,5 kali. Di lingkungan rawa, hambatan gesek (FR) mengalami peningkatan sebesar 1,0.

$$\% \text{ kendaraan berat} = \frac{\text{jumlah kendaraan berat}}{\text{jumlah semua kendaraan}} \times 100\% \dots\dots\dots 2.14$$

2.6.8. Indeks Permukaan

Indeks Permukaan adalah ukuran kuantitatif yang mengevaluasi kualitas permukaan suatu area, khususnya dalam hal kehalusan dan kekakuannya, sehubungan dengan tingkat layanan yang diberikan kepada lalu lintas yang menggunakannya. Sebagaimana dinyatakan oleh Departemen Pekerjaan Umum (1987), serangkaian nilai kekayaan intelektual dan penafsirannya dapat diidentifikasi.

- IP = 1,0: adalah menyatakan permukaan jalan tersebut keadaan rusak berat sehingga sangat menghambat lalu lintas kendaraan.
- IP = 1,5: adalah tingkat pelayanan terendah yang masih memungkinkan
- IP = 2,0: adalah tingkat pelayanan rendah bagi jalan yang masih bagus.
- IP = 2,5: adalah menyatakan permukaan jalan cukup stabil dan baik.

Untuk menjamin tercapainya indeks permukaan (IP) pada akhir umur rencana, perlu memperhatikan unsur-unsur klasifikasi fungsi jalan dan lajur setara rencana (LER) seperti ditunjukkan pada **Tabel 2.9**.

Tabel 2. 9 Indeks Permukaan Pada Akhir Umur Rencana

LER = Lintas Ekivalen Rencana	Klasifikasi Jalan			
	Lokal	Kolektor	Arteri	Tol
< 10	1,0 – 1,5	1,5	1,5 – 2,0	-
10 - 100	1,5	1,5 – 2,0	2	-
100 – 1000	1,5 – 2,0	2	2,0 – 2,5	-
> 1000	-	2,0 – 2,5	2,5	2,5

Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, 1987

*) LER dalam satuan angka ekivalen 8,16 ton beban sumbu tunggal

Catatan: Dalam konteks inisiatif pembangunan infrastruktur jalan, seperti JAPAT (Bantuan Bersama untuk Proyek Transportasi Arteri) atau pembangunan jalan hemat biaya atau darurat, indikator kepentingan, yang dilambangkan dengan IP, mungkin diberi nilai 1,0.

Ketika memilih indeks permukaan awal (IPo) pada tahap desain, penting untuk mempertimbangkan karakteristik lapisan atas, yaitu kerataan/kehalusan dan kekakuannya, seperti yang ditunjukkan pada **Tabel 2.10**.

Tabel 2. 10 Indeks Permukaan Pada Awal Umur Rencana (IPo)

Jenis Permukaan	IPo	Roughness (mm/km)
LASTON	≥ 4	≤ 1000
	3,9 – 3,5	> 1000
LASBUTAG	3,9 – 3,5	≤ 1000
	3,4 – 3,0	> 2000
HRA	3,9 – 3,0	≤ 1000
	3,4 – 3,0	> 2000
BURDA	3,9 – 3,5	< 2000
BURTU	3,4 – 3,0	< 2000
LAPEN	3,4 – 3,0	≤ 3000
	2,9 – 2,5	> 3000
LATASBUM	2,9 – 2,5	
BURAS	2,9 – 2,5	
LATASIR	2,9 – 2,5	
JALAN TANAH	$\leq 2,4$	
JALAN KERIKIL	$\leq 2,4$	

Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, 1987

Instrumen yang digunakan untuk mengukur kekasaran permukaan adalah roughometer NAASRA yang dipasang pada station wagon Datsun 1500 konvensional. Roughometer ini berjalan dengan kecepatan diperkirakan ± 32 kilometer per jam. Transmisi perpindahan vertikal poros belakang ke roughometer dicapai dengan menggunakan kabel yang ditempatkan secara terpusat di dalam poros belakang kendaraan. Selanjutnya pergerakan tersebut disalurkan ke counter 16 melalui pemanfaatan mekanisme penggerak yang fleksibel. Setiap putaran

penghitung dikaitkan dengan perpindahan vertikal sebesar 15,2 mm antara poros belakang dan badan kendaraan.

2.6.9. Koefisien Kekuatan Relatif (a)

Hubungan antara koefisien kekerasan relatif (a) lapisan permukaan suatu material dan kinerjanya dipengaruhi oleh beberapa variabel. Beberapa elemen perlu dipertimbangkan dalam evaluasi bahan yang berbeda. Pertimbangan tersebut antara lain nilai uji Marshall untuk material termasuk aspal, penerapan tekanan signifikan untuk material yang distabilkan menggunakan semen atau batu kapur, dan California Bearing Ratio (CBR) untuk material yang digunakan pada subbase atau lapisan pondasi bawah. Dengan tidak adanya uji Marshall, prosedur lain untuk menilai kekuatan (stabilitas) bahan dasar meliputi uji Hveem, uji Lapangan Hubbard, dan uji Triaksial Smith. **Tabel 2.11** menyajikan koefisien kekuatan relatif.

Tabel 2. 11 Koefisien Kekuatan Relatif (a)

