



Evaluasi Perancangan Struktur Perkerasan Kaku (Rigid Pavement) Ruas Jalan Suwaloh-Margomulyo Kecamatan Balen Kabupaten Bojonegoro

*Evaluation of Rigid Pavement Structure Design for Suwaloh -
Margomulyo Road, Balen District, Bojonegoro Regency*

Agustiya Eko Wahyudi¹; Florentina Pungky Pramesti²; Ary Setyawan³

Magister Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret, Surakarta, Indonesia

Email : agustiyaekowahyudi07@student.uns.ac.id; f.p.pramesti@staff.uns.ac.id;
arysetyawan@staff.uns.ac.id

ABSTRACT

Keywords:

Evaluation
Village Road Planning
Rigid Pavement

In Bojonegoro Regency, currently most of the road construction is rigid pavement. Because maintenance costs are relatively cheaper and the material durability is higher than flexible pavement. The road connecting Bulu Village, Balenrejo village and Suwaloh Village, Balen District, Bojonegoro Regency, hereinafter called Suwaloh–Margomulyo Road. This road is 1.8 kilometers long and stretches across 3 villages, namely Bulu Village to the east, Balenrejo Village in the middle, and Suwaloh Village to the west. The condition of the road at that time was badly damaged. One of the causes of the damage to the road was because during the harvest season the road was passed by trucks carrying rice with loads exceeding the permitted tonnage (Overload). So, this study will re-design rigid pavement and then compare the results, whether it becomes thicker or thinner. This study also compares the existing design RAB and alternative designs to be made by the authors. Based on the existing conditions on the Suwaloh-Margomulyo road section which plans road work with specifications using wiremesh iron reinforcement, strous, dowel, tiebar which are not in accordance with the guidelines of Rev 2003 and MDPJ 2017. Then it is necessary to evaluate the performance of the existing concrete slab. Based on the results of kenpave analysis, alternative designs were obtained with specifications of 25cm concrete slab thickness, plain concrete obtained Smaller load reps (Noccur) rather than repetition of load permits (Nizin) so that the design meets the criteria. Rigid pavement work does not use reinforcement or plain concrete amounting to Rp.5,819,699,461 including 11% VAT. From the calculation of the cost of each rigid pavement work using reinforcing iron with rigid pavement work without reinforcement or plain concrete, a cost difference of Rp. 3,079,456,000 is obtained, So, Alternative Design is Cheaper because Road Design does not Use Reinforcement.

ABSTRAK

Kata kunci:

Evaluasi
Perancangan Jalan Desa
Rigid Pavement

Di Kabupaten Bojonegoro, saat ini sebagian besar pembangunan jalan adalah perkerasan kaku. Karena biaya perawatan relatif lebih murah dan ketahanan material lebih tinggi dibandingkan perkerasan fleksibel. Jalan yang menghubungkan Desa Bulu, Desa Balenrejo dan Desa Suwaloh, Kecamatan Balen, Kabupaten Bojonegoro, selanjutnya disebut Jalan Suwaloh-Margomulyo. Jalan ini memiliki panjang 1,8 kilometer dan membentang di 3 desa. Kondisi jalan saat itu rusak parah, Salah satu penyebab kerusakan jalan adalah karena saat musim panen jalan dilalui truk pengangkut padi dengan muatan melebihi tonase yang diizinkan (*Overload*). Jadi, penelitian ini akan mendesain ulang jalan rigid pavement. Berdasarkan kondisi eksisting pada ruas jalan Suwaloh-Margomulyo yang merencanakan pekerjaan jalan dengan spesifikasi menggunakan tulangan besi yang tidak sesuai dengan pedoman Pdt 2003 dan MDPJ 2017. Maka diperlukan evaluasi terhadap kinerja slab beton eksisting. Berdasarkan hasil Analisis kenpave didapatkan perancangan alternative dengan spesifikasi ketebalan slab beton 25cm, Beton polos didapatkan Repetisi beban yang terjadi (N_{terjadi}) lebih kecil daripada repetisi izin beban (N_{izin}) sehingga desain tersebut memenuhi kriteria. Pekerjaan perkerasan kaku tidak menggunakan tulangan atau beton polos sebesar Rp.5.819.699.461 sudah termasuk PPN 11%. Dari perhitungan biaya masing-masing pekerjaan perkerasan kaku menggunakan besi tulangan dengan pekerjaan perkerasan kaku tanpa tulangan atau beton polos diperoleh perbedaan biaya sebesar Rp. 3.079.456.000, Jadi, Perancangan Alternatif Lebih Murah dikarenakan dalam Perancangan Jalan tidak Menggunakan Tulangan.

PENDAHULUAN

Jalan yang menghubungkan Desa Bulu, Desa Balenrejo serta Desa Suwaloh Kecamatan Balen Kabupaten Bojonegoro, selanjutnya disebut Jalan Suwaloh – Margomulyo, sebelum tahun 2023 jalan tersebut menggunakan konstruksi paving. Jalan ini mempunyai panjang 1.8 kilometer dan terbentang di 3 desa, yaitu di sebelah timur Desa Bulu, Desa Balenrejo di tengah, dan Desa Suwaloh di sebelah barat. Kondisi jalan saat itu rusak parah, Salah satu penyebab kerusakan jalan tersebut adalah karena pada saat musim panen jalan dilewati kendaraan *truck* pengangkut padi dengan beban melebihi tonase yang diijinkan (*Overload*).

Dalam upaya mengatasi masalah jalan tersebut, terutama agar mendapat perhatian dan sumber daya yang dibutuhkan, Maka Pemerintah Desa Bulu mengajukan peningkatan status jalan. Pemerintah Kabupaten Bojonegoro menanggapi dengan menerbitkan SK peningkatan status jalan Suwaloh – Margomulyo dari jalan Desa menjadi jalan Kabupaten.

