

Evaluasi Ketebalan Perkerasan Lentur dengan Metode Desain Manual 2017 pada Proyek Peningkatan Jalan Provinsi Simpang Durian Mulo – Namo Ukur, Langkat

Daniel Gultom^{1,*}, Yudha Hanova¹

¹Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Komputer, Universitas Harapan Medan, Medan, Indonesia 20216

*penulis koresponden: danielgultom1507@gmail.com

Diterima: 15 September 2023; Disetujui: 17 November 2023

Abstrak

Ruas jalan Simpang Durian Mulo–Namo Ukur Kabupaten Langkat, Provinsi Sumatera Utara adalah salah satu ruas jalan lintas provinsi dengan status jalan kolektor primer kelas III. Ruas jalan ini banyak dilalui oleh kendaraan berat yang melebihi kapasitas maksimum rencana, hal tersebut mengakibatkan kerusakan berat pada ruas jalan. Peningkatan kendaraan bermuatan berat yang melintas di ruas jalan Simpang Durian Mulo–Namo Ukur Kabupaten Langkat dalam beberapa dekade terakhir telah menimbulkan kerusakan struktur pada ruas jalan tersebut. Desain infrastruktur jalan dianalisis memakai metode Manual Desain Perkerasan Jalan Tahun 2017. Langkah pertama adalah mengumpulkan data lalu lintas, termasuk volume lalu lintas harian rata-rata. Langkah kedua adalah pengumpulan data geoteknik, seperti data *California Bearing Ratio* (CBR), dan data *Sandcone test*. Kemudian langkah terakhir adalah perencanaan detail konstruksi perkerasan jalan termasuk spesifikasi material, dan ketebalan lapisan. Hasil analisa diperoleh bahwa konstruksi desain yang dibangun terdiri dari empat lapis perkerasan yaitu, lapisan permukaan (AC-WC, AC-BC) setebal 10 cm, lapisan fondasi kelas A setebal 40 cm, dan urugan pilihan setebal 10 cm, dengan total ketebalan sebesar 60 cm. Pelaksanaan di lapangan didapat ketebalan 56,5 cm sehingga diperoleh perbedaan ketebalan sebesar 3,5 cm. Perbedaan ketebalan terjadi akibat cuaca yang kurang bagus pada saat pekerjaan pemadatan, sehingga terjadi penurunan ketebalan pada lapisan.

Kata Kunci: Geoteknik, Lalu Lintas Harian Rata-Rata (LHR), Jalan Kelas III B

Abstract

The Simpang Durian Mulo–Namo Ukur road section, Langkat Regency, North Sumatra Province is one of the cross-provincial road sections which has class III primary collector road status. This section of road is heavily trafficked by heavy vehicles that exceed the maximum planned capacity, this results in serious damage to this section of road. The increase in heavily laden vehicles plying the Simpang Durian Mulo–Namo Ukur road in Langkat Regency in the last few decades has caused structural damage to this section of road. Road infrastructure design was analyzed using the 2017 Road Pavement Design Manual method. The first step was to collect traffic data, including average daily traffic volume. The second step is collecting geotechnical data such as CBR (California Bearing Ratio) data and Sandcone Test data. Then the final step is detailed planning of road pavement construction including material specifications and layer thickness. The analysis results show that the construction design consists of four layers of pavement, namely, a surface layer (AC-WC, AC-BC) 10 cm thick, a class A foundation layer 40 cm thick, and selected embankments 10 cm thick, with a total thickness of 60 cm. Implementation in the field obtained a thickness of 56.5 cm so that a thickness difference of 3.5 cm was obtained. This difference in thickness occurred due to bad weather during compaction work, resulting in a reduced layer thickness.

Keywords: Geotechnical, Average Daily Traffic (ADT), Road Class III B

1. Pendahuluan

Jalan merupakan fasilitas transportasi yang paling sering digunakan oleh sebagian besar masyarakat, sehingga

mempengaruhi aktifitas kegiatan sehari-hari masyarakat secara umum. Jalan sebagai prasarana transportasi darat harus mampu memberikan pelayanan semaksimal mungkin kepada masyarakat

sehingga masyarakat dapat menggunakannya untuk melakukan aktivitas kegiatan sehari-hari. Ruas jalan Simpang Durian Mulo – Namo Ukur adalah termasuk jalan lintas provinsi yang terletak di Kabupaten Langkat. Ruas jalan ini merupakan penghubung antar kota dan daerah yang membantu kegiatan mobilitas penduduk setiap harinya, sehingga dibutuhkan infrastruktur yang memadai agar membantu memajukan daerah tersebut. Ruas jalan ini sudah mengalami kerusakan, sehingga dilakukan *overlay* terhadap ruas jalan ini sepanjang 1,1 km dengan lebar 4,5 m.

