

Diterima : 02 Januari 2023 | Selesai Direvisi : 09 Februari 2023 | Disetujui : 22 Agustus 2022 | Dipublikasikan : Juni 2023  
DOI : <http://dx.doi.org/10.24853/jk.15.1.179-191>  
Copyright © 2023 Jurnal Konstruksia  
This is an open access article under the CC BY-NC licence (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

## Pemodelan Empiris Pemeliharaan Pada Perkerasan Chip Seal Dan Laston

Haryo Koco Buwono<sup>1</sup>, Heri Khoeri<sup>1,2</sup>, Andika Setiawan<sup>1</sup>, Badaruddin<sup>2</sup>, Dini Sofiana<sup>2</sup>, dan Deby Puspitaningrum<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jakarta, Indonesia.

<sup>2</sup> Praktisi Keahlian Teknik Sipil, PT. Hesa Laras Cemerlang, Indonesia.

<sup>3</sup> Ilmu Komunikasi, Fakultas Komunikasi dan Bahasa, Universitas Bina Sarana Informatika, Indonesia.

Email Korespondensi: haryo.koco@umj.ac.id

### ABSTRAK

Di Indonesia, seperti halnya di banyak negara lain, terdapat beberapa masalah yang berkaitan dengan pemeliharaan perkerasan jalan. Perencanaan pemeliharaan jangka panjang yang tidak memadai dapat menyebabkan pemeliharaan yang reaktif dan tidak efisien. Perencanaan yang baik sangat penting untuk memastikan bahwa perkerasan jalan tetap dalam kondisi yang baik. Umumnya, masalah pemeliharaan akibat alur terjadi ketika perkerasan berubah bentuk secara permanen akibat beban lalu lintas yang berulang. Permukaan yang bergelombang atau tidak rata dapat membuat pengemudi tidak nyaman dan meningkatkan risiko kecelakaan. Perkerasan Laston dan chip seal merupakan perkerasan yang paling sering digunakan, sehingga perlu dilakukan kajian terkait ketebalan perkerasan dan umur pemeliharaan. Penggunaan material Laston memiliki umur pemeliharaan yang lebih lama namun jika lalu lintas padat maka penggunaan chip seal menjadi alternatif. Laston memiliki umur pemakaian yang lebih lama dibandingkan dengan chip seal, sehingga pemeliharaan Laston sebagai perkerasan jalan dapat menjadi pilihan. Persamaan Logaritmik merupakan bahasa komunikasi yang memudahkan dan cepat dalam menghitung probabilitas atau prediksi untuk menghitung pemeliharaan jalan.

**Kata kunci:** Perkerasan jalan; Laston; Chip Seal; Pemeliharaan, ketebalan perkerasan; masa pakai

### ABSTRACT

*In Indonesia, as in many other countries, there are several problems related to pavement maintenance. Inadequate long-term maintenance planning can lead to reactive and inefficient maintenance. Good planning is important to ensure that pavements remain in good condition. Commonly, maintenance problem due to groove occurs when the pavement is permanently deformed by repeated traffic loads. Wavy or uneven surfaces can be uncomfortable for drivers and can increase the risk of accidents. Laston and chip seal pavements are the most commonly used, so it is necessary to conduct a study related to pavement thickness and life of maintenance. The use of Laston material has a longer maintenance life but if traffic is heavy then using chip seal is an alternative. Laston has a longer service life than chip seal, so Laston maintenance as a road pavement can be an option. The Logarithmic Equation is a communication language that makes it easy and fast to calculate probabilities or predictions to calculate road maintenance.*

**Keywords:** Pavement; Laston; Chip Seal; Maintenance, pavement thickness; service life

## 1. PENDAHULUAN

Di Indonesia, perkerasan jalan menghadapi berbagai masalah yang dapat berasal dari cuaca, lalu lintas yang padat, kurangnya pemeliharaan, dan kurangnya infrastruktur dan sumber daya. Beberapa masalah umum yang dihadapi oleh perkerasan jalan di Indonesia antara lain adalah retak, lubang, deformasi, dan kerusakan struktural akibat beban lalu lintas yang berlebihan. Sebagai contoh, volume kendaraan yang tinggi terletak di Bundaran HI, Indonesia dan proyeksi dibuat untuk 5 tahun ke depan. Total volume kendaraan awal adalah 35.184 dan proyeksi saat ini untuk 5 tahun ke depan adalah 36.979 [1]. Untuk menjawab permasalahan tersebut, Pemerintah Indonesia telah menerapkan peraturan dan pedoman teknis yang mengatur perencanaan, konstruksi dan pemeliharaan perkerasan jalan. Berikut adalah beberapa peraturan yang relevan: 1) Pedoman Umum Pengelolaan Jalan (PUPJ): Pedoman ini diterbitkan oleh Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) dan mengatur prinsip-prinsip perencanaan, konstruksi, dan pemeliharaan jalan. Pedoman tersebut mencakup spesifikasi teknis untuk berbagai komponen perkerasan jalan. 2) Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI): Manual ini diterbitkan oleh Direktorat Jenderal Bina Marga, Kementerian PUPR. Manual ini memberikan panduan untuk perencanaan geometri dan kapasitas jalan, yang juga dapat mempengaruhi pemilihan jenis perkerasan. 3) SNI (Standar Nasional Indonesia): Berbagai standar teknis yang dikeluarkan oleh Badan Standardisasi Nasional (BSN) yang mengatur berbagai aspek perkerasan jalan, termasuk bahan, metode konstruksi, dan pemeliharaan. 4) Peraturan Menteri PUPR No. 15/PRT/M/2018 tentang Pedoman Perencanaan dan Desain Jalan: Peraturan ini memberikan pedoman teknis untuk perencanaan dan desain jalan, termasuk perkerasan jalan. 5) Peraturan Menteri PUPR No. 10/PRT/M/2020 tentang

Teknik Pelaksanaan Pekerjaan Beton dan Aspal Beton Super Lapis Tipis di Lapangan: Peraturan ini memberikan pedoman teknis pelaksanaan pekerjaan beton aspal dan beton aspal super panjang, yang merupakan jenis perkerasan jalan yang umum digunakan di Indonesia. 6) Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat No. 13/PRT/M/2019 tentang Tata Cara Evaluasi Kinerja Jalan Nasional: Peraturan ini mengatur evaluasi kinerja jalan nasional, termasuk evaluasi kondisi perkerasan jalan.

