

Analisis Peningkatan Perkerasan Jalan Beton Semen (*Rigid Pavement*) Ruas Jalan Utama Sta. 0+000 – Sta. 1 + 000 Desa Kradenan, Brebes

Rigid Pavement Improvement Analysis Main Road Section Station 0+000 – Station 1+000 Kradenan Village, Brebes

Teguh Ardiansyah^{1*}, Abdul Khamid², Yulia Feriska³, Wahidin⁴, Abdul Latif Nurdin⁵

^{1,2,3,4,5}Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhadi Setiabudi, Brebes, Indonesia

E-mail: ^{1*}teguh@gmail.com, ²abdulkhamid.mt@gmail.com, ³liaferiska09@gmail.com,

⁴wahidinnaures@gmail.com, ⁵studiokp3k.brebes@gmail.com

ARTICLE INFO

Article History:

Received: 08 12, 2025

Revised: 09 19, 2025

Accepted: 09 20, 2025

Keywords:

Road Pavement,
Rigid Pavement,
Traffic,
LHRT Projection,
Road Capacity

ABSTRACT

The Main Road in Kradenan Village, Brebes, is one of the important routes with high traffic activity dominated by mixed traffic. The existing condition shows that the pavement capacity of 2,344 skr/hour is insufficient to guarantee optimal performance in the long term due to increasing traffic volume. This study aims to analyze the need for pavement improvement using rigid pavement to meet the 20-year design life. The research method was carried out through an average daily traffic (ADT) survey, traffic growth rate analysis, and LHRT projection calculation based on cumulative growth factors. The results indicate that the highest growth occurred in the two-axle light truck category, with an average of 10.67% per year, while the 20-year LHRT projection reached 691 skr/hour for motorcycles and 306 skr/hour for non-motorized vehicles. The significant increase in traffic loads impacts the reduction of existing pavement performance, requiring rigid pavement improvement to ensure adequate road capacity. This study emphasizes that rigid pavement is an appropriate solution to enhance road bearing capacity and ensure sustainable transportation services in Kradenan Village, Brebes.

This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.

Corresponding Author:

Teguh Ardiansyah

E-mail: teguh@gmail.com



Abstrak

Ruas Jalan Utama Desa Kradenan, Brebes, merupakan salah satu jalur penting dengan tingkat aktivitas lalu lintas yang tinggi dan didominasi oleh lalu lintas campuran. Kondisi eksisting menunjukkan bahwa kapasitas perkerasan jalan sebesar 2.344 skr/jam belum mampu menjamin kinerja optimal dalam jangka panjang seiring peningkatan volume kendaraan. Penelitian ini bertujuan menganalisis kebutuhan peningkatan perkerasan jalan dengan menggunakan metode perkerasan beton semen (*rigid pavement*) agar dapat memenuhi umur rencana 20 tahun. Metode penelitian dilakukan melalui survei lalu lintas harian rata-rata (LHR), analisis laju pertumbuhan lalu lintas, serta perhitungan proyeksi LHRT berdasarkan faktor pertumbuhan kumulatif. Hasil analisis menunjukkan bahwa pertumbuhan tertinggi terdapat pada kategori truk ringan 2 sumbu dengan rata-rata 10,67% per tahun, sedangkan proyeksi LHRT untuk 20 tahun mendatang mencapai 691 skr/jam pada sepeda motor dan 306 skr/jam pada kendaraan tidak bermotor. Peningkatan signifikan pada beban lalu lintas berimplikasi terhadap penurunan kinerja perkerasan eksisting sehingga diperlukan peningkatan perkerasan dengan beton semen untuk menjamin kapasitas jalan tetap terpenuhi. Penelitian ini menegaskan bahwa penggunaan *rigid pavement* menjadi solusi tepat dalam meningkatkan daya dukung jalan serta menjamin keberlanjutan pelayanan transportasi di wilayah Desa Kradenan, Brebes.

Kata kunci: Perkerasan_Jalan, Rigid_Pavement, Lalu_Lintas, Proyeksi_LHRT, Kapasitas_Jalan

1. PENDAHULUAN

Jalan merupakan salah satu prasarana transportasi darat yang memiliki peranan vital dalam mendukung aktivitas sosial, ekonomi, perdagangan, pariwisata, hingga pembangunan suatu wilayah [1]. Jalan berfungsi sebagai sarana penghubung antarwilayah yang memungkinkan pergerakan orang

maupun barang secara efisien [2]. Kualitas dan kuantitas jaringan jalan sangat memengaruhi tingkat pelayanan transportasi. Keberadaan jalan yang memadai dan berkualitas baik menjadi kebutuhan yang mendasar bagi masyarakat.

