

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Jalan adalah prasarana transportasi darat yang meliputi semua komponen jalan, termasuk bangunan pelengkap dan mesin pengatur lalu lintas, yang berada di darat, di atas tanah, di bawah tanah atau di bawah air, atau di atas permukaan air-selain rel kereta api dan jalan kabel, dianggap sebagai bagian dari infrastruktur transportasi darat. (UU RI No 38 Tahun 2004)

Perkerasan jalan adalah lapisan perkerasan jalan yang terletak di antara roda kendaraan dan tanah dasar. Untuk memberikan daya dukung dan daya tahan yang memadai dengan tetap menjaga keekonomisan, perkerasan jalan raya dibangun berlapis-lapis. Lapisan dengan kualitas tertinggi adalah lapisan teratas, disebut lapisan permukaan. Di atas tanah dasar yang dipadatkan di bawahnya, pondasi dibangun. (Suprpto, 2004)

Salah satu infrastruktur utama yang menopang pertumbuhan ekonomi suatu wilayah adalah jalan. Karena faktor lalu lintas dan lingkungan, kondisi perkerasan jalan akan mengalami kerusakan, sehingga diperlukan upaya pemeliharaan untuk mempertahankan kondisi perkerasan jalan agar dapat berfungsi selama umur rencana. (Arianto dkk., 2018, hlm. 1)

2.2 Penelitian Terdahulu

Untuk memberikan gambaran umum mengenai proses pembuatan Tugas Akhir ini, maka perlu disertakan beberapa contoh referensi dari peneliti terdahulu dalam penelitian ini. Penelitian terdahulu tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.1:

Tabel 2. 1 Detail Uraian Penelitian Terdahulu

No	Penulis	Judul	Keterangan
1.	I Nyoman Yastawan, Dewa Made Priyantha Wedagama, I Made Agus Ariawan (Universitas Udayana)	Penilaian Kondisi Jalan Menggunakan Metode SDI (<i>Surface Distress Index</i>) dan Inventarisasi dalam GIS (<i>Geographic Information System</i>) di Kabupaten Klungkung.	Pada penelitian ini menggunakan metode SDI untuk mengetahui kondisi kerusakan jalan dan kemudian memasukan data tersebut ke GIS yang memberikan gambaran kondisi jalan dalam bentuk peta jaringan jalan.

2.	Muhaimin, Winayati, Fitridawati Soehardi (Universitas Lancang Kuning)	Analisis Tingkat Kerusakan Jalan Berdasarkan Metode <i>Surface Distress Index</i> (SDI) (Studi Kasus: Jalan Meranti Kota Pekanbaru Provinsi Riau)	Penelitian ini menggunakan metode SDI untuk mengetahui kondisi kerusakan jalan dan menentukan jenis penanganannya.
3.	Kusmiandani (Universitas Negeri Surabaya)	Evaluasi Perkerasan Jalan serta Perencanaan Lapis Tambah (<i>Overlay</i>) menggunakan Metode Bina Marga 1987 dan Metode Bina Marga 2017	Pada penelitian ini peneliti melakukan peninjauan kerusakan jalan dan merencanakan penanganan berupa lapis tambah (<i>overlay</i>) dengan membandingkan dua metode yaitu Metode Bina Marga 1987 dan Metode Bina Marga 2017
4.	Umi Tho'atin, Ary Setyawan, Mamok Suprpto. (Universitas Sebelas Maret)	Penggunaan Metode <i>International Roughness Index</i> (IRI), <i>Surface Distress Index</i> (SDI) dan <i>Pavement Condition Index</i> (PCI) untuk Penilaian Kondisi Jalan di Kabupaten Wonogiri.	Penelitian ini menggunakan dua metode yaitu Metode SDI dan Metode PCI, dan melakukan survey langsung memanfaatkan aplikasi <i>Roadroid</i> untuk mengetahui nilai IRI sehingga data ini dapat digunakan sebagai acuan untuk penanganan kerusakan jalan.
5.	Adilla Yudia Pernama, Togi H. Nainggolan, Eding Iskak Imananto. (Institut Teknologi Nasional Malang)	Analisa Kerusakan Jalan dengan Metode SDI dan IRI serta Penanganannya dengan Metode Lendutan Manual Desain Perkerasan Jalan 2017	Penelitian ini menggunakan metode SDI serta IRI untuk mengetahui tingkat kerusakan jalan dan merencanakan penanganannya dengan Metode Bina Marga 2017 pada Jalan Trunojoyo, Kabupaten Tulungagung.
6.	Fajar Joko Purnomo, Kurnia Hadi Putra. (Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya)	Analisis Kerusakan Jalan dengan Metode PCI, SDI, dan Bina Marga Serta Alternatif Penanganan Kerusakan.	Penelitian ini membandingkan tiga metode dalam menganalisis kerusakan jalan dengan Metode PCI, SDI, dan Bina Marga pada Jalan Raya Poros Gresik – Lamongan.

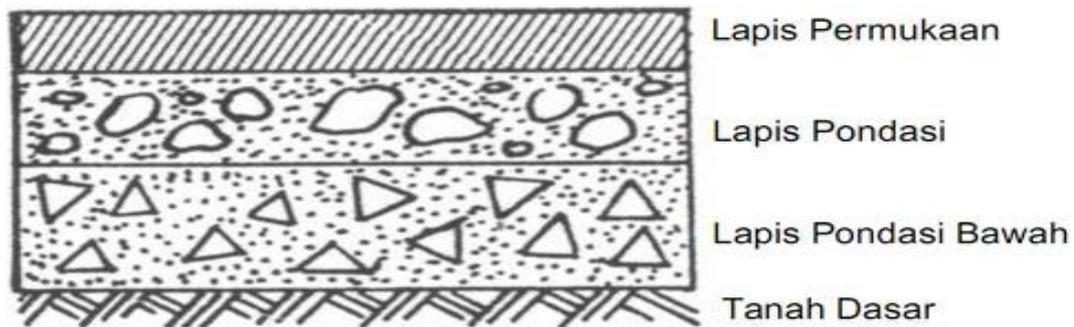
7.	Ajeng Putri A. K., Marjono, M. Fajar Subhkan. (Politeknik Negeri Malang)	Evaluasi Kerusakan Perkerasan Jalan Berdasarkan Metode Bina Marga Ruas Jalan Tawangargo – Ngijo Karangploso	Pada penelitian ini menggunakan metode Surface Distress Index (SDI) dan International Roughness Index (IRI) untuk menilai kerusakan yang terjadi serta menghitung Rencana Anggaran Biaya.
8.	T Arianto, M Suprpto, Syafi'i (Universitas Sebelas Maret)	Pavement Condition Assessment Using IRI from Roadroid and Surface Distress Index Method on National Road on Sumenep Regency.	Penelitian ini menggunakan aplikasi Roadroid untuk mengetahui nilai IRI dan menggunakan metode SDI untuk mengetahui kerusakan jalan yang terjadi pada salah satu Jalan Nasional di Kabupaten Sumenep.
9.	Rafiko Yahya, Mohamad Yusri bin Aman, Aji Suraji, Abdul Halim. (Universitas Widyagama)	Analisis Kerusakan Jalan Menggunakan Metode Pavement Condition Index (PCI) dan Surface Distress Index (SDI).	Pada penelitian ini membandingkan dua metode dalam mengetahui kerusakan jalan yaitu Metode PCI dan Metode SDI pada Ruas Jalan Nasional Caruban – Wilangan.
10.	Paikun, Elis Suminar, Aldi Irawan, Saiful Bahri (Universitas Nusa Putra)	Determining Road Handling According to the Level of Damage Using Surface Distress Index (SDI) Method	Peneliti melakukan analisis kerusakan jalan dengan Metode SDI untuk mengetahui jenis penanganan yang dibutuhkan sesuai dengan kerusakan yang terjadi pada Ruas Jalan Merdeka 1, Kota Sukabumi.

2.3 Perkerasan Jalan Lentur

Perkerasan Lentur (*flexible pavement*) adalah jenis perkerasan yang biasanya terdiri dari lapisan atas bahan beraspal dan lapisan bawah bahan berbutir, agar lapisan perkerasan cukup fleksibel untuk memberikan kenyamanan berkendara. Untuk mendesain perkerasan lentur dan memastikan bahwa konstruksi jalan seefisien mungkin, diperlukan analisis yang lebih menyeluruh terhadap penggunaannya. Selain itu, pertimbangan yang terkait dengan kondisi lokal, permintaan, kemampuan pelaksanaan, dan kriteria teknis lainnya harus dibuat secara ekonomis..

Untuk lalu lintas bervolume ringan hingga sedang, perkerasan lentur sering kali paling sesuai untuk jalan perkotaan, perkerasan bahu jalan, perkerasan dengan konstruksi bertahap, dan jalan dengan sistem utilitas di bawah permukaan. (Sukirman, 2010: 11).

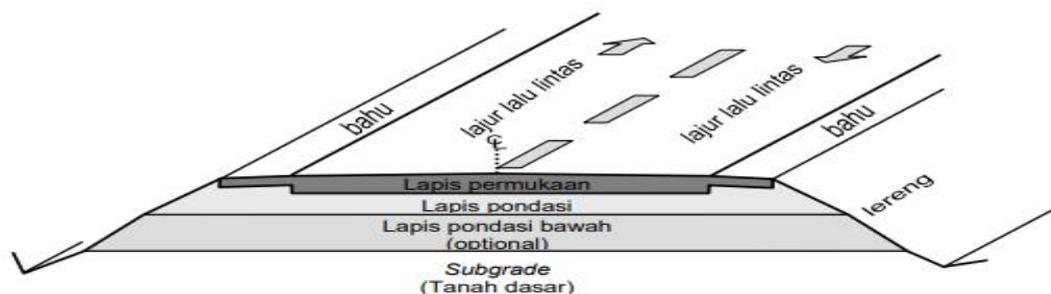
Secara umum, lapis permukaan (*surface course*), lapis pondasi bawah (*subbase course*), lapis pondasi atas (*base course*), dan tanah dasar (*sub grade*) merupakan bagian dari perkerasan jalan. (Gusnilawati, 2021)



Gambar 2. 1 Lapis Perkerasan Lentur

Sumber: Sukirman, 2010

Terdapat beberapa lapisan dalam konstruksi perkerasan lentur, dan semakin rendah daya dukungnya, maka semakin buruk.



