

Evaluasi Tebal Perkerasan Dengan Metode Bina Marga 2017 dan AASHTO 1993 Serta Pengaruhnya Terhadap RAB

Evaluation of Pavement Thickness with 2017 Bina Marga Method and 1993 AASHTO Method and Its Impact to Real Estimate of Cost

Salafuddin Noor Halim, Mandiyo Priyo, Anita Rahmawati

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Abstrak. Perkerasan jalan memiliki peran penting dalam memberikan pelayanan untuk lalu lintas. Struktur perkerasan harus kuat menahan beban lalu lintas sesuai umur rencana dan juga dengan biaya konstruksi yang murah. Objek penelitian ini adalah untuk mengevaluasi tebal perkerasan menggunakan metode Manual Desain Perkerasan 2017 dan AASHTO 1993 yang kemudian menghitung rencana anggaran biaya perkerasan. Hasil menunjukkan bahwa ketebalan perkerasan menggunakan metode Manual Desain Perkerasan 2017 adalah 4 cm (AC – WC), 6 cm (AC – BC), 21 cm (AC – Base) dan 30 cm (Base). Sedangkan tebal perkerasan metode AASHTO 1993 adalah 10,5 cm (AC – WC), 15,5 cm (AC – BC), 12,5 cm (Base) dan 34,5 cm (Subbase). Rencana anggaran biaya menggunakan metode Manual Desain Perkerasan 2017 dan AASHTO 1993 adalah Rp.65.813.241.469,82 dan Rp.62.296.426.712,67.

Kata – kata kunci : AASHTO 1993, Manual Desain Perkerasan 2017, Perkerasan Jalan, Rencana Anggaran Biaya, Tebal Perkerasan.

Abstract. The road pavement has significant contribution in providing service for traffic. The pavement structure must be able to hold traffic load in accordance to its life design with the least amount of construction cost. The object of this research was to evaluate the pavement thickness using Pavement Manual Design 2017 and AASHTO 1993 method and later was to calculate the real estimate of cost. The result showed that pavement thickness using Pavement Manual Design 2017 was 4 cm (AC – WC), 6 cm (AC – BC), 21 cm (AC – Base) dan 30 cm (Base). While, Pavement thickness using AASHTO 1993 was 10,5 cm (AC – WC), 15,5 cm (AC – BC), 12,5 cm (Base) and 34,5 cm (Subbase). The real estimate of cost using Pavement Manual Design 2017 and AASHTO 1993 were Rp.65.813.241.469,82 and Rp.62.296.426.712,67.

Keywords : AASHTO 1993, Pavement Manual Desain 2017, Road Pavement, Real Estimate of Cost, Pavement Thickness.

1. Pendahuluan

Jalan merupakan prasarana transportasi yang penting untuk melayani mobilitas manusia atau barang dan juga melindungi tanah dasar dari deformasi (Sudarno dkk., 2018). Perkerasan merupakan struktur yang diletakkan pada tanah dasar, yang memisahkan antara ban kendaraan dengan tanah dasar yang berada dibawahnya (Hardiyatmo, 2015). Perkerasan jalan berfungsi untuk mereduksi beban sehingga tanah dasar aman dan juga memberikan kenyamanan untuk pengguna jalan (Oetomo, 2013). Perkerasan lentur (*flexible pavement*) adalah struktur perkerasan yang mempunyai beberapa lapisan dan lapis permukaan menggunakan bahan berupa aspal

sebagai bahan pengikatnya (Sukirman, 1999).

struktur perkerasan terdiri dari :

- a. Lapis permukaan.
- b. Lapis fondasi atas.
- c. Lapis fondasi bawah.
- d. Lapis tanah dasar.

Penelitian tentang perbandingan tebal perkerasan dan biayanya pernah dilakukan oleh Kurniawan (2014) dengan menggunakan metode analisa komponen 1987 dan Bina Marga 2013 dengan perhitungan biaya dan *time schedule* yang dilakukan di ruas jalan Karangmojo – Samin Sta 0+00 – 4+050, Gunung Kidul, Yogyakarta. Hasil yang didapat menggunakan metode analisa komponen 1987 adalah total perkerasan

sebesar 75 cm dengan biaya sebesar Rp. 124.929.847.628,41 dan dengan masa pelaksanaan selama 388 hari. Hasil yang didapat menggunakan metode Bina Marga 2013 adalah total tebal perkerasan 47,5 cm dan tebal *overlay* 19 cm dengan biaya sebesar Rp. 51.874.388.873,17 serta waktu pelaksanaan selama 371 hari.

