

Perencanaan Perkerasan Jalan Berdasarkan Lalu Lintas Angkutan Batubara di Kalimantan Timur

Anno Mahfuda ^{a*}, Muh Bahrul Ulum Al Karimi ^a, Nevy Risna Dyah Kumala^a

^a Departemen Teknik Sipil dan Perencanaan Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro

Corresponding Author:

Email:

annomahfuda@lecturer.undip.ac.id

Keywords:

Flexible Pavement, Heavy Vehicle

Received :

Revised :

Accepted :

Abstract: *One of the many issues with traffic in the mining sector is the large number of cars carrying heavy vehicle. A study was carried out with coal transportation traffic in East Kutai, East Kalimantan. The purpose of this study is to present a perspective in order to resolve the road pavement problem for supporting the heavy vehicle and traffic. Bina Marga 2017 will be used in this study's flexible pavement design, which takes into consideration location, ESA considerations, and scheduled pavement maintenance. With a Class A LPA foundation layer, the flexible pavement type that was acquired is Asphalt Concrete with ≥ 100 mm thickness and granular base layer. This pavement is expected to be feasible to handle current traffic.*

Copyright © 2021 POTENSI-UNDIP

1. PENDAHULUAN

Berkembangnya teknologi secara pesat mengakibatkan banyaknya aktivitas lalu lintas di berbagai akses dan infrastruktur yang ada. Hal ini juga memicu adanya penambahan panjang akses jalan yang cukup tinggi per tahunnya (Mahfuda et al., 2023). Pertambahan jumlah kendaraan, menuntut para akademisi terutama di bidang teknik sipil untuk memperdalam kemampuannya dalam meningkatkan sarana infrastruktur terutama jalan (Zhafirah, 2022). Kondisi tersebut juga berbanding lurus dengan perkembangan perekonomian, salah satunya adalah pertumbuhan di sektor pertambangan yang berkembang dari tahun ke tahun (Khairani et al., 2019; Yuniarto et al., 2022). Pertumbuhan tersebut akan berdampak pada perkerasan jalan yang mendukung beban lalu lintas yang akan berkerja, sehingga perlu perencanaan jalan yang matang agar tingkat pelayanan, kenyamanan, dan keamanan pengguna jalan bisa terwujud (Hartono & Latifa, 2020).

Jalan yang ditinjau dalam penelitian ini adalah jalan yang dilintasi untuk mengangkut hasil tambang berupa batubara di Kabupaten Kutai Timur, Kalimantan Timur. Lalu lintas yang cukup berat dan tinggi dalam setiap jamnya akan memerlukan adanya daya dukung yang baik (Utomo et al., 2017). Kondisi lalu lintas yang berat akan mengerucutkan jenis perkerasan yang akan digunakan. Berdasarkan faktor kondisi daerah dan lalu lintas yang ada serta topografi yang ada, maka jenis perkerasan jalan yang akan digunakan adalah perkerasan lentur. Perkerasan lentur di Indonesia sudah sering digunakan untuk mendukung beban dan volume lalu lintas pada tingkat sedang maupun tinggi (Adiman & Yuda Pranata, 2024; Firdziawan & Sastrodiningrat, 2022; Juniarti et al., 2021; Novriani et al., 2024). Ditinjau dari sisi ekonomis, perkerasan lentur juga memiliki nilai yang lebih rendah bilamana dibandingkan dengan perkerasan kaku ataupun perkerasan komposit, sehingga hal ini menjadi pertimbangan peneliti dalam menentukan jenis perkerasan yang akan digunakan (Hendriansyah & Widayanti, 2017; Kartadipura, 2011; Maklas & Erizal, 2019; Rifhan & Susilo, 2021). Pemilihan jenis perkerasan lentur didasarkan pada pemeliharaan dan perawatan perkerasan, sehingga biaya yang akan dikeluarkan dapat berjalan dengan prinsip efisiensi dan efektivitas (Hendriansyah & Widayanti, 2017; Kartadipura, 2011; Nur, 2019; Rachmayati, 2014).

