

Analisis Tebal Perkerasan Jalan dengan Metode AASHTO pada Kerusakan Ruas Jalan Cileungsi – Cinyongsong Udik Kabupaten Bogor

Muhammad Nanang Prayudyanto, Alimuddin, Ahmad Suhendra

Program Studi Teknik Sipil, Universitas Ibn Khaldun Bogor

E-mail: muhammadprayudyanto@gmail.com, alimuddin@uika-bogor.ac.id, endasuhendra73@gmail.com,

ABSTRAK

Pada umumnya konstruksi perkerasan yang biasa digunakan di Indonesia yaitu lapis perkerasan lentur dan perkerasan kaku. Lapis perkerasan kaku merupakan perkerasan yang menggunakan beton sebagai bahan pengikat yang terdiri dari lapisan-lapisan yang diletakkan diatas tanah dasar yang telah dipadatkan. Untuk mendesain suatu lapis perkerasan khususnya perkerasan lentur, terdapat berbagai macam metode seperti metode Bina Marga dan metode AASHTO. Penelitian ini bertujuan untuk menghitung hasil perencanaan tebal perkerasan kaku yang dihitung dengan metode AASHTO 1993. Penelitian ini dilakukan pada studi kasus jalan Cileungsi– Cinyongsong Kabupaten Bogor. Data sekunder berupa data lalu lintas tahun 2022 (survey lapangan), data curah hujan, data pertumbuhan lalu lintas dan gambar rencana jalan, sedangkan data primer berupa data CBR tanah dasar. Data yang diperoleh, dianalisa menggunakan Metode AASHTO 1993. Dari hasil analisa data diperoleh hasil untuk AASHTO diperoleh hasil dengan lapis permukaan sejenis lapis perkerasan kaku (*concrete slab*) setebal 17 cm, lapis beton kurus (*lean mix concrete*) setebal 15cm, dan lapis pondasi bawah berupa bahan butiran sirtu/pitrun agregat kelas A. Hasil tersebut merupakan penyesuaian dari kondisi yang ada saat ini di lapangan.

Kata kunci: Tebal Perkerasan, Metode AASHTO

ABSTRACT

In general, the pavement constructions commonly used in Indonesia are flexible pavement layers and rigid pavements. Rigid pavement layers are pavements that use concrete as a binder consisting of layers that are placed on top of the compacted subgrade. To design a pavement layer, especially flexible pavement, there are various methods such as the Bina Marga method and the AASHTO method. This study aims to calculate the design results of rigid pavement thickness calculated by the 1993 AASHTO method. This research was conducted on a case study of the Cileungsi - Cinyongsong road, Bogor Regency. Secondary data in the form of 2022 traffic data (field survey), rainfall data, traffic growth data and road plan drawings, while primary data is subgrade CBR data. The data obtained were analyzed using the 1993 AASHTO method. From the results of data analysis, the results for AASHTO obtained results with a surface layer similar to a 17 cm thick concrete slab, 5 cm thick lean mix concrete, and a sub-base layer in the form of grade A coarse aggregate. This result is an adjustment to the current conditions in the field.

Keywords: Rigid Pavement, AASHTO Method

Submitted:	Reviewed:	Revised:	Published:
14 Agst 2022	15 Des 2022	16 Jan 2023	06 Feb 2023

PENDAHULUAN

Jalan merupakan salah satu aspek penting dalam kehidupan manusia sehari – hari. Dengan adanya jalan, manusia dapat berpergian ke mana saja menuju tempat aktifitasnya. Kondisi jalan yang baik diperlukan untuk mendukung kelancaran manusia beraktifitas. Untuk mewujudkan kondisi tersebut diperlukan perencanaan konstruksi lapis perkerasan yang baik agar dapat meningkatkan kenyamanan dan keamanan manusia dalam berlalu lintas di atasnya. Salah satu konstruksi perkerasan yang biasa digunakan di Indonesia yaitu lapis perkerasan kaku. Lapis perkerasan kaku merupakan perkerasan yang menggunakan beton yang terdiri dari lapisan-lapisan yang diletakkan di atas tanah dasar yang telah dipadatkan. Lapisan

tersebut antara lain lapisan permukaan (*surface course*) lapisan pondasi atas (*base course*), lapisan pondasi bawah (*subbase course*), dan lapisan tanah dasar (*subgrade*). Fungsi lapisan tersebut yaitu untuk menerima beban lalu lintas dan menyebarkannya menuju lapisan yang ada dibawahnya. Untuk mendesain suatu lapis perkerasan khususnya perkerasan lentur, terdapat berbagai macam metode seperti metode AASHTO. Jalan Cileungsi – Cinyongsong Udik merupakan ruas Jalan di Kabupaten Bogor, pada saat ini mengalami kerusakan di beberapa titik jalan, di antaranya kerusakan jalan yang berlubang akibat tidak terpeliharanya lingkungan di sekitar seperti, posisi letak saluran drainase lebih tinggi dari permukaan jalan sehingga ketika musim hujan air

tidak tersalurkan ke saluran drainase dan manggenang di jalan yang berdampak kerusakan pada jalan tersebut, bukan hanya karena drainase kerusakan itu terjadi melainkan juga dikarenakan beban muatan kendaraan baik roda dua atau empat yang sering melawati jalan tersebut cukup padat. Seringnya penanganan dalam perbaikan kerusakan tersebut dan hasilnya tidak sampai bertahan lama, maka perlu adanya suatu penanganan peningkatan jalan yang tepat yang dapat mengatasi kerusakan-kerusakan pada ruas jalan tersebut sehingga jalan dapat bertahan lama. Dengan keadaan tersebut sebagai dasar pemilihan lokasi perencanaan, maka timbul suatu pola pemikiran untuk melakukan suatu analisis tebal perkerasan jalan dengan metode AASHTO terhadap kerusakan ruas jalan Cileungsi – Cinyosong Udik guna memperlihatkan metode yang digunakan dalam perencanaan tebal lapis perkerasan.

Desain perkerasan pada dasarnya adalah penentuan ketebalan bahan berlapis yang akan memberikan kekuatan dan perlindungan untuk tanah dasar yang lunak, perkerasan yang dirancang untuk menghindari kerusakan langsung pada tanah dasar. Para insinyur menggunakan pengalaman berdasarkan keberhasilan dan kegagalan dari pekerjaan sebelumnya, menjadi pengalaman dan mengembangkannya menjadi beberapa metode seperti metode perencanaan perkerasan berdasarkan kekuatan geser tanah dasar (Schwartz dkk., 2007).

