

**(ANALISIS TEBAL PERKERASAN LENTUR MENGGUNAKAN
METODE MANUAL DESAIN PERKERASAN 2017 DAN
AUSTROADS 2017
(STUDI KASUS : JALAN SOEKARNO HATTA, SIMPANG
GEDEBAGE-BUNDARAN CIBIRU)**

Lathifah Nasayyifah Sopian¹, An An Anisarida²

^{1,2} Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Winaya Mukti

Jl. Pahlawan No.69,Bandung

Email : nasayyidahl@gmail.com, ananisanisarida@gmail.com

Abstract

Roads are an infrastructure sector that plays a very important role in the economic growth of a region. Flexible pavement is pavement that uses an asphalt mixture as a surface layer, generally for vehicles to pass on. In this study, flexible pavement was used using the 2017 manual pavement design method and the 2017 Austroad method on the Soekarno Hatta road section, Simpang Gede Bage-Bunderan Cibiru, which is a national road, including an arterial road. The results of the analysis using the 2017 manual pavement design method obtained AC-WC 4cm, AC-BC 6 cm, AC-Base 10.5 cm, LFA Class A 30 cm and the 2017 austroads method obtained AC-WC with a thickness of 4 cm and AC-BC with 6 cm thick as the surface layer, AC-Base as the top foundation layer with a thickness of 14.5 cm and LFA Class A as the bottom foundation layer with a thickness of 30 cm.

Keywords: Road, flexible pavement

Abstrak

Jalan merupakan salah satu sektor infrastruktur yang berperan sangat penting dalam pertumbuhan ekonomi suatu wilayah. Perkerasan lentur (*flexible pavement*) adalah perkerasan yang menggunakan campuran aspal sebagai lapis permukaan, umumnya untuk dilalui kendaraan. Pada penelitian ini menggunakan perkerasan lentur metode manual desain perkerasan 2017 dan metode austroad 2017 pada ruas Jalan Soekarno Hatta, Simpang Gede Bage-Bunderan Cibiru merupakan Jalan Nasional termasuk dalam jalan arteri. Hasil analisis menggunakan metode manual desain perkerasan 2017 didapat AC-WC 4cm, AC-BC 6 cm, AC-Base 10,5 cm, LFA Kelas A 30 cm dan metode *austroads* 2017 didapat AC-WC dengan tebal 4 cm dan AC-BC dengan tebal 6 cm sebagai lapis permukaan, AC-Base sebagai lapis pondasi atas dengan tebal 14,5 cm dan LFA Kelas A sebagai lapis pondasi bawah dengan tebal 30 cm.

Kata kunci : Jalan, Perkerasan lentur.

1. PENDAHULUAN

Arus lalu lintas dan volume lalu lintas di jalan tersebut semakin meningkat dari tahun ke tahun. Peningkatan volume lalu lintas akan membutuhkan upaya untuk mengimbangi pembangunan infrastruktur jalan (Anisarida et al., 2020), Seiring dengan pesatnya dan pertumbuhan ekonomi, peranan transportasi khususnya transportasi darat sangat dibutuhkan (Anisarida & Rusmayadi, 2021). Pesatnya pertumbuhan suatu daerah menyebabkan jumlah kendaraan semakin meningkat. Menurut data dari Badan Pusat Statistik (BPS) terjadi peningkatan jumlah kendaraan 5% pertahunnya. Hal ini tidak didukung dengan jumlah kapasitas jalan yang sudah ada maka dari itu perlu adanya pembuatan jalan baru untuk menunjang salah satu masalah tersebut (Mantiri et al., 2019).

Konstruksi perkerasan jalan dapat dibagi menjadi konstruksi perkerasan jalan fleksibel, konstruksi perkerasan lentur (*flexible pavement*) konstruksi perkerasan kaku (*rigid pavement*) dan konstruksi perkerasan komposit (*composite pavement*). Permukaan jalan merupakan bagian dari prasarana lalu lintas dan berfungsi antara lain sebagai penerima beban lalu lintas yang disalurkan melalui roda kendaraan.

Perkerasan jalan terdiri dari lapisan permukaan (*surface course*), lapis pondasi bawah (*subbase course*) dan tanah dasar (*subgrade*). Lapisan- lapisan tersebut berfungsi untuk menerima dan

menyebarkan beban lalu lintas tanpa menimbulkan kerusakan yang berarti pada konstruksi jalan itu sendiri (Manuputty et al., 2022).