Pemerintah Indonesia juga melakukan upaya untuk meningkatkan kondisi perkerasan jalan melalui program pemeliharaan rutin, proyek-proyek perbaikan, serta pengembangan teknologi konstruksi yang sesuai dengan kondisi setempat. Namun demikian, masih terdapat tantangan terkait pembiayaan, kualitas konstruksi, dan pemeliharaan yang perlu diatasi untuk menjaga keberlanjutan jaringan jalan di Indonesia. Dengan perkerasan jalan yang baik, kecepatan kendaraan dapat tercapai. Seperti kecepatan kendaraan yang dilakukan di bundaran di Bekasi, Indonesia, diperoleh kecepatan tertinggi pada 22,56 km/jam [2].

Laston AC-WC (Asphalt Concrete-Wearing Course) adalah laston aus yang berhubungan langsung dengan ban kendaraan dan kondisi eksternal dengan ketebalan minimum 4cm. Agregat memiliki peranan penting dalam lapisan perkerasan jalan karena daya dukung perkerasan jalan ditentukan oleh karakteristik agregat. Gradasi agregat sangat mempengaruhi campuran perkerasan aspal karena gradasi agregat berfungsi untuk memberikan kekuatan pada struktur perkerasan, sehingga mempengaruhi stabilitas dan kualitas perkerasan. Gradasi agregat dinyatakan dalam bentuk persentase agregat yang lolos, atau persentase agregat yang tertahan[3].

Chip seal adalah perawatan preservasi perkerasan yang efektif yang biasanya digunakan untuk mengatasi retak non-lelah, pelapukan, dan pengelupasan, untuk menutup permukaan, menunda oksidasi, dan, terakhir, untuk meningkatkan ketahanan terhadap selip. Penelitian ini menggunakan data kinerja lapangan dari bagian uji dari Studi Kelompok Preservasi Perkerasan yang dilakukan oleh Pusat Teknologi Aspal Nasional dan Fasilitas Penelitian Jalan Minnesota DOT. Data dari bagian uji yang terletak di jalan dengan volume lalu lintas rendah dengan iklim panas, basah, dan tidak membeku yang dikumpulkan selama 7 tahun digunakan untuk mengevaluasi efek dari beberapa perawatan chip seal. Perlakuan berkisar dari sistem lapisan tunggal hingga multilayer, dan mencakup teknik konstruksi yang berbeda seperti peremajaan scrub seal dan membran serat. Selain itu, sebuah bagian disegel retak sebelum penerapan segel chip lapisan tunggal untuk menilai manfaatnya. Analisis kelangsungan hidup semi-parametrik dilakukan untuk menentukan perbedaan dalam waktu rata-rata menuju kegagalan (MTTF) untuk bagian segel chip yang berbeda dibandingkan dengan bagian yang dikontrol - yang mewakili skenario "tidak melakukan apa pun"[4].

## 2. CHIP SEAL

Chip seal adalah perawatan preservasi yang banyak digunakan dan sebagian besar hemat biaya jika diaplikasikan saat perkerasan masih dalam kondisi baik. Terdapat keuntungan dan kerugian dari jenis perawatan ini. Chip seal mampu mengurangi infiltrasi air, memperlambat pengikisan dan penuaan, serta mengurangi kerusakan retak lebih lanjut, dan dapat dengan cepat dibuka kembali untuk lalu lintas. Namun, jenis perawatan ini memiliki potensi kerusakan kaca depan akibat serpihan yang lepas dan kebisingan yang berlebihan, dan, seperti kebanyakan perawatan pengawetan, perawatan ini

tidak memberikan perbaikan struktural. Beberapa penelitian telah dilakukan untuk menentukan manfaat dari penyegelan chip pada perkerasan aspal. Gambar 2 menunjukkan manfaat perpanjangan umur dari chip seal yang dilaporkan dalam berbagai penelitian. Sebuah survei terhadap praktik segel chip agen di AS menunjukkan bahwa aplikasi segel chip pada perkerasan aspal yang ada memiliki umur kinerja 6,5 tahun untuk rute arteri perkotaan, dan 7,4 tahun untuk rute kolektor perkotaan dan rute lokal pedesaan, seperti ditunjukkan pada Gambar 1 (5). Segel chip di jalan lokal dan kolektor memiliki masa pakai yang lebih tinggi karena beban lalu lintas yang lebih rendah, dibandingkan dengan jalan arteri dan jalan raya antarnegara bagian. Selain itu, seal chip lebih efektif di daerah pedesaan di mana lalu lintas sebagian besar bervolume rendah. Mamlouk dan Dosa menggunakan kumpulan data program Kinerja Perkerasan Jangka Panjang (Long-Term Pavement Performance, LTPP) untuk menyelidiki manfaat perpanjangan usia pakai dari seal chip (6). Kualitas pengendaraan yang diukur dengan Indeks Kekasaran Internasional (International Roughness Index/IRI) digunakan untuk menentukan kondisi perkerasan. Ditemukan bahwa manfaat perpanjangan usia pakai karena seal chip untuk kondisi pretreatment yang halus, sedang, dan kasar masing-masing adalah 4-7 tahun, 2-3 tahun, dan 0-1 tahun. Dengan kata lain, chip seal meningkatkan umur perkerasan sebesar 24% - 32%, 18% - 225%, dan 0% - 214% untuk perkerasan halus, sedang, dan kasar. Perlu dicatat bahwa perhitungan persentase peningkatan didasarkan pada perbandingan dengan bagian kontrol yang umur layanannya bergantung pada wilayah iklim dan kehalusan awal.[4].