Metode Bina Marga/Analisa Komponen (SNI 1732-1989-F)

Metode Analisa Komponen SNI 1732-1989-F merupakan metode yang bersumber dari AASHTO 1972 yang disesuaikan dengan kondisi jalan di Indonesia. Selain itu, metode ini juga merupakan penyempurnaan dari Pedoman Penentuan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya no. 01/PD/B/1983. Rumus dasar metode Analisa Komponen diambil dari AASHTO 1972 revisi 1981 dengan beberapa penyesuaian. Metode Analisa Komponen merupakan metode empirik yang dibuat berdasarkan penelitian terhadap jalan yang sudah ada. Faktor – faktor yang dipertimbangkan pada metode empirik juga sangat bervariasi.

Lintas Ekuivalen Rencana (LER)

Lintas ekuivalen rencana merupakan jumlah lintas ekuivalen yang akan melintasi jalan tersebut selama masa pelayanan, dari saat dibuka sampai akhir umur rencana. Tahapan-tahapan perhitungan nilai lintas ekuivalen rencana yang perlu dilakukan adalah dengan persamaan sebagai berikut:

1. Lalu lintas harian rata-rata (LHR_t) dihitung dengan persamaan:

$$LHR_t = LHR_0 \times (1 + i)^UR$$

2. Koefisien distribusi kendaraan besarnya koefisien distribusi kendaraan (C) didasarkan pada jenis kendaraan, jumlah arah dan jumlah lajur. Angka ekuivalen (E) beban sumbu kendaraan berat.
3. Angka ekuivalen untuk setiap kelompok sumbu juga dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$E = k \left(\frac{P_{sumbu}}{8160} \right)^4$$

Daya Dukung Tanah (DDT)

Rumusan untuk nilai DDT dapat dipergunakan pada persamaan Bina Marga sebagai berikut:

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

Indeks Permukaan (IP)

Indeks permukaan (IP) adalah suatu angka yang dipergunakan untuk menyatakan kerataan atau kehalusan serta kekokohan permukaan jalan yang berkaitan dengan tingkat pelayanan bagi lalu lintas yang melaluinya.

Faktor Regional (FR)

Faktor regional (FR) adalah faktor setempat, menyangkut keadaan lapangan dan iklim, yang dapat mempengaruhi keadaan pembebanan, daya dukung tanah dasar dan perkerasan.

Indeks Tebal Perkerasan (ITP)

Indeks tebal perkerasan (ITP) merupakan fungsi dari daya dukung tanah, faktor regional, lintas ekuivalen rencana, dan indeks permukaan. Nilai ITP diperoleh dengan menggunakan nomogram - nomogram yang disesuaikan dengan nilai IP_0 dan IP_t . Jika nilai ITP melebihi dari nilai nomogram yang tersedia yaitu 15, maka digunakan persamaan berikut:

$$\log Wt18 = 9,36 \log \left(\frac{ITP}{2,54} + 1 \right) - 0,20 + \frac{\log \left(\frac{IP_0 - IP_t}{4,2 - 1,5} \right)}{0,4 + \frac{ITP}{(2,54 + 1)^{5,19}}} + 0,372(DDT - 3) \quad (2-11)$$

dimana:

$$\log Wt18 = \log (LER \times 365 \times 10 \times FR)$$

Tebal Masing - Masing Lapis Perkerasan

Tebal lapis perkerasan ditentukan berdasarkan bahan yang dipakai dan nilai ITP hasil *ploting* pada nomogram. Untuk masing – masing lapisan, tebalnya memiliki standar minimum yang ditunjukkan sesuai dengan nilai ITP . Tebal lapis permukaan (ITP) ditentukandengan rumus:

$$ITP = a_1 D_1 + a_2 D_2 + a_3 D_3$$

Metode AASHTO 1993

Metode AASHTO termasuk metode empirik mekanistik merupakan perpaduan darimetode empirik dan mekanistik. Dengan metode ini faktor-faktor empiris diperhitungkan tetapi juga disesuaikan dengan persamaan dasar mekanistik. Pertumbuhan lalu lintas dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Growth Factor} = \frac{(1+g)^n - 1}{g}$$

Tingkat pelayanan dibagi menjadi dua yaitu tingkat pelayanan awal (p_0) dan tingkat pelayanan akhir (p_t). Tingkat pelayanan awal berdasarkan AASHTO diharuskan sama atau lebih dari 4,0. Nilai tingkat pelayanan awal (p_0) yang direkomendasikan oleh AASHTO Road Test adalah 4,2. Untuk menghitung ΔPSI dapat dihitung dengan persamaan:

$$\Delta PSI = p_0 - p_t$$

Standar Deviasi

Standar deviasi keseluruhan (S_0) adalah gabungan simpangan standar dari perkiraan lalu lintas dan pelayanan perkerasan. Besarnya nilai standar deviasi keseluruhan pada AASHTO ini tergantung jenis perkerasan dan variasi lalu lintas. Kisaran standar deviasi (S_0) yang disarankan untuk perkerasan lentur adalah 0,35-0,45. Untuk perkerasan lentur dengan mempertimbangkan variasi lalu – lintas digunakan standar deviasi keseluruhan (S_0) sebesar 0,45.

SN (Structural Number) Rencana

Persyaratan dasar yang perlu diperhatikan dalam perencanaan tebal lapis perkerasan lentur menggunakan metode AASHTO adalah jalan harus memiliki permukaan yang tetap, rata, kuat dapat memberikan keamanan dan kenyamanan bagi pengguna jalan dan bernilai ekonomis. Untuk memenuhi persyaratan tersebut AASHTO memberikan persamaan dasar berikut:

$$\log w_{18} = Z_R \times S_o \times 9,36 \log(SN + 1) - 0,20 + \frac{\log\left(\frac{\Delta PSI}{4,2-1,5}\right)}{0,40 + \frac{1,094}{(SN+1)^{5,19}}} + 2,32 \log\left(M_R\right) -$$

$$SN = a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3$$

Faktor ESAL

AASHTO menghitung angka ekivalen (E_x) sebagai perbandingan umur perkerasan akibat beban lalu lintas standar (18 kips) terhadap umur perkerasan akibat beban lalu lintas non standar (x kips), dan besarnya tergantung dari jenis sumbu, indeks pelayanan akhir (p_t), serta besarnya angka structural number (SN). Sebelum menghitung faktor ESAL, beban sumbu kendaraan diubah dari satuan ton ke dalam kipster lebih dahulu. Fungsi logaritma dari perbandingan antara kehilangan tingkat pelayanan dari p_0 sampai p_t dengan kehilangan tingkat pelayanan $p_0 = 4,2$ dan $p_t = 1,5$ dinyatakan sebagai nilai G . Untuk menentukan faktor ESAL, nilai G dihitung dengan persamaan:

$$G = \log\left(\frac{4,2-p_t}{4,2-1,5}\right)$$

Persamaan yang digunakan untuk menghitung nilai β_x untuk kendaraan golongan 2 dan 3 yang

memiliki berat sumbu depan 2,2046 kips (1 ton):

$$\beta_x = 0,4 + \left(\frac{0,081 \times (L_x + L_{2x})^{3,23}}{(SN+1)^{5,19} \times L_{2x}^{3,23}}\right)$$

