

Perencanaan Tebal Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*) Menggunakan Metode Bina Marga 2003 Jalan Sumbermiri - Gudo Jombang

Fernando Putra.A^{1*}, Titin Sundari², Totok Yulianto³, Meriana Wahyu Nugroho⁴

^{1,2,3,4} Program Studi Teknik Sipil, Universitas Hasyim Asy'ari, Jombang, 61471, Indonesia
*nandoppt9@gmail.com¹, titinsundari@unhasy.ac.id², totokyulianto@unhasy.ac.id³,
meriananugroho@unhasy.ac.id⁴,

Alamat: Jl. Irian Jaya No.55 Cukir, Kec. Diwek, Kab. Jombang, Jawa Timur 61471

Korespondensi penulis: nandoppt9@email.com

Abstract. This lesson is to construct a durable and efficient form rigid pavement by utilizing the structural analysis and material performance approach. Rigid pavement is the main choice in highway construction because of its ability to bear heavy loads and its relatively long service life. The research methodology involves structural analysis to determine the optimal thickness and type of material for rigid pavement. This structural analysis considers various factors, including the estimated traffic load, subgrade characteristics, and local environmental conditions. In addition, material performance evaluation is also carried out to select materials that are appropriate to environmental conditions and meet technical requirements. The results of this study are recommendations for rigid pavement planning that include the right thickness, optimal material type, and construction specifications that are in accordance with applicable technical standards. The results of Rigid Pavement Thickness Planning using the Bina Marga 2003 Method on the Sumbermiri - Gudo Jombang Road case study produced a concrete slab thickness of 20 cm with K-300 concrete quality. In addition, the reinforcement used has a diameter of Ø 12 mm with a distance between reinforcements of 8,5 cm.

Keywords: Rigid pavement, structural analysis, material performance, planning

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk merancang perkerasan kaku (rigid pavement) yang efisien dan tahan lama dengan memanfaatkan pendekatan analisis struktural dan kinerja material. Perkerasan kaku menjadi pilihan utama dalam pembangunan jalan raya karena kemampuannya untuk menanggung beban berat dan umur pakainya yang relatif panjang. Metodologi penelitian melibatkan analisis struktural untuk menentukan ketebalan dan jenis material yang optimal bagi perkerasan kaku. Analisis struktural ini mempertimbangkan berbagai faktor, termasuk beban lalu lintas yang diperkirakan, karakteristik tanah dasar, dan kondisi lingkungan lokal. Selain itu, dilakukan juga evaluasi kinerja material untuk memilih material yang sesuai dengan kondisi lingkungan dan memenuhi persyaratan teknis. Hasil penelitian ini adalah rekomendasi perencanaan perkerasan kaku yang mencakup ketebalan yang tepat, jenis material yang optimal, dan spesifikasi konstruksi yang sesuai dengan standar teknis yang berlaku. Hasil dari Perencanaan Tebal Perkerasan Kaku (Rigid Pavement) dengan Metode Bina Marga 2003 pada studi kasus Jalan Sumbermiri – Gudo Jombang menghasilkan ketebalan pelat beton sebesar 20 cm dengan mutu beton K-300. Selain itu, tulangan yang digunakan memiliki diameter Ø 12 mm dengan jarak antar tulangan 8,5 cm.

Kata kunci: Perkerasan kaku, analisis struktural, kinerja material, perencanaan

1. LATAR BELAKANG

Di Indonesia, pertumbuhan penduduknya terbilang pesat, berakibat pada keperluan serta aktivitas setiap masyarakat (Nur Khabibah et al., 2019). Hal ini menyebabkan bertambahnya pergerakan setiap orang, keperluan akan transportasi yang meningkat serta lalu lintas yang makin padat (Kadarisman Dian dkk, 2014). Sayangnya prasarana yang tersedia saat ini tidak sanggup melayani lonjakan arus lalu lintas tersebut maka mengakibatkan kemacetan serta kepadatan jalan. Sehingga dibutuhkan berbagai upaya yang berkelanjutan serta komprehensif untuk memenuhi kebutuhan transportasi masyarakat dengan lebih baik (Bahtiar et al., 2019).

Selain perencanaan geometrik, perkerasan jalan merupakan aspek penting dalam merencanakan pembangunan jalan yang efisien serta efektif. Suatu model perkerasan yaitu perkerasan kaku, yang biasanya memakai semen beton untuk dijadikan lapis permukaan dengan material berbutir untuk dijadikan lapisan di bawahnya (Agung Ayu Istri Lestari, 2013; Hanafi et al., 2023). Lapisan ini berperan menjaga jalan dari kecatatan yang disebabkan oleh beban transportasi serta air (Dimas Ubaidillah et al., 2023).

