

Kerusakan Perkerasan Jalan Jakarta di Kota Bandung Akibat Pengaruh Beban Lalu Lintas

Muhammad Raqin¹, Rifqi Fadhillah Zuhdi², Angga Marditama Sultan Sufanir³
Teknik Konstruksi Sipil, Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bandung, Bandung ^{1,2,3}
E-mail: muhammad13raqin@gmail.com

Abstrak

Jalan Jakarta di Kota Bandung merupakan jalan kelas II yang memiliki fungsi sebagai jalan kolektor sekunder. Berdasarkan ketentuan, jalan kelas II dapat dilewati kendaraan dengan Muatan Sumbu Terberat maksimal sebesar 8 ton, namun pada kenyataannya masih ada kendaraan yang lebih besar. Beban lalu lintas kendaraan merupakan salah satu faktor penyebab kerusakan pada perkerasan jalan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh beban lalu lintas terhadap kerusakan perkerasan jalan yang terjadi di Jalan Jakarta dengan menggunakan data LHR. Pengambilan data dilakukan selama 7 hari dengan durasi pengambilan selama 24 jam setiap harinya menggunakan metode manual. Selanjutnya data yang sudah didapat diolah untuk mendapatkan nilai Equivalent Standard Axle Load (ESAL) dan truck factor. Hasil dari penelitian ini didapat nilai Truck Factor sebesar 1,9155435 yang lebih besar dari ketentuan yang ditetapkan oleh AASHTO yaitu 1. Dapat disimpulkan kendaraan yang melewati ruas Jalan Jakarta mengalami overload. Selain itu, didapatkan kerusakan yang terjadi di ruas Jalan Jakarta seperti retak kulit buaya, retak pinggir, dan lubang yang disebabkan dari beban lalu lintas dan terdapat juga kerusakan perkerasan lainnya yang diakibatkan faktor lainnya.

Kata kunci: ekivalen beban sumbu standar, faktor truk, kerusakan perkerasan jalan, lalu lintas harian rata-rata.

Abstract

Jakarta Street in Bandung City is a class II road that functions as a secondary collector road. According to regulations, class II roads can be passed by vehicles with a maximum Gross Vehicle Weight (GVW) of 8 tons, but in reality there are still larger vehicles. Vehicle traffic load is one of the factors causing damage to road pavements. This study aims to analyze the effect of traffic load on road pavement damage that occurs on Jalan Jakarta using LHR data. Data collection was carried out for 7 days with a collection duration of 24 hours each day using a manual method. Furthermore, the data obtained is processed to obtain the Equivalent Standard Axle Load (ESAL) and truck factor values. The results of this study obtained a Truck Factor value of 1.9155435 which is greater than the provisions set by AASHTO, namely 1. It can be concluded that the vehicles passing through the Jakarta Street section are overloaded. In addition, damage that occurs on the Jalan Jakarta section such as alligator cracks, edge cracks, and potholes is caused by traffic loads and there is also other pavement damage caused by other factors.

Keywords: equivalent Standard Axle Load, Truck Factor, Road Pavement Damage, Average Daily Traffic.

1. PENDAHULUAN

Kondisi infrastruktur jalan di perkotaan, terutama di kawasan metropolitan seperti Bandung, menjadi perhatian utama mengingat pertumbuhan pesat jumlah penduduk yang mengakibatkan pertumbuhan kendaraan bermotor dan intensitas lalu lintas harian yang terus meningkat. Menurut Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2014, jalan perkotaan merupakan segmen jalan yang mempunyai perkembangan secara permanen dan menerus sepanjang seluruh atau hampir seluruh jalan, minimum pada satu sisi jalan, apakah berupa perkembangan lahan atau bukan. Termasuk jalan di atau dekat pusat perkotaan dengan penduduk lebih dari 100.000, maupun jalan di daerah perkotaan dengan penduduk kurang dari 100.000 dengan perkembangan samping jalan yang permanen dan menerus.

Jalan Jakarta di Kota Bandung merupakan salah satu jalan yang ramai dilalui oleh kendaraan bermotor yang tampak dari petanya terlihat pada **Gambar 1**. Sebagian ruas Jalan Jakarta mengalami kerusakan dikarenakan volume lalu lintas yang terus meningkat terutama pada pagi dan sore hari. Kerusakan yang terjadi pada perkerasan jalan mengakibatkan berkurangnya kenyamanan dan keselamatan pengguna jalan. Selain itu beberapa faktor yang perlu dicermati meliputi intensitas lalu lintas harian, beban kendaraan yang diterima oleh jalan, jenis dan kualitas bahan konstruksi jalan, serta kondisi geografis dan iklim.



