

Evaluasi Perkerasan Kaku Jalan Desa dengan Program KENPAVE di Wilayah Kecamatan Ngambon Kabupaten Bojonegoro

Ahmad Hasim¹, Florentina Pungky Pramesti², Ary Setyawan³

^{1,2,3}Program Studi S2 Teknik Sipil, Pascasarjana Universitas Sebelas Maret
Jln. Ir. Sutami No.36A Surakarta 57126

Email : ahmadhasim@student.uns.ac.id, f.p.pramesti@staff.uns.ac.id, arysetyawan@staff.uns.ac.id

Abstract: Currently in the Bojonegoro Regency area, massive road pavement construction has been and is being carried out. Most of the district's main roads have been built using rigid pavement. Likewise in rural areas, the village government has built rigid pavement in stages. KenPave "Kentucky Flexible Pavement Design System," which is a software application used to design flexible asphalt roads in the state of Kentucky, United States. KenPave is a tool developed by the Kentucky Transportation Cabinet (KTC) to assist engineers and road designers in planning and designing durable and safe road pavement. Apart from that, a Pavement Condition Index (PCI) is also needed. PCI data is very important for transportation agencies and authorities to make the right decisions regarding which road pavement requires maintenance or rehabilitation. By regularly assessing road pavement conditions using PCI, they can allocate resources efficiently, prioritize repairs, and extend the life of road infrastructure. This research aims to evaluate the condition of the rigid pavement of rural roads and compare it with the condition of the rigid pavement of urban roads, taking the case of rural and urban roads in Bojonegoro district. Meanwhile, the implementation of the Kenpave application is to implement long-term performance on rigid pavement, which is the main objective of the road construction problems experienced by the village.

Keywords: evaluation, village roads, rigid pavement.

Abstrak: Saat ini di wilayah Kabupaten Bojonegoro telah dan sedang dilakukan pembangunan perkerasan jalan yang masive. Sebagian besar ruas jalan poros kabupaten telah dibangun dengan menggunakan perkerasan kaku. Begitu juga di pedesaan, pemerintah desa telah membangun perkerasan kaku secara bertahap. KenPave "Kentucky Flexible Pavement Design System," yang merupakan aplikasi perangkat lunak yang digunakan untuk merancang jalan aspal fleksibel di negara bagian Kentucky, Amerika Serikat. KenPave adalah alat yang dikembangkan oleh Kentucky Transportation Cabinet (KTC) untuk membantu para ahli jalan dalam merencanakan dan merancang perkerasan jalan yang tahan lama dan aman. Selain itu diperlukan juga *Pavement Condition Index* (PCI), Data PCI sangat penting bagi badan transportasi dan pihak berwenang untuk mengambil keputusan yang tepat mengenai perkerasan jalan mana yang memerlukan pemeliharaan atau rehabilitasi. Dengan menilai kondisi perkerasan jalan secara berkala menggunakan PCI, mereka dapat mengalokasikan sumber daya secara efisien, memprioritaskan perbaikan, dan memperpanjang umur infrastruktur jalan. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kondisi perkerasan kaku jalan pedesaan dan membandingkannya dengan kondisi perkerasan kaku jalan perkotaan, dengan mengambil kasus jalan pedesaan maupun perkotaan yang ada di kabupaten Bojonegoro. Sedangkan untuk penerapan aplikasi Kenpave adalah untuk menerapkan kinerja jangka panjang pada perkerasan kaku yang mana menjadi tujuan pokok dari permasalahan konstruksi jalan yang dialami oleh desa.

Kata kunci: evaluasi, jalan desa, perkerasan kaku.