Pada tahun 2023 ini Pemerintah Kabupaten Bojonegoro, selaku pengelola baru jalan Suwaloh-Margomulyo berupaya mengatasi masalah kerusakan jalan tersebut dengan melakukan rekonstruksi menggunakan perkerasan kaku (*Rigid Pavement*). Hal ini dilakukan agar waktu tempuh melewati jalan tersebut lebih pendek, kenyamanan pengguna yang melaluinya meningkat, dan akses menuju Desa Desa yang dihubungkan semakin mudah. penelitian ini akan melakukan re desain perkerasan kaku lalu membandingkan hasilnya, Apakah jadinya lebih tebal atau lebih tipis. Penelitian ini juga membandingkan RAB desain eksisting dan desain alternatif yang akan dibuat oleh penulis mengacu pada SNI Pdt Tahun 2003 dan Manual Desain Perkerasan Jalan Tahun 2017.

METODE

Penelitian ini dilakukan di proyek rekonstruksi jalan Suwaloh – Margomulyo Kecamatan Balen Kabupaten Bojonegoro. Jalan Suwaloh – Margomulyo mempunyai Panjang 1,8 km dan terbentang di 3 Desa, yaitu di sebelah timur Desa Bulu, Desa Balenrejo di tengah, dan Desa Suwaloh di sebelah barat

Pengumpulan data adalah salah satu peranan dasar untuk menemukan solusi untuk suatu masalah. Pada fase pengumpulan data, peran lembaga terkait dibutuhkan sebagai dukungan untuk mendapatkan data yang dibutuhkan Untuk mencapai tujuan penelitian ini terdiri dari:

- A. **Data Primer** merupakan sumber data yang diperoleh langsung dari lapangan, Yaitu:
 - Data teknik jalan : Peta lokasi
 - Standard harga satuan : Data harga satuan upah, alat, dan bahan Kabupaten Bojonegoro, Jawa Timur.
- B. **Data sekunder** merupakan sumber data penelitian yang diperoleh peneliti secara tidak langsung melalui tidak langsung dari Pemerintah Desa, Dinas Pekerjaan Umum serta Lembaga Kedinasan lain.
 - a. Faktor pertumbuhan volume lalu lintas kendaraan
 - b. Data Lalu Lintas harian.
 - c. Data berat setiap jenis kendaraan.
 - d. Uji Kepadatan Tanah CBR tanah
 - e. Modulus elastisitas beton, fungsi dari kuat tekan
 - f. Peraturan – peraturan tentang perancangan perkerasan jalan.
 - g. Survei Inventori Jalan
 - h. Peraturan – Peraturan tentang perancangan Perkerasan jalan.

Pengumpulan Data Lapangan

Survei Inventori Jalan

Survei inventori jalan dilakukan untuk mengetahui kondisi existing dan situasi lokasi perencanaan.

Kegiatan yang dilakukan pada survei inventori adalah :

- a) Menentukan titik awal dan titik akhir.
- b) Mengamati kondisi jalan

Survei Tanah

Survei penyelidikan tanah, untuk mengetahui kondisi tanah dasar di lokasi perancangan sebagai dasar acuan penentuan bangunan bawah dari struktur yang direncanakan.

Kegiatan yang dilakukan pada survei pendahuluan tanah adalah ;

- a) Mengamati secara visual kondisi lapangan yang berkaitan dengan karakteristik tanah dan batuan.
- b) Mengamati perkiraan lokasi sumber material (*quarry*) sepanjang lokasi pekerjaan.
- c) Melakukan pemotretan pada lokasi-lokasi khusus (rawan longsor, dll).
- d) Melakukan uji kepadatan tanah menggunakan CBR.

Survei Lalu - Lintas

Survei lalu lintas, untuk mengetahui beban lalu lintas kendaraan dan jumlah total volume lalu – lintas di sekitar lokasi perencanaan sebagai dasar untuk memperkirakan dan merencanakan beban yang akan melalui jalan tersebut.

Kegiatan yang dilakukan pada survei lalu lintas adalah:

- a) Mengumpulkan data kendaraan yang lewat, termasuk jumlah dan jenis kendaraan lalu – lintas serta berat jenis kendaraan.

Perhitungan Struktur Perkerasan Jalan

Setelah dilakukan Analisis terhadap data yang ada, selanjutnya dilakukan perhitungan tebal perkerasan jalan dengan menggunakan metode SNI Pd-T 2003. Perkerasan yang direncanakan dalam tesis ini adalah perkerasan kaku (*Rigid pavement*)

Perhitungan Rencana Anggaran Biaya

Setelah melakukan perancangan alternatif dengan menggunakan metode SNI P-DT 2003 maka akan diperoleh tebal perkerasan yang direncanakan, setelah itu melakukan perhitungan rencana anggaran biaya alternatif yang efektif dan efisien. Adapun langkah – langkah dalam perhitungan biaya sebagai berikut

Merancang gambar kerja

Perancangan gambar teknik pada RAB dibutuhkan untuk menentukan berbagai jenis pekerjaan, spesifikasi, dan ukuran material bangunan. Pastikan dari gambar kerja ini dapat ditentukan ukuran dan spesifikasi bahan bangunan. menghitung volume pekerjaan pun menjadi lebih mudah.

Menghitung volume pekerjaan

Langkah berikutnya adalah menghitung volume pekerjaan. Penghitungan ini dilakukan dengan cara menghitung banyaknya volume pekerjaan dalam satu satuan, misalkan per m², m³, atau per unit. Volume pekerjaan nantinya dikalikan dengan harga satuan pekerjaan, sehingga didapatkan jumlah biaya pekerjaan.

Membuat dan menentukan harga satuan pekerjaan

Harga satuan pekerjaan dapat dipisahkan menjadi harga upah pekerja dan bahan material. Anda hanya tinggal masukkan harga berdasarkan harga yang berlaku di daerah tersebut

Menghitung jumlah biaya pekerjaan

Setelah volume dan harga satuan kerja di peroleh, maka langkah berikutnya adalah mengalikan angka tersebut sehingga dapat ditentukan jumlah biaya dari masing-masing pekerjaan. Hitung jumlah biaya pekerjaan dengan mengalikan volume pekerjaan x harga satuan.

Membuat rekapitulasi

Langkah terakhir dalam membuat RAB adalah membuat bagian rekapitulasi. Rekapitulasi adalah hasil akhir masing-masing sub pekerjaan, contoh pekerjaan persiapan, pekerjaan struktur, atau pekerjaan beton.

