

**Analisis Penggunaan *Joint Connection* Pada *Rigid Pavement* di Jalan Raya Puger
Kecamatan Puger**
*Analysis of the Use of Joint Connections on Rigid Pavement in the Puger Highway
Puger Sub-District*

Yusrina Amalia¹⁾, Totok Dwi Kuryanto²⁾, Taufan Abadi³⁾

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Jember
email: yamalia409@gmail.com

²Dosen Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember
email: Totok@unmuhjember.ac.id

³Dosen Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember
email: taufanabadi66@gmail.com

Abstrak

Keadaan di jalan raya Puger sudah tidak layak untuk dilewati, dikarenakan banyaknya kerusakan jalan yang terjadi diakibatkan oleh beban yang melewatinya melebihi kapasitas yang ada. Tujuan penelitian adalah merencanakan perkerasan kaku dengan connection joint untuk menghubungkan setiap segmen perkerasan yang berfungsi sebagai pendistribusi beban dan membantu pelat beton pada jalan agar saling terhubung. Penelitian dimulai dengan pengumpulan data primer yang didapatkan dari survei lapangan dan juga Data CBR yang didapatkan dari tes di tanah dasar jalan dengan menggunakan DCPT untuk mengetahui jenis dan tebal pondasi bawah. Desain perkerasan kaku menggunakan Metode Bina Marga tahun 2017 dan Pd T-14-2003 untuk mencari tebal pelat dan ukuran connection joint yang optimal. Berdasarkan hasil penelitian, penggunaan dowel sangat efektif untuk mengurangi risiko terjadinya patahan pada penyambungan perkerasan beton dengan ukuran dowel diameter 38, panjang 45 cm dengan jarak 30 cm, sedangkan tie bar digunakan untuk ujung pelat beton yang didekatnya agar tetap bersentuhan dengan baik dengan ukuran diameter 16, panjang 70 cm dengan jarak 80 cm dan Pasak digunakan sebagai pengikat pelat beton terhadap sambungan dengan ukuran diameter 18. Berdasarkan demikian, tie bar dan pasak tidak secara langsung berfungsi untuk mencegah kesalahan seperti dowel. Hal tersebut menunjukkan bahwa dowel memiliki peran penting dalam meningkatkan kinerja sambungan.

Kata Kunci: DCPT; Jalan Raya Puger; Joint Connection ;Metode Bina Marga; Rigid Pavement.

Abstract

The condition of the Puger highway is no longer suitable for passing, due to the large amount of damage to the road that occurs due to the load passing through it exceeding the existing capacity. The aim of the research is to plan rigid pavement with connection joints to connect each pavement segment which functions as a load distribution and helps the concrete plates on the road to connect to each other. The research began with collecting primary data obtained from field surveys and also CBR data obtained from tests on the roadbed soil using DCPT to determine the type and thickness of the subbase. Rigid pavement design uses the 2017 Bina Marga Method and Pd T-14-2003 to find the optimal plate thickness and connection joint size. Based on the research results, the use of dowels is very effective in reducing the risk of fractures when connecting concrete pavement with dowel sizes of 38 diameter, 45 cm long with a distance of 30 cm, while tie bars are used for the ends of nearby concrete plates so that they remain in good contact with a diameter of 16, 70 cm long with a distance of 80 cm and pegs are used to fasten concrete plates to joints with a diameter of 18. Based on this, tie bars and pegs do not directly function to prevent errors like dowels. This shows that dowels have an important role in improving joint performance.

Keywords: DCPT; Highway Puger; Joint Connection; Method Bina Marga; Rigid Pavement.

1. PENDAHULUAN

Jalan merupakan suatu prasarana transportasi darat yang mencakup seluruh bagian jalan dan menghubungkan suatu wilayah dengan wilayah lainnya dalam rangka mendorong kemajuan ekonomi, sosial, dan budaya (KPUPR, 2004). Seiring dengan berjalannya waktu dalam mendorong kemajuan ekonomi, sosial, dan budaya di Indonesia semakin meningkat dengan sangat pesat, sehingga hal tersebut mengakibatkan bertambahnya aktivitas manusia yang membuat meningkatnya juga arus lalu lintas yang ada. (Shinta et al., 2018)

Keadaan jalan raya puger di Desa Grenden Kecamatan Puger sudah tidak layak untuk dilewati dikarenakan banyaknya kerusakan jalan yang terjadi dan sangat berbahaya jika dibiarkan terus menerus hal itu dilintasi oleh orang-orang. Hal demikian bisa berpengaruh besar terhadap infrastruktur yang ada dikarenakan beban yang melewati lalu lintas yang melebihi kapasitas yang ada.

Berdasarkan hal tersebut, perencanaan ini menggunakan perkerasan kaku dengan connection joint yang digunakan untuk menghubungkan setiap segmen perkerasan yang berfungsi sebagai pendistribusi beban dan dapat membantu pelat beton pada jalan agar tetap saling terhubung serta dapat menunjang dalam mengatasi perubahan suhu, kelembapan dan juga terjadinya gesekan yang dapat mengakibatkan terjadinya kerusakan pada jalan (Affandi dan Rumkita, 2019). Metode pelaksanaan yang akan digunakan yaitu metode bina marga tahun 2017 dengan umur rencana nantinya 40 tahun yang berfungsi untuk mengetahui perencanaan tebal pelat beton pada perkerasan kaku di Jalan Raya Puger agar dapat memungkinkan perencanaannya bisa lebih akurat dan efisien.

2. TINJAUAN PUSTAKA

A. Lalu Lintas Harian Rata-Rata

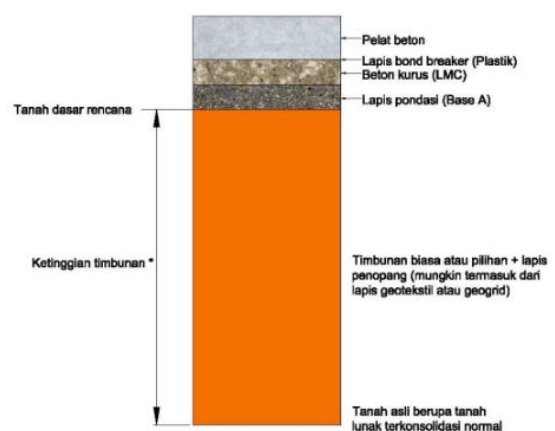
Analisa struktur perkerasan pada jalan dibutuhkan perhitungan beban lalu lintas rencana yang dibutuhkan oleh struktur perkerasan jalan selama perencanaan umur rencana. Beban lalu lintas rencana dihitung

dari tahun pertama kendaraan dihitung hingga umur rencana yang sesuai perencanaan struktur perkerasan yang telah diperkirakan setelah selesai pembangunan atau saat perbaikan. (Kementerian Pekerjaan Umum, 2017)

Penentuan volume lalu lintas pada jam sibuk dan lalu lintas harian rata-rata tahunan (LHRT) mengacu pada Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI). Penentuan nilai LHRT didasarkan pada data survei volume lalu lintas dengan mempertimbangkan faktor k. Perkiraan volume lalu lintas harus dilaksanakan secara realistis. Rekayasa data lalu lintas untuk meningkatkan justifikasi ekonomi tidak boleh dilakukan untuk kepentingan apapun. Terdapat keraguan terhadap data lalu lintas maka perencana harus membuat survei cepat secara independen untuk memverifikasi data tersebut. (PKJI, 2023)