Nilai W_x/W_{18} dapat dihitung setelah nilai G , β_{18} , dan β_x diketahui. Perhitungan W_x/W_{18} adalah sebagai berikut:

$$\frac{W_x}{W_{18}} = \left[\frac{L_{18} + L_{2s}}{L_x + L_{2x}}\right]^{4,79} \left[\frac{10^{G/\beta_x}}{10^{G/\beta_{18}}}\right] [L_{2x}]^{4,33} \quad (2-19)$$

Nilai faktor ESAL (LEF) dapat dihitung setelah W_x/W_{18} diketahui menggunakan persamaan:

$$LEF = \frac{1}{W_x/W_{18}}$$

Persamaan yang digunakan untuk menghitung total LEF:

$$\text{Total LEF} = \text{LEF}_{\text{Depan}} + \text{LEF}_{\text{Belakang}}$$

1. Lalu Lintas Rencana ESAL

Untuk menghitung lalu lintas rencana ESAL menggunakan persamaan:

$$\text{Lalu-lintas Rencana} = \text{LHR} \times \text{GF} \times 365$$

$$\text{Lalu-lintas Rencana ESAL} = \text{Lalu-lintas Rencana} \times \text{LEF}$$

Setelah menetapkan nilai faktor distribusi arah dan faktor distribusi lajur, untuk mendapatkan lalu lintas rencana kumulatif (W_{18}) dihitung dengan persamaan:

$$W_{18} = \text{DD} \times \text{DL} \times W_{18}$$

2. Reliabilitas

Reliabilitas adalah nilai probabilitas dari kemungkinan tingkat pelayanan yang dipandang dari sudut pemakai jalan. Dapat juga diartikan sebagai cara menggabungkan beberapa tingkat kepastian pada proses perencanaan untuk memastikan bahwa berbagai alternatif rencana akan bertahan pada periode analisa.

3. Modulus Resilent Tanah Dasar

Karakteristik mutu tanah dasar pada perencanaan perkerasan lentur ditentukan oleh nilai resilent modulus (MR). Resilent Modulus adalah nilai hubungan dinamis antara tegangan dan regangan yang mempunyai karakteristik nonlinier. Dengan menggunakan persamaan dari Heukelom and Klomp (1962) korelasi antara nilai CBR Corps of Engineer dan nilai resilent modulus (MR) dihitung seperti berikut: $MR (\text{psi}) = 1500 \times \text{CBR}$

4. Faktor Drainase

Sistem drainase jalan sangat mempengaruhi kinerja jalan, termasuk tingkat kecepatan pengeringan air yang jatuh atau terdapat pada struktur lapis keras bersama beban lalu lintas dan kondisi permukaan jalan.

METODE PENELITIAN

Persiapan

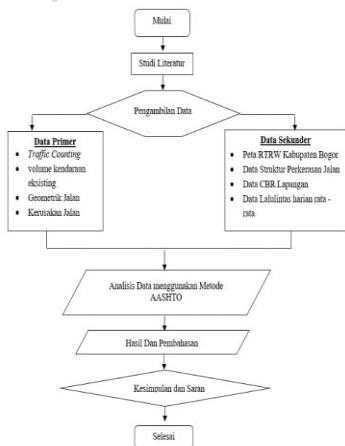
Studi ini mengambil lokasi pada jalan Cileungsi ruas jalan Cinyongsong Udik menuju Kabupaten Bekasi. Tahap persiapan merupakan langkah awal yang dilakukan untuk mendapat gambaran sementara mengenai lokasi yang akan dijadikan sebagai lokasi perencanaan, pengumpulan literatur dan referensi yang akan menjadi landasan teori. Dengan adanya tahap persiapan ini akan memberikan gambaran tentang langkah - langkah yang akan diambil selanjutnya.

Pengumpulan Data

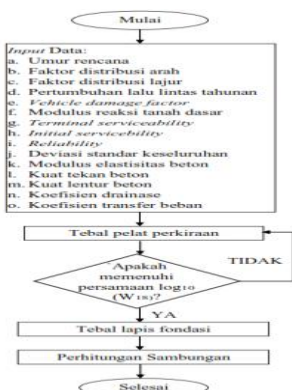
Adapun data – data yang dibutuhkan dalam perencanaan tebal perkerasan ini adalah data primer dan data sekunder. Langkah - langkah yang akan dilakukan untuk menganalisa tebal lapis dengan metode AASHTO adalah sebagai berikut:

1. Menentukan besarnya LER selama umur rencana,
2. Menentukan reliabilitas standar baku keseluruhan,
3. Menentukan Indeks Permukaan awal dan akhir,
4. Menentukan besarnya SN (Structural Number),
5. Menentukan jenis lapis perkerasan (digunakan lapis perkerasan beton fs 45 MPa), koefisien kekuatan relatif, dan koefisien drainase,
6. Menentukan tebal perkerasan.

Perencanaan ini dilakukan sesuai dengan bagan alir (flow chart) sebagai berikut:



Gambar 1. diagram alir



Gambar 2. diagram alir metode AASHTO 1993

Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di ruas jalan Cileungsi – Cinyongsong Kecamatan Cileungsi Kabupaten Bogor dengan menggunakan metode analisis survei. Waktu penelitian dilakukan pada bulan Juni 2022 pada hari kerja dan hari libur. Peta lokasi penelitian disajikan pada gambar.