Metodologi Manual Desain Perkerasan Jalan 2017 merupakan metodologi terbaru yang diterbitkan oleh Bina Marga dan Metode *Austroads* 2017 merupakan metode terbaru yang diterbitkan oleh Pemerintah *Australia*. (Trimardiah Rante Samban et al., 2022).

Berdasarkan hal tersebut, penulis melakukan penelitian untuk Analisis tebal perkerasan lentur dengan studi kasus Jalan Soekarno Hatta (Simpang Gedebage-Bundaran Cibiru) menggunakan metode *austroads* 2017 dan metode MDP 2017.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Perkerasan lentur (*Flexible Pavement*)

Perkerasan lentur merupakan campuran agregat batu pecah, pasir, material pengisi (filler), dan aspal yang kemudian dihamparkan lalu dipadatkan. Perkerasan lentur dirancang untuk melendut dan kembali lagi ke posisi semula bersama-sama dengan tanah-dasar pada saat menerima beban. Perancangan perkerasan lentur didasarkan pada teori elastis dan pengalaman lapangan. Teori elastis pada perkerasan sendiri untuk menganalisis regangan dalam setiap lapisan agar defleksi permanen tidak terjadi. (Henri, 2018)

Struktur perkerasan jalan terdiri dari beberapa lapis material yang diletakkan pada tanah dasar (Henri, 2018). Bahan konstruksi perkerasan lentur terdiri atas : bahan ikat (aspal dan batu). Perkerasan ini umumnya terdiri dari 3 lapisan atau lebih yaitu : lapisan permukaan, lapisan pondasi bawah yang terletak di atas tanah dasar (*subgrade*). Lapis permukaan terdiri dari 2 lapisan yaitu lapis non struktural (*wearing course*) dan lapis struktural (*binder course*). Lapis pondasi dapat terdiri dari 2 lapisan yaitu LPA (*base course*) dan LPB (*sub base course*).

2.2 Desain Perkerasan Jalan Metode Manual Desain Perkerasan 2017

Dirjen Bina Marga telah mengeluarkan Manual Perkerasan Jalan 2017 yang kini ditetapkan sebagai patokan perencanaan atau rehabilitasi perkerasan jalan. ("Kementrian Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat Direktorat Jendral Bina Marga," 2017)

Metode desain yang digunakan dalam Manual Desain Perkerasan 2017 merupakan metode mekanistik empiris yang banyak digunakan di berbagai negara berkembang saat ini. Metode ini menggunakan prinsip mekanis untuk melakukan analisis struktur perkerasan dan menggunakan hasilnya untuk memprediksi kinerja struktur berdasarkan pengalaman.

Parameter serta perhitungan untuk menentukan tebal lapisan perkerasan lentur berdasarkan Metode Manual Perkerasan Jalan 2017 sebagai berikut: (Farida & Noer Hakim, 2021).

1. Umur rencana jalan
2. Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas
3. Lalu Lintas Pada Lajur Rencana
4. Faktor Ekuivalen Beban
5. Beban Sumbu Standar Kumulatif *Cumulative Equivalent Single Axle Load* (CESAL)
6. Penentuan jenis perkerasan
7. Penentuan jenis pondasi