AASHTO 1993

Metode AASHTO 1993 merupakan metode perencanaan tebal perkerasan yang sudah dipakai secara umum di seluruh dunia untuk perencanaan serta diadopsi sebagai standar perencanaan di berbagai negara. Parameter metode AASHTO 1993 adalah :

- a. *Structural Number*
- b. Lalu lintas
- c. *Reliability*
- d. Faktor lingkungan
- e. *Serviceability*

Umur Rencana

Umur rencana merupakan jangka waktu pelayanan jalan untuk menerima beban rencana (Ismay dan Nufus, 2015).

Lalu Lintas Harian Rata – Rata

Volume lalu lintas merupakan banyaknya kendaraan yang melewati satu titik tertentu dalam jangka waktu tertentu seperti yang dikatakan oleh Bukhari (dalam Akbar dkk., 2014). Data lalu lintas biasanya didapat dengan cara survey lalu lintas dan apabila tidak memungkinkan dilakukannya survey lalu lintas, maka dapat menggunakan data survey yang terdahulu.

Angka ekuivalen beban gandar sumbu kendaraan (E)

Menurut Hardiyatmo (2015), faktor ekuivalensi beban adalah rasio dari jumlah pengulangan sembarang beban gandar dan konfigurasi gandarnya (tunggal, tandem, tridem) yang diperlukan untuk menghasilkan pengurangan *present serviceability index* yang sama dengan satu lintasan gandar sebesar 8,16 ton. Angka ekuivalen (AE) atau *Vehicle Damage Factor* (VDF) dihitung dengan menjumlahkan angka ekuivalen masing – masing sumbu kendaraan (Sentosa dan Roza,

2012). Rumus angka ekuivalen beban gandar sumbu kendaraan :

$$E = \left(\frac{\text{Beban gandar grup kendaraan (kN)}}{\text{Beban (kN)}} \right)^4 \dots\dots(1)$$

CBR Tanah Dasar

CBR merupakan suatu perbandingan antara percobaan (*test load*) dengan beban standar (*standar load*) dan dinyatakan dalam persentase (Akbar, 2013).

$$E = 1500 \times \text{CBR} \dots\dots\dots(2)$$

Reliability (R)

Reliability adalah kemungkinan jalan dapat melayani pengguna jalan sesuai dengan rencana seperti yang dikatakan oleh Sukirman (dalam Wesli dan Akbar, 2014).

Koefisien lapisan (ai)

Menurut Yoder dan Witzcack (dalam Hardiyatmo, 2015) mengatakan koefisien lapisan (*ai*) menyatakan hubungan empiris antara *structural number* (SN) untuk struktur perkerasan dengan tebal lapisan, yang menyatakan kemampuan relatif dari suatu material agar berfungsi sebagai suatu komponen struktural dari perkerasannya.

Tebal Perkerasan

Tebal perkerasan dihitung dengan persamaan *structural number* (SN) :

$$SN = a_1D_1 + a_2m_2D_2 + a_3m_3D_3 \dots\dots\dots(3)$$

Dimana :

- SN = *Structural Number*
- ai = koefisien lapisan
- mi = koefisien drainase
- D = tebal perkerasan

Manual Desain Perkerasan 2017

Manual desain perkerasan 2017 merupakan hasil revisi dari seri sebelumnya yaitu manual desain perkerasan 2013 yang dikeluarkan oleh Bina Marga.

Umur Rencana

Umur rencana adalah waktu dimana perkerasan diharapkan mempunyai kemampuan pelayanan sebelum dilakukan pekerjaan rehabilitasi atau kemampuan pelayanan akhir (Hardiyatmo, 2015). Umur rencana untuk perencanaan perkerasan baru jenis perkerasan lentur adalah 20

tahun,perkerasan kaku 40 tahun dan perkerasan tanpa penutup adalah 10 tahun.

