JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil
Vol. 4, No. 1, Februari 2021: hlm 33-42

EISSN 2622-545X

DESAIN ULANG DAN ANALISIS RESPONS STRUKTURAL PERKERASAN LENTUR PADA JALAN PANTURA RUAS CIKAMPEK-PAMANUKAN

Reynold Andika[1] dan Anissa Noor Tajudin[2]

[1]Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jl. Letjen S. Parman No.1 Jakarta
reynold.325160112@stu.untar.ac.id

[2]Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jl. Letjen S. Parman No.1 Jakarta
anissat@ft.untar.ac.id

Masuk: 11-01-2021, revisi: 03-02-2021, diterima untuk diterbitkan: 04-02-2021

ABSTRACT

This research is intended for redesign the flexible pavement on the Pantura Road for the Cikampek-Pamanukan section using three flexible pavement design guidelines that apply in Indonesia, namely Flexible Pavement Thickness Planning (2002), Road Pavement Design Manual (2013), and Road Pavement Design Manual (2017), as well as analyzing responses Structural that occurs in the form of horizontal and vertical strains, which are the main components in calculating the repetition value of permits to fatigue failure (Nf) and to rutting failure (Nd), are processed using the KENPAVE program. Primary data in the form of traffic volume is obtained from the Ministry of Public Works and Public Housing (PUPR) and LHR0 starting in 2020 with a plan age of 20 years. The results of this study indicate that the 2002 method produced the largest pavement thickness, followed by the 2013 method and finally the 2017 method which produced the smallest pavement thickness. However, the 2002 method produced the largest repetition of permits to fatigue failure (Nf) and to rutting failure (Nd). So it can be concluded that the 2017 method produces the most optimal design, because it is in accordance with the original plan design.

Keywords: Pantura Road; flexible pavement; structural response; KENPAVE

ABSTRAK

Penelitian ini ditujukan untuk mendesain ulang perkerasan lentur pada Jalan Pantura ruas Cikampek-Pamanukan menggunakan tiga pedoman desain perkerasan lentur yang berlaku di Indonesia yaitu Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur (2002), Manual Desain Perkerasan Jalan (2013), dan Manual Desain Perkerasan Jalan (2017), serta menganalisis respons struktral yang terjadi berupa regangan horisontal dan vertikal, yang merupakan komponen utama dalam menghitung nilai repetisi izin terhadap kerusakan fatik (Nf) dan kerusakan retak alur (Nd), diolah menggunakan program KENPAVE. Data primer berupa volume lalu lintas didapat dari Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) dan LHR0 dimulai pada tahun 2020 dengan umur rencana 20 tahun. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa metode 2002 menghasilkan tebal perkerasan terbesar, kemudian dilanjutkan metode 2013, dan 2017 yang menghasilkan tebal perkerasan terkecil. Namun metode 2002 menghasilkan repetisi izin terhadap kerusakan fatik (Nf) dan kerusakan retak alur (Nd) terbesar. Sehingga dapat disimpulkan bahwa metode 2017 menghasilkan desain paling optimal, karena sesuai dengan desain rencana awal.

Kata kunci: Jalan Pantura; perkerasan lentur; respons struktural; KENPAVE

1. PENDAHULUAN

Jalan merupakan prasarana yang sangat dibutuhkan dalam sistem transportasi untuk menghubungkan suatu tempat ke tempat lain dalam rangka pemenuhan kebutuhan ekonomi, sosial maupun budaya. Kondisi jalan yang baik diperlukan untuk kelancaran kegiatan transportasi yaitu untuk mempercepat kelancaran mobilisasi barang atau jasa secara aman dan nyaman. Maka jalan ini sangat dibutuhkan oleh masyarakat didalam melaksanakan aktivitas sehari-hari. Sehingga suatu perencanaan jalan maupun perkerasan diharapkan dapat memenuhi fungsi dasar jalan yaitu memberikan pelayanan yang optimal pada arus lalu lintas yang melaluinya.

Jalan Pantura merupakan jalan utama di pulau Jawa yang lebih dikenal dengan nama Jalan Nasional Rute 1. Jalur Pantura ini juga merupakan jalur arteri primer karena menghubungkan antarpusat kegiatan nasional. Jalur ini memiliki fungsi yang sangat penting untuk transportasi darat, Karenna setiap hari dilalui sekitar 20.000-70.000 kendaraan. Jalur Pantura Jawa Barat khususnya dari Cikampek menuju Pamanukan padat merayap, apalagi ketika menjelang hari Lebaran.

Maka dari itu, dalam rangka meningkatkan dan mengembangkan kinerja jalan untuk pelaksanaan kegiatan pekerjaan konstruksi jalan guna menjamin kualitas perkerasan jalan, maka diperlukan pendekatan perencanaan dan desain perkerasan jalan. Penelitian ini dilakukan untuk mendesain ulang tebal perkerasan lentur pada Jalan Pantura ruas Cikampek-Pamanukan. Perhitungan tebal lapis perkerasan dengan menggunakan metode 2002, 2013, 2017 dan menggunakan program KENPAVE untuk mencari tahu respons struktural yang dihasilkan perkerasan tersebut karena tidak cukup untuk mendesain ulang hanya dengan manual desain perkerasan maka kita butuh adanya program KENPAVE ini untuk ketepatan hasil yang didapatkan terutama untuk respons regangan yang dihasilkan pada perkerasan jalan tersebut.