2.3 Desain Perkerasan Jalan Metode *Austroads* 2017

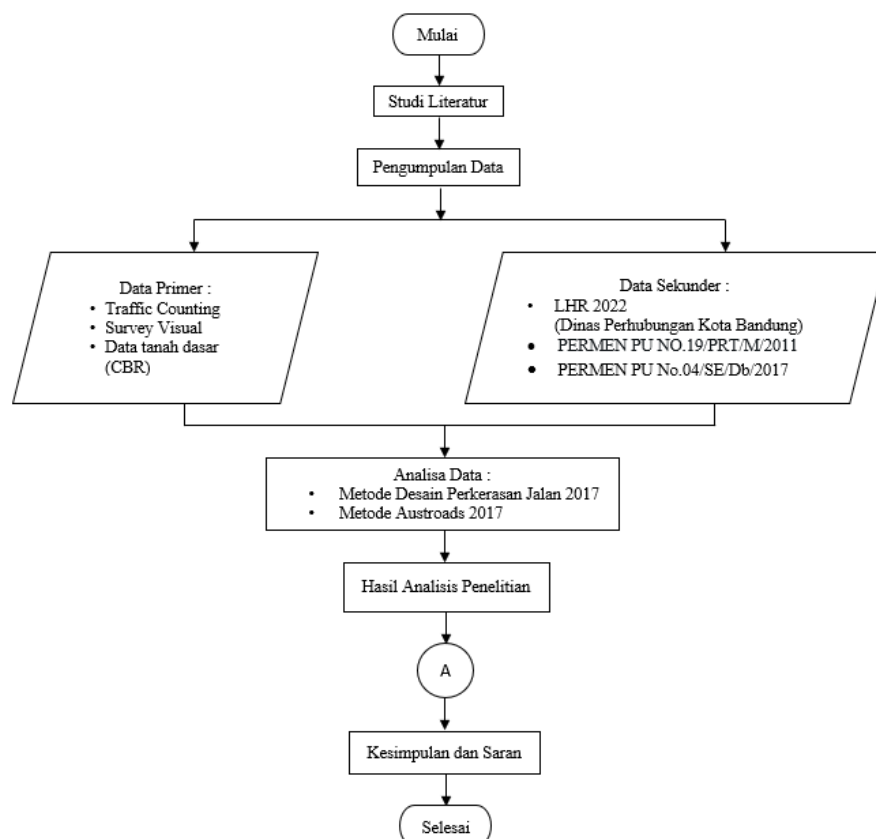
Metode *Austroads* merupakan metode mekanistik yang dikembangkan berdasarkan teori matematis dari regangan pada setiap lapis perkerasan akibat beban berulang dari lalu lintas. Metode mekanistik yang banyak digunakan biasanya berdasarkan teori elastik yang membutuhkan modulus *elastisitas* dan *rasio poisson* dari setiap bahan lapis perkerasan (Sutrisno, 2011). Metode ini awalnya dikembangkan pada tahun 1987 sebagai hasil dari tinjauan pedoman awal untuk desain ketebalan

perkerasan dari NAASRA (*National Association of Australian State Road Authorities*). Adapun parameter dan metode perencanaan tebal perkerasan dengan metode Austroads dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Perhitungan lalu lintas rencana
 - a. Perhitungan % kendaraan komersial
 - b. Nilai harian rata-rata ESA (Ni)
 - c. Pertumbuhan Lalu Lintas
 - d. Perhitungan *Equivalent Standart Axles* (ESA)
 - e. *Cumulative Heavy Vehicle Axle Group* (N_{DT})
 - f. *Design Equivalent Standard Axles* (DESA)
2. Perhitungan lapis perkerasan

3. METODOLOGI

Pada tahap pengumpulan data ini ada dua metode pengumpulan data yaitu data primer dan data sekunder. Data primer yang digunakan adalah dikumpulkan langsung dari peneliti tanpa perantara, sehingga data yang diperoleh berupa data mentah sedangkan data sekunder data yang dikumpulkan melalui perantara atau pihak yang sebelumnya mengumpulkan data, yaitu data yang tidak dikumpulkan sendiri secara langsung, dalam data sekunder yang digunakan dari dinas perhubungan kota bandung berupa data sebagai berikut:



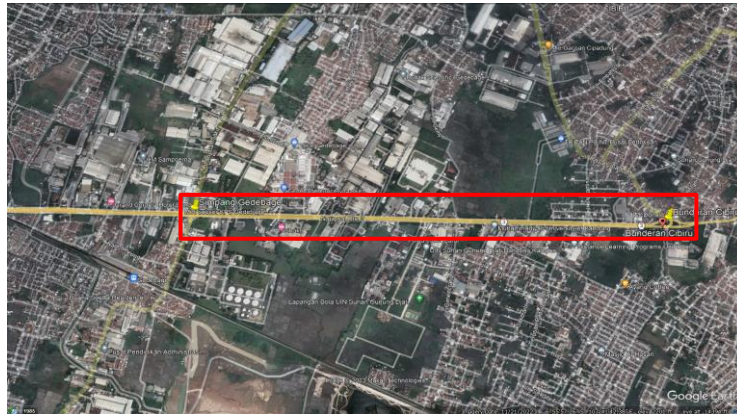
Gambar 3.1 Diagram Alir Penyusunan

Sumber : Penyusun

4. ANALISIS DATA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Studi kasus

Pada penelitian ini dilakukan di kota Bandung di jalan Soekarno Hatta-Simpang Gede Bage – Bunderan Cibiru. Selain itu Jalan Soekarno Hatta dikenal dengan nama jalan By Pass Soekarno Hatta merupakan bagian dari jalan nasional yang menghubungkan kota-kota di selatan pulau jawa, Jalan Soekarno Hatta memanjang dari barat ke timur menghubungkan perempatan Bundaran Cibeureum (sisi Barat dengan Jalan Jenderal Sudirman dan Jalan Elang Raya) dengan pertigaan Bundaran Cibiru (sisi Timur dengan Jalan Jenderal Abdul Haris Nasution dan Jalan Raya Cinunuk). Pada analisis yang diperoleh berupa data lalu lintas harian transportasi di kota bandung, seperti berikut:



Gambar 4.2 Peta Jl. Soekarno Hatta, Simpang Gedebage-Bunderan Cibiru

Sumber : Google Eart



4.3 lokasi penelitian berdasarkan STA 0+000 – STA 2+783

Sumber : Dokumentasi Pribadi

4.2 Metode Manual Desain Perkerasan

1. Lalu lintas harian

Data lalu lintas yang digunakan dalam di konversikan terdahulu kedalam smp/hari untuk mengetahui perbandingan antara kedua data hasil survey lalu lintas. Dari data lalu lintas harian perpaduan antara data sekunder di dapat dari Dinas Perhubungan Kota Bandung selama 2 jam selama 4 hari dalam 1 tahun dan data primer di dapat dari lalu lintas harian selama 12 jam selama 7 hari, sehingga data yang digunakan data primer lalu lintas sebagai perbandingan data sekunder dari Dinas Perhubungan Kota Bandung. Data lalu lintas yang digunakan adalah data lalu lintas harian rata-rata dapat di lihat dalam tabel dan gambar sebagai, berikut :



Gambar 4.1 Survey lalu lintas harian selama 7 hari dalam 12 jam

Sumber : Dokumentasi pribadi

4.1 Data survey lalu lintas harian rata-rata

No	Golongan	Jenis Kendaraan	Jumlah Kendaraan / 2 Arah	Konversi
				Smp
1	1	Sepeda Motor	73911	10559
2	2	Sedan, Jeep, Dan Station Wagon	20808	2973
3	3	Oplet, Sub-Urban, Combi, Mini Bus, Angkot Dan Taxi	1355	194
4	4	Pick Up, Micro Truk, Dan Mobil Hantaran	590	84
5	5b	Bus Besar	439	63
6	6a	Truk 2 as sumbu 4 roda	399	57
7	6b	Truck 2 as sumbu 6 roda	179	26
Total				13954

Sumber : Hasil perhitungan

2. Nilai CBR

Nilai CBR didapat dari data primer pengujian lapangan. CBR pada segmen jalan simpang Gedebage-Bunderan Cibiru. Penentuan nilai CBR hasil pengurutan dari nilai terkecil sampai terbesar dapat dilihat dalam tabel dan gambar sebagai, berikut :



Gambar 4.2 Pengujian DCP (Dynamic Cone Penetrometer) Tanah pada 9 titik pengujian di ambil 300 m per titik pada panjang jalan 2.700 m

Sumber : Dokumentasi Pribadi

4.2 Nilai CBR Desain masing-masing segmen

No	Segmen	STA	CBR Desain
1	I	0+300	3.669
2	II	0+600	3.804
3	III	0+900	4.108
4	IV	1+200	3.825
5	V	1+500	3.935
6	VI	1+800	3.469
7	VII	2+100	3.84
8	VIII	2+400	3.923
9	IX	2+700	3.886
			3.828

Sumber: Hasil perhitungan

3. Tebal perkerasan lentur metode Manual Desain Perkerasan 2017

Pada perhitungan dengan menggunakan metode manual desain perkerasan 2017 didapat $Cesal_4$ dan $Cesal_5$ sebagai berikut :