Perencanaan perkerasan jalan banyak ditemukan dengan menggunakan berbagai macam peraturan yang ada. Perencanaan perkerasan jalan dapat menggunakan metode yang dituangkan di dalam peraturan Bina Marga 2002 dan Bina Marga 2011 (Juniarti et al., 2021). Bina Marga juga terus melakukan pembaharuan salah satunya adalah peraturan perkerasan jalan Bina Marga 2017 (Adiman & Yuda Pranata, 2024; Darmawan & Lizar, 2020; Hidiyati et al., 2023; Novriani et al., 2024). Peraturan

lain yang berlaku di negara lain juga dapat diadopsi ke dalam metode penentuan tebal perkerasan jalan seperti Austroad 2012 dan AASHTO 1993 (Hartono & Latifa, 2020). Penggunaan metode penentuan jenis dan tebal perkerasan lentur dapat menggunakan metode AASHTO 1993 dan SNI Pd T-14-2003 (Maklas & Erizal, 2019). Penelitian ini akan merencanakan jenis dan tebal perkerasan lentur dengan menggunakan Bina Marga 2017, sebab peraturan ini dianggap masih cukup relevan dengan kondisi lalu lintas dan kondisi daerah yang akan ditinjau.

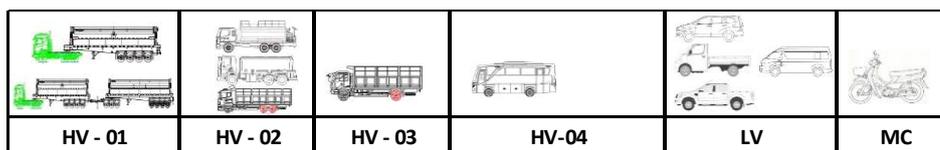
2. DATA DAN METODE

Berdasarkan hasil observasi di daerah yang telah dipilih, maka didapatkan data lalu lintas harian yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Lalu Lintas harian rata-rata (LHR)

Jenis Kendaraan	LHR
HV-01	292
HV-02	63
HV-03	12
HV-04	18
LV-05	73
MC	0

Bilamana disinkronkan dengan tipe kendaraan yang terdapat pada Bina Marga 2017, maka HV-01 adalah kendaraan golongan 7c, HV-02 adalah kendaraan golongan 7a, HV-03 adalah kendaraan golongan 6, HV-04 adalah kendaraan golongan 5a atau bus, LV-05 adalah kendaraan golongan 2, dan MC adalah kendaraan bermotor beroda dua. Konversi tersebut didapatkan dari hasil observasi di persimpangan yang sudah ditentukan dengan membandingkan antara kendaraan yang melintas dengan daftar kriteria kendaraan yang berada di dalam Bina Marga 2017 pada Gambar 2. Adapun keterangan tentang tipe kendaraan pada lalu lintas angkutan batubara di Kutai, Kalimantan Timur dapat dilihat pada Gambar 1 di bawah ini.



Keterangan :

(HV-01) Trailer /Double Trailer (DDT)

(HV-03) Truck (2 Sumbu 3/4)

(HV-04) Bis Kecil

(HV-02) Truck/ Truck Tangki (3 Sumbu)

(LV) Pickup, Minibus, Micro Truck

(MC) Sepeda Motor

Gambar 1 Jenis kendaraan angkutan batubara yang melintas pada jalan di Kutai, Kalimantan Timur