Data Lalu – lintas

Tabel 1. Data Lalu Lintas Kendaraan Tahun 2023 Ruas Suwaloh - Margomulyo

Tahun	Jenis Kendaraan	LHR Ruas Jalan (smp/hari)
2023	Mobil Penumpang	628
	Bus	2
	Truk 2 As 4 roda	131
	Truk 2 As 6 roda	112
	Truk 3 As	26
	Sepeda Motor	5703

Sumber : Survey Lalu Lintas Harian Tahun 2023

**Data Uji Kepadatan tanah (CBR)
Menentukan nilai CBR**

Dari hasil pengamatan diperoleh harga CBR sebagai berikut :

Tabel 2. Data CBR Tanah Dasar

Titik	CBR (%)
1	2,71
2	7,13
3	5,2
4	2,04
5	6,42
6	3,75

Sumber : laboratorium Teknik Sipil Universitas Bojonegoro

Tabel 3. Rekapitulasi perhitungan laju pertumbuhan lalu lintas

No	Tahun	LHR	LHRo	LHRT	n	I (%)
1	2019	2628	-	-	1	0,00
2	2020	1440	2628	1440		-45,21
3	2021	3096	1440	3096		115,00
4	2022	3816	3096	3816		23,26
5	2023	4176	3816	4176		9,43
Pertumbuhan Lalu Lintas (i%)						20,50

Didapatkan nilai pertumbuhan lalu lintas (i) = 20,5 %

Dengan umur rencana 20 tahun dan pertumbuhan lalu lintas 20,5%, menggunakan persamaan 2.5 dapat dihitung faktor pertumbuhan lalu lintas

$$R = \frac{(1 + 0,205)^{20} - 1}{0,205} = 198,28$$

Beban lalu lintas dihitung berdasarkan jumlah kelompok sumbu kendaraan berat sebagai berikut:

Tabel 4. Perhitungan beban lalu lintas

Jenis Kendaraan	Jumlah Kelompok Sumbu	LHR 2019	Kelompok Sumbu 2019	Jumlah Kelompok Sumbu 2019-2038
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Mobil Roda 4	2	4	8	289484
Truk 2 As Roda 4	2	2	4	144742
Truk 2 As Roda 6	2	1	2	72371
Jumlah kumulatif sumbu kendaraan berat 2019-2038				506597

Input Data

Ada beberapa parameter yang harus diinput ke dalam program KENPAVE dalam hal ini untuk analisis pekerasan kaku menggunakan subprogram KENSLABS. Sebelum menggunakan program KENPAVE, pengaturan desimal pada perangkat komputer atau laptop harus menggunakan sistem internasional (titik sebagai pemisah desimal). Berikut langkah untuk menganalisis.

Tampilan Awal

Pada saat membuka program KENPAVE, berikut adalah tampilan awal. Pastikan *file name* yang digunakan adalah SLA1.DAT karena pada penelitian ini akan menganalisis slab tunggal dengan 1 kelompok beban.

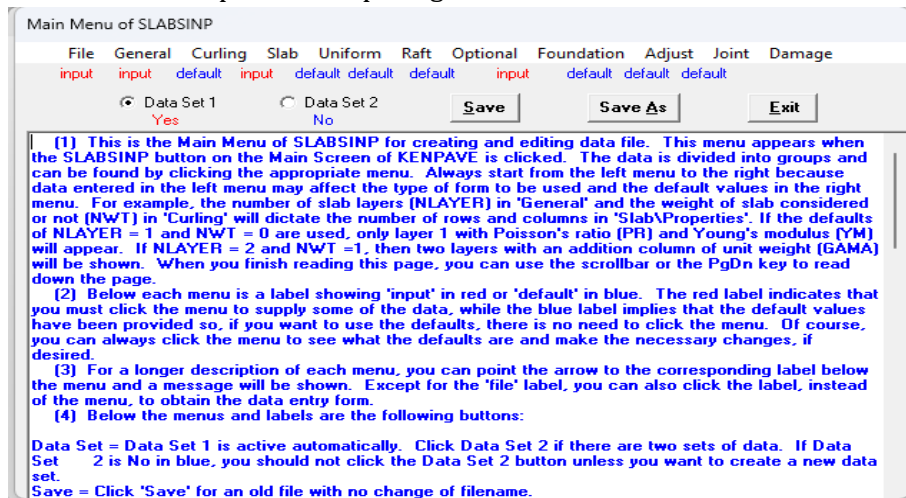


Gambar 1. Tampilan awal KENPAVE

Pilih menu SLABSINP untuk melakukan analisis perkerasan kaku.

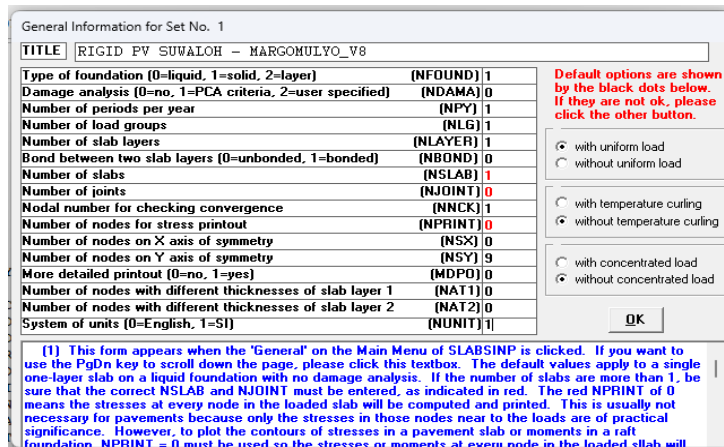
SLABSINP

Kemudian akan tampil menu seperti gambar 2



Gambar 2 tampilan menu utama SLABSINP

Pilih menu *File* kemudian *New* untuk membuat dokumen analisis yang baru.
General



Gambar 3. Tampilan menu *General*

Memasukkan beberapa data umum pada menu *general* seperti pada gambar 3, kemudian pilih OK.

Slab

Pada menu *slab* akan ditampilkan menu untuk menginput data pengaturan *slab* dan karakteristik *slab*. Berikut pengaturan dan karakteristik *slab* yang akan dimasukkan.

Tabel 5. Jumlah sumbu X dan Y

Slab No.	NX	NY
1	8	7

Masukkan jumlah titik koordinat *slab* yang akan dianalisis, tekan *enter* dan masukkan titik koordinat X dan Y sebagai berikut.