Kerusakan jalan yang terjadi di berbagai daerah saat ini merupakan permasalahan yang begitu kompleks bagi para pengguna jalan seperti waktu tempuh yang lama, terjadinya kemacetan lalu lintas, dan kecelakaan lalu lintas sehingga mengalami kerugian waktu maupun tenaga (Akbar & Wesli, 2016; Hangge dkk., 2022; Rifqi & Fitriani, 2020). Peningkatan arus kendaraan yang lewat ruas jalan mampu memberi pengaruh terhadap daya dukung tanah sebagai lapisan dasar jalan. Daya dukung tanah sangat berperan penting dalam menjaga ketahanan dan kekuatan suatu konstruksi jalan (Akbar & Wesli, 2016). Keawetan dan kekuatan suatu konstruksi jalan bisa dipengaruhi oleh daya tahan tanah dalam menahan beban (Amran & Surandono, 2017). Adanya perencanaan yang matang sebelum melakukan proses pembangunan konstruksi jalan sangatlah penting supaya konstruksi jalan mampu bertahan sesuai waktu yang telah direncanakan sebelumnya (Mulyo dkk., 2023).

Apabila sebelum pembangunan jalan sudah direncanakan dengan matang maka konstruksi jalan dapat berfungsi dengan baik serta dapat menahan beban arus kendaraan yang lewat dan mendistribusikan beban tersebut ke lapisan bawah tanah dengan tidak memicu kerusakan pada konstruksi jalan.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode Manual Desain Perkerasan jalan (MDP 2017) (PUPR, 2017). Metode MDP 2017 juga mengacu pada metode AASHTO 1993 (AASHTO, 1993). Namun,

karena MDP 2017 merupakan manual yang dikeluarkan oleh Direktorat Jenderal Bina Marga, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia, parameter pada MDP 2017 ini lebih sesuai dengan kondisi di Indonesia dan sudah diklasifikasikan berdasarkan kondisi masing-masing provinsi di Indonesia (Bakri, 2020; Ottu dkk., 2023). Oleh karena itu, penggunaan MDP 2017 untuk perancangan perkerasan lebih sesuai dengan kondisi lalu lintas dan iklim di Indonesia. Pada studi ini, faktor beban berlebih dengan dominasi jenis kendaraan kontainer peti kemas akan menjadi fokus beban lalu lintas pada analisis efisiensi tebal perkerasan kaku dengan metode MDP 2017.

2. Metodologi

2.1. Lokasi Penelitian

Pada penelitian ini lokasi penelitian terletak pada jalan simpang durian mulo – namo ukur kabupaten langkat (Gambar 1).



Gambar 1. Lokasi penelitian.

2.2. Langkah-langkah Penentuan Tebal Perkerasan Lentur

Langkah-langkah dari desain tebal perkerasan lentur menggunakan MDP 2017 adalah sebagai berikut (PUPR, 2017):

- Menentukan umur rencana.
- Menentukan nilai-nilai sesuai umur rencana yang dipilih.

- c. Menentukan tipe perkerasan lentur.
- d. Menentukan segmen tanah dasar dengan daya dukung yang seragam.
- e. Menentukan struktur desain fondasi perkerasan yang dipakai.
- f. Menentukan struktur perkerasan yang memenuhi syarat.

2.3. Analisis Volume Lalu Lintas

Volume lalu lintas didefinisikan sebagai sebagai jumlah kendaraan yang melewati satu titik pengamatan selama satu satuan waktu (hari, jam, atau menit). Lalu lintas harian rata-rata adalah volume lalu lintas rata-rata dalam satuan hari. Dari lama waktu pengamatan untuk mendapatkan nilai lalu lintas harian rata-rata, dikenal 2 jenis lalu lintas harian rata-rata yaitu:

- a. Lalu lintas Harian Rata-Rata Tahunan (LHRT), yaitu volume lalu lintas harian yang diperoleh dari nilai rata-rata jumlah kendaraan selama satu tahun penuh. (LHRT = Jumlah kendaraan dalam 1 tahun / 365).
- b. Lalu lintas Harian Rata-Rata (LHR), yaitu volume lalu lintas harian rata-rata yang diperoleh dari nilai rata-rata jumlah kendaraan selama beberapa hari pengamatan. (LHRT = Jumlah kendaraan dalam 1 tahun / Jumlah hari pengamatan).