	Jenis Kendaraan		Uraian	Konfigurasi Sumbu
	Klasifikasi Lama	Alternatif		
Kendaraan Niaga (5a - 7c3)	1	1	Sepeda Motor	1.1
	2,3,4	2,3,4	Mobil, Angkot, Wagon Pickup	1.1
	5a	5a	Bus Kecil	1.2
	5b	5b	Bus Besar	1.2
	6a.1	6.1	Truk 2 Sumbu – Cargo Ringan	1.1
	6a.2	6.2	Truk 2 Sumbu – Ringan	1.2
	6b1.1	7.1	Truk 2 Sumbu – Cargo Sedang	1.2
	6b1.2	7.2	Truk 2 Sumbu – Sedang	1.2
	6b2.1	8.1	Truk 2 Sumbu – Berat	1.2
	6b2.2	8.2	Truk 2 Sumbu – Berat	1.2
	7a1	9.1	Truk 3 Sumbu – Ringan	1.22
	7a2	9.2	Truk 3 Sumbu – Sedang	1.22
	7a3	9.3	Truk 3 Sumbu – Berat	1.1,2
	7b	10	Truk 2 Sumbu dan Penarik Trailer 2 Sumbu	1.2-22
	7c1	11	Truk 4 Sumbu – Trailer	1.2-22
	7c2.1	12	Truk 5 Sumbu – Trailer	1.2-22
	7c2.2	13	Truk 5 Sumbu – Trailer	1.2-222
	7c3	14	Truk 6 Sumbu – Trailer	1.2-222

Gambar 2 Jenis kendaraan pada Bina Marga 2017.

Berdasarkan hasil pengamatan di lokasi tersebut, maka akan didapatkan nilai VDF atau *Vehicle Damage Factor* yang didapatkan dari Bina Marga 2017 (Bina Marga, 2017). VDF atau angka ekivalen kendaraan dihitung untuk kendaraan dengan muatan standar dan muatan berlebih. Angka ini juga mewakili daya rusak yang akan ditimbulkan oleh kendaraan yang melintas terhadap perkerasan jalan (Adiman & Yuda Pranata, 2024). VDF akan ditentukan berdasarkan jenis kendaraan yang akan melintas di atas perkerasan jalan. Adapun nilai VDF berdasarkan LHR dapat dilihat pada Tabel 2 (Bina Marga, 2017).

Tabel 2 VDF berdasarkan LHR pada lokasi yang telah dipilih

Jenis Kendaraan	LHR	VDF 4	VDF 5
HV-01	292	13,5	22,9
HV-02	63	9,9	18,3
HV-03	12	4,8	8,5
HV-04	18	0,3	0,2
LV-05	73	0	0
MC	0	0	0

Berdasarkan Bina Marga 2017 ada dua nilai VDF, yaitu VDF4 dan VDF5 dimana nilai VDF4 dan VDF5 adalah nilai VDF standar yang telah ditetapkan berdasarkan Bina Marga 2017 pada Tabel 2. Direncanakan perkerasan jalan akan memiliki umur rencana 22 tahun, sebab pada tahun 2047 area pada kawasan tersebut akan ditinjau ulang. Hal tersebut juga disebabkan lalu lintas kendaraan angkutan batubara yang ada akan melalui pengkajian ulang oleh perusahaan di sekitar area tersebut, sehingga terdapat penyesuaian kembali terhadap kendaraan yang akan beroperasi. Beban lalu lintas pada lajur rencana dinyatakan dalam kumulatif beban gandar standar (ESA) dengan memperhitungkan faktor distribusi arah (DD) dan faktor distribusi lajur kendaraan niaga (DL). Untuk jalan dua arah, faktor distribusi arah (DD) umumnya diambil 0,50. Nilai faktor distribusi lajur kendaraan niaga akan bernilai 1 sesuai dengan yang tertuang di dalam Bina Marga 2017. Menggunakan VDF masing-masing kendaraan niaga untuk menentukan nilai ESAL atau *Equivalent Single Axle Load* seperti di bawah ini.

$$ESA_{4_{TH-1}} = (\Sigma LHR \times VDF4) \times 365 \times DD \times DL \times R \quad (1)$$

$$ESA_{4_{22}} = (LHR \times VDF4) \times 365 \times DD \times DL \times R \quad (2)$$

$$ESA_{5_{22}} = (LHR \times VDF5) \times 365 \times DD \times DL \times R \quad (3)$$