B. Perkerasan Kaku (Rigid Pavement)

Perkerasan Kaku atau biasa disebut juga perkerasan beton semen portland (*portland cemend*) merupakan salah satu jenis perkerasan jalan yang biasanya terdiri atas pelat beton atau suatu struktur yang terbuat dari bahan beton dan perkerasan kaku sendiri umumnya terdiri dari pondasi bawah (*Subbase*). Bagian struktur lapisan permukaan aspal seringkali biasanya dilakukan penambahan aspal pada saat pembangunan maupun pasca pembangunan. (Brunosius, 2018)



Gambar 1. Struktur Perkerasan Kaku
Sumber : KEMEN-PU, 2017

Perkerasan kaku di Indonesia biasanya digunakan sebagai jalan arteri dan jalan kolektor dalam sistem jaringan jalan primer yang menghubungkan antar ibukota provinsi dan jalan strategis nasional, serta jalan tol (Nasruddin, 2020). Perkerasan kaku ini menggunakan beton sebagai bahan utama perkerasan dan biasanya dipakai pada jalan yang memiliki kondisi lalu lintas yang cukup padat dan memiliki distribusi beban yang besar. Beberapa kasus, perkerasan kaku pada jalan nasional di Indonesia dapat digunakan sebagai pelapisan ulang untuk meningkatkan kualitas perkerasan yang sudah rusak. Namun, perkerasan kaku harus direncanakan dengan baik untuk memikul beban lalu lintas secara aman dan nyaman. (Sidabutar et al., 2020)

C. DCPT (*Dynamic Cone Penetrometer Test*)

Hal utama yang penting pada perencanaan, pengendalian, dan peningkatan pada jalan raya ialah data kekuatan pada tanah dasar, sifat-sifat pada bahan yang ada di tanah dasar, komposisi yang telah digunakan dan juga tebalnya struktur lapisan perkerasan pada jalan raya yang ada. Salah satu yang termasuk cara dalam menentukan kekuatan tanah dasar ialah dengan menghitung nilai CBR (*California Bearing Ratio*). CBR merupakan perbandingan antara beban uji dan beban standar yang dapat dinyatakan dalam persentase. Nilai CBR digunakan sebagai indikator daya dukung tanah dasar dan sangat penting dalam perencanaan struktur pondasi bangunan. (Nur, 2024)

Tes DCP ini dilakukan dengan menggunakan alat sondir yang berbentuk silindris dengan titik-titik berupa konus dilengkapi dengan mesin pembeban, selimut bidang geser, pipa dorong, dan batang dalam. Penggunaan alat DCP ini merupakan cara untuk menguji kekuatan pada lapisan perkerasan kaku pada pondasi jalan / tanah dasar dengan waktu yang cepat dengan cara menekan ujung konus yang nantinya ditimbulkan oleh pukulan palu dengan beban yang akan dijatuhkan dari tinggi yang sudah ditentukan secara terus menerus dengan kedalaman 80 cm, serta dapat diperdalam

hingga 120 cm dengan menyambung tangkai (Nur, 2024).

D. Connection Joint

Connection joint merupakan sambungan yang fungsinya untuk meminimalisir adanya perbedaan dimensi yang diakibatkan oleh perubahan suhu atau adanya tekanan serta dapat mengecilkan risiko terdapat kebocoran ataupun adanya kerusakan dibagian struktur (Affandi dan Rumkita, 2019). Perencanaan perkerasan kaku, Connection Joint juga merupakan bagian untuk menghubungkan antara dua elemen atau lebih dari itu, berbeda dengan tempat lokasi pertemuan elemen tersebut. Sambungan dapat membantu pelat beton agar tetap saling terhubung. Adanya sambungan pada Perkerasan Kaku dapat membantu dalam mengatasi perubahan suhu, kelembapan dan juga terjadinya gesekan yang nantinya akan mengakibatkan terjadinya retak pada jalan.

Jenis-jenis connection joint pada perkerasan kaku diantaranya sebagai berikut :

1. Sambungan dengan Dowel

Sambungan dengan Dowel merupakan material batang baja sebagai penghubung diantara 2 komponen struktur lapisan perkerasan jalan dengan tipe perkerasan kaku. Dowel biasanya diletakkan pada sambungan melintang. Biasanya dowel menggunakan batang baja polos atau profil untuk pemilihan besi baja. Setiap sambungan melintang biasanya dipasang sambungan memanjang dengan ruji (dowel) yang digunakan untuk alat menyalurkan beban yang ada, hal tersebut dikarenakan pelat yang bersebelahan bisa bekerja dengan baik tanpa adanya terjadi perbedaan penurunan. (Abidah, 2023)

2. Sambungan dengan Tie Bar (Batang Pengikat)

Tie bar adalah potongan baja pengikat yang di profilkan yang di pasangkan pada sambungan lidah-alur, tie bar dirancang untuk menahan gaya tarik maksimum. Tie bar berfungsi untuk mengikat pelat beton pada sambungan memanjang agar tidak bergerak horizontal. (Hendarsin, 2000)

3. Sambungan dengan Pasak

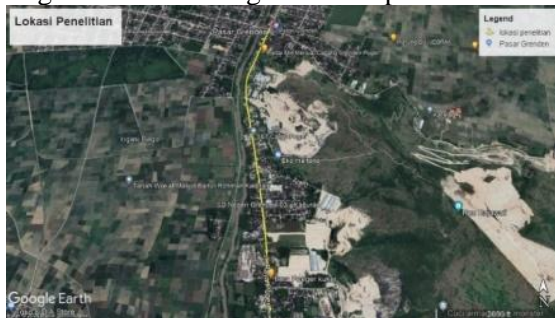
Sambungan dengan Pasak merupakan komponen mendasar dalam perkerasan kaku

yang berfungsi untuk menyalurkan beban dan dapat mengontrol adanya pergerakan antar pelat beton. Pemasangan yang tepat dari pasak dapat meningkatkan integritas struktural dan memperpanjang umur layanan dari perkerasan kaku. (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2003)

3. METODE PENELITIAN

A. Lokasi Penelitian

Berikut lokasi penelitian yang direncanakan yaitu berada di Jalan Raya Puger kecamatan Puger di Kabupaten Jember:



Gambar 2. Lokasi Penelitian

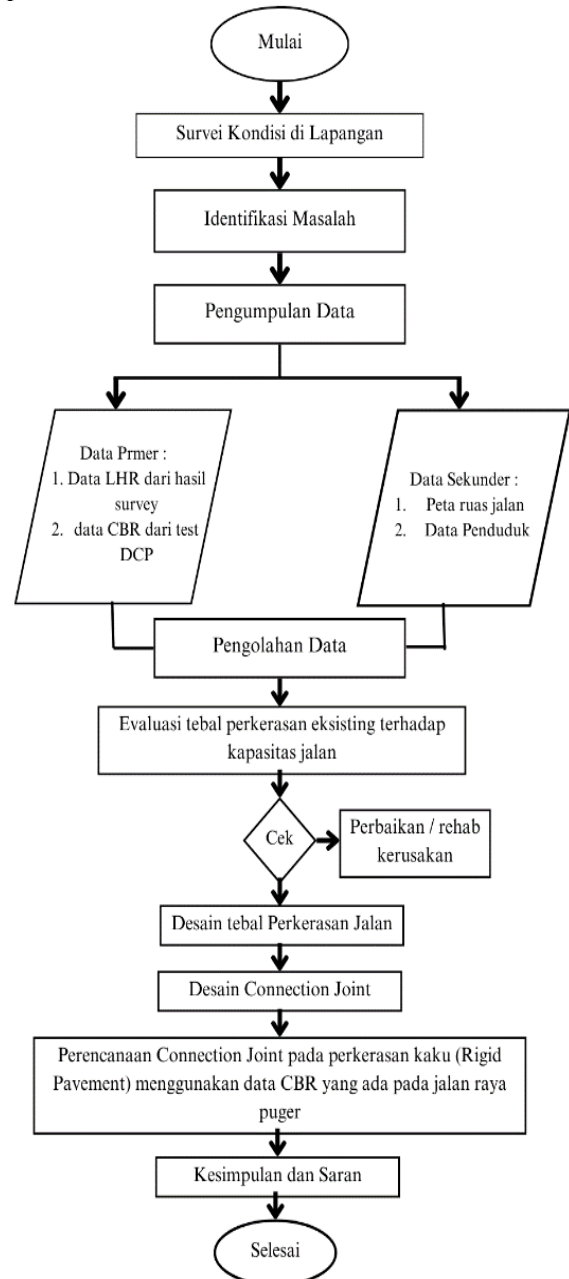
Sumber : Google Earth, 2024

Lokasi tempat pengujian pada gambar 2 menempuh jarak sejauh 2 km. Jalan ini merupakan tipe jalan kolektor 1 jalur 2 lajur 2 arah. Memiliki lebar bahu jalan masing-masing adalah 2 meter. Jalan Kolektor sendiri merupakan jalan umum yang biasanya digunakan oleh kendaraan angkutan pembagi atau pengumpul.

B. Alur Penelitian

Penelitian ini menggunakan beberapa metode untuk memperoleh data-data yang dibutuhkan dalam penyusunannya. Data-data yang digunakan dalam studi perencanaan ini adalah data Primer dan data sekunder. Data primer adalah sumber data yang didapatkan asli dari tangan pertama atau juga bisa disebut juga data yang diperoleh tidak dilalui oleh perantara. data primer didapatkan dari hasil lalu lintas harian rata-rata yang melakukan survei langsung ke lapangan untuk mengetahui tebal perkerasan jalan. Data lainnya yaitu Data CBR yang didapatkan dari test di tanah dasar jalan dengan menggunakan DCPT untuk mengetahui jenis dan tebal pondasi bawah.

DCPT sendiri nantinya dilakukan pada 16 titik lokasi tempat pengujian sejauh 2 km dengan STA 0+000 sampai STA 0+2000, dengan cara dihitung pada setiap tumbukan dan kedalaman dengan menggunakan alat DCP. Data sekunder sendiri dalam menentukan titik lokasi perencanaan pada peta melalui google earth dan juga data penduduk dari BPS tahun 2024.



Gambar 3. Diagram Alur Penelitian

Sumber : Data Penelitian, 2024

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Data Perencanaan

Berikut merupakan data perencanaan yang ada pada Jalan Raya Puger Kecamatan Puger:

Status jalan : Jalan Kolektor

Panjang jalan yang diteliti : 2 km (STA 0 + 2000)

Lebar bahu luar : 1,5 meter

B. CBR (*California Bearing Rasio*)

Penentuan Nilai CBR maka dilakukan pengolahan data DCPT (*Dynamic Cone Penetration Test*) yang bertujuan untuk mengukur daya dukung kekuatan tanah dasar pada ruas jalan Raya Puger. Pengujian DCPT dilakukan di Jalan Raya Puger dimulai dari STA 0 + 000 yaitu di depan Balaidesa Grenden hingga sejauh 2 km sampai STA 2 + 000. Berikut tabel rekapitulasi nilai CBR.

Tabel 1. Data CBR Lapangan

Titik	STA	CBR %	Titik Pengamatan
1	0 + 000	65.55	
2	1 + 000	85.79	
3	2 + 000	39.87	

Sumber : Hasil Penelitian, 2024

Berdasarkan hasil uji DCPT pada tabel 1 kemudian data yang telah didapatkan diolah untuk menentukan nilai persen CBR, dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 2. Nilai Persen CBR

STA	Tumbukan	Kedalaman (cm)	Log CBR	CBR %	Nilai CBR
0 + 000	0-30	0.0 s/d 8.7	1.06	11.41	23.9
		9.8 s/d 20.3	1.36	23.16	
		21.2 s/d 30.5	1.49	30.98	
1 + 000	0-30	0.0 s/d 6.2	1.25	17.81	
		7.4 s/d 17.2	1.46	28.79	
		17.9 s/d 25.5	1.59	39.19	
2 + 000	0-30	0.0 s/d 21.5	1.26	18.02	
		23.7 s/d 39.8	1.34	21.84	

Sumber : Hasil Penelitian, 2024

Tabel 4. Data Volume Arus Lalu Lintas pada Jam Puncak

Tanggal Survei	Periode	Waktu	MP	Kendaraan/jam			SMP/Jam
				KS	TB	SM	
Minggu, 23 Juni 2024	Pagi	06.00-07.00	151	56	17	855	767
		07.00-08.00	140	72	23	890	809
	Siang	12.00-13.00	88	59	21	710	629
		13.00-14.00	89	44	22	804	668
	Sore	18.00-19.00	99	48	28	697	630
		19.00-20.00	107	39	35	679	628
Senin, 17 Juni 2024	Pagi	06.00-07.00	116	53	6	1123	870
		07.00-08.00	127	111	16	1056	934
	Siang	12.00-13.00	88	104	22	710	689
		13.00-14.00	89	74	35	688	661
	Sore	18.00-19.00	92	48	28	722	638
		19.00-20.00	63	39	35	1032	796

Sumber : Hasil Penelitian, 2024

Hasil pengujian dcp pada tabel 2 untuk nilai CBR didapatkan nilai 23,90 % yang berarti kekuatan tanah dasar pada jalan raya pugur termasuk tanah yang relatif baik untuk tanah yang digunakan untuk bahan perkerasan jalan dengan adanya perencanaan yang tepat dan lebih efektif atau efisien.