2.4. Volume Lalu Lintas harian (VLHR)

Volume lalu lintas harian adalah jumlah kendaraan yang melewati / melintasi salah satu titik pengamatan dalam satu satuan waktu (kendaraan/hari, kendaraan/jam). Dari hasil survei akan diperoleh lalu lintas harian rata-rata tahunan (LHRT) yaitu jumlah kendaraan lalu lintas dalam satu tahun dibagi dengan 365 hari.

2.5. Beban Sumbu Standar Kumulatif

Beban sumbu standar kumulatif atau *Cumulative Equivalent Single Axle Load* (CESAL) merupakan jumlah kumulatif beban sumbu lalu lintas desain pada lajur desain selama umur rencana, yang ditentukan menggunakan *Vechile Damage Factor* (VDF) masing-masing kendaraan niaga sebagai berikut:

$$ESATH - 1 = (\sum LHRJK \times VDFJK) \times 365 \times DD \times DL \times R \quad (1)$$

dengan *ESATH* adalah kumulatif lintasan sumbu standar ekivalen (*equivalent standard axle*) pada tahun pertama, *LHRJK* adalah lintas harian rata-rata tiap jenis kendaraan niaga (satuan kendaraan / hari), *VDFJK* adalah faktor ekivalen beban (*vechile damage factor*) tiap jenis kendaraan niaga, *DD* adalah faktor distribusi arah, *DL* adalah faktor distribusi lajur, *CESAL* adalah kumulatif beban sumbu standar ekivalen selama umur rencana, dan *R* adalah faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif.

2.6. Pertumbuhan Lalu Lintas

Faktor pertumbuhan lalu lintas berdasarkan data-data pertumbuhan atau korelasi dengan faktor pertumbuhan lain yang berlaku. Jika tidak tersedia data maka dapat menggunakan Tabel 1 (PUPR, 2017).

$$R = \frac{(1 + i)UR - 1}{i} \quad (2)$$

dengan *R* adalah faktor pertumbuhan lalu lintas, *i* adalah laju pertumbuhan lalu lintas (%), dan *UR* adalah umur rencana (tahun).

Tabel 1. Faktor laju pertumbuhan lalu lintas.

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

2.7. Data Teknis

Adapun data teknis dari pelaksanaan lapis perkerasan adalah sebagai berikut:

- a. Panjang Pekerjaan : 1,1 km
- b. Lebar Pengaspalan : 4,8 m
- c. Suhu Aspal : 125-140°C
- d. Lebar Bahu Jalan : 1 m

2.8. Data Pengujian Kepadatan Tanah

Pengujian kepadatan tanah dilakukan dengan menggunakan pengujian Sand Cone test dan Dynamic Cone Penetrometer (DCP). Nilai kepadatan tanah hasil akhirnya berupa nilai California Bearing Ratio (CBR). Hasil dari pengujian kepadatan tanah dapat dilihat pada Tabel 2, Tabel 3, dan Tabel 4.

Tabel 2. Data hasil pengujian sand cone test STA 0+450, 0+550, 0+650, dan 0+750.

| Tes Kepadatan Lapangan <i>Sand Cone Method</i> (AASHTO T 190-82) (AASHTO, 2004) | | | | | | |
|--|-----------------------------------|--------------------|--------|--------|--------|--------|
| STA | | 0+450 | 0+550 | 0+650 | 0+750 | |
| | Kepadatan Basah | gr/cm ³ | 2.501 | 2.502 | 2.555 | 2.522 |
| | Kepadatan Kering | gr/cm ³ | 2.423 | 2.415 | 2.415 | 2.444 |
| | Kepadatan kering maksimum | gr/cm ³ | 2.190 | 2.190 | 2.190 | 2.190 |
| | Kepadatan kering maksimum koreksi | % | 2.400 | 2.410 | 2.404 | 2.397 |
| | Derajat kepadatan di lapangan | % | 100.97 | 100.20 | 100.44 | 101.98 |
| | Kadar air | % | 3.2 | 3.6 | 5.8 | 3.2 |

Tabel 3. Data hasil pengujian sand cone test STA 0+850, 0+950, dan 0+1050.