Gambar 3. Lokasi Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi eksisting pada suatu ruas jalan sangat berpengaruh pada rencana peningkatan suatu ruas jalan tersebut, yang mana kondisi awal jalan harus diamati terlebih dahulu sebelum melangkah kesuatu tahapan-tahapan berikutnya. Situasi jalan Cileungsi - Cinyongsong terletak di Kecamatan Cileungsi, Kabupaten Bogor, merupakan jalan yang cukup padat akan aktifitas kegiatan lalu lintas kendaraan roda dua dan kendaraan roda empat di kawasan tersebut. Minimnya pendestrian dan saluran drainase yang buruk menambah buruknya penataan kondisi yang terdapat di Jalan Cileungsi - Cinyongsong. Jalan Cileungsi - Cinyongsong merupakan jalan kolektor dengan menggunakan perkerasan awal lentur (flexible pavement), saat ini jalan tersebut telah mengalami kerusakan di beberapa titik.



Sumber: Dokumen pribadi

Gambar 4. Kerusakan pada jalan Cileungsi - Cinyongsong 3+000–3+050

Salah satu visualisasi jenis kerusakan pada jalan Cileungsi - Cinyongsong diperlihatkan pada Gambar 4. Pada gambar tersebut diperlihatkan bahwa, pada STA 3+000–3+050 Terjadi kerusakan berlubang karena faktor limpasan air hujan akibat tidak normalnya atau tersumbatnya drainase dan

beban kendaraan yang melintas.

Data Lapangan

Analisa perhitungan untuk mendapatkan tebal perkerasan kaku dipergunakan metode AASHTO 1993, dapat diuraikan langkah-langkah sebagai berikut:

Tabel 1. Data hasil pengamatan jalan Cileungsi – Cinyongsong Udik

No	Parameter	Nilai
1	Panjang jalan	1000 meter
2	Lebar jalan	5 meter
3	Kelas jalan	Kolektor
4	Status lokasi jalan	Rural
5	Jumlah jalur	1
6	Jumlah lajur	2
7	Bahu jalan	Tidak ada

(Sumber: Hasil Pengamatan)

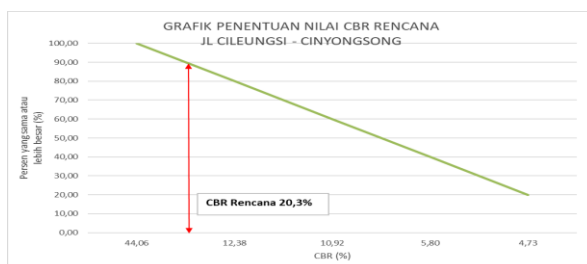
- Umur rencana *rigid pavement* umumnya diambil 20 tahun untuk konstruksi baru. Ditentukannya data perancangan pada jalan Cileungsi – Cinyongsong Udik Kabupaten Bogor dengan umur rencana selama 20 tahun.
- Pertumbuhan lalu lintas tahunan sesuai nilai dari Badan Pusat Statistik (BPS) kabupaten Bogor adalah 6%.
- Dilakukan survei lapangan lalu lintas harian rata-rata (LHR). Diperolehkan hasil rata-rata dari 3 hari yang berbeda dengan lamanya 4 jam setiap harinya. Berikut adalah hasil rekapitulasinya:

Tabel 2. Rekapitulasi hasil survei lalu lintas harian rata-rata (LHR)

Jenis Kendaraan	Jumlah rata-rata/hari
Sepeda Motor	1154
Mobil Penumpang	250
Pick Up / Combi	101
Bus / Bus Kecil	1
Truk 2 As / Truk Mikro	355
Angkutan Umum	11
Jumlah	1.872

(Sumber: Hasil survei)

Penentuan kekuatan tanah dasar dilihat dari nilai CBR (*California Bearing Ratio*), berdasarkan SNI 03-1744-1989 yang menrangkan bahwa yang umum digunakan di Indonesia sebesar 6%. Tetapi dari hasil pengujian CBR yang telah dilakukan diperoleh data CBR sebesar 20,3% seperti disajikan pada grafik dibawah ini.



Gambar 4. Data CBR Lapangan

Perhitungan tebal perkerasan rencana:

- Jenis Perkerasan : Kaku (Rigid)
- Umur Rencana : 20 tahun

- Pertumbuhan lalu lintas : 5.9 % pertahun
- Tipe jalan : Jalan Kolektor, 1 Lajur 2 Arah

Menghitung material perkerasan:

- Lapis permukaan : Beton semen (fs₄₅)
- Lapis pondasi atas : Beton Kuru (CBR = 90)
- Lapis pondasi bawah : 1. Agregat kelas A (CBR 60 %)
- Tipe jalan : Jalan Kolektor, 1 Lajur 2 Arah

Berikut adalah data lalu lintas Harian:

Tabel 3. Data jumlah kendaraan tahun 2022

Jenis Kendaraan	Jumlah Rata-rata/hari
Sepeda Motor	1154
Mobil Penumpang	250
Pick up / combi	101
Bus	1
Truk 2 sumbu/mikro	355
Angkutan Umum	11
Jumlah	1852

(Sumber: Hasil survei)

Perencanaan Perkerasan Metode AASHTO 1993

Perkerasan kaku jalan pada perencanaan ini menggunakan metode AASHTO 1993. Perhitungan Lalu Lintas Harian Rata-Rata (LHR) sesuai dengan pertumbuhan lalu lintas yang ada pada jumlah lalu-lintas biasa dihitung di tahun awal dibuka untuk lalu-lintas (2022) dan lalu lintas pada umur rencana 20 tahun (2042).

- Perhitungan lalu lintas kendaraan awal dibuka untuk lalu lintas (2022), dengan rumus:

$$P_n = (1 + i)$$

Keterangan:

P_n = LHR awal dibuka yaitu pada tahun 2022

(i) = Pertumbuhan Rata-rata Lalu Lintas

n = Tahun ke n

Untuk perhitungan tiap kendaraan dapat dilihat pada Tabel 4 perhitungan LHR awal dan umur rencana

- Perhitungan lalu lintas pada Umur Rencana konstruksi 20 tahun (2042),

dengan rumus:

$$P_n = (1 + i)$$

P_n : LHR umur rencana (20 tahun) yaitu pada tahun 2042

P_0 : LHR pada awal dibuka tahun 2022

i : Pertumbuhan Rata-rata Lalu Lintas

n : Umur masa konstruksi selama dua puluh tahun

Contoh Perhitungan Untuk Truk Gandengan:

$$LHR_{2042} = LHR_{2022} (1 + 4,3\%)^{20}$$

$$LHR_{2042} = 72 (1 + 9,6\%)^{20}$$

$LHR_{2042} = 450$

Untuk perhitungan LHR pada umur rencana 20 tahun (2042) dapat dilihat pada tabel berikut