C. Lalu Lintas Harian

Pengambilan analisa Lalu lintas harian didapatkan dari pengamatan langsung di lapangan yaitu di Jalan Raya Puger Kecamatan Puger yang mulai menghitung volume kendaraan yang ada pada jalan analisa lalu lintas, berikut data untuk Rekapitulasi Data LHR :

Tabel 3. Rekapitulasi Data LHR Berdasarkan Penguraian Komposisi Lalu Lintas

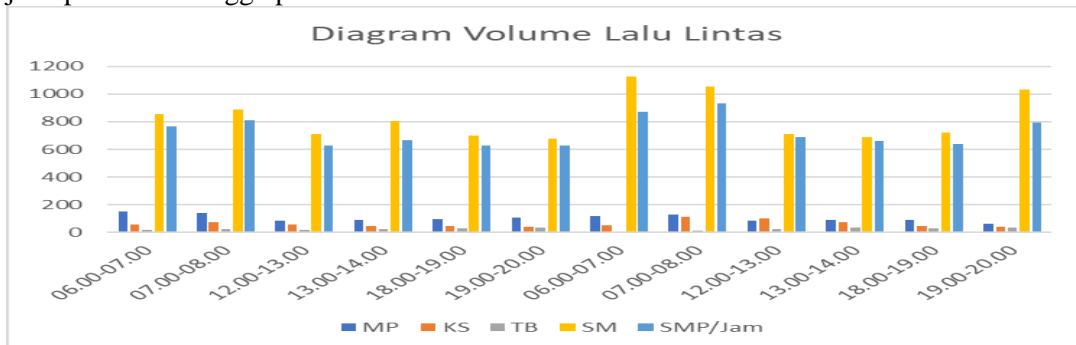
Jenis Kendaraan	Minggu	Senin	LHR	Total kendaraan 2 x 24 jam
Sepeda Motor, Sekuter, Sepeda kumbang dan roda tiga	14234	14191	1184	28425
mobil, opelet, pick up, mobil box, suburban, station wagon	2323	2119	185	4442
truk 2 as sumbu 5 ton	690	771	61	1461
truk 2 as sumbu 8 ton	80	115	8	195
truk 3 sumbu	371	325	29	696
truk gandingan	93	69	7	162
truk semi trailer	137	99	10	236
kendaraan tidak bermotor	177	168	14	345
Total rata-rata				35962 1498

Sumber : Hasil Penelitian, 2024

Berdasarkan hasil perhitungan pada tabel 3 didapatkan nilai yang telah didapatkan dari tabel diatas yang bisa digunakan untuk menentukan nilai ESA sebagai acuan untuk tebal kondisi struktur lapisan jalan yang akan direncanakan. Menghitung volume arus lalu lintas pada jam puncak. Berikut data volume arus lalu lintas pada jam puncak:

Berdasarkan data volume arus lalu lintas pada jam puncak pada tabel 4 didapatkan nilai jam puncak tertinggi pada hari senin 07.00-

08.00. Berikut grafik dari volume lalu lintas pada jam puncak :



Gambar 4. Volume Arus Lalu Lintas pada Jam Puncak

Sumber : Hasil Penelitian, 2024

Perhitungan repetisi sumbu rencana yang terjadi pada gambar 4 untuk membantu menganalisis potensi kegagalan lelah atau erosi struktur perkerasan jalan selama masa pakainya dan membantu dalam menilai daya

dukung perkerasan jalan terhadap beban yang diharapkan, sehingga dapat menghindari kerusakan prematur pada infrastruktur. Berikut perhitungannya repetisi sumbu rencana yang terjadi :

Tabel 6. Perhitungan Repetisi Sumbu Rencana yang Terjadi

Jenis Sumbu	Beban Sumbu (ton)	Jumlah Sumbu	Proporsi Beban	Proporsi Sumbu	Lalu-lintas Rencana	Repetisi yang terjadi
1	2	3	4	5	6	7
STRT	8.47	162	0.05	0.51	1.21E+08	3.23E+06
	7.9	162	0.05	0.51	1.21E+08	3.23E+06
	7.01	696	0.23	0.51	1.21E+08	1.39E+07
	4.91	162	0.05	0.51	1.21E+08	3.23E+06
	4.47	195	0.06	0.51	1.21E+08	3.89E+06
	4.05	236	0.08	0.51	1.21E+08	4.71E+06
	2.66	1461	0.48	0.51	1.21E+08	2.91E+07
Total		3074	1.00			
STRG	11.26	162	0.08	0.34	1.21E+08	3.23E+06
	11.25	236	0.11	0.34	1.21E+08	4.71E+06
	10.36	195	0.09	0.34	1.21E+08	3.89E+06
	5.05	1461	0.71	0.34	1.21E+08	2.91E+07
Total		2054	1.00			
STDRG	22.4	696	0.75	0.15	1.21E+08	1.39E+07
	20	236	0.25	0.15	1.21E+08	4.71E+06
Total		932	1.00			
Kumulatif						1.21E+08

Sumber : Hasil Penelitian, 2024

Berdasarkan tabel 6, didapatkan nilai kumulatif untuk umur rencana 40 tahun sebesar 1.21E+08.

D. Beban Sumbu Standar Kumulatif Kendaraan

Menurut metode bina marga 2017 bahwa pada perkerasan kaku untuk distribusi pengelompokan sumbu pada kendaraan niaga dilandaskan pada beban lalu lintas desain. Beban sumbu standar kumulatif, atau Cumulative Equivalent Single Axle Load (CESA), adalah konsep penting dalam perencanaan dan evaluasi perkerasan jalan.

Penentuan analisis beban sumbu standar kumulatif hanya menentukan pada kendaraan berat yang memiliki roda 4 atau lebih. Berikut rumus beban sumbu kumulatif :

ESATH-1 : $LHR \times \text{Jumlah sumbu per kendaraan} \times 365 \times DD \times DL \times R$

Berdasarkan rumus perhitungan diatas, maka langkah selanjutnya menghitung dengan menggunakan tabel perhitungan beban sumbu standar kumulatif kendaraan lalu lintas yang ada di jalan raya Puger berikut pada tabel dibawah ini:

Tabel 7. Perhitungan Beban Sumbu Standar Kumulatif Kendaraan

Jenis Kendaraan	Jumlah sumbu per kendaraan (bh)	LHR	Kelompok Sumbu	DD	DL	R	ESATH-1
	a	B	c	d	e	F	$a*b*365*d*e*f$
truk 2 as sumbu 5 ton	2	61	121.75	0.5	0.8	109.30	1942797
truk 2 as sumbu 8 ton	2	8	16.25	0.5	0.8	109.30	259306
truk 3 sumbu	2	29	58	0.5	0.8	109.30	925521
truk gandengan	4	7	27	0.5	0.8	109.30	430846
truk semi trailer	3	10	29.5	0.5	0.8	109.30	470739
Kumulatif kelompok sumbu kendaraan ESA 2024-2064							4029209

Sumber : Hasil Penelitian, 2024

Berdasarkan nilai kumulatif pada tabel 7 untuk kelompok sumbu kendaraan untuk ESA pada umur rencana 40 tahun didapatkan nilai sebesar 4.029.409 ESAL. Nilai ESA 4.029.409 KN digunakan untuk menentukan beban rata-rata pada volume lalu lintas pada beban sumbu kendaraan yang melintasi Jalan Raya Puger. Maka dari itu nilai ESA 4.029.409 KN merupakan struktur perkerasan jalan yang akan dirancang harus sangat tebal dan kokoh yang digunakan sebagai penahan beban lalu lintas yang sangat berat pada jalan raya Puger.