Tabel 6. Koordinat X

Sequence	X (cm)
1	0
2	100
3	160
4	220
5	280
5	340
7	400

Tabel 7. Koordinat Y

Sequence	Y (cm)
1	0
2	25
3	50
4	130
5	170
6	250
7	300

8	500
---	-----

Tabel 8. Karakteristik beton

Layer No.	T (cm)	PR	YM (kPa)
1	20	0,15	25742960,2

Uniform

Tabel 9. Load group dan jumlah NUDL

Load Group	NUDL
1	4

Penelitian ini menggunakan NUDL 4 yaitu kendaraan desain adalah STRG (Sumbu Tunggal Roda Ganda). Tekan *enter* kemudian akan muncul *window* seperti berikut.

Tabel 10. Load group 1

L. Seq*	LS	XL1 (cm)	XL2 (cm)	YL1 (cm)	YL2 (cm)	QQ (kPa)
1	1	0	10,266	0	14,141	720
2	1	0	10,266	36,659	50,8	720
3	1	0	10,266	195,58	209,721	720
4	1	0	10,266	232,239	246,38	720

Optional

Jumlah *node* sama dengan jumlah NPRINT pada menu *General. Node Printout* (NP) merupakan titik yang nantinya dihitung dan dicetak pada program. Nomor ini otomatis diisi oleh komputer mengikuti kasus atau *input* SLA1. Sedangkan *sequence Nodes Y Symetry* ditentukan pada *inout general* NSY. Pada tabel 12 ditunjukkan *Nodes Y Symetry*.

Tabel 11. Nodes of Y Symetry

Sequence*	NODSY
1	1
2	2
3	3
4	4
5	5
6	6
7	7
8	8
9	9

Foundation

Tabel 12. Solid foundation

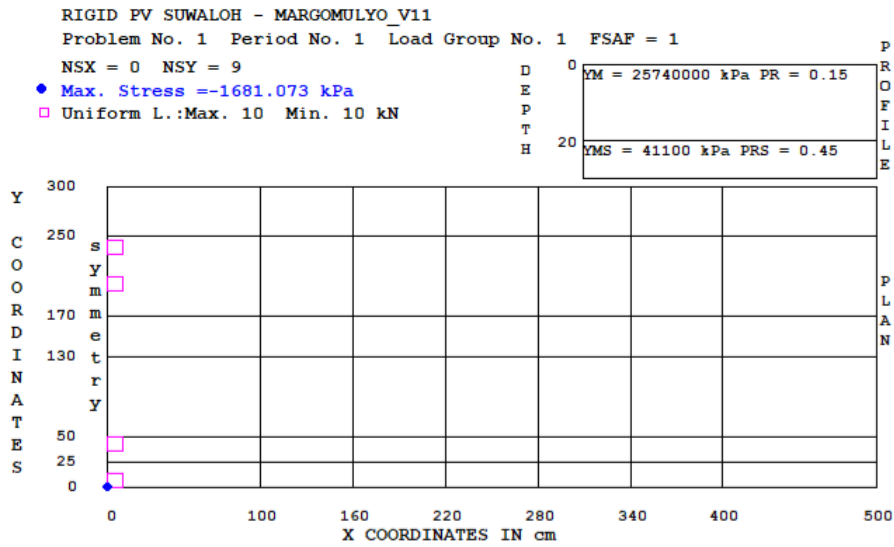
<i>Young's modulus of subgrade in kPa (YMS)</i>	41100
<i>Poisson's ratio of subgrade (PRS)</i>	0,45

Langkah akhir

Kemudian tekan *save as* dan berikan nama *file* sesuai yang dikehendaki. Tekan *exit* kemudian untuk analisis dapat menekan *KENSLABS* atau *KENSLABS LARGE RAM*.

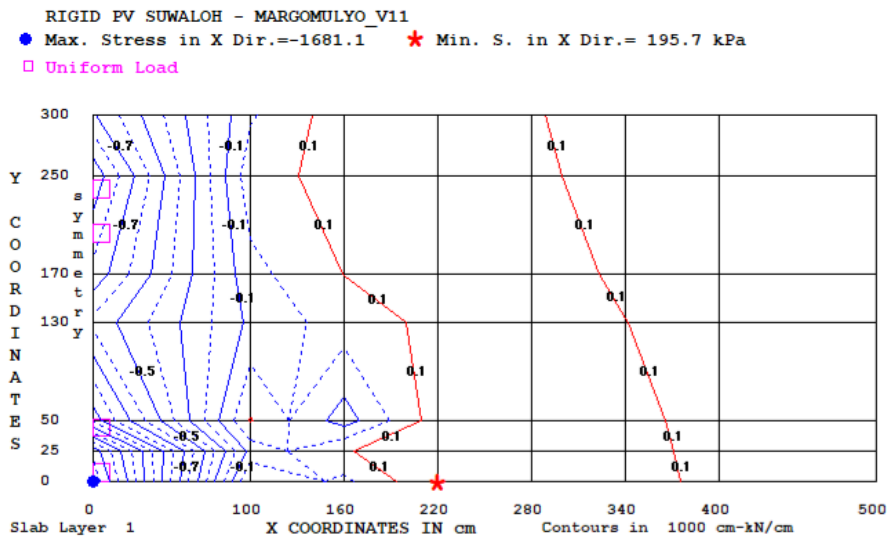
Output Analisis Kenpave

Menu SGRAPH pada KENPAVE akan menghasilkan *output* berupa ringkasan berupa parameter yang dimasukkan dan *stress* maksimal yang terjadi. *Stress* maksimum yang terjadi adalah sebesar 1681,073 kPa.