Perkerasan jalan adalah struktur yang dirancang untuk menerima dan menyebarkan beban lalu lintas dari roda kendaraan ke tanah dasar dengan luas yang lebih besar dibandingkan dengan luas kontak roda secara langsung [3]. Campuran perkerasan terdiri dari agregat dan bahan pengikat seperti aspal, semen, maupun tanah liat [4]. Secara umum, terdapat dua jenis perkerasan yaitu perkerasan lentur dan perkerasan kaku. Perkerasan kaku menggunakan semen sebagai bahan ikat utama sehingga memiliki tingkat kekakuan yang relatif tinggi dibandingkan perkerasan lentur [5].

Peningkatan volume lalu lintas dan beban kendaraan telah menyebabkan kualitas jalan sering mengalami penurunan. Beban lalu lintas yang berulang mengakibatkan kerusakan berupa retak, lubang, bergelombang, hingga deformasi permukaan jalan [6]. Faktor lain yang mempercepat kerusakan jalan adalah sistem drainase yang tidak berfungsi optimal, sifat material konstruksi yang kurang baik, kondisi tanah dasar yang tidak stabil, maupun perencanaan dan pelaksanaan konstruksi yang tidak sesuai spesifikasi [7]. Kerusakan jalan berdampak signifikan terhadap masyarakat melalui menurunnya efisiensi transportasi, bertambahnya biaya operasional kendaraan, meningkatnya risiko kecelakaan, hingga terhambatnya pertumbuhan ekonomi.

Urgensi penelitian ini terletak pada tingginya kebutuhan peningkatan kualitas infrastruktur jalan di Indonesia, khususnya pada ruas-ruas jalan yang memiliki volume lalu lintas padat. Jalan yang tidak mampu menahan beban kendaraan akan mempercepat kerusakan dan menimbulkan kerugian ekonomi serta membahayakan keselamatan pengguna jalan [8]. Penanganan teknis yang tepat diperlukan agar konstruksi jalan mampu mencapai umur layan sesuai perencanaan serta memberikan pelayanan transportasi yang andal.

Masalah utama penelitian terletak pada kondisi ruas jalan Desa Kradenan Kabupaten Brebes yang mengalami kerusakan berulang akibat beban kendaraan berlebih dan kelemahan daya dukung tanah dasar. Kerusakan yang ditimbulkan tidak hanya mengganggu kelancaran lalu lintas tetapi juga menimbulkan risiko kecelakaan bagi pengguna jalan. Permasalahan ini menuntut adanya analisis teknis yang dapat memberikan alternatif solusi peningkatan perkerasan jalan yang efektif dan ekonomis.

Penelitian terdahulu telah membahas berbagai pendekatan dalam perencanaan perkerasan jalan. Penelitian oleh Prasetyo [9] menunjukkan bahwa perkerasan kaku memiliki umur rencana lebih panjang dibandingkan perkerasan lentur apabila kondisi tanah dasar stabil dan kualitas konstruksi terjaga. Studi oleh Suryawan [10] menekankan efektivitas penggunaan geotekstil dalam meningkatkan daya dukung tanah dasar serta mengurangi potensi deformasi pada lapisan perkerasan. Penelitian yang dilakukan oleh Hartono [11] membandingkan metode AASHTO 1993 dan AUSTRROADS 2012, dan hasilnya menunjukkan bahwa metode AUSTRROADS menghasilkan tebal perkerasan yang lebih tipis tetapi tetap memenuhi persyaratan struktural. Temuan-temuan tersebut memperkuat kebutuhan analisis komparatif untuk menentukan metode perhitungan yang paling efisien serta relevan dengan kondisi lapangan di Indonesia.