Tabel 8. Umur Rencana

Jenis Perkerasan	Elemen Perkerasan	Umur Rencana (Tahun)
Perkerasan Lentur	Lapisan Aspal Dan Lapisan Berbutir	20
	Fondasi Jalan	40
	Semua Perkerasan Untuk Daerah Yang Tidak Dimungkinkan	
	Pelapisan Ulang (Overlay), Seperti Jalan Perkotaan, Underpass, Jembatan, Terowongan	
	Cement Treated Based (Ctb)	
Perkerasan Kaku	Lapis Fondasi Atas, Lapis Fondasi Bawah, Lapis Beton Semen, Dan Fondasi Jalan	
Jalan Tanpa Tutup	Semua Elemen Termasuk Fondasi Bton	Minimum 10

Sumber : Kementerian Pekerjaan Umum, 2017

Berdasarkan tabel 8 untuk umur rencana pada perkerasan kaku didapatkan nilai umjur perencanaan sebesar 40 tahun. Penyesuaian beban kumulatif (ESA) pada jalan dengan dua lajur atau lebih dalam satu arah, maka diperlukan untuk mencari faktor distribusi lajur. Berikut tabel faktor distribusi lajur sebagai berikut:

Tabel 8. Faktor Distribusi Lajur

Jumlah lajur setiap arah	kendaraan niaga pada lajur desain (% terhadap populasi kendaraan niaga)
1	100
2	80
3	60
4	50

Sumber : Kementerian Pekerjaan Umum, 2017

Faktor distribusi arah (DD) pada tabel 8 biasanya diambil 0.5 untuk jalan 2 arah, dikarenakan beban lalu lintas pada jalan tersebut dianggap seimbang diantara ke dua

E. Metode Bina Marga 2017

Langkah pertama dalam menentukan tebal perkerasan ialah menentukan umur perencanaan. Umur rencana digunakan sebagai parameter dasar perancangan perkerasan jalan dan juga untuk menentukan kinerja jalan dan memastikan bahwa jalan dapat berfungsi dengan baik dan bertahan sampai pada umur rencana yang telah ditentukan. Hal ini penting untuk mencegah rehabilitasi segmen di dekatnya dengan rentang umur yang berbeda. Berikut tabel umur perencanaan perkerasan kaku :

arah. Penggunaan faktor distribusi arah, perencanaan kekerasan jalan dapat lebih akurat dan tepat dalam menentukan beban lalu lintas yang akan ditanggung oleh setiap lajur.

Pemilihan jenis perkerasan didapatkan dari nilai ESA untuk umur rencana 40 tahun yaitu 4.029.409KN yang didasarkan pada jumlah beban sumbu standar kumulatif dan volume lalu lintas yang melintasi Jalan Raya Puger sesuai dengan data yang ada. Oleh karena itu diperoleh struktur perkerasan sebagai berikut :

Tabel 9. Pemilihan Struktur Perkerasan

Struktur Perkerasan	Bagan Desain	ESA (juta) dalam 20 tahun (pangkat 4 kecuali ditentukan lain)				
		0-0.5	0.1-4	>4-10	>10-30	>30-200
Perkerasan kaku dengan lalu lintas berat (di atas tanah dengan CBR \geq 2.5%)	4			2.3		
Perkerasan kaku dengan lalu lintas rendah (di daerah pedesaan dan perkotaan)	4A					
AC WC modifikasi atau SMA modifikasi dengan CTB (ESA pangkat 5)	3					
AC dengan CTB (ESA pangkat 5)	3					
AC tebal \geq 100 mm dengan lapis fondasi berbutir (ESA pangkat 5)	3B			1.2		
AC atau HRS tipis di atas lapis fondasi berbutir (ESA pangkat 5)	3A			1.2		
Burda atau burtu dengan LFA kelas A atau batuan asli	5					
Lapis fondasi soil cement	6					
Perkerasan tanpa penutup.(japat jalan kerikil)	7					

Sumber : Kementerian Pekerjaan Umum, 2017

Struktur perkerasan dengan ESA (Juta) pada tabel 9 dalam 40 tahun didapatkan nilai ESA sebesar 4.029.409 KN maka nilai ESA berada diantara >4-10 juta dengan struktur perkerasan kaku lalu lintas berat diatas tanah dengan CBR 23,9% dan menggunakan bagan desain 4 yang bisa digunakan selama 40 tahun, cocok untuk perkerasan kaku yang menunjukkan struktur perkerasannya lebih kuat dan dapat menahan lebih besar beban lalu lintas kendaraan berat.

Tanah dengan nilai CBR diatas 10% dianggap memiliki daya dukung yang cukup baik di atas 20% dianggap sebagai tanah yang memiliki daya dukung yang sangat baik. Hasil perhitungan didapatkan nilai CBR 23.9% yang menunjukkan tanah dasar pada jalan raya puger termasuk dalam kategori tanah yang memiliki daya dukung yang baik, tetapi tidak secara langsung dapat dikatakan sebagai tanah keras. Berikut tabel desain pondasi jalan minimum :

Tabel 10. Desain Pondasi Jalan Minimum

CBR Tanah Dasar (%)	Kelas Kekuatan Tanah Dasar	Uraian Struktur Fondasi	Perkerasan Lentur			Perkerasan Kaku
			Beban Lalu Lintas Pada Lajur Rencana Dengan Umur Rencana 40 Tahun (Juta ESAS)			Stabilisasi Semen
			<2	4-Feb	>4	
			Tebal Minimum Perbaikan Tanah Dasar			
>6	SG6	Perbaikan Tanah Dasar	Tidak Perlu Perbaikan			150 Mm
5	SG5	Dapat Berupa Stabilisasi	-	-	100	Stabilisasi
4	SG4	Semen Atau Material	100	150	200	Diatas 150
3	SG3	Timbunan Pilihan	150	200	300	Mm
2,5	SG2,5	(Sesuai Persyaratan Spesifikasi Umum.	175	250	350	Material
		Devisi 3 Pekerjaan Tanag				Timbunan
		(Pemadatan Lapisan 200 Mm Tebal Gembur)	400	500	600	Pilihan
Tanah Ekspansif (Potensi Pemuai >5%)			1000	1100	1200	Berlaku
Perkerasan		Lapis Penopang				Ketentuan
Diatas	SG!					Yang Sama
Tanah		Atau Lapis Penopang	650	750	650	Dengan
Lunak		Dan Geogrid				Fondasi
Tanah Gembul Dengan HRS Atau DBST Untuk Perkerasan Untuk Jalan Raya Minor Nilai Minimum - Ketentuan Lain Berlaku)		Lapis Penopang Berbutir	1000	1250	1500	Jalan Perkerasan Lentur

Sumber : Kementerian Pekerjaan Umum, 2017

Nilai CBR tanah dasar pada tabel 10 dengan nilai 23.9% lebih besar dari nilai CBR 6% yang berarti pada nilai tersebut tidak diperlukan perbaikan tanah dasar dikarenakan tanah tersebut memiliki daya dukung yang cukup untuk menopang beban kendaraan lalu

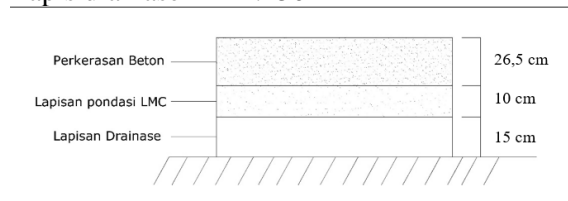
lintas yang melintasinya. Penentuan tebal pelat beton didapatkan dari nilai kumulatif esa 40 tahun pada perhitungan beban sumbu standar kumulatif kendaraan dengan nilai sebesar 4.029.409 KN, maka untuk kategori sumbu kendaraan masuk kedalam tabel dibawah ini :

Tabel 11. Penentuan Tebal Pelat Beton

Struktur Perkerasan	R1	R2	R3	R4	R5
Kelompok Sumbu Kendaraan Berat (Overloaded)	< 4.3	< 8.6	< 25.8	< 43	< 86
Dowel Dan Bahu Beton	Ya				
Stuktur Perkerasan (mm)					
Tebal Pelat Beton	265	275	285	295	305
Lapis Fondasi LMC	100				
Lapis Drainase (Dapat Mengalir Dengan Baik)	150				

Sumber : Kementerian Pekerjaan Umum, 2017
Berdasarkan tabel 11 didapatkan data sebagai berikut :

Struktur perkerasan : $4,03 \times 10^6$
Dowel : Ya
Tebal pelat beton : 265 mm
Lapis pondasi LMC : 100
Lapis drainase : 150



Gambar 6. Desain Perkerasan kaku

Sumber : Hasil Penelitian, 2024

Berdasarkan gambar 6 desain perkerasan kaku diatas untuk tebal perkerasan beton didapatkan 26,5 cm.

