

Analisis Perbandingan Tebal Beton Pada Perkerasan Kaku Dengan Metode Bina Marga 2017 dan AASHTO 1993

¹Faqih Hidayatullah, ²Fathur Rohman

*Corresponding Author:
fathurkudus7@gmail.com

Abstrak

Jalan pantura Semarang – Demak merupakan jalan nasional yang memiliki ruas jalan yang kuat untuk kenyamanan dan keamanan pengendara jalan tersebut. Pada perkerasan jalan terdapat dua jenis perkerasan jalan yaitu perkerasan kaku dan lentur, namun, pada perencanaan jalan Pantura Semarang – Demak ini menggunakan perkerasan kaku (rigid pavement) yang direncanakan secara efisien dan efektif. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan hasil dari perhitungan tebal beton dengan metode Bina Marga 2017 dan AASHTO 1993. Penelitian ini dimulai dengan pengumpulan data sekunder dengan peninjauan lapangan di ruas Jalan Pantura Semarang – Demak di STA 7+0.50 – STA 9+500 diambil pada hari dan jam kerja. Selain itu, pengumpulan data sekunder dapat berupa parameter – parameter dari masing- masing metode yang dibutuhkan. Pengumpulan data tersebut guna untuk input perhitungan perbandingan antara Metode Bina Marga 2017 dan Metode AASHTO 1993. Hasil dari perhitungan perbandingan pada kedua metode yaitu Metode Bina Marga 2017 menghasilkan tebal perkerasan adalah 25 cm, sedangkan pada metode AASHTO 1993 menghasilkan tebal perkerasan adalah 35 cm. Hasil dari perbandingan kedua metode ini dilihat dari parameter – parameter dari kedua metode tersebut.

Kata Kunci: Bina Marga 2017; AASHTO 1993; Perbandingan Tebal Beton; Perkerasan Kaku

Abstract

The northern coast of Semarang – Demak is a national road that has strong roads for the comfort and convenience of road users. In road pavement there are two types of pavement, namely rigid and flexible pavement, however, in planning the Semarang - Demak coast road, rigid pavement is planned efficiently and effectively. This study aims to compare the results of thick calculations using the 2017 Bina Marga and AASHTO 1993 methods. The study began with secondary data collection in the field on Jalan Pantura Semarang – Demak at STA 7+0,50 – STA 9+500 taken on a day and was jammed. In addition, secondary data collection can be in the form of parameters of each required method. The data collection was used to include comparative calculations between the 2017 Bina Marga Method and the 1993 AASHTO Method. The results of the comparison calculations in the second method, namely the 2017 Highways Method, resulted in a pavement thickness of 25 cm, while the AASHTO 1993 method resulted in a pavement thickness of 35 cm. The results of the comparison of these two methods are seen from the parameters of the two methods.

Keywords : Highways2017; AASHTO 1993; Concrete Thickness Comparison; Rigid Pavement

PENDAHULUAN

Jalan Pantura Semarang – Demak merupakan jalan utama yang berada di wilayah pantai Utara Jawa Tengah. Jalan ini merupakan akses utama jalur darat yang menghubungkan antar provinsi pulau Jawa. Jalan adalah jalur – jalur yang di atas permukaan bumi yang dengan sengaja dibuat oleh manusia dengan berbagai bentuk, ukuran-ukuran dan konstruksinya untuk dapat digunakan untuk menyalurkan lalu lintas orang, hewan dan kendaraan yang mengangkut barang barang dari satu tempat ke tempatlain dengan cepat dan mudah (Silvia Sukirman, 1994).

Jalan Pantura Semarang – Demak merupakan jalan Nasional, maka dari itu jalan ini sering mengalami kerusakan yang disebabkan oleh beban muatan yang terlalu berlebihan (*Overloading*), selain itu disebabkan karena drainase kurang berfungsi dengan baik. Sehingga perencanaan jalan Pantura Semarang – Demak lebih baik menggunakan perencanaan perkerasan kaku

Pada Tugas Akhir ini penulis menganalisis tentang perbandingan perencanaan tebal beton pada perkerasan kaku di ruas jalan Pantura Semarang – Demak dengan menggunakan metode Bina Marga dan AASTHO 1993

Tujuan dari penelitian pada tugas akhir ini adalah:

1. Menganalisa ketebalan yang di butuhkan dari hasil perhitungan metode Bina Marga 2017 dan AASHTO1993 pada ruas jalan pintura semarang- demak.
2. Menganalisa hasil perbandingan *rigid pavement* pada ruas jalan pantura Semarang- Demak

Pada perencanaan perkerasan jalan memiliki standar yang sudah ditentukan yaitu dimana setiap lapisan memiliki syarat kekuatan, ketebalan, kestabilan dan kekakuan yang berfungsi untuk menyalurkan dari beban lalu lintas yang berada diatas lapisan perkerasan jalan sampai menuju ke tanah dasar. Dalam suatu merencanakan atau menganalisis suatu perkerasan jalan memiliki berbagi acuan yaitu acuan yang berupa data teknis ataupun non teknis. Data teknis maupun non teknis untuk mengevaluasi suatu perencanaan yang bermaksud dengan adanya suatu perencanaan tersebut.

1. Pengertian dan klasifikasi perkerasan jalan

- Perkerasan kaku (*rigid pavement*) merupakan perkerasan beton yang menggunakan bahan ikat semen sehingga tingkat kekakuan yang relative cukup tinggi dibandingkan perkerasan aspal.
- Perkerasan lentur (*Flexibel pavement*) adalah perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat.
- Perkerasan komposit (*composit pavement*) merupakan kombinasi antara perkerasan kaku dengan perkerasan lentur yang terdapat diatas perkerasan kaku ataupun sebaliknya.

2. Fungsi perkerasan jalan

- Salah satunya merupakan berfungsi untuk menghubungkan kota atau daerah yaitu kolektor primer.
- Terusan dari arteri dalam kota dan luar kota

- Menghubungkan dan melalui kawasan primer
- Kecepatan yang dirancang 60 km/jam
- Memiliki lebar badan jalan ≥ 8 meter
- Merupakan lalu lintas regional
- Bus dan angkutan barang berat dapat melewati jalan ini
- Jarak antara jalan masuk tidak ≤ 500 meter
- Memiliki kapasitas yang lebih besar dari volume lalu lintasnya
- Persimpangan diatur sesuai dengan volume lalu lintas harian
- Memiliki volume lalu lintas rata – rata yang lebih besar dibanding fungsi jalan lainnya.

3. Struktur dan jenis perkerasan kaku

Perkerasan Beton Semen Bersambung Tanpa Tulangan, Perkerasan Beton Semen Bersambung Dengan Tulangan, Perkerasan Beton Semen Menerus Dengan Tulangan, Perkerasan Beton Semen Pra-Tegang

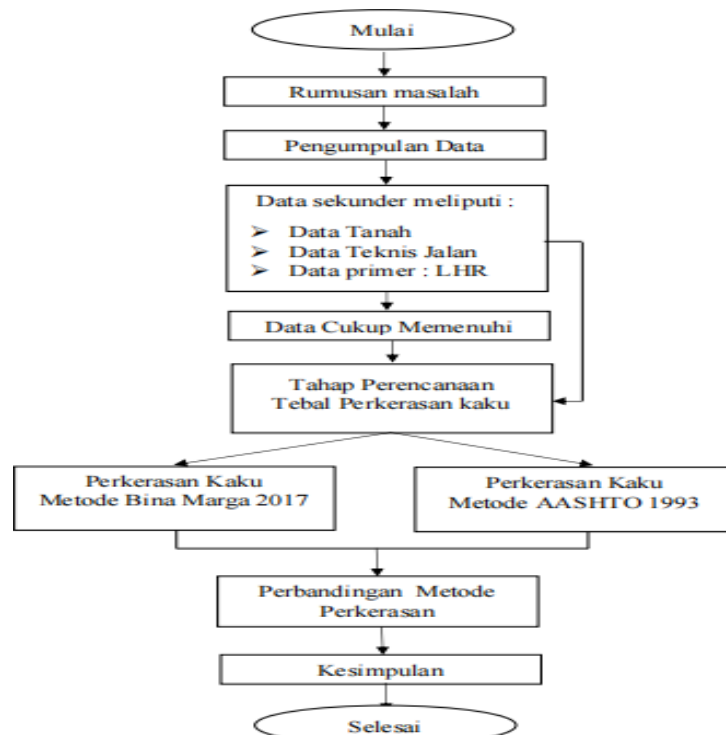
4. Komponen-komponen konstruksi perkerasan kaku (*rigid pavement*)