Gambar 2. 2 Struktur Perkerasan Lentur

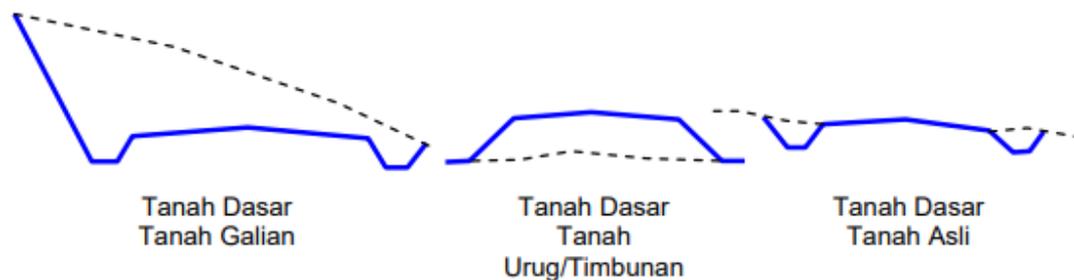
Sumber: Sukirman (2010: 13)

2.3.1 Tanah Dasar (*subgrade*)

Permukaan tanah asli yang dipadatkan, permukaan galian, atau permukaan timbunan berfungsi sebagai fondasi untuk pemasangan komponen perkerasan selanjutnya. Permukaan ini dikenal sebagai tanah dasar. Kualitas tanah dasar dan daya dukungnya berdampak besar pada kekuatan dan umur konstruksi perkerasan.

Mempertimbangkan ketinggian tanah di lokasi konstruksi perkerasan, menurut Sukirman (2010: 29) lapis tanah dasar dibedakan mejadi:

- 1) Lapis tanah dasar tanah asli adalah muka tanah dasar dilokasi jalan. Lapisan tanah dasar ini sering kali dibersihkan sebelum dilapisi lapisan di atasnya, yang pada akhirnya akan menjadi struktur perkerasan jalan, dipadatkan dengan ketebalan 30 hingga 50 cm dari permukaan tanah.
- 2) Lapis tanah dasar tanah urug atau tanah timbunan adalah lapis tanah dasar yang terletak diatas permukaan tanah asli. Pertimbangan harus diberikan pada tingkat kepadatan yang diantisipasi saat membuat tanah dasar.



Gambar 2.3 Jenis Lapis Tanah Dasar Dilihat dari Elevasi Muka Tanah Asli

Sumber: Sukirman, 2010

Daya dukung tanah dasar memainkan peran utama dalam menentukan daya tahan dan daya dukung struktur perkerasan. Secara umum, masalah pada tanah dasar (Sukirman, 2010: 30):

- a. Beban lalu lintas menyebabkan beberapa jenis tanah tertentu mengalami distorsi secara permanen.
- b. Perubahan kadar air yang diakibatkan oleh pemuaihan dan penyusutan tanah memiliki sifat yang sangat plastis. Laju kerusakan jalan ditentukan oleh karakteristik drainase dan kadar air tanah selama pemadatan.
- c. Pada daerah dengan jenis dan karakteristik tanah yang sangat bervariasi, atau sebagai akibat dari implementasi, daya dukung tanah tidak merata dan sulit untuk dipastikan.

2.3.2 Lapis Pondasi Bawah (*sub base course*)

Menurut Sukirman (2010: 26), Bagian perkerasan yang berada di antar tanah dasar dan lapisan pondasi dikenal sebagai Lapisan Pondasi Bawah. Lapisan di bawah pondasi berfungsi sebagai:

- 1) Sebagai komponen desain perkerasan jalan yang mendistribusikan dan menopang beban roda.
- 2) Memanfaatkan secara efektif bahan yang relatif murah untuk mengurangi ketebalan lapisan yang tersisa (mengurangi biaya pembangunan).
- 3) Untuk menghentikan lapisan pondasi agar tidak ditembus oleh tanah dasar.

Lapis pondasi bawah agregat Kelas C, yang memenuhi standar gradasi dan persentase campuran, merupakan lapis pondasi bawah yang umum digunakan di Indonesia. Dengan atau tanpa permukaan aspal, lapis pondasi bawah Kelas C ini dapat digunakan.

2.3.3 Lapis Pondasi (*base course*)

Lapisan pondasi (terkadang disebut lapisan tanah dasar jika lapisan sub-base tidak digunakan) adalah bagian perkerasan yang berada di antara lapisan permukaan dan lapisan sub-base. Lapisan ini memiliki fungsi:

- 1) Bagian struktur perkerasan yang menyebarkan tekanan ke bawah yang disebabkan oleh beban kendaraan;
- 2) Lapis peresap untuk lapis pondasi bawah;
- 3) Bantalan atau peletakan lapis permukaan.

Lapisan pondasi terbawah harus dibuat dari bahan yang memenuhi spesifikasi teknis dan kuat serta tahan lama. Tersedia satu dari dua pilihan untuk lapisan pondasi: lapisan bergradasi tanpa pengikat atau lapisan dengan aspal sebagai pengikat. (Sukirman, 2010)

2.3.4 Lapis Permukaan (*surface course*)

Bagian perkerasan yang berada di atas struktur perkerasan dikenal sebagai lapisan permukaan. Fungsi lapis permukaan antara lain:

- 1) Lapisan penahan beban vertikal kendaraan, yang harus sangat stabil selama masa pakainya;
- 2) Lapisan kedap air untuk melindungi badan jalan dari kerusakan akibat cuaca;

- 3) Sebagai lapisan aus (wearing course) akibat gesekan yang dialaminya dari pengereman mobil dan roda-roda yang diperoleh;
- 4) Lapisan yang mendistribusikan berat ke lapisan pondasi.

Aplikasi pengikat aspal pada lapisan permukaan perkerasan lentur menghasilkan lapisan yang sangat stabil, kedap air, dan tahan lama saat digunakan. Namun, lapisan atas dengan cepat menjadi aus dan hancur karena kontak langsung dengan roda kendaraan, hujan, dingin, dan panas; karena alasan ini, lapisan ini juga disebut sebagai lapisan aus. Lapisan permukaan perantara (binder course), yang terletak di bawah lapisan aus dan mengikat aspal, bertanggung jawab untuk memikul dan mendistribusikan beban lalu lintas ke lapisan pondasi. (Sukirman, 2010).

2.4 Klasifikasi Jalan

Bedasarkan Sukirman (2010: 84 – 85), Klasifikasi jalan di Indonesia terdiri dari:

- 1) Jalan Nasional, merupakan jalan arteri dan jalan kolektor dalam yang menghubungkan ibukota provinsi, jalan penting nasional, serta jalan tol dalam sistem jaringan jalan primer.
- 2) Jalan Provinsi, adalah jalan kolektor dalam sistem jaringan jalan utama yang menghubungkan jalan utama provinsi dan ibukota provinsi dengan ibukota kabupaten dan kota.
- 3) Jalan Kabupaten, adalah Jalan kabupaten adalah jalan lokal yang menghubungkan ibukota kabupaten dengan ibukota kecamatan dan pusat-pusat kegiatan lokal. Jalan ini merupakan bagian dari sistem jaringan jalan utama. Selanjutnya, sistem jaringan jalan sekunder menghubungkan wilayah kabupaten dan rute-rute utama kabupaten ke jalan umum.
- 4) Jalan Kota, adalah jalan umum yang merupakan bagian dari sistem jaringan jalan sekunder. Jalan ini menghubungkan lokasi-lokasi pemukiman di dalam kota serta fasilitas-fasilitas pelayanan yang menangani persil.
- 5) Jalan Desa, adalah Jalan umum yang terdiri dari jalan pemukiman yang menghubungkan pemukiman dan/atau tempat-tempat di dalam desa.

2.4.1 Berdasarkan Fungsi Jalan

Jenis kendaraan yang menggunakan jalan dan jumlah lalu lintas yang akan didukung oleh konstruksi perkerasan jalan dapat dijelaskan oleh fungsi jalan. Jalan diklasifikasikan sebagai jalan umum atau jalan khusus sesuai dengan fungsinya, sesuai dengan UU No. 38 tahun 2004 yang mengatur tentang jalan. Jalan yang diperuntukkan bagi penggunaan umum dikenal sebagai jalan umum. Namun, jalan khusus adalah jalan yang dibangun oleh organisasi atau perusahaan komersial dan tidak dimaksudkan untuk digunakan oleh masyarakat umum untuk distribusi produk dan jasa yang diperlukan. (Sukirman, 2010: 81 – 83)

Berdasarkan Sukirman (2010), fungsi jalan dibagi atas:

1) Jalan Arteri

Jalan Arteri merupakan Jalan raya umum dengan jarak yang jauh, kecepatan rata-rata yang tinggi, dan akses masyarakat yang sangat baik, jalan ini dirancang untuk mendukung transportasi utama.

- a. Jalan Arteri Primer, adalah jalan yang menghubungkan kawasan-kawasan kegiatan dengan pusat-pusat kegiatan nasional atau sebaliknya.
- b. Jalan Arteri Sekunder, adalah jalan yang menghubungkan kawasan primer dan kawasan sekunder pertama, kawasan sekunder pertama dan kawasan sekunder pertama, dan/atau kawasan sekunder kedua dan kawasan sekunder kedua.

2) Jalan Kolektor

Jalan kolektor memiliki kecepatan rata-rata sedang, jarak tempuh sedang, dan jumlah titik masuk yang terbatas. Jalan kolektor digunakan untuk angkutan pembagi.