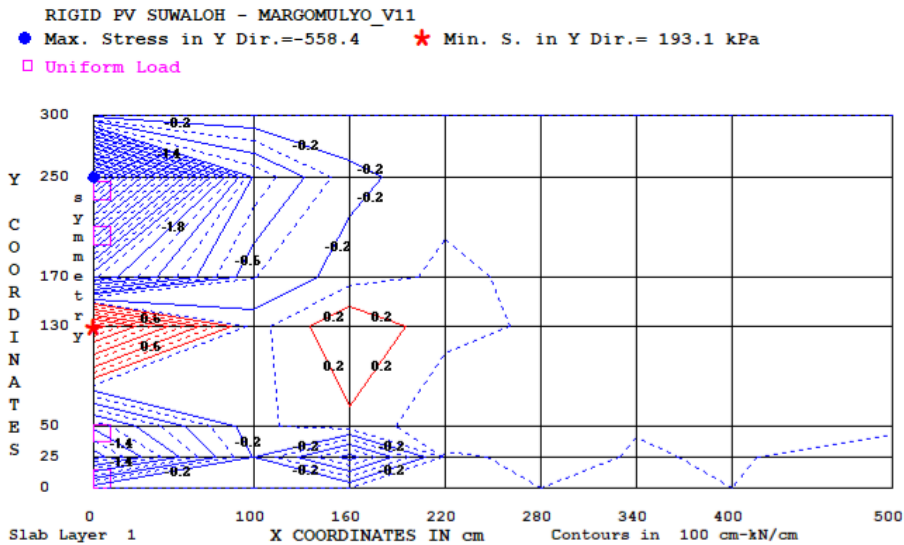


Gambar 4. Grafik SGRAPH

Menu CONTOUR pada KENPAVE akan menghasilkan *output* berupa sebaran gaya arah X dan Y seperti pada gambar 5 dan 6



Gambar 5. CONTOUR X DIRECTION



Gambar 6. CONTOUR Y DIRECTION

Stress maksimal yang terjadi pada arah X sebesar 1681,1 kPa sedangkan arah Y sebesar 558,4 kPa.

Analisis Evaluasi KENPAVE

Data:

1. *Maximum stress* (Se) = 1681,1 kPa = 1,68 MPa
2. *Axle load group* (P) = 80 kN

Table 7.6 Axle group loads which cause same damage as standard axle*

Axle group type	Load (kN)
Single axle with single tyres (SAST)	53
Single axle with dual tyres (SADT)	60
Tandem axle with single tyres (TAST)	90
Tandem axle with dual tyres (TADT)	135
Triaxle with dual tyres (TRDT)	181
Quad-axle with dual tyres (QADT)	221

* The axle group loads which cause equal damage are taken to be those loads which produce equal maximum deflection of the pavement surface.

Gambar 7 Tabel *axle load group* (Austroads, 2004)

3. *Load safety factor* (LSF) = 1,15

Table 9.2 **Load Safety Factors** (LSF) for rigid pavement types

Pavement type	Project design reliability				
	80%	85%	90%	95%	97.5%
PCP	1.15	1.15	1.20	1.30	1.35
Dowelled & CRCP	1.05	1.05	1.10	1.20	1.25

Gambar 8 Tabel *Load safety factor* (Austroads, 2004)

4. Load adjustment (F1) = 18 (untuk *single axle with dual tyres*)
5. Kuat tarik beton (fcf) = 4,11 MPa

Perhitungan:

$$S_r = \frac{S_e}{0,944 f'_{cf}} \left(\frac{P \cdot LSF}{4,45 F1} \right)^{0,94}$$

$$S_r = \frac{1,68}{0,944 \times 4,11} \left(\frac{80 \times 1,15}{4,45 \times 18} \right)^{0,94}$$

$$S_r = 0,49$$

Karena nilai $S_r = 0,45 \leq S_r \leq 0,55$ sehingga untuk menghitung repetisi beban yang diizinkan dapat menggunakan persamaan:

$$N_{izin} = \left(\frac{4,258}{S_r - 0,4325} \right)^{3,268}$$

$$N_{izin} = \left(\frac{4,258}{0,49 - 0,4325} \right)^{3,268}$$

$$N_{izin} = 1.044.638$$

Untuk N izin pada slab beton dengan ketebalan 25cm mempunyai nilai tak terhingga. Hal ini dikarenakan memiliki nilai S_r 0,36 yang mana mengacu pada referensi nilai S_r yang berada dibawah 0,45 dinyatakan bahwa N_f izin memiliki nilai tak terhingga. Beban lalu lintas yang terjadi pada umur rencana 20 tahun adalah sebesar $N_{rencana} = 4.356.020$ Dari hasil desain yang telah dilakukan evaluasi software KENPAVE, jumlah beban maksimum yang diijinkan (N_{izin}) lebih kecil daripada beban lalu lintas yang terjadi pada saat umur rencana 20 tahun ($N_{rencana}$), yaitu tahun 2043. Untuk itu dilakukan evaluasi Kembali terhadap tebal perkerasan kaku yang direncanakan. Tebal perkerasan diubah menjadi 25 cm, sesuai PDT 2003, gambar perancangan alternative Dengan CBR 5% yang merupakan hasil dari pengujian CBR lapangan pada STA 0+700. Desain tebal perkerasan yang baru ini, kemudian di evaluasi Kembali menggunakan Kenpave. Dengan cara sama didapatkan hasil seperti ditunjukkan dalam tabel 4.16 dibawah ini

Tabel 13 hasil perhitungan Kenpave dengan tebal perkerasan kaku 25 cm.

No	Parameter	Dengan tebal 20 cm	Dengan tebal 25 cm	Satuan
1	<i>Maximum stress</i> (Se)	1681,1	1231,3	kPa
2	<i>Axle load group</i> (P)	80	80	kN
3	LSF	1,15	1,15	-
4	F1	18	18	-
5	Fcf	4,11	4,11	MPa
6	Sr	0,49	0,36	
7	N ijin	1.044.638	∞	Axle

Sehingga, pada saat desain perkerasan mencapai umur layan yang telah direncanakan, tidak mengalami deformasi permanen.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Rencana Anggaran Biaya Eksisting

Pada tahap ini analisis yang dilakukan adalah kebutuhan tenaga kerja, kebutuhan bahan, dan kebutuhan peralatan untuk masing – masing pekerjaan berdasarkan data – data yang diperoleh dari Analisis Harga satuan