Tujuan penelitian ini adalah menentukan tebal perkerasan kaku menggunakan metode AASHTO 1993 dan metode AUSTRROADS 2012 serta membandingkan alternatif konstruksi yang lebih ekonomis dengan peningkatan daya dukung tanah melalui stabilisasi semen Portland atau penggunaan lapisan geotekstil. Hasil penelitian diharapkan memberikan rekomendasi praktis dalam perencanaan perkerasan kaku yang sesuai dengan kondisi lapangan dan dapat dijadikan acuan dalam upaya perbaikan infrastruktur jalan di wilayah lain yang memiliki permasalahan serupa.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan pada ruas jalan utama Desa Kradenan, Kabupaten Brebes, Jawa Tengah, dengan kondisi perkerasan eksisting berupa beton semen. Lokasi penelitian dipilih karena jalan tersebut mengalami kerusakan berulang akibat volume lalu lintas yang tinggi dan beban kendaraan yang melebihi kapasitas. Data yang digunakan terdiri dari data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui survei lapangan yang mencakup survey kondisi jalan, pengamatan volume lalu lintas, pengujian CBR tanah dasar menggunakan *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP), serta dokumentasi lapangan berupa foto. Data sekunder diperoleh dari Dinas Bina Marga Kabupaten

Brebes dan Dinas Perhubungan Kabupaten Brebes berupa peta ruas jalan, data Lalu Lintas Harian Rata-Rata (LHR), data hasil uji tekan beton, serta data kondisi perkerasan tahun 2023–2025.

Pengumpulan data dilakukan melalui survei selama satu minggu dengan waktu pengamatan pada jam sibuk, yaitu pagi hari pukul 07.00–08.30, siang hari pukul 12.00–14.00, dan sore hari pukul 16.00–18.00. Survei lalu lintas dilakukan dengan menghitung kendaraan yang melintas dan mengklasifikasikannya berdasarkan jenis kendaraan seperti kendaraan ringan, kendaraan berat, sepeda motor, dan kendaraan tidak bermotor. Data CBR diperoleh dari pengujian lapangan secara langsung, sedangkan data sekunder dihimpun melalui dokumen resmi instansi terkait yang menyimpan catatan teknis perkerasan jalan.

Analisis data dilakukan dengan tahapan perhitungan kelas jalan menggunakan data LHR untuk menentukan angka pertumbuhan lalu lintas, umur rencana, jenis kendaraan dominan, dan kapasitas akhir jalan [12]. Perhitungan volume lalu lintas rencana menggunakan persamaan $Q=k \times LHRQ = k \times LHRQ = k \times LHR$. Analisis perencanaan tebal perkerasan dilakukan dengan metode AASHTO 1993 yang mencakup penentuan beban lalu lintas rencana melalui perhitungan *Equivalent Single Axle Load* (ESAL), penentuan mutu beton berdasarkan kuat tekan f'_{c} dan *flexural strength*, penentuan kekuatan tanah dasar melalui nilai CBR, serta penentuan modulus elastisitas beton sesuai parameter perencanaan [13]. Hasil perhitungan selanjutnya dibandingkan dengan alternatif perbaikan tanah dasar menggunakan stabilisasi semen Portland dan lapisan geotekstil. Perbandingan diarahkan pada efisiensi struktural dan aspek biaya sehingga diperoleh rekomendasi teknis yang paling sesuai untuk peningkatan perkerasan jalan beton semen pada ruas jalan Desa Kradenan Kabupaten Brebes.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengumpulan data lapangan menunjukkan bahwa ruas jalan utama Sta. 0+000 – Sta. 1+000 di Desa Kradenan, Kabupaten Brebes, memiliki panjang keseluruhan 1.000 meter dengan lebar perkerasan sebesar 7 meter. Jalan ini termasuk ke dalam kategori jalan kolektor sekunder yang berfungsi menghubungkan jalan lokal dengan jalan arteri, serta menjadi jalur penting dalam menunjang aktivitas transportasi masyarakat dan distribusi barang. Kondisi eksisting berupa jalan dua arah tanpa median yang berpotensi menimbulkan konflik arus lalu lintas apabila terjadi peningkatan volume kendaraan secara signifikan. Umur rencana perbaikan ditetapkan selama 20 tahun dengan mempertimbangkan karakteristik lalu lintas campuran dan beban kendaraan yang melintas setiap harinya. Penetapan umur rencana ini menuntut perencanaan perkerasan yang mampu menahan beban lalu lintas jangka panjang sekaligus menjaga kenyamanan serta keamanan pengguna jalan [14]. Data topografi hasil survei lapangan yang tersaji pada Tabel 1 menjadi acuan penting dalam perencanaan, karena kondisi kemiringan, elevasi, dan kontur tanah berpengaruh terhadap stabilitas struktur perkerasan maupun efektivitas sistem drainase jalan.