Program KENPAVE merupakan *software* desain perencanaan perkerasan yang dikembangkan oleh Dr. Yang H Huang, P.E. Profesor Emeritus *of Civil Engineering University of Kentucky*. *Software* ini ditulis dalam bahasa pemrograman *visual basic* dan dapat dijalankan dengan versi *Windows* 95 atau diatasnya. KENPAVE sendiri merupakan program analisis untuk perkerasan yang berdasarkan pada metode mekanistik. Metode ini dipilih untuk mendapatkan hasil respons struktural pada perkerasan lentur ini.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini akan membandingkan hasil perhitungan tebal perkerasan dari tiga metode yaitu Pedoman Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur 2002, Manual Desain Perkerasan Jalan 2013, dan Manual Desain Perkerasan Jalan 2017. Selanjutnya akan membandingkan hasil perhitungan program KENPAVE yaitu repetisi izin terhadap kerusakan fatik (Nf) dan kerusakan *rutting* (Nd) dari tiga metode tersebut. Serta akan membandingkan masa umur pelayanan perkerasan jalan dari tiga metode tersebut.

Adapun batasan masalah pada penelitian ini yaitu pada desain dengan metode tahun 2002, semua jenis fondasi (berbutir, bersemen, dan beraspal) akan digunakan; pada desain dengan metode 2013 dan 2017, semua jenis fondasi (berbutir dan *cement treated base*) akan digunakan; data volume lalu-lintas didapat dari Kementerian PUPR pada tahun 2019; LHR0 dimulai pada tahun 2020 dengan memperhitungkan pertumbuhan lalu lintas dari 2020 sampai 2035; kekuatan bahan material tiap lapisan digunakan asumsi dengan tetap mengacu pada peraturan; respons struktural yang ditinjau adalah regangan horisontal dan vertikal; prediksi kerusakan yang ditinjau adalah alur dan fatik; parameter lainnya yang tidak tercantum dalam peraturan tersebut akan diambil dari literatur lain atau asumsi sesuai dengan kondisi di Indonesia; analisis respons struktural menggunakan bantuan program KENPAVE dengan simulasi beban berupa sumbu tunggal standar.

Berdasarkan masalah yang dirumuskan pada rumusan masalah, maka tujuan dari penelitian ini adalah mendesain ulang perkerasan lentur pada jalan Pantura ruas Cikampek-Pamanukan berdasarkan metode 2002, 2013, dan 2017; menganalisis respons struktural perkerasan lentur hasil perancangan; menganalisis prediksi kerusakan perkerasan lentur hasil perancangan.

Perkerasan lentur

Perkerasan lentur dibangun dari material bitumen dan granular (Huang, 2004). Sementara menurut Sukirman (2010), Konstruksi perkerasan lentur (*flexible pavement*), yaitu perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Lapisan-lapisan perkerasannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar.

Menurut Prof. Tom V. Matthew (2006), Perkerasan fleksibel akan mentransfer tegangan beban roda ke lapisan bawah melalui transfer butir ke butir melalui titik kontak dalam struktur granular. Beban roda yang bekerja di perkerasan akan akan didistribusikan ke area yang lebih luas, dan tegangan berkurang seiring dengan kedalaman. Dengan memanfaatkan karakteristik distribusi tegangan ini, perkerasan lentur biasanya memiliki banyak lapisan. Oleh karena itu, perancangan perkerasan lentur menggunakan konsep sistem berlapis. Perkerasan fleksibel juga dibagung menggunakan bahan aspal.

Golongan kendaraan

Data lalu lintas sangat diperlukan untuk menghitung perkerasan ini. Maka dari itu, perlu adanya golongan-golongan kendaraan yang nantinya akan dilakukan pencacahan untuk menghitung beban lalu lintas rencana selama umur perkerasan tersebut.

Menurut Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah (2004) dalam Survai Pencacahan Lalu Lintas dengan cara Manual (Pd. T-19-2004-B), secara garis besar dibagi menjadi 8 golongan. Masing-masing golongan terdiri atas beberapa jenis kendaraan, seperti yang diuraikan dalam Tabel 1.

EISSN 2622-545X

Tabel 1. Golongan dan kelompok jenis kendaraan

Golongan	Kelompok jenis kendaraan
Golongan 1	Sepeda motor, Kendaraan roda-3
Golongan 2	Sedan, jeep, station wagon
Golongan 3	Angkutan penumpang sedang
Golongan 4	Pick up, micro truk dan mobil hantaran
Golongan 5a	Bus kecil
Golongan 5b	Bus besar
Golongan 6a	Truk ringan 2 sumbu
Golongan 6b	Truk sedang 2 sumbu
Golongan 7a	Truk 3 sumbu
Golongan 7b	Truk gandengan
Golongan 7c	Truk semitrailer
Golongan 8	Kendaraan tidak bermotor

(Sumber : Survai pencacahan lalu lintas dengan cara manual, 2004)

Metode bina marga 2002

Pedoman Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Bina Marga Pt T-01-2002-B merupakan pedoman yang diadopsi dari AASTHO 1993 dan dikeluarkan setelah Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya dengan metode analisis komponen 1987.