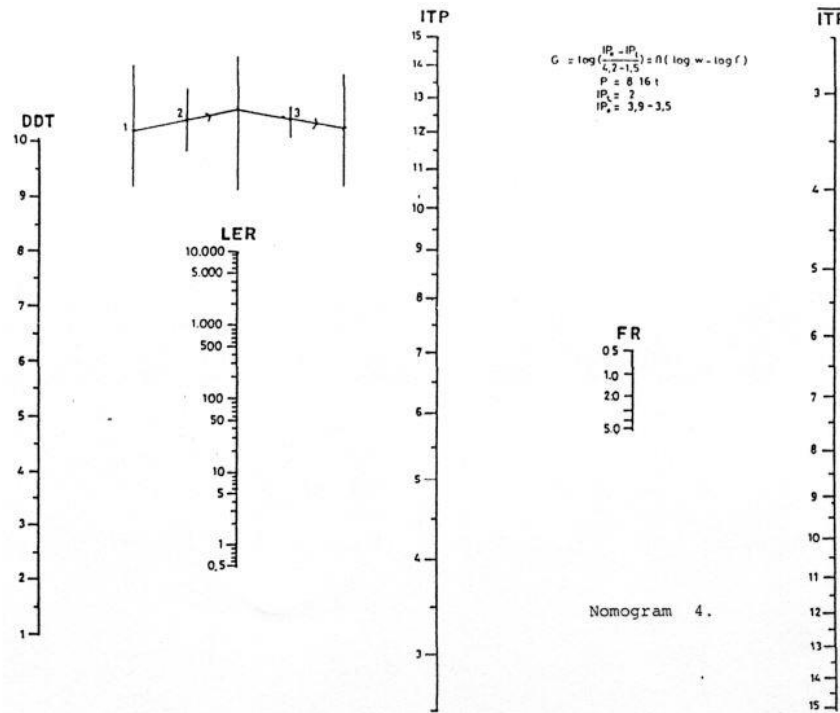
Koefisien Kekuatan Relatif			Kekuatan Bahan			Jenis Bahan
a1	a2	a3	MS (kg/cm)	Kt (kg/cm)	CBR (%)	
0,40	-	-	744	-	-	
0,35	-	-	590	-	-	Laston
0,35	-	-	454	-	-	Laston
0,30	-	-	340	-	-	
0,35	-	-	744	-	-	
0,31	-	-	590	-	-	Lasbutag
0,28	-	-	454	-	-	Lasbutag
0,26	-	-	340	-	-	
0,30	-	-	340	-	-	HRA
0,26	-	-	340	-	-	Aspal Macadam
0,25	-	-	-	-	-	Lapen (mekanis)

0,20	-	-	-	-	-	Lapen (manual)
-	0,28	-	590	-	-	
-	0,26	-	454	-	-	Laston Atas
-	0,24	-	340	-	-	
-	0,23	-	-	-	-	Lapen (mekanis)
-	0,19	-	-	-	-	Lapen (manual)
-	0,15	-	-	0,22	-	Stab.tanah dengan semen
-	0,13	-	-	0,18	-	Stab.tanah dengan semen
-	0,15	-	-	0,22	-	Stab.tanah dengan kapur
-	0,13	-	-	0,18	-	Stab.tanah dengan kapur
-	0,14	-	-	-	100	Batu pecah (kelas A)
-	0,13	-	-	-	80	Batu pecah (kelas B)
-	0,12	-	-	-	60	Batu pecah (kelas C)
-	-	0,13	-	-	70	Sirtu/pitrun (Kelas A)
-	-	0,12	-	-	50	Sirtu/pitrun (Kelas B)
-	-	0,11	-	-	30	Sirtu/pitrun (Kelas C)
-	-	0,10	-	-	20	Tanah Lempung Kepasian

Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, 1987

2.6.10. Indeks Tebal Perkerasan

Penentuan indeks ketebalan perkerasan pada perkerasan lentur dilakukan dengan menggunakan grafik nomogram yang ditunjukkan pada dokumen terlampir, yang dituangkan dalam SNI 1732-1989-F. Metodologinya meliputi pemeriksaan indeks permukaan, yaitu IPod dan IPT, lalu menentukan titik data yang relevan pada grafik. Saling ketergantungan Daya Dukung Tanah Dasar (DDT), Rata-rata Lintas Ekuivalen (LER), dan Faktor Regional (FR) ditunjukkan pada **Gambar 2.4**.



Gambar 2. 4 Grafik Nomogram Nilai ITP

Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, 1987

Tata cara penggunaan nomogram adalah sebagai berikut:

- Terdapat sembilan nomogram berbeda yang komprehensif, masing-masing dicirikan oleh nilai unik indeks permukaan awal (IPO) dan indeks permukaan akhir (IPt).
- Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengukuran kuantitatif Daya Dukung Tanah (DDT) melalui korelasinya dengan nilai CBR.
- Tentukan titik nilai LER (Learning Efficiency Ratio) yang diperoleh dari perhitungan.
- Lanjutkan dengan membuat segmen linier yang menghubungkan dua lokasi berbeda, yang secara khusus disebut DDT dan LER, hingga bertemu dengan garis ITP.
- Titik nilai FR dapat ditentukan dengan melihat Tabel 2.5.
- Titik ITP dihubungkan dengan titik FR hingga bertemu dengan garis ITP.

2.6.11. Batas – Batas Minimum Tebal Lapisan Perkerasan

Metode perancangan perkerasan lentur, seperti yang digariskan oleh Departemen Pekerjaan Umum pada tahun 1987, melibatkan penentuan Indeks Ketebalan Perkerasan (ITP) untuk lapisan permukaan, serta pemilihan material yang sesuai untuk perkerasan yang dimaksud. **Tabel 2.12** dan **2.13**, seperti yang ditunjukkan dalam konteks yang diberikan, memiliki relevansi dan signifikansi tertentu dalam wacana akademis.

Tabel 2. 12 Lapis Permukaan

ITP	Tebal Minimum	Bahan
< 3,00	5	Lapis pelindung: (Buras/Burtu/Burda)
3,00 – 6,70	5	Lapen/Aspal Macadam, HRA, Lasbutag, Laston
6,71 – 7,49	7,5	Lapen/Aspal Macadam, HRA, Lasbutag, Laston
7,50 – 9,99	7,5	Lasbutag, Laston
≥ 10,00	10	Laston

Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, 1987

Tabel 2. 13 Lapis Pondasi

ITP	Tebal Minimum	Bahan
< 3,00	15	Batu pecah, stabilitas tanah dengan semen, stabilitas tanah dengan kapur
3,00 – 7,49	20*)	Batu pecah, stabilitas tanah dengan semen, stabilitas tanah dengan kapur
	10	Laston atas
7,50 – 9,99	20	Batu pecah, stabilitas tanah dengan semen, stabilitas tanah dengan kapur, pondasi macadam
	15	Laston atas
10 – 12,14	20	Batu pecah, stabilitas tanah dengan semen, stabilitas tanah dengan kapur, pondasi macadam
≥ 12,25	25	Batu pecah, stabilitas tanah dengan semen

Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, 1987

2.6.12. RCI (*Road Condition Index*)

Roughness Comfort Index (RCI) adalah metrik yang digunakan untuk mengukur jumlah kenyamanan atau performa jalan yang dicapai dengan penggunaan roughometer.