Gambar 1. Plan Jalan Jakarta.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh volume lalu lintas harian terhadap kerusakan perkerasan jalan di Jalan Jakarta di Kota Bandung. Selain itu, hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar bagi pemerintah daerah, badan pengelola jalan, dan pihak terkait lainnya dalam merancang kebijakan yang lebih efektif untuk pemeliharaan jalan yang berkelanjutan. Dengan memahami faktor-faktor yang mempengaruhi kerusakan jalan, diharapkan dapat diimplementasikan strategi perbaikan yang lebih tepat sasaran, efisien, dan berkelanjutan.

2. METODE PENELITIAN

Secara garis besar prosedur penelitian diawali dengan penentuan Lokasi. Pemilihan Jalan Jakarta sebagai Lokasi penelitian karena Jalan Jakarta merupakan jalan di Kota Bandung yang memiliki lalu lintas yang sangat padat selain itu juga terdapat kerusakan di sepanjang ruas jalan. Studi literatur dan survei pendahuluan, untuk pengumpulan studi literatur dilakukan dengan mencari dari internet dan perpustakaan yang terdiri dari karya tulis terdahulu, jurnal, pedoman dan lain-lain. Survei pendahuluan dilakukan dengan melakukan survei ke lokasi untuk menentukan lokasi kami melaksanakan traffic counting. Setelah melakukan studi literatur dan survei pendahuluan selanjutnya mengidentifikasi masalah yang terjadi di Jalan Jakarta. Pada Lokasi survei ditemukan masalah yang terjadi yaitu kerusakan pada perkerasan jalan.

Pengumpulan data yang dibutuhkan dibagi menjadi 2 jenis yaitu data primer dan data sekunder. Data primer yang dibutuhkan yaitu data lalu lintas harian yang didapatkan dengan melakukan traffic counting selama 24 jam dalam kurun waktu 7 hari yang bertujuan untuk memperoleh nilai LHR (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2021) dengan jenis kendaraan golongan 2 (sedan, jeep, dan station wagon), golongan 3 (opelet, pick-up opelet, suburban, compi dan mini bus), golongan 4 (pick-up, micro truck, dan mobil hantaran), golongan 5a (bus kecil), golongan 5b (bus besar), golongan 6a (truk 2 sumbu kecil), golongan 6b (truk 2 sumbu sedang), golongan 7a (truk 3 sumbu), golongan 7b (truk gandeng), dan golongan 7c (semi trailer) serta dokumentasi data kerusakan jalan yang nantinya dilakukan pengidentifikasian jenis kerusakan dan penyebabnya. Sedangkan, data sekundernya yaitu peta Lokasi dan klasifikasi jalan yang diperlukan untuk melihat jalan yang kami tinjau termasuk ke dalam kelas mana. Hal ini diperlukan untuk melihat kapasitas jalan tersebut dalam menahan beban lalu lintas. Setelah data primer dan data sekunder terkumpul dilanjutkan dengan pengolahan data. Pengolahan data yang dilakukan yaitu menghitung nilai Equivalent Standard Axle Load dan Truck Factor. Sehingga, hasil dari penelitian kami yaitu nilai Equivalent Standard Axle Load dan Truck Factor.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembahasan terhadap hasil penelitian dan pengujian yang diperoleh disajikan dalam bentuk uraian teoritik maupun berdasarkan perspektif penelitian sebelumnya, baik secara kualitatif maupun kuantitatif. Hasil percobaan sebaiknya dalam berupa tabel disertai diskusi penjelasan hasil penelitian yang ditampilkan. Untuk grafik dan tabel dapat mengikuti format di bawah ini.