| Tes Kepadatan Lapangan <i>Sand Cone Method</i> (AASHTO T 190-82) (AASHTO, 2004) | | | | | |
|--|-----------------------------------|--------------------|--------|--------|--------|
| STA | | 0+850 | 0+950 | 0+1050 | |
| | Kepadatan Basah | gr/cm ³ | 2.519 | 2.493 | 2.493 |
| | Kepadatan Kering | gr/cm ³ | 2.470 | 2.406 | 2.420 |
| | Kepadatan kering maksimum | gr/cm ³ | 2.190 | 2.190 | 2.190 |
| | Kepadatan kering maksimum koreksi | % | 2.406 | 2.406 | 2.408 |
| | Derajat kepadatan di lapangan | % | 100.97 | 100.20 | 100.44 |
| | Kadar air | % | 2.0 | 3.6 | 3.0 |

Tabel 4. Data hasil pengujian CBR korelasi data DCP.

| No | STA | Posisi (L / CL / R) | Nilai CBR (%) | CBR Terkoreksi Faktor Musim |
|---|-------|------------------------|------------------|--------------------------------|
| Kabupaten Langkat Ruas 18 (Segmen 1) | | | | |
| 1 | 0+000 | L | 3,62 | 2,90 |
| 2 | 0+000 | R | 9,10 | 7,28 |
| 3 | 0+100 | L | 20,79 | 16,64 |
| 4 | 0+100 | R | 19,76 | 15,81 |
| 5 | 0+200 | L | 50,73 | 40,58 |
| 6 | 0+200 | R | 26,97 | 21,58 |
| 7 | 0+275 | L | 50,73 | 40,58 |
| 8 | 0+275 | R | 26,97 | 21,58 |
| Kabupaten Langkat Ruas 18 (Segmen 2) | | | | |
| 9 | 0+100 | L | 16,57 | 13,26 |
| 10 | 0+100 | R | 20,39 | 16,31 |
| 11 | 0+200 | L | 16,57 | 13,26 |
| 12 | 0+200 | R | 20,88 | 16,70 |
| 13 | 0+300 | L | 16,40 | 13,12 |
| 14 | 0+300 | R | 20,74 | 16,59 |
| Kabupaten Langkat Ruas 18 (Segmen 3) | | | | |

| No | STA | Posisi (L / CL / R) | Nilai CBR (%) | CBR Terkoreksi Faktor Musim |
|----|-------|------------------------|------------------|--------------------------------|
| 15 | 0+000 | L | 35,96 | 28,77 |
| 16 | 0+000 | R | 34,55 | 27,64 |
| 17 | 0+100 | L | 5,93 | 4,74 |
| 18 | 0+100 | R | 19,76 | 15,81 |
| 19 | 0+200 | L | 2,24 | 1,79 |
| 20 | 0+200 | R | 6,26 | 5,01 |
| 21 | 0+300 | L | 2,30 | 1,84 |
| 22 | 0+300 | R | 6,31 | 5,05 |
| 23 | 0+400 | L | 9,44 | 7,55 |
| 24 | 0+400 | R | 7,37 | 5,89 |
| 25 | 0+500 | L | 7,92 | 6,33 |
| 26 | 0+500 | R | 8,05 | 6,44 |
| 27 | 0+600 | L | 7,96 | 6,36 |
| 28 | 0+600 | R | 15,02 | 12,01 |
| 29 | 0+700 | L | 9,39 | 7,52 |
| 30 | 0+700 | R | 15,02 | 12,01 |
| 31 | 0+800 | L | 16,65 | 13,32 |
| 32 | 0+800 | R | 18,32 | 14,65 |
| 33 | 0+875 | L | 11,63 | 9,31 |
| 34 | 0+875 | R | 16,36 | 13,08 |

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Data Lalu-lintas Jalan

Data volume lalu lintas harian (VLHR) ruas jalan Simpang Durian Mulo-Namo Ukur Kabupaten Langkat diambil pada (STA 0+000 – STA 1+100) dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Data lalu lintas harian ruas jalan Simpang Durian Mulo – Namo Ukur (LHR Jalan).

| Jenis Kendaraan | VLHR |
|------------------------|------|
| Kendaraan ringan 2 ton | 37 |
| Mobil pribadi | 21 |
| Truck 2 as | 11 |
| Total | 69 |