## 3. LASTON

Laston (Lapisan Aspal Beton), adalah beton aspal yang biasa digunakan untuk jalan dengan beban lalu lintas 1 - 10 juta

ESA. Karakteristik beton aspal yang paling penting dalam campuran ini adalah stabilitas[5]. Sukirman (2003) menyebutkan bahwa untuk menjaga agar gradasi agregat yang disyaratkan menghasilkan sifat campuran yang diinginkan, maka gradasi campuran untuk bahan aspal beton tidak boleh melewati "zona restriksi" kurva gradasi. Dengan demikian, akan diketahui perbedaan antara spesifikasi gradasi di atas dan di bawah zona batasan. Dari beberapa penelitian terdahulu, maka dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai perbandingan kinerja campuran aspal beton antara campuran aspal beton yang dominan agregat kasar (di bawah zona restriksi) dengan campuran aspal beton yang dominan agregat halus (di atas zona restriksi) untuk mengetahui pengaruh gradasi agregat terhadap campuran aspal beton sehingga diperoleh campuran gradasi AC-WC laston yang memiliki karakteristik yang lebih baik dengan nilai uji kuat tekan yang lebih tinggi [3].

Menurut fungsinya Laston terdiri dari 3 macam campuran, yaitu: a) Laston sebagai lapis aus, yang dikenal dengan nama AC-WC (Asphalt Concrete-Wearing Course). Ukuran agregat maksimum = 19 mm dan tebal nominal minimum AC-WC adalah 4 cm. b) Laston sebagai lapis perkerasan, dikenal dengan nama AC-BC (Asphalt Concrete-Binder Course). Ukuran agregat maksimum = 25,4 mm dan tebal nominal minimum AC-BC adalah 5 cm. c) Laston sebagai lapis pondasi, yang dikenal dengan nama AC-Base (Asphalt Concrete-Base). Ukuran agregat maksimum = 37,5 mm dan tebal nominal minimum AC-Base adalah 6 cm.

#### **4. KOMUNIKASI TEKNIK**

Dalam sebuah studi pertengahan dekade di sektor pendidikan teknik India, Goel, 2006 menemukan bahwa pendekatan berbasis sumber daya tradisional masih sangat banyak digunakan dibandingkan dengan pendekatan berbasis hasil yang akan mengatasi kekurangan kompetensi

yang diperlukan, seperti "kemampuan untuk menerapkan pengetahuan, keterampilan desain, kemampuan memecahkan masalah, kemampuan untuk bekerja dalam tim multi-disipliner, keterampilan komunikasi, kepekaan terhadap isu-isu global, masyarakat, dan lingkungan, dan kepekaan terhadap isu-isu etis dan profesional". Usulan Goel untuk mengatasi kekurangan ini adalah dengan mengadopsi kerangka kerja kompetensi tiga dimensi untuk mengkategorikan keterampilan yang dapat mengatasi kekurangan yang ada dan kebutuhan yang muncul. Kerangka kerja ini mencakup sikap dan persepsi, kebiasaan berpikir yang produktif, serta akuisisi dan penggunaan pengetahuan yang bermakna[6].

Sebagai tanggapan, komponen proyek multi-disiplin teknik telah dimasukkan ke dalam ENG207 untuk memberikan pelatihan kepada para sarjana teknik dalam berbagai keterampilan komunikasi kolaboratif dan akademis yang biasanya ditemukan di tempat kerja teknik. Karena isi mata kuliah ini selain mencakup keterampilan penelitian juga mencakup keterampilan komunikasi dan akademis yang penting, para penulis telah memasukkan keahlian tersebut ke dalam tubuh proyek multidisiplin teknik. Pengajaran dan pembelajaran berbasis EMDP memberikan konteks yang tepat untuk memperkenalkan, mengembangkan dan menerapkan keterampilan penelitian dan komunikasi profesional [7].

Komunikasi antar agen dibatasi oleh sebuah graf komunikasi, dan diidealkan dalam artian bahwa agen-agen tersebut tidak menyadari ketika basis pengetahuan mereka sedang diakses. Kami telah menunjukkan bahwa graf komunikasi dicirikan oleh validitas rumus-rumus dalam model-model berdasarkan graf komunikasi tersebut, dan bahwa logika kami dapat diputuskan. Namun, ada beberapa perbedaan penting antara semantik yang disajikan dalam makalah ini dan semantik yang ditemukan dalam literatur logika epistemik dinamis.

Pertama-tama, dalam semantik kami, komunikasi dibatasi oleh graf komunikasi. Kedua, kami tidak mempertimbangkan pembaruan epistemik secara umum seperti yang umum dalam literatur, melainkan mempelajari jenis pembaruan epistemik yang spesifik dan hubungannya dengan graf komunikasi. Yang paling penting adalah fakta bahwa sejarah komunikasi memainkan peran kunci dalam pendefinisian pengetahuan dalam makalah ini [8].

Logika grafik komunikasi memiliki sifat model yang terbatas dan dapat diputuskan. Pertanyaan-pertanyaan standar lainnya seperti menemukan aksiomatisasi lengkap yang elegan juga akan dipelajari. Perluasan lain yang menarik adalah mengizinkan berbagai jenis pembaruan, seperti kebohongan, pembaruan yang disadari, pembaruan ke subkelompok (menciptakan pengetahuan umum)[8].