- a. Jalan Kolektor Primer, adalah jalan yang berfungsi sebagai penghubung antar pusat kegiatan wilayah, pusat kegiatan lokal dengan pusat kegiatan nasional, dan pusat kegiatan wilayah dengan pusat kegiatan lokal.
- b. Jalan Kolektor Sekunder, adalah jalan yang berfungsi sebagai penghubung antara area sekunder kedua dan area sekunder kedua atau area sekunder ketiga.

3) Jalan Lokal

Jalan lokal adalah jalan umum yang melayani kebutuhan transportasi lokal. Jalan ini memiliki ciri-ciri berikut: jarak tempuh yang kecil, kecepatan rata-rata yang rendah, dan jumlah rute yang tidak terbatas.

4) Jalan Lingkungan

Jalan lingkungan adalah jalan raya umum dengan kecepatan rata-rata rendah yang dirancang untuk berkendara jarak pendek.

2.4.2 Berdasarkan Kelas Jalan

Menurut Undang-Undang No. 22 Tahun 2009 tentang Jalan, kelas jalan ditentukan oleh kapasitas jalan untuk menangani beban lalu lintas kendaraan, yang diukur dalam ton dan diwakili oleh Muatan Sumbu Terberat (MST).

Tabel 2. 2 Klasifikasi Kelas Jalan

Fungsi	Kelas	Lebar (mm)	Panjang (mm)	Tinggi (mm)	Muatan Sumbu Terberat MST (ton)
Arteri, Kolektor	I	< 2.500	< 18.000	< 4.200	10
Arteri, Kolektor, Lokal, Lingkungan	II	< 2.500	< 12.000	< 4.200	8
Arteri, Kolektor, Lokal, Lingkungan	III	< 2.500	< 9.000	< 3.500	8
Arteri	Khusus	< 2.500	< 18.000	< 4.200	10

Sumber: Undang-Undang No. 22 Tahun 2009 tentang Jalan

2.5 Tipe – Tipe Pembangunan Perkerasan

Berdasarkan Hardiyatmo (2019: 20), tipe-tipe pekerjaan pembangunan perkerasan dapat dibagi menjadi; Pembangunan Baru (*new construction*), Pembangunan Kembali (*reconstruction*), Reklamasi (*reclamation*), Perataan (*resurfacing*), Pemeliharaan (*preservation*).

2.5.1 Pembangunan Baru (*new construction*)

Struktur perkerasan jalan yang ditempatkan di atas tanah dasar yang telah disiapkan disebut sebagai pembangunan baru. Konstruksi baru dapat berupa pembangunan jalan baru, pemindahan jalan raya, atau perluasan jalan yang sudah ada untuk menyediakan jalur baru.

Pekerjaan yang diperlukan untuk membuat jalan yang belum diaspal atau jalan yang ramah kendaraan disebut sebagai konstruksi baru. Membangun jalan baru sering kali membutuhkan banyak pekerjaan tanah dan mahal. (DPU Bina Marga)

2.5.2 Pembangunan Kembali (*reconstruction*)

Pembangunan kembali adalah proses pembongkaran perkerasan lama dan pemasangan struktur perkerasan baru sebagai gantinya jika rusak terlalu parah untuk dipulihkan. Kapan perkerasan harus dibangun kembali tergantung pada jenis dan tingkat kerusakan.

2.5.3 Reklamasi (*reclamation*)

Proses mendaur ulang perkerasan lama dengan menghancurkan dan menggabungkannya dengan granular subbase untuk membuat fondasi kerikil yang kemudian dilapisi dengan aspal campuran panas di tempat dikenal sebagai reklamasi perkerasan.

2.5.4 Perataan (*resurfacing*)

Proses perataan perkerasan jalan melibatkan penutupan perkerasan saat ini dengan lapisan aspal campuran panas dengan ketebalan yang telah ditentukan. Perataan dilakukan untuk memberikan kekuatan struktural selama masa desain perkerasan dan untuk mengembalikan kualitas layanan ke tingkat yang lebih tinggi.

2.5.5 Pemeliharaan (*preservation*)

Proses perbaikan permukaan untuk mengembalikan perkerasan yang rusak ke kondisi semula dikenal sebagai pemeliharaan perkerasan. Meskipun pemeliharaan akan memperpanjang masa manfaat perkerasan, namun sering kali tidak berpengaruh pada penguatan strukturnya.

Menurut DPU Bina Marga, kegiatan pemeliharaan dibagi dalam 2 kategori; pemeliharaan rutin dan pemeliharaan berkala.

- 1) Pemeliharaan rutin meliputi perbaikan kecil serta tugas rutin dasar seperti pemotongan rumput dan penambalan permukaan yang dilakukan setiap tahun untuk menjaga kondisi jalan tetap prima. Setelah kontrak pemeliharaan dalam kontrak berakhir, pemeliharaan rutin sering kali dilakukan pada semua bagian

atau segmen yang berada dalam kondisi sangat baik atau baik, termasuk jalan yang baru dibangun dan proyek-proyek peningkatan jalan.

- 2) Pemeliharaan berkala merupakan Pekerjaan dengan frekuensi terjadwal lebih dari satu tahun di satu tempat. Operasi ini mencakup pelapisan ulang jalan kabupaten yang memiliki permukaan aspal dan pelapisan ulang jalan berkerikil yang memiliki permukaan kerikil, bersama dengan persiapan permukaan.

Jalan yang rusak parah atau dalam kondisi buruk umumnya membutuhkan banyak pekerjaan untuk meningkatkannya ke standar minimal yang sesuai dengan volume lalu lintas yang diharapkan. Inisiatif ini dapat berupa pembangunan jalan baru, peningkatan jalan yang sudah ada, atau rehabilitasi jalan agar dapat bertahan selama 10 tahun.

- 1) Konstruksi baru adalah pekerjaan yang dilakukan untuk meningkatkan rute atau jalan tanah sehingga kendaraan roda empat dapat melewatinya. Pada tahap ini dalam proyek, membangun jalan baru sering kali mahal.
- 2) 2) Pekerjaan peningkatan meningkatkan standar pelayanan jalan yang sudah ada dengan menambahkan lapisan struktural untuk memperkuat struktur perkerasan, memperlebar lapisan perkerasan yang sudah ada, atau merapikan lapisan tersebut-seperti pengaspalan jalan tanah atau menambahkan lapisan aspal beton tipis (*Hot Rolled Sheet, HRS*) pada jalan yang menggunakan Lapen.
- 3) 3) Pekerjaan rehabilitasi dilakukan pada jalan yang telah mengalami kerusakan parah dalam jangka waktu yang lama tanpa pemeliharaan rutin, termasuk pelapisan ulang atau penambahan lapisan. Jalan dengan kerusakan berkisar antara 10% hingga 15% dari keseluruhan area, seperti lubang pada lapisan permukaan dan amblas struktural, biasanya menjadi target upaya perbaikan ini.
- 4) 4) Pembangunan kembali dilakukan ketika kerusakan permukaan dan struktural telah menyebar luas sebagai akibat dari kekuatan desain yang salah, kelalaian pemeliharaan, atau berakhirnya masa pakai. Pembangunan kembali jalan melibatkan pembongkaran kerangka jalan sebelumnya.

2.5 Faktor yang Mempengaruhi Kinerja Struktur Perkerasan

Faktor alam maupun faktor buatan manusia dapat memperburuk kondisi jalan. Suhu, curah hujan, dan air adalah contoh faktor alam yang dapat mengubah kondisi jalan. Kelebihan muatan kendaraan yang diakibatkan oleh beban rencana awal perencanaan rute merupakan faktor manusia. (Purnomo & Putra, 2022, hlm. 9)

Elemen-elemen ini secara langsung menyebabkan kerusakan pada badan jalan, yang dapat berupa lubang, bekas roda, atau retakan. Untuk alasan ini, survei visual digunakan untuk menilai kondisi permukaan jalan dan menentukan jenis dan tingkat kerusakan. (Aptarila dkk., 2020, hlm. 196)

2.5.1 Kelembaban

Degradasi perkerasan dapat terjadi lebih cepat jika terdapat kelembaban yang melimpah yang dikombinasikan dengan peningkatan beban kendaraan dan volume lalu lintas. Tanah dasar yang basah, terutama yang terdiri dari tanah liat, dapat dilemahkan oleh air yang merembes ke dalam struktur perkerasan melalui sambungan, rekahan, dan dinding samping struktur perkerasan. Perkerasan menjadi lebih cepat rusak akibat kehilangan kekuatan ini.

Perubahan kelembaban air pada perkerasan umumnya diakibatkan oleh faktor-faktor tersebut

- 1) Rembesan dari permukaan tanah yang lebih tinggi ke jalan.
- 2) Fluktasi muka air tanah.
- 3) Infiltrasi air yang berasal dari permukaan perkerasan jalan dan bahu jalan.
- 4) Transfer kelembaban sebagai akibat perbedaan kadar air atau suhu dalam bentuk cair atau uap.
- 5) Permeabilitas relatif dari lapisan-lapisan perkerasan terhadap tanah dasar.

Berdasarkan AASTHO (1993) pengaruh air yang dapat merusak lapisan perkerasan dan tanah dasar adalah sebagai berikut:

- 1) Air pada permukaan aspal dapat menyebabkan kerusakan yang menurunkan modulus dan melemahkan kekuatan tarik aspal. Saat kering, kejenuhan dapat menurunkan modulus aspal hingga 30%.

- 2) Peningkatan kelembaban (kadar air) pada butiran sub pondasi bawah dan agregat lapis pondasi dapat menyebabkan penurunan kekuatan material sebesar 50% atau lebih.
- 3) Peningkatan kelembaban dapat menurunkan modulus perkerasan aspal (asphalt treated base/ATB) hingga 30%, sedangkan perkerasan semen atau kapur akan mengalami degradasi lebih cepat.
- 4) 4) Kejenuhan tanah dasar berbutir halus dapat mengakibatkan penurunan modulus hingga 50%.