Tabel 1. Data Topografi Ruas Jalan Desa Kradenan

No	Data Jalan	Keterangan
1	Nama Jalan	Ruas Jalan Desa Kradenan Kab. Brebes
2	Klasifikasi Jalan	Kolektor Sekunder
3	Lebar Perencanaan	7 Meter
4	Panjang Jalan	1000 Meter
5	Tipe Jalan	Dua arah tidak terbagi
6	Awal Umur Rencana	2024
7	Umur Rencana	20 Tahun

Sumber: Hasil Survei, 2025

Kondisi lalu lintas pada ruas jalan ini dapat dikategorikan sebagai lalu lintas campuran, yang melibatkan berbagai jenis kendaraan dengan karakteristik berbeda, mulai dari sepeda motor, mobil pribadi, bus, truk ringan, hingga truk tiga sumbu yang memiliki beban lalu lintas cukup tinggi. Variasi jenis kendaraan tersebut menimbulkan perbedaan kecepatan, dimensi, serta daya rusak jalan, sehingga memengaruhi tingkat kinerja perkerasan maupun tingkat kenyamanan pengguna jalan [15].

Berdasarkan hasil survei lalu lintas yang dilakukan secara berkala selama lima tahun terakhir, diketahui bahwa terdapat tren peningkatan signifikan jumlah kendaraan yang melintas. Hal ini

(Teguh Ardiansyah, Abdul Khamid, Yulia Feriska, Wahidin, Abdul Latif Nurdin)

Analisis Peningkatan Perkerasan Jalan Beton Semen (*Rigid Pavement*) Ruas Jalan Utama Sta. 0+000 – Sta. 1 + 000
Desa Kradenan, Brebes

menunjukkan adanya pertumbuhan mobilitas masyarakat serta peningkatan distribusi barang dan jasa yang melewati ruas jalan tersebut. Peningkatan volume lalu lintas ini juga berimplikasi pada beban perkerasan jalan yang semakin berat, sehingga memerlukan perhatian khusus dalam perencanaan pemeliharaan maupun peningkatan kapasitas jalan di masa mendatang [16]. Data mengenai LHR yang mencerminkan perkembangan jumlah kendaraan selama periode tersebut secara lebih rinci disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Jumlah Kendaraan Harian Ruas Jalan Desa Kradenan (2021–2025)

Jenis Kendaraan	2021	2022	2023	2024	2025
Sepeda motor	3090	3397	3675	4223	4329
Mobil pribadi/pick up/box	1114	1305	1308	1409	1448
Bus kecil	56	60	70	673	1405
Bus besar	57	58	154	168	447
Truk ringan 2 sumbu	496	673	1528	1844	1877
Truk sedang 2 sumbu	124	125	168	184	399
Truk 3 sumbu	9	36	182	198	374
Truk gandeng	0	1	3	3	5
Kendaraan tidak bermotor	170	224	813	825	1711
Jumlah kendaraan per hari	5116	5911	7934	9561	12034

Sumber: Dinas PUPR Brebes, 2025

Pertumbuhan lalu lintas rata-rata pada ruas jalan penelitian menunjukkan tren peningkatan yang cukup konsisten dalam kisaran 7–11% per tahun dengan variasi pertumbuhan yang berbeda pada setiap jenis kendaraan. Pola pertumbuhan ini mencerminkan adanya peningkatan mobilitas masyarakat, pertumbuhan kepemilikan kendaraan pribadi, serta intensitas distribusi barang dan jasa melalui jalur tersebut [17]. Faktor pertumbuhan lalu lintas kumulatif yang dihitung untuk berbagai umur rencana memberikan gambaran tentang besarnya akumulasi volume kendaraan di masa mendatang, yaitu sebesar 5,009 untuk umur rencana 5 tahun, 10,042 untuk 10 tahun, 15,100 untuk 15 tahun, dan 20,181 untuk 20 tahun.

Nilai tersebut menunjukkan bahwa beban lalu lintas pada ruas jalan ini akan meningkat secara signifikan seiring bertambahnya umur rencana, sehingga kebutuhan perencanaan struktur perkerasan dan kapasitas jalan menjadi semakin mendesak. Hasil perhitungan kapasitas jalan menghasilkan nilai sebesar 2344 skr/jam yang merepresentasikan kemampuan jalan dalam melayani arus lalu lintas campuran pada kondisi eksisting. Proyeksi LHR untuk umur rencana 20 tahun memperlihatkan peningkatan yang sangat signifikan terutama pada jenis kendaraan sepeda motor, bus kecil, dan truk dua sumbu. Kondisi ini mengindikasikan bahwa beban perkerasan akan semakin berat, terutama akibat kontribusi kendaraan dengan muatan besar yang memiliki faktor kerusakan lebih tinggi dibandingkan kendaraan ringan [18].

