

JURNAL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN PERKERASAN JALAN BETON
DENGAN METODE AASHTO 1993
PADA RUAS JALAN GABUGAN-BONAGUNG SRAGEN

Diajukan Guna Melengkapi Persyaratan untuk Mencapai Gelar Sarjana
Strata Satu (S1) Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Tunas Pembangunan Surakarta



Disusun Oleh:

RIYAN HIDAYAT

NIM : A.0118010

FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS TUNAS PEMBANGUNAN
SURAKARTA

2022

**PERENCANAAN PERKERASAN JALAN BETON
DENGAN METODE AASHTO 1993
PADA RUAS JALAN GABUGAN-BONAGUNG SRAGEN**

**Riyan Hidayat
Nim (A.0118010)**

ABSTRAK

Jalan merupakan salah satu prasarana transportasi, mempunyai peran penting dalam mendukung bidang ekonomi, sosial, dan budaya serta lingkungan dan perkembangan melalui pendekatan perkembangan wilayah agar tercapai keseimbangan dan pemerataan pembangunan antar daerah serta untuk membentuk struktur ruang dalam rangka mewujudkan sasaran pembangunan nasional. Pengambilan data untuk perencanaan, diambil dari ruas jalan Gabugan – Bonagung Sragen, di antaranya lalu lintas Harian Rata-rata (LHR) dilakukan *survei* pada tanggal 2 April 2022, berisi perhitungan lalu lintas yang melewati jalan Gabugan - Bonagung. Data *California Bearing Ratio* (CBR) dengan melakukan uji tanah menggunakan *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP) pada tanggal 13 April 2022, berisi perhitungan data CBR sebanyak 10 titik uji setiap 200 meter pada jalan Gabugan - Bonagung. Data curah hujan diambil dari BPSDA Kabupaten Sragen. Pada Ruas jalan Gabugan–Bonagung Sragen termasuk jalan kabupaten, terdiri dari 1 lajur 2 arah dengan panjang 2,2 km dan lebar jalan 6,00 m. Jalan Gabugan–Bonagung adalah jalan yang menghubungkan antara kecamatan Sumberlawang dan kecamatan Tanon yang memiliki peran besar dalam meningkatkan perekonomian dan mobilitas masyarakat. Dengan demikian perlu adanya perencanaan jenis perkerasan apa yang layak dan menguntungkan untuk digunakan di daerah yang dimaksud dari tinjauan teknis dan ekonomis. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini diambil kesimpulan bahwa perencanaan struktur jalan Gabugan-Bonagung menggunakan perkerasan kaku (*Rigid Pavement*), untuk metode perencanaan yang digunakan penulis adalah Metode AASHTO 1993. Setelah dilakukan perhitungan berdasarkan data-data yang diperoleh, di dapatkan tebal pelat 20 cm, untuk kebutuhan tulangan didapatkan tulangan memanjang dan melintang Ø10 – 200 mm, untuk gambar perencanaan penulis menggunakan Autocad sebagai sarana menentukan desain berdasarkan perhitungan yang sudah didapatkan. Estimasi Anggaran Biaya (RAB) dari perhitungan tersebut yaitu **Rp.7.640.742.930**.