Oleh karena itu, jumlah kelembaban atau kadar air di sekitar lapisan perkerasan memiliki dampak yang signifikan terhadap kinerja perkerasan. Kadar air dari material memiliki dampak besar pada kekakuan dan kekuatan tanah dasar dan material butiran yang tidak terikat.

2.5.2 Pengaruh Temperatur

Berdasarkan Hardiyatmo (2019: 25), Suhu secara signifikan mempengaruhi seberapa baik fungsi trotoar yang dilapisi aspal. Pada cuaca yang lebih dingin, aspal akan menjadi kaku, sementara pada cuaca yang lebih hangat, aspal akan menjadi lunak atau lembek. Temperatur yang terlalu tinggi dapat menyebabkan deformasi permanen pada permukaan aspal.

Distribusi temperatur setiap hari dan setiap tahun memiliki dampak yang signifikan terhadap seberapa baik fungsi dan daya tahan perkerasan lentur. Temperatur yang rendah pada malam hari dapat menyebabkan beban lalu lintas yang memperpendek umur aspal. Interaksi antara lalu lintas dan kisaran suhu harus diperhitungkan saat merancang campuran yang tepat. Perubahan temperatur terhadap suatu perkerasan dapat menyebabkan hal berikut:

- 1) Perubahan suhu akan mempengaruhi nilai modulus material aspal. Pada musim dingin, modulus aspal dapat bervariasi antara 14.000 hingga 20.000 Mpa atau lebih, sedangkan pada musim panas, modulus aspal dapat bervariasi antara 700 Mpa atau kurang.
- 2) Pada perkerasan kaku (beton), gradien temperatur dan kelembaban dapat menyebabkan lendutan dan regangan yang besar.

- 3) Modulus ketahanan tanah dasar dari material yang tidak terikat (granular) akan meningkat 20-120 kali lebih tinggi dari sebelumnya hingga mencapai titik beku ketika air tanah mulai membeku.
- 4) Siklus basah-kering dan pembekuan-pencairan juga dapat merusak material bersemen, menurunkan modulus dan meningkatkan lendutan permukaan.

2.5.3 Pengaruh Cuaca

Berdasarkan Hardiyatmo (2019: 26), Memilih cuaca yang ideal sangat penting untuk proyek perbaikan jalan raya. Karena Indonesia hanya memiliki dua musim yang berbeda-musim hujan dan musim panas-mayoritas tugas pemeliharaan rutin, seperti penambalan retakan, penambalan, penyegelan garis pantai, dan tugas-tugas permukaan perkerasan lainnya, harus diselesaikan selama musim panas yang kering. Meskipun jenis pemeliharaan ini dapat dilakukan sepanjang musim hujan, namun tetap harus dilakukan dengan hati-hati untuk menghindari perbaikan di bawah standar.

2.5.4 Pengaruh Drainase

Masalah yang ditimbulkan oleh air dan lalu lintas yang padat dapat dihindari dengan drainase jalan yang tepat. Penumpukan air pada lapisan tanah dasar di bawah struktur perkerasan jalan dapat mengakibatkan sejumlah masalah struktural. Dalam perencanaan perkerasan, usaha penanganan masalah air yang harus diperhatikan adalah: (Hardiyatmo, 2019: 28)

- 1) Mencegah masuknya air kedalam perkerasan.
- 2) Menyediakan drainase jalan yang baik untuk mengalirkan air secara cepat meninggalkan struktur perkerasan.
- 3) Membangun perkerasan yang cukup kuat sesuai kondisi eksisting untuk menghindari pengaruh buruk dari beban lalu-lintas dan air.

2.6 Jenis-jenis Kerusakan Perkerasan Jalan

Kegagalan perkerasan dapat diklasifikasikan secara luas ke dalam dua kategori: kegagalan struktural, yang melibatkan keruntuhan perkerasan atau kerusakan komponen, sehingga perkerasan tidak mampu mendukung beban lalu lintas; dan kegagalan fungsional, yang menyebabkan gangguan kenyamanan dan keselamatan pengemudi akibat perkerasan yang tidak berfungsi dengan baik.

Kegagalan fungsional bergantung pada tingkat kekasaran permukaan. (Hardiyatmo, 2019: 29)

Untuk memastikan jenis perbaikan perkerasan yang mungkin akan dilakukan, kita harus memiliki pemahaman yang menyeluruh mengenai kegagalan struktural dan fungsional perkerasan jalan. Hal ini menjadikannya penting untuk mengevaluasi berbagai bentuk kegagalan perkerasan jalan di lokasi, terutama ketika menentukan apakah kegagalan tersebut akan bertahan dan menyebabkan kegagalan perkerasan lainnya atau tidak. Macam jenis kerusakan perkerasan jalan dapat dilihat pada Tabel 2.3:

Tabel 2. 3 Pengelompokan Kerusakan Perkerasan Jalan

Jenis	Tipe	Uraian Ringkas
Retak	- <i>Crocodile</i>	- Berbentuk polygon saling berhubungan berdiameter <300 mm.
	- <i>Longitudinal</i>	- Berbentuk garis-garis yang sejajar dengan sumbu memanjang.
	- <i>Transverse</i>	- Berbentuk garis-garis yang sejajar dengan sumbu melintang.
	- <i>Edge</i>	- Berbentuk garis-garis memanjang yang mengarah ke bahu dan terletak dekat bahu jalan.
	- <i>Block</i>	- Kombinasi dari retak memanjang dan melintang dengan bentuk tidak beraturan.
Disintegrasi	- <i>Reveling</i>	- Lepasnya butir-butir agregat dari permukaan.
	- <i>Potholes</i>	- Rongga terbuka pada permukaan yang memiliki diameter dan kedalaman >150 mm.
	- <i>Edgebreak</i>	- Lepasnya bagian perkerasan pada bagian tepi.
Deformasi	- <i>Rut</i>	- Penurunan memanjang yang terjadi sepanjang jejak.
	- <i>Depression</i>	- Cekungan pada permukaan .
	- <i>Shove</i>	- Peninggian setempat pada permukaan.
	- <i>Ridge</i>	- Peninggian dengan arah memanjang.
	- <i>Corrugation</i>	- Peninggian dengan arah melintang dengan jarak yang berdekatan.
	- <i>Undulation</i>	- Penurunan dalam arah melintang yang berjarak.
	- <i>Roghness</i>	- Ketidakteraturan permukaan perkerasan disertai jejak roda kendaraan.

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2017

2.7 Lapis Tambahan (*Overlay*) pada Perkerasan Lentur

Overlay adalah lapis perkerasan tambahan untuk memperkuat struktur dan memperpanjang masa pakai jalan, *overlay* adalah lapisan perkerasan kedua yang diletakkan di atas konstruksi perkerasan asli. (Purnama dkk., 2022., hlm. 2)

Perencanaan lapis tambahan (*overlay*) pada perkerasan lentur jalan berdasarkan Nilai Keadaan Perkerasan Jalan ditunjukkan pada Tabel 2.4:

Tabel 2. 4 Nilai Keadaan Perkerasan

Lapis Permukaan	
Pada umumnya tidak retak, hanya sedikit deformasi 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, masih menunjukkan kestabilan	50% - 70%
Retak banyak dan juga deformasi pada jalur roda, mulai menunjukkan gejala tidak kestabilan	30% - 50%
Lapis Pondasi	
Pondasi Aspal Beton atau Penetrasi Macadam pada 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, mulai menunjukkan gejala tidak kestabilan	30% - 50%
Stabilisasi Tanah menggunakan semen atau kapur:	
- Indeks Plastisitas (PI) ≤ 10	70% - 100%
Pondasi Macadam atau Batu Pecah	
- Indeks Plastisitas (PI) ≤ 6	80% - 100%
Lapisan Pondasi Bawah	
Indeks Plastisitas (PI) ≤ 6	90% - 100%
Indeks Plastisitas (PI) > 6	70% - 90%

Sumber: Sukirman (2010: 202)

2.8 Faktor Regional (FR)

Berbagai elemen lingkungan, meteorologi, dan iklim dapat berdampak pada perkerasan jalan di wilayah perencanaan perkerasan jalan. Tabel 2.5 mencantumkan variabel regional yang dipengaruhi oleh alinyemen tikungan dan tikungan, bentuk tikungan, persentase truk berat, kendaraan yang berhenti, dan iklim:

Tabel 2. 5 Faktor Regional (FR)

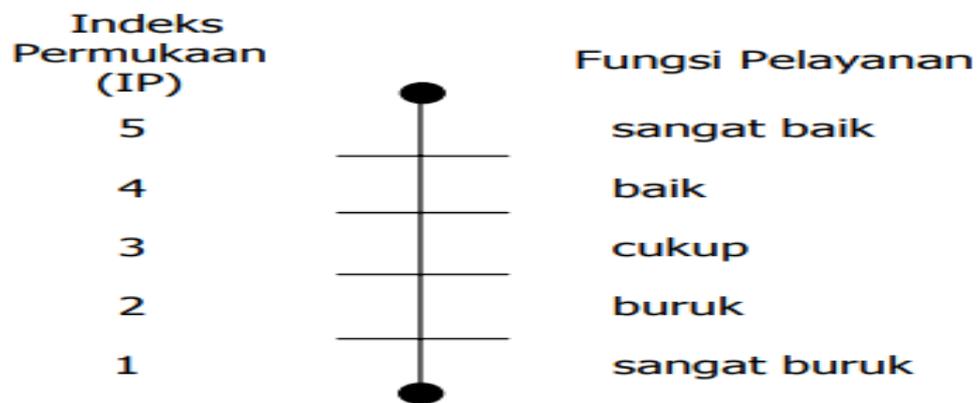
	Kelandaian I (< 6%)		Kelandaian I (6%–10%)		Kelandaian I (> 10%)	
	% Kendaraan Berat		% Kendaraan Berat		% Kendaraan Berat	
	$\leq 30\%$	$> 30\%$	$\leq 30\%$	$> 30\%$	$\leq 30\%$	$> 30\%$
Iklim I < 900 mm/th	0,5	1,0 – 1,5	1,0	1,5 – 2,0	1,5	2,0 – 2,5
Iklim II > 900 mm/th	1,5	2,0 – 2,5	2,0	2,5 – 3,0	2,5	3,0 – 3,5

Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, 1987

2.9 Indeks Permukaan (*Serviceability Index*)

Kekerasan dan kehalusan permukaan sehubungan dengan tingkat pelayanan untuk lalu lintas menerus dinyatakan dengan indeks permukaan. Angka ekivalen rencana (LER) dan elemen kategorisasi fungsional jalan harus diperhitungkan saat

menghitung indeks permukaan (IP). Berdasarkan Sukirman (2010: 92), indeks permukaan merupakan skala penilaian kinerja struktur perkerasan jalan yang memiliki rentang antara angka 1 sampai dengan 5.