Pembahasan

Hasil penelitian memperlihatkan bahwa ruas jalan Desa Kradenan mengalami peningkatan volume lalu lintas yang signifikan dalam kurun waktu lima tahun terakhir. Peningkatan terbesar terjadi pada kendaraan berat seperti truk dua sumbu dan truk tiga sumbu yang memiliki kontribusi tinggi terhadap kerusakan lapisan perkerasan. Kondisi ini mempertegas kebutuhan peningkatan kualitas struktur perkerasan melalui penerapan perkerasan kaku berbahan beton semen.

Faktor pertumbuhan lalu lintas kumulatif yang mencapai 20,181 untuk umur rencana 20 tahun menunjukkan proyeksi peningkatan beban lalu lintas hampir empat kali lipat dibandingkan kondisi awal. Nilai ini menuntut ketebalan lapisan perkerasan beton semen yang lebih besar agar mampu menahan beban selama umur rencana. Kapasitas jalan sebesar 2344 skr/jam masih dalam kategori layak untuk kondisi lalu lintas saat ini, tetapi proyeksi LHR menunjukkan potensi kemacetan dan penurunan tingkat pelayanan jalan pada masa mendatang.

Peningkatan signifikan pada bus kecil dari 70 unit pada 2023 menjadi 1405 unit pada 2025 memperlihatkan perubahan pola transportasi masyarakat. Perubahan tersebut akan memberikan beban tambahan pada lapisan perkerasan karena peningkatan jumlah kendaraan dengan beban

gandar lebih besar [19]. Temuan ini konsisten dengan penelitian terdahulu yang menyatakan bahwa pertumbuhan lalu lintas pada jalan kolektor semi perkotaan memiliki pola fluktuatif dan cenderung meningkat secara tajam ketika terjadi pergeseran moda transportasi.

Analisis ini menegaskan urgensi perencanaan ulang tebal perkerasan jalan Desa Kradenan dengan metode AASHTO 1993. Penggunaan perkerasan beton semen diharapkan memberikan daya tahan lebih tinggi terhadap beban lalu lintas rencana, mengurangi frekuensi pemeliharaan, serta meningkatkan umur layanan jalan [20]. Penerapan strategi perkuatan tanah dasar dengan semen Portland juga direkomendasikan untuk meningkatkan daya dukung subgrade sehingga konstruksi perkerasan lebih stabil [21].

4. KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa ruas Jalan Utama Desa Kradenan Brebes memiliki klasifikasi jalan kolektor sekunder dengan lebar perkerasan 7 meter dan panjang 1.000 meter. Data topografi mengindikasikan kondisi geometris jalan yang masih dapat menunjang pergerakan lalu lintas, namun peningkatan volume kendaraan menuntut adanya perbaikan kapasitas perkerasan. Analisis data lalu lintas memperlihatkan bahwa arus kendaraan terdiri dari lalu lintas campuran dengan dominasi sepeda motor, mobil pribadi, truk ringan, dan kendaraan tidak bermotor.

Perhitungan laju pertumbuhan lalu lintas rata-rata pada periode 2021–2025 menghasilkan nilai pertumbuhan yang bervariasi, dengan rata-rata tertinggi terjadi pada kategori truk ringan 2 sumbu sebesar 10,67% dan truk semi trailer sebesar 11,67%. Perhitungan faktor pertumbuhan kumulatif untuk umur rencana 5, 10, 15, dan 20 tahun menunjukkan tren peningkatan signifikan dengan nilai masing-masing sebesar 5,009; 10,042; 15,100; dan 20,181. Proyeksi LHRT untuk 20 tahun ke depan memperlihatkan peningkatan volume lalu lintas tertinggi pada sepeda motor sebesar 691 skr/jam dan kendaraan tidak bermotor sebesar 306 skr/jam, sedangkan truk gandeng menunjukkan volume terendah sebesar 0,8 skr/jam.