Jika truk dan peralatan survei tidak tersedia, disarankan untuk menggunakan teknik survei visual seperti yang dijelaskan dalam pedoman penilaian kekasaran permukaan perkerasan. Nilai Indeks Kondisi Jalan (RCI) dapat diperoleh dengan melakukan evaluasi visual terhadap kekasaran permukaan jalan menggunakan formulir survei RCI yang diberikan oleh Bina Marga. **Tabel 2.14** menyajikan penentuan nilai RCI menurut tipe permukaan.

Tabel 2. 14 Penentuan Nilai RCI

No	Kondisi ditinjau secara visual	Nilai RCI	Nilai IRI
1	Tidak bisa dilalui	0-2	24-17
2	Rusak berat, banyak lubang dan seluruh daerah perkerasan mengalami kerusakan	2-3	17-12
3	Rusak, bergelombang, dan banyak lubang	3-4	12-9
4	Agak rusak, kadang-kadang ada lubang, permukaan jalan agak tidak rata	4-5	9-7
5	Cukup, tidak ada atau sedikit sekali lubang, permukaan jalan agak tidak rata	5-6	7-5
6	Baik	6-7	5-3
7	Sangat baik umumnya rata	7-8	3-2
8	Sangat rata dan teratur	8-10	2-0

Sumber: Sukirman, 1999

2.6.13. Pelapis Tambahan

Penentuan tebal lapisan atas dilakukan dengan mengevaluasi kondisi perkerasan saat ini, sebagaimana disajikan pada **Tabel 2.15**.

Tabel 2. 15 Nilai Kondisi Perkerasan Jalan

Tipe Material	ai(I/in)
1. Lapis Permukaan:	
Umumnya tidak retak, hanya sedikit defotmasi pada jalur roda.....	90 – 100%
Terlihat retak halus, sedikit deformasi pada jalur roda namun	

masih tetap stabil.....	70 – 90%
Retak sedang, beberapa deformasi pada jalur roda, pada dasarnya masih menunjukkan kestabilan	50 – 70%
Retak banyak, demikian juga deformasi pada jalur roda, menunjukkan gejala ketidakstabilan	30 – 70%
2. Lapis Pondasi:	
a. Pondasi Aspal Beton atau Penetrasi Macadam	
Umumnya tidak retak	90 – 100%
Terlihat retak halus, namun masih tetap stabil	70 – 90%
Retak sedang, pada dasarnya masih menunjukkan kestabilan	50 – 70%
Retak banyak, menunjukkan gejala ketidak stabilan.....	30 – 50%
b. Stabilisasi Tanah dengan Semen atau Kapur:	
Indek Plastisitas (Plasticity Index = PI) ≤ 10	70 – 100%
c. Pondasi Macadam atau Batu Pecah	
Indek Plastisitas (Plasticity Index = PI) ≤ 6	80 – 100%
3. Lapis Pondasi Bawah:	
Indek plastisitas (Plasticity Index = PI) ≤ 6	90 – 100%
Indek plastisitas (Plasticity Index = PI) > 6	70 – 90%
(existing pavement) dinilai sesuai pada Tabel 2.11	

Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, 1987

2.6.14. Analisa Komponen Perkerasan

Evaluasi kekuatan relatif setiap lapisan perkerasan jangka panjang merupakan aspek penting dalam perhitungan perencanaan, sebagaimana dinyatakan oleh Departemen Pekerjaan Umum (1987). Penentuan ketebalan perkerasan diukur dengan menggunakan Indeks Ketebalan Perkerasan (ITP), sebagaimana ditentukan pada persamaan 2.15.

$$\Delta ITP = a_1 \times D_1 \dots\dots\dots 2.15$$

Keterangan:

a₁ = koefisien kekuatan relatif bahan perkerasan

D₁ = tebal lapisan permukaan

2.7. Metode Manual Desain Perkerasan Jalan Bina Marga 2017

2.7.1. Prosedur Desain Overlay

Pedoman Perancangan Perkerasan Jalan Raya (2017) menguraikan tiga metodologi berbeda untuk memastikan ketebalan lapisan paling atas, dengan masing-masing pendekatan bergantung pada jumlah beban lalu lintas.

1. Lalu Lintas lebih kecil atau sama dengan 100.000 ESA4

Kerusakan struktural akibat retak lelah jarang terlihat pada jalan dengan volume lalu lintas rendah dan perkerasan dengan ketahanan retak pantulan (HRS) yang tinggi. Berdasarkan pemikiran di atas, disimpulkan bahwa tidak diperlukan penerapan desain jalan yang mampu menampung beban lalu lintas yang diproyeksikan di bawah 100.000 Gandar Standar Ekuivalen (ESA4) dan struktur perkerasan dengan kinerja pelapisan lelah Tingkat Keparahan Tinggi (HRS). Penentuan ketebalan desain lapisan atas dapat dinilai dengan menggunakan teknik defleksi maksimum (D0), seperti terlihat pada solusi yang diperoleh dari Gambar 6.1.

2. Lalu Lintas lebih besar dari 100.000 ESA4

Jalan yang memiliki volume lalu lintas lebih dari 100.000 beban gandar tunggal setara (ESA4) rentan mengalami retak lelah di dalam lapisan aspal. Oleh karena itu, penting untuk mempertimbangkan persyaratan deformasi permanen, yaitu pendekatan defleksi maksimum yang dilambangkan dengan D0, bersama dengan kriteria retak lelah yang mencakup pendekatan kurva defleksi yang dilambangkan dengan D0 – D200. Gunakan bagan desain yang ditunjukkan pada Gambar 6.1 dan Gambar 6.5. Bagian 1.1 menawarkan penjelasan komprehensif tentang kurva defleksi dan menyajikan demonstrasi pragmatis penggunaannya melalui grafik desain.

3. Lalu Lintas lebih besar 10×10^6 ESA4 atau 20×10^6 ESA5

Untuk melakukan pekerjaan rehabilitasi pada jalan yang mengalami beban lalu lintas di atas 10×10^6 ESA4 atau 20×10^6 ESA5, penting untuk menggunakan metode mekanistik empiris Pt T-01-2002-B atau pendekatan AASHTO 1993.

Teknik mekanistik empiris memerlukan penggunaan data yang tersedia mengenai defleksi permukaan dan ketebalan lapisan perkerasan untuk melakukan perhitungan terbalik, sehingga diperoleh nilai modulus. Selain itu, nilai modulus memainkan peran penting dalam menentukan solusi desain yang tepat untuk rekonstruksi atau pelapisan ulang dalam kerangka program studi perkerasan multi-lapis. Bab 7 di Bagian 1 Manual ini menawarkan pemeriksaan menyeluruh terhadap pendekatan mekanistik empiris.