Tabel 14 Rencana Anggaran Biaya Eksisting

NO	URAIAN	JUMLAH HARGA (Rp)
1	Divisi 1 Umum	Rp. 67.582.000
2	Divisi 2 Sistem Manajemen Keselamatan Konstruksi (SMKK)	Rp. 116.307.000
3	Divisi 3 Pekerjaan Tanah dan Geosintetik	Rp. 526.675.959
4	Divisi 4 perkerasan berbutir dan perkerasan beton semen	Rp. 729,457.214
5	Divisi 5 pekerjaan aspal	Rp. 18.029.060
6	Divisi 6 pekerjaan struktur	Rp. 6.549.864.700
7	Divisi 7 pekerjaan lain lain	Rp. 9.305.215
A	Jumlah	Rp. 8.017.221.150
B	Pajak Penambahan Nilai (PPN) 11% x (a)	Rp. 881.894.326
C	Jumlah total Harga A+B	Rp. 8.899.115.477
	Terbilang “Delapan miliar delapan ratus sembilan puluh sembilan juta seratus lima belas ribu empat ratus tujuh puluh tujuh rupiah	

Sumber: Dinas Pekerjaan Umum Kabupaten Bojonegoro

Analisis volume pekerjaan

Analisis volume pekerjaan adalah menghitung banyaknya volume masing-masing bahan. Perhitungan ini berdasarkan gambar DED perkerasan hasil analisis yang disajikan dalam lampiran. Analisis volume pekerjaan dalam penelitian ini dapat di lihat pada tabel 4.18 sampai 4.22 dibawah ini.

Tabel 15 Volume pembongkaran paving

Galian Paving stone				
STA	- STA	Panjang Pembongkaran		Lebar Badan Jalan
0 m	11 m	11.00 m	x	6.70
11 m	50 m	39.00 m	x	5.00
50 m	100 m	50.00 m	x	3.50
100 m	150 m	48.60 m	x	3.50
150 m	820 m	668.60 m	x	4.70
820 m	850 m	28.60 m	x	4.00
850 m	900 m	50.00 m	x	4.00
900 m	950 m	50.00 m	x	3.80
950 m	1.200 m	250.00 m	x	4.00
1.200 m	1.250 m	50.00 m	x	4.00
1.250 m	1.300 m	50.00 m	x	3.80
1.300 m	1.700 m	400.00 m	x	3.60
1.700 m	1.750 m	50.00 m	x	3.60
1.750 m	1.800 m	50.00 m	x	4.00
Total Volume Pembongkaran paving				7458.68 m ³

volume pekerjaan pembongkaran paving adalah 7458,68 m³

Tabel 16 Volume pekerjaan Beton semen

No	Uraian	Panjang	Lebar	Tebal	Volume (p x l x t)
1	Pekerjaan Beton Fc' 30	1.800 m	5 m	20 cm	1.800 M3
2	Pekerjaan Beton Fc' 10 (lantai kerja)	1.800 m	5 m	10 cm	90 M3

Sumber: Hasil Analisis

Dari hasil perhitungan analisis volume pekerjaan beton, volume pekerjaan beton Fc' 30 adalah 1.800 M3, sedangkan untuk pekerjaan lantai kerja Fc'10 adalah 90 m³

Tabel 17 Volume Pekerjaan Lapis pondasi atas

STA	STA	PANJANG		LEBAR		TEBAL	TOTAL(PxLxT)
0 m	50 m	50.00 m	x	6.00 m	x	0.15 cm	44.63 m3
50 m	100 m	50.00 m	x	5.90 m	x	0.15cm	48.75 m3
100 m	150 m	50.00 m	x	7.10 m	x	0.15cm	54.94 m3
150 m	200 m	50.00 m	x	7.55 m	x	0.15cm	55.31 m3
200 m	250 m	50.00 m	x	7.20 m	x	0.15cm	55.88 m3
250 m	300 m	50.00 m	x	7.70 m	x	0.15cm	56.25 m3
300 m	350 m	50.00 m	x	7.30 m	x	0.15cm	55.31 m3
350 m	400 m	50.00 m	x	7.45 m	x	0.15cm	55.88 m3
400 m	450 m	50.00 m	x	7.45 m	x	0.15cm	57.00 m3
450 m	500 m	50.00 m	x	7.75 m	x	0.15cm	58.31 m3
500 m	950 m	450.00 m	x	7.80 m	x	0.15cm	526.50 m3
950 m	1,000 m	50.00 m	x	7.80 m	x	0.15cm	57.75 m3
1.000 m	1.250 m	250.00 m	x	7.60 m	x	0.15cm	285.00 m3
1.250 m	1.300 m	50.00 m	x	7.60	x	0.15cm	50.25 m3
1.300 m	1.350 m	50.00 m	x	5.80	x	0.15cm	43.50 m3
1.350 m	1.400 m	50.00 m	x	5.80	x	0.15cm	50.25 m3
1.400 m	1.550 m	150.00 m	x	7.60	x	0.15cm	171.00 m3
1.550 m	1.600 m	50.00 m	x	7.60	x	0.15cm	50.25 m3
1.600 m	1.800 m	200.00 m	x	5.80	x	0.15cm	174.00 m3
Total Volume Agregat A							1950.75 m3

Sumber: Hasil analisis

Dari hasil perhitungan volume pekerjaan Lapis pondasi atas, total volume pekerjaan adalah 1.950,75 m3

Tabel 18 Volume Timbunan Pilihan dari Sumber Galian Limestone (Untuk Bahu Jalan)

STA	STA	PANJANG		Kanan		Kiri		TEBAL	TOTAL (PxLxT)
0 m	50 m	50 m	x	90cm		80cm	x	0.3cm	12.75 m3
50 m	100 m	50 m	x	80cm		2m	x	0.3cm	21 m3
100m	150m	50 m	x	2m		2m	x	0.3cm	33.375 m3
150m	200 m	50 m	x	2.45m		1,5m	x	0.3cm	34.125 m3
200 m	250 m	50 m	x	2.1m		2m	x	0.3cm	35.25 m3
250 m	300 m	50 m	x	2.6m		1.8m	x	0.3 cm	36 m3
300 m	350 m	50 m	x	2.2 cm		2.4m	x	0.3 cm	34.125 m3
	400 m	50 m	x	2.35 cm		2.4m		0.3 cm	35.25 m3