F. Sambungan dengan Tie Bar

Tie bar berfungsi untuk mengikat pelat beton pada sambungan memanjang agar tidak

Tabel 12. Minimum Tie Bar

tebal pekerasan (inch)	panjang (inch)	Diameter batang 1/2 in			panjang (inch)	Diameter batang 5/8 in		
		Jarak maksimum (in)				Jarak maksimum (in)		
		lebar lajur 10 ft	lebar lajur 11 ft	lebar lajur 12 ft		lebar lajur 10 ft	lebar lajur 11 ft	lebar lajur 12 ft
6	25	48	48	48	30	48	48	48
7	25	48	48	48	30	48	48	48
8	25	48	44	40	30	48	48	48
9	25	48	40	38	30	48	48	48
10	25	48	38	32	30	48	48	48
11	25	35	32	29	30	48	48	48
12	25	32	29	26	30	48	48	48

Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga, 2003
Berdasarkan tabel 12 diatas maka didapatkan :
Tebal perkerasan 265 mm
= 10,43 inch
= 10 inch

bergerak horizontal. Batang Pengikat tidak secara langsung berfungsi untuk mencegah kesalahan seperti dowel . Tie bar dapat digunakan untuk mengikat pelat pada sambungan memanjang agar tidak bergerak horizontal. Berikut menghitung untuk menentukan luas penampang tulangan per meter panjang sambungan pada tie bar:

$$A_t = 204 \times b \times h$$

$$A_t = 204 \times 4 \times 20$$

$$A_t = 16320 \text{ mm}^2$$

Panjang batang pengikat :

$$I = (38,3 \times \phi) + 75$$

$$I = (38,3 \times 16) + 75$$

$$I = 687,8 = 700 \text{ cm} = 700 \text{ mm}$$

Menentukan nilai luas penampang tulangan minimum berdasarkan kelas baja tulangan ulir yaitu :

(BjTS 280) $A_s \text{ min} = 0,002$ (Menurut SNI 2019 untuk tegangan leleh $< 420 \text{ MPa}$)

$$A_s \text{ min} = 0,002 \times 265 \times 1000 = 530 \text{ mm}^2/\text{meter lebar}$$

$$A_s \text{ min} = \frac{0,0018 \times 420}{f_y} \text{ (Menurut SNI 2019)}$$

untuk tegangan leleh $\geq 420 \text{ MPa}$)

Dicoba Besi ulir S16 - 530 mm

$$A_s \text{ S16} - 530 = \frac{1000}{530} \times 3,14 \times 8 \times 8 = 379,17 \text{ mm}^2/\text{m} < A_s \text{ min} = 530 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Dicoba Besi ulir S16 - 350 mm

$$A_s \text{ S16} - 350 = \frac{1000}{350} \times 3,14 \times 8 \times 8 = 574,17 \text{ mm}^2/\text{m} > A_s \text{ min} \text{ mm}^2/\text{m}$$

Percobaan diatas, maka penulis memilih percobaan 1 dengan $A_s \text{ S16} = 379,17 \text{ mm}^2/\text{m}$ yaitu menggunakan tulangan besi ulir diameter 16.

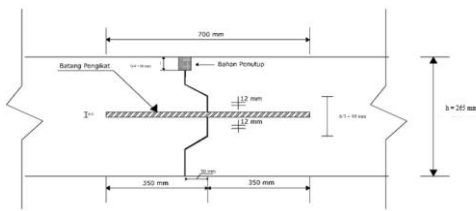
Jarak maksimum tie bar :

$$= 32 \text{ inch (dari tabel)}$$

$$= 32 \times 2,54$$

$$= 81,28 \text{ cm}$$

$$= 812,8 \text{ mm} \approx 800 \text{ mm}$$



Gambar 7. Sambungan dengan Tie Bar
Sumber : Hasil Penelitian, 2024

Berdasarkan gambar 7 diatas, maka diketahui beberapa nilai sebagai berikut:

Panjang tie bar = 700 mm

Jarak tie bar = 800 mm

Diameter = d16

G. Sambungan Dengan Dowel

Dowel adalah elemen penting dalam konstruksi perkerasan jalan, khususnya pada jenis rigid pavement. Dowel berfungsi untuk mendistribusikan beban dari satu pelat beton ke pelat lainnya, sehingga mengurangi risiko kerusakan pada sambungan akibat perbedaan tinggi antara pelat, yang dikenal sebagai faulting. Dowel dapat membantu mengontrol retakan yang terjadi pada salah satu pelat, sehingga tidak menjalar ke pelat berikutnya. Ini penting untuk menjaga integritas keseluruhan dari perkerasan jalan. Berikut tabel untuk detail ukuran dowel pada tebal pelat perkerasan :

Tabel 13. Detail Ukuran Dowel

Tebal Plat Perkerasan		Dowel					
		Diameter		Panjang		Jarak	
Inci	Mm	Inci	m	Inci	m	Inci	M
6	150	0.75	19	18	450	12	300
7	175	1	25	18	450	12	300
8	200	1	25	18	450	12	300
9	225	1.2	32	18	450	12	300
10	250	1.2	32	18	450	12	300
11	275	1.7	32	18	450	12	300
12	300	1.5	38	18	450	12	300
13	325	1.5	38	18	450	12	300
14	250	1.5	38	18	450	12	300

Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga, 2003

Maka untuk detail ukuran dowel pada tabel 13 yang akan digunakan dengan rincian sebagai berikut:

Diameter : d38 mm

Panjang : 450 mm

Jarak (s) : 300 mm

Ukuran sambungan dengan dowel didapatkan nilai 1,5 inch maka termasuk dalam keadaan aman. Sebab, minimal untuk ukuran nilai dowel adalah 1.07 inch (27,178 mm), jika ukuran dowel kurang dari 1,07 inch maka akan dapat membahayakan konstruksi keamanan dari sambungan tersebut.

Melakukan pencarian nilai As min untuk besi polos dengan tegangan leleh 280 MPa. (BjTP 280) $As_{min} = 0,002$ (untuk tegangan leleh < 420 MPa). Hasil As minimum akan dikalikan 3,1 sehingga itu yang dijadikan pedoman untuk kebutuhan dowel.

$$As_{min} = 0,002 \times 265 \times 1000 = 530 \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$As_{min} = 530 \times 3,1 = 1643 \text{ mm}^2/\text{m} \text{ (Sebagai acuan)}$$

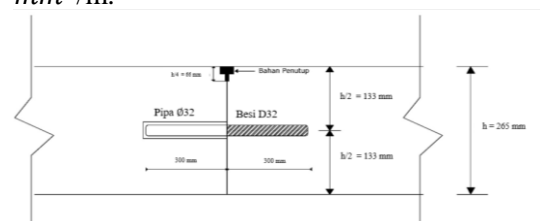
Dicoba Besi polos P 32 - 300 mm

$$As_{P32-300} = \frac{1000}{300} \times 3,14 \times 16 \times 16 = 2679 \text{ mm}^2/\text{m} > As_{min}$$

Dicoba Besi polos P 28 - 400 mm

$$As_{P28-400} = \frac{1000}{400} \times 3,14 \times 14 \times 14 = 1538 \text{ mm}^2/\text{m} > As_{min}$$

Percobaan ke 1 dan percobaan ke 2, yang dipilih adalah percobaan ke 1 karena melebihi As minimum, dengan $As_{P38} = 2679 \text{ mm}^2/\text{m}$.