Model matematika adalah persamaan yang digunakan untuk menggambarkan variabel respons dalam kaitannya dengan variabel penjelas. Jika kumpulan data yang akan dimodelkan memiliki karakteristik khusus bahwa garis lurus akan menggambarkan pola yang dibentuk oleh titik-titiknya dengan baik, maka diperlukan model linier. Jika polanya terlihat lebih melengkung, maka set data tersebut dapat dikatakan membutuhkan model nonlinier. Jika variabel respons dari kumpulan data meningkat nilainya sementara variabel penjelas meningkat nilainya, maka model yang digunakan adalah model yang meningkat. Jika variabel respon menurun nilainya sementara variabel penjelas meningkat nilainya, maka model yang dibutuhkan adalah model menurun[9]. Logaritma suatu bilangan hanyalah sebuah eksponen. Persamaan  $y = x^b$  dan  $y = \log_b x$  adalah setara. Dalam persamaan ini,  $y$  adalah logaritma, dan  $b$  adalah basis. Bilangan dapat dibandingkan dengan melihat logaritma mereka. Logaritma sering dianggap berguna ketika bilangan

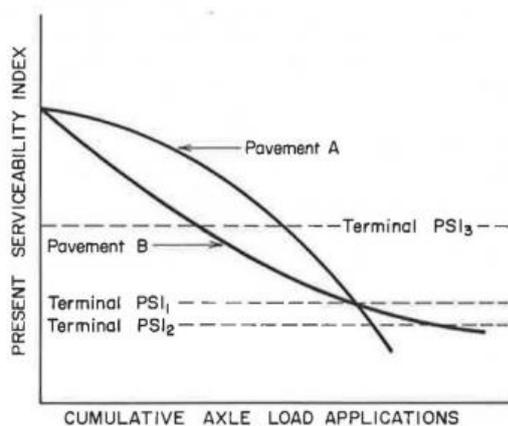
memiliki besaran yang sangat besar atau sangat kecil [9].

Distribusi normal banyak digunakan dalam studi penelitian dasar dan klinis untuk memodelkan hasil yang berkelanjutan. Sayangnya, distribusi berbentuk lonceng simetris sering kali tidak cukup menggambarkan data yang diamati dari proyek penelitian. Sering kali data yang muncul dalam penelitian nyata sangat miring sehingga analisis statistik standar terhadap data ini menghasilkan hasil yang tidak valid. Banyak metode telah dikembangkan untuk menguji asumsi normalitas data yang diamati. Ketika distribusi data kontinu tidak normal, transformasi data diterapkan untuk membuat data se-normal mungkin dan, dengan demikian, meningkatkan validitas analisis statistik terkait. Transformasi log, bisa dibilang, adalah yang paling populer di antara berbagai jenis transformasi yang digunakan untuk mengubah data yang miring agar mendekati normal [10].

## 5. EVALUASI PERKERASAN LENTUR

Pertimbangan utama dalam evaluasi perkerasan lentur adalah penentuan tebal perkerasan yang sangat dipengaruhi oleh besarnya beban dan frekuensi lalu lintas kendaraan serta modulus reaksi tanah dasar. Evaluasi perkerasan lentur dengan menggunakan metode AASHTO 1993 didasarkan pada analisis Indeks Tebal Perkerasan (ITP) atau structural number (SN). Pada metode ini, tebal perkerasan tergantung pada besarnya dan jumlah pengulangan beban, serta modulus reaksi tanah dasar. Metode ini dilakukan dengan pendekatan mekanistik-empiris. Proses evaluasi struktur perkerasan beton dilakukan dengan mengacu pada sejumlah kriteria desain yang terdapat dalam standar yang berlaku. Standar Evaluasi Perkerasan Jalan: 1) SNI 8460:2017 - Persyaratan desain geoteknik. 2) Panduan AASHTO untuk Desain Struktur Perkerasan Jalan 1993.

Mendesain perkerasan jalan untuk mengangkut orang dan komoditas secara logis terkait dengan kinerja perkerasan jalan. Salah satu definisi yang umum diterima menyatakan bahwa kinerja adalah jumlah layanan yang diberikan oleh perkerasan jalan sebelum mencapai kondisi kegagalan. Definisi ini menarik karena kesederhanaannya, namun memiliki beberapa kekurangan karena alasan yang sama. Gambar 2 mengilustrasikan kekurangan tersebut. Pertimbangkan dua struktur perkerasan, A dan B, dan asumsikan bahwa tren indeks kemampuan pelayanan (PSI) masing-masing perkerasan saat ini dengan meningkatnya aplikasi beban adalah seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. Dari definisi yang telah diberikan, kedua perkerasan akan dikarakteristikan memiliki kinerja yang sama, dengan menggunakan tingkat kemampuan pelayanan terminal PSI1, karena kedua perkerasan mencapai tingkat terminal PSI ini setelah jumlah aplikasi beban yang sama. Namun, terlihat jelas bahwa kedua perkerasan tersebut memberikan tingkat pelayanan yang berbeda. Pengguna dan biaya pemeliharaan yang berbeda secara signifikan dapat dikaitkan dengan perkerasan A dan B. Selain itu, jika PSI2 digunakan sebagai tingkat pelayanan terminal, perkerasan B dianggap memiliki kinerja yang lebih baik, sedangkan jika PSI3 digunakan, maka perkerasan A dianggap memiliki kinerja yang lebih baik.



Gambar 1. Riwayat kemampuan layanan konseptual untuk perkerasan A dan B

Mempertimbangkan berbagai kelemahan di atas, definisi kinerja perkerasan jalan yang berbeda digunakan dalam penelitian ini. Secara khusus, kinerja perkerasan didefinisikan sebagai riwayat indikator kondisi perkerasan dari waktu ke waktu atau dengan meningkatnya beban gandar. Definisi ini diyakini lebih baik daripada definisi yang diberikan sebelumnya karena beberapa alasan berikut: 1) Riwayat kinerja diperlukan untuk mempertimbangkan perbedaan antara dua perkerasan yang mengalami kerusakan pada waktu yang sama. 2) Riwayat kinerja memungkinkan perbandingan antara dua perkerasan yang tidak mengalami kegagalan, dan bukannya menganggap keduanya sama-sama memuaskan. 3) Riwayat kinerja diperlukan untuk menentukan biaya pengguna dan biaya pemeliharaan dalam analisis biaya siklus hidup.