Kapasitas jalan eksisting sebesar 2.344 skr/jam berpotensi tidak mampu menampung beban lalu lintas masa depan apabila peningkatan kendaraan terus terjadi. Kondisi tersebut menegaskan urgensi peningkatan perkerasan menggunakan beton semen (rigid pavement) agar umur rencana dapat terpenuhi, kapasitas jalan tetap terjaga, serta kinerja pelayanan jalan pada Ruas Jalan Utama Desa Kradenan Brebes tetap optimal dalam jangka panjang.

DAFTAR REFERENSI

- [1] A. A. of S. H. A. T. O. (AASHTO), *Intern Guide For Design of Pavement Structures*. USA, 1993.
- [2] Sukirman, "Dasar-Dasar Perencanaan Geometrik Jalan," 1999.
- [3] H. Saodang, *Konstruksi Jalan Raya*. Bandung: Penerbit Nova, 2005.
- [4] D. M. Sinaga, "Perencanaan Tebal Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*) dengan Metode AASHTO 1993 pada Jalan Akses Menuju Lokasi Pelabuhan Tanjung Kalab di Bumi Harjo Kabupaten Kotawaringin Barat Provinsi Kalimantan Tengah," *J. Tek. Sipil Univ. Palangka Raya*, 2018.
- [5] H. C. Hardiyatmo, *Perencanaan Perkerasan Jalan & Penyelidikan Tanah*. Yogyakarta: UGM Press, 2015.
- [6] E. J. Yoder and M. W. Witczak, *Principles of Pavement Design*, 2nd ed. New York: John Wiley & Sons, Inc., 1975.
- [7] U. I. M., S. A. R., and P. J. J. S., "Analisa Faktor Penyebab Kerusakan Jalan (Studi Kasus Ruas Jalan W. J. Lalamentik dan Ruas Jalan GOR Flobamora)," *J. Tek. Sipil*, vol. 3, no. 1, pp. 13–18, doi: 10.35508/jts.3.1.13-18.
- [8] A. A. Azis, "Perencanaan Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*) Jalan Desa Saliki Muara Badak," 2012.
- [9] P. A., "Analisis Perbandingan Umur Rencana Perkerasan Lentur dan Perkerasan Kaku pada Ruas Jalan," 2017.
- [10] A. Suryawan, *Perkerasan Jalan Beton Semen Portland (Rigid Pavement)*. Yogyakarta: Penerbit Beta Offset, 2016.
- [11] M. A. Hartono and E. A. Latifa, "Analisis Perkerasan Kaku Metode AASHTO 1993 Dan Metode AUSTRROADS 2012 terhadap Keekonomisan Biaya," *Modul. Media Komun. Dunia Ilmu Sipil*, vol. 2, no. 2, p. 26, 2020, doi: 10.32585/modulus.v2i2.1473.
- [12] H. C. Hardiyatmo, *Perancangan Perkerasan Jalan dan Penyelidikan Tanah*. Yogyakarta: Gadjah



- Mada University Press, 2015.
- [13] M. F. Rozi and A. Sabilah, "Perencanaan Pelebaran Ruas Jalan Pelabuhan Kendal Menggunakan Perkerasan Kaku Metode AASHTO 1993 STA 0+000 - 4+000," Universitas Semarang, Semarang, 2018.
 - [14] S. L. Hendarsin, *Penuntun Praktis Perencanaan Teknik Jalan Raya*. Bandung: Politeknik Negeri Bandung Jurusan Teknik Sipil, 2000.
 - [15] A. Suryawan, "Analisa Desain Perkerasan Kaku Berdasarkan NAASHTO 1993."
 - [16] R. A. Bayu Chandra Hendri, *Evaluasi Geometrik Jalan dan Perencanaan*. Malang: Universitas Brawijaya.
 - [17] Y. H. Huang, *Pavement Analysis and Design*. Upper Saddle River, NJ: Pearson, 2003.
 - [18] T. R. B. (NCHRP P. 1-37A), "Mechanistic-Empirical Pavement Design Guide (MEPDG) — Final Report," National Academies / TRB, Washington, DC, 2004.
 - [19] F. H. A. (FHWA), "Rigid Pavement Analysis and Design (FHWA report)," FHWA, USA, 1988.
 - [20] I. R. Congress, "IRC:58-2015 Guidelines for the Design of Plain Jointed Rigid Pavements for Highways (Fourth Revision)," 2015, *Indian Roads Congress (IRC), New Delhi, India*.
 - [21] F. D. of T. (FDOT), "Rigid Pavement Design Manual," 2019, *FDOT, Tallahassee, FL, USA*.