Gambar 8. Sambungan dengan dowel
Sumber : Hasil penelitian, 2024

Berdasarkan gambar 8 diatas, untuk Panjang dowel 18 inch atau 450 mm sudah mencukupi untuk sambungan pelat beton. Termasuk untuk keamanan dalam pelaksanaan bila dowel bergeser ke kiri atau kekanan dari lokasi yang seharusnya

Diameter d38 untuk tebal perkerasan 265mm dianggap aman pada sambungan dengan panjang 450 m dan jarak 300 mm dibandingkan menggunakan diameter D38 karena biasanya untuk diameter dowel menggunakan 1/8 dari tebal pelat (metode bina marga 2024). Diameter dowel memiliki dampak signifikan pada faktor tegangan dan

keamanan. Meningkatkan diameter dowel mengurangi defleksi maksimum, defleksi diferensial, dan tegangan dukung antara dowel dan beton.

H. Sambungan dengan Pasak

Pasak digunakan sebagai pengikat pelat beton terhadap sambungan dan dapat mencegah terjadinya pergeseran secara horizontal pada setiap pelat. Berikut beberapa data untuk menghitung sambungan dengan pasak:

Volume pelat beton = K 350
Beban yang diterima = 6060
Mutu beton (f_c') = 30 Mpa
Mutu Baja (f_y) = 390 Mpa
Berat Jenis Aspal = 2,3ton/m²
 L_y = 3500

a) Menghitung nilai tebal pasak
Dimisalkan nilai tebal pasak adalah a, maka :

$$a = \frac{1}{3} \times \text{tebal pelat beton} \\ = \frac{1}{3} \times 26,5 = 8,83 \text{ cm}$$

b) Menentukan Diameter pasak :

$$\tau = \frac{P \times 1000}{2\pi n} \\ = \frac{6060 \times 1000}{2\pi \times 1100} \\ = 5,243 \text{ Nm}$$

Setelah mengetahui torsi, selanjutnya menghitung diameter pada pasak. Berikut rumus untuk menghitung pasak :

$$dp = \left(\frac{16T}{\pi T a} \right)^{\frac{1}{3}} = \left(\frac{16 \times 57898}{3,14 \times 50 \times 10^6} \right)^{\frac{1}{3}} = 0,18 \text{ m} \\ = 18 \text{ mm}$$

c) Menghitung Luas Penampang :

$$A = \pi \left(\frac{D}{2} \right)^2 = \pi \left(\frac{18}{2} \right)^2 = 254.47$$

Maka nilai tegangan yang dapat diterima oleh sambungan :

$$\sigma = \frac{P}{A} = \frac{6060}{254,47} = 23,8 \text{ N mm}^2$$

Di mana :

σ = tegangan (MPa)

P = beban yang diterima (N)

A = luas penampang (m²)

Misalkan nilai lebar pasak adalah b, maka :

$$b = \frac{P}{\sigma} = \frac{6060}{238} = 25,5 \text{ cm}$$

Diameter pasak didapatkan sebesar 18 mm. Selanjutnya menghitung gaya geser (FF)

yang bekerja pada pasak dapat dihitung dengan rumus:

$$F = \frac{T}{D} = \frac{57898}{\frac{18}{2}} = 1608$$

Data diatas menunjukkan bahwa pasak dapat menahan gaya geser (ff) dan torsi yang dapat bekerja dengan aman.

d) Menghitung Gaya geser :

$$T = \frac{F \times d}{2} = \frac{1608 \times 18}{2} = 14.474 \text{ Nm}$$

di mana:

T = torsi (Nm)

F = gaya geser (N)

d = diameter poros (m)

Karena diameter pada pasak adalah sebesar 18 mm, maka dikonversi ke meter:

$$d = 18 \text{ mm} = 0,018 \text{ m}$$

e) Menghitung (A_s) Kekakuan Relatif Pasak :

$$B = \sqrt{\frac{K \times b}{4 EI}} = \sqrt{\frac{1,5 \times 10^6 \times 20,2}{4 \times 29 \times 10^6}} = 0,511$$

f) Menghitung Momen Nominal (M_n) :

Penentuan momen nominal (M_n) maka perlu menghitung luas tulangan (A_s) :

$$A_s = n \left(\frac{\pi d^2}{4} \right) = 4 \left(\frac{\pi \times 18^2}{4} \right) = 4 \times \pi \times 81 \\ = 1017 \text{ mm}^2$$

Selanjutnya menghitung Momen Nominal (M_n) dengan rumus sebagai berikut :

$$M_n = A_s \times f_y \times d \\ = 1017 \times 390 \times 465,5 \\ = 184.631.265 \text{ N-mm} \\ = 184,63 \text{ KNm}$$

g) Menghitung Momen Ultimate (M_u) :

Diketahui :

ϕ = faktor reduksi (dalam kondisi normal untuk faktor reduksi dalam momen lentur pada perkerasan kaku menggunakan nilai sebesar 0,9)

M_n = momen nominal

Maka :

$$M_u = \phi M_n = 0,9 \times 184,63 \text{ Knm} \\ = 166,17 \text{ kNm}$$

Maka momen ultimate didapatkan sebesar 166,17 kNm

h) Menghitung Tegangan Geser

Maksimum :

Jika nilai J ialah momen inersia, maka :

$$J = \frac{\pi d^4}{32}$$

Jika $d = 18 \text{ mm} = 0,018 \text{ m}$, maka :

$$J = \frac{\pi(0,018)^4}{32} = 3,14 \times 10^{-8} \text{ m}^4$$

Selanjutnya menghitung tegangan geser maksimum dengan rumus sebagai berikut :

$$\tau = \frac{T}{J} \times r$$

Dimana r adalah jari-jari dari penampang (setengah dari diameter), maka :

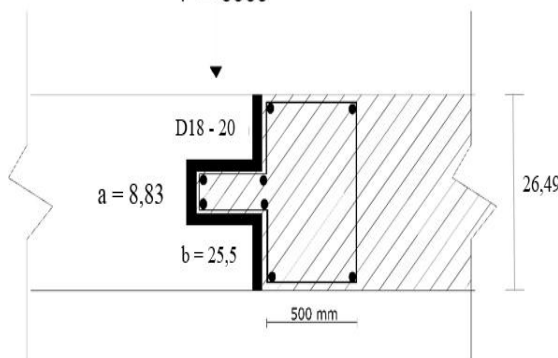
$$r = \frac{d}{2} = \frac{0,018}{2} = 0,009 \text{ m}$$