Tabel 4. perhitungan LHR awal dan umur rencana (2 arah)

Tipe Kendaraan	Faktor Pertumbuhan (i)	(LHR) Tahun 2022 Pn	(LHR) Umur Rencana 2042 Po
1	2	3	4
Sepeda Motor	5.9%	1.154	3.632
Mobil Penumpang (Sedan, Jep)	5.9%	250	787
Angkot, Combi, Pickup	5.9%	112	352
Bus Kecil	5.9%	1	3
Truk 2 Sumbu (4 Roda)	5.9%	355	1.117

(Sumber: Faktor Pertumbuhan BPS 2022 Kabupaten Bogor) Perhitungan LHR pada awal tahun dibuka dari umur rencana 20 tahun

Contoh Perhitungan Kolom 3: Tahun Lalu Lintas dibuka tahun 2022 dengan rumus

$Pn = (1 + i)$

Untuk Mobil Penumpang:

$LHR_{2022} = LHR_{2022} (1 + 5,9\%)^{20}$

$LHR_{2022} = 250 (1 + 5,9\%)^{20}$

$LHR_{2022} = 787$

Vehicle Damage Factor (VDF)

Perhitungan pada tahap awal ini, akan mendistribusikan beban roda setiap jenis kendaraan. Untuk jenis kendaraan yang dihitung pada perencanaan perkerasan kaku hanya kendaraan yang memiliki berat total minimum sebesar 5000 kg (lima ton) sehingga dapat dihitung angka ekivalensi beban sumbu kendaraan dihitung berdasarkan rumus VDF pada buku manual perkerasan, bina marga tahun 1983.

1. Angka Ekivalen Sumbu Tunggal Roda Tunggal

$STRT = \left(\frac{p}{5,4}\right)^4$

2. Angka Ekivalen Sumbu Tunggal Roda Ganda pada sumbu belakang.

$STRG = \left(\frac{p}{8,16}\right)^4$

3. Angka Ekivalen Sumbu Tunggal Roda Ganda pada sumbu belakang.

$SDRG = \left(\frac{p}{13,76}\right)^4$

4. Angka Ekivalen Sumbu Tripel Roda Ganda pada sumbu belakang.

$STrRG = \left(\frac{p}{18,45}\right)^4$

Dimana:

P = Beban sumbu kendaraan (Ton) mengacu pada buku manual perkerasan bina marga 1983 Tabel 2.1 diperoleh konfigurasi sumbu beban kendaraan tiap roda seperti pada **Tabel 5.**

Tabel 5. Konfigurasi Beban Sumbu

Tipe Kendaraan	Berat Kosong (Kg)	Berat Total Maksimum (Kg)	Konfigurasi Sumbu	Prosentase Beban Sumbu dengan Muatan Maksimum			Total
				Depan	Belakang		
				1	2	3	
Sedan, Jep	1.500	2.000	1.1	50%	50%	-	100%
Angkot, Combi	1.500	2.500	1.1	50%	50%	-	100%
Pickup	1.500	3.000	1.1	50%	50%	-	100%
Bus Kecil	2.000	6.000	1.2	34%	66%	-	100%
Bus Besar	3.000	9.000		34%	66%	-	100%
Truk 2 Sumbu (4 Roda)	2.300	8.300	1.1 L	34%	66%	-	100%
Truk 2 Sumbu (6 Roda)	4.200	18.200	1.2 H	34%	66%	-	100%
Truk Besar 3 Sumbu (10 Roda)	5.000	25.000	1.2.2	25%	75%	-	100%
Truk Gandengan	6.400	31.400	1.2+2.2	18%	28%	27%	100%
Truk Trailer 4sb : 1.2-2	6.200	26.200	1.2+2	18%	41%	41%	100%

(Sumber: Buku manual perkerasan Bina Marga 1983)

Perhitungan desain lalu lintas (Equivalent Single Axle Load)

Untuk menghitung ESAL tiap jenis kendaraan digunakan rumus umum desain lalu lintas, Contoh perhitungan untuk jenis kendaraan mobil penumpang adalah sebagai berikut:

$W_{18} = \sum_{N_1}^{N_n} LHR_j \times VDF_j \times D_A \times D_L \times 365$

$W_{18} = 787 \times 0,0024 \times 0,6 \times 100\% \times 365 = 405$

Untuk perhitungan jenis kendaraan yang lain dapat dilihat pada **Tabel 6.**

Tabel 6. Perhitungan Equivalent Single Axle Load (ESAL) Tiap Kendaraan

Tipe Kendaraan	Umur Rencana	Faktor Pertumbuhan	(LHR) Tahun 2022	(LHR) Umur Rencana 2022	Faktor Distribusi Arah	Faktor Distribusi Lajur	Hari Dalam Satu Tahun	VDF	W18	CSH ESAL
	(Tahun)	(i)	Pn	Po	(DA)	(DL)	8	9	10	11
Sedan, Jep		5.90%	250	787	0.60	100%	365	0.0024	405	405
Angkot, Combi		5.9%	62	195	0.60	100%	365	0.0057	245	651
Pickup		5.9%	50	157	0.60	100%	365	0.0119	410	1.061
Bus Kecil		-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bus Besar	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Truk 2 Sumbu (4 Roda)		5.9%	355	1.117	0.60	100%	365	0.2174	53.196	54.257
Truk 2 Sumbu (6 Roda)		-	-	-	-	-	-	-	-	-
Truk Besar 3 Sumbu (10 Roda)		-	-	-	-	-	-	-	-	-
Truk Gandengan		-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total									54.257	56.374
Log10										4.734

Sumber: Perhitungan ESAL

Contoh 11: Equivalent Single Axle Load (ESAL) dengan rumus:

$W_{18} = \sum_{N_1}^{N_n} LHR_j \times VDF_j \times D_A \times D_L \times 365$

Keterangan:

W_{18} : Traffic design pada lajur lalu lintas ESAL.

LHR_j : Jumlah lalu - lintas harian rata - rata untuk jenis kendaraan j.

VDF_j : Vehicle Damage Factor untuk jenis kendaraan j.

D_A : Faktor distribusi arah.

D_L : Faktor distribusi lajur.

N_1 : Lalu-lintas pada tahun pertama jalan dibuka.