Lalu Lintas Pada Lajur Rencana

Lajur rencana merupakan bagian dari ruas jalan yang berupa jalur untuk melayani lalu lintas. Beban lalu lintas dinyatakan dalam Kumultif beban lalu lintas standar (ESA) dengan mempertimbangkan faktor distribusi lajur (DL) serta faktor distribusi arah (DD). Kendaraan yang dianalisa adalah kendaraan niaga minimal roda 6 karena dianggap mempunyai daya rusak yang besar.

Pertumbuhan lalu lintas (i)

Faktor pertumbuhan lalu lintas berdasarkan data – data pertumbuhan lalu lintas series (*historical growth data*). Pertumbuhan lalu lintas dihitung dengan persamaan berikut :

$$R = \frac{(1+0,01i)^{UR}-1}{0,01 \times i} \dots\dots\dots(4)$$

Dimana :

R = faktor pengali pertumbuhan lalu lintas.

i = laju pertumbuhan lalu lintas tahunan (%).

UR = umur rencana (tahunan)

Faktor Ekvivalen Beban (VDF)

Beban lalu lintas lalu lintas dinyatakan dalam beban standar (ESA) dengan menggunakan VDF. Data beban gandar didapatkan dengan survey lalu lintas, data dari jembatan timbang atau data dari Ditjen Bina Marga, namun apabila tidak survey tidak memungkinkan, maka dapat menggunakan nilai VDF. Untuk lalu lintas sampai tahun 2020 dinyatakan sebagai beban aktual dan untuk tahun 2021 ke depan dinyatakan sebagai beban normal dengan muatan sumbu terberat sebesar 12 ton.

Beban Sumbu Standar Kumulatif (CESA)

Beban sumbu standar kumulatif atau *Cumulative Equivalent Single Axel* (CESA) adalah jumlah keseluruhan beban sumbu lalu lintas desain pada lajur desain selama umur rencana dengan persamaan :

$$ESATH-1 = (\sum LHRJK \times VDFJK) \times 365 \times DD \times DL \times R \dots\dots\dots(5)$$

Dimana :

ESATH-1 = kumulatif lintasan sumbu

standar kumulatif.

- LHRJK = lalu lintas harian rata – rata
- VDFJK = faktor ekivalen beban
- DD = distribusi arah
- DL = distribusi lajur
- R = faktor pengali pertumbuhan lalu lintas

Rencana Anggaran Biaya

Banyaknya biaya yang dibutuhkan baik upah maupun bahan dalam sebuah pekerjaan proyek konstruksi (Nugroho dkk., 2009). Anggaran biaya merupakan harga dari bangunan yang dihitung dengan teliti, cermat, dan memenuhi syarat seperti yang dikatakan oleh Ibrahim (dalam Nasrul, 2013). RAB dihitung dengan rumus :

$$\sum(\text{Volume} \times \text{Harga Satuan Pekerjaan}) \dots\dots\dots(6)$$

Volume pekerjaan merupakan jumlah banyaknya pekerjaan dalam satuan seperti yang dikatakan oleh Herwansyah (dalam Kurniawan, 2014). Harga satuan pekerjaan adalah banyaknya biaya yang diperlukan dalam satuan pekerjaan (Messah dkk., 2013). Dalam RAB terdapat beberapa analisis seperti analisis pekerjaan, analisis bahan dan analisis alat. Biaya total rencana anggaran biaya ditambahkan pajak antara 10 % - 15 % sehingga menjadi biaya akhir.