## 6. METODOLOGI

Salah satu aspek penting dalam perencanaan perkerasan jalan adalah menentukan ketebalan perkerasan lentur yang sesuai dengan kondisi lalu lintas, jenis kendaraan yang melintas, dan kondisi geoteknik sub base dan base course. Metodologi perencanaan perkerasan jalan raya yang berkaitan dengan perhitungan tebal perkerasan lentur untuk sub base dan base course dapat dilakukan dengan beberapa metode, antara lain: 1) Metode Analisa Komponen menurut SKBI 1987. Metode ini digunakan untuk perencanaan tebal perkerasan lentur. Metode ini mempertimbangkan beberapa faktor seperti kondisi lalu lintas, jenis kendaraan yang melintas, dan kondisi geoteknik sub base dan base course. 2) Metode Bina Marga. Metode ini juga digunakan untuk perencanaan tebal perkerasan lentur. Metode ini mempertimbangkan beberapa faktor seperti beban sumbu, jumlah sumbu, dan karakteristik lapisan perkerasan[11].

Dalam perencanaan perkerasan lentur, perlu diperhatikan beberapa faktor

seperti kondisi lalu lintas, jenis kendaraan yang melintas, dan kondisi geoteknik sub base dan base course[12]. Selain itu, pemeliharaan dan pencegahan juga penting dilakukan untuk memperpanjang umur jalan. Pemilihan jenis pemeliharaan dan pencegahan harus mempertimbangkan jenis perkerasan lentur, jenis kerusakan, dan efektifitas biaya.[11][13].

Berikut ini adalah metodologi umum untuk perencanaan perkerasan jalan raya dengan perhitungan tebal perkerasan lentur: 1) Mengumpulkan Data Lapangan. Dapatkan data mengenai kondisi lalu lintas, termasuk perkiraan volume lalu lintas harian rata-rata (ADT) dan beban sumbu terberat (ESAL). Mendapatkan data geoteknik tanah dasar, tanah lapisan pondasi bawah, dan tanah lapisan pondasi atas, seperti indeks plastisitas (PI), CBR (California Bearing Ratio), dan nilai kekuatan tanah lainnya. 2) Menentukan Kategori Jalan. Kategorikan jalan berdasarkan fungsinya (misalnya, jalan lokal, jalan arteri, atau jalan bebas hambatan) dan kondisi lingkungan sekitarnya. 3) Pilih Struktur Perkerasan. Pilih jenis perkerasan fleksibel yang sesuai dengan kebutuhan Anda. Pilihannya meliputi aspal (aspal campuran panas) atau campuran tanah, kerikil, dan aspal (agregat tambahan). Tentukan karakteristik material perkerasan yang akan digunakan, seperti jenis campuran aspal dan gradasi agregat. 4) Hitung Beban Lalu Lintas. Hitung ESAL (Ekivalen Beban Gandar Tunggal) berdasarkan volume lalu lintas dan berat kendaraan yang diharapkan. Ini adalah langkah penting untuk menentukan ketebalan perkerasan yang dibutuhkan. 5) Hitung Ketebalan Perkerasan. Gunakan metode perhitungan ketebalan perkerasan yang sesuai, seperti metode AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) atau metode empiris yang sesuai dengan peraturan di wilayah tersebut. Perhitungan ini akan mempertimbangkan faktor-faktor seperti ESAL, karakteristik tanah dasar, jenis perkerasan yang dipilih,

dan faktor keamanan. 6) Desain Struktur Perkerasan. Desain struktur perkerasan dengan mempertimbangkan lapisan perkerasan, termasuk perkerasan aspal, sub base, dan base course. Tentukan ketebalan masing-masing lapisan sesuai dengan perhitungan yang dilakukan. 7) Spesifikasi Konstruksi. Tentukan spesifikasi teknis bahan dan konstruksi perkerasan jalan, termasuk ketebalan setiap lapisan, jenis campuran aspal, dan komposisi bahan lainnya[13].

Metode AASHTO'93 merupakan perluasan dari metode AASHTO'72 dengan penambahan beberapa parameter baru. Modifikasi parameter tersebut adalah sebagai berikut: 1) Parameter Daya Dukung Tanah diganti dengan Modulus Resilien (MR). 2) Parameter koefisien lapisan relatif untuk berbagai material dibedakan berdasarkan nilai Modulus Resilien dan CBR. 3) Parameter faktor lingkungan seperti kelembaban dan temperatur ditambahkan untuk mempertimbangkan pengaruh lingkungan terhadap perencanaan. Parameter ini menggantikan parameter faktor regional pada metode sebelumnya. 4) Parameter keandalan (R) diperkenalkan dalam metode ini untuk memungkinkan perencana menganalisa tingkat risiko yang dihasilkan dari berbagai kelas jalan. 5) Parameter baru lainnya seperti deviasi standar keseluruhan ( $S_o$ ) dan koefisien drainase ( $m_i$ ). Dengan demikian, rumus metode AASHTO'93 untuk menghitung indeks Tebal Perkerasan sebagai fungsi dari faktor-faktor yang mempengaruhinya adalah[14]:

$$\log_{10}W_{18} = Z_R S_o + 9,36 \log_{10}(SN + 1) - 0,20 + \frac{\log_{10} \left[ \frac{\Delta PSI}{4,2 - 1,5} \right]}{0,40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5,19}}} + 2,32 \log_{10} M_R - 8,07 \quad (1)$$

dimana,

$W_{18}$  = lalu lintas ekuivalen selama umur rencana.

$Z_R$  = standar deviasi.