Kata Kunci : Jalan, Rigid Pavement, Tebal Struktur Perkerasan, Biaya

ABSTRACT

*Roads are one of the transportation infrastructures, have an important role in supporting the economic, social and cultural fields as well as the environment and development through a regional development approach in order to achieve balance and equitable development between regions and to form a spatial structure in order to realize national development goals. The Gabugan–Bonagung Sragen road is a district road, consisting of 1 lane and 2 directions with a length of 2.2 km and a road width of 5.30 m. The Gabugan–Bonagung road is a road that connects the Sumberlawang sub-district and the Tanon sub-district which has a major role in improving the economy and community mobility. Data collection for planning, taken from the Gabugan – Bonagung Sragen road, including the Average Daily traffic (LHR) was surveyed on 2 April 2022, containing the calculation of traffic passing through the Gabugan - Bonagung road. California Bearing Ratio (CBR) data by conducting a soil test using a Dynamic Cone Penetrometer (DCP) on 13 April 2022, contains CBR data calculations of 10 test points every 200 meters on the Gabugan - Bonagung road. Rainfall data is taken from BPSDA Sragen Regency. Thus, it is necessary to plan what type of pavement is feasible and profitable to use in the area in question from a technical and economic review. The results obtained from this study concluded that planning of Gabugan-Bonagung road structure uses rigid pavement (Rigid Pavement), for planning method used by author is the 1993 AASHTO method. After calculations based on the data obtained, the slab thickness is 20 cm, for necessity the reinforcement, longitudinal and transverse reinforcement is obtained 10 – 200 mm, for planning drawing author uses Autocad as a means of determining the design based on calculations that have been obtained. Estimated Budget (RAB) from this calculation is **Rp.7.640.742.930**.*

*Keywords : **Road, Rigid Pavement, Thickness of Pavement Structure, Cost***

PENDAHULUAN

Jalan Gabungan–Bonagung Sragen termasuk jalan kabupaten, terdiri dari 1 lajur 2 arah dengan panjang 2,2 km dan lebar jalan 6,00 m.

Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian yang digunakan sebagai tugas akhir ini yaitu :

1. Merencanakan struktur perkerasan kaku pada jalan Gabungan-Bonagung dengan metode AASHTO 1993 (*American Association of state Hight way and Transportation Officials*).
2. Mendesain struktur jalan Gabungan-Bonagung menggunakan metode AASHTO 1993.
3. Menghitung Rencana Anggaran Biaya (RAB) perencanaan jalan Gabungan-Bonagung.

Manfaat Penelitian

Adapun beberapa manfaat yang bisa diambil dari penelitian tugas akhir ini sebagai berikut :

1. Memberikan bahan masukan pada Dinas Pekerjaan Umum Kabupaten Sragen dalam perencanaan perkerasan jalan kaku di jalan Gabungan-Bonagung dengan metode AASHTO 1993.
2. Memberikan tambahan ilmu dan wawasan pengetahuan bagi para pembaca.
3. Bagi penulis bisa meningkatkan wawasan pengetahuan dalam perencanaan perkerasan jalan kaku.

Perkerasan Jalan Raya

1. Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

Perkerasan Kaku (*rigid Pavement*) adalah suatu struktur perkerasan jalan yang terdiri dari *plat* beton semen sebagai lapisan pondasi bawah di atas tanah dasar.

lapis pondasi bawah pada perkerasan

kaku berfungsi sebagai berikut.

1. Mengendalikan pengaruh kembang susut tanah dasar
2. Memberikan dukungan yang mantap dan seragam ada *plat*
3. Sebagai perkerasan lantai kerja selama pelaksanaan
4. Mencegah intruksi dan pemompaan pada sambungan, retakan dan tepi-tepi *plat*

Perencanaan Perkerasan Kaku Metode AASHTO 1993

Di kutip dari buku "Seri Buku Teknik Sipil Praktis Perkerasan Jalan Beton Semen Portland Perencanaan Metode AASHTO 1993, Ari Suryawan (2009)".

Ada beberapa jenis tegangan yang terjadi terhadap *plat* beton menurut metode AASHTO 1993, yaitu:

1. Tegangan akibat pembebanan oleh roda :
 - a. Pembebanan pada ujung *plat*
 - b. Pembebanan pada pinggir *plat*
 - c. Pembebanan pada tengah *plat*
2. Tegangan akibat perubahan *temperature* dan air, tegangan ini mengakibatkan terjadinya :
 - a. Pegembangan pada perkerasan
 - b. Penyusutan pada perkerasan
 - c. Lipatan pada perkerasan
3. Tegangan akibat adanya pumping. Tegangan akibat pumping dapat di atasi dengan lapisan pondasi bawah

Metode Penelitian

Penelitian yang dilakukan penulis menggunakan metode AASHTO 1993. Metode penelitian disusun untuk mengarahkan pembahasan secara terstruktur.