Dengan ESA_{TH-1} adalah kumulatif lintasan sumbu standar ekivalen (*Equivalent Standard Axle*) pada tahun pertama, LHR_{JK} adalah lintas harian rata – rata tiap jenis kendaraan niaga (satuan kendaraan per hari), VDF_{JK} adalah Faktor Ekivalen Beban (*Vehicle Damage Factor*) tiap jenis kendaraan niaga, DD adalah Faktor distribusi arah, DL adalah Faktor distribusi lajur pada Tabel 10 Bina Marga 2017, CESAL adalah Kumulatif beban sumbu standar ekivalen selama umur rencana, dan R adalah Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif. VDF akan disesuaikan dengan daerah yang akan ditinjau, dalam penelitian ini adalah Pulau Kalimantan. VDF pada Bina Marga 2017 dibedakan menjadi VDF4 berdasarkan ESA4 dan VDF5 berdasarkan ESA5. ESA4 adalah angka ekivalen berdasarkan prinsip *fourth power law*, sedangkan ESA5 dengan formulasi seperti *fourth power law* namun dengan pangkat 5 (Tjan, 2020). ESA4 digunakan untuk desain perkerasan dengan umur rencana 20 tahun dan kurang dari 4 juta ESA. ESA5 digunakan untuk perkerasan lentur dengan lapis pondasi batu pecah yang didesain dengan umur rencana 20 tahun dan lebih dari 4 juta ESA (Tjan, 2020).

Tabel 3 ESA4 dan ESA5 berdasarkan LHR

Jenis Kendaraan	LHR	VDF 4	VDF 5	ESA 4	ESA 5
HV-01	292	13,5	22,9	17605226,02	29863679,7
HV-02	63	9,9	18,3	2785484,392	5148925,693
HV-03	12	4,8	8,5	257245,3118	455538,5729
HV-04	18	0,3	0,2	24116,74798	16077,83199
LV-05	73	0	0	0	0
MC	0	0	0	0	0
CESA 4				20.672.072,48	
CESA 5					35.484.221,8

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil analisis lalu lintas dan faktor lokasi yang telah terpilih (Pulau Kalimantan), selanjutnya data tersebut dijadikan sebagai landasan untuk memilih jenis perkerasan lentur. Berdasarkan Bina Marga 2017, jenis perkerasan lentur ditentukan dari nilai umur rencana dan ESAL. Adapun jenis perkerasan lentur dapat dilihat pada Tabel 4 di bawah ini.

Tabel 4 Penentuan jenis perkerasan lentur Bina Marga 2017 (Bina Marga, 2017).

Struktur Perkerasan	Bagan Desain	ESA (juta) dalam 20 Tahun (Pangkat 4 keduali ditentukan lain)				
		0 – 0,5	0,1 – 4	>4 – 10	>10 – 30	>30 – 200
Perkerasan kaku dengan Lalu Lintas Berat di atas tanah $CBR \geq 2,5\%$	4	-	-	2	2	2
Perkerasan kaku dengan Lalu Lintas Rendah	4A	-	1,2	-	-	-
AC-WC modifikasi atau SMA dengan CTB	3	-	-	-	2	2
AC dengan CTB (ESA5)	3	-	-	-	2	2
AC dengan tebal ≥ 100 mm, dengan lapis pondasi berbutir (ESA5)	3B	-	-	1,2	2	2
AC atau HRS dengan lapis pondasi berbutir	3A	-	1,2	-	-	-
Burda atau Burtu dengan LPA Kelas A atau Batuan Asli	5	3	3	-	-	-
Lapis Pondasi <i>Soil Cement</i>	6	1	1	-	-	-
Perkerasan Jalan Tanpa Penutup	7	1	-	-	-	-