Mote bina marga 2013

Manual Desain Perkerasan Jalan nomor 02/M/BM/2013 merupakan pedoman yang diadopsi dari AUSTROADS 2008 dan dikeluarkan setelah Pedoman Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Bina Marga Pt T-01-2002-B.

Metode bina marga 2017

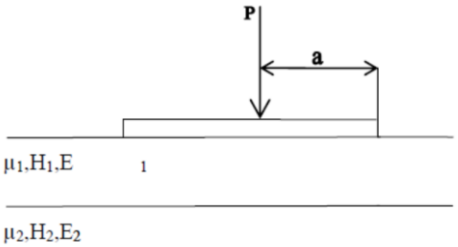
Manual Desain Perkerasan Jalan nomor04/SE/Db/2017 merupakan perencanaan perkerasan yang digunakan oleh Bina Marga dan merupakan pedoman yang merevisi pedoman Manual Desain Perkerasan Jalan nomor 02/M/BM/2013.

Metode mekanisik-empiris

Menurut Huang (2004), metode desain mekanistik empiris didasarkan pada mekanisme material yang berhubungan dengan inputnya, seperti beban lalu lintas, luas kontak area ban, jarak antar ban, *poisson ratio*, modulus elastis, dan ketebalan lapisan. Respons struktural pada metode ini menghasilkan tegangan dan regangan, yang dimana hasil dari respons struktural tersebut digunakan untuk menganalisis kerusakan pada perkerasan lentur, kerusakan yang dimaksud adalah kerusakan fatik dan retak alur.

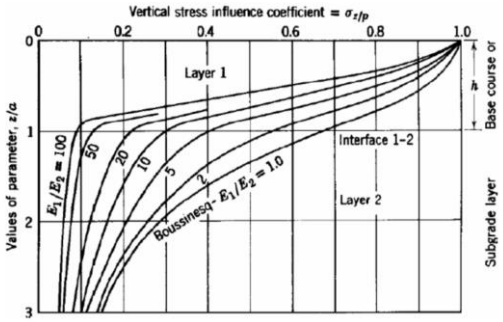
Sistem dua lapis pada perkerasan lentur

Menurut Huang (2004), Sistem dua lapis merupakan konstruksi *full-depth*, yaitu suatu konstruksi yang menempatkan campuran aspal panas langsung di atas tanah dasar. Berikut struktur dua lapisan dapat dilihat pada Gambar 1. Berbeda jika perkerasan terdiri dari tiga lapisan (misalnya lapisan permukaan beraspal, lapisan pondasi granular, dan tanah dasar), maka perlu untuk menggabungkan lapisan pondasi dengan lapisan tanah dasar menjadi satu lapisan untuk mengetahui tegangan dan regangan pada lapisan permukaan beraspal atau dengan menggabungkan lapisan permukaan beraspal dan lapisan pondasi untuk mengetahui tegangan dan regangan pada tanah dasar.



Gambar 1. Struktur dua lapisan (Sumber : Fadhlan dan Muis, 2013)

Menurut Yoder dan Witczak (1975), Besarnya tegangan dan lendutan pada teori Burmister tergantung pada perbandingan kekuatan antara lapisan atas dengan lapisan di bawahnya, yang diwakilkan dengan modulus elastisitas (E1/E2). Gambar 2 berikut menunjukkan besarnya tegangan vertikal untuk sistem dua lapis.

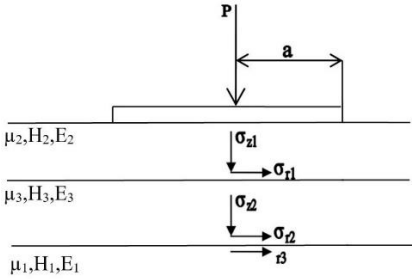


Gambar 2. Distribusi tegangan vertikal dalam sistem struktur dua lapisan (Sumber : Huang, 2004)

Sistem tiga lapis pada perkerasan lentur

Menurut Yoder dan Witczak (1975), tegangan – tegangan yang terjadi di setiap lapis pada axis simetri sistem tiga lapis dapat dilihat pada Gambar 3, tegangan – tegangan yang terjadi meliputi:

a. σz1 : tegangan vertikal *interface* 1
b. σz2 : tegangan vertikal *interface* 2
c. σr1 : tegangan horisontal pada lapisan 1 bagian bawah
d. σr2 : tegangan horisontal pada lapisan 2 bagian bawah
e. σr3 : tegangan horisontal pada lapisan 3 bagian atas