Metode pengumpulan Data

Data data yang dibutuhkan dalam penelitian dan perencanaan perkerasan jalan beton meliputi :

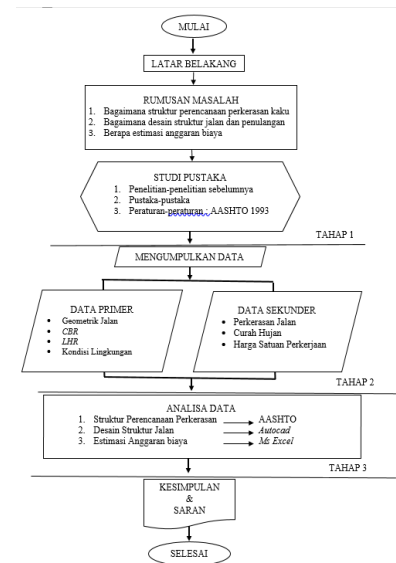
1. Data primer, meliputi
 - a. Data geometrik jalan (panjang, lebar)
 - b. Data daya dukung tanah
 - c. Data lalu lintas harian
 - d. Data kondisi lingkungan
2. Data sekunder, meliputi
 - a. Data perkerasan jalan yang ada
 - b. Data curah hujan
 - c. Harga satuan pekerjaan

Metode pengolahan data

1. Menentukan perkerasan jalan, penulangan menggunakan metode AASHTO 1993
2. Mendesain perkerasan jalan penulangan menggunakan *autocad*
3. Menghitung anggaran biaya yang di butuhkan menggunakan analisa harga satuan dan *ms excel*.

Tahapan Penelitian

Adapun tahapan-tahapan perencanaan penelitian yang dilakukan oleh penulis sebagai berikut :



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian Hasil Penelitian dan Pembahasan

Bagian ini membahas mengenai data-data yang di butuhkan dalam perencanaan tebal perkerasan kaku pada ruas jalan Gabungan-Bonagung Sragen. Data ini bersumber dari data primer sebagai berikut :

Data Lalu lintas Harian Rata-Rata (LHR)

Data lalu lintas harian rata-rata yang digunakan adalah data hasil *surve* lapangan yang berlokasi di Jalan Gabungan-Bonagung dengan pengamatan selama 3 hari yang dilakukan pada

hari Senin, Jumat, dan Sabtu.

Tabel 1. Lalu lintas Harian Rata-Rata (LHR)

NO	JENIS KENDARAAN	Gol	VJP			faktor k	VLHR	
			Kend	EMP	SMP		Kend	SMP
1	Sedan, jeep, st. Wagon	2	213	1,00	213	0,11	1.936,3	1.936,3
2	Pick-up, combi	3	164	1,00	164	0,11	1.490,9	1.490,9
3	Truk 2 as (L), micro truck, Mobil Hantaran	4	139	1,20	166	0,11	1.263,6	1.509,0
4	Bus Kecil	5a	-	-	-	0,11		
5	Bus Besar	5b	-	-	-	0,11		
6	Truk 2 as (H)	6	-	-	-	0,11		
7	Truk 3 as	7a	-	-	-	0,11		
8	Trailer 4 as, truck gandeng	7b	-	-	-	0,11		
9	Truk S. Trailer	7c	-	-	-	0,11		
JUMLAH			516		543		4.690,8	4.936,2

Sumber : Data Pribadi

Keterangan :

$$VLHR = \frac{\text{Volume Jam Puncak (VJP)}}{\text{Faktor}}$$

Data California Bearing Ratio (CBR)

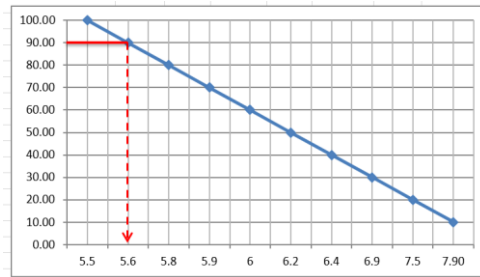
Pada perencanaan jalan terdapat dua cara untuk menentukan nilai CBR desain yaitu dengan menggunakan metode analisis dan metode grafis.