Dirjen Bina Marga menerbitkan Pedoman manual desain perkerasan jalan raya yang berupa pembaharuan kebijakan dari sebagian negara maju misalnya Australia (AUSTROADS) serta Amerika (AASHTO). Pedoman ini diselaraskan dengan keadaan di Indonesia, maka dijadikan pedoman yang resmi untuk menjadi acuan perancangan perkerasan tebal jalan raya (Dimas Ubaidillah et al., 2023). Dirjen Bina Marga bersama Kementerian Pekerjaan Umum menerbitkan kebijakan tentang desain manual pengerasan jalan yang selalu dimodifikasi untuk membuat pengguna jalannya merasa aman serta nyaman ketika berlalu lintas, namun pedoman ini mempunyai sebagian kelemahan, maka sebagian pedoman lama masih dipertahankan hingga sekarang ini (Nurahmi & Agung Kartika, 2012; Udaymarhendra et al., 2023).

Studi ini dilaksanakan pada ruas Jalan Sumbermiri – Gudo, Kabupaten Jombang dengan tujuan meningkatkan tingkat pelayanan jalan. Jenis perkerasan yang dipakai berjenis perkerasan kaku (*Rigid Pavement*) atau yang mencakup pelat beton semen baik bersambung (tidak menerus) maupun menerus, dengan atau tanpa tulangan, serta dapat dilengkapi dengan lapisan aspal sebagai lapisan permukaan. Pada penelitian ini bertujuan untuk menghitung perkerasan tebal kaku (*Rigid Pavement*) dan tulangan yang dibutuhkan pada proyek tersebut secara memakai pedoman Bina Marga 2003.

2. KAJIAN TEORITIS

1. Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

Pengerasan ini mencakup lapisan pondasi, semen Portland serta pelat beton (Brunosius et al., 2019). Sesuai dengan perencanaannya pelat beton ini dapat dirancang dengan atau tanpa tulangan. Perkerasan tersebut memiliki sifat modulus elastisitas serta kaku, sehingga mampu menyebarluaskan beban ketanah yang lebih luas. Dengan demikian, pelat beton berperan sebagai elemen utama dalam menopang kapasitas struktur perkerasan (Pradani Nasution, 2021).

Dalam konteks perkerasan jalan beton semen portland terdapat perbedaan mendasar dibandingkan dengan perkerasan lentur dalam hal mekanisme kekuatan struktural. Jika pada pengerasan lentur utamanya ditetapkan dari ketebalan lapisan pondasi, permukaan, serta pondasi bawah, maka untuk pengerasan jalan beton semen portland, kekuatan utama berasal

dari kekuatan beton itu sendiri(Brunosius et al., 2019; Hapasari Kartadipura, 2011). Kekuatan pondasi atau dasar tanah berdampak minim pada daya susunan pengerasan beton semen portland, yang secara dominan ditentukan oleh ketebalan pelat beton. Lapisan di bawah pondasi berfungsi sebagai rantai kerja untuk mencegah terjadinya "*pumping*" yaitu pergerakan air dan material halus di bawah pelat beton akibat beban lalu lintas.

2. Lapisan Perkerasan Kaku

Terdapat sebagian lapisan perkerasan kaku :

a. Tanah Dasar (*Sub Grade*)

Lapisan ini seperti tanah urug, galian atau tanah asli yang dipadatkan. Karena lapisan susunan pengerasan lainnya diatas dasar tanah, kualitas daya dukungnya berdampak pada kualitas jalan dengan keseluruhan(Pradani Nasution, 2021).

b. Pondasi Bawah (*Sub Base*)

Biasa digunakan di bawah lapisan pondasi, pengerasan beton, serta dikatakan sebagai lapisan pondasi bawah, digunakan untuk mengontrol pompa, kembang-susut di tanah dasar, sistem drainase bawah perkerasan, menjaga kerataan dasar pelat beton serta mempercepat proses konstruksi(Brunosius et al., 2019).

c. Lapis Peat Beton (*Concrete Slab*)

Jika dibutuhkan tingginya tingkat kenyamanan, lapis plat beton bisa dilapiskan dengan kombinasi aspek dengan tebal 5 cm. Lapisan ini berbahan dasar agregat, air serta semen serta mempunyai ketangguhan yang cukup guna menyebarkan beban diarea yang luas serta memproduksi tegangan rendah dilapisan bawah(Zohri et al., n.d.).