Gambar 3. Tegangan sistem tiga lapis (Sumber : Yoder dan Witczak, 1975)

Respons struktural

Menurut Ullidtz (1998), Respons struktural perkerasan dipengaruhi oleh beban lalu lintas dinamik yang bergerak, redaman dan sentuhan roda pada permukaan perkerasan.
Dalam menganalisis respons struktural diperlukan beberapa komponen yang perlu dilengkapi seperti:

a. Paramater lapisan
   Paramater lapisan mencakup nilai modulus elastisitas dan angka *poisson ratio*.
b. Lokasi kritis analisis perkerasan

 EISSN 2622-545X

Menurut Putri (2014), nilai yang dihasilkan permodelan lapis perkerasan dengan sistem lapis banyak adalah nilai tegangan, regangan, dan lendutan. Berikut beberapa lokasi penting yang digunakan dalam analisis perkerasan tertera pada Tabel 2.

Tabel 2. Lokasi analisis struktur perkerasan

Lokasi	Respon	Analisa Struktur Perkerasan
Permukaan perkerasan	Defleksi	Digunakan dalam desain lapis tambah
Bawah lapis permukaan	Regangan tarik horisontal	Digunakan untuk memprediksi retak fatik pada lapisan permukaan
Bagian atas tanah dasar / bawah lapis pondasi bawah	Regangan tekan vertikal	Digunakan untuk memprediksi kegagalan *rutting* yang terjadi

(Sumber : Putri, 2014)

c. Tipe kerusakan perkerasan lentur
   1. Repetisi izin terhadap kerusakan fatik (*fatigue failure*) dapat dihitung menggunakan rumus yang mengacu pada *Asphalt Institute* 1982, tertera pada persamaan 1.

$$\mathrm{Nf} = 0{,}0796\,(\frac{1}{\varepsilon t})^{3.291}(\frac{1}{E1})^{0{,}854} \quad (1)$$

   dengan Nf = jumlah repetisi beban untuk menghindari fatik, Et = regangan tarik pada bagian bawah lapis permukaan, dan E = modulus elastis lapis permukaan.
   2. Repetisi izin terhadap kerusakan retak alur (*rutting*) dapat dihitung menggunakan rumus yang mengacu pada *Asphalt Institute* 1982, tertera pada persamaan 2.

$$\mathrm{Nd} = 1{,}365\mathrm{x}10^{-9}\,(\frac{1}{\varepsilon c})^{4{,}477} \quad (2)$$

   dengan Nd = jumlah repetisi beban untuk menghindari rutting, dan Ec = regangan tekan pada bagian bawah lapis pondasi bawah

Program KENPAVE

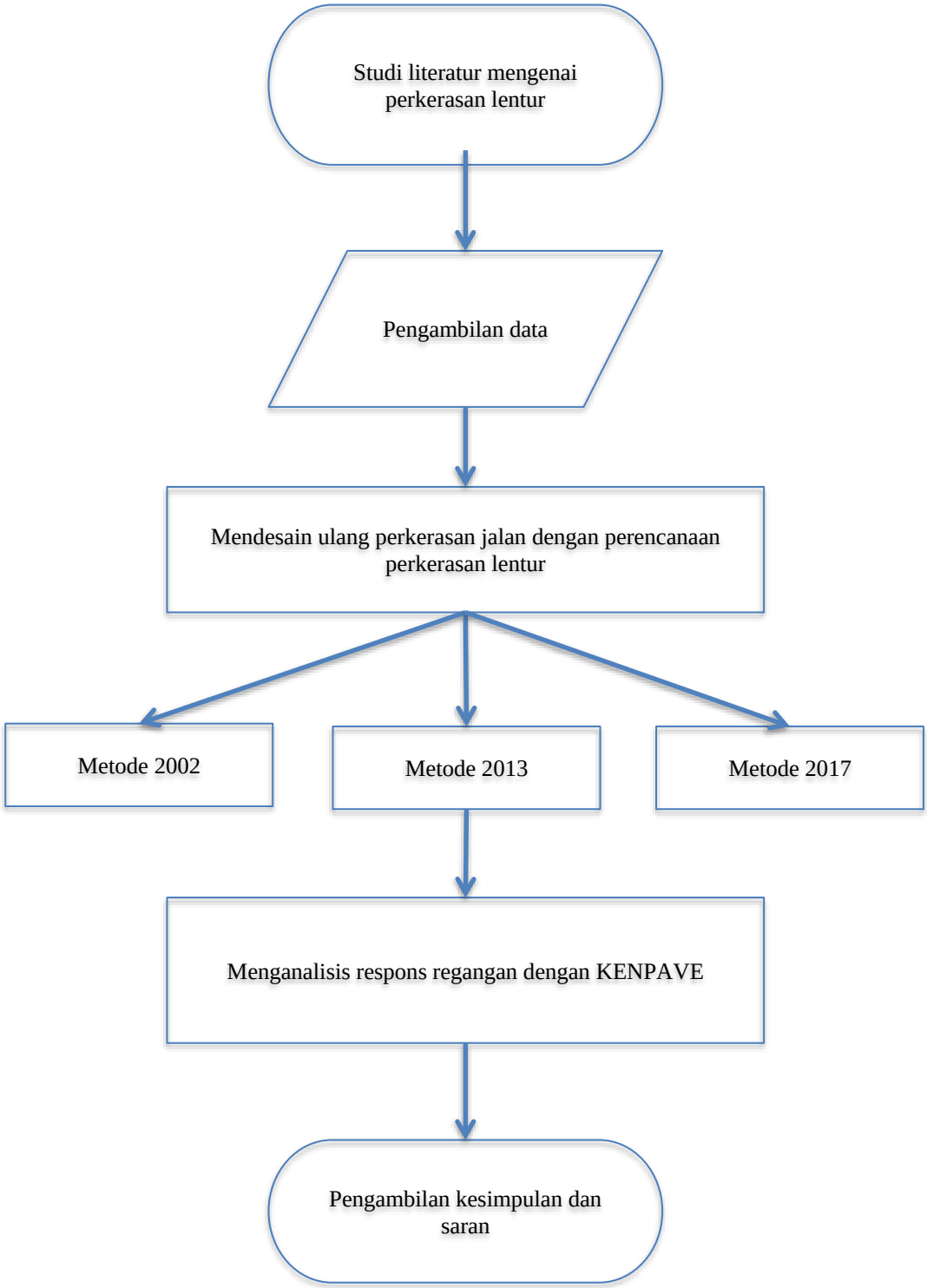
Berdasarkan Huang (1993), KENPAVE adalah paket komputer untuk analisis dan desain perkerasan yang berlaku untuk menghitung tegangan, regangan, dan deformasi pada perkerasan lentur dan kaku. Perangkat lunak KENPAVE yang dikembangkan pada 1993 oleh Yang H. Huang, profesor emeritus teknik sipil di *University of Kentucky*, digunakan untuk memodelkan perkerasan fleksibel dan kaku.