Tabel 2. Penentuan CBR metode grafis

CBR %	Jumlah yg Sama atau lebih besar	Persen (%) yg sama atau lebih besar					Nilai
5.50	10	10	:	10	*	100	= 100,00
5.60	9	9	:	10	*	100	= 90,00
5.80	8	8	:	10	*	100	= 80,00
5.90	7	7	:	10	*	100	= 70,00
6.00	6	6	:	10	*	100	= 60,00
6.20	5	5	:	10	*	100	= 50,00
6.40	4	4	:	10	*	100	= 40,00
6.90	3	3	:	10	*	100	= 30,00
7.50	2	2	:	10	*	100	= 20,00
7.90	1	1	:	10	*	100	= 10,00

Sumber : Penelitian Pribadi

Dari tabel diatas dibuat grafik untuk menentukan nilai CBR desain, grafik dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Sumber : Penelitian Pribadi

Gambar 2. Grafik Nilai CBR

Jadi, dapat disimpulkan bahwa nilai CBR yang di dapat untuk CBR desain atau CBR segmen dengan metode grafis adalah 5,6 %.

Penentuan Nilai Daya Dukung Tanah (DDT)

Penentuan Daya Dukung Tanah (DDT) di tetapkan berdasarkan grafik korelasi dengan menarik garis kesamping atau sejajar dari data CBR yang didapat pada penentuan nilai CBR desain atau dengan rumus di bawah ini.

$$DDT = 4,3 \log (CBR) + 1,7$$

$$= 4,3 \log (5,6) + 1,7$$

$$= 4,91$$

Perhitungan Perencanaan Perkerasan Kaku Metode AASHTO 1993

1. Perhitungan Ketebalan Perkerasan

Hasil dari semua perhitungan, desain utama dan parameter yang di ambil secara variable di angka tengah di rangkum pada tabel 4. di bawah ini :

Tabel 4. Rangkuman Hasil Perhitungan

No	Parameter	Satuan	Desain
1	Umur rencana	Tahun	20
2	Lalu lintas ,ESAL	-	12.000.000
3	Terminal serviceability (pt)	-	2
4	Initial serviceability (po)	-	4.5
5	Serviceability loss	-	2.2
6	Reability (R)	%	85
7	Standard normal deviation (ZR)	-	-1.037
8	Standard deviation (So)	-	0.35
9	CBR	%	5.6
10	Modulus reaksi tanah dasar (k)	pci	432.98
11	Kuat tekan (fc')	kg/cm ²	350
12	Modulus elastisitas beton (Ec)	psi	4.020.000
13	Flexural strength(S'c)	Psi	640
14	Koefisien drainase (Cd)	-	1.15
15	Koefisien load transfer (J)	-	2.5
16	Tebal rigid pavement (D)	In	7.480
17	Tebal pelat beton (D)	cm	20

Dari rangkuman diatas bisa disimpulkan secara deskriptif bahwa hasil perhitungan tebal pelat *rigid pavement* untuk kondisi pada ruas jalan Gabungan-Bonagung adalah 7,480 *inch* = 200 mm. =20 cm

2. Menentukan Dowel

Penentuan *dowel* dilakukan berdasarkan tebal pelat yang sudah didapat yaitu 200 mm, maka dari itu penentuan *dowel* dapat dilihat pada tabel 5. di bawah ini :