d. Tulangan

Salah satu tujuan utama dari distribusi penulangan besi pada pelat beton adalah untuk mencegah terjadinya retakan yang dapat melemahkan struktur. Selain itu, penulangan juga berfungsi untuk mengurangi lebar retakan yang mungkin muncul akibat konsentrasi beban pada titik-titik tertentu(Ardiansyah & Sudibyo, 2020). Dengan demikian, pelat beton tetap memiliki ketahanan yang optimal dan tidak mengalami pembelahan di sepanjang retakan yang terbentuk. Hal ini memastikan bahwa kekuatan dan stabilitas pelat beton tetap terjaga dalam jangka waktu yang lebih lama.

a. Perencanaan Plat Beton

Perhitungan plat beton pada perkerasan kaku dilakukan untuk menentukan ketebalan yang optimal agar mampu menahan beban lalu lintas serta faktor lingkungan. Metode perhitungan dapat mengacu pada standar Metode Bina Marga 2003. Hasil akhir berupa ketebalan pelat beton yang optimal untuk memastikan daya tahan dan keandalan perkerasan jalan (Brunosius et al., 2019; Hanafi et al., 2023). Untuk menghitung tebal plat beton bisa menggunakan persamaan berikut ini :

$$h_c = 20\sqrt{\frac{p}{CBR}} \quad (1)$$

Dimana :

h_c = Height of Concrete

p = Beban Sumbu Kendaraan

CBR = California Bearing Ratio

b. Perencanaan Tulangan

Dari metode Bina Marga 2003 perencanaan ini menjuru pada pedoman "Pd T-14-2003-B" yang dibentuk Dirjen Bina Marga. Teknik ini diterapkan guna mengkalkulasi jarak serta dimensi penulangan pada perkerasan kaku (beton bertulang), khususnya untuk tulangan memanjang dan melintang (*transversal*). Berikut ini ringkasan perencanaannya:

1. Tulangan Memanjang (*Longitudinal Reinforcement*)

Digunakan untuk:

- Mengontrol retak karena susut suhu dan kelembaban.
- Menjaga kekakuan sepanjang sambungan.

Rumus perhitungan luas tulangan per meter:

$$A_s = \frac{\mu \cdot P \cdot M \cdot g \cdot h}{2 \cdot f_s}$$

Dimana:

A_s = Luas tulangan (mm²/m)

μ = koefisien gesekan beton-tanah (1,3)

g = Gravitasi (m/dt²)

P = panjang pelat (m)

M = Kuat Tarik Tegangan Beton (Mpa)

h = tebal pelat (m)