Tanah dasar (*subgrade*), Lapisan pondasi (*subbase*), Tulangan , Sambungan (*joint*), *Bound breaker* di atas *subbase*, Alur permukaan (*grooving*)

5. Perencanaan Tebal Perkerasan Kaku (*rigid pavement*)

- Perkerasan Jalan Kaku (*rigid pavement*) Menggunakan Metode Bina Marga 2017
- Perkerasan Jalan Kaku (*rigid pavement*) *American Association of State Highway Transportation Officials* (AASHTO 1993)

METODE



Gambar 1. .Diagram Alur Metodologi

Tahapan penelitian terdiri dari Metode Pengumpulan Data Pada penelitian ini data yang dikumpulkan dimulai dari data sekunder yang dibutuhkan dalam analisis ini ada dua macam yaitu :

- a. Data-data yang ada di studi kasus, selanjutnya pengumpulandata metode perhitungan tebal perkerasan kaku metode Bina Marga 2002 dan AASHTO 1993dari jurnal dan kepustakaan.
- b. Analisa perkerasaan kaku yang ada, selanjutnya dilakukan perhitungan hasil menggunakan beberapa alternatif, sehingga dapat menemukan hasil nilai tebal perkrasan kaku

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Perencanaan Tebal Perkerasan Jalan dengan Metode Bina Marga 2017

Hasil perhitungan tebal pelat berdasarkan data parameter perencanaan didapatkan hasil:

- a. CBR tanah dasar = 6%
- b. CBR efektif = 40%
- c. JSKN = $1,35 \times 10^8$
- d. Faktor keamanan beban = 1,1
- e. Kuat tarik lentur beton = $4,5 \text{ kg/cm}^2 = 4,5 \text{ Mpa}$
- f. Kuat tekan = $f_c' 290,5 \text{ kg} = 29,05 \text{ Mpa}$
- g. Umur rencana = 20 tahun
- h. Direncanakan tebal beton = 25 cm

Dengan analisa lalu lintas, perhitungan repitisi sumbu dan analisis faktor erosi yang terjadi dapat dilihat di Tabel berikut:

Tabel 1. Data Keseluruhan Lalu Lintas Rata - Rata

Jenis Kendaraan	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat	Total Kendaraan
Mobil penumpang	1423	1392	1533	1413	1495	7256
Pick up	409	357	421	346	406	1939
Small bus	104	132	94	113	97	540
Big Bus	22	32	14	23	34	125
Truk ringan 2 sumbu	491	433	455	423	486	2288
Truk besar 2 sumbu	360	382	321	403	376	1842
Truck 3 sumbu	333	275	311	287	354	1560
Truck gandeng	127	146	134	184	132	723
Truck Semi Trailer	70	56	62	48	57	293

Tabel 2. perhitungan Jumlah Sumbu Berdasarkan Jenis dan Bebannya

Gol kendaraan	Jenis kendaraan	Berat Total (ton)	Konfigurasi Beban Sumbu (ton)				Jml Kend (bh)	Jml Sumbu Per kend (bh)	Jml Sumbu (bh)	STRT		STRG		STdRG	
			RD	RB	RGD	RGB				BS (ton)	JS (bh)	BS (ton)	JS (bh)	BS (ton)	JS (bh)
	1		2				3	4	5	6	7	8	9	10	11
2	Mobil penumpang	2,00	1,00	1,00			7.256	2	-	-	-	-	-	-	
4	Pick up	8,30	2,82	5,48			1.939	2	3.878	2,82	1.939	5,48	1.939		
5A	Small bus	8,30	2,82	5,48			540	2	1.080	2,82	540	5,48	540		
5B	Big Bus	9,00	3,06	5,94			125	2	250	3,06	125	5,94	125		
6A	Truk ringan 2 sumbu	8,30	2,82	5,48			2.288	2	4.576	2,82	2.288	5,48	2.288		
6B	Truk besar 2 sumbu	15,15	5,15	10,00			1.842	2	3.684	5,15	1.842	10,00	1.842		
7A	Truck 3 sumbu	25,00	6,25	18,75			1.560	2	3.120	6,25	1.560			18,75	1.560
7B	Truck gandeng	31,40	5,65	8,79	8,48	8,48	723	4	2.892	5,65	723	8,79 8,48 8,48	723 723 723		
7C	Truck Semi Trailer	40,13	5,88	20,00	7,00	7,25	293	3	879	5,88	293	20,00	293	20,00 14,25	293 293
Total							16.566		20.359		9.310		9.196		1.853