Gambar 2. 4 Skala Nilai IP sesuai AASHTO

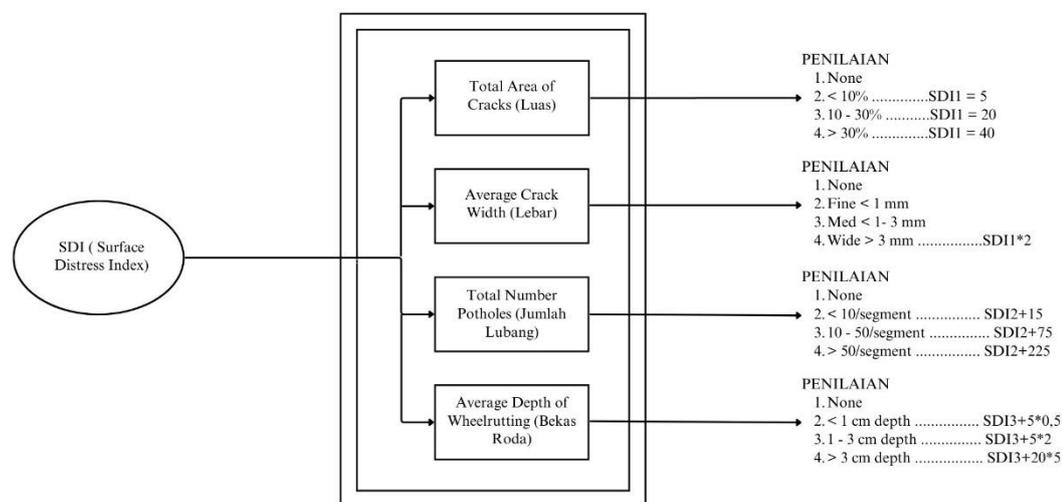
Sumber: Sukirman (2010: 92)

2.10 Analisis Kerusakan Jalan dengan Metode Surface Distress Index (SDI)

Jalan dievaluasi untuk mengetahui kondisi fungsionalnya untuk melihat apakah jalan tersebut masih beroperasi pada tingkat yang memungkinkan jalan tersebut memenuhi tujuan yang dimaksudkan. Untuk mengevaluasi perkerasan lentur, ada tiga faktor yang sering dipertimbangkan: kekasaran jalan, ketahanan terhadap selip, dan jenis dan tingkat kerusakan jalan. Pendekatan menggunakan Metode Surface Distress Index (SDI) adalah salah satu teknik yang sering digunakan. (Ibrahim dkk., 2023, hlm. 51)

Pendekatan metode SDI menggunakan pengamatan visual terhadap kerusakan jalan di lapangan untuk memperkirakan kondisi perkerasan jalan. Kondisi keretakan pada permukaan jalan dari seluruh wilayah, lebar rata-rata keretakan, jumlah lubang, dan kedalaman bekas roda merupakan faktor-faktor yang mempengaruhi besarnya SDI. (Zulfikar dkk., 2019, hlm. 334)

Alur perhitungan Surface Distress Index (SDI) ditunjukkan pada Gambar 2.5:



Gambar 2. 5 Diagram Alir SDI

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga (2011)

2.10.1 Luas Retak

Area retak adalah bagian dari permukaan jalan yang mengalami keretakan; dinyatakan sebagai persentase dari luas permukaan segmen jalan yang diteliti. Untuk pembobotan nilai SDI 1 luas retakan ditunjukkan pada Tabel 2.6:

Tabel 2. 6 Nilai SDI dari Luas Retakan Permukaan Perkerasan

Nomor	Luas Retakan	Nilai SDI 1
1	Tidak ada	-
2	<10% luas	5
3	10 – 30% luas	20
4	>30% luas	40

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga (2011)

2.10.2 Lebar Retak

Lebar retak mengacu pada pengukuran jarak bukaan bidang retak pada permukaan perkerasan. Untuk pembobotan nilai SDI 2 lebar retakan ditunjukkan pada Tabel 2.7:

Tabel 2. 7 Nilai SDI dari Lebar Retakan Permukaan Perkerasan

Nomor	Lebar Retakan	Nilai SDI 2
1	Tidak ada	-
2	Halus < 1 mm	-
3	Sedang < 1 – 3 mm	-
4	Lebar > 3 mm	SDI 1 * 2

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga (2011)

2.10.3 Jumlah Lubang

Jumlah lubang di sepanjang segmen yang disurvei adalah jumlah total lubang yang ada di permukaan jalan. Untuk pembobotan nilai SDI 3 jumlah lubang ditunjukkan pada Tabel 2.8:

Tabel 2. 8 Nilai SDI dari Jumlah Lubang Permukaan Perkerasan

Nomor	Jumlah Lubang	Nilai SDI 2
1	Tidak ada	-
2	< 10/ segmen	SDI 2 + 15
3	10 – 50/ segmen	SDI 2 + 75
4	> 50/ segmen	SDI 2 + 225

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga (2011)

2.10.4 Bekas Roda

Bekas roda adalah lekukan pada trotoar yang disebabkan oleh beban roda mobil. Beban roda kendaraan dapat bermanifestasi sebagai lekukan dan tonjolan yang tersebar luas di permukaan. Untuk pembobotan nilai SDI 4 bekas roda ditunjukkan pada Tabel 2.9:

Tabel 2. 9 Nilai SDI dari Bekas Roda Permukaan Perkerasan

Nomor	Bekas Roda	Nilai SDI 2
1	Tidak ada	-
2	< 1 cm dalam	SDI 3 + 5*0,5
3	1 – 3 cm dalam	SDI 3 + 5*2
4	> 3 cm dalam	SDI 3 + 5*4

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga (2011)

Akumulasi dari nilai SDI 1 – SDI 4 per segmen jalan yang di survei akan menghasilkan nilai kondisi jalan. Hubungan nilai SDI dan kondisi jalan ditunjukkan pada Tabel 2.10:

Tabel 2. 10 Nilai Kondisi Jalan Berdasarkan Nilai SDI

Nilai Kondisi	Nilai SDI 2
Baik	< 50
Sedang	50 – 100
Rusak Ringan	100 – 150
Rusak Berat	> 150

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga (2011)

2.10.5 Penentuan Program Penanganan Kerusakan Jalan

Berdasarkan Pedoman Kontruksi dan Bagunan No.00104/P/BM/2011, Penentuan jenis penanganan kerusakan jalan dapat dilihat pada Tabel 2.11. Penanganan kerusakan jalan bertujuan untuk:

- 1) Mnciptakan ketertiban pemeliharaan/ peremajaan jalanan;
- 2) Mnciptakan pelayanan jalan yang sesuai standar pelayanan minimal;
- 3) Menciptakn ketertiban penggunaan bagian badan jalan.

Tabel 2. 11 Penentuan Jenis Penanganan Kerusakan Jalan

SDI	Penanganan
< 50	Pemeliharaan Rutin
50 – 100	Pemeliharaan Rutin Berkala
100 – 150	Rehabilitasi
> 150	Rekontruksi

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga (2011)

2.11 Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Menggunakan Metode Bina Marga 2017

2.11.1 Analisis Pertumbuhan Lalu Lintas

Faktor pertumbuhan lalu lintas dikembangkan berdasarkan hubungan dengan variabel pertumbuhan lain yang relevan atau berdasarkan data pertumbuhan historis. Jika tidak tersedia data maka menggunakan Tabel 2.12:

Tabel 2. 12 Faktor Laju pertumbuhan lalu lintas (i)(%)

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

Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan 2017

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

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

Dengan:

R = Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif

i = Laju pertumbuhan lalu lintas tahunan (%)

UR = Umur rencana (tahun)

2.11.2 Lalu Lintas pada Lajur Rencana

Bagian jalan yang menangani lalu lintas terbesar dari kendaraan komersial (truk dan bus) disebut lajur rencana. Bersama dengan faktor distribusi lajur kendaraan komersial (DL) dan faktor distribusi arah (DD), beban lalu lintas di lajur rencana diberikan sebagai beban gandar standar kumulatif (ESA). (Bina Marga, 2017)

Faktor distribusi arah (DD) untuk jalan dua arah sering kali diasumsikan sebesar 0,50, dengan pengecualian pada daerah yang proporsi kendaraan niaga cenderung lebih besar pada satu arah daripada arah lainnya. Ketika terdapat banyak lajur dalam satu arah di suatu jalan, beban kumulatif (ESA) disesuaikan dengan menggunakan faktor distribusi lajur. Faktor distribusi lajur ditunjukkan pada Tabel 2.13:

Tabel 2. 13 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 Perkerasan Bina Marga, 2017

2.11.3 Faktor Ekvivalen Beban (Vehicle Damage Factor)

Berdasarkan Metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2017, hanya kendaraan niaga dengan jumlah roda enam atau lebih yang diperhitungkan dalam analisis. Nilai VDF untuk masing – masing kendaraan untuk Provinsi Jambi ditunjukkan pada Tabel 2.14:

Tabel 2. 14 Nilai VDF masing – masing Kendaraan

Kondisi	Kelas Kendaraan	Gol. 5B	Gol. 6A	Gol. 6B	Gol. 7A1	Gol. 7A2	Gol. 7B1	Gol. 7B2	Gol. 7C1	Gol. 7C2A	Gol. 7C2B	Gol. 7C3
Faktual	VDF 4	1,2	0,5	1,7	-	15,3	-	-	22,9	18,6	-	10,1
	VDF 5	1,3	0,4	2,4	-	26,9	-	-	50,7	39,0	-	18,1
Normal	VDF 4	1,2	0,5	0,7	-	5,3	-	-	6,6	5,1	-	2,8
	VDF 5	1,3	0,4	0,7	-	7,2	-	-	8,6	6,7	-	3,2

Sumber: Manual Desain Perkerasan Bina Marga, 2017

2.11.4 Beban Sumbu Standar Kumulatif

Total kumulatif dari sumbu lalu lintas desain pada lajur desain selama masa rencana dikenal sebagai Beban Sumbu Tunggal Ekuivalen Kumulatif (Cumulative Equivalent Single Axis Load/CESAL), dan dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

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

Dengan:

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

ΣLHR_{JK} = Lintas harian rata – rata jenis kendaraan niaga (satuan kendaraan per hari).