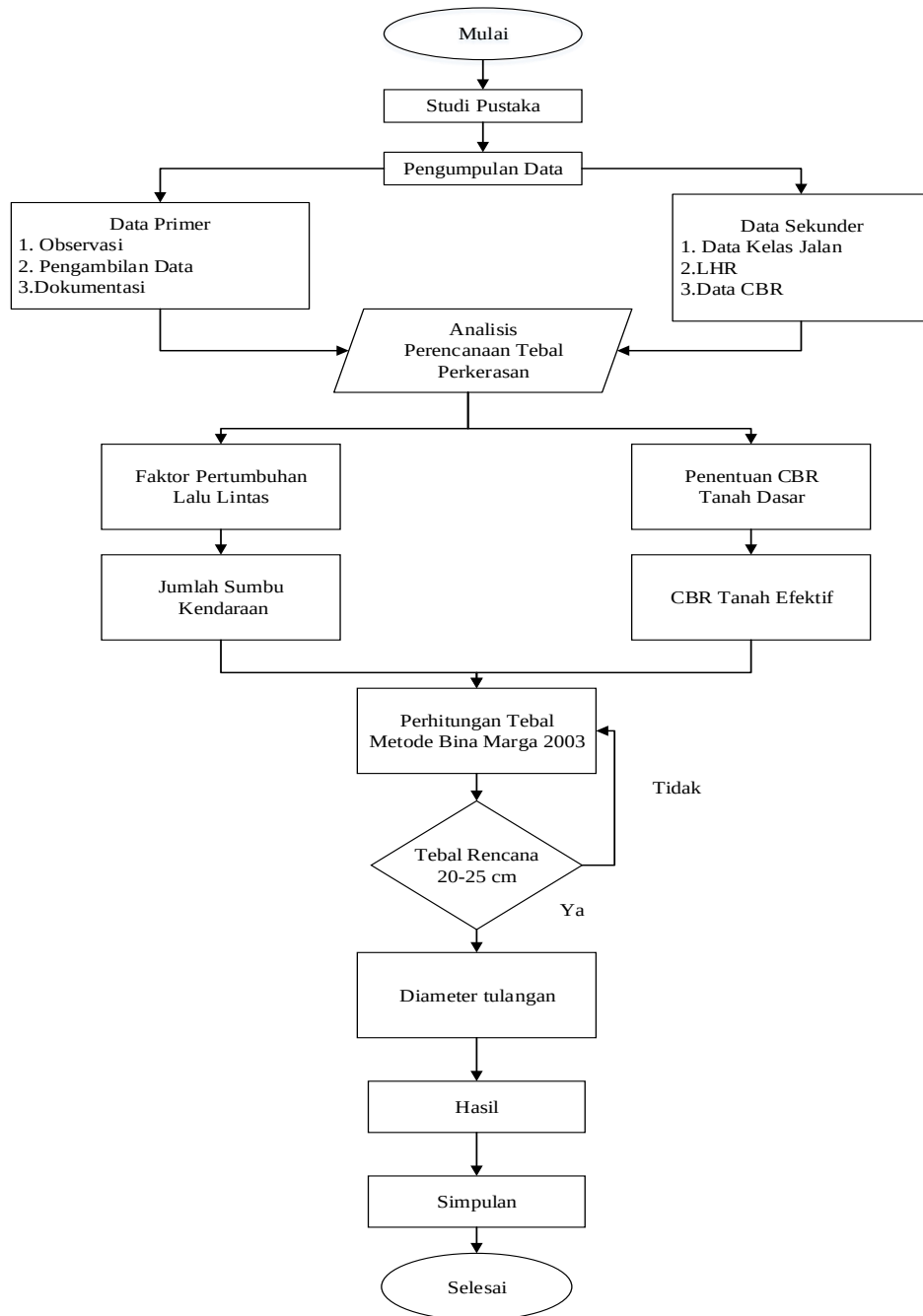
f_s = tegangan izin baja (biasanya 140 MPa)

3. METODE PENELITIAN

Lokasi perencanaan ini berada di Jalan Sumbermiri Gudo - Jombang , Dengan rencana perencanaan sepanjang STA001-STA009 500 m dan memiliki bentang 3,5m dikarenakan jalan yang masih berupa tanah asli, Maka dari itu di lakukan perencanaan peningkatan perkeras kaku. Jalan ini mulai di gunakan akses masyarakat setempat karena jalan ini merupakan salah satu akses untuk antar desa selain itu juga untuk akses rutin untuk arah penyebrangan tambangan prahu umum dari Dam Gude Jombang.

Dipilihnya teknik pengumpulan data untuk mendapati informasi yang reliabel serta valid guna mendukung studi ini (Jayanti et al., 2019). Dalam studi ini datanya mencakup sekunder serta primer. Data primer didapati langsung secara melaksanakan wawancara serta observasi dengan mandor, kontraktor, serta pekerja, guna memahami prosedur kegiatan di lokasi proyek. Lalu data sekundernya bersumber dari internet, buku atau literature yang dipakai guna memperkuat landasan teori dalam penelitian(Arrasyid et al., 2021).

Pada studi kuantitatif ada dua teknik analisa data yang peneliti gunakan yaitu Statistik deskriptif dan stastistik inferensial(Prasetyo et al., 2022). Deskriptif statistik diterapkan guna menganalisa data secara mengilustrasikan serta menguraikan informasi yang sudah dihimpun tanpa melaksanakan generalisasi. Metode ini diterapkan pada studi yang memakai seluruh populasi tanpa pengambilan sampel(Susanti et al., 2021). Penyajian datanya akan berbentuk grafik, tabel, diagram, serta melaksanakan pengkalkulasian seperti median, modus, desil, mean, standar deviasi serta persentil. Sementara itu, diterapkanya statistik inferensial guna menganalisa serta membentuk generalisasi data kesuatu populasi. Cara ini tepat dipakai bila sampelnya ditentukan dengan mengacak(Fatkhur Rizal et al., 2023). Statistik inferensial bisa dikatakan probabilitas sebab simpulan yang diambil mempunyai tingkat keyakinan yang di ilustrasikan dari presentase serta peluang kesalahan, seperti tingkat keyakinan 95% untuk kesalahan 5% (Ni'mah et al., 2023). Secara umum tahapan – tahapan studi tercantum di diagram alir berikut ini