Tabel 3. Hasil Perhitungan Jumlah Sumbu Kendaraan Niaga (JSKN) selama Umur Rencana

Jenis Kendaraan	Jumlah Sumbu kendaraan	pertumbuhan lalu lintas	faktor pertumbuhan lalu lintas @	Nilai koefisien	Hari dalam Tahun	JSKN
				Distribusi		
Mobil penumpang	-	-	-	-	-	-
Small bus	1.080	7	40,38	0,45	365	7.163.008
Big Bus	250	7	40,38	0,45	365	1.658.104
Pick up	3.878	7	40,38	0,45	365	25.720.505
Truk ringan 2 sumbu	4.576	7	40,38	0,45	365	30.349.931
Truk besar 2 sumbu	3.684	7	40,38	0,45	365	24.433.817
Truck 3 sumbu	3.120	7	40,38	0,45	365	20.693.135
Truck gandeng	2.892	7	40,38	0,45	365	19.180.944
Truck Semi Trailer	879	7	40,38	0,45	365	5.829.893
Total	20.359					135.029.337

Tabel 4. Hasil Perhitungan Repetidi Sumbu Rencana

Jenis Sumbu	Beban Sumbu	Jumlah Sumbu	Beban Porsi	Proporsi Sumbu	Lalu Lintas Rencana	Repetisi yang Terjadi
1	2	3	4	5	6	7=4x5x6
STRT	6,25	1.560	0,1731	0,44300	135.029.336	10.356.944,9
	5,88	293	0,0325	0,44300	135.029.336	1.945.246,703
	5,65	723	0,0802	0,44300	135.029.336	4.800.045,619
	5,15	1.842	0,2044	0,44300	135.029.336	12.229.161,87
	3,06	125	0,0139	0,44300	135.029.336	829.883,4058
	2,82	1.939	0,2152	0,44300	135.029.336	12.873.151,39
	2,82	240	0,0266	0,44300	135.029.336	1.593.376,39
	2,82	2.288	0,2539	0,44300	135.029.336	15.190.185,86
Total		9.010	1			
STRG	20	293	0,0319	0,452000	135.029.336	1.944.622,135
	10	1.842	0,2003	0,452000	135.029.336	12.225.235,4
	8,79	723	0,0786	0,452000	135.029.336	4.798.504,45
	8,48	723	0,0786	0,452000	135.029.336	4.798.504,45
	8,48	723	0,0786	0,452000	135.029.336	4.798.504,45
	5,94	125	0,0136	0,452000	135.029.336	829.616,9519
	5,48	1.939	0,2109	0,452000	135.029.336	12.869.018,16
	5,48	540	0,0587	0,452000	135.029.336	3.583.945,232
	5,48	2.288	0,2488	0,452000	135.029.336	15.185.308,69
	Total		9.196	1		
STdRG	20	293	0,1365	0,1050000	135.029.336	1.935.777,039
	18,75	1560	0,7269	0,1050000	135.029.336	10.306.526,21
	14,25	293	0,1365	0,1050000	135.029.336	1.935.777,039
Total		2.146	1			135.029.336

Tabel 5. Nilai Tegangan Ekvivalen (TE), Faktor Erosi (FE), dan Faktor Rasio Tegangan(FRT)

Jenis Sumbu	TE	FRT	FE
1	2	3 = 2/ Fcf	4
STRT	0,65	0,14	1,91
STRG	1,06	0,23	2,5
STdRG	0,71	0,16	2,61
Tebal pelat 25 cm, CBR subgrade efektif 40% dan F_{cf} 4,5			