VDF_{JK} = Faktor ekuivalen beban (*vehicle damage factor*) tiap jenis kendaraan per hari).

DD = Faktor distribusi arah.

DL = Faktor distribusi lajur.

R = Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif.

2.11.5 Menentukan Tebal Perbaikan CESA5

Nilai CESA5 digunakan untuk menentukan desain ketebalan perkerasan, sesuai dengan Manual Desain Perkerasan 2017, untuk pemilihan desain tebal perkerasan dapat dilihat pada Tabel 2.15:

Tabel 2. 15 Bagan Desain -3B (1) Desain Perkerasan Lentur – Aspal dengan Lapis Pondasi Berbutir

STRUKTUR PERKERASAN									
	FFF1	FFF2	FFF3	FFF4	FFF5	FF6	FFF7	FFF8	FFF9
Untuk Beban rencana \leq 1 juta ESA5 gunakan Struktur FFF(2) 1 dari Bagan Desain 3B (2) 2020	Opsi perkerasan dengan CTB atau perkerasan kaku mungkin lebih tepat biaya tetapi mungkin tidak praktis jika sumber daya yang diperlukan tidak tersedia								
Beban rencana 20 tahun (10^6 ESA5)	> 1 - 2	\geq 2 - 5	> 5 - 7	> 7 - 10	> 10 - 20	> 20 - 30	> 30 - 50	> 50 - 100	> 100 - 200
Tebal Perkerasan (mm)									
AC WC	40	40	40	40	40	40	40	40	40
AC BC ³	80	125	60	60	60	60	60	60	60
AC BASE			80	95	145	155	175	200	235
Lapis Fondasi Agregat Kelas A ⁴	300	300	300	300	300	300	300	300	300

Sumber: Manual Desain Perkerasan Bina Marga, 2017

2.12 Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Menggunakan Metode *American Association Of State Highway Transportation Officials* atau AASHTO 1993

Teknik perhitungan ketebalan perkerasan yang sering digunakan untuk tujuan perencanaan di seluruh dunia adalah pendekatan AASHTO. Teknik ini perencanaannya didasarkan pada metodologi empiris.

Parameter-parameter berikut ini diperlukan untuk perencanaan dengan metode AASHTO 1993:

2.12.1 Reliabilitas (*Reliability*)

Reliabilitas adalah sejauh mana suatu struktur organisasi dapat mendukung pertumbuhan di masa yang akan datang sejalan dengan proses kinerja struktur organisasi tersebut, yang dinyatakan dalam bentuk kemampuan pelayanan yang dievaluasi. Nilai R digunakan untuk mengakomodasi kemungkinan ketidaktepatan hitungan volume sebelum lintas dan perkerasan kerja. Untuk menentukan nilai reabilitas dan devisiasi standar normal dilihat pada Tabel 2.16:

Tabel 2. 16 Nilai Reliabilitas (R)

Tipe Jalan	Nilai R	
	Dalam Kota	Luar Kota
Jalan Bebas Hambatan	90 – 99,9	85 – 99,9
Utama	85 – 99	80 – 95
Arteri	80 – 99	75 – 95
Kolektor	80 – 95	75 – 95
Lokal	50 – 80	50 – 80

Sumber: Hardiyatmo (2019: 169)

Hubungan R dengan Z_R dapat dilihat pada Tabel 2.17:

Tabel 2. 17 Hubungan R dengan Z_R (Devisiasi Standar Normal)

Tingkat Keandalan (R)	Simpang Baku Normal (Z_R)	Tingkat Keandalan (R)	Simpang Baku Normal (Z_R)
50	0,000	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	99,9	-3,090
92	-1,405	99,99	-3,750

Sumber: Hardiyatmo, (2019: 169)

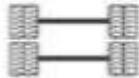
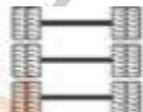
2.12.2 Deviasi Standar Keseluruhan (So)

Metrik yang disebut deviasi standar normal (juga dikenal sebagai deviasi standar keseluruhan, atau So) digunakan untuk menentukan seberapa banyak data telah berubah atau bervariasi. Hardiyatmo (2019: 169) menyatakan bahwa nilai So untuk perkerasan lentur berkisar antara 0,40 hingga 0,50.

2.12.3 Faktor Beban Gandar Ekuivalen

Beban dengan konfigurasi gandar yang menyebabkan tingkat kerusakan yang sama ditunjukkan pada Tabel 2.18:

Tabel 2. 18 Konfigurasi Sumbu Kendaraan

Jenis Sumbu Kendaraan			
Sumbu Tunggal, Roda Tunggal (SDRT)	Sumbu Tunggal, Roda Ganda (STRG)	Sumbu Ganda atau Sumbu Tandem, Roda Tunggal (STDRT)	Sumbu Tripel atau Sumbu Tridem, Roda Ganda (STRRG)
A = 5,40	A = 8,16	A = 13,76	A = 18,45
			

Sumber: AASHTO 1993

Peningkatan faktor ekuivalensi beban dihitung dengan mengalikan beban gandar normal sebesar 18 kip dengan 4. Persamaan 2.3 menyatakan jumlah beban gandar standar yang menghasilkan jumlah kerusakan yang sama, atau ekuivalensi:

$$E = \left[\frac{\text{Beban pada grup gandar}}{\text{Beban yang sesuai dengan gambar 2.5}} \right]^n \dots\dots\dots 2.3$$

Dengan pengkat n bervariasi yang tergantung pada tipe perkerasan. Konfigurasi beban gandar kendaraan ditunjukkan pada Gambar 2.6:

KONFIGURASI SUMBU & TIPE	BERAT KOSONG (ton)	BEBAN MUATAN MAKSIMUM (ton)	BERAT TOTAL MAKSIMUM (ton)	UE 18 KSAL KOSONG	UE 18 KSAL MAKSIMUM	
1,1 HP	1,5	0,5	2,0	0,0001	0,0005	
1,2 BUS	3	6	9	0,0037	0,3006	
1,2L TRUK	2,3	6	8,3	0,0013	0,2174	
1,2H TRUK	4,2	14	18,2	0,0143	5,0264	
1,22 TRUK	5	20	25	0,0044	2,7416	
1,2+2,2 TRAILER	6,4	25	31,4	0,0085	3,9083	
1,2-2 TRAILER	6,2	20	26,2	0,0192	6,1179	
1,2-2,2 TRAILER	10	32	42	0,0327	10,183	

Gambar 2. 6 Konfigurasi Beban Gandar Kendaraan

Sumber: Sukirman (2010: 40)

2.12.4 Faktor Distribusi Arah dan Lajur

Beban yang berasal dari mobil akrobat ban yang bersentuhan dengan permukaan jalan perkerasan dikenal sebagai beban lalu lintas. Ketika jalan sedang digunakan, beban lalu lintas adalah beban dinamis yang terjadi berulang kali. Berbagai parameter kendaraan, termasuk tekanan ban, volume lalu lintas, perulangan sumbu, distribusi arus lalu lintas di jalan raya, susunan sumbu dan roda kendaraan, serta kecepatan kendaraan, dapat mempengaruhi beban lalu lintas. (Sukirman, 2010: 30-31)

Jumlah lajur pada perkerasan menentukan faktor distribusi kendaraan pada lajur rencana. Tabel 2.19 menampilkan koefisien distribusi arah yang disarankan sesuai dengan jumlah lajur:

Tabel 2. 19 Faktor Distribusi Arah (DD)

Lebar Lajur (L)	Jumlah Lajur	Koefisien distribusi arah (D_D)	
		1 arah	2 arah
$L < 5,5$ m	1 Lajur	1	1
$5,5$ m $< L < 8,25$ m	2 Lajur	0,700	0,500
$8,25$ m $< L < 11,25$ m	3 Lajur	0,500	0,475
$11,25$ m $< L < 15,00$ m	4 Lajur		0,450
$15,00$ m $< L < 18,75$ m	5 Lajur		0,425
$18,75$ m $< L < 22,00$ m	6 Lajur		0,400

Sumber: Hardiyatmo (2019: 137)

Faktor distribusi lajur (D_L) untuk menghitung volume lalu lintas berdasarkan Bina Marga (2013), AASHTO (1993) dan *Asphalt Institute* (1991), ditunjukkan pada Tabel 2.20:

Tabel 2. 20 Faktor Distribusi Lajur (DL)

Jumlah lajur per arah	Bina Marga (2013)	AASHTO (1993)	Asphalt Institute (1991)
	Persen ESAL dalam lajur rencana (%)	Persen ESAL dalam lajur rencana (%)	Persen truk dalam lajur rencana (%)
1 Lajur	100	100	100
2 Lajur	80	80 – 100	90 (70 – 96)
3 Lajur	60	60 – 80	80 (50 – 96)
4 Lajur	50	50 – 75	80 (50 – 96)