Tabel 1. Data Survei Kendaraan

GOL	2	3	4	5a	5b	6a	6b	7a	7b	7c
HARI KE	Sedan, jeep dan station wagon	Opelet, pick-up opelet, suburban, combi & minibus	Pick-up, micro truk dan mobil hantaran	Bus kecil	Bus besar	Truk ringan 2 sumbu	Truk sedang 2 sumbu	Truk 3 sumbu	Truk gandeng	Truk trailer
1	37985	2122	1776	70	91	671	349	56	0	19
2	32120	2268	1346	58	84	367	231	41	0	21

3	30848	2714	1924	105	122	1115	379	79	0	24
4	29390	2017	1942	119	121	1132	362	147	0	29
5	28692	1950	1928	140	133	1120	310	121	0	47
6	29285	2007	1954	139	134	1162	365	159	0	77
7	33499	2304	2320	121	125	1329	414	157	0	24

Lalu lintas harian rata-rata adalah volume lalu lintas yang dua arah yang melalui suatu titik rata-rata dalam satu hari, biasanya dihitung sepanjang tahun. Menghitung lalu lintas harian rata-rata (LHR) pada lokasi survei berdasarkan jenis dan sumbu kendaraan dengan menggunakan persamaan berikut dan hasil perhitungan LHR dapat dilihat pada **Tabel 2**:

$$LHR = \frac{\text{jumlah lalu lintas selama pengamatan}}{\text{lamanya pengamatan}}$$

LHR= lalu lintas harian rata-rata

Contoh perhitungan :

$$LHR = \frac{37985+32120+30848+29390+28692+29285+33499}{7} = 31688,492$$

Angka Ekvivalen Beban Sumbu Kendaraan (E) adalah angka yang menyatakan perbandingan tingkat kerusakan yang ditimbulkan oleh suatu lintasan beban sumbu tunggal atau ganda kendaraan terhadap tingkat kerusakan yang ditimbulkan oleh satu lintasan beban standar sumbu tunggal seberat 8,16 ton (18.000 lb). Angka ekivalen (E) masing-masing golongan beban sumbu kendaraan ditentukan menggunakan rumus berikut:

Angka ekivalen sumbu roda tunggal

$$STRT = \left[\frac{\text{beban sumbu (ton)}}{5,40} \right]^4 \quad (1)$$

Angka ekivalen sumbu roda ganda

$$STRG = \left[\frac{\text{beban sumbu (ton)}}{8,16} \right]^4 \quad (2)$$

Angka ekivalen sumbu dua roda ganda

$$SDRG = \left[\frac{\text{beban sumbu (ton)}}{13,76} \right]^4 \quad (3)$$

Angka ekivalen sumbu triple roda ganda

$$STrRG = \left[\frac{\text{beban sumbu (ton)}}{18,45} \right]^4 \quad (4)$$

Untuk nilai ekivalen beban sumbu kendaraan dapat dilihat pada **Tabel 3**.

Tabel 2. Perhitungan Data LHR

GOL	2	3	4	5a	5b	6a	6b	7a	7b	7c
	Sedan, jeep dan station wagon	Opelet, pick-up opelet, suburban, combi & minibus	Pick-up, micro truk dan mobil hantaran	Bus kecil	Bus besar	Truk ringan 2 sumbu	Truk sedang 2 sumbu	Truk 3 sumbu	Truk gandeng	Truk trailer
LHR	31688	2197	1884	107	115	985	344	108	0	34

Tabel 3. Angka Ekuivalen Beban Sumbu Kendaraan

BEBAN SUMBU (TON)	EKIVALEN BEBAN SUMBU KENDARAAN (E)				Golongan Kendaraan
	STRT	STRG	SDRG	STrRG	
2	0.01882	0.00361	0.00045	0.00014	GOLONGAN 2 ,3,4
5	0.73503	0.14097	0.01743	0.00539	GOLONGAN 5a
9	7.71605	1.47982	0.18302	0.05662	GOLONGAN 5b
8.3	5.58132523	1.07041389	0.132384956	0.04095688	GOLONGAN 6a
18.2	129.03589	24.74713	3.06064	0.94689	GOLONGAN 6b
25	459.39366	88.10477	10.89648	3.37112	GOLONGAN 7a
31.4	1143.25617	219.25927	27.11720	8.38944	GOLONGAN 7b
42	3659.50312	701.83743	86.80074	26.85417	GOLONGAN 7c

Equivalent Standard Axle Load (ESAL) menggambarkan beban aksial yang setara dari satu poros tunggal pada jalan. Konsep ESAL digunakan untuk memperkirakan tingkat keausan jalan akibat lalu lintas kendaraan berat dan untuk merencanakan perawatan dan perbaikan jalan yang tepat. Menghitung nilai *Equivalent Standard Axle Load* dapat menggunakan rumus berikut ini:

ESAL = Ekuivalen beban sumbu x LHR

Contoh perhitungan :