Tabel 6. Tabel Analisa fatik dan erosi perkerasan kaku ketebalan 25 cm

Jenis Sumbu	Beban Sumbu ton (kN)	Beban Rencana per Roda (kN)	Repetisi yang terjadi	Faktor Tegangan dan Erosi	Analisis Fastik		Analisis Erosi	
					Repetisi Ijin	Persen Rusak (%)	Repetisi Ijin	Persen Rusak (%)
1	2	3	4	5	6	7	8	9
STRT	6,25	34,3	10356944,9		TT	0	TT	0
	5,88	32,34	1.945.247		TT	0	TT	0
	5,65	31,1	4.800.046	TE = 0,65	TT	0	TT	0
	5,15	28,32	12.229.161,87	FRT = 0,14	TT	0	TT	0
	3,06	16,83	829.883	FE = 1,91	TT	0	TT	0
	2,82	15,51	12.873.151,39		TT	0	TT	0
	2,82	15,51	1.593.376		TT	0	TT	0
	2,82	15,51	15.190.185,86		TT	0	TT	0
STRG	20	50	1.944.622		TT	0	9.000.000	22
	10	27,5	12.225.235,4		TT	0	60.000.000	20
	8,79	24,17	4.798.504,45	TE = 1,06	TT	0	TT	0
	8,48	23,32	4.798.504,45	FRT = 0,23	TT	0	TT	0
	8,48	23,32	4.798.504,45	FE = 2,5	TT	0	TT	0
	5,94	16,34	829.617		TT	0	TT	0
	5,48	15,1	12.869.018,16		TT	0	TT	0
	5,48	15,1	3.583.945		TT	0	TT	0
STdRG	20	27,5	1.935.777	TE = 0,71	TT	0	20.000.000	10
	18,75	25,78	10.306.526,21	FRT = 0,16	TT	0	40.000.000	26
	14,25	19,59	1.935.777	FE = 2,61	TT	0	TT	0
TOTAL						0 < 100%		78 < 100%

Dari hasil perhitungan pada tabel sebelumnya diperoleh analisis fatik $0\% < 100\%$ dan analisis erosi $78\% < 100\%$. Maka tebal tafsiran aman dan tidak perludinaikkan lagi, maka tebal pelat adalah 25 cm.

2. Perencanaan Tebal Perkerasan Jalan dengan Metode AASHTO 1993

Hasil perhitungan tebal pelat berdasarkan data parameter perencanaan didapatkan hasil:

- a. Lalu lintas $= 3.10 \times 10^{10}$
- b. Terminal serviceability (Pt) $= 2,5$
- c. Initial serviceability (po) $= 4,5$
- d. Seviceability loss $= \Delta PSI = po - pt = 2$
- e. Reability (R) $= 85$
- f. Standard normal deviation $= -1,037$
- g. Standart deviation $= 0,35$
- h. Modulus reaksi tanah dasar $= 463,91 \text{ pci}$

- i. Kuat tekan (F_c') = 290,5 kg = 29,05 Mpa
- j. Modulus elastisitas beton = 366399,618 psi
- k. Fluxural strengt (Sc') = 640 psi
- l. Drainage coefficient (Cd) = 1,0
- m. Load transfer coefficient = 2,8

Dengan analisa data lalulintas,

Tabel 7. Perhitungan W18

Jenis Kendaraan	Lintas harian Rata-Rata	VDF	DD	DL(%)	Hari Dalam setahun	W ₁₈
Mobil penumpang	7256	1	0,5	0,9	365	1191798
Small bus	1939	1	0,5	0,9	365	318481
Big Bus	540	1	0,5	0,9	365	88695
Pick up	125	0,5	0,5	0,9	365	10266
Truk ringan 2 sumbu	2288	0,5	0,5	0,9	365	187902
Truk besar 2 sumbu	1842	5,1	0,5	0,9	365	1542997
Truck 3 sumbu	1560	6,4	0,5	0,9	365	1639872
Truck gandeng	723	13	0,5	0,9	365	1543786
Truck Semi Trailer	293	7,4	0,5	0,9	365	356127
Total						68,799,233

Dari perhitungan W18 dalam 1 tahun 4188177,9 ESAL, lalu lintas yang digunakan untuk tabel perkerasan kaku adalah lalu lintas kumulatif selama umur rencana.