Lalu disubstitusikan kedalam rumus :

$$\tau = \frac{10}{3,14 \times 10^{-8}} \times 0,009 = 28,66 \text{ MPa}$$

Berdasarkan hal ini, tegangan geser maksimum yang dihitung adalah 28,66 MPa, sedangkan batas maksimum yang diizinkan adalah 625 MPa. Menunjukkan bahwa sambungan pasak aman untuk digunakan dalam kondisi ini, dan tidak akan mengalami kegagalan akibat tegangan geser.

$$P = 6060$$



Gambar 9. Sambungan dengan pasak
Sumber : Hasil Penelitian, 2024

Berdasarkan gambar 9 diatas, maka diketahui beberapa nilai sebagai berikut:

Diameter : D18-20
Nilai a : 8,83 cm
Nilai b : 25,5 cm

5. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan analisa data dan pembahasan, maka didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Perencanaan tebal perkerasan kaku (rigid pavement) menggunakan Metode Bina Marga tahun 2017 didapatkan nilai umur rencana yang direncanakan sebesar 40 tahun, maka diperoleh nilai tebal pelat perkerasan beton 26,5 cm

2. Setelah dilakukan perhitungan pada connection joint maka untuk hasil yang paling efektif dapat digunakan pada perkerasan kaku di jalan raya Puger ialah sambungan dengan dowel dengan diameter 38, panjang 45 cm dengan jarak 30 cm. Panjang dowel 18 inch atau 450 mm sudah mencukupi untuk sambungan pelat beton. Diameter d38 untuk tebal perkerasan 265mm dianggap aman pada sambungan. Sedangkan tie bar dengan ukuran diameter 16, panjang 70 cm dengan jarak 80 cm sudah aman dan sesuai untuk perkerasan kaku, asalkan semua faktor teknis dan kondisi lapangan diperhatikan dengan baik.
3. Penggunaan sambungan dengan dowel sangat efektif untuk mengurangi risiko terjadinya patahan pada penyambungan perkerasan beton, sedangkan tie bar sendiri untuk mengikat tepi atau ujung pelat beton yang di dekatnya agar tetap bersentuhan dengan baik dan pasak digunakan sebagai pengikat pelat beton terhadap sambungan dan dapat mencegah terjadinya pergeseran secara horizontal pada setiap pelat. Berdasarkan hal tersebut, tie bar dan pasak tidak secara langsung berfungsi untuk mencegah kesalahan seperti dowel. Hal tersebut menunjukkan bahwa dowel memiliki peran penting dalam meningkatkan kinerja sambungan

B. Saran

1. Perencanaan tebal perkerasan kaku dengan Metode Bina Marga 2017 banyak menggunakan tabel dan perhitungan, sehingga perlu ketelitian dan lebih hati-hati dalam pembacaannya agar mendapatkan hasil yang akurat.
2. Perencanaan perkerasan kaku disini hanya menggunakan metode bina marga 2017 maka dapat dilakukan perbandingan dengan menggunakan metode lain supaya memperluas pengetahuan dalam cara menentukan metode yang lebih efisien untuk perencanaan perkerasan kaku pada connection joint.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Abidah, I. 2023. Studi Komparasi Perencanaan Perkerasan Kaku Metode Bina Marga 2017 Dan Pca Pada Jalan Semarang Purwodadi. Skripsi. Universitas Semarang. Semarang.
- Affandi, F., dan Rumkita, I. 2019. Analisis Dowel Sebagai Penyalur Beban Pada Perkerasan Jalan Beton. *Jurnal Jalan-Jembatan*. 30 (3): 205- 206
- Brunosius., Arifianto, A. K., & Aldila R. 2018. Perencanaan Perkerasan Kaku (Rigid Pavement) Pada Ruas Jalan Sta 0+1 Km Kecamatan Binangun Kabupaten Blitar Jawa Timur. Skripsi. Universitas Tribhuwana Tunggadewi Malang. Malang
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 2003. Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen (Pd T-14- 2003). Jakarta.
- Faqih, A. S., Irawati, & Kuryanto, T. D. 2020. Simulasi Kinerja Bundaran Menjadi Simpang Bersinyal Pada Simpang Empat Jalan Mastrip–Jalan Kalimantan–Jalan Danau Toba Kabupaten Jember. *S1 Tugas Akhir Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember.s*
- Gufron, A., Irawati, I., & Abadi, T. 2018. Perencanaan Alternatif Jalan Bebas Hambatan Dengan Flexible Pavement Metode Bina Marga 2013 Dan Rencana Anggaran Biaya Tol Pasuruan– Probolinggo Km 3 – Km 10. *Jurnal Rekayasa Infrastruktur Hexagon*, 3(1): 45-48
- Hendarsin, S. L. 2000. *Penuntun Praktis Perencanaan Teknik Jalan Raya, Politeknik Negeri Bandung*. Edisi 1. Bandung.
- Kementerian Pekerjaan Umum. 2017. Manual Desain Perkerasan Jalan Nomor 02/M/BM/2017. Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta Selatan.
- KPUPR. 2004. UU No. 38 Tahun 2004 Kpupr, B Tentang Jalan. Undang-undang Republik Indonesia (38): 1-59. Jakarta
- Nasruddin, A. Z. 2020. *Perencanaan Perkerasan Kaku Pada Jalan Tol Pandaan-Malang*. Skripsi. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya
- Nur, H. S. 2024. Interpretasi Nilai Daya Dukung Tanah Dengan Alat DCP Pada Sub Grade Di Jalan Tani Lingkungan 1 Labusa Kelurahan Busoa. *Jurnal Media Inovasi Teknik Sipil Unidayan*. 13 (1): 16-20
- PKJI. 2023. *Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia*. Direktorat Jenderal Bina Marga Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. Jakarta
- Prasetyo, F. D., Hamduwibawa, R. B., & Abadi, T. 2019. Evaluasi Kinerja Simpang Tiga Tak Bersinyal Di Jalan Raya Lumajang – Probolinggo Desa Kebonan Kec. Klakah Kab. Lumajang. *Jurnal Rekayasa Infrastruktur Hexagon*. 4 (2) : 32 -35
- Priawitama, A. W., Hamduwibawa, R. B., & Abadi, T. 2019. Evaluasi Kinerja Dan Tebal Lapis Perkerasan Dengan Menggunakan Metode Bina Marga 2013 Dan Drainase Jalan. *Jurnal Rekayasa Infrastruktur Hexagon*. 4 (1) : 18 -23
- Setiawan, C. H., Irawati, & Kuryanto, T. D. 2024. Evaluasi Kerusakan Dan Perbaikan Jalan Dengan Metode Pavement Condition Index (Pci)(Studi Kasus Jln. Kyai Syarifuddin, Wonorejo, Kec. Kedungjajang, Kab. Lumajang). *Jurnal Smart Teknologi*. 2 (5) : 168-178
- Shinta, N. L. P., Kushartomo, W., & Varian, M. 2018. Pengaruh Nilai Cbr Tanah Dasar Dan Mutu Beton Terhadap Tebal Pelat Perkerasan Kaku Metode Bina Marga. *Jurnal Muara*. 1 (1): 240
- Sidabutar, R. A., Saragi, Y. R., & Pasaribu, H. 2020. Evaluasi Perkerasan Jalan Kaku (Rigid Pavement) Pada Jalan Sm Raja Medan Dengan Metode Bina Marga. *Jurnal Visi Eksakta (JVIEKS)*. 2 (2): 215-216