ESAL = Ekuivalen beban sumbu x LHR

$$= ((50\% \times 0.01882) + (50\% \times 0.01822)) \times 31688,4286$$

$$= 596,273689$$

Untuk perhitungan ESAL dapat dilihat pada **Tabel 4.**

Tabel 4. Perhitungan Nilai ESAL

GOL	Berat (Ton)	Konfigurasi Roda				LHR	Angka Ekuivalen		
		Depan		Belakang			STRT	STRG	SDRG
2	2	50%	50%			31688.428	596.273		
		STRT	STRT						
3	2	50%	50%			2197.4285	596.273		
		STRT	STRT						
4	2	50%	50%			1884.2571	596.273		
		STRT	STRT						
5a	5	34%	66%			107.42857	26.847	9.995	
		STRT	STRG						
5b	9	34%	66%			115.714286	303.571	113.0116	
		STRT	STRG						
6a	8,3	50%	50%			985.142857	5498.402		
		STRT	STRT						
6b	18,2	34%	66%			344.285714	15104.572	5623.256	
		STRT	STRG						
7a	25	25%	75%			108.571429	12469.256	887.284	
		STRT	SDRG						
7b	31,4	18%	28%	27%	27%	0	0	0	
		STRT	STRG	STRG	STRG				

7c	42	18%	28%	54%					
		STRT	STRG	SDRG	34.4285714	22678.46	6765.7128	1613.74	
		Total ESAL				7167.206			

Truck factor adalah nilai total *Equivalent Single Axle Load* (ESAL) kendaraan dibagi dengan jumlah total nilai lalu lintas harian rata-rata. Apabila nilai *truck factor* lebih besar dari 1 ($TF > 1$) maka akan terjadi kerusakan akibat beban-beban berlebih. Perhitungan *truck factor* menggunakan persamaan sebagai berikut dan hasil perhitungan dapat dilihat pada **Tabel 5.**:

$$TF = \frac{\text{Total ESAL}}{N}$$

Keterangan:

TF = Truck Factor

Total Esal = Nilai total ESAL

N = Jumlah kendaraan

Contoh perhitungan:

$$TF = \frac{71767,206961}{(31688,4286+2197,42857+1884,28571+107,428571+115,714286+985,142857+344,285714+108,571429+34,4285714)} = \frac{71767,206961}{37465,7143} = 1,91554354. > 1$$

Tabel 5. Perhitungan Nilai Truck Factor

LHR	31688	2197	1884	107	116	985	344	109	0	34
	8									
TOTAL ESAL	71767.20696									
TRUCK FACTOR	1.91554354									

Kerusakan yang terjadi pada perkerasan jalan bermacam-macam. Pada survei yang kami di ruas Jalan Jakarta kami menemukan beberapa kerusakan yang terjadi pada perkerasan jalan. Berikut ini merupakan jenis kerusakan yang terjadi pada perkerasan Jalan Jakarta.

Retak kulit buaya merupakan retakan berbentuk jaringan yang terdiri dari banyak bidang persegi kecil (poligon) mirip kulit buaya, dan lebar retakan minimal 3 mm. Ukuran retakan yang saling berhubungan berkisar antara 2,5 cm sampai 15 cm. (Shahin, 1994) Retak kulit buaya disebabkan oleh Kelelahan akibat beban lalu lintas yang berulang-ulang dan Bahan perkerasan atau kualitas material yang kurang baik sehingga menyebabkan perkerasan lemah atau lapis beraspal yang rapuh (*brittle*). Dari hasil survei lapangan didapatkan beberapa titik kerusakan ini seperti di STA 0+445 dan STA 0+684.

Contoh retak kulit buaya dapat dilihat pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Retak Kulit Buaya

Retak pinggiran (Edge cracking) adalah retak yang sejajar dengan jalur lalu lintas dan juga biasanya berukuran 1 sampai 2 kaki (0,3-0,6 m) dari pinggir perkerasan (Safitri, A., Najmuddin, D., dan Padusung, 2021). Retakan memanjang pada jalan, dengan atau tanpa cabang, mengarah ke tepi jalan dan terletak di dekat tepi jalan. Retakan ini disebabkan oleh kurangnya dukungan lateral, beban lalu lintas, drainase yang tidak memadai, penyusutan tanah, atau penurunan permukaan tanah. Akar tanaman yang tumbuh di pinggir jalan juga dapat menyebabkan retakan tepi tersebut. Air dapat masuk melalui celah-celah dan menyebabkan kerusakan lebih lanjut pada lapisan permukaan (Sukirman, 1999). Dari hasil survei lapangan didapatkan beberapa titik kerusakan ini seperti di STA 0+589 dan STA 0+596. Retak pinggir dapat dilihat pada **Gambar 3**.