Berdasarkan Tabel 4, maka dipilih jenis perkerasan lentur dengan lapis permukaan *Asphalt Concrete - Wearing Course* (AC-WC) atau hanya menggunakan lapisan permukaan berupa *Asphalt Concrete* (AC) dengan berbagai macam lapis pondasi atas. Laston (Lapisan Aspal Beton) sebagai lapisan aus, dikenal dengan nama AC-WC (*Asphalt Concrete - Wearing Course*) dengan tebal minimum AC - WC adalah 4 cm (Adiman & Yuda Pranata, 2024; Duani et al., n.d.; Firdziawan & Sastrodiningrat, 2022; Wardana & Widayanti, 2020). Lapisan ini adalah lapisan yang berhubungan langsung dengan ban kendaraan dan dirancang untuk tahan terhadap perubahan cuaca, gaya geser, tekanan roda ban kendaraan serta memberikan lapis kedap air untuk lapisan dibawahnya.

Adapun salah satu alternatif dalam pemilihan jenis perkerasan lentur sebagaimana pada Tabel 4 memiliki tiga pilihan, salah satunya adalah AC-WC modifikasi atau SMA dengan CTB serta AC dengan CTB (ESA5). CTB (*Cement Treated Base*) adalah bahan untuk lapis pondasi (*base course*). CTB memanfaatkan semen *Portland* sebagai bahan pengikat. Walaupun cara pembuatan dan produk akhirnya berupa beton, namun CTB bukan merupakan pengcambahan dari perkerasan kaku (*rigid pavement*) (Hadijah, 2022). Pemilihan jenis lapisan ini dapat dilihat pada Bagan Desain 3 di dalam Bina Marga 2017. Adapun Bagan Desain 3 dapat dilihat pada Tabel 5 di bawah ini.

Tabel 5 Penentuan tebal lapis pondasi dan *subgrade*(Bina Marga, 2017)

Bagan Desain - 3. Desain Perkerasan Lentur Opsi Biaya Minimum Dengan CTB¹⁾

	F1 ²	F2	F3	F4	F5
	Untuk lalu lintas di bawah 10 juta ESA5 lihat bagan desain 3A - 3B dan 3 C				
	Lihat Bagan Desain 4 untuk alternatif perkerasan kaku ³				
Repetisi beban sumbu kumulatif 20 tahun pada lajur rencana (10 ⁶ ESA ₃)	> 10 - 30	> 30 - 50	> 50 - 100	> 100 - 200	> 200 - 500
Jenis permukaan berpengikat	AC				
Jenis lapis Fondasi	Cement Treated Base (CTB)				
AC WC	40	40	40	50	50
AC BC ⁴	60	60	60	60	60
AC BC atau AC Base	75	100	125	160	220
CTB ⁵	150	150	150	150	150
Fondasi Agregat Kelas A	150	150	150	150	150

Bedasarkan Tabel 5, dengan CESA5 sebesar 35.484.221,8, dimana dalam Tabel 5 CESA5 tersebut termasuk ke dalam nilai CESA5 >30-50 x 10⁶, maka dapat ditentukan bahwa perancangan akan menggunakan solusi dengan tebal lapisan AC-WC modifikasi atau SMA setebal 40 mm, lapisan *Asphalt Concrete-Binder Course* (AC-BC) setebal 60 mm, lapisan *Asphalt Concrete-Base* (AC Base) setebal 100 mm, lapisan *Cement Treated Base* (CTB) setebal 150 mm dan lapisan fondasi dengan LPA Kelas A setebal 150 mm. Alternatif lain adalah hanya menggunakan lapisan AC setebal 40 mm dan lapisan CTB setebal 150 mm. Adapun ketebalan dari masing-masng lapisan perkerasan yang sudah dipilih dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6 Tebal perkerasan lentur berdasarkan perencanaan Bina Marga 2017 untuk alternatif 1 dan 2

Alternatif 1		Alternatif 2	
Lapisan	Tebal (mm)	Lapisan	Tebal (mm)
AC-WC Modifikasi	40	AC	40
AC-BC	40	CTB	150
AC Base	100		
CTB	150		
LPA Kelas A	150		