Gambar 3.1 Diagram Alir

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Data lalu lintas

Informasi ini didapati dari Dirjen Bina Marga Kab Jombang. Hasil datanya tercantum di Tabel 3.1

Tabel 4.1 Data Lalu Lintas Harian Tahun 2023

Golongan	Jenis Kendaraan	Jumlah Kendaraan
1	Sekuter, Sepeda Motor, Kendaraan Roda 3	17122
2	Jeep, Sedan, Station Wagon	5827
3	Pick Up, Opelet, Combi, Mini Bus, Suburban	769
4	Micro Truk, Mobil Hantaran, Pick Up	940
5a	Bus Kecil	1056
5b	Bus Besar	556
6a	Truk Ringan 2 Sumbu	812
6b	Truk Sedang 2 Sumbu	186
7a	Truk 3 Sumbu	-
7b	Truk Gandengan	-
7c	Truk Semi Trailer	-
8	Kendaraan Tidak Bermotor	203

Sumber: Dinas Bina Marga Kab Jombang 2023

Dihasilkan dari data tersebut bila tanah dasar diruas jalanya tergolong tanah ekspansif atau tanah yang berpotensi mengembang (*swelling*) melebihi 5% (diukur dari uji rendaman CBR SNI No. 03- 1774-1989 dikandung kepadatan kering serta air optimum 100%) (Pengerasan Manual Jalan 2017). Dari informasi ini, pengkalkulasian tebal pengerasan kakunya diproyeksikan melalui nilai CBR sejumlah 5 -10 %.

2. Perhitungan Sumbu Repetisi

Repetisi beban sumbu dikalkulasi secara membandingkan potensi terjadinya kelebihan beban diruas jalan yang ingin dikaji. Di prediksi kelebihan bebanya sejumlah 10% dari beban rencana. Hasil analisisnya tercantum dalam Tabel 4.2 berikut.

Tabel 4.2 Pengkalkulasian Repetisi Perkiraan Beban *Overload*

Jenis Sumbu	Beban Awal (ton)		Beban <i>Overload</i> 10% (ton)	
	Beban Rencana	Beban Sumbu	Beban Rencana	Beban Sumbu
STRT	6.19	3.095	6.809	3.4045
	3.06	1.53	3.366	1.683
	2.82	1.41	3.102	1.551
	2.50	1.25	2.75	1.375
STRG	12.01	3.0025	13.211	3.30275
	5.94	1.485	6.534	1.6335
	5.48	1.37	6.028	1.507

	2.50	0.625	2.750	0.6875
--	------	-------	-------	--------

Sumber: Olahan data

Dari prediksi yang terjadi, dihasilkan repetisi sumbu yang tercantum di Tabel 4.3 berikut:

Tabel 4.3 Pengkalkulasian Repetisi Sumbu yang Terjadi

Jenis Sumbu	Beban Rencana Sumbu (ton)	Jumlah Sumbu	Proporsi Beban
STRT	6.809	372	0.0713
	3.366	1112	0.2130
	3.102	1624	0.3111
	2.75	2112	0.4046
Total	16.027	5220	
STRG	13.211	372	0.0713
	6.534	1112	0.2130
	6.028	1624	0.3111
	2.75	2112	0.4046
Total	28.523	5220	

Sumber: Olahan Data

Total sumbu yang diperuntukan bagi 1 model sumbu didapati secara mentotalkan setiap kendaraan di 1 jenis sumbu :

$$\begin{aligned}
 \text{STRT Beban Sumbu} &= \text{STRT1} + \text{STRT2} + \text{STRT3} + \text{STRT4} \\
 &= 6.809 + 3.366 + 3.102 + 2.75 \\
 &= 16.027
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{STRT Total Sumbu} &= \text{STRT1} + \text{STRT2} + \text{STRT3} + \text{STRT4} \\
 &= 372 + 1112 + 1624 + 1624 + 2112 \\
 &= 5220 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Dihasilkan total akhir sumbu,