1. PENDAHULUAN

Wilayah Kecamatan Ngambon tercatat 48,65 km² terdiri dari dataran rendah di sebelah utara dan perbukitan disebelah selatan. Sedangkan peruntukan tanah di Kecamatan Ngambon meliputi sawah 5,30 km², tegalan 5,23 km², pekerangan 2,52 km², pemukiman dan fasilitas umum lainnya 7,02 km², serta hutan negara (perhutani) 28,57 km². Wilayah Kecamatan Ngambon terdiri dari 5 Desa, 16 Dusun, 23 Rw & 89 Rt merupakan wilayah kecamatan kecil di antara Kecamatan yang ada di Wilayah Kabupaten Bojonegoro.

Sebagai daerah dataran dan dalam tahap rencana dilalui jalur Nasional, kecamatan Ngambon berpotensi berkembang dengan pertumbuhan Ekonomi yang cepat. Hal tersebut akan berdampak pada

meningkatnya pergerakan orang dan barang (2022). Pada titik – titik tertentu khususnya di area permukiman warga akan terjadi penurunan tingkat pelayanan jalan yang secara umum ditandai dengan turunnya tingkat kenyamanan pengguna jalan meningkatnya waktu tempuh pada pengguna jalan (2019:149).

Saat ini di wilayah Kabupaten Bojonegoro telah dan sedang dilakukan pembangunan perkerasan jalan yang masive. Sebagian besar ruas jalan poros kabupaten telah dibangun dengan menggunakan perkerasan kaku. Begitu juga di pedesaan, pemerintah desa telah membangun perkerasan kaku secara bertahap. Perkerasan kaku adalah jenis perkerasan jalan yang menggunakan campuran agregat dengan bahan pengikat semen. Jenis perkerasan ini biasanya digunakan di jalan perkotaan dan pedesaan karena memiliki karakteristik yang baik dalam menahan beban lalu lintas berat dan tahan terhadap kondisi cuaca yang berubah-ubah (2023:63).

Jalan pedesaan sering kali menghubungkan daerah agraris atau peternakan, dan perkerasan kaku dapat memberikan kestabilan yang diperlukan oleh kendaraan yang mengangkut barang atau hasil pertanian. Perkerasan kaku memiliki keunggulan tetapi pembangunannya lebih mahal daripada perkerasan lentur (2014:94).

Perkerasan kaku jalan sesuai Standar Nasional Indonesia, ditinjau dari cara merancang, cara konstruksi, kondisi kerusakan yang terjadi setelah jalan dioperasikan, maupun cara pemeliharannya. Perkerasan kaku biasanya telah dibangun menggunakan kaidah-kaidah sesuai standar nasional perencanaan tebal perkerasan jalan kaku, dalam hal ini metode Manual Desain Perkerasan Jalan Bina Marga tahun 2017 dan atau PDT 2003 (2022). Sedangkan jalan pedesaan, umumnya tidak didesain menggunakan kaidah standar seperti diatas. Dengan metode konstruksi yang digunakan sering terdapat perbedaan. Hal ini tentu dapat mempengaruhi kondisi perkerasan kaku jalan pedesaan. Dengan demikian diduga bahwa kerusakan perkerasan kaku di jalan pedesaan akan berbeda sesuai dengan metode pengerjaanya (2020:29).