$S_o$  = standar deviasi gabungan

SN= indeks ketebalan perkerasan jalan

$\Delta PSI$ = perbedaan antara indeks permukaan awal dan akhir

$M_R$ = modulus resilien tanah dasar (psi)

Dan untuk menentukan ketebalan setiap lapisan menggunakan rumus berikut [14][15]:

$$SN = a_i m_i D_i \quad (2)$$

dimana

$a_i$  = koefisien relatif dari lapisan ke-i

$D_i$  = ketebalan ke-i dari lapisan ke-i

$m_i$  = koefisien drainase lapisan ke-i

SN = indeks ketebalan perkerasan jalan

Kemampuan pelayanan atau tingkat pelayanan suatu jalan dicirikan oleh kemampuannya untuk melayani berbagai jenis lalu lintas yang melewatinya. Total kehilangan pelayanan dirumuskan sebagai berikut [14]:

$$\Delta PSI = p_o - p_t \quad (3)$$

dimana,

$p_o$  = tingkat layanan awal

$p_t$  = indeks permukaan di akhir umur rencana

Modulus resilien (MR) tanah dasar diperkenalkan untuk menggantikan daya dukung tanah. Hubungan antara modulus resilien tanah dasar dan CBR lapangan menurut persamaan Heukelom dan Klomp [14]:

$$M_R = 1500 CBR \quad (4)$$

Tingkat keandalan terhadap deviasi standar ditunjukkan pada tabel berikut [14]:

Tabel 1 Keandalan vs Standar Deviasi

<i>Keandalan</i>	<i>Standar Deviasi</i>
50	-0,00
60	-0,253
70	-0,524
75	-0,674
80	-0,841
85	-1,037
90	-1,282
91	-1,340
92	-1,405
93	-1,476
94	-1,555
95	-1,645
96	-1,751
97	-1,881
98	-2,054
99	-2,327

## 7. HASIL NUMERIK DAN DISKUSI

Penentuan LHR Rencana Panduan AASHTO untuk Desain Struktur Perkerasan Jalan 1993. 1) Faktor Kerusakan Kendaraan (VDF) dengan a)  $VDF_{STRT} = (Beban\ Gandar/5400)^4$ , b)  $VDF_{STRG} = (Beban\ Gandar/8160)^4$ , c)  $VDF_{STDRG} = (Beban\ Gandar/13760)^4$ ; 2) Umur Rencana (n) = 0,38 tahun (4,5 bulan).

Tabel 2. Perhitungan Beban Sumbu Standar (ESA)

No.	Tipe Kendaraan	Berat Total Kendaraan (kg)	Beban Gandar		VDF			Total VDF
			Depan (kg)	Belakang (kg)	STRT	STRG	STDRG	
1	Double Trailer	207367,0	9181	33778,0	8,4		36,313	44,669

No.	Tipe Kendaraan	Berat Total Kendaraan (kg)	Beban Gandar		VDF			Total VDF
			Depan (kg)	Belakang (kg)	STRT	STRG	STDRG	
				30910,5			25,465	25,465
				30910,5			25,465	25,465
				45631,0			120,939	120,939
				28478,0			18,347	18,347
				28478,0			18,347	18,347

Tabel 3. Daily ESA (ESAL) per-lane

No	Tipe Kendaraan	LHR Total	Faktor Distribusi Lajur	Faktor Distribusi Arah	LHR Lajur	VDF	Rata-rata Harian ESA	G(%)	W <sub>18</sub>
1	Double Trailer	144,00	1	0,5	144	44,67	6432,30	0	442167,8
					144	25,47	3667,02	0	252077,4
					144	25,47	3667,02	0	252077,4
					144	120,94	17415,21	0	1197153,3
					144	18,34	2641,96	0	181613,4
					144	18,34	2641,96	0	181613,4
<b>Total</b>		<b>144,00</b>			<b>864</b>				<b>2506702,8</b>

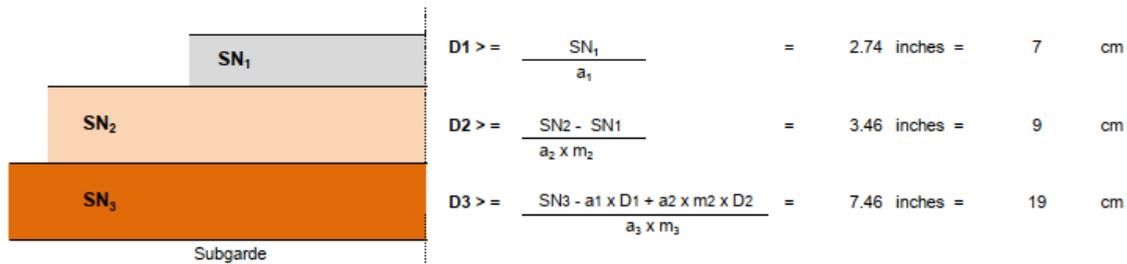
## 7. ANALISIS KETEBALAN PERKERASAN

### Analisis Ketebalan Perkerasan Chip Seal

Tabel 4. Masukan Desain untuk Chip Seal Permukaan, Lapis Pondasi dan Sub Lapis Pondasi

Variable	SN1 (Surface Course)	SN2 (Base Course)	SN3 (Sub Base Course)
R	80%	80%	80%
Z <sub>R</sub>	-0,841	-0,841	-0,841
S <sub>o</sub>	0,4	0,4	0,4
W <sub>18</sub>	2,07x10 <sup>6</sup> (18KIP ESAL)	2,07 x10 <sup>6</sup> (18KIP ESAL)	2,07 x10 <sup>6</sup> (18KIP ESAL)
CBR	-	90%	60%
M <sub>R</sub>	410 psi	315 psi	90 psi
P <sub>o</sub>	4,2 (indeks kemampuan layanan awal)	4,2 (indeks kemampuan layanan awal)	4,2 (indeks kemampuan layanan awal)
P <sub>t</sub>	2,5 (indeks kemampuan layanan akhir rencana)	2,5 (indeks kemampuan layanan akhir rencana)	2,5 (indeks kemampuan layanan akhir rencana)
ΔPSI	1,7	1,7	1,7
<b>Hasil</b>			