Namun dalam Bina Marga 2017, dijelaskan bahwa hanya kontraktor yang cukup berkualitas dan memiliki akses terhadap peralatan yang sesuai dan keahlian yang diizinkan melaksanakan pekerjaan

CTB. *Lean Concrete* dapat digunakan sebagai pengganti CTB untuk pekerjaan di area sempit atau jika disebabkan oleh ketersediaan alat. Sehingga hal ini menjadi pertimbangan dalam pemilihan perkerasan lentur berdasarkan lokasi dan kompetensi yang dimiliki oleh perusahaan di sekitar lokasi perkerasan yang akan dibangun. Berdasarkan Tabel 4, terdapat satu alternatif pemilihan perkerasan lentur yakni, AC dengan tebal ≥ 100 mm, dengan lapis pondasi berbutir (ESA5). Pemilihan alternatif ketiga ini dapat dilihat pada Bagan Desain 3B yang tertuang pada Tabel 7.

Tabel 7 Bagan Desain 3B untuk AC dengan tebal ≥ 100 mm, dengan lapis pondasi berbutir (ESA5)

(Sebagai Alternatif dari Bagan Desain- 3 dan 3A)

STRUKTUR PERKERASAN									
	FFF1	FFF2	FFF3	FFF4	FFF5	FFF6	FFF7	FFF8	FFF9
Kumulatif beban sumbu 20 tahun pada lajur rencana (10^6 ESA5)	Solusi yang dipilih				Lihat Catatan 2				
	< 2	$\geq 2 - 4$	> 4 - 7	> 7 - 10	> 10 - 20	> 20 - 30	> 30 - 50	> 50 - 100	> 100 - 200
KETEBALAN LAPIS PERKERASAN (mm)									
AC WC	40	40	40	40	40	40	40	40	40
AC BC	60	60	60	60	60	60	60	60	60
AC Base	0	70	80	105	145	160	180	210	245
LPA Kelas A	400	300	300	300	300	300	300	300	300

Berdasarkan Tabel 7, dengan mempertimbangan CESA5 sebesar 35.484.221,8, dimana dalam Tabel 7 CESA5 tersebut termasuk ke dalam nilai CESA5 $> 30 - 50 \times 10^6$ atau berada pada kolom FFF7. Lapisan perkerasan yang akan digunakan dapat berupa lapisan AC-WC setebal 40 mm, lapisan *Asphalt Concrete-Bearing Course* (AC-BC) setebal 60 mm, lapisan *Asphalt Concrete-Base* (AC Base) setebal 180 mm, dan lapisan fondasi dengan LPA Kelas A setebal 300 mm. Menurut Bina Marga 2017, struktur lapisan perkerasan lentur pada Tabel 7 dianggap lebih praktis dan ekonomis bilamana dibandingkan dengan perkerasan lentur pada Tabel 5. Oleh karena itu, mempertimbangkan faktor ekonomi dan lokasi, maka perkerasan lentur yang akan digunakan adalah perkerasan lentur dengan tipikal AC dengan tebal ≥ 100 mm, dengan lapis pondasi berbutir (ESA5). Ketebalan struktur lapisan perkerasan lentur yang sudah dipilih dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8 Tebal perkerasan lentur berdasarkan perencanaan Bina Marga 2017 alternatif 3

Alternatif 3	
Lapisan	Tebal (mm)
AC-WC	40
AC-BC	60
AC Base	180
LPA Kelas A	300

4. KESIMPULAN

Berdasarkan data pengamatan LHR yang telah didapatkan di Kutai Timur, Kalimantan Timur, kendaraan yang memiliki kriteria kerusakan jalan adalah kendaraan HV-01 atau setara dengan kendaraan golongan 7c. Setelah mendapatkan nilai LHR, maka didapatkan nilai ESAL4 kumulatif sebesar 20.672.072,48 dan nilai ESAL5 kumulatif sebesar 35.484.221,8. Berdasarkan nilai CESAL5 kumulatif, kondisi daerah, dan kondisi pemeliharaan dan perawatan, terdapat setidaknya tiga alternatif pilihan dalam memilih jenis perkerasan lentur. Adapun jenis perkerasan yang akan digunakan dari ketiga opsi tersebut adalah struktur perkerasan lentur dengan lapisan AC dengan tebal ≥ 100 mm, dengan lapis pondasi berbutir (ESA5).