N_n : Lalu-lintas pada akhir umur

rencana.

$$\text{Cumulatif ESAL} = 405,00 + 245 = 651$$

Perhitungan Tebal Pelat Beton

Penentuan *Realiability* (R) dan *Standard normal deviate* (ZR)

Tabel 7. *Realiability* (R)

Jalan	Urban	Rural
Jalan Tol	85-99,9	85-99,9
Arteri	80-99	75-95
Kolektor	80-95	75-95
Lokal	50-80	50-80

Sumber: AASTHO1993

Tabel 8. Standar Normal Deviate

R%	ZR	R%	ZR
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: AASTHO1993

Dan *Initial Service ability* untuk *rigid pavement*: (Po) = 4,5 (AASHTO,1993). Penetapan parameter *Service ability* menurut AASHTO, 1993:

1. *Initial Service ability*: 4,5
2. *Terminal Service ability index* jalur utama (*major high ways*): 2,5
3. *Total Loss of Service ability* $\Delta PSI = Po - Pt$ (4,5- 2,5 =2; $\Delta PSI=2$)

Dari tabel di atas tersebut diperoleh batasan nilai *Realiability* (R) yaitu 80- 95. Untuk selanjutnya ditetapkan nilai R = 90%. Dengan nilai R = 90%, diperolehkan besar ZR yaitu sebesar -1,282. Standar deviasi untuk *rigid pavement*: So = 0,30 - 0,40 (AASHTO,1993), untuk Standar deviasi ditetapkan sebesar 0,40.

Serviceability Terminal Service ability index (Pt) mengacu pada Tabel 9.

Tabel 9. *Terminal Service ability index* (Pt)

Presentasi Publik	
TidakMenerima	Pt
12	3,0
55	2,5
85	2,0

Sumber: AASTHO1993

Menentukan Modulus Reaksi Tanah Dasar

Modulus reaksi tanah dasar (k) dapat dihitung menggunakan formula dan grafik penentuan modulus reaksi tanah dasar berdasar ketentuan

CBR tanah dasar.

$$MR=1500 \times CBR$$

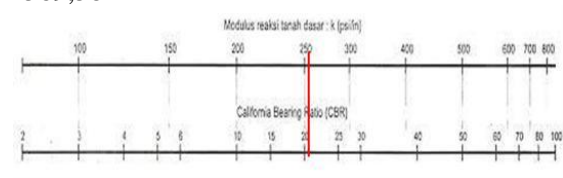
$$=1500 \times 20,3$$

$$=30450$$

$$K = \frac{MR}{19,4}$$

$$= 30450/19,4$$

$$=1569,58$$



Gambar 5. Modulus reaksi tanah

Menentukan Modulus Elastisitas Beton

Modulus elastisitas beton dihitung menggunakan rumus:

$$Ec = 57000 \sqrt{fc'}$$

Pada perencanaan ini digunakan Beton K 350, mengacu pada Tabel 10 diperoleh kuat tekan karakteristik sebagai berikut:

Tabel 10. Ketentuan Kuat Tekan Beton.

Mutu Beton		Kuat Tekan Karakteristik (kg/cm ²)	
fc' (Mpa)	σ' bk (kg/cm ²)	Benda Uji Silinder 150mm - 300mm	Benda Uji Kubus 150x150x150mm
50	K600	500	600
45	K500	450	500
40	K450	400	450
35	K400	350	400
30	K350	300	350
25	K300	250	300
20	K250	200	250
15	K175	150	175
10	K125	100	125

Sumber : Spesifikasi Umum 2010 (revisi 3)

dengan kuat tekan karakteristik menggunakan benda uji Silinder (150mm - 300mm) diperoleh kuat tekan beton sebesar 300 kg/cm²(Berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga, 2010 Revisi3)

$$1\text{kg/cm}^2 = 14,22 \text{ psi}$$

$$fc'=300 \text{ kg/cm}^2 = 4266 \text{ psi}$$

$$Ec = 57000 \sqrt{4266}$$

$$Ec = 3722933,521 \text{ psi}$$

$$\text{Dibulatkan } Ec = 3722933,521 \text{ psi}$$

$$= 261809,6709 \text{ kg/cm}^2, \text{ dibulatkan } 261900 \text{ kg/cm}^2$$

Load Transfer Coefficient (J) mengacu pada Tabel 11.

Tabel 11. *Load Transfer Coefficient*

PenyaluranBeban Jenis Perkerasan	Ya		Tidak	
	Ya	Tidak	Ya	Tidak
Beton bersambungtak bertulangan bertulang	3,2	3,8 -4,4	2,5 -3,1	3,6 -4,2
CRCP	2,9 -3,2	N/A	2,3 -2,9	N/A

Menentukan Koefisien Drainase

1. Penetapan Variable prosen perkerasan terkena

air prosen struktur perkerasan dalam 1 tahun terkena air dilakukan pendekatan dengan persamaan sebagai berikut:

$$P_{heff} = \frac{T_{jam}}{24} \times \frac{T_{hari}}{365} \times W_L \times 100$$

Diasumsikan:

$$T_{jam} = 3 \text{ jam/hari}$$

$$T_{hari} = 40 \% \times 365 \text{ hari} = 146 \text{ hari hujan pertahun}$$

$$W_L = 17,5\%$$

Dengan asumsi tersebut di atas maka diperolehkan

P_{heff} :

$$P_{heff} = \frac{3}{24} \times \frac{146}{365} \times 0,175 \times 100\%$$

$$P_{heff} = 0,88 \% < 1\%$$

2. Penentuan faktor drainase

Tabel 12. Faktor Drainase

Quality of drainage	Water removed within
Exxelent	2 jam
Good	1 hari
Fair	1 minggu
Poor	1 bulan
Very poor	Air tidak terbebaskan

Sumber : AASTHO 1993

Berdasarkan Tabel 12 di atas, drainase direncanakan dengan kualitas baik (*Good*),

3. Setelah diketahui prosentase perkerasan terkena air maka dapat ditentukan koefisien drainase menggunakan tabel 13.

Tabel 13. Tingkat jenuh air pada struktur perkerasan

Quality of drainage	percent of time pavement structure is exposed to moisture levels approaching saturation			
	< 1%	1 - 5%	5 - 25%	> 25%
Exxelent	1,25 - 1,20	1,20 - 1,15	1,15 - 1,10	1,10
Good	1,20 - 1,15	1,15 - 1,10	1,10 - 1,00	1,00
Fair	1,15 - 1,10	1,10 - 1,00	1,00 - 0,90	0,90
Poor	1,10 - 1,00	1,00 - 0,90	0,90 - 0,80	0,80
Very poor	1,00 - 0,90	0,90 - 0,80	0,80 - 0,70	0,70