4.3 Penentuan nilai CESAL berdasarkan jenis kendaraan

No	Golongan	Jenis Kendaraan	LHR	VDF ₄	VDF ₅	D _D	D _L	R	Jumlah Hari dalam 1 Tahun	CESAL ₄	CESAL ₅
a	b	c	D	e	f	g	h	i	j	$k = d \times e \times g \times h \times i \times j$	$l = d \times f \times g \times h \times i \times j$
1	1	Sepeda Motor	880	0	0	0.5	0.8	20.091	365	0	0
2	2	Sedan, Jeep, Station Wagon	248	0	0	0.5	0.8	20.091	365	0	0
3	3	Oplet, Pick-Up Oplet, Minibus	16	0	0	0.5	0.8	20.091	365	0	0
4	4	Pick Up, Mikro Truck	7	0	0	0.5	0.8	20.091	365	0	0
5	5b	Bus Besar	5	1.0	1.0	0.5	0.8	20.091	365	14666.43	14666.43
6	6a	Truck 2 Sumbu 4 Roda	5	0.5	0.55	0.5	0.8	20.091	365	7333.215	8066.5365
7	6b	Truck 2 Sumbu 6 Roda	2	4	5.1	0.5	0.8	20.091	365	23466.288	29919.517
									Σ	45465.933	52652.484
									cesal	98118.4167	

Sumber : Hasil Perhitungan

Pada perhitungan manual desain perkerasan 2017 didapat nilai parameter sebagai berikut :

4.4 Parameter Manual desain perkerasan 2017

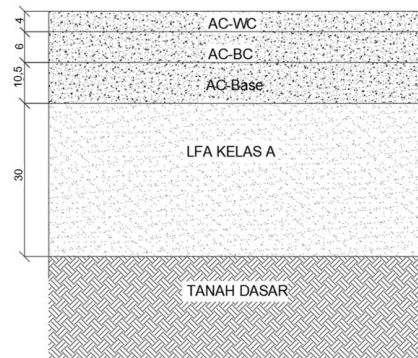
Parameter	Keterangan
Laju pertumbuhan lalu lintas	4,81%
Umur rencana	20 tahun
Tipe jalan	4/2 arah
CBR tanah	3,828
$Cesal_4$	45465,93
$Cesal_5$	53652,48

Sumber : Hasil perhitungan

Dengan menggunakan perhitungan penentuan jenis dan tebal perkerasan lentur, maka didapatkan tebal lapis perkerasan, sebagai berikut :

1. lapis permukaan AC-WC 4 cm

2. Lapis Permukaan AC-BC 6 cm
3. Lapis Pondasi Atas AC-Base 10.5 cm
4. Lapis Pondasi Bawah LFA Kelas A 30 cm



Gambar 4.3 Tebal setiap lapis perkerasan manual desain perkerasan 2017

4. Tebal perkerasan lentur metode Austroads 2017

Pada perhitungan tersebut didapat nilai parameter dengan menggunakan metode *austroads* 2017, sebagai berikut :

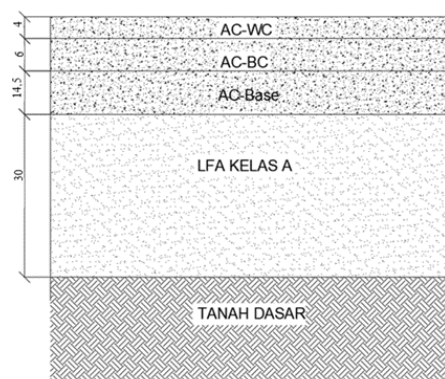
4.5 Parameter *Austroads* 2017

Parameter	Keterangan
Nilai Ni	60.002
Pertumbuhan Lalu Lintas	32,38%
Nilai Esa	$7,09 \times 10^4$
Kendaraan Gandar (N_{DT})	$1,7 \times 10^5$
<i>Design Number Esa Of Traffic Loading (Desa)</i>	4821200000

Sumber : Hasil Perhitungan

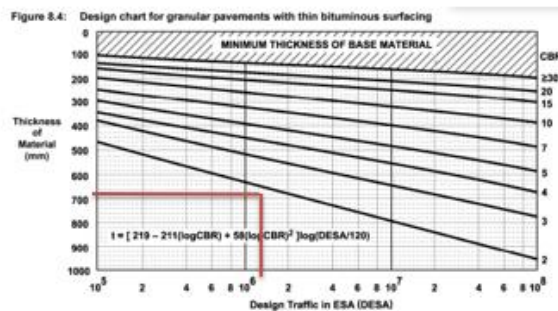
Dengan menggunakan perhitungan penentuan jenis dan tebal perkerasan lentur, maka didapatkan tebal lapis perkerasan, sebagai berikut :