LANJUTAN 350 m							x		
400 m	450 m	50 m	x	2.35 cm		2.7m	x	0.3 cm	37.5 m ³
450m	500m	50 m	x	2.65 cm		2.7m	x	0.3 cm	40.125 m ³
500m	950m	450 m	x	2.7 cm		2.7m	x	0.3 cm	364.5 m ³
950m	1000m	50 m	x	2.7 cm		2.5m	x	0.3 cm	39 m ³
1000m	1250m	250 m	x	2.5 cm		2.5m	x	0.3 cm	187.5 m ³
1250m	1300m	50 m	x	2.5 cm		70cm	x	0.3 cm	24 m ³
1300m	1350m	50 m	x	0.7 cm		70cm	x	0.3 cm	10.5 m ³
1350m	1400m	50 m	x	0.7 cm		2,5m	x	0.3 cm	24 m ³
1400m	1550m	150 m	x	2.5 cm		2.5m	x	0.3 cm	112.5 m ³
1550m	1600m	50 m	x	2.5 cm		70cm	x	0.3 cm	24 m ³
1600m	1810m	210 m	x	0.7 cm		70cm	X	0.3 cm	44.1 m ³
								Total	1.149,6 m³

Sumber: Hasil analisis

Dari hasil perhitungan volume pekerjaan Bahu jalan, total volume pekerjaan adalah 1.149,6 m³.

Analisis Harga Satuan Upah tenaga kerja dan Material

Analisis harga satuan pekerjaan adalah suatu cara perhitungan harga satuan pekerjaan konstruksi yang dijabarkan dalam perkalian kebutuhan bahan bangunan, upah kerja, dan peralatan dengan harga bahan bangunan, standart pengupahan pekerja dan harga sewa / beli peralatan untuk menyelesaikan per satuan pekerjaan konstruksi. Analisa harga satuan pekerjaan ini dipengaruhi oleh angka koefisien yang menunjukkan nilai satuan bahan/material, nilai satuan alat, dan nilai satuan upah tenaga kerja ataupun satuan pekerjaan yang dapat digunakan sebagai acuan/panduan untuk merencanakan atau mengendalikan biaya suatu pekerjaan. Berikut ini adalah analisis harga satuan upah tenaga kerja di Kabupaten Bojonegoro dapat dilihat pada tabel 19 di bawah ini.

Tabel 19 Harga Satuan Upah tenaga kerja dan Material

NO.	URAIAN	SATUAN	HARGA SATUAN (Rp.)
1.	Pekerja	Hari	Rp. 103.636.36
2.	Tukang	Hari	Rp. 104.545.45
3.	Mandor	Hari	Rp. 108.700.00
4.	Operator	Jam	Rp. 190.200.00
5.	Pembantu Operator	Jam	Rp. 135.900.00
6.	Sopir / Driver	Jam	Rp. 108.700.00
7.	Pembantu Sopir / Driver	Jam	Rp. 103.636.36
8.	Mekanik	Hari	Rp. 108.700.00
9.	Pembantu Mekanik	Hari	Rp. 103.636.36
10.	Kepala Tukang	Hari	Rp. 109.090.91
11.	Beton Fc' 10 MPa	M3	Rp. 820.000
12.	Beton Struktur Fc' 30 MPa	M3	Rp. 1.040.000
13.	Baja Tulangan Polos-BjTP 280	Kg	Rp. 16.891.18
14.	Baja Tulangan Sirip BjTS 280	Kg	Rp. 16.222.71
15.	Anyaman Kawat Yang Dilas (Welded Wire Mesh)	Kg	Rp. 14.251.39
16.	Joint sealent (aspal cair)	Liter	Rp. 20.000
17.	Lapis Pondasi Atas (Base Course)	M3	Rp. 300.000

Sumber: Analisis Harga Satuan Kabupaten Bojonegoro

Analisis Harga Satuan Sewa Alat

Pada peralatan yang bermesin maka jam kerja peralatan atau jam pemakaian peralatan akan dihitung dan di catat sejak mesin di hidupkan sampai mesin dimatikan. Selama waktu pelaksanaan kegiatan pekerjaan maka peralatan tetap dihidupkan, kecuali generating set (gen set) yang selalu tetap di hidupkan, untuk peralatan tidak bermesin maka jam pemakaiannya sama dengan jam pelaksanaan kegiatan pekerjaan. Analisis Harga satuan sewa alat dapat dilihat pada tabel 20 dibawah ini.

Tabel 20 Analisis Harga Satuan Sewa alat

No.	Uraian	Kapasitas	Satuan	Harga Sewa
1	ASPHALT FINISHER	10.00 Ton	M3	Rp. 6,448,691.00
2	ASPHALT MIXING PLANT	60.00 Ton	Jam	Rp. 5.725.000
3	POWER BROOM	4,000.00 M2/Jam	Jam	Rp. 274.288.00
4	BULLDOZER 100-150 HP	7 ton	Jam	Rp. 71.638.00
5	COMPRESSOR 4000-6500 L\M	5,000.00 CPM/(L/m)	Jam	Rp. 318.563.00
6	CONCRETE MIXER 0.3-0.6 M3	500.00 Liter	M3	Rp. 126.741.00
7	CRANE 10-15 TON	15.00 Ton	Jam	Rp. 86.425.00
8	DUMP TRUCK 3 - 4 M3	4.00 M3	Hari	Rp. 371,763.00
9	DUMP TRUCK 6-8 M3	8.00 M3	Hari	Rp. 208,740.00
10	EXCAVATOR 80-140 HP	0.93 M3	Jam	Rp. 310,933.00
11	MINI EXCAVATOR 40-60 HP	0.20 M3	Jam	Rp. 365,190.00
12	GENERATOR SET	135.00 KVA	Jam	Rp. 230,477.00
13	WHEEL LOADER 1.0-1.6 M3	1.50 M3	Jam	Rp. 374,780.00
14	TANDEM ROLLER 6-8 T.	6.90 Ton	Jam	Rp. 426,690.00
15	TANDEM ROLLER 8-10 T.	10.00 Ton	Jam	Rp. 404,230.00
16	TIRE ROLLER 8-10 T.	10.90 Ton	Jam	Rp. 405,934.00
17	VIBRATORY ROLLER 5-8 T.	7.05 Ton	Jam	Rp. 421,095.00
18	BABY VIBRATORY ROLLER 1-2 T.	1.50 Ton	Jam	Rp. 237,401.00
19	ASPHALT SPRAYER	850.00 Liter	Jam	Rp. 58,418.00
20	WATER TANKER 3000-4500 L.	4,000.00 Liter	Jam	Rp. 200,000.00
21	JACK HAMMER	1,330.00 Ton	Jam	Rp. 288,233.00
22	ASPHALT DISTRIBUTOR	4,000.00 Liter	Jam	Rp. 54,208.00
23	CONCRETE PAN MIXER	600.00 Liter	Jam	Rp. 337,976.00
24	TRUK MIXER (AGITATOR)	5.00 M3	Jam	Rp. 108,345.00
25	WATER JET BLASTING	100.00 Liter	Jam	Rp. 508,220.00