Proses penambahan perkerasan lentur, sebagaimana diuraikan dalam pedoman AASHTO 1993 atau Pt T-01-2002-B, mencakup pengukuran defleksi permukaan. Suhu standar di mana defleksi maksimum (D0) ditentukan diatur pada 680°F atau 200°C. Oleh karena itu, perlu dilakukan normalisasi defleksi terbesar pada saat pengukuran suhu hingga suhu 200°C.

2.7.2. Analisis Lalu Lintas

Berdasarkan data yang ada, jalan tersebut dapat digolongkan sebagai jalan kolektor pedesaan. Angka laju pertumbuhan yang mewakili rata-rata laju pertumbuhan di Indonesia tercatat sebesar 3,50%. **Tabel 2.16** menampilkan peningkatan volume lalu lintas yang diamati. (Manual Desain Perkerasan Jalan, 2017)

Tabel 2. 16 Pertumbuhan Lalu Lintas

	Jawa	Sumatera	Kalimantan	Rata-Rata Indonesia
Arteri dan perkotaan	4,80	4,83	5,14	4,75
Kolektor rural	3,50	3,50	3,50	3,50
Jalan desa	1,00	1,00	1,00	1,00

Sumber : *Manual Desain Pekerjaan Jalan Bina Marga, 2017*

Untuk memastikan umur desain perkerasan pada tahap perencanaan, lihat **Tabel 2.17**.

Tabel 2. 17 Umur Rencana (UR)

Jenis Perkerasan	Elemen Perkerasan	Umur Rencana (Tahun)
Perkerasan Lentur	Lapisan aspal dan lapisan berbutir	20
	Fondasi jalan	40
	Semua perkerasan untuk daerah yang tidak dimungkinkan pelapisan ulang (<i>overlay</i>), seperti jalan perkotaan, underpass, jembatan, terowongan	
	Cement Treated Based (CTB)	
Perkerasan Kaku	Lapis fondasi atas, lapis fondasi bawah, lapis beton semen, dan fondasi jalan	
Jalan Tanpa Penutup	Semua elemen (termasuk fondasi jalan)	Minimum 10

Sumber : *Manual Desain Pekerjaan Jalan Bina Marga, 2017*

Elemen peningkatan lalu lintas kumulatif pada persamaan 2.16 adalah sebagai berikut:

$$R = \frac{(1+0,01 i)^{UR}-1}{0,01 i} \dots\dots\dots 2.16$$

Untuk menentukan lalu lintas harian rata-rata, digunakan rencana beban konvensional yang diuraikan dalam persamaan 2.17.

$$LHR_{aur} = LHR_{pd} \times (1 + i)^n \dots\dots\dots 2.17$$

Dimana :

LHR_{aur} = LHR pada awal umur rencana

LHR_{pd} = LHR pada pengumpulan data

I = Pertumbuhan lalu lintas

n = Umur Rencana

2.7.3. Lalu Lintas Pada Lajur Rencana

Pedoman Perancangan Perkerasan Jalan (2017) menyatakan bahwa lajur rancangan berkaitan dengan lajur lalu lintas tertentu dalam suatu ruas jalan yang sengaja dibangun untuk mendukung lalu lintas kendaraan niaga dalam jumlah besar, termasuk truk dan bus. Kuantifikasi volume lalu lintas pada suatu jalur tertentu dilakukan dengan menggunakan metode standar yang disebut beban gandar kumulatif (ESA). Metode ini mencakup dua komponen penting: faktor distribusi arah (DD) dan faktor distribusi jalur kendaraan niaga (DL).

$$DD = 0,50$$

(Kecuali pada lokasi-lokasi yang jumlah kendaraan cenderung lebih tinggi dari satu arah tertentu)

Sangatlah penting untuk menjaga beban desain sesuai kapasitas masing-masing jalur sepanjang masa pakainya. Penentuan kapasitas lajur ditetapkan dengan berpedoman pada aturan yang ditetapkan dalam Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 19/PRT/M/2011 tentang Persyaratan Teknis Jalan dan Kriteria Perencanaan Teknis Jalan. Undang-undang ini menetapkan hubungan yang ditentukan antara volume pergerakan kendaraan di suatu jalan raya dan kapasitas maksimumnya, yang harus dipatuhi. Tabel yang diberi label **Tabel 2.18** memberikan informasi tentang faktor distribusi jalur (DL) dan nilainya yang terkait.

Tabel 2. 18 Faktor Distribusi Lajur (DL)

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

Sumber : *Manual Desain Pekerjaan Jalan Bina Marga, 2017*

2.7.4. Menentukan Nilai Vehicle Damage Factor

Dalam bidang desain perkerasan, proses mengubah beban lalu lintas menjadi beban standar, sering disebut sebagai Gandar Standar Ekuivalen (ESA), dilakukan melalui penggunaan Faktor Kerusakan Kendaraan. Investigasi struktur perkerasan melibatkan analisis total akumulasi Beban Gandar Tunggal Ekuivalen (ESA) yang diterapkan pada rute yang ditentukan selama umur yang diproyeksikan. **Tabel 2.19** menyajikan keadaan yang diperlukan untuk pengumpulan data beban gandar. (Manual Desain Perkerasan Jalan, 2017)

Tabel 2. 19 Pengumpulan Data Beban Gandar

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

Sumber : *Manual Desain Pekerjaan Jalan Bina Marga, 2017*

Penelitian yang dilakukan dalam publikasi berjudul “Metode Manual Perancangan Perkerasan Jalan” (2017) tersebut hanya terkonsentrasi pada pemeriksaan kendaraan niaga beroda enam atau lebih. Faktor valuasi terhadap depresiasi (VDF) untuk masing-masing kendaraan ditunjukkan pada **Tabel 2.20**.