Variable	SN1 (Surface Course)	SN2 (Base Course)	SN3 (Sub Base Course)
SN1	0,63	1,151	1,382

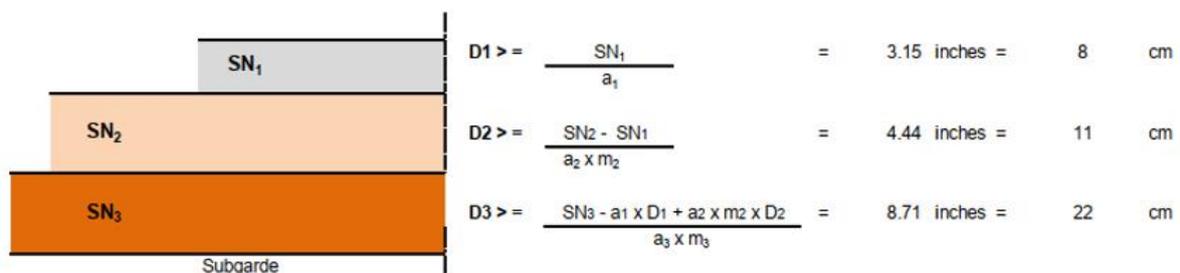


Gambar 2. Ketebalan Chip Seal dari setiap lapisan: Lapis Permukaan, Lapis Pondasi Bawah dan Lapis Pondasi Atas

### Analisis Ketebalan Perkerasan Laston

Tabel 5. Masukan Desain untuk Lapis Aspal Permukaan, Lapis Pondasi dan Lapis Sub Base

Variable	SN1 (Surface Course)	SN2 (Base Course)	SN3 (Sub Base Course)
R	80%	80%	80%
Z <sub>R</sub>	-0,841	-0,841	-0,841
S <sub>o</sub>	0,4	0,4	0,4
W <sub>18</sub>	26,620x10 <sup>6</sup> (18KIP ESAL)	26,620x10 <sup>6</sup> (18KIP ESAL)	26,620x10 <sup>6</sup> (18KIP ESAL)
CBR	-	90%	60%
M <sub>R</sub>	410 psi	315 psi	90 psi
P <sub>o</sub>	4,2 (initial serviceability index)	4,2 (initial serviceability index)	4,2 (initial serviceability index)
P <sub>t</sub>	2,5 (end of plan serviceability index)	2,5 (end of plan serviceability index)	2,5 (end of plan serviceability index)
ΔPSI	1,7	1,7	1,7
<b>Hasil</b>			
SN1	1,101	1,785	2,097



Gambar 3. Ketebalan Laston pada setiap lapisan: Lapis Permukaan, Lapis Pondasi Bawah dan Lapis Pondasi Atas

**Analisis Ketebalan Perkerasan Terhadap Umur Pelayanan**

Berdasarkan perhitungan detail evaluasi perkerasan di atas yang merupakan fungsi parametrik dari nilai ESAL dan umur rencana, dapat diketahui bahwa tebal perkerasan eksisting struktur perkerasan Chip seal memiliki umur rencana sampai dengan 4,5 bulan. Selanjutnya diatas umur tersebut, lapisan perkerasan akan mengalami kerusakan yang membuat kemampuan pelayanan perkerasan menjadi menurun.

Berikut ini adalah rekapitulasi analisa tebal perkerasan vs umur rencana (bulan) untuk jenis perkerasan chip seal dan Laston yang disajikan dalam tabel berikut ini:

Tabel 6. Rekapitulasi Perhitungan Tebal Perkerasan Vs Umur Pelayanan (bulan) - Chip Seal

<i>Service Life (Month)</i>	<i>Pavement Thickness (cm)</i>
0	0
4.5	7
16	10
45	12

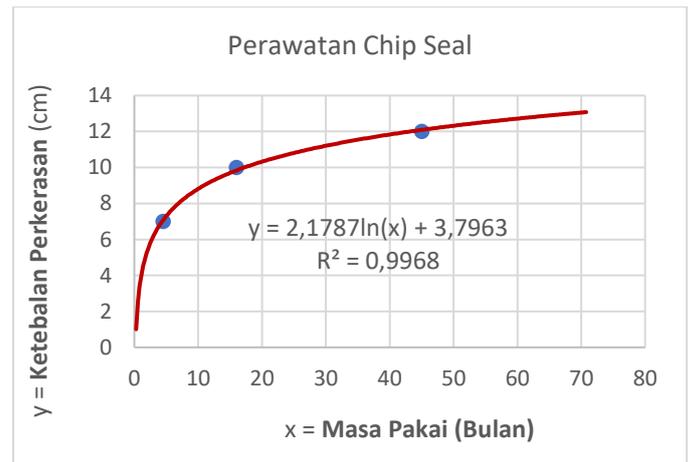
Tabel 7. Rekapitulasi Perhitungan Ketebalan Seal Vs Umur Pelayanan (bulan) - Laston

<i>Service Life (Month)</i>	<i>Pavement Thickness (cm)</i>
0	0
48	8
96	9
144	10

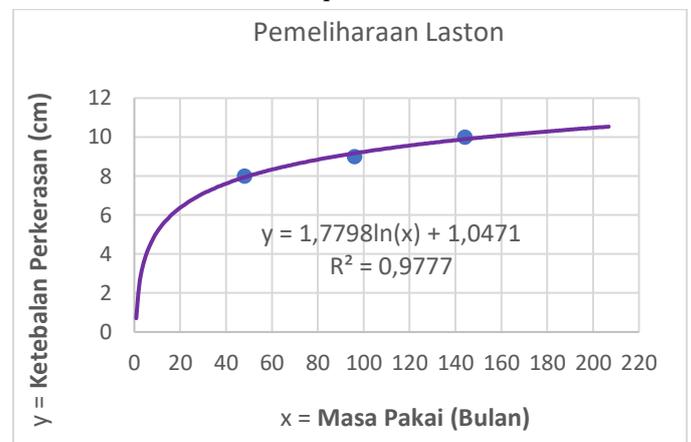
Sebagai pendekatan rumus empiris dalam melakukan perhitungan, dapat dilihat pada Tabel 8, dan Gambar 5 & 6 di bawah ini.