Secara numeric rumusan lalu lintas kumulatif ini adalah sebagai berikut :

$$W_t = W_{18} \times \frac{(1 + g)^n - 1}{g}$$

$$W_t = 4188177,9 \times \frac{(1 + 0,7)^{20} - 1}{0,7}$$

$$W_t = 2,78 \times 10^{10}$$

Menghitung Modulus Reaksi Tanah Dasar

Modulus reaksi tanah dasar dapat dihitung dengan rumus :

$$\begin{aligned} MR &= 1500 \times CBR \\ &= 1500 \times 6 \\ &= 9000 \end{aligned}$$

Menghitung Modulus Elastisitas Beton

Modulus elastisitas beton dapat diketahui dengan rumus ;

$$\begin{aligned}
 e_c &= 57000 \sqrt{f'_c} \\
 e_c &= 57000 \sqrt{f'_c} = 57000 \sqrt{4132} = 366399,618 \text{ psi} \\
 f'_c &= \text{kuat tekan beton, silinder (psi)} \\
 &= 290,5 \text{ kg/cm}^2 = 4132 \text{ psi}
 \end{aligned}$$

Tabel 8. Koefisien Pengaliran

Type daerah aliran		C
Jalan	Beraspal	0,70 -0,95
	Beton	0,80 -0,95
	Batu	0,70 -0,85

$C = 0,875 = 87,5 \%$ (diambil darinilai tengah C antara 0,80 – 0,95)

$T_{jam} = 2,5$ jam hujan per hari

$T_{hari} = 121$ hari hujan dalam setahun

$W_L = 100 - C = 100 - 87,5 = 12,5 \% = 0,125$

Tabel 9. Drainage coefficient

Kualitas Drainase	Persen dari waktu perkerasan pada tingkat			
	< 1%	1 – 5 %	5 – 25 %	> 25 %
Sangat Bagus	1,25 – 1,20	1,20 – 1,15	1,15 – 1,10	1,10
Bagus	1,20 – 1,15	1,15 – 1,10	1,10 – 1,00	1,00
Sedang	1,15 – 1,10	1,10 – 1,00	1,00 – 0,90	0,90
Buruk	1,10 – 1,00	1,00 – 0,90	0,90 – 0,80	0,80
Sangat Buruk	1,00 – 0,90	0,90 – 0,80	0,80 – 0,70	0,70

$$P_{heff} = \frac{T_{jam}}{24} \times \frac{T_{hari}}{365} \times W_L \times 100$$

$$P_{heff} = \frac{2,5}{24} \times \frac{121}{365} \times 0,125 \times 100$$

$$P_{heff} = 0,43\% < 1\%$$

Tabel 10 . Load Transfer Coefficient

Bahu Beban Transfer	Aspal		Beton	
	Ya	Tidak	Ya	Tidak
Jenis Perkerasan				
JPCP dan JRCp	3,2	3,8 – 4,4	2,5 – 4,4	3,6 – 4,2
CRCP	2,9 – 3,2	-	2,3 – 2,9	-

$$\log_{10} W_{18} = -1,037 \times 0,35 + 7,35 \times \log_{10}(25 + 1) - 0,06 + \frac{\log_{10} \left[\frac{2}{4,5 - 1,5} \right]}{1 + \frac{1,624 \times 10^7}{(25+1)^{8,46}}} + (4,22 - 0,32 \times 2,5) \times \log_{10} \left\{ \frac{640 \times 1 [25^{0,75} - 1,132]}{215,63 \times 2,8 \times \left[25^{0,75} - \frac{18,42}{\left(\frac{966899,618}{600} \right)} \right]} \right\}$$

Dari hasil perhitungan persamaan diatas digunakan untuk mencari tebal pelat rigid pavement, didapat 14 inc = 35 cm.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian ini kami dapat memberi kesimpulan berdasarkan tujuan penelitian sebagai berikut:

1. Berdasarkan Penelitian perbandingan perkerasan kaku didapat parameter input untuk metode bina marga 2017, umur rencana, lalu-lintas, lajur rencana dan koefisien distribusi, pertumbuhan lalu-lintas, lalu-lintas rencana, faktor keamanan beban, daya dukug efektif tanah dasar, penentuan tebal perkerasan. Sedangkan untuk parameter berdasarkan metode ASSHTO 1993 merupakan Analisa lalu-lintas, umur rencana, *vehicle damage factor*, tanah dasar, material konstruksi perkerasan, *reliability*, *serviceability*, modulus reaksi pada tanah dasar, modulus elastisitas pada beton, flexural strength, koefisien drainase, koefisien penyaluran beban, perhitungan tebal perkerasan.
2. Berdasarkan hasil perhitungan analisis yang di dapat dari masing – masing metode dengan parameter yang ada didapat bahwa
 - Perhitungan berdasarkan parameter metode Bina Marga 2017 didapat tebal plat beton 25 cm
 - Sedangkan untuk perhitungan AASHTO 1993 berdasarkan parameter yang ada di dapat tebal perkerasan 35 cm