Tabel 2. 20 Nilai VDF Masing-Masing Kendaraan

Jenis Kendaraan	Jawa			
	Beban Aktual		Normal	
	VDF4	VDF5	VDF4	VDF5
5B	1,0	1,0	1,0	1,0
6A	0,6	0,5	0,6	0,5
6B	5,3	9,2	4,0	5,1
7A1	8,2	14,4	4,7	6,4

7A2	10,2	19,0	4,3	5,6
7B1	11,8	18,2	9,4	13,0
7B2	13,7	21,8	12,6	17,8
7C1	11,0	19,8	7,4	9,7
7C2A	17,7	33,0	7,6	10,2
7C2B	13,4	23,2	6,5	8,5
7C3	18,1	34,4	6,1	7,7

Sumber : Manual Desain Perkerasan Jalan, 2017

2.7.5. Beban Sumbu Standar Kumulatif

Konsep "Beban Gandar Standar Kumulatif", juga dikenal sebagai "Beban Gandar Tunggal Setara Kumulatif" (CESAL), berkaitan dengan beban gandar gabungan dari lalu lintas desain yang berjalan pada rute tertentu dalam jangka waktu pengoperasian yang ditentukan. Nilai tersebut dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.18 yang dinyatakan dengan rumusan sebagai berikut: (Manual Desain Perkerasan Jalan, 2017)

Menggunakan VDF masing-masing kendaraan niaga

$$ES_{ATH-1} = (\sum LHR_{JK} \times VDF_{JK}) \times 365 \times DD \times DL \times R \dots\dots\dots 2.18$$

Keterangan :

ESATH-1 :kumulatif lintasan sumbu standar ekuivalen (*equivalent standard axle*) pada tahun pertama.

$\sum LHR_{JK}$:lintas harian rata – rata tiap jenis kendaraan niaga (satuan kendaraan per hari).

VDFJK :Faktor Ekuivalen Beban (*Vehicle Damage Factor*) tiap jenis kendaraan niaga Tabel 4.4. dan Tabel 4.5.

DD :Faktor distribusi arah.

DL :Faktor distribusi lajur (Tabel 4.2).

CESAL :Kumulatif beban sumbu standar ekivalen selama umur rencana.

R :Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif (subbab 4.4)

Setelah menghitung Lalu Lintas Harian Rata-Rata maka didapatkan hasil CESA5 (*Cumulative Equivalent Single Axle*) dengan rumus $CESA5 = \Sigma ESA5(1) + \Sigma ESA5(2)$, maka dapat kita tentukan tebal perkerasan lapis atas tambahan (*Overlay*) menurut **Tabel 2.21**.

Tabel 2. 21 Desain Perkerasan Lentur – Aspal Dengan Lapis Fondasi Butir

	STRUKTUR PERKERASAN							
	FFF1	FFF2	FFF3	FFF4	FFF5	FFF6	FFF7	FFF8
Solusi yang di pilih					Lihat catatan 2			
Kumulatif beban sumbu 20 tahun pada lajur rencana (10^5 ESA5)	<2	≥2-7	>7-10	>10-20	>20-30	>30-50	>50-100	>100-200
KETEBALAN LAPIS PERKERASAN (mm)								
AC WC	40	40	40	40	40	40	40	40
AC BC	60	60	60	60	60	60	60	60
AC Base	0	80	105	145	160	180	201	245
LFA Kelas A	400	300	300	300	300	300	300	300
Catatan	1	2		3				

Sumber : *Manual Desain Perkerasan Jalan, 2017*

Kemudahan penentuan Tebal Perkerasan Overlay dapat ditingkatkan dengan menggunakan Metode Bina Marga tahun 2017, seperti terlihat pada **Tabel 2.22**, yang didasarkan pada data CESA.

Tabel 2. 22 Pemilihan Struktur Perkerasan

OVERLAY PERKERASAN EKSISTING					
Struktur Perkerasan	Kumulatif ESA5 20* tahun (juta)**				
	<0,1	0,1-4	4-10	>10-30	>30
AC-WC/BC modifikasi SBS					
AC-WC/BC modifikasi yang disetujui					
AC-WC/BC normal					

Sumber : *Manual Desain Perkerasan Jalan, 2017*

Menurut Manual Perancangan Perkerasan Jalan (2017), penting untuk mempertimbangkan faktor-faktor berikut:

- Pengeluaran yang dikeluarkan selama durasi layanan, terkadang disebut sebagai biaya siklus hidup yang didiskon, berada pada tingkat minimum dan layak untuk dilaksanakan. Oleh karena itu, penting untuk menghitung biaya yang terkait dengan setiap alternatif dan memilih solusi yang menawarkan biaya minimum.
- Proyeksi umur lapisan perkerasan fleksibel adalah sepuluh tahun.
- Dalam kasus di mana ketebalan lapisan atas yang ditentukan melampaui 100 mm untuk jalan yang melayani volume lalu lintas hingga 4×10^6 ESA5, atau melampaui kisaran 150 mm hingga 210 mm untuk jalan yang mengakomodasi volume lalu lintas melebihi 4×10^6 ESA5, dan ketika kondisi arus permukaan perkerasan sudah sangat rusak sehingga memerlukan pengisian besar-besaran sebesar 30% dari luas perkerasan, disarankan untuk mempertimbangkan strategi rekonstruksi yang komprehensif daripada memilih pelapisan ulang.
- Pengencang yang dimodifikasi memberikan keuntungan besar; namun penerapannya memerlukan sumber daya dan pengalaman kontraktor, yang seringkali kurang. Penggunaan aspal yang dimodifikasi bergantung pada ketersediaan sumber daya dan pengetahuan penting. Penggunaan aspal yang dimodifikasi mempunyai potensi untuk memperluas penerapan lapisan

aspal tipis dan lapisan keausan dalam mengakomodasi tingkat beban lalu lintas yang lebih luas, khususnya dalam situasi lalu lintas tinggi.

- Perkerasan kaku dapat dianggap sebagai pilihan yang layak untuk jalan yang rusak parah dan mengalami beban lalu lintas melebihi 30x106 ESA4 dalam kurun waktu 20 tahun. Meskipun demikian, melakukan perbandingan desain dan analisis biaya sangat penting untuk memastikan penerimaan dan kelayakan proyek tertentu.
- Proses daur ulang memerlukan penggunaan peralatan khusus dan keterlibatan kontraktor dengan keahlian khusus.