REFERENSI

Adiman, E. Y., & Yuda Pranata, A. (2024). Analisis Desain Perkerasan Lentur Berdasarkan Mdpj 2017 Menggunakan Metode Mekanistik Empiris Pada Program Kenpave. *JMTS: Jurnal Mitra Teknik* E-ISSN: 2654-4482, available online at: <http://ejournal2.undip.ac.id/index.php/potensi>

Sipil, 7(2), 651–662. <https://doi.org/10.24912/jmts.v7i2.26800>

- Bina Marga. (2017). *Pavement Manual Design (June 2017 Revision)*. 1–34.
- Darmawan, R., & Lizar, L. (2020). Perencanaan Tebal Perkerasan Kaku (Rigid Pavement) Menggunakan Metode Bm - 2017. *Jurnal TeKLA*, 2(2), 97. <https://doi.org/10.35314/tekla.v2i2.1823>
- Duani, A. F., Yosomulyono, S., & Azwansyah, H. (n.d.). *Perbandingan Biaya Perkerasan Lentur Dan Perkerasan Kaku Pada Jalan Karya Bakti Di Kecamatan Meliau Kabupaten Sanggau*. 1–10.
- Firdziawan, R. T., & Sastrodiningrat, T. (2022). Perencanaan Perkerasan Lentur pada Peningkatan Ruas Jalan Lengkong – Tanggeung (Segmen 1) Kabupaten Sukabumi Berdasarkan Metode MDPJ 2017 dan Pt T-01-2002-B. *FTSP Series: Seminar Nasional Dan Diseminasi Tugas Akhir 2022, Segmen 1*, 1–11.
- Hadijah, I. (2022). *Cement Treated Base (CTB) sebagai Lapis Fondasi Atas*. www.sulur.co.id
- Hartono, M. A., & Latifa, E. A. (2020). Analisis Perkerasan Kaku Metode AASHTO 1993 Dan Metode AUSTRROADS 2012 Terhadap Keekonomisan Biaya. *MoDuluS: Media Komunikasi Dunia Ilmu Sipil*, 2(2), 26. <https://doi.org/10.32585/modulus.v2i2.1473>
- Hendriansyah, G. C., & Widayanti, A. (2017). Analisis Pemilihan Perkerasan Lentur dan Kaku Berdasarkan Life Cycle Cost Analysis di Kota Kediri. *Jurnal Universitas Negeri Surabaya*, 1(2), 1–9.
- Hidiyati, E. F., Cahyono, A. D., Induwati, M., Emilia, O. F., Mustafa, D. T., Pambudi, W. R., Aprinia, A. D., & Fasyaro, R. F. (2023). Identifikasi Karakteristik Agregat Terhadap Nilai Stabilitas Lapis Perkerasan Aspal Beton AC-BC (Laston). *Teras Jurnal: Jurnal Teknik Sipil*, 13(1), 193. <https://doi.org/10.29103/tj.v13i1.853>
- Juniarti, M., Widodo, S., & Akhmadali, D. (2021). Perencanaan Perkerasan Jalan Dengan Metode Bina Marga 2002 dan Metode Bina Marga 2011 (Studi Kasus: Jl. Drs. Moh. Hatta. Sungai Rengas Kec. Sungai Kakap, Kab. Kubu Raya). *Jurnal PWK, Laut, Sipil, Tambang, Volume 8*(No 2), 1–8.
- Kartadipura, R. H. (2011). Studi Perbandingan Biaya Perkerasan Kaku dan Perkerasan Lentur Metode Annual Worth. *Info Teknik*, 12(2), 54–60.
- Khairani, N., Siahaan, Y., Susanti, E., & Supitriyani, S. (2019). Pengaruh Pertumbuhan Perusahaan, Likuiditas, Dan Profitabilitas Terhadap Nilai Perusahaan Pada Perusahaan Sub Sektor Pertambangan Batubara Yang Terdaftar Di Bursa Efek Indonesia. *Financial: Jurnal Akuntansi*, 4(2), 28–34. <https://doi.org/10.37403/financial.v4i2.78>
- Mahfuda, A., Siswosukarto, S., & Suhendro, B. (2023). The Influence of Temperature Variations on Rigid Pavement Concrete Slabs. *Journal of the Civil Engineering Forum*, 9(May), 139–150. <https://doi.org/10.22146/jcef.5744>
- Maklas, F., & Erizal. (2019). Analisis Perencanaan Tebal Perkerasan Jalan pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Bogor-Ciawi-Sukabumi (Analysis of Road Pavement Thickness Planning on Bogor-Ciawi-Sukabumi Toll Road). *Jurnal Teknik Sipil Dan Lingkungan*, 04(02), 91–100.
- Novriani, S., Setiawan, A., Pratama, N., Sipil, T., Swadaya, U., Jati, G., Pemuda, J., No, R., & Cirebon, K. (2024). Perkerasan Lentur Menggunakan MDPJ 2017 Berdasarkan Umur Rencana di Jawa Barat. *Jurnal Konstruksia*, 15(April), 111–119.
- Nur, M. (2019). *Study perbandingan biaya pemeliharaan jalan konstruksi rigid dengan jalan konstruksi fleksibel*. Universitas Bosowa.
- Rachmayati, D. (2014). Kaku Dan Perkerasan Lentur (Life Cycle Cost Comparison Study for Rigid and Flexible Pavement). *Jurnal Jalan-Jembatan*, 31(2), 94–110.
- Rifhan, N., & Susilo, B. H. (2021). Perbandingan Biaya Dan Pelaksanaan Perkerasan Lentur Dan Kaku. *Prosiding Seminar Intelektual Muda*, 2(2), 162–167. <https://doi.org/10.25105/psia.v2i2.10329>