Tabel 8 Pendekatan Empiris untuk Perhitungan Pemeliharaan Chipseal dan Laston

<i>Umur Layanan (x) vs Ketebalan Perkerasan (y)</i>	<i>Pendekatan Empiris</i>	<i>R square value</i>
a. Chip Seal	$y = 2,1787\ln(x) + 3,7963$	0,9968
b. Laston	$y = 1,7798\ln(x) + 1,0471$	0,9777



Gambar 4. Ketebalan Perkerasan Vs Masa Pakai - Chip Seal



Gambar 5. Ketebalan Perkerasan Vs Umur Pelayanan - Laston

**8. SIMPULAN**

Berdasarkan hasil analisis tebal perkerasan terhadap umur pelayanan yang dikaitkan dengan pemeliharaan antara chip seal dan laston, keduanya menunjukkan tren yang sama yaitu pola regresi logaritmik. Laston memiliki umur pelayanan yang lebih lama dibandingkan dengan chip seal, sehingga pemeliharaan

Laston sebagai perkerasan jalan dapat menjadi pilihan. Persamaan Logaritmik merupakan bahasa komunikasi yang memudahkan dan cepat dalam menghitung probabilitas atau prediksi untuk menghitung pemeliharaan jalan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Setiawan, "Proyeksi Kinerja Tundaan Pada Bundaran Monumen Selamat," *Konstruksia*, vol. 13, no. 1, pp. 128–136, 2021, doi: <https://doi.org/10.24853/jk.13.1.128-136>.
- [2] H. K. Buwono, A. Setiawan, and O. Damarwulan, "Pemodelan Polinomial Kecepatan Kendaraan Ringan Pada Bundaran," *Agregat*, vol. 7, no. 1, pp. 642–648, 2022, doi: [10.30651/ag.v7i1.13297](https://doi.org/10.30651/ag.v7i1.13297).
- [3] K. Y. Devi, H. Akhmad, "Perbandingan Kinerja Laston AC-WC berdasarkan Spesifikasi Gradasi Agregat Yang Diizinkan," *J. Rekayasa Sipil dan Lingkungan*, vol. 2, no. 2, pp. 151–160, 2018.
- [4] F. Jalali and A. Vargas-Nordbeck, "Life-extending benefit of chip sealing for pavement preservation," *Transp. Res. Rec.*, vol. 2675, no. 6, pp. 104–116, 2021, doi: [10.1177/0361198121989721](https://doi.org/10.1177/0361198121989721).
- [5] S. Sukirman, *Beton Aspal Campuran Panas*, vol. 53, no. 9. 2016.
- [6] S. Goel, "Competency Focused Engineering Education with Reference to IT Related Disciplines: Is the Indian System Ready for Transformation?," *J. Inf. Technol. Educ. Res.*, vol. 5, no. September, pp. 027–052, 2006, doi: [10.28945/233](https://doi.org/10.28945/233).
- [7] Y. A.-A. David Prescott, Tharwat El-Sakran, Lutfi Albasha, Fadi Aloul, "Engineering Communication Interface: An Engineering Multi-disciplinary Project," *US-China Educ. Rev.*, vol. A, no. 7, pp. 936–945, 2011.
- [8] E. Pacuit and R. Parikh, "The logic of communication graphs," *Lect. Notes Comput. Sci. (including Subser. Lect. Notes Artif. Intell. Lect. Notes Bioinformatics)*, vol. 3476 LNAI, pp. 256–269, 2005, doi: [10.1007/11493402\\_15](https://doi.org/10.1007/11493402_15).
- [9] J. Burrill, M. Clifford, and J. M. Landwehr, *Modeling with Logarithms: data - driven mathematics*. 1999.
- [10] C. Feng *et al.*, "Log-transformation and its implications for data analysis," *Shanghai Arch. Psychiatry*, vol. 26, no. 2, pp. 105–109, 2014, doi: [10.3969/j.issn.1002-0829.2014.02](https://doi.org/10.3969/j.issn.1002-0829.2014.02).
- [11] S. Nuryati, "Analisis Tebal Lapis Perkerasan Dengan Metode Bina Marga 1987 Dan Aashto 1986," *Bentang*, vol. 3, no. 1, p. 262544, 2015.
- [12] Arnaldo Correia Exposto, E. Widodo, and A. K. Arifianto, "Perencanaan Lapisan Tebal Perkerasan Lentur Dan Rencana Anggaran Biaya Pada Pelebaran Jalan, Tibar – Gleno Ermera (Sta. 14 + 0,080 – Sta. 19 + 080) Timor - Leste," p. 3.
- [13] R. A. K. Djuhana, B. S. Subagio, and A. Kusumawati, "Evaluation of Structural Condition of Flexible Pavement Using The AASHTO 1993 and The MEPDG 2008 Method (Case Study: Cipatujah-Kalapagenep-Pangandaran National Road)," *J. Tek. Sipil*, vol. 28, no. 3, pp. 253–260, 2021, doi: [10.5614/jts.2021.28.3.2](https://doi.org/10.5614/jts.2021.28.3.2).
- [14] AASTHO, *AASHTO\_Guide\_for\_Design\_of\_Pavement\_Stru.pdf*. AASTHO, 1993.
- [15] A. Zhao and P. T. Foxworthy, "Technical Reference GRID-DE-6," *TENAX*, no. 410. TENAX, 1999.