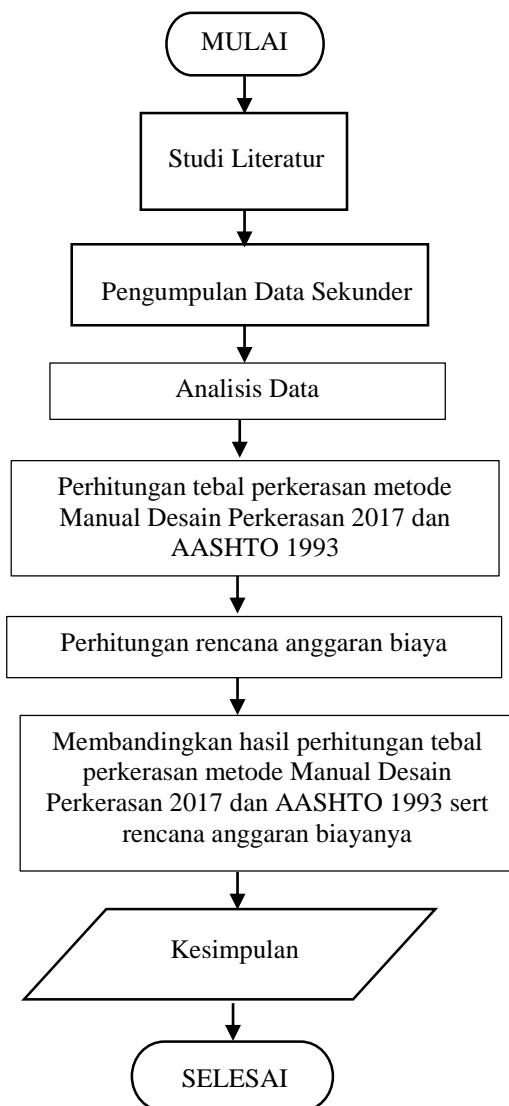
2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan data sekunder perencanaan jalan yang diperoleh Bina Marga Provinsi D.I.Yogyakarta. Lokasi penelitian berada di ruas jalan Sentolo – Kalibawang – Klangon, Kulonprogo, Yogyakarta.



Gambar 1. Lokasi penelitian

Konsep penelitian dituangkan dalam bagan alir berikut :



Gambar 2. Bagan alir metode penelitian

3. Hasil dan Pembahasan AASHTO 1993

Data sekunder perencanaan dari Bina Marga Provinsi D.I.Yogyakarta :

Jenis perkerasan	= lentur
Umur rencana	= 20 tahun
Distribusi arah	= 0,5
Ditribusi lajur	= 100 %
CBR	= 4.41 %
Modulus resilient	= 6615 psi
Pertumbuhan lalu lintas	= 5,07 %
PO	= 4.2
Pt	= 2
ΔPSI	= 2,2
Reliability	= 90
Deviasi normal standar	= - 1,282

S0	= 0,45
Koefisien drainase	= 1
Koefisien bahan :	
Laston MS 850 Kg	= 0,42
Batu pecah (kelas B)	= 0,13
Sirtu/Pitrun (Kelas A)	= 0,13
MR Subgrade	= 6615 psi
MR Subbase	= 27.500 psi
MR Base	= 18.000 psi
Lalu lintas	=

Tabel 1. Data lalu lintas

Gol.	Jenis kendaraan	Volume
1	motor	53083
2	mobil penumpang	4570
3	minibus, oplet, dll	2951
4	micro truck pick up	3082
5a	bus kecil	2784
5b	bus besar	1417
6a	truk 2 sumbu 4 roda	1319
6b	truk 2 sumbu 6 roda	803
7a	truk 3 sumbu	522
7b	truk gandeng	287
7c	truk semi trailer	204

Angka Ekuivalen Beban Gandar Sumbu Kendaraan (E) dan Lalu Lintas Lajur Rencana ($\hat{W}18$).

Hasil perhitungan angka ekuivalen beban gandar sumbu kendaraan (E) dan lalu lintas lajur rencana ($\hat{w}18$). Berdasarkan perhitungan, didapat jumlah total $\hat{w}18$ sebesar 16091,78.

$$\begin{aligned} \hat{W}18 &= DD \times DL \times \sum \hat{w}18 \\ \hat{W}18 &= 0,5 \times 1 \times 16091,78 \\ &= 8045,89 \\ \hat{W}18 \text{ tahunan} &= 365 \times 8045,89 \\ &= 2936749,85 \end{aligned}$$

Beban gandar tunggal standar kumulatif (Wt)

$$\begin{aligned} Wt &= \hat{w}18 \times \frac{(1+g)^n - 1}{g} \\ Wt &= 29367949,85 \times \frac{(1+0,0507)^{20} - 1}{0,0507} \\ Wt &= 97827943,05 \end{aligned}$$