Software ini terbagi dalam empat program yang terpisah dan ditambah dengan beberapa program untuk menunjukkan grafis, keempat program tersebut antara lain yaitu LAYERINP, KENLAYER, SLABINP, dan KENSLAB. LAYERINP dan KENLAYER merupakan program analisis untuk perkerasan lentur, sedangkan SLABINP dan KENSLAB merupakan program analisis untuk perkerasan kaku.

Data yang diperlukan untuk program KENPAVE yaitu berupa data struktur perkerasan yang berkaitan dengan perencanaan tebal perkerasan metode mekanistik teori sistem lapis banyak. Data-data berupa : modulus elastisitas, *poisson ratio*, tebal lapis perkerasan, dan kondisi beban. Modulus elastisitas dari semua lapisan yang diperlukan adalah dari modulus elastisitas yang telah ditentukan dalam perencanaan dengan metode Bina Marga. Dan data tabel perkerasan dari tebal lapisan yang dihasilkan melalui perhitungan metode Bina Marga.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dimulai dengan mendapatkan data primer berupa volume lalu lintas Jalan Pantura ruas Cikampek-Pamanukan tahun 2019 dari Kementerian PUPR. Berikut diagram alir (*flowchart)* yang tertera pada Gambar 4 berikut.



Gambar 4. Diagram alir penelitian

EISSN 2622-545X

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tanah dasar

Nilai CBR pada jalan Pantura ruas Cikampek-Pamanukan sebesar 3,5, dan 8% dianggap sudah memadai sebagai rentang nilai CBR yang terjadi pada perkerasan di lapangan-di sekitar ruas jalan Cikampek-Pamanukan. Sehingga pada penelitian ini menggunakan nilai CBR tengah yaitu sebesar 5%.

Pertumbuhan lalu-lintas

Menurut pedoman Manual Desain Perkerasan Jalan 2017, volume pertumbuhan lalu lintas pulau Jawa untuk jalan Arteri dan Perkotaan adalah sebesar 4,8%. Pertumbuhan lalu lintas ini digunakan pada tahun perencanaan 2015-2035.

Perbandingan hasil perhitungan *Cumulative Single Axle* (CESA)

Pada Tabel 3 berikut diuraikan secara keseluruhan metode 2013 menghasilkan total hasil perhitungan CESA terbesar dibandingkan metode 2002 dan 2017.