Data perencanaan lalu lintas Jalan Simpang Durian Mulo – Namo Ukur Kabupaten Langkat (STA 0+000 – STA 1+100) dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Data perencanaan lalu lintas harian ruas jalan Simpang Durian Mulo – Namo Ukur.

| No | Data | Keterangan |
|----|-----------------------------|----------------------|
| 1 | Jenis jalan | Kolektor |
| 2 | Umur Rencana (UR) | 20 tahun (2022-2042) |
| 3 | Pertumbuhan lalu lintas (i) | 3,50 % |
| 4 | Distribusi kendaraan | Satu lajur dua arah |

3.2. Rencana Jumlah Kendaraan dalam Periode Akhir Umur Rencana

Kumulatif beban sumbu standar ekuivalen sepanjang usia yang telah direncanakan disebut dengan *CESAL* yaitu total kumulatif beban sumbu lalu lintas desain pada lajur desain sesuai panjang umur yang telah direncanakan.

Penentuan kumulatif beban sumbu standar ekuivalen sepanjang usia yang telah direncanakan, terdapat berbagai aspek penting diantaranya yaitu:

- Menetapkan nilai *Vehicle Damage Factor* (VDF). Nilai VDF ialah penghimpunan nilai ekuivalen dari sumbu roda transportasi belakang dan depan.
- Menetapkan faktor pertumbuhan lalu lintas (R). Nilai faktor pertumbuhan lalu lintas yaitu:

$$R_{(2022-2042)} = 28,27$$

Maka untuk perhitungan analisis nilai faktor pertumbuhan lalu lintas pada tahun 2022-2042 (20 tahun) didapat hasil faktor pertumbuhan lalu lintas selama 20 tahun yaitu 28,27.

- Menentukan faktor distribusi lajur (DL). Penetapan pendistribusian lajur bisa mengacu dari Tabel 7 faktor pendistribusian lajur Bina Marga 2017.

Tabel 7. Faktor distribusi lajur.

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

- d. Menetapkan faktor distribusi arah (DD). Pengaruh pendistribusian arah jalan umum ialah:
 Distribusi arah= 0,5
- e. Beban sumbu standar kumulatif. Hasil perhitungan analisis beban sumbu standar kumulatif didapat hasil ESA5

(2022-2042) untuk kendaraan ringan 2 ton sebesar 0; ESA5 (2022-2042) untuk kendaraan mobil pribadi sebesar 108.344,7; dan ESA5 (2022-2042) untuk kendaraan truk 2 as sebesar 419.964,98. Nilai *cummulative equivalent single axle load* (CESAL) untuk periode 2022-2042 (20 tahun) atau umur rencana (UR) selama 20 tahun. Nilai – nilai ESA5 untuk jenis kendaraan lainnya dapat dilihat pada Tabel 2 dari perhitungan Tabel 8, maka didapat nilai CESAL5 sebesar 0,52 juta. Jadi nilai CESAL5 adalah 0,52 juta.

Tabel 8. Nilai CESAL hasil perhitungan MDP 2017.

| Jenis Kendaraan | LHR (2022) | VDF normal | LHR (2042) | ESA5 (2022- 2042) |
|------------------------|------------|------------|------------|-------------------|
| Kendaraan ringan 2 ton | 37 | 0 | 1045,9 | - |
| Mobil pribadi | 21 | 1 | 593,67 | 108.344,7 |
| Truk 2 as | 11 | 7,4 | 310,97 | 419.964,98 |
| Total | | | | 528.309,68 |
| CESAL | | | | 528.309,68 |

3.3. Menentukan Desain Pondasi

Untuk mengetahui desain tebal perkerasan lentur terdapat dari berbagai kelas sesuai dengan perhitungan dan ketentuan perkerasan jalan. Bagan desain yang didapat sesuai dengan perhitungan pada perkerasan jalan lentur ini adalah bagan desain kelas 3B. Berdasarkan perhitungan MDP 2017, sehingga diperoleh hasil perencanaan desain tebal perkerasan lentur diantaranya:

- a. LFA Kelas A = 400 milimeter
- b. AC WC = 40 milimeter
- c. AC Base = 0 milimeter
- d. AC BC = 60 milimeter

3.4. Desain Perkerasan Lentur pada Jalan Simpang Durian Mulo – Namo Ukur STA 0+000 – 1+100

Hasil yang didapat dari perhitungan perkerasan jalan lentur menggunakan metode MDP 2017 diperoleh total ketebalan perkerasan setebal 60 cm, yaitu Lapis permukaan setebal 10 cm, lapis pondasi kelas A setebal 40 cm, dan urugan pilihan setebal 10 cm (Gambar 2). Sementara pekerjaan yang dilaksanakan di lapangan didapat ketebalan 56,5 cm, di mana didapat perbedaan ketebalan lapisan sebesar 3,5 cm dari hasil perhitungan menggunakan metode MDP 2017.