Tebal lapis perkerasan

Dengan menggunakan koefisien bahan yang dihitung menggunakan formula, didapat nilai SN berikut :

SN = 6,69
 SN1 = 4,28
 SN2 = 4,93

Menggunakan persamaan structural number, didapat hasil tebal perkerasan berikut :

Lapis permukaan = 26 cm
 Lapis fondasi atas = 12,5 cm
 Lapis fondasi bawah = 34,5 cm

Manual Desain Perkerasan 2017

Data perencanaan :
 Umur rencana = 20 tahun
 Distribusi arah = 0,5
 Distribusi lajur = 100 %
 CBR test pit = 4.41 %
 Pertumbuhan lalu lintas = 5,07 %
 Volume lalu lintas =

adalah SG4 dengan tebal minimum perbaikan tanah sebesar 200 mm.

Desain Perkerasan

Berdasarkan beban lalu lintas, CESA5 untuk 20 tahun sebesar 63.675.171, didapat desain perkerasan sebagai berikut :

AC – WC = 40 mm
 AC – BC = 60 mm
 AC – Base = 210 mm
 LPA Kelas A = 300 mm

Rencana Anggaran Biaya

Rencana anggaran biaya yang didapat untuk metode AASHTO 1993 sebesar Rp. 62.296.426.712,67 dan untuk metode Manual Desain Perkerasan 2017 sebesar Rp. 65.813.241.469,82.

Tabel 2. Data lalu lintas

Gol.	Jenis kendaraan	Volume
1	motor	53083
2	mobil penumpang	4570
3	minibus, oplet, dll	2951
4	micro truck pick up	3082
5a	bus kecil	2784
5b	bus besar	1417
6a	truk 2 sumbu 4 roda	1319
6b	truk 2 sumbu 6 roda	803
7a	truk 3 sumbu	522
7b	truk gandeng	287
7c	truk semi trailer	204

Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas

Rumus :

$$R = \frac{(1+0,01i)^{UR} - 1}{0,01 i}$$

R untuk tahun 2012 – 2020 = 8,014

R untuk tahun 2021 – 2032 = 12,034

R untuk tahun 2021 – 2052 = 31,327

Beban Sumbu Standar Kumulatif (CESA)

Hasil perhitungan CESA5 untuk 20 tahun sebesar 63.675.171 dan untuk CESA 40 tahun sebesar 131.597.464.

CBR Subgrade

Berdasarkan CBR test pit sebesar 4.41 % dan CESA5 untuk 40 tahun sebesar 131.597.464, maka kelas kekuatan tanah dasar

Tabel 3. Perbandingan kuantitas item pekerjaan dengan 3 metode

Item Pekerjaan	Satuan	Road Design System	Manual Desain Perkerasan 2017	AASHTO 1993
Divisi 4. Pelebaran dan perkerasan bahu jalan				
Lapis fondasi agregat kelas A	M ³		9000	
Lapis fondasi agregat kelas B	M ³	9000		10350
Divisi 5. Perkerasan berbutir				
Lapis fondasi agregat kelas A	M ³	4800	7200	3000
Lapis fondasi agregat kelas B	M ³	7200		8280
Divisi 6. Perkerasan beraspal				
Lapis resap pengikat - aspal cair	Liter	28800	28800	28800
Lapis perekat - aspal cair	Liter	54039,45	26250	26250
Laston lapis aus (AC - WC)	Ton	9078,75	10948	25357,5
Laston lapis antara (AC - BC)	Ton	9514,08	11592	29946
Lapis antara perata (AC - BC (L))	Ton	809,1		
Laston (AC - Base)	Ton		50715	