Sumber: Hardiyatmo (2019:137)

2.12.5 Pertumbuhan Lalu Lintas

Jumlah lalu lintas pada rute tersebut akan meningkat setiap tahunnya. agar volume lalu lintas yang diproyeksikan dapat ditentukan berdasarkan umur rencana. Faktor pertumbuhan lalu-lintas (R) dapat dilihat pada Tabel 2.21 dan direpresentasikan dengan rumus 2.4:

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

Dimana:

i = pertumbuhan lalu lintas pertahun

UR = umur rencana

Tabel 2. 21 Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas (R)

Umur Rencana (Tahun)	Laju Pertumbuhan (i) pertahun (%)					
	0	2	4	6	8	10
5	5	5,2	5,4	5,6	5,9	6,1
10	10	10,9	12	13,2	14,5	15,9
15	15	17,3	20	23	27,2	31,8
20	20	24,3	29,8	36,8	45,8	57,3
25	25	32	41,6	54,9	73,1	98,3
30	30	40,6	56,1	79,1	113,3	164,5
35	35	50	73,7	111,4	172,3	271
40	40	60,4	95	154,8	259,1	442,6

Sumber: AASHTO, 1993

Tergantung pada data yang tersedia, perhitungan volume lalu lintas desain secara keseluruhan dapat berubah. Beban lajur rencana untuk periode analisis n

tahun dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.5 jika volume kendaraan tahun pertama dan konstanta pertumbuhan tahunan adalah $i\%$:

$$(ESAL)_n = (ESAL)_0 \times R \times D_D \times D_L \dots\dots\dots 2.5$$

Dimana:

- $(ESAL)_n$ = ESAL pada tahun ke – n
 $(ESAL)_0$ = ESAL pada tahun pertama
 R = Faktor pertumbuhan lalu lintas
 D_D = Faktor distribusi lalu lintas
 D_L = Faktor distribusi jalur

Sedangkan menurut Hardiyatmo (2019), $(ESAL)_n$ diwakili oleh simbol W_{18} . Jumlah beban gandar normal, yaitu 18 kip atau 80 kg, ditunjukkan dengan angka 18. Persamaan 2.6 berisi rumus untuk menghitung lalu lintas pada jalur yang direncanakan:

$$W_{18} = D_D \times D_L \times \omega_{18} \dots\dots\dots 2.6$$

Dimana:

- W_{18} = Jumlah lalu lintas pada lajur dan periode perancangan
 ω_{18} = Jumlah kumulatif beban gandar standar untuk lalu lintas 2 arah

2.12.6 Modulus Resilient (M_R)

Kemampuan tanah atau lapisan pondasi berbutir untuk menahan deformasi akibat beban berulang diukur dengan modulus resilien. Persamaan 2.7 dan 2.8 di bawah ini, menurut Hardiyatmo (2019), menunjukkan hubungan antara MR dan CBR tanah dasar yang diusulkan oleh Ashpalt Institute (MS23) dan Shell Oil Co:

$$M_R = 1500 (CBR)(psi) \dots\dots\dots 2.7$$

$$M_R = 10,3 (CBR)(Mpa) \dots\dots\dots 2.8$$

2.12.7 Kemampuan Pelayanan (*Serviceability*)

Menurut Hardiyatmo (2019: 166), Nilai kemampuan pelayann akhir untuk sebagian besar infrastruktur jalan raya dan nilai kemampuan layan awal untuk perkerasan lentur:

$$P_0 = 2,5 \text{ untuk jalan utama}$$

$$P_t = 2,0 \text{ untuk volume lalu lintas rendah}$$

Kehilangan kemampuan pelayanan total (*total loss of serviceability*) dinyatakan dengan persamaan 2.9:

$$\Delta PSI = P_0 - P_t \dots\dots\dots 2.9$$

2.12.8 Kualitas Drainase

Kualitas drainase ditentukan oleh berapa lama udara dapat terhirup setelah terjadi kebocoran. Penggunaan mutu drainase “Baik” untuk memfasilitasi jalan tol dan “sedang” untuk jalan non tol. Kualitas drainase yang disarankan AASHTO (1993) ditunjukkan dalam Tabel 2.22:

Tabel 2. 22 Kualitas Drainase (AASHTO, 1990)

Kualitas Drainase	Kehilangan Air
Baik Sekali	2 jam
Baik	1 hari
Sedang	1 minggu
Jelek	1 bulan
Jelek Sekali	Air tidak mengalir

Sumber: Hardiyatmo (2019: 176)

Penentuan persen struktur perkerasan dalam setahun terkena air sampai tingkat jenuh. Persen waktu struktur perkeasan dalam 1 tahun terkena air ditentukan menggunakan persamaan 2.10:

$$P_{heff} = \frac{T_{jam}}{24} \times \frac{T_{hari}}{365} \times WL \times 100 \dots\dots\dots 2.10$$

Dimana:

P_{heff} = Persentase hari efektif daalam satu tahun (%)

T_{jam} = Rata-rata hujan perhari (jam)

T_{hari} = Rata-rata hujan per tahun (hari)

W_L = Faktor air hujan yang akan masuk ke pondasi jalan

Persentase air yang berinfiltrasi masuk ke perkerasan dinyatakan oleh W_L , dengan persamaan 2.11. untuk koefisien pengaliran (C) yang disarankan ditunjukkan pada Tabel 2.23:

$$W_L = 1 - C \dots\dots\dots 2.11$$

Tabel 2. 23 Koefisien Pengaliran (C)

No.	Kondisi permukaan tanah	Koefisien pengaliran (C)
1	Jalan beton dan jalan aspal	0,70 – 0,95
2	Bahu jalan	
	a. Tanah berbutir halus	0,40 – 0,65
	b. Tanah berbutir halus	0,10 – 0,20
	c. Batuan masif keras	0,70 – 0,85
	d. Batuan masif lunak	0,60 – 0,75

Sumber: Hardiyatmo (2019: 177)

Koefisien drainase, yang digunakan untuk memprediksi bagaimana drainase akan mempengaruhi kinerja lapisan pondasi dan lapisan pondasi bawah, diperlukan untuk desain perkerasan lentur. Tabel 2.24 dapat digunakan untuk mendapatkan nilai kualitas drainase:

Tabel 2. 24 Kualitas Drainase (m)

Kualitas drainase	Persen waktu struktur perkerasan dipengaruhi oleh kadar air yang mendekati jenuh			
	< 1%	1 – 5%	5 – 25%	> 25%
Baik Sekali	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
Jelek	1,15 – 1,05	1,05 – 0,80	0,80 – 0,60	0,60
Jelek Sekali	1,05 – 0,95	0,95 – 0,75	0,75 – 0,40	0,40

Sumber: Hardiyatmo (2019: 178)

2.12.9 Penentuan Angka Struktural (SN) dan Tebal Lapis Tambahan

Berdasarkan Sukirman (2010: 133), Angka Struktural (SN) pada masing masing lapisan ditentukan dengan metode AASHTO 1993 menggunakan nomogram pada Gambar 2.7. Nilai SN_{eff} adalah fungsi dari tebal total lapisan perkerasan dan kekakuan keseluruhan dari lapisan perkerasan yang dapat ditentukan dengan persamaan:

$$SN_{eff} = a_1 \cdot D_1 + a_2 \cdot D_2 \cdot m_2 + a_3 \cdot D_3 \cdot m_3 \dots \dots \dots 2.10$$

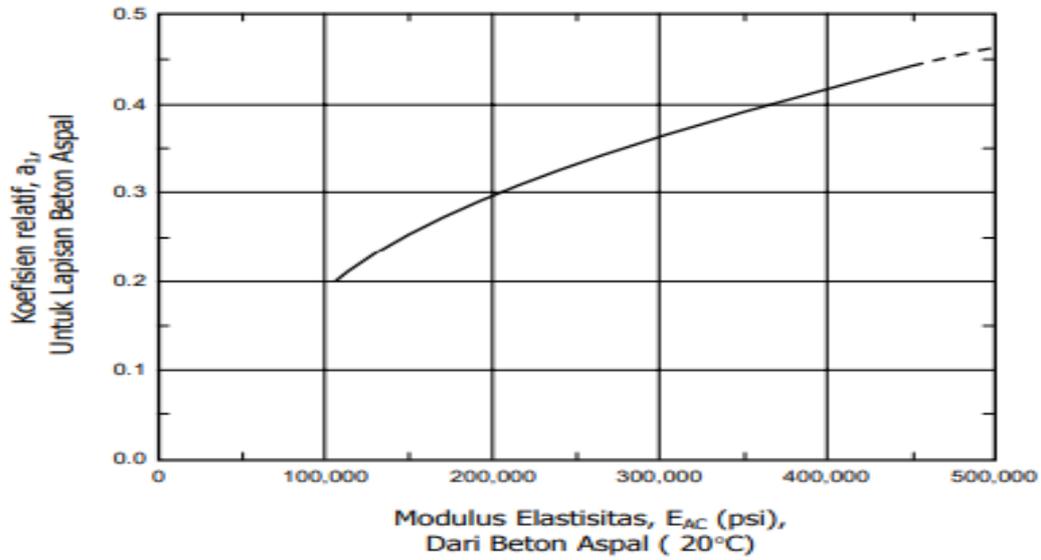
Berdasarkan Hardiyatmo (2019: 170), Dalam peraturan SNI 1732-1989-F dan SKBI-2.3.26.1987, untuk perancangan tebal perkerasan digunakan koefisien kekuatan relatif yang ditunjukkan dalam Tabel 2.25:

Tabel 2. 25 Koefisien Lapisan (a_i) (SNI 1732-1989-F dan SKBI-2.3.26.1987)