Selisih perbandingan tebal perkerasan didapat karena adanya perbandingan parameter dari kedua metode yang di gunakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aulia, Nuriandi. (2021). *Perencanaan Tebal Perkerasan Kaku pada Ruas Jalan Tol Binjai- Langsa (Sta 0+ 500–Sta 1+ 000) dengan Metode Manual Desain Perkerasan 2017*. Diss.
- AASHTO, 1993,(1993) *Guide for Design of Pavement Structures, American Assosiation of State Highway and Transportation Officials*, Washington, USA
- Bahari, Irza Ilham. (2021). *Analisis Perbandingan Ketebalan Perkerasan Kaku dengan Metode Bina Marga 2017 dan AASHTO 1993 pada Ruas Jalan Senganten–Klino (Sta 0+ 000– Sta 8+ 000) Kabupaten Bojonegoro*. Diss. Upn" Veteran'jawa Timur,
- Duani, Akhmad Fadil, Sutarto Yosomulyono, and Heri Azwansyah.(2015) "Perbandingan Biaya Perkerasan Lentur dan Perkerasan Kaku pada Jalan Karya Bakti di Kecamatan Meliau Kabupaten Sanggau." *Jelast: Jurnal Pwk, Laut, Sipil, Tambang* 5.2
- Darmawan, Rahmatullah, and Lizar Lizar. (2020). *Jurnal Tekla*, 2.2 : 97-103. (Perencanaan Tebal Perkerasan Kaku (Rigid Pavement) menggunakan Metode Bm-2017.
- Fitriana, Ratna. (2014) *Studi Komparasi Perencanaan Tebal Perkerasan Kaku Jalan Tol menggunakan Metode Bina Marga 2002 dan AASHTO 1993 (Studi Kasus: Ruas Jalan Tol Solo–Kertosono)*. Diss. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Herliana, Rika, Heri Azwansyah, and Said Said. (2022, 09 Februari) "Analisis Perencanaan Perkerasan Kaku Jalan Khatulistiwa Kota Pontianak dengan menggunakan Metode BinaMarga 2017 dan Metode AASHTO 1993." *Jelast: Jurnal Pwk, Laut, Sipil, Tambang* 9.1.
- Hariyanto, Hariyanto, Setyaningsih Setyaningsih, and Bambang Bambang. (2021) "Analisis Perbandingan Perencanaan Tebal Perkerasan Kaku dengan Metode Bina Marga 2003 dan Metode AASHTO 1993 (Studi Kasus: Jalan Raya Blora Cepu, Km 21+ 000 – KM 22+400 Kabupaten Blora Jawa Tengah)." *Jurnal Ilmiah Teknosains* 1-12.
- Ikhwan, Moh. (2020). *Perencanaan Tebal Perkerasan Kaku dengan Metode Bina Marga 2003 dan Metode AASHTO 1993 pada Proyek Jalan Tol Balikpapan-Samarinda Sta. 22+ 025- Sta. 28+ 000*. Diss. Universitas Muhammadiyah Malang.
- Kaku, Desain Tebal Perkerasan Jalan. "Perencanaan Rigid Pavement dengan Metode AASHTO 1993."
- Kurniawan, Muhammad Syahril. (2020). *Perencanaan Perkerasan Kaku pada Ruas Jalan Gedangan-Betro-Kalangnyar (Sidoarjo) dengan menggunakan Metode Bina Marga 2003 dan AASHTO 1993*. Diss. Universitas Muhammadiyah

Malang.