1. lapis permukaan AC-WC 4 cm
2. Lapis Permukaan AC-BC 6 cm
3. Lapis Pondasi Atas AC-Base 14.5 cm
4. Lapis Pondasi Bawah LFA Kelas A 30 cm



Gambar 4.4 Lapis perkerasan

Hasil dari perhitungan *Austroads* 2017 di dapat diagram lapis permukaan sebagai berikut :



Gambar 4.5 Diagram lapis perkerasan

5. KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan kedua metode di atas dapat di ambil kesimpulan, sebagai berikut :

1. Tebal lapis perkerasan lentur yang didapatkan menggunakan metode manual desain perkerasan 2017 adalah AC-WC dengan tebal 4 cm dan AC-BC dengan tebal 6 cm sebagai lapis permukaan, AC-Base sebagai lapis pondasi atas dengan tebal 10,5 cm dan LFA Kelas A sebagai lapis pondasi bawah dengan tebal 30 cm.
2. Tebal lapis perkerasan lentur yang didapatkan menggunakan metode *austroads* 2017 adalah AC-WC dengan tebal 4 cm dan AC-BC dengan tebal 6 cm sebagai lapis permukaan, AC-Base sebagai lapis pondasi atas dengan tebal 14,5 cm dan LFA Kelas A sebagai lapis pondasi bawah dengan tebal 30 cm.
3. Hasil dari perhitungan menggunakan metode manual desain perkerasan 2017 dan *austroads* 2017 adalah lebih besar metode *austroads* 2017

DAFTAR PUSTAKA

- Abdul Rahman, A., Suraji, A., & Cakrawala, M. (2022). Analisis Perbedaan Struktur Perkerasan Jalan Menggunakan Beban Sumbu Standar Dan Beban Sumbu Riil. *BOUWPLANK Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Dan Lingkungan*, 1(1), 1–14. <https://doi.org/10.31328/bouwplank.v1i1.213>
- Anisarida, A. A., Hafudiansyah, E., & Kurniawan, E. (2020). Perencanaan Tebal Perkerasan Ruas Jalan a Di Kabupaten Lebak. *Jurnal Teknik Sipil Cendekia (Jtsc)*, 1(1), 1–14. <https://doi.org/10.51988/vol1no1bulanjulitahun2020.v1i1.4>
- Anisarida, A. A., Prabowo, S., & Seran, Engelbertha N Bria, Ratu, J. C. (2017). *METODE MEKANISTIK-EMPIRIS UNTUK MENGEVALUASI TEBAL PERKERASAN LENTUR MENGGUNAKAN PROGRAM (STUDI KASUS: 1 . 1 Latar Belakang Infrastruktur jalan adalah satu diantara aspek dalam memberikan kesejahteraan umum serta sebagai prasarana dasar dalam pelayanan*. 554–569.
- Anisarida, A. A., & Rusmayadi, D. (2021). *ANALISI KINERJA JALAN MOHAMAD TOHA DENGAN ATAU TANPA MARKA JALAN*. 2(1), 84–114.
- Ashari, D. F. (2023). *EVALUASI PERKERASAN LENTUR MENGGUNAKAN METODE AUSTROADS 2017 DENGAN PROGRAM CIRCLY 6.0 (Studi Kasus: Jalan Milir – Sentolo, Yogyakarta)*. 4(1), 88–100.
- AUSTROADS. (2017). *Pavement Design : A Guide to the Structural Design of Road Pavements. Deterioration and Maintenance of Pavements*, 233–243. www.austroads.com.au
- Dinas Perhubungan Bina Marga. (2022). *Dinas Perhubungan Kota Bandung*. Mi, 5–24. [file:///C:/Users/ASUS/Downloads/data dishub kota bandung/Laporan Akhir LHR 2022.pdf](file:///C:/Users/ASUS/Downloads/data%20dishub%20kota%20bandung/Laporan%20Akhir%20LHR%202022.pdf)
- Farida, I., & Noer Hakim, G. (2021). Ketebalan Perkerasan Lentur Dengan Metode AASHTO 1993 Dan Manual Perkerasan Jalan 2017. *Jurnal Teknik Sipil Cendekia (Jtsc)*, 2(1), 59–68. <https://doi.org/10.51988/vol1no1bulanjulitahun2020.v2i1.30>
- Febriansyah, M. A., Ratnaningsih, D., & Subagyo, U. (2020). *Perencanaan Ulang Pakerasan Lentur Holdingbay Pada Area N1 Dan N7 Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya Dengan*