- Tjan, A. (2020). Angka Ekuivalen Mdp-2017 (Mdp-2017 Load Equivalency Factors). *Jurnal Jalan-Jembatan*, 37, 61-71. <http://jurnal.pusjatan.pu.go.id/index.php/jurnaljalanjembatan/article/view/930/648>
- Utomo, V. P., Surjandari, N. S., & Yulianto, B. (2017). ANALISIS LENDUTAN PERKERASAN KAKU PADA PEMBEBANAN TENGAH DAN TEPI DENGAN METODE ELEMEN HINGGA Vian. *Jurnal Muara*, 1(1), 142-149.
- Wardana, R. A., & Widayanti, A. (2020). ANALISIS PEMILIHAN JENIS STRUKTUR LAPISAN PERKERASAN LENTUR BERDASARKAN MANUAL DESAIN PERKERASAN JALAN 2017 (Studi Kasus: Pada Akses Jalan Lingkar Luar Barat (JLLB) ke Gelora Bung Tomo (GBT) Surabaya). 2017, 1-10.
- Yuniarto, A. E., Asmara, E. N., & Herbowo, H. (2022). Pertumbuhan Laba pada Perusahaan Pertambangan di Indonesia. *Owner*, 6(3), 1446-1456. <https://doi.org/10.33395/owner.v6i3.952>
- Zhafirah, A. (2022). Analisis Lendutan Perkerasan Kaku Pada Tanah Lempung Menggunakan Metode Elemen Hingga. *Teras Jurnal*, 12(2), 415-424.