2.7.6. Menghitung IRI Menggunakan Data RCI

Roughness Comfort Index (RCI) adalah ukuran kuantitatif yang digunakan untuk menilai tingkat kenyamanan atau kinerja jalan yang dicapai dengan penerapan roughometer. Nilai IRI tersebut kemudian dikonversikan sehingga diperoleh nilai Roughness Coefisien Index (RCI). Persamaan 2.19 menggambarkan ekspresi matematika untuk rumus korelasi antara Indeks Kemampuan Ketahanan (RCI) dan Indeks Ketahanan Infrastruktur (IRI), kadang-kadang disebut sebagai Indeks Korelasi.

$$RCI = 10 \times \text{Exp}(-0,0501 \times IRI^{1,220920}) \dots \dots \dots 2.19$$

Dimana :

RCI = Nilai *road condition index*

IRI = Nilai *international roughness index*

2.7.7. Tebal Overlay Non-Struktural

Lapisan pelapis harus memenuhi atau melebihi ketebalan minimum yang disyaratkan. Untuk mencapai tingkat kerataan yang diinginkan, penting untuk memberikan lapisan aspal yang lebih banyak pada permukaan yang tidak beraturan. (Manual Desain Perkerasan Jalan,2017)

Jika pelapisan ulang dimaksudkan hanya untuk tujuan meningkatkan kerataan tanpa implikasi struktural apa pun, ketebalan pelapisan yang sesuai dapat ditentukan dengan mengacu pada **Tabel 2.23** di bawah ini:

Tabel 2. 23 Tebal Overlay Untuk Menurunkan IRI (Non-Struktural)

IRI rata-rata perkerasan eksisting	Tebal overlay minimum non-struktural untuk mencapai IRI = 3 setelah overlay (mm)
4	40
5	45
6	50
7	55
8	60

Sumber : *Manual Desain Perkerasan Jalan, 2017*

2.8. Metode Perencanaan Perkerasan

2.8.1. Metode Analisa Komponen 1987

Pendekatan analisis komponen yang dikenal dengan SKBI 2.3.26.1987 diciptakan oleh Departemen Pekerjaan Umum pada tahun yang sama. Pendekatan ini memiliki beberapa manfaat sehingga cocok untuk mengadaptasi beragam faktor, seperti keadaan alam, permasalahan lingkungan, kualitas tanah, dan lapisan menonjol yang sering digunakan di Indonesia. Selama perkembangan prosedur pelapisan jalan tebal, dua metode baru pengepakan jalan diperkenalkan: versi baru dan varian lapisan tambahan. Proses persiapan yang diuraikan dalam pendekatan ini memerlukan evaluasi yang cermat terhadap banyak elemen, seperti jumlah jalur, koefisien distribusi kendaraan (C), angka setara beban gandar kendaraan (E), kesetaraan lalu lintas, daya dukung tanah (DDT), dan daya dukung California. Variabel yang menjadi pertimbangan dalam penelitian ini antara lain rasio beton terhadap bahan pengikat (CBR), faktor regional (FR), indeks permukaan (IP), indeks ketebalan perkerasan (ITP), dan koefisien kekuatan relatif (a).

2.8.2. Metode Manual Desain Perkerasan Jalan Bina Marga 2017

Metodologi ini menggambarkan proses langkah demi langkah untuk mengidentifikasi desain overlay tebal yang bertujuan untuk memperbaiki hardening yang sudah ada yang telah mengalami kesulitan atau kerusakan struktural. Tujuan mendasar penerapan pelapisan ulang seringkali adalah untuk meningkatkan

efisiensi operasional fungsi jalan, termasuk pengendalian bentuk permukaan, penyediaan kenyamanan, dan pelaksanaan peningkatan non-struktural lainnya pada permukaan jalan.

2.9. Rencana Anggaran Biaya

Menurut Nurcholid Syawaldi, konsep Rencana Anggaran Biaya (RAB) meliputi proyeksi sistematis pengeluaran-pengeluaran yang berkaitan dengan bahan, tenaga kerja, dan biaya-biaya lain yang berkaitan dengan pelaksanaan suatu konstruksi atau proyek. Ada dua metodologi berbeda untuk mengembangkan anggaran biaya, khususnya:

- a. Perkiraan biaya awal menjadi acuan untuk menentukan harga satuan per meter persegi luas lantai. Namun demikian, perlu dicatat bahwa perkiraan biaya awal dapat berfungsi sebagai titik referensi yang berguna untuk mengembangkan Anggaran Alokasi Sumber Daya (RAB) yang dihitung secara cermat.
- b. Anggaran biaya yang komprehensif mengacu pada proyek yang dianggarkan dengan cermat dan tekun sejalan dengan syarat dan keadaan yang ditentukan untuk penyusunan anggaran biaya. Tujuan utama penetapan Anggaran Alokasi Sumber Daya (RAB) adalah untuk memastikan nilai item pekerjaan, yang berfungsi sebagai titik acuan pertimbangan pengeluaran selama tahap pelaksanaan. Selain itu, pendekatan ini memfasilitasi pelaksanaan konstruksi bangunan yang efektif dan efisien. Tujuan utama RAB (Badan Peninjau dan Persetujuan) adalah sebagai mekanisme untuk mengawasi dan mengatur kemajuan pekerjaan, serta memastikan pelaksanaan tugas pekerjaan secara efektif.

Tujuan utama untuk melakukan perkiraan biaya untuk proyek konstruksi adalah untuk mengidentifikasi biaya per komponen atau item pekerjaan, yang berfungsi sebagai referensi untuk alokasi anggaran sepanjang tahap implementasi. Selain itu, perlu dicatat bahwa konstruksi yang mapan dapat dilakukan dengan tingkat efektivitas dan efisiensi yang tinggi. Selain itu, perkiraan biaya berfungsi

sebagai pedoman kerja dan alat untuk memverifikasi dan mengelola pelaksanaan kegiatan.