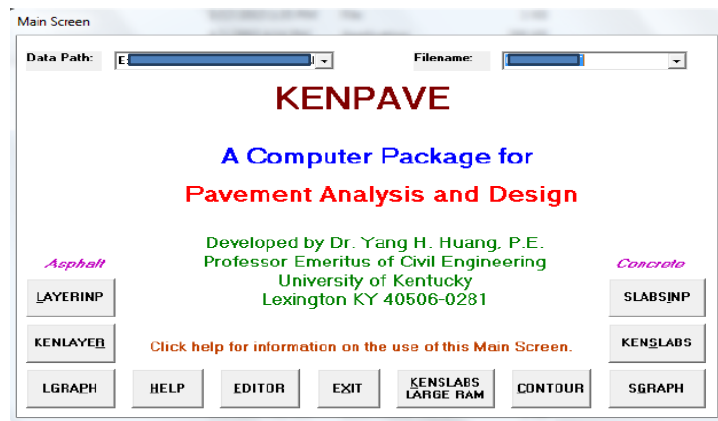
Banyak penelitian telah dilakukan untuk mengukur kondisi perkerasan kaku di jalan arteri atau perkotaan, namun masih sedikit penelitian yang mengevaluasi kondisi perkerasan kaku di jalan pedesaan. Padahal total panjang jalan pedesaan di Indonesia yang telah diperkeras mencapai 548.423 Km (2022). Lebih lanjut, belum ada penelitian yang membandingkan tipikal kerusakan yang terjadi pada perkerasan kaku jalan pedesaan dengan kerusakan perkerasan kaku jalan perkotaan.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan cara perhitungan prediksi sisa umur layan jalan pedesaan yang mana menghubungkan korelasi antara perhitungan LHR dan program KENPAVE untuk menghitung jumlah lalu lintas, kondisi perkerasan kaku dilapangan, dan rekayasa pembebanan yang dapat menentukan hasil evaluasi perkerasan kaku di wilayah kecamatan ngambon.

Perhitungan LHR dilakukan dengan visual perkiraan rata – rata pertahun yang mana menentukan jumlah total (i) pertumbuhan lalu lintas. Sedangkan PCI (*Pavement Condition Index*) Metode ini mengacu pada pengukuran dan penilaian visual terhadap berbagai kerusakan jalan, seperti retakan, lubang, kerikil longsor, dan deformasi struktural lainnya. PCI digunakan untuk menentukan tingkat kerusakan pada permukaan jalan dan membantu dalam perencanaan pemeliharaan dan perbaikan jalan.

Pada program KENPAVE dan sub-program KENSLABS sebagai alat bantu untuk menghitung respon perkerasan. Sub-program KENSLABS dengan metode elemen hingga.



Gambar 1. Tampilan Awal Program KENPAVE
(sumber: Application .exe)

Analisis evaluasi dan pemodelan perkerasan kaku dengan Metode Empirik – Mekanistik menggunakan Software KENPAVE - KENSLABS berbasis metode elemen hingga untuk mengetahui respon sensitivitas perkerasan yaitu nilai maksimum stress, maksimum deflection, index cracking dan design life. [34]

Pada Program KENPAVE khususnya KENSLAB diperlukan input data untuk mengevaluasi atau bahkan mendesain perkerasan jalan. Data yang diperlukan antara lain Modulus Elastisitas, Poisson Rasio, Modulus Keruntuhan, dan tebal perkerasan. Setelah mengolah data akan didapat output berupa Tegangan maksimum dan Defleksi maksimum. Kemudian dari hasil tersebut dapat dihitung repetisi beban yang diijinkan, Portland Cement Association (PCA) merekomendasikan dalam estimasi persamaan untuk perkiraan jumlah beban repetisi yang diijinkan untuk kegagalan kelelahan pada perkerasan beton yaitu sebagai berikut:

Untuk $\sigma/Sc \geq 0,55$: $\log Nf = 11,737 - 12,707 (\sigma/Sc)$

Untuk $0,45 < \sigma/Sc < 0,55$: $Nf = (4,2577) 3,268$
 $(Sc) - 0,4325$

Untuk $\sigma/Sc \leq 0,45$: $Nf =$ tak terbatas

Keterangan:

Nf : jumlah beban pengulangan yang diijinkan untuk kegagalan kelelahan,

σ : tegangan lentur dalam slab beton

Sc : modulus keruntuhan beton.

Penelitian ini dilakukan pada bulan September sampai Oktober 2023, pengumpulan data dilakukan pada bulan Juli sampai Agustus 2023. Sedangkan analisis perbaikan dan rehabilitasi jalan dan evaluasi hasil analisis dilakukan pada bulan September sampai Oktober 2023.