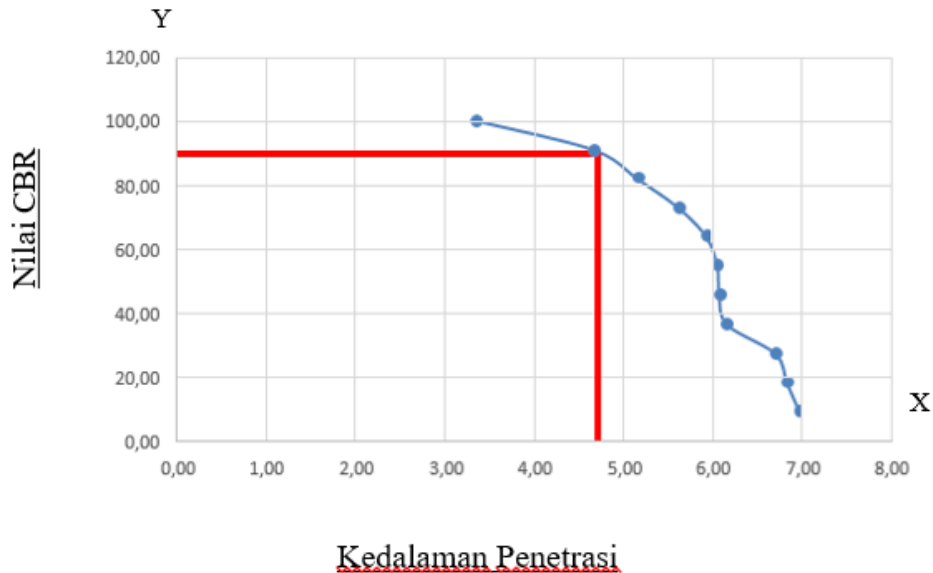
$$\begin{aligned}
 \text{Total} &= \text{STRT} + \text{STRG} \\
 &= 5220 + 5220 \\
 &= 10440 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Proporsi sumbu didapati secara membagikan total 1 jenis sumbu dengan jumlah sumbu total:

$$\begin{aligned}
 \text{STRG} &= 13,211 + 6,534 + 6,028 + 2,75 \\
 &= 28,523 \text{ ton (total beban sumbu)}
 \end{aligned}$$

3. Menentukan Nilai CBR Tanah Efektif

sesudah mendapati repetisi bebannya, dihasilkan jumlah CBR tanah dasarnya yang tercantum digambar berikut:



Gambar 4.1 Grafik Nilai CBR, Pd T-2003.

Sumbu Y (Vertikal) : berisi nilai CBR (%)

- Menunjukkan nilai perbandingan kekuatan tanah terhadap material standart dalam bentuk persen.

Sumbu X (Horizontal) : kedalaman penetrasi (cm)

- Menunjukkan kedalaman penetrasi jarum penguji kedalam tanah selama pengujian CBR.

Dari grafik tersebut didapati CBR 90% yaitu 4,8% Berdasarkan Bina Marga 2003 CBR dengan kepadatan tanah 4,8% dikategorikan sebagai tanah lempung. Dihasilkan CBR tanah dasar serta tebal pondasi bawah,

CBR tanah dasar efektif rata-rata = 4,8%

Untuk kualitas betonnya dirancang melalui pedoman K-300 selaras dengan *as built drawing* yang ada, sehingga dilaksanakan pemeriksaan,

$$\begin{aligned}
 f_c' &= (300 \times 0,83) \times (9,81 : 100) \\
 &= 300 \times 0,83 \times 0,0981 \\
 &= 24,4 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Pd T-2003 menguraikan pada pondasi bawah (lapisan) gabungan beton kurusnya perlu mempunyai ketangguhan tekan beton diusia minimal 28 hari 7 MPa (70 kg/cm²) jika memakai

abu terbang, dari minimal ketebalan 10 cm serta minimum 5 MPa (50 kg/cm²) tanpa memakai abu terbang. Sehingga kualitas beton K-300 bisa dipakai pada jalan yang diteliti.

4. Perhitungan Tebal Plat Beton

Jalan Sumbermiri Gudo-Jombang direncanakan untuk jalan baru dengan beban max lalu lintas rata rata 28,523 ton dengan lalu lintas sedang. CBR tanah asli yang dipadatkan untuk tanah dasar diambil 4,8%.

Diketahui :

- Beban Sumbu(P) = 16,027 ton.
- CBR = 4,8%
- Lebar Jalan = 350 cm = 3,5 m

Hasil :

$$\begin{aligned}hc &= 20\sqrt{\frac{p}{CBR}} \\&= 20\sqrt{\frac{16,027}{4,8}} \\&= 20\sqrt{3,33} \\&= 20.1,824 \\&= \frac{36,48}{2} \\&= 18,24 \text{ cm} \rightarrow 20 \text{ cm aman dan bisa di gunakan}\end{aligned}$$

5. Perhitungan Tulangan

Berikut Perhitungan dimensi tulangan yang di butuhkan pada perencanaan tebal perkerasan kaku jalan Sumbermiri Gudo-Jombang.