Tabel 3. Perbandingan *cumulative single axle* (CESA) antar metode

	2002	2013	2017
TOTAL CESA	168.423.270,9	321.834.872,7	187.800.941,79

Perbandingan modulus tipikal antar metode

Modulus yang digunakan untuk *input* KENPAVE dapat dilihat pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Perbandingan modulus tipikal antar metode

2002 (MPa)				2013 (MPa)				2017 (MPa)			
Tipe Pondasi	Granular	Beraspal	Bersemen	Tipe Pondasi	CTB	Tipe Pondasi	Berbutir	Tipe Pondasi	CTB	Tipe Pondasi	Berbutir
LP	2758	2758	2758	AC WC	1100	AC WC	1100	AC WC	1100	AC WC	1100
LPA	207	1600	4827	AC BC	1200	AC Binder	1200	AC BC	1200	AC BC	1200
LPB	125	125	125	CTB	500	AC Base	1600	AC Base	1600	AC Base	1600
				LPA Kelas A	150	LPA Kelas A	150	CTB	500	LPA Kelas A	150
								LPA Kelas A	150		

Berdasarkan Tabel 4, pedoman metode bina marga 2002 belum menyajikan modulus tipikal untuk masing-masing lapisan perkerasan jalan. Sehingga nilai modulus tipikal untuk masing-masing lapisan diperoleh dengan menarik grafik yang telah disediakan pada pedoman metode bina marga 2002, serta modulus tipikal untuk lapis permukaan ditentukan oleh perencana, dilakukan secara cermat dan mempertimbangkan aspek volume lalu lintas, umur rencana, dan biaya. Sedangkan pada pedoman metode bina marga 2013 dan 2017 telah disajikan modulus tipikal untuk masing-masing lapisan perkerasan jalan, dan untuk lapis perbaikan dari perhitungan didapatkan 80 MPa. Sehingga perencana dapat menyesuaikan nilai modulus tipikal tiap lapis perkerasan sesuai dengan jenis lapis perkerasannya.

Perbandingan tebal perkerasan antar metode

Hasil tebal perkerasan antar metode yang didapatkan dari perhitungan metode manual serta perbandingan tebal perkerasan antar metode dapat dilihat pada Tabel 5, Tabel 6, dan Tabel 7.

Tabel 5. Rangkuman tebal perkerasan metode bina marga 2002

	Tipe Pondasi		
	Granular (mm)	Beraspal (mm)	Bersemen (mm)
Lapis Permukaan	280	130	105
Lapis Pondasi Atas	155	385	535
Lapis Pondasi Bawah	230	255	255

Tabel 6. Rangkuman tebal perkerasan metode bina marga 2013

Jenis Perkerasan	Lapis Fondasi CTB (mm)
AC WC	50
AC BC	280
CTB	150
LPA KELAS A	150
LAPIS PERBAIKAN	100

Tabel 7. Rangkuman tebal perkerasan metode bina marga 2017

Jenis Perkerasan	Lapis Fondasi CTB (mm)	Jenis Perkerasan	Lapis Fondasi Berbutir (mm)
AC WC	50	AC WC	40
AC BC	60	AC BC	60
AC BASE	160	AC BASE	245
CTB	150	LPA KELAS A	300
LPA KELAS A	150	PERBAIKAN	100
PERBAIKAN	100		

Berdasarkan Tabel 5, 6, dan 7, metode bina marga 2002 konstruksi perkerasan jalan dibagi menjadi 3 lapis perkerasan, metode bina marga 2013 dibagi menjadi 4 lapis perkerasan ditambah 1 lapis perbaikan, dan metode bina marga 2017 varian CTB dibagi menjadi 5 lapis perkerasan ditambah 1 lapis perbaikan sedangkan varian berbutir dibagi menjadi 4 lapis perkerasan ditambah 1 lapis perbaikan. metode bina marga 2002 menghasilkan tebal lapisan pemukaan terbesar, sedangkan metode bina marga 2013 dan 2017 menghasilkan tebal lapisan permukaan yang relatif sama. Hal tersebut disebabkan pada metode bina marga 2013 dan 2017 lapisan permukaan terbagi menjadi AC WC dan AC BC sehingga kekuatannya terbagi, sedangkan pada metode bina marga 2002 hanya menggunakan AC WC sehingga hasil desain lapisan permukaan menjadi sangat tebal. Metode bina marga 2002 menghasilkan total tebal perkerasan terbesar daripada metode bina marga 2013 dan 2017. Disimpulkan bahwa hasil perhitungan tebal perkerasan pada metode bina marga 2002 sangat tidak optimal karena menghasilkan tebal lapis permukaan dan total tebal perkerasan terbesar, sedangkan metode bina marga 2017 sangat optimal karena menghasilkan tebal lapis permukaan dan total tebal perkerasan terkecil daripada metode 2002 dan 2013. Dapat dinyatakan seperti itu, karena semakin besar tebal lapis permukaan akan berdampak pada semakin besar biaya konstruksinya, serta metode bina marga 2017 hasil desainnya lebih optimal dari metode 2013 terutama pada lapis pondasi CTB karena terdapat 6 lapis perkerasan termasuk lapis perbaikan sehingga tentu distribusi dari tegangan dan regangan yang disebabkan oleh beban kendaraan yang melintas akan semakin baik.

Perbandingan regangan horisontal dan vertikal antar metode

Hasil *output* KENPAVE serta perbandingan regangan horisontal dan vertikal antar metode dapat dilihat pada Tabel 8 berikut.