- Mitroatmodjo, Sabdo Adiguno. (2017). *Analisis Perbandingan Perhitungan Tebal Perkerasan Kaku dengan Metode Bina Marga 2013 dan AASHTO 1993 (Studi Kasus Jalan Tol Solo–Ngawi Sta 0+ 900–2+ 375)*. Diss. UAJY.
- Nasution, Muhammad Azizi, Nanda Fajarriani, and Muhammad Idham. (2019) *Jurnal Teknik Sipil*, 8.2 : 43-49. Perbandingan Tebal Perkerasan Jalan Kaku dengan Metode Pd-T-14- 2003 dan Mdpj 2017 (Studi Kasus Jl. Yos Sudarso, Kota Dumai).
- Pasaribu, Russel Savarino, Komala Erwan, and Said Said. (2021) "Analisis Perbandingan Tebal Perkerasan Kaku Metode Bina Marga 2017 dan Metode AASHTO 1993 pada Jalan Husein Hamzah Pal 5." *Jelast: Jurnal Pwk, Laut, Sipil, Tambang* 8.3.
- Putranto, Leksmono Suryo, and Ni Luh Putu Shinta Eka Setyarini. (2010). Koefisien Distribusi Kendaraan untuk Perancangan Tebal Perkerasan Lentur di Mataram, Bandung, dan Surabaya. *Jurnal Transportasi* 10.2.
- Rizki, Muhammad Ansyari.(2021). *Perencanaan Tebal Perkerasan Kaku dengan Metode Manual Desain Perkerasan Bina Marga 2017 dan Metode AASHTO 1993 pada Jalur Lingkar Kuningan–Ciamis Jawa Barat*. Phd Thesis. Universitas Muhammadiyah Malang.
- Ramadhani, Elok Ciptia, Udi Subagyo, and Moch Fajar Subkhan. (2020) "Perbandingan Tebal Lapis Perkerasan Kaku Metode Bina Marga 2003 dan Metode Manual Desain Perkerasan 2017 (Bina Marga) pada Tol Pandaan–Malang Sta. 30+ 625 S/D 38+ 488." *Jurnal Online Skripsi Manajemen Rekayasa Konstruksi Politeknik Negeri Malang* 1.3
- Sulaiman, Kristedy Permana. (2019). *Perencanaan Perkerasan Kaku (Rigid Pavement) dengan menggunakan Wiremesh pada Ruas Jalan Hos. Cokroaminoto dan Jalan Moch. Yamin (Tuban)*. Diss. Universitas Narotama Surabaya.
- Syahrudi, Efan, Hendra Saputra, and Alamsyah Alamsyah. (2018). "Perbandingan Tebal Perkerasan Kaku dengan Metode Bina Marga 2003 dan 2017 (Studi Kasus: Jalan Kelemantan-Sekodi)." *Seminar Nasional Industri dan Teknologi*.
- Sudarno, Sudarno, Akhmad Nurul Falakh, and Nazila Dewi Navitasari. (2018). "Evaluasi Tebal Perkerasan Jalan Raya Secang-Magelang menggunakan Metode Analisa Komponen." *Jurnal Disprotek* 9.2
- Stiyoningsih, Dini. (2018). *Desain Tebal Perkerasan Kaku Jalan Raya menggunakan Microsoft Excel Berdasarkan Manual Desain Perkerasan Jalan 02/M/Bm/2013 dan Naasra*. Diss. Universitas Narotama Surabaya.
- Sulistyo, Dwi, and Jenni Kusumaningrum. (2013). "Analisis Perbandingan Perencanaan Perkerasan Kaku dengan Menggunakan Metode Bina Marga dan

Metode AASHTO Serta Merencanakan Saluran Permukaan pada Ruas Jalan Abdul Wahab, Sawangan." *ProsidingPesat 5*.

Yusuf, Saiful Mardi. (2020). "Analisa Perbandingan Tebal Perkerasan Kaku (Rigid Pavement) dengan Metode Bina Marga 2017 dan Metode AASHTO 1993 pada Ruas Jalan Negara Kabupaten Panajam Paser Utara." *Kurva S: Jurnal Keilmuan dan Aplikasi Teknik Sipil* 11.2

Zohri, Saipudin, Widarto Sutrisno, and Agus Priyanto. (2019). "Analisis Tebal Perkerasan Kakupada Jalan Tol Pasuruan – Probolinggo Berdasarkan Metode Bina Marga (Manual DesainPerkerasan 2017) dan AASHTO (1993)." *Renovasi : Rekayasa dan Inovasi Teknik Sipil* 4.1