Lokasi penelitian yang dijadikan obyek penelitian ini adalah ruas jalan poros desa dan jalan perkotaan, pada jalan poros desa yaitu di tiga desa di Kecamatan Ngambon yaitu Desa Ngambon dengan panjang 800 m dengan lebar jalan 3 m, Desa Sengon dengan panjang jalan 100 m dengan lebar 3 m, dan Desa Karangmangu dengan panjang 300 m dengan lebar 3 m.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang di peroleh dari penelitian ini berupa data primer dan data sekunder. Dari hasil penelitian yang didapat, peneliti menyajikan data sebagai berikut:

3.1. Data LHR

Rekapitulasi Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas dari total 5 ruas jalan pedesaan adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas

No	Ruas Jalan	i (%)
1	Karangmangu 1	1,17
2	Karangmangu 2	0,87
3	Ngambon 1 Ds. Badegan	1,84
4	Ngambon 2 Ds. Karang	3,5
5	Sengon	3,5

3.2. Data Karakteristik Material Untuk Input Program KENPAVE

3.2.1. Karakteristik Material Subgrade

a. Modulus young subgrade

Dari penelitian yang dilakukan didapat CBR pada Jalan wilayah kecamatan ngambon senilai 3% dari data sekunder. berdasarkan data (Manual Desain Perkerasan Jalan, 2017) didapat hubungan antara modulus young tanah dan nilai CBR tanah adalah $E_{subgrade} = 10 \text{ CBR}$. Sehingga didapat nilai modulus young subgrade senilai $10 \times 3 = 30 \text{ Mpa} = 30000 \text{ kPa}$.

b. Poisson ratio

Berdasarkan (Manual Desain Perkerasan Jalan, 2017) didapat poisson ratio untuk tanah dasar kohesif adalah senilai 0,45.

3.2.2. Karakteristik Material Slab Beton

a. Kuat tekan beton (f_c')

Beton yang digunakan pada perkerasan kaku wilayah kecamatan ngambon adalah beton dengan mutu K239,55 atau $f_c' 23,49$ didapat dari hasil uji hammer test. Beton dengan mutu K239,55 atau $f_c' 23,49$ memiliki kuat tekan 239 kg/cm^2 . Jika dikonversikan menjadi kuat tekan benda uji silinder maka harus dikalikan dengan 0,83 menjadi $198,82 \text{ kg/cm}^2$. Sedangkan $1 \text{ kg/cm}^2 = 14,22 \text{ psi}$, maka beton K239 setara dengan kuat tekan benda uji sebesar 2827 psi .

b. Modulus elastisitas beton (E_c)

Modulus elastisitas beton dapat dihitung menggunakan persamaan (2.9) sebagai berikut :

$$E_c : \text{modulus elastisitas beton} = 57000 \sqrt{f_c'} \text{ (psi)} \quad E_c = 57000 \sqrt{f_c'}$$

$$E_c = 57000 \sqrt{2827} = 3030664 \text{ psi} = 27003041,15 \text{ kPa}$$

c. Poisson ratio

Berdasarkan (Huang, 2004) tabel poisson ratios for different material, nilai poisson ratio untuk beton normal nilainya antara 0,15 – 0,20. Untuk analisis pada penelitian ini digunakan poisson ratio dengan nilai 0,15.

d. Kuat Tarik Lentur

Nilai kuat tarik lentur beton dapat dihitung menggunakan persamaan (2.10a), yaitu:

$$f_{cf} = K (f_c')^{0,50}$$

$$f_{cf} = 0,75 (33,2 \text{MPa})^{0,50}$$

$$f_{cf} = 4,321 \text{ Mpa} = 43,21 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{cf} = 43,21 \text{ kg/cm}^2 \times 14,22 \text{ psi} = 614,51 \text{ psi}$$

e. Modulus of Rupture (S_c')

Menurut (Huang, 2004), hubungan antara modulus of rupture atau modulus keruntuhan dan kuat tekan beton adalah sebagai berikut:

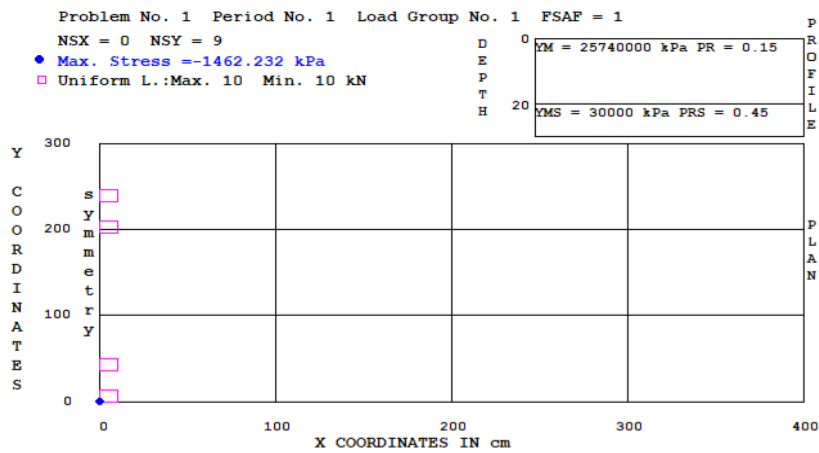
$$S_c' = 8 \sqrt{f_c'}$$

$$S_c' = 8 \sqrt{4721} = 549,68 \text{ psi} = 3789,91 \text{ kPa}$$

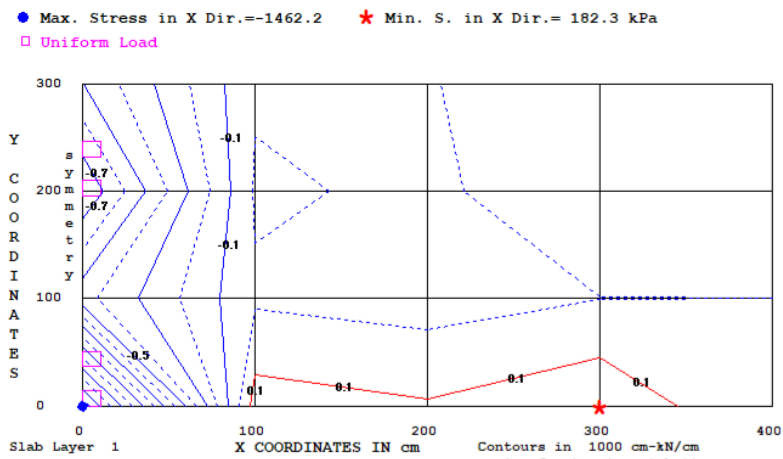
3.3. Analisis KENPAVE

a. Output Analisis KENVAPE

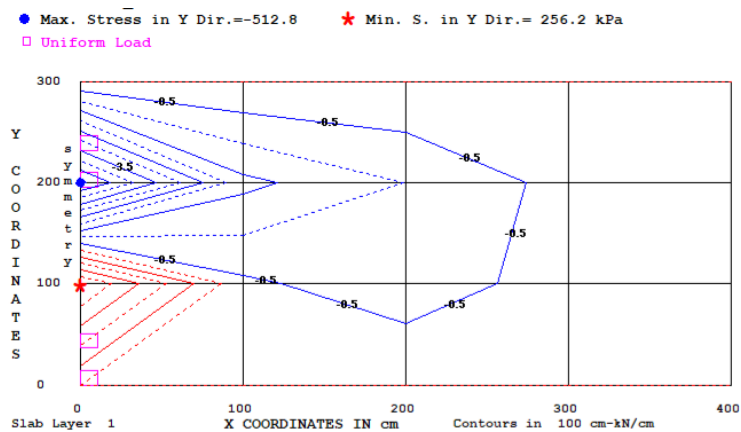
Menu SGRAPH pada KENPAVE akan menghasilkan *output* berupa ringkasan berupa parameter yang dimasukkan dan *stress* maksimal yang terjadi. *Stress* maksimum yang terjadi adalah sebesar $1462,232 \text{ kPa}$.