Diketahui :

- Tebal Pelat (h) = 200 mm = 0,20 m
- Lebar Pelat (L) = 3500 mm = 3,5 m
- Panjang Pelat (P) = 6000 mm = 6 m
- Koefisien Gesek (μ) = 1,3
- Kuat Beton (M) = 240 Mpa
- Berat isi beton = 2400 kg/m³
- Gravitasi (g) = 9,81 m/dt²
- Fs = Tegangan izin baja 140

Hasil :

Perhitungan Tulangan Memanjang

$$\begin{aligned}
 A_s &= \frac{\mu.P.M.g.h}{2.fs} \\
 A_s &= \frac{1,3.6 \times 24,4.9,81.200}{2.140} \\
 &= \frac{37,3532}{280} \\
 &= 0,1334 \text{ m}^2/\text{m} = 13,34 \text{ cm}^2/\text{m}
 \end{aligned}$$

Perhitungan Diameter Tulangan yang dibutuhkan :

Meggunakan besi diameter Ø 12 mm

$$A_s = \frac{\pi.d^2}{4} \cdot \frac{100}{s}$$

Dimana :

A_s = Luas penampang tulangan permeter

d = Diameter tulangan

s = Jarak antar tulangan

Luas 1 batang :

$$\begin{aligned}
 A_{\text{batang}} &= \frac{\pi.(1,2)^2}{4} \\
 &= \frac{3,14 \cdot 1,44}{4} = 1,13091 \rightarrow 1,131 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Jumlah total batang :

$$\begin{aligned}
 A_{\text{batang}} &= 1,131 \times 12 \\
 &= 13,57 \text{ cm}^2/\text{m}
 \end{aligned}$$

Jarak antar batang (s) :

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{A_{\text{batang}} \times 100}{A_s} \\
 s &= \frac{1,131 \cdot 100}{13,34} = 8,478 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Jadi dengan hasil perhitungan tulangan $13,34 \text{ cm}^2/\text{m}$ dipilih menggunakan besi diameter Ø 12 mm dengan jumlah 12 batang permeter jadi jumlah yang di butuhkan adalah $13,57 \text{ cm}^2/\text{m}$, Maka jarak antar tulangan jika memakai besi diameter 12 mm adalah 8,478 cm lalu di bulatkan menjadi $8,5 \text{ cm}^2/\text{m}$.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil dari penelitian tentang Perencanaan Tebal Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*) menggunakan Metode Bina Marga 2003 pada ruas Jalan Sumbermiri – Gudo Jombang menghasilkan desain perkerasan dengan ketebalan pelat beton sebesar 20 cm. Beton yang digunakan memiliki mutu K-300, yang menunjukkan kuat tekan beton sebesar 300 kg/cm². Selain itu, tulangan yang digunakan dalam perkerasan memiliki diameter Ø 12 mm dengan jarak pemasangan 8,5 cm²/m, yang berfungsi untuk meningkatkan daya tahan terhadap beban lalu lintas dan mencegah retak akibat perubahan suhu serta gaya tarik yang terjadi pada beton.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti ingin berterima kasih pada setiap pihak yang sudah berpartisipasi selama studi ini berlangsung. Ucapan terima kasih juga ditujukan pada dosen pembimbing dan penguji atas arahan dan bimbingan yang diberikan sepanjang proses penelitian ini. Semoga para pembaca mendapatkan manfaat dari penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Agung Ayu Istri Lestari, I. G. (2013). Perbandingan perkerasan kaku dan perkerasan lentur. *Gane Swara*, 7.
- Angkutan Lebaran Terpadu, M., Arubusman, D. A., & Dinar Dewi Kania. (2014). Manajemen angkutan lebaran terpadu (Integrated Lebaran Holiday Transportation Management). *Jurnal Manajemen Transportasi & Logistik (JMTransLog)*, 1(2).
- Ardiansyah, R., & Sudibyo, T. (2020). Analisis perencanaan tebal perkerasan kaku lajur pengganti pada proyek pembangunan Jalan Tol Jakarta-Cikampek II Elevated. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, 5(1), 17–30. <https://doi.org/10.29244/jsil.5.1.17-30>
- Arrasyid, M. H., Yulianto, T., & Sundari, T. (2021). Analisis produktivitas alat berat di proyek pembangunan/rehabilitasi jalan Kelurahan Kepanjen Kab. Jombang. *Jurnal Teknik Sipil*, 1(1).
- Bahtiar, L. A., Jafron, & Hidayat, W. (2019). Analisis tingkat keselamatan ruas Jalan Tongas–Lumbang Sukapura Kabupaten Probolinggo.
- Brunosius, K. A., & Aldilah, R. (2019). Perencanaan perkerasan kaku (rigid pavement) pada ruas jalan STA 0+1 KM Kecamatan Binangun Kabupaten Blitar Jawa Timur.
- Dimas Ubaidillah, Yulianto, T., Nugroho, M. W., Sundari, T., & Ramadhani, R. (2023). Analisis penanganan kerusakan jalan menggunakan metode Bina Marga dan Pavement Condition Index (PCI) pada ruas Jalan Kabuh–Tapen. *Jurnal Riset Rumpun Ilmu Teknik*, 2(2), 52–62. <https://doi.org/10.55606/jurritek.v2i2.1733>
- Fatkhur Rizal, M., Amudi, A., & Yulianto, T. (2023). Penyusunan database jalan Desa Kayangan Kecamatan Diwek Kabupaten Jombang menggunakan software ArcGIS. *Jurnal Ilmiah REAKTIP*, 3(2).
- Hanafi, I., Yulianto, T., & Sundari, T. (2023). Perencanaan jalan rigid pavement pada kawasan perumahan Bunda Asri Kecamatan Bandar Kedungmulyo Kabupaten