Sumber : AASTHO 1993

Persamaan Penentuan Tebal Pelat (D)

Untuk menghitung tebal perkerasan kakudigunakan persamaan:

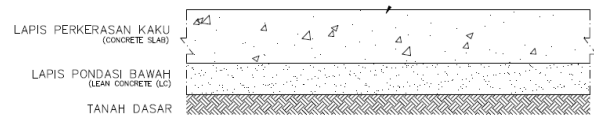
$$\log_{10} W_{18} = Z_R \cdot S_o + 7,35 \log_{10}(D + 1) - 0,06 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4,5 - 1,5} \right]}{1 + \frac{1,624 \times 10^7}{(D + 1)^{8,46}}}$$

$$+ (4,22 - 0,32 \cdot p_i) \times \log_{10} \frac{S'_c \cdot C_d \times [D^{0,75} - 1,132]}{215,63 \times J \times \left[D^{0,75} - \frac{18,42}{(E_c : k)^{0,25}} \right]}$$

Untuk tebal perkerasan digunakan cara coba-coba sampai ruas kanan menghasilkan nilai yang lebih besar atau sama dengan ruas kiri. Dicoba

menggunakan tebal 6,6926 inch (17 cm), dimasukkan pada persamaan sehingga dihasilkan, 6,7344 = (-0,5128) + (6,3990) - 0,06 + (-0,0888) + (3,42) x (0,7359) 6,7344 = 6,7387

Dengan tebal perkerasan rencana yang dicoba, ruas sebelah kanan sama dengan ruas kiri sehingga tebal perkerasan bisa digunakan yaitu dengan tebal 6,1318 inch (15,575 cm). Lapis perkerasan diperlihatkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Lapisan Tebal Perkerasan Kaku

Perhitungan Tulangan Sambungan

Perhitungan Batang Pengikat (Tie Bar)

- 1 Lebar jalan per lajur 5 meter (16,3934 feet) dengan pembulatan maka diperoleh lebar lajur 17 feet.
- 2 Tebal perkerasan kaku hasil perhitungan 17 cm (6,6929 in) untuk menghitung sambungan dibulatkan menjadi 7 inci agar memudahkan penentuan sambungan dan dapat menutupi kelebihan 0,1318 inci jika harus menggunakan tebal perkerasan 6 inci.
- 3 Mengacu pada AASTHO 1993 pada Tabel 2.11 diperolehkan Batang Pengikat (*Tie Bar*) seperti pada Tabel 14.

Tabel 14. Tabel Penentuan Batang Pengikat (*Tie Bar*)

Jenis dan mutu baja	Tegan gan kerja (psi)	Tebal Perkerasan (in)	Panja ng (in)	Diameter batang ½ in Jarak maximum (in)			Diameter batang ¾ in Jarak maximum (in)			
				Lebar lajur 10 ft	Lebar lajur 11 ft	Lebar lajur 12 ft	Panjang (in)	Lebar lajur 10 ft	Lebar lajur 11 ft	Lebar lajur 12 ft
Grade 40	30.000	6	25	48	48	48	30	48	48	48
		7	25	48	48	48	30	48	48	48
		8	25	48	44	40	30	48	48	48
		9	25	48	40	38	30	48	48	48
		10	25	48	38	32	30	48	48	48
		11	25	35	32	29	30	48	48	48
12	25	32	29	26	30	48	48	48		

Sumber : AASTHO 1993

Sehingga dengan tebal perkerasan 7 inci dan lebar lajur 12 feet digunakan Tie Bar dengan panjang 25 inci, diameter batang ½ inci dengan jarak maksimum antar tulangan Tie Bar sebesar 48 inci.

Perhitungan Ruji (Dowel)

Perhitungan *dowel* dapat ditentukan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$d = D/8$$

d = diameter dowel/ ruji

D = Tebal pelat beton

$$d = 6,6929/8$$

$$d = 0,8366 \text{ inci} \Rightarrow \text{dibulatkan menjadi } 0,8 \text{ inci}$$

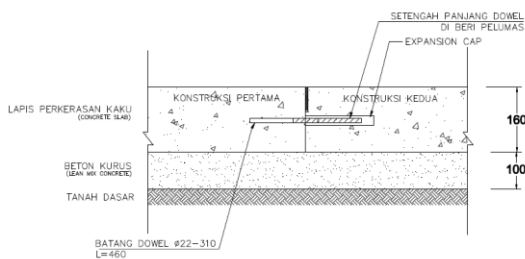
Atau bisa menggunakan tabel yang mengacu pada AASTHO 1993 yang ada pada Tabel 15 seperti berikut:

Tabel 15. Tabel penentuan jarak dowel

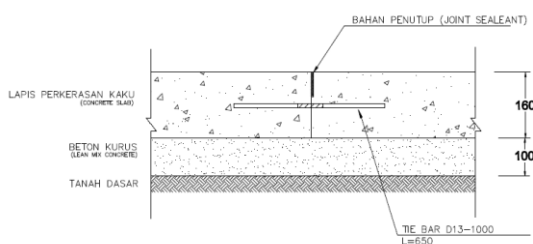
Tebal Perkerasan (in)	Diameter Dowel (in)	Panjang Dowel (in)	Jarak Dowel (in)
6	¾	18	12
7	1	18	12
8	1	18	12
9	1 ¼	18	12
10	1 ¼	18	12
11	1 ¼	18	12
12	1 ¼	18	12

Sumber : AASTHO 1993

Sehingga dengan tebal perkerasan kaku 7 inci, diperoleh diameter dowel 1 (satu) inci, panjang dowel 18 inci, dengan jarak antar dowel 12 inci. Pada Gambar 5.3 dan Gambar 5.4 menunjukkan pemasangan tulangan Dowel dan Tie Bar.



Gambar 7. Pemasangan Tulangan Dowel D22



Gambar 8. Pemasangan Tulangan Tie Bar D13

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian maka dapat diperoleh kesimpulan bahwa kerusakan yang terjadi pada ruas jalan Cileungsi – Cinyongsong Udik dapat ditingkatkan dengan perkerasan kaku (*rigid pavement*) dengan tebal perkerasan bersambung dengan tulangan menggunakan metode AASTHO 1993 sebesar 17,00 cm (6,69 in) dan lebar lajur 12 feet digunakan Tie Bar dengan panjang 25 inci, diameter batang ½ inci dengan jarak maksimum antar tulangan Tie Bar sebesar 48 inci dan diperoleh diameter dowel 1 (satu) inci, panjang dowel 18 inci, dengan jarak antar dowel 12 inci.