2.9.1. Analisa Harga Satuan Dasar (HSD)

Penghitungan harga satuan kerja (HSP) bergantung pada penggabungan tenaga kerja, peralatan, dan material yang terkait dengan komponen High-Speed Data (HSD). Pelaksanaan kegiatan perencanaan biaya yang efektif dan efisien memerlukan penggunaan metodologi komputasi yang sesuai untuk penentuan harga satuan kerja. Tata cara penghitungan perhitungan HSD (High-Speed Diesel) dapat dilakukan dengan memperhatikan peraturan yang ditetapkan oleh Kementerian Pekerjaan Umum, khususnya:

1. Perhitungan HSD tenaga kerja

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memastikan harga unit tenaga kerja dengan mempertimbangkan biaya material awal dan mengacu pada tingkat kompensasi yang ditetapkan untuk pekerja dengan ijazah sekolah menengah atas. Rumus yang digunakan untuk menghitung HSD (beda nyata nyata) tenaga kerja adalah sebagai berikut:

- a. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui klasifikasi kualifikasi personel, dengan fokus khusus pada buruh (P), pengrajin (Tk), mandor (M), dan kepala pengrajin (K Tk). Nilai numerik 57.
- b. Pengumpulan data pengupahan harus dilakukan sesuai dengan peraturan daerah setempat, seperti yang ditetapkan oleh Gubernur, Walikota, atau Bupati. Selain itu, data gaji dari survei yang dilakukan di wilayah sekitar yang terkait dengan lokasi tertentu di mana pekerjaan tersebut dilakukan juga harus dikumpulkan.
- c. Ketika menilai masuknya tenaga kerja dari wilayah eksternal, pertimbangan dibuat pada pengeluaran yang berkaitan dengan makanan, akomodasi, dan transportasi.
- d. Tujuannya adalah untuk menentukan jumlah hari kerja efektif sepanjang satu bulan, yang seringkali berkisar antara 24 hingga 26 hari. Selain itu, kami ingin memastikan jumlah jam kerja efektif dalam satu hari, yang biasanya 7 jam.
- e. Tentukan biaya gaji per orang jam untuk setiap individu.

f. Hitung rata-rata penghasilan per jam untuk mendapatkan gaji rata-rata per jam sebesar 48.

2. Perhitungan HSD Alat

Pemeriksaan perangkat menggunakan pendekatan HSD mencakup berbagai faktor, seperti gaji operator atau pengemudi, karakteristik perangkat (termasuk daya mesin dan kapasitas operasi dalam meter kubik), umur ekonomi instrumen yang dinyatakan oleh produsen, jam kerja tahunan, dan harga mesin. Pertimbangan tambahan yang harus dipertimbangkan saat menghitung alat HSD mencakup beberapa komponen yang terkait dengan investasi instrumen. Komponen-komponen ini meliputi suku bunga bank, asuransi instrumen, dan karakteristik khusus instrumen seperti faktor bucket untuk ekskavator dan pengisi. Selain itu, biaya akuisisi instrumen juga dipertimbangkan dalam perhitungan ini.

3. Perhitungan HSD Bahan

Untuk memastikan harga unit tenaga kerja, sangat penting untuk pertama kali menetapkan harga standar bahan atau bahan HSD per unit pengukuran standar. Subjek yang ada di tangan Analisis data kecepatan tinggi (HSD) mengharuskan untuk memasukkan data yang berkaitan dengan harga unit bahan baku, bersama dengan biaya transportasi dan biaya yang terkait dengan pengelolaan dan pengolahan materi baku ini ke dalam komoditas selesai atau diproses. Proses pembuatan material membutuhkan penggunaan beberapa alat, bukannya mengandalkan satu alat saja. Kapasitas produksi masing-masing perangkat ditentukan dengan memasukkan data tentang kapasitas perangkat, efisiensi, dan karakteristik terkait lainnya, bersama dengan waktu siklus yang sesuai, untuk menghitung unit-unit pengukuran yang diproduksi setiap jam. Komposisi material HSD (High Strength Ductile) mencakup beberapa komponen biaya, seperti biaya yang terkait dengan bahan baku, termasuk yang digunakan dalam produksi HSD, serta material yang digunakan selama tahap pemrosesan dan material akhir yang digunakan dalam proses. produk HSD yang telah selesai. Penentuan harga satuan dasar bahan yang diambil dari batu bata melibatkan dua perhitungan yang berbeda. Perhitungan pertama berkaitan dengan penilaian bahan baku, seperti batu yang bersumber dari gunung atau pasir yang diambil dari sungai. Perhitungan kedua

berfokus pada bahan olahan, khususnya agregat kasar dan halus yang berasal dari proses seperti penghancuran batu. Terdapat perbedaan biaya material antara pengambilan material di tambang dan transportasi ke base camp atau lokasi kerja, sebagian besar disebabkan oleh biaya tambahan yang terkait dengan pengangkutan material dari tambang, yang terletak dekat dengan pabrik atau pelabuhan.

4. Biaya Lain – lain

Biaya tidak langsung, termasuk biaya yang terkait dengan administrator kantor, peralatan komunikasi, mobil kantor, pajak, asuransi, dan berbagai pengeluaran lainnya, merupakan pertimbangan penting ketika menilai biaya tambahan. Pengeluaran ini terjadi meskipun tidak ada keterlibatan langsung dalam pelaksanaan pekerjaan. Biaya yang disebutkan di atas biasanya dinyatakan sebagai overhead dan biasanya disajikan sebagai proporsi dari biaya langsung, dengan batas maksimum 15%, tidak termasuk pajak nilai tambah 15%. (PPN). Demikian pula, perusahaan luar negeri sering melaporkan keuntungan mereka sebagai proporsi dari biaya langsung, yang biasanya kurang dari 15%.

5. Harga Satuan Pekerjaan

Harga unit tenaga kerja mengacu pada seluruh pengeluaran yang dilakukan untuk memenuhi biaya suatu tugas tertentu. Harga per unit pekerjaan dapat ditentukan dengan menambahkan biaya alat, tenaga kerja, dan bahan, bersama dengan biaya tambahan.