Gambar 2. Grafik SGRAPH Menu CONTOUR pada KENPAVE akan menghasilkan *output* berupa sebaran gaya arah X dan Y seperti pada gambar 3.2 dan 3.3



Gambar 3. Contour X Direction



Gambar 4. Contour Y Direction

Stress maksimal yang terjadi pada arah X sebesar 1462,2 kPa sedangkan arah Y sebesar 512,8 kPa.

b. Analisis Evaluasi KENPAVE

Data:

1. *Maximum stress* (S_e) = 1462,8 kPa = 1,46 MPa
2. *Axle load group* (P) = 80 kN

Axle group type	Load (kN)
Single axle with single tyres (SAST)	53
Single axle with dual tyres (SADT)	80
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 5. Tabel *axle load group* (Austroads, 2004)

3. *Load safety factor* (LSF) = 1,20

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 6. Tabel *Load safety factor* (Austroads, 2004)

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

Perhitungan:

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

$$S_r = \frac{1,46}{0,944 \times 3,63} \left(\frac{90 \times 1,20}{4,45 \times 18} \right)^{0,94}$$

$$S_r = 0,51$$

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

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

$$N_{izin} = \left(\frac{4,258}{0,51 - 0,4325} \right)^{3,268}$$

$$N_{izin} = 598.111$$

3.4. Evaluasi beban gandar/sumbu maksimum berdasarkan mutu beton 5 ruas jalan

Dari hasil perhitungan kumulatif LHR jalan desa didapatkan bahwa kondisi jalan dipengaruhi oleh Faktor pertumbuhan lalu lintas jalan tersebut,

- a. pada kondisi lalu lintas di Ruas Jalan Karangmangu 1 diperoleh nilai (i) pertumbuhan lalu lintas sebesar 1,17 %, jika umur rencana dibuat dalam jangka waktu 20 tahun maka diperoleh JSKN (Jumlah Kendaraan Sumbu Niaga) sebesar 6.615.711. untuk nilai perhitungan

- Pavement Condition Index* diperoleh nilai 68 kategori *Fair* yang mana hasil tersebut dipengaruhi oleh mutu beton yaitu setelah diuji menghasilkan nilai $f'c$ 22,46 atau K 229
- b. pada kondisi lalu lintas di Ruas Jalan Karangmangu 2 diperoleh nilai (i) pertumbuhan lalu lintas sebesar 0,87 %, jika umur rencana dibuat dalam jangka waktu 20 tahun maka diperoleh JSKN (Jumlah Kendaraan Sumbu Niaga) sebesar 6.287.651. untuk nilai perhitungan *Pavement Condition Index* diperoleh nilai 84 kategori *Good* yang mana hasil tersebut dipengaruhi oleh mutu beton yaitu setelah diuji menghasilkan nilai $f'c$ 31,64 atau K 322
 - c. pada kondisi lalu lintas di Ruas Jalan Ngambon 1 diperoleh nilai (i) pertumbuhan lalu lintas sebesar 1,84 %, jika umur rencana dibuat dalam jangka waktu 20 tahun maka diperoleh JSKN (Jumlah Kendaraan Sumbu Niaga) sebesar 25.733.799. untuk nilai perhitungan *Pavement Condition Index* diperoleh nilai 70 kategori *Fair* yang mana hasil tersebut dipengaruhi oleh mutu beton yaitu setelah diuji menghasilkan nilai $f'c$ 20,41 atau K 208
 - d. pada kondisi lalu lintas di Ruas Jalan Ngambon 2 diperoleh nilai (i) pertumbuhan lalu lintas sebesar 3,5 %, jika umur rencana dibuat dalam jangka waktu 20 tahun maka diperoleh JSKN (Jumlah Kendaraan Sumbu Niaga) sebesar 14.967.022. untuk nilai perhitungan *Pavement Condition Index* diperoleh nilai 60 kategori *Fair* yang mana hasil tersebut dipengaruhi oleh mutu beton yaitu setelah diuji menghasilkan nilai $f'c$ 21,99 atau K 224
 - e. pada kondisi lalu lintas di Ruas Jalan Sengon diperoleh nilai (i) pertumbuhan lalu lintas sebesar 3,5 %, jika umur rencana dibuat dalam jangka waktu 20 tahun maka diperoleh JSKN (Jumlah Kendaraan Sumbu Niaga) sebesar 22.295.701. untuk nilai perhitungan *Pavement Condition Index* diperoleh nilai 68 kategori *Fair* yang mana hasil tersebut dipengaruhi oleh mutu beton yaitu setelah diuji menghasilkan nilai $f'c$ 23,49 atau K 239.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil diatas setelah dilakukan penelitian dan pengamatan disimpulkan bahwa :