Sumber: Analisis Harga Satuan Sewa alat Kabupaten Bojonegor

Analisis Rencana Anggaran Biaya Alternatif

Tabel 4.21 Rencana Anggaran Biaya perkerasan hasil desain alternatif

No.	Uraian	Jumlah Harga
1	Divisi 1 Umum	Rp. 67.582.000
2	Divisi 2 Sistem Manajemen Keselamatan Konstruksi (SMKK)	Rp. 116.307.000
3	Divisi 3 Pekerjaan Tanah dan Geosintetik	Rp. 488.907.311
4	Divisi 4 perkerasan berbutir dan perkerasan beton semen	Rp. 729.457.214
5	Divisi 5 pekerjaan aspal	Rp. 510.202.000
6	Divisi 6 pekerjaan struktur	Rp. 3.838.408.759
7	Divisi 7 pekerjaan lain lain	Rp. 1.800.000
	Jumlah	Rp. 5.242.972.4487
	PPN 11%	Rp. 576.726.973
	Jumlah total	Rp. 5.819.699.461

Sumber: Hasil analisa

Dari hasil perhitungan Rencana anggaran biaya perancangan alternatif, diperoleh biaya sebesar Rp. 5.819.699.461

SIMPULAN

Dari hasil penelitian mengenai perbandingan perkerasan kaku menggunakan tulangan besi dengan perkerasan kakuyang tidak menggunakan tulangan besi atau beton polos, maka dapat disimpulkan hasil akhir sebagai berikut:

1. Berdasarkan kondisi eksisting pada ruas jalan Suwaloh - Margomulyo yang merencanakan pekerjaan jalan dengan spesifikasi menggunakan tulangan besi wiremesh, strous, ruji dowel, tiebar yang tidak sesuai dengan pedoman Pdt 2003 dan MDPJ 2017. maka diperlukan evaluasi terhadap kinerja slab beton eksisting.
2. Berdasarkan hasil Analisis kenpave didapatkan perancangan alternative dengan spesifikasi ketebalan slab beton 25cm, Beton polos didapatkan Repetisi beban yang terjadi (N_{terjadi}) lebih kecil daripada repetisi izin beban (N_{izin}) sehingga desain tersebut memenuhi kriteria.
3. Dari perhitungan biaya masing-masing pekerjaan perkerasan kaku menggunakan besi tulangan dengan pekerjaan perkerasan kaku tanpa tulangan atau beton polos diperoleh perbedaan biaya sebesar Rp. 3.079.456.000, Jadi, Perancangan Alternatif Lebih Murah dikarenakan dalam Perancangan Jalan tidak Menggunakan Tulangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Farnandu, Y., & Alzahri, S. (2022). ANALISA TEBAL PERKERASAN KAKU (RIGID PAVEMENT) DI DESA SERAPEK KECAMATAN TELUK GELAM KABUPATEN OGAN KOMERING ILIR (OKI). VII(I), 20–27.
- Tias, S. A. N. (2020). Evaluasi Tebal Perkerasan Kaku (Rigid Pavement) Dengan Metode Aashto 1993 Dan Metode Bina Marga Pd-T-14-2003 Menggunakan Tulangan Pada Ruas Jalan Sungai Jering - Kari. JURNAL PERENCANAAN, SAINS, TEKNOLOGI, DAN KOMPUTER (JUPERSATEK). <http://www.ejournal.uniks.ac.id/index.php/JUPERSATEK/article/view/881>
- Nababan, D. S., Utary, C., & Murdin, Z. D. M. (2021). Analisis Perencanaan Ulang Perkerasan Kaku Dengan Metode Manual Desain Perkerasan (MDP 2017). Musamus J. Civ. Eng. <https://core.ac.uk/download/pdf/524798524.pdf>
- M. A. Nasution, N. Fajarriani, dan M. Idham, “Perbandingan Tebal Perkerasan Jalan Kaku Dengan Metode PD-T-14-2003 DAN MDPJ 2017 (Studi Kasus Jl. Yos Sudarso, Kota Dumai),” J. Tek. Sipil, 2019, [Daring]. Tersedia pada: <https://jurnal.unsyiah.ac.id/JTS/article/view/13614>
- Standard Nasional Indonesia, "Perencanaan Perkerasan Beton Semen", Pd-T 2003
- Henri Siswanto, Harnen Sulistio, Ludfi Djakfar, Ahmad Wicaksono, (2020) sistem manajemen jalan dan kondisi kerusakan jalan di indonesia: sebuah kajian pustaka
- Kusdiman Joko Priyanto (2020), perbandingan perencanaan perkerasan jalan rigid pavement dengan menggunakan metode sni pd t-14-2003 dan naasra. <https://media.neliti.com/media/publications>
- Kusuma, Moch. Rezaldi Dwi (2019) Perencanaan Tebal Perkerasan Jalan Kaku Menggunakan Pedoman Bina Marga Pd T – 14 – 2003 Dan Aashto 1993 Pada Ruas Jalan Mojokerto – Gedek. <https://eprints.umm.ac.id/>
- Sumina, & Priyanto, K. (2020). Perbandingan Perencanaan Perkerasan Jalan Rigid Pavement Dengan Menggunakan Metode SNI Pd T-14-2003 Dan NAASRA. Jurnal Teknik Sipil Dan Arsitektur, <http://repository.umsu.ac.id/>
- Chatiful, AhmadBethary, Rindu Pradana, Muhammad Fakhuriza, Perencanaan Tebal Lapis Perkerasan Kaku Dengan Metode Bina Marga 2003 Dan Metode AASHTO 1993 (Studi Kasus: Jalan Akses Tol Cilegon Barat) <https://www.researchgate.net/>