Koefisien Lapisan			Kekuatan Bahan			Jenis Bahan
a_1	a_2	a_3	MS (kg)	Kt (kg/cm)	CBR (%)	
0,40	-	-	744	-	-	Laston
0,35	-	-	590	-	-	
0,32	-	-	454	-	-	
0,30	-	-	340	-	-	
0,35	-	-	744	-	-	Lasbutag
0,31	-	-	590	-	-	
0,28	-	-	454	-	-	
0,26	-	-	340	-	-	
0,30	-	-	340	-	-	HRA
0,26	-	-	340	-	-	Aspal macadan
0,25	-	-	-	-	-	Lapen (mekanis)
0,20	-	-	-	-	-	Lapen (manual)
-	0,28	-	590	-	-	Laston atas
-	0,26	-	454	-	-	
-	0,24	-	340	-	-	
-	0,23	-	-	-	-	Lapen (mekanis)
-	0,19	-	-	-	-	Lapen (manual)
-	0,15	-	-	22	-	Stabilitas tanah – semen
-	0,13	-	-	18	-	Stabilitas tanah – kapur
-	0,15	-	-	22	-	
-	0,13	-	-	18	-	
-	0,14	-	-	-	100	
-	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 Berpasir

Sumber: Hardiyatmo (2019: 170)

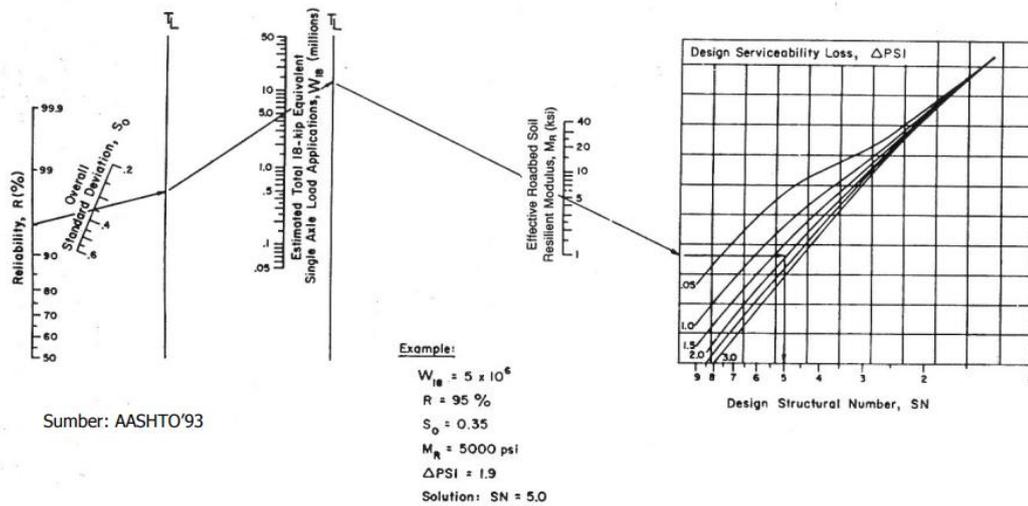
Dengan nilai D merupakan data perkerasan jalan lama. Untuk nilai a_1 dapat juga menggunakan Gambar 2.7 dan untuk mendapatkan nilai SN_f dapat menggunakan bantuan *Goal Seek* pada *Microsoft Excel* atau menggunakan Gambar 2.8:



Gambar 2. 7 Koefisien Kekuatan Relatif

Sumber: Sukirman (2010: 135)

$$\log_{10} W_{18} = Z_R * S_o + 9.36 * \log_{10} (SN+1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right]}{0.40 + \frac{1.094}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32 * \log_{10} M_R - 8.07$$



Sumber: AASHTO'93

Gambar 2. 8 Nomogram untuk mencari Nilai SN (Structural Number)

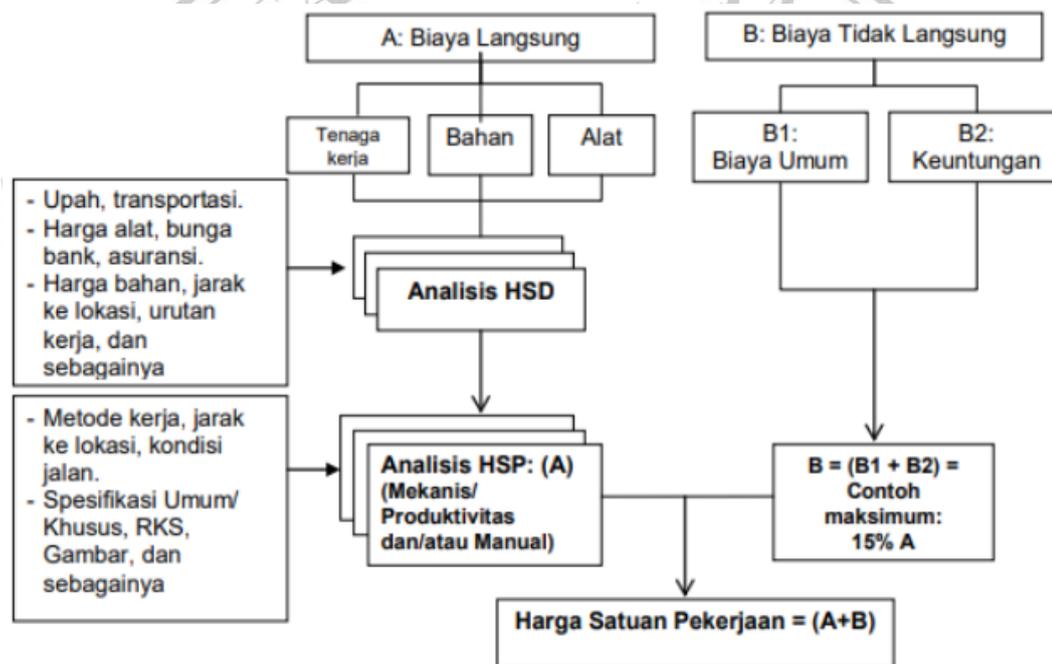
Sumber: Sukirman (2010: 134)

Setelah mendapatkan nilai SN_f dan SN_{eff} maka tebal lapisan tambahan (*overlay*) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.13:

$$D_{overlay} = \frac{SN_f - SN_{eff}}{a_{overlay}} \dots\dots\dots 2.13$$

2.12 Analisis Harga Satuan

Analisis harga satuan, yang dapat dilakukan secara manual atau dengan perangkat lunak, biasanya digunakan sebagai dasar untuk estimasi anggaran dan perencanaan yang dihasilkan sebagai harga satuan untuk semua jenis pembayaran, sesuai dengan Permen PUPR No. 28/PRT/M/2016. Dalam perencanaan, pemeliharaan, perbaikan, dan pembangunan infrastruktur, hal ini digunakan untuk menghitung harga upah, biaya tenaga kerja dan material, dan jenis pekerjaan yang disusun dengan sangat rinci berdasarkan metode pengerjaan dan secara eksplisit dijelaskan melalui gambar teknis. Gambar 2.9 menunjukkan kerangka kerja analisis harga satuan:



Gambar 2.9 Susunan Analisis Harga Satuan

Sumber: Permen PUPR No.28/PRT/M/2016

2.12.1 Harga Satuan Dasar Tenaga Kerja (HSD Tenaga Kerja)

Permen PUPR No. 28/PRT/M/2016 menyatakan bahwa sifat pekerjaan yang dilakukan oleh pekerja saat ini menentukan upah yang akan dibayarkan. Jumlah pekerjaan yang dibutuhkan dan tingkat keahlian merupakan faktor yang mempengaruhi HSD tenaga kerja. Produktivitas peralatan utama harus diperhitungkan saat memperkirakan jumlah karyawan dan spesialis yang dibutuhkan. Jumlah anggaran tenaga kerja juga ditentukan oleh jenis dan lokasi

kegiatan. Variabel-variabel ini meliputi tingkat kesulitan tenaga kerja, ketersediaan alat yang sesuai, tingkat keterampilan tenaga kerja, jumlah total tenaga kerja, durasi pekerjaan, dan lokasi pekerjaan.

2.12.2 Harga Satuan Dasar Bahan (HSD Bahan)

Menurut Peraturan PUPR No. 28/PRT/M/2016, lokasi, kualitas, dan jumlah material berdampak pada HSD material; elemen-elemen ini dapat dipastikan dengan membandingkannya dengan spesifikasi yang relevan. HSD bahan juga berfungsi sebagai pemeriksaan harga penyedia. HSD bahan dibagi menjadi beberapa bagian:

1. HSD bahan baku (besi, semen, batu, dll)
2. HSD bahan olah (campuran aspal, beton, dll)
3. HSD bahan jadi (pracetak, tiang pancang, dll)

Adapun satuan yang biasanya digunakan dalam perhitungan analisa HSD bahan yang berlaku yaitu ton, zak, m³, m², m dll.

2.12.3 Harga Satuan Dasar Alat (HSD Alat)

Komponen alat dapat digunakan dalam analisis harga satuan, tergantung pada sifat pekerjaan. Iklim dan cuaca, lokasi dan media, bahan dan material, jenis peralatan, keefektifan dan efisiensi kerja, dan bahan, semuanya berdampak pada HSD alat. Untuk melakukan pekerjaan ringan dan berat sesuai dengan persyaratan produktivitas masing-masing profesi, pekerja di bidang tersebut harus memiliki kebutuhan dasar untuk menggunakan alat.

2.13 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Perhitungan volume pekerjaan dikalikan dengan HSP menghasilkan rencana anggaran biaya. RAB terdiri dari sejumlah elemen, termasuk penggajian, persediaan, overhead, laba, dan pajak.

2.13.1 Komponen Biaya Langsung (*Direct Cost*)

Anggaran yang digunakan untuk segala sesuatu yang dimaksudkan sebagai bagian tetap atau permanen dari hasil akhir pekerjaan disebut biaya langsung.

- 1) Anggaran bahan, yang mencakup penginapan, kualitas, asuransi, dan penyimpanan, adalah biaya yang dikeluarkan selama konstruksi.