- Metode Cbr. 1*, 24–29. <https://doi.org/10.55404/jos-mrk.2020.01.01.24-29>
- Henri. (2018). Teori Perkerasan Lentur dan Perkerasan Jalan. *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952., 16–41.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat; Direktorat Jenderal Bina Marga. (2017). *Manual Desain. 02*.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat; Direktorat Jenderal Bina Marga. (2021). *Desain Preservasi dan Jembatan Jabar 1 pada Jalan Nasional*. <https://www.adhyaksapersada.co.id/konsultan-perencana/>
- Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Direktorat Jendral Bina Marga. (2017). *Kementrian Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat Direktorat Jendral Bina Marga Dirjen Manual Desain Perkerasan Jalan (Revisi 2017)*. [https://doi.org/Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat ;Direktorat Jendral Bina Marga](https://doi.org/Kementrian%20Pekerjaan%20Umum%20dan%20Perumahan%20Rakyat%20Direktorat%20Jendral%20Bina%20Marga). (2017). Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Direktorat Jendral Bina Marga.
- Mantiri, C. C., Sendow, T. K., & Manoppo, M. R. E. (2019). Analisa Tebal Perkerasan Lentur Jalan Baru Dengan Metode Bina Marga 2017 Dibandingkan Metode Aashto 1993. *Jurnal Sipil Statik*, 7(10), 1303–1216.
- Manuputty, T. L., Matitaputty, V. M., & Paulus, N. (2022). *Analisis Tebal Perkerasan Lentur Dengan Metode Manual Desain Perkerasan Jalan (MDP 2017) Pada Ruas Jalan Desa Kowatu - Desa Ramberu, Kecamatan Inamosol, Kabupaten Seram Bagian Barat*. 10(1), 1–52. <https://doi.org/10.21608/pshj.2022.250026>
- Prasetya., A. Y. (2019). *Tugas akhir analisis perencanaan pelebaran ruas jalur perkerasan lentur di jalan simpang jambur – desa lubuk cemara perbaungan*.
- Rahmawati, A., Setiawan, D., Pangestu, M. A. Y., & Aulia, R. A. (2018). Evaluasi Tebal dan Analisis Kerusakan Perkerasan Lentur Menggunakan Metode Analisa Komponen, Austroads, Asphalt Institute dan Program Kenpave. *Jurnal UMM*, 16(2), 79–85.
- Setyarini, N., & Wijaya, J. (2021). Panduan Penggunaan Pedoman Perencanaan Tebal Perkerasan Jalan Lentur Bina Marga 2017. In ... *Perkerasan Jalan Lentur Bina Marga ...* (Issue February). http://repository.untar.ac.id/14436/1/buktiabdi_10394018_13E211028.pdf
- Sukirman, S. (2010). Perencanaan Tebal Struktur Perkerasan Lentur. In *Isbn: 978-602-96141-0-7* (Vol. 53, Issue 9).
- Sutrisno, A. D. I. (2011). *ANALISA TEBAL PERKERASAN LENTUR DENGAN METODE ANALISA KOMPONEN, AASHTO 1993, DAN AUSTROADS 1992 (STUDI KASUS : JALAN RUAS KM . 35 – PULANG PISAU) Disusun Oleh :*
- Trimardiah Rante Samban, Jazir, A. M., Haryanto, B., Sipil, T., & Samarinda, U. M. (2022). *Analisa Tebal Perkerasan Lentur Dengan Metode MDP 2017 dan Austroads 2017 Pada Simpang 4 Outer Ringroads-Bandara Samarinda Baru Samarinda , Kalimantan Timur Manual Desain Perkerasan Jalan 2017*. 10(3), 147–158. <https://doi.org/10.31293/teknikd>.