Tabel 8. Perbandingan regangan horisontal dan vertikal antar metode

Metode	Tipe Pondasi	Et	Ec
2002	Granular	1,017E-04	2,030E-04
	Beraspal	4,211E-05	1,224E-04
	Bersemen	3,892E-07	5,194E-05
2013	CTB	8,825E-05	2,134E-04
2017	CTB	1,020E-04	2,498E-04
	Berbutir	1,172E-04	2,053E-04

Berdasarkan Tabel 8, metode bina marga 2002 varian LPA bersemen menghasilkan regangan horisontal (Et) terkecil, sedangkan metode bina marga 2017 varian lapis fondasi berbutir menghasilkan regangan horisontal (Et) terbesar, artinya metode bina marga 2002 varian LPA bersemen dapat menahan beban lalu lintas lebih besar daripada metode bina marga 2013 dan 2017. Metode bina marga 2002 varian LPA bersemen menghasilkan

regangan vertikal (Ec) terkecil, sedangkan metode bina marga 2017 varian lapis fondasi CTB menghasilkan regangan vertikal (Ec) terbesar, artinya metode bina marga 2002 varian LPA bersemen dapat menahan beban lalu lintas lebih besar daripada metode bina marga 2013 dan 2017. Disimpulkan bahwa hasil perhitungan regangan horisontal (Et) dan regangan vertikal (Ec) pada metode bina marga 2002 lebih baik dibandingkan metode bina marga 2013 dan 2017. Hal tersebut disebabkan pada metode bina marga 2002 menghasilkan regangan horisontal (Et) dan regangan vertikal (Ec) terkecil dibandingkan dengan metode bina marga 2013 dan 2017, maka dapat dianggap mampu menahan beban lalu lintas lebih banyak dibandingkan dengan metode bina marga 2013 dan 2017.

Perbandingan repetisi izin kerusakan fatik dan retak alur antar metode

Hasil perhitungan Nf dan Nd serta perbandingan nilai Nf dan Nd antar metode dapat dilihat pada Tabel 9 berikut.

Tabel 9. Perbandingan nilai Nf dan Nd antar metode

Metode	Tipe Pondasi	W18 per hari	Nf	Nd
2002	Granular	31.672	3.471.781	46.395.183
	Beraspal	31.672	63.211.157	446.822.716
	Bersemen	31.672	312.886.466.959.245	20.741.035.857
2013	CTB	66.665	12.139.941	37.096.186
2017	CTB	39.730	7.538.077	18.327.842
	Berbutir	39.730	4.772.247	44.113.074

Berdasarkan Tabel 9, metode bina marga 2002, 2013 dan 2017 disimpulkan kuat terhadap kerusakan fatik maupun retak alur. Hal tersebut dibuktikan oleh Tabel 10 yang menunjukkan repetisi izin terhadap kerusakan fatik (Nf) dan repetisi izin terhadap kerusakan retak alur (Nd) ketiga metode tersebut lebih besar dibandingkan W18 perhari. Metode bina marga 2002 varian LPA bersemen menghasilkan repetisi izin terhadap kerusakan fatik (Nf) terbesar, sedangkan metode bina marga 2002 varian LPA granular menghasilkan repetisi izin terhadap kerusakan fatik (Nf) terkecil, artinya perkerasan jalan metode bina marga 2002 varian LPA bersemen lebih baik karena dianggap mampu menahan lebih banyak beban kendaraan dibandingkan metode bina marga 2013 dan metode bina marga 2017 sebelum terjadi rusak fatik. Metode bina marga 2002 varian LPA bersemen menghasilkan repetisi izin terhadap kerusakan retak alur (Nd) terbesar, sedangkan metode bina marga 2017 varian lapis fondasi CTB menghasilkan repetisi izin terhadap kerusakan retak alur (Nd) terkecil, artinya perkerasan jalan metode bina marga 2002 varian LPA bersemen lebih baik karena dianggap mampu menahan lebih banyak beban kendaraan dibandingkan metode bina marga 2013 dan metode bina marga 2017 sebelum terjadi rusak retak alur. Namun metode bina marga 2002 dapat dianggap *Over Design* baik terhadap kerusakan fatik maupun retak alur karena nilai repetisi izin yang dihasilkan terlampau jauh dari nilai W18 per hari. Sedangkan metode bina marga 2017 dapat dianggap desain yang lebih optimal karena nilai repetisi izin baik fatik maupun retak alur yang dihasilkan tidak terlampau jauh dari nilai W18 perhari.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dengan mendesain ulang dan analisis respons struktural pekerasan lentur menggunakan metode bina marga 2002, 2013 dan 2017 serta dibantu dengan program KENPAVE didapatkan beberapa kesimpulan yaitu:

1. Metode bina marga 2013 menghasilkan total perhitungan *cumulative single axle* (CESA) terbesar, dibandingkan metode bina marga 2002 dan 2017.
2. Metode bina marga 2002 memiliki nilai modulus tipikal pada lapisan permukaan terbesar, dibandingkan metode bina marga 2013 dan 2017. Hal tersebut disebabkan pada pedoman metode bina marga 2002 belum disediakan nilai modulus tipikal sehingga nilai modulus tipikal pada lapisan permukaan ditentukan dengan cermat dan mempertimbangkan aspek volume lalu-lintas, umur rencana, dan biaya oleh perencana, serta nilai modulus tipikal pada lapisan pondasi atas dan bawah metode bina marga 2002 didapat dengan menarik grafik yang telah disedikan. Pada pedoman metode bina marga 2013 dan 2017, telah disediakan nilai modulus tipikal untuk tiap jenis perkerasan pada tiap lapisan perkerasan.
3. Desain perkerasan lentur metode bina marga 2002 menyediakan 3 varian LPA yaitu: granular, beraspal, dan bersemen, sedangkan pada metode bina marga bina marga 2013 dan 2017 menyediakan 2 varian lapis fondasi yaitu: *cement treated base* dan berbutir. Metode bina marga 2002 terdiri dari 3 lapisan

perkerasan, metode bina marga 2013 terdiri dari 5 lapisan perkerasan termasuk lapis perbaikan, dan metode bina marga 2017 varian lapis fondasi *cement treated base* terdiri dari 6 lapisan perkerasan termasuk lapis perbaikan serta varian lapis fondasi berbutir terdiri dari 5 lapisan perkerasan termasuk lapis perbaikan.

4. Berdasarkan hasil perhitungan tebal perkerasan, metode bina marga 2002 sangat tidak optimal dan metode bina marga 2017 paling optimal, karena metode bina marga 2002 menghasilkan tebal lapisan permukaan dan total tebal perkerasan terbesar daripada metode 2013 dan 2017. Hal tersebut disebabkan pada metode bina marga 2013 dan 2017 lapisan permukaan terbagi menjadi AC WC dan AC BC sehingga kekuatannya terbagi, sedangkan pada metode bina marga 2002 hanya menggunakan AC WC sehingga hasil desain lapisan permukaan menjadi sangat tebal. Serta pada metode bina marga 2017 varian lapis fondasi CTB lebih optimal dari metode 2013 karena terdiri dari 6 lapis perkerasan termasuk lapis perbaikan sehingga distribusi tegangan dan regangan yang disebabkan oleh beban kendaraan yang melintas paling optimal.
5. Berdasarkan hasil perhitungan repetisi izin terhadap kerusakan fatik (Nf) dan terhadap kerusakan retak alur (Nd), pada metode bina marga 2002 kurang optimal dan pada metode bina marga 2017 paling optimal. Hal itu disebabkan karena metode bina marga 2002 dianggap *Over Design* baik terhadap kerusakan fatik maupun retak alur karena nilai repetisi izin yang dihasilkan terlampau jauh dari nilai W18 per hari. Sedangkan metode bina marga 2017 dapat dianggap lebih optimal karena nilai repetisi izin baik fatik maupun retak alur yang dihasilkan tidak terlampau jauh dari nilai W18 perhari.

Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dengan mendesain ulang dan analisis respons struktural pekerasan lentur menggunakan metode bina marga 2002, 2013 dan 2017 serta dibantu dengan program KENPAVE didapatkan beberapa saran untuk penelitian selanjutnya, yaitu:

1. Untuk penelitian selanjutnya perlu menganalisis repons struktural lainnya, seperti tegangan dan defleksi.
2. Perencanaan perkerasan lentur harus mempertimbangkan aspek volume lalu-lintas, umur rencana dan biaya.
3. Perlu diteliti studi kasus pada ruas jalan lain dengan volume lalu lintas yang beragam.

DAFTAR PUSTAKA

Badan Standardisasi Nasional. “Geometri Jalan Perkotaan”. RSNI T-14-2004. Standard Nasional Indonesia, 2004.

Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah. “Pedoman Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Pt T-01-2002-B”. Jakarta, 2002.

-,”Survai Pencacahan Lalu Lintas Dengan Cara Manual Pd.T-19-2004-B. Jakarta, 2004.

Huang, Yang H. Pavement Analisis and Design. New Jersey: Pearson Education Inc, 2004.

Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga. “Manual Desain Perkerasan Jalan Nomor 02/M/BM/2013. Jakarta, 2013.

-, “Manual Perkerasan Jalan (Revisi Juni 2017) No. 04/SE/Db/2017”. Jakarta, 2017.

Matthew, Tom V., dan K.V. Khrisna Rao. *Introduction to Transportation Engineering.* Mumbai, India: NPTEL (National Programee on Technology Enhanced Learnng), 2006.

Sukirman, Silvia. Perencanaan Tebal Struktur Perkerasan Lentur. Bandung: Nova, 2010

Putri, C.K. Prediksi Nilai Kerusakan Perkerasan Lentur dengan Metode Mekanistik Empirik (Studi Kasus: Rekonstruksi Jl. Arteri Selatan) (2014): Universitas Gajah Mada.

Ullidtz, P. *Modelling Flexible Pavement Response and Performance.* Denmark: Technical university of Denmark, 1998.

Yoder, E.J dan M.W. Witczak. *Principles of Pavement Design 2nd Edition.* New York: John Wiley & Sons Inc., 1975.