Gambar 2. Detail tebal perencanaan perkerasan lentur.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa yang telah dilakukan, hasil tebal perkerasan lentur yang didapat di lapangan diperoleh tebal lapis permukaan sebesar 9,5 cm, lapis pondasi kelas A sebesar 17 cm, lapis pondasi kelas B sebesar 20 cm, dan urugan pilihan sebesar 10 cm, sehingga total tebal perkerasan lentur di lapangan yaitu 56,5 cm. Sedangkan hasil dari perhitungan tebal lapis perkerasan lentur dari metode MDP 2017 diperoleh ketebalan 60 cm. Selisih ketebalan dari metode MDP 2017 dengan pekerjaan di lapangan sebesar 3,5 cm. Karena hasil yang didapat memiliki selisih ketebalan dari perencanaan MDP 2017 dengan pelaksanaan di lapangan, maka dapat disimpulkan hasil perencanaan tidak sesuai dengan pekerjaan di lapangan.

Konflik Kepentingan

Penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan.

Daftar Pustaka

- AASHTO. (1993). *AASHTO Guide for Design of Pavement Structures, 1993* (Vol. 1). Aashto.
- AASHTO. (2004). *AASHTO T 190-02 , ASTM D 2844-69 (1975) Standard Method of Test for Resistance R-Value and Expansion Pressure of Compacted Soils*.
- Akbar, S. J., & Wesli, W. (2016). Studi Korelasi Daya Dukung Tanah Dengan Indek Tebal Perkerasan Jalan Menggunakan Metode Bina Marga. *Teras Jurnal*, 4(1), 61–70. <https://doi.org/10.29103/tj.v4i1.32>
- Amran, Y., & Surandono, A. (2017). ANALISA DAYA DUKUNG TANAH (DDT) PADA SUB GRADE/TANAH DASAR (Studi Kasus Ruas Jalan Ki Hajar Dewantara, 38 B Banjar Rejo Lampung Timur-Batas Kota Metro). *TAPAK (Teknologi Aplikasi Konstruksi)*, 7(1), 1–6. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.24127/tp.v7i1.569.g404>
- Bakri, M. D. (2020). KOMPARASI DESAIN TEBAL PERKERASAN KAKU MENGGUNAKAN MANUAL DESAIN PERKERASAN JALAN 2017 DAN METODE AASHTO 1993. *Jurnal Borneo Saintek*, 3(2), 47–60. https://doi.org/10.35334/borneo_saintek.v3i2.1669
- Hangge, E. E., Karels, D. W., & Kapitan, A. O. (2022). Pengaruh Karakteristik Tanah Dasar Terhadap Kerusakan Perkerasan Jalan. *Jurnal Teknik Sipil*, 11(2), 155–168.
- Mulyo, Y. S., Maria, K., & Ridwan, M. (2023). *Analisis Penentuan Jenis Perkerasan pada Perencanaan Jalan Menggunakan MDPJ 2017 (Study Kasus Jalan Tarumanagara City)*. 3, 6088–6102. <https://doi.org/10.31004/innovative.v3i3.2312>
- Ottu, M. A., Ircham, I., & Anggorowati, D. A. V. (2023). Evaluasi Perkerasan Lentur Menggunakan Metode Bina Marga 2017 dan AASHTO 1993 Pada Jalan Denggung–Wonorejo, Sleman. *JUSTER: Jurnal Sains dan Terapan*, 2(2).
- PUPR. (2017). *Manual Desain Perkerasan Jalan No. 02/M/BM/2017* (R. Sihombing (ed.); Nomor 02). Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Rifqi, M., & Fitriani, H. (2020). Identifikasi Kerusakan Perkerasan Lentur Pada Ruas Jalan Soekarno – Hatta, Palembang. *JURNAL SAINTIS*, 20(01), 19–26. [https://doi.org/10.25299/saintis.2020.vol20\(01\).4072](https://doi.org/10.25299/saintis.2020.vol20(01).4072)