2.10. Penelitian Terdahulu

No	Penulis / Tahun	Judul	Lokasi	Variabel
1	Rama Ilhami / 2022	Studi Perencanaan Perkerasan Lentur Overlay Pada Jalan Raya Temangkar – Pakah – Batas Kota Tuban STA 85+500 – STA 91+170	Kabupaten Tuban, Jawa Timur	<ul style="list-style-type: none"> • Tebal lapisan tambahan yang didapatkan dari perencanaan metode Analisa Komponen 1987 adalah 7 cm. • Tebal lapisan tambahan yang didapatkan dari perencanaan metode American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO 1993) adalah 9 cm. • Rencana Anggaran Biaya (RAB) pada metode Analisa Komponen 1987 adalah sebesar Rp 7.509.971.565 (Tujuh Milyar Lima Ratus Sembilan Juta Sembilan Ratus Tujuh Puluh Satu Ribu Lima Ratus Enam Puluh Lima Rupiah) metode AASHTO 1993 adalah

				sebesar Rp 9.302.483.761 (Sembilan Milyar Tiga Ratus Dua Juta Empat Ratus Delapan Puluh Tiga Ribu Tujuh Ratus Enam Puluh Satu Rupiah). Dalam perencanaan ini diambil metode yang Tebal dan Aman maka digunakan metode AASHTO 1993.
2	Mohammad Zulkarnain Pobela / 2022	Studi Perencanaan Perkerasan Lentur Lapis Tambahan (Overlay) Jalan Raya Pada Ruas Jalan Prof. John Ario Katili Kota Gorontalo	Kota Gorontalo, Gorontalo	<ul style="list-style-type: none"> • Dengan umur rencana 10 tahun; dan lalu lintas harian rata-rata 212628,9405 CESA5, untuk metode Manual Desain 2017 Perkerasan didapatkan tebal lapisan tambahan (overlay) dengan tebal 10 cm. • Karena faktor efisiensi harga dan perbedaan tebal yang kecil, maka digunakan tebal lapisan tambahan (overlay) hasil perhitungan metode Manual Desain Perkerasan Bina Marga sebesar 10 cm untuk di rencanakan rencana anggaran biaya (RAB). Untuk rencana anggaran biaya disusun dengan tahapan Pekerjaan Persiapan, Pekerjaan Perkerasan, dan Pekerjaan Finishing. Dari hasil analisa biaya pekerjaan, total rencana anggaran biaya untuk pekerjaan lapisan tambahan (overlay) pada Ruas Jalan Prof. John Ario Katili STA 0+000 sampai STA 2+700 ialah Rp 9.655.208.630 (Sembilan Milyar Enam Ratus Lima Puluh Lima Juta Dua Ratus delapan Ribu Enam Ratus Tiga Puluh Rupiah).
3	Muhammad Alroy Rachman / 2022	Studi Perencanaan Lapis Tambahan (Overlay) Pada Ruas Jalan Gubernur Sarkawi (STA 15+100 – 20+000) Kabupaten Banjar, Kalimantan Selatan	Kabupaten Banjar, Kalimantan Selatan	<ul style="list-style-type: none"> • Kondisi kerusakan permukaan perkerasan jalan ditinjau dari jenis serta tingkat kerusakan perkerasan jalan yang terjadi. Diperoleh data hasil survei yang dilakukan secara langsung di lapangan didapat kondisi kerusakan ruas jalan Gubernur Sarkawi STA 15+000 – STA 20+000) bervariasi, terdapat beberapa jenis kerusakan seperti alur, retak kulit buaya, retak pinggir, lubang dan pelapukan butiran lepas. Serta tingkat kerusakan permukaan perkerasan jalan yang terjadi berdasarkan data jenis kerusakan jalan yang diperoleh dari hasil survei lapangan didapat nilai PCI 49,8 dan Rating kondisi jalan adalah Rata-Rata (Fair) dan untuk jenis penanganan yang diambil dari metode PCI adalah dengan penambalan dan pekerjaan overlay. • Tebal lapis tambah (overlay) pada Ruas Jalan Gubernur Sarkawi STA 15+000 – STA 20+000 yang di dapat dalam perkerasan jalan untuk Metode Analisa Komponen 1987

				<p>dengan umur rencana 10 tahun adalah 7 cm dengan lapis pengikat AC/WC .</p> <ul style="list-style-type: none"> • Rencana Anggaran Biaya yang dibutuhkan untuk lapis tambah (Overlay) didapat dari total seluruh biaya pekerjaan pada Ruas Jalan Ruas Jalan Gubernur Sarkawi STA 15+000 – STA 20+000 adalah sebesar Rp.7.183.196.075,-
4	Vanisa Gustiawan / 2022	Mengevaluasi Tebal Lapis Tambah (Overlay) Dengan Metode AAHSTO 1993 Dengan Data FWD (Studi Kasus : Jalan Lingkar Luar Binjai)	Kota Binjai, Sumatera Utara	<ul style="list-style-type: none"> • Metode AASHTO 1993 dapat digunakan pada evaluasi tebal lapis tambah (overlay) pada ruas jalan Lingkar Luar Binjai yang memiliki lalu-lintas harian rata-rata tinggi dengan bantuan data lendutan FWD. • Hasil evaluasi tebal lapis tambah perkerasan dengan menggunakan Metode AASHTO 1993 mendapatkan tebal lapis tambah (overlay) sebesar 9,92 cm untuk jalan Lingkar Luar Binjai. Nilai lendutan rata-rata yang terjadi pada geophone satu sampai tujuh yaitu 0,748 mm; 0,656 mm; 0,545 mm; 0,405 mm; 0,288 mm; 0,173 mm; dan 0,144 mm. nilai lendutan terbesar terjadi pada geophone pertama. Dari nilai lendutan tersebut mendapatkan nilai lendutan wakil sebesar 258,65 mm.
5	Fahri Muammar Ramli / 2021	Analisa Kerusakan Dan Perencanaan Overlay Perkerasan Lentur Jalan Pada Ruas Jalan Demuk-Kalangan Di Kecamatan Ngunut Kabupaten Tulungagung	Kabupaten Tulungagung, Jawa Timur	<ul style="list-style-type: none"> • Kondisi kerusakan permukaan perkerasan jalan ditinjau dari jenis serta tingkat kerusakan perkerasan jalan yang terjadi, dari total panjang 3,6 km ruas jalan Demuk-Kalangan di bagi menjadi 10 segmen dengan perhitungan dan identifikasi kerusakan per segmen dengan total kerusakan seluruhnya adalah 13 kerusakan. • Nilai PCI diperoleh sebesar 83,3 %, berdasarkan dengan nilai kondisi yaitu sangat baik (very good). • Perencanaan tebal lapis tambah yang diperoleh dengan menggunakan Metode AASHTO adalah 3,0 cm disesuaikan dengan perhitungan perencanaan. • Dari hasil perhitungan pekerjaan peningkatan jalan yang direncanakan dengan menggunakan Metode AASHTO didapatkan rencana anggaran biaya yang diperlukan adalah sebesar Rp 2.494.130.000,00 (Dua Milyar Empat Ratus Sembilan Puluh Empat Juta Seratus Tiga Puluh Ribu Rupiah).