Tabel 5. Ukuran dan jarak batang *dowel* (*ruji*) yang disarankan

Tebal pelat		Dowel					
		diameter		panjang		Jarak	
Inci	Mm	Inci	mm	Inci	mm	inci	Mm
6	150	¾	19	18	450	12	300
7	175	1	25	18	450	12	300
8	200	1	25	18	450	12	300
9	225	1 ¼	32	18	450	12	300
10	250	1 ¼	32	18	450	12	300
11	275	1 ¼	32	18	450	12	300
12	300	1 ½	38	18	450	12	300
13	325	1 ½	38	18	450	12	300
14	350	1 ½	38	18	450	12	300

Sumber : Shirley L. Hendarsin (2000)

Berdasarkan tabel diatas dan tebal *plat* yang didapat, penulis berasumsi bawah tebal pelat yang didapat yaitu 200 mm, lalu hasil untuk penentuan *dowel* pada perencanaan dapat dideskripsikan sebagai berikut:

1. Diameter *dowel* : 25 mm
2. Panjang *dowel* : 450 mm
3. Jarak *dowel* : 300 mm

3. Menentukan Batang Pengikat (*Tie Bar*)

Tie bar adalah potongan baja pengikat yang di profilkan yang di pasangan pada sambungan lidah-alur, *tie bar* dirancang untuk menahan gaya tarik maksimum. (Hendarsin,2000),

Tabel 6. Ketentuan *Tie Bar*

Tebal perkerasan (in)	panjang (in)	Diameter batang 1/2 in			Diameter batang 5/8 in			
		jarak maximum (in)			jarak maximum (in)			
		Lebar lajur 10ft	lebar lajur 11 ft	lebar lajur 12 ft	Lebar lajur 10ft	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	29	30	48	48	48

Sumber : RDE-11 Perencanaan Perkerasan Jalan (2005)

Dimana :

Lebar Jalur : 6,00 m (3,00 untuk setiap lajur)

Pada tabel diatas jika hasil penentuan *tie bar* dideskripsikan maka didapatkan hasil :

1. Diameter *tie bar*
: $\frac{1}{2}$ inc = 0,5 x 2,54 cm = 1,27 cm
= 1,27 x 10 mm = 12,7 mm
dibulatkan 13 mm
2. Jarak *tie bar*
: 48 inch = 121,9 cm = 1219 mm = 1200 mm
3. Panjang *tie bar*
: 25 inch = 635 mm

4. Perencanaan Penulangan

Perencanaan penulangan di rencanakan, pada perkerasan bersambung dengan tulangan ini dihitung dengan rumus sebagai berikut.

$$A_s = \frac{11,76 (F.L.h)}{F_s}$$

Dimana :

A_s : Luas tulangan yang di perlukan (mm²/m lebar).

F : Koefisien gesekan antara pelat beton dengan lapisan di bawah nya.

L : Jarak antara sambungan (m)

H : Tebal pelat (mm)

f_s : Tegangan tarik baja ijin (MPa) (+ 230 MPa)

Catatan. A_s minimum menurut SNI 1991, untuk segala keadaan 0,14% dari luas penampang beton.

Perencanaan penulangan di rencanakan, pada perkerasan bersambung dengan tulangan ini dihitung sebagai berikut :

- a. Tulangan Memanjang

Diketahui :

Tebal pelat beton : 200 mm

Lebar pelat beton : 3,00 m

Panjang pelat beton : 6,00 m

Kuat tarik baja : 240 MPa

Faktor Gesekan(F) : 1,8 (Tabel 4.23)

AS minimum : 0,14% x Tebal x 1000 = 364 mm² / m lebar

Rumus :

$$A_s = \frac{11,76 (F.L.h)}{F_s}$$

$$= \frac{11,76 (1,8 \times 6,00 \times 200)}{240}$$

$$= 141,12 \text{ mm}^2 / \text{m lebar}$$

($141,12 \text{ mm}^2 < 364 \text{ mm}^2$)