- a. Masa umur layan perkerasan kaku dipengaruhi oleh faktor pertumbuhan lalu lintas
- b. Dokumen perencanaan pekerjaan menentukan kualitas perkerasan kaku dilihat dari hasil perhitungan tiap ruas memiliki hitungan yang berbeda sesuai dengan kualitas beton
- c. Dapat dilakukan uji spesifikasi lebih lanjut dengan metode lain untuk mengetahui perbandingannya

DAFTAR PUSTAKA

- Binamarga, "Direktorat Jenderal Bina Marga Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat," *Direktorat Jenderal Bina Marga Kementrian Pekerj. Umun dan Perumah. Rakyat*, 2022, [Online]. Available: <https://binamarga.pu.go.id>
- D. Syifaurrehman, M. Fauzan, and T. Sudibyo, "Evaluasi Geometri dan Perlengkapan Jalan Lingkar Leuwiliang Bogor," *J. Tek. Sipil dan Lingkung.*, vol. 4, no. 2, pp. 149–168, 2019, doi: 10.29244/jsil.4.2.149-168.
- M. I. Mahdi, "Panjang Jalan Indonesia Capai 548.423 Km pada 2021," 2022. <https://dataindonesia.id/sektor-riil/detail/panjang-jalan-indonesia-capai-548423-km-pada-2021> (accessed Sep. 16, 2023).
- P. J. D. Sihombing and B. H. Susilo, "Analisis Tebal Lapis Perkerasan Kaku Pada Jalan Tol Serang–Panimbang, Banten," *Pros. Semin. Intelekt. ...*, 2022, [Online]. Available: <https://trijurnal.trisakti.ac.id/index.php/sim/article/view/14584>
- Rizaldi, Hermansyah, and A. Mawardin, "Analisis Kerusakan Jalan Pada Perkerasan Kaku Menggunakan Metode Pci (Pavement Condition Index)," *J. TAMBORA*, vol. 7, no. 2, pp. 63–66, 2023, doi: 10.36761/jt.v7i2.3007.
- R. P. P. Ahmad Alfian Fauzi, Hani Zulfia Zahro', "Analisis Perbandingan Metode Topsis Dan Saw Dalam Penentuan Prioritas Perbaikan Jalan Di Kabupaten Rembang Ahmad," vol. 4, no. 2, pp. 29–36, 2020, [Online]. Available: <https://ejournal.itn.ac.id/index.php/jati/article/view/2676>

- A. Widodo, “Evaluasi Kondisi Perkerasan Dan Prediksi Sisa Umur Perkerasan Lentur Dengan Metode Pavement Condition Index, Bina Marga Dan Metode Mekanistik- Empirik Dengan Program Kenpave (Studi kasus Ruas Jalan Magelang – Yogyakarta Sta 11±000 – Sta 12±000),” *Energies*, vol. 6, no. 1, pp. 1–8, 2018.