Gambar 3. Retak Pinggir

Retak halus adalah retakan yang mempunyai lebar retakan ≤ 3 mm. Penyebabnya adalah material perkerasan yang kurang baik, tanah dasar atau bagian perkerasan yang terletak di bawah lapis permukaan kurang stabil. Retakan halus ini dapat meresapkan air ke dalam lapisan. Dari hasil survei lapangan didapatkan beberapa titik kerusakan ini seperti di STA 0+559. Untuk contoh retak halus dapat dilihat pada **Gambar 4**.



Gambar 4. Retak Halus

Retakan yang saling berhubungan membentuk kotak besar dengan sudut tajam. Retak sudut Dari hasil survei lapangan didapatkan beberapa titik kerusakan ini seperti di STA 0+586 yang dapat dilihat pada **Gambar 5**. Retakan terjadi karena perubahan volume pada lapisan permukaan yang menggunakan aspal penetrasi rendah, atau perubahan volume pada lapisan dasar atau tanah dasar (Sukirman, 1999).



Gambar 5. Retak Sudut

Jenis kerusakan ini terdiri dari macam kerusakan sesuai dengan namanya yaitu, retak memanjang dan melintang pada perkerasan. Retak ini terjadi berjajar yang terdiri dari beberapa celah. Retak ini terjadi karena perambatan dari retak penyusutan lapisan perkerasan di bawahnya dan bahan pada pinggir perkerasan kurang baik atau terjadi perubahan volume akibat pemuaian lempung pada tanah dasar. Dari hasil survei lapangan didapatkan beberapa titik kerusakan ini seperti di STA 0+586. Retak memanjang/melintang dapat dilihat pada **Gambar 6**.



Gambar 6. Retak Memanjang/Melintang

Pelepasan butir merupakan pelepasan partikel agregat permukaan dari suatu campuran agregat aspal. Tergantung pada metode konstruksinya, perilaku berbeda-beda di setiap wilayah dan negara. Dari hasil survei lapangan didapatkan beberapa titik kerusakan ini seperti di STA 0+338, STA 0+436.dan STA 0+589. Kerusakan ini dapat dilihat pada **Gambar 7**. Pelepasan butir umumnya merupakan penurunan kinerja dan kerusakan yang disebabkan oleh tipisnya aspal (perkerasan aspal/perkerasan jalan) dan jarang terjadi pada perkerasan aspal berkualitas tinggi. (Wiyono, 2009).



Gambar 7. Pelepasan Butir

Kerusakan ini disebabkan oleh kurangnya ikatan antara lapis permukaan dan lapis di bawahnya, atau terlalu tipisnya lapis permukaan. Dari hasil survei lapangan didapatkan beberapa titik kerusakan ini seperti di STA 0+338, 0+436, dan 0+645. Kerusakan ini dapat dilihat pada **Gambar 8**.



Gambar 8. Pengelupasan Lapis Permukaan

Alur yang terjadi melintang jalan. Kerusakan ini disebabkan oleh proporsi aspal yang terlalu tinggi, terlalu banyak agregat halus, agregat bulat dengan permukaan halus, atau aspal dengan kedalaman penetrasi yang dalam. Stabilitas jalan campuran rendah. Kriting dapat terjadi jika lalu lintas dibuka sebelum perkerasan rampung (Sukirman, 1999). Dari hasil survei lapangan didapatkan beberapa titik kerusakan ini seperti di STA 0+445. Kerusakan ini dapat dilihat pada **Gambar 9**.



Gambar 9. Keringing

Lubang merupakan kerusakan berupa cekungan pada permukaan jalan yang disebabkan oleh keausan dan hilangnya material tanah dasar. Kerusakan ini biasanya terjadi di dekat retakan atau pada permukaan yang buruk sehingga menyebabkan perkerasan tergenang air (Kurniawan,

R , 2016). Faktor penyebab kerusakan tersebut antara lain buruknya pencampuran material pada lapisan permukaan, merembesnya air ke dalam lapisan dasar melalui retakan pada permukaan terbuka perkerasan, dan beban lalu lintas yang menyebabkan disintegrasi lapisan pondasi (Shahin, 1994). Dari hasil survei lapangan didapatkan beberapa titik kerusakan ini seperti di STA 0+684. Kerusakan ini dapat dilihat pada **Gambar 10**.