- Jombang. *Jurnal Riset Rumpun Ilmu Teknik (JURRITEK)*, 2(2).
<https://doi.org/10.55606/jurritekv2i1.1545>
- Kartadipura, R. H. (2011). Studi perbandingan biaya perkerasan kaku dan perkerasan lentur metode annual worth. *Info Teknik*, 12.
- Jayanti, L., Wahyu, M., & Roesdyaningtyas, A. (2019). Evaluasi kinerja simpang tak bersinyal di Kota Madiun (Studi kasus Simpang Billiton, Simpang Kumpul Sunaryo, dan Simpang Yos Sudarso).
- Ni'mah, L., Nugroho, M. W., Sundari, T., & Kholis, N. (2023). Analisis tingkat pelayanan jalan dengan metode Quality Function Deployment (QFD) di ruas jalan arteri Kabupaten Jombang. *REAKTIP*, 3, 75–83.
- Nur Khabibah, D., Nugroho, M. W., & Roesdyaningtyas, A. (2019). Kinerja lalu lintas simpang bersinyal di Kota Madiun.
- Nurahmi, O., & Kartika, A. A. (2012). Perbandingan konstruksi perkerasan lentur dan perkerasan kaku serta analisis ekonominya pada proyek pembangunan Jalan Lingkar Mojoagung. *Jurnal Teknik ITS*, 1.
- Nasution, A. P. (2021). Evaluasi perhitungan tebal perkerasan kaku dengan metode Bina Marga dan metode AASHTO.
- Prasetyo, A., Wahyu, M., Amudi, A., & Yulianto, T. (2022). Kajian awal perencanaan lajur khusus sepeda dengan menggunakan metode IPA (Importance Performance Analysis) dan SWOT. *PROTEKSI*, 4.
- Subagyo, S., & Nur Wijaya, D. (2021). Pengendalian pekerjaan perkerasan kaku (rigid pavement) pada proyek pembangunan Jalan Tol Interchange Bandara Adi Soemarmo Solo. *CivETech*. <https://jurnal.ucy.ac.id/index.php/CivETech/issue/archive>
- Susanti, A., Wibisono, R. E., & Ferdianto, A. (2021). Studi perencanaan simpang koordinasi Jl. Dr. Soetomo – Jl. RA. Kartini – Jl. Pandegiling di Kota Surabaya. *PROTEKSI*, 3.
- Udaymarhendra, R., Sundari, T., Nugroho, M. W., & Kholis, N. (2023). Analisis perencanaan dinding penahan tebing akibat longsor pada ruas Jalan Carangwulung–Panglungan Wonosalam. *Jurnal Ilmiah REAKTIP*, 3, 64–74.
- Zohri, S., Sutrisno, W., & Priyanto, A. (n.d.). Analisis tebal perkerasan kaku pada Jalan Tol Pasuruan–Probolinggo berdasarkan metode Bina Marga (Manual Desain Perkerasan 2017) dan AASHTO (1993).