Digunakan tulangan Ø10
– 200 mm

$$A_s = 1/4 \times \pi \times D^2$$

$$= 0,25 \times 3,14 \times 10^2$$

$$= 78,5 \text{ mm}^2$$

$$A_s \times n = 78,5 \times (1000/200)$$

$$= 78,5 \times 5 = 392,5$$

mm²/ m lebar

Cek keamanan = $392,5 >$
 $364 \rightarrow$ (OK)

Karena hasil A_s yaitu
 $392,5$ lebih besar
daripada A_s minimum
 364 maka hasilnya \rightarrow OK

b. Tulangan Melintang

Rumus :

$$A_s = \frac{11,76 \times (F \times L \times h)}{F_s}$$

$$= \frac{11,76 \times (1,8 \times 3,00 \times 200)}{240}$$

$$= 52,92 \text{ mm}^2 /$$

m lebar ($52,92$
 $\text{mm}^2 < 364 \text{ mm}^2$)

Digunakan tulangan Ø10
– 200 mm

$$A_s = 1/4 \times \pi \times D^2$$

$$= 0,25 \times 3,14 \times 10^2$$

$$= 78,5 \text{ mm}^2$$

$$A_s \times n = 78,5 \times (1000/200)$$

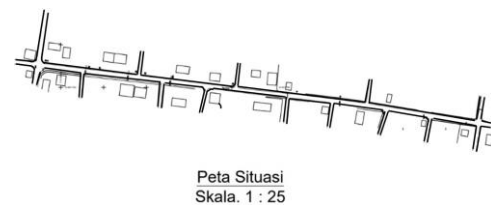
$$= 78,5 \times 5 = 392,5$$

mm²/ m lebar

Cek keamanan =
 $392,5 > 364 \rightarrow$ (OK)

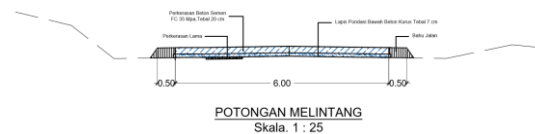
Gambar Perencanaan

Untuk gambar perencanaan penulis menggunakan *Autocad* sebagai sarana menentukan desain berdasarkan perhitungan yang sudah didapatkan meliputi gambar peta situasi, potongan, dan penulangan dapat di lihat pada gambar berikut.



sumber : Data Pribadi

Gambar 3. Peta Situasi Lokasi
Penelitian



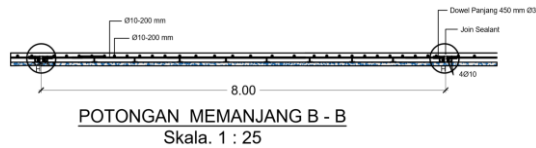
Sumber : Data Pribadi

Gambar 4. Potongan Melintang Jalan
Beton



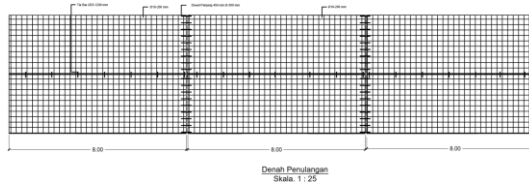
sumber : Data Pribadi

Gambar 5. Potongan A-A



sumber : Data Pribadi

Gambar 6. Potongan B-B



sumber : Data Pribadi

Gambar 7. Denah Penulangan

Perhitungan Estimasi Anggaran Biaya (RAB)

Pehitungan estimasi Rencana Anggaran Biaya (RAB) untuk setiap hasil perencanaan perkerasan dihitung dengan aplikasi *microsoft office excel*. dengan hasil perhitungan estimasi RAB yaitu sebesar Rp.6.521.656.771 (Enam Milyar Lima Ratus Dua Puluh Satu Juta Enam Ratus Lima Puluh Enam Ribu Tujuh Ratus Tujuh Puluh Satu Rupiah).

Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan perencanaan yang sudah dilakukan dan perhitungan estimasi anggaran biaya yang sudah dihitung maka didapatkan

beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Struktur perkerasan jalan beton Gabungan – Bonagung dari perhitungan dengan Metode AASHTO 1993 di dapat tebal *pelat* beton 19 cm.
2. Desain Jalan Gabungan – Bonagung dengan panjang 2,2 km dan lebar 6,00 m adalah pondasi jalan dengan perkerasan lama , lantai kerja beton kurus tebal 7 cm, *pelat* beton 20 cm. ukuran *slab* beton 3,00 x 6,00 m. Untuk penulangan *Dowel* Ø25 – 300 mm, *Tie Bar* Ø13 – 1200 mm, Tulangan Melintang Ø10 – 200 mm, dan Tulangan Memanjang Ø10 – 200 mm.
3. Besarnya biaya yang di butuhkan untuk pembangunan Jalan beton Gabungan – Bonagung sebesar **Rp.7.640.742.930**

Saran

Ada beberapa saran dari penulis mengenai hasil penelitian yang telah dilakukan oleh penulis yaitu :

- harga pada rekapitulasi estimasi anggaran biaya.
1. Untuk perencanaan *rigid pavement* pada ruas jalan selanjutnya alangkah baiknya dilakukan percobaan perencanaan menggunakan beberapa metode agar didapat hasil yang paling efisien dan efektif.
 2. Untuk perencanaan *rigid pavement* menggunakan metode AASHTO 1993, Perhitungan persamaan pada tebal pelat harus sangat diperhatikan karena dari persamaan tersebut didapat hasil tebal *plat* yang akan digunakan.
 3. Dalam perhitungan estimasi anggaran biaya disarankan untuk benar – benar teliti dalam perhitungan Analisa Harga Satuan Pekerjaan (AHSP), karena dari hasil AHSP mempengaruhi total

DAFTAR PUSTAKA

- Ainun Hikmah. 2013. “*Perencanaan Perkerasan Kaku (Rigid Pavement) Jalan Purwodadi-Kudus Ruas 198*”. Semarang. UNNES.
- Bhoing Setiyansyah, Erwanda. 2015. *Evaluasi Perkerasan Jalan, Pemeliharaan dan Peningkatan Dengan Metode Analisa Komponen Beserta Rencana Anggaran Biaya (RAB) Ruas Jalan Tentara Pelajar Colomadu Karanganyar*. Surakarta. UNS.
- Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah “*Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen*”.2003.
- Departemen Pekerjaan Umum ‘*Modul RDE-08: Rekayasa Lalu Lintas*. Pusat Pembinaan Kompetensi Dan Pelatihan Konstruksi (PUSBIN- KPK),2005.
- Departemen Pekerjaan Umum ,, “*Modul RDE-10: Perencanaan Geometrik Jalan*. Pusat Pembinaan Kompetensi Dan

- Pelatihan Konstruksi (PUSBIN-KPK), 2005.
- Departemen Pekerjaan Umum, "Modul RDE-11: Perencanaan Perkerasan Jalan. Pusat Pembinaan Kompetensi Dan Pelatihan Konstruksi (PUSBIN-KPK), 2005.
- Hasna Nabila, 2019. *Pemilihan Jenis Perkerasan Kaku Untuk Tanah Dasar Bermasalah Menggunakan Metode AASHTO*. Surakarta: UNS.
- Hendarsin, Shirley L. 2000. *Penuntun Praktis Perencanaan Teknik Jalan Raya*. Bandung: Politeknik Negeri Bandung-Jurusan Teknik Sipil.
- Suryawan, Ary. 2009. *Perkerasan Jalan Beton Semen Portland (Rigid Pavement)*. Yogyakarta: Beta Offset
- Sukirman, Silvia. 2010. *Perencanaan Tebal Struktur Perkerasan Lentur*. Bandung: Nova
- Analisa Harga Satuan Pekerjaan Kabupaten Sragen 2022