Gambar 10. Lubang.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil survei dan analisis data, dapat diambil kesimpulan tingginya volume kendaraan khususnya truk yang melebihi batas muatan pengaruh terhadap kerusakan perkerasan Jalan Jakarta di Kota Bandung. Ditemukan bahwa beban lalu lintas di Jalan Jakarta Bandung melebihi batas kemampuan jalan dengan banyaknya kendaraan yang memiliki Muatan Sumbu Terberat maksimal 8 ton yang melintasi Jalan Jakarta sebanyak 344 kendaraan/hari untuk kendaraan truk sedang 2 sumbu (golongan 6b), 108 kendaraan/hari untuk kendaraan truk 3 sumbu (golongan 7a) berjumlah, dan 34 kendaraan/hari untuk kendaraan truk trailer (golongan 7c). Dibuktikan juga dengan nilai Truck Factor (TF) > 1 dan berbagai kerusakan jalan seperti retak kulit buaya, retak pinggir, dan lubang yang diakibatkan oleh beban lalu lintas yang berlebih. Pada penelitian lain seperti yang dilakukan oleh Maulina (2020) didapatkan nilai Truck Factor sebesar 6,31 yang dapat diartikan ruas jalan mengalami overload. Untuk mengatasi permasalahan ini, perlu dilakukannya perbaikan untuk jalan yang mengalami kerusakan serta melakukan pembatasan kendaraan yang melewati ruas jalan dengan memastikan beban kendaraan tidak melebihi batas yang diizinkan untuk mencegah terjadinya kerusakan pada perkerasan jalan. Hasil tersebut juga diharapkan dapat menjadi referensi bagi pemerintah dan badan pengelola jalan dalam merancang kebijakan yang efektif untuk pemeliharaan jalan yang berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Departemen Permukiman Dan Prasarana Wilayah. (2004) Pd. T-19-2004-B *tentang Survei Pencacahan Lalu Lintas dengan cara Manual* Kementerian PUPR. Jakarta.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. (1983) *Manual Pemeliharaan Jalan No.03/MN/B/1983 tentang kerusakan jalan pada perkerasan lentur*. Kementerian PUPR. Jakarta.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. (2005) Pd T-05-2005-B *tentang Perencanaan Tebal Lapis Tambah Perkerasan Lentur Dengan Metode Lendutan*. Kementerian PUPR. Jakarta.

- Direktorat Jenderal Bina Marga. (2014). *Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia*. Kementerian PUPR. Jakarta
- Direktorat Jenderal Bina Marga. (2021). *Pedoman Survei Pengumpulan Data Kondisi Jaringan Jalan Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat*. Jakarta: Kementerian PUPR.
- Kementerian PUPR. (2022) Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2022 *Tentang Jalan*. Jakarta.
- Kementerian PUPR. (2009) Undang-undang Nomor 22 Tahun 2009 *Tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan*. Jakarta.
- Kementerian PUPR. (2018) *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 5/PRT/M/2018 Tentang Penetapan Kelas Jalan Berdasarkan Fungsi dan Intensitas Lalu Lintas Serta Daya Dukung Menerima Sumbu Terberat dan Dimensi Kendaraan Bermotor*. Jakarta.
- Kurniawan, R. (2016) Analisa Kondisi Kerusakan Jalan Pada Lapis Permukaan Menggunakan Metode Pavement Condition Index (PCI)
- Maulina. (2020) Pengaruh Beban Sumbu Kendaraan Terhadap Tingkat Kerusakan Jalan Pada Perkerasan Rigid di Kota Pekanbaru.
- Safitri, A., Najmuddin, D., dan Padusung. (2021). Analisa Beban Kendaraan Terhadap Kerusakan Jalan Lintas Plampang-Labangka. *Jurnal SainTekA*, 2 (1), 1-7.
- Shahin, M. (1994). *Pavement Management for Airport, Roads, and Parking Lots*. New York: Chapman & Hill.
- Sukirman. (1999). *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Bandung: Nova.
- Wiyono, S. (2009). *Prediksi Kerusakan Pada Perkerasan Lentur*. Pekanbaru: UIR Press.
- Zalikhu, P. L. (2021) Analisa Dampak Beban Kendaraan Dan Lalu-Lintas Harian Rata-Rata Terhadap Kerusakan Jalan.