SARAN

Berdasarkan hasil penelitian maka saran yang dapat diterapkan pada penelitian selanjutnya yaitu untuk menganalisis perencanaan drainase pada perkerasan jalan yang ditingkatkan, agar tidak terjadi genangan air saat musim hujan.

DAFTAR PUSTAKA

- AASHTO (1993). *AASHTO guides for design of Pavement Structure*. American Association of State Highway and Transportation.
- Afrijal. A. (2010). *Kajian Metoda Perencanaan Pelapisan Ulang Campuran Beraspal (AC) di Atas Perkerasan Beton*. Tugas Akhir, Universitas Sumatera Utara.
- Ardiansyah, R., & Sudiby, T. (2020). Analisis Perencanaan Tebal Perkerasan Kaku Lajur Pengganti pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Jakarta-Cikampek II Elevated. *J-Sil (Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan)*, 5(1), 17-30.
- Arthono, A., & Permana, V. A. (2022). Perencanaan Perkerasan Lentur Jalan Raya Menggunakan Metode Analisa Komponen SNI 1732-1989-F Ruas Jalan Raya Mulya Sari Kecamatan Pamanukan Sampai Kecamatan Binong Kabupaten Subang Propinsi Jawa Barat. *Jurnal Komposit*, 6(1), 41-51.
- Awaludin, M. M., Lutfi, M., & Rulhendri, R. (2019). Studi Pengembangan Jalan Rigid Pavement, di Jalan Kumbang Kecamatan Bogor Tengah, Kota Bogor. *Jurnal Komposit: Jurnal Ilmu-ilmu Teknik Sipil*, 3(2), 71-79
- Baharudin, S. & Rulhendri, R. (2020). Perencanaan Geometrik jalan dan Tebal Perkerasan Lentur Pada Ruas Jalan Garendong – Janala. *Astonjadro: CEAESJ*, 4(1), 29-35.
- Budiawan, T., Lutfi, M., & Rulhendri, R. (2021). Studi Pengembangan Jalan Rigid Pavement, pada Ruas Jalan Arzimar, Kota Bogor. *Jurnal Komposit*, 5(1), 39-45.
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Bogor. (2020). *Kabupaten Bogor dalam angka*.
- Fakhruriza, M. P. (2016). Perencanaan Tebal Lapis Perkerasan Kaku Dengan Metode Bina Marga 2003 dan Metode AASTHO 1993 (Studi Kasus: Jalan Akses Tol Cilegon Barat). *Simposium XIX FSTPT*, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Fitriana, R. (2014). *Studi Komparasi Perencanaan Tebal Perkerasan Kaku Jalan Tol Menggunakan Metode Bina Marga 2002 dan AASTHO 1993 (Studi Kasus: Ruas Jalan Tol Solo-Kertosono)* (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Surakarta).
- Hidayatulloh, C., & Ariostar, A. (2022). Perencanaan Geometrik dan Perkerasan Lentur Jalan Raya (Studi Kasus: Ruas Jalan Tarutung-Bts. Kabupaten Tapanuli Selatan). *Jurnal Komposit: Jurnal Ilmu-ilmu Teknik Sipil*, 5(2), 75-85.
- MKJI (1997) Manual Kapasitas Jalan Indonesia.

- 1997th edn. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum.
- Mubarak, M., Rulhendri, R., Syaiful. S. (2020) Perencanaan peningkatan perkerasan jalan beton pada ruas jalan Babakan Tengah Kabupaten Bogor. *Astonjadro: CEASEJ*, 9 (1), 1-13.
- Muharam, R. (2019). Perencanaan Tebal Perkerasan Kaku pada Ruas Jalan Kapten Dasuki Bakri. *Astonjadro: CEASEJ*, 8(2), 57-69.
- Nurdiansyah, dkk. (2016). Perencanaan Perkerasan dan Peningkatan Geometrik Jalan. *Astonjadro: CEASEJ*, 5 (1), 1-10.
- Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya (*Standard Specifications for Geometric Design of Rural Highways*), Direktorat Jenderal Bina Marga, Dapertemen Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat No. 13/1970.
- Pradana, F.M. (2016). *Perencanaan Tebal Lapis Perkerasan Kaku Dengan Metode Bina Marga 2003 dan Metode AASHTO 1993 (Studi Kasus: Jalan Akses Tol Cilegon Barat)*. Simposium XIX FSTPT, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Prayudyanto, M. N., Goeritno, A., Al Ikhsan, S. H., & Taqwa, F. M. L. (2022). Designing a model of the early warning system on the road curvature to prevent the traffic accidents. *International Journal of Safety and Security Engineering*, 12(3), 291-298.
- Pd T-14-2003 (2003). *Perencanaan Perkerasan Jalan beton Semen*. Department Permukiman dan Prasana Wilayah
- SKBI: 2.3.28.1998. (1998). *Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan*. Bina Marga Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Kabupaten Bogor.
- Sukirman, S. (1994). *Dasar – Dasar Perencanaan Geometrik Jalan*, Bandung: Nova.
- Tanda, P. R., & Ariostar, A. (2021, November). Perancangan Geometrik dan Perkerasan Ruas Jalan Cibugel-Garela. In *Seminar Nasional Ketekniksipilan, Infrastruktur dan Industri Jasa Konstruksi (KIIJK)* (Vol. 1, No. 1, pp. 119-126).
- Tanjung, F. S. (2021). *Evaluasi Tingkat Kerusakan Jalan Sebagai Dasar Penentuan Perbaikan Jalan Kabupaten Silau Laut - Silobonto* (Doctoral dissertation).
- Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, Dapertemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jenderal Bina Marga, Jalan – No. 038/T/BM/1997. September 1997.
- Zohri, S., Sutrisno, W., & Priyanto, A. (2019). Analisis Tebal Perkerasan Kaku Pada Jalan Tol Pasuruan - Probolinggo Berdasarkan Metode Bina Marga (Manual Desain Perkerasan 2017) dan AASHTO (1993). *Renovasi: Rekayasa dan Inovasi Teknik Sipil*, 4(1), 33-41.