Tabel 4. Harga item pekerjaan metode Road Design System

Item Pekerjaan	Satuan	Kuantitas	HSP	Harga
Divisi 4. Pelebaran dan perkerasan bahu jalan				
Lapis fondasi agregat kelas B	M ³	9000	Rp 373.232,70	Rp 3.359.094.333,72
				Rp 3.359.094.333,72
Divisi 5. Perkerasan berbutir				
Lapis fondasi agregat kelas A	M ³	4800	Rp 388.627,38	Rp 1.865.411.411,29
Lapis fondasi agregat kelas B	M ³	7200	Rp 369.026,45	Rp 2.656.990.440,00
				Rp 4.522.401.851,29
Divisi 6. Perkerasan beraspal				
Lapis resap pengikat - aspal cair	Liter	28800	Rp. 9.488,50	Rp 273.268.912,75
Lapis perekat - aspal cair	Liter	54039,45	Rp 9.501,87	Rp 513.475.567,74
Laston lapis aus (AC - WC)	Ton	9078,75	Rp 305.456,97	Rp 2.773.167.494,71
Laston lapis antara (AC - BC)	Ton	9514,08	Rp 306.485,86	Rp 2.915.930.992,93
Lapis antara perata (AC - BC(L))	Ton	809,1	Rp 306.485,86	Rp 247.977.709,33
				Rp 6.723.820.677,46

Tabel 5. Harga item pekerjaan metode Manual Desain Perkerasan 2017

Item Pekerjaan	Satuan	Kuantitas	HSP		Harga
Divisi 4. Pelebaran dan perkerasan bahu jalan					
Lapis fondasi agregat kelas A	M ³	9000	Rp	388.627,38	Rp 3.497.646.396,17
					Rp 3.497.646.396,17
Divisi 5. Perkerasan berbutir					
Lapis fondasi agregat kelas A	M ³	7200	Rp	388.627,38	Rp 2.798.117.116,94
					Rp 2.798.117.116,94
Divisi 6. Perkerasan beraspal					
Lapis resap pengikat - aspal cair	Liter	28800	Rp	9.488,50	Rp 273.268.912,75
Lapis perekat - aspal cair	Liter	26250	Rp	9.501,87	Rp 249.423.960,70
Laston lapis aus (AC - WC)	Ton	10948	Rp	305.456,97	Rp 3.344.142.941,72
Laston lapis antara (AC - BC)	Ton	11592	Rp	306.485,86	Rp 3.552.784.091,59
Laston (AC - Base)	Ton	50715	Rp	306.485,86	Rp 15.543.430.400,69
					Rp 22.963.050.307,44

Tabel 6. Harga item pekerjaan metode AASHTO 1993

Item Pekerjaan	Satuan	Kuantitas	HSP		Harga
Divisi 4. Pelebaran dan perkerasan bahu jalan					
Lapis fondasi agregat kelas B	M ³	10350	Rp	373.232,70	Rp 3.862.958.483,78
					Rp 3.862.958.483,78
Divisi 5. Perkerasan berbutir					
Lapis fondasi agregat kelas A	M ³	3000	Rp	388.627,38	Rp 1.165.882.132,06
Lapis fondasi agregat kelas B	M ³	8280	Rp	369.026,45	Rp 3.055.539.006,00
					Rp 4.221.421.138,06
Divisi 6. Perkerasan beraspal					
Lapis resap pengikat - aspal cair	Liter	28800	Rp	9.488,50	Rp 273.268.912,75
Lapis perekat - aspal cair	Liter	26250	Rp	9.501,87	Rp 249.423.960,70
Laston lapis aus (AC - WC)	Ton	25357,5	Rp	305.456,97	Rp 7.745.625.195,89
Laston lapis antara (AC - BC)	Ton	29946	Rp	306.485,86	Rp 9.178.025.569,93
					Rp 17.446.343.639,27

4. Kesimpulan

Berdasarkan perhitungan tebal perkerasan dan rencana anggaran biaya, didapatkan beberapa kesimpulan berikut :

- a. Tebal total perkerasan metode AASHTO 1993 sebesar 73 cm dengan rincian lapis permukaan sebesar 26 cm dengan 10,5 cm untuk lapis AC – WC dan 15,5 untuk AC – BC, lapis pondasi atas sebesar 12,5 cm, lapis fondasi bawah sebesar 34,5 cm
- b. Tebal lapis total perkerasan metode Manual Desain Perkerasan 2017 sebesar 71 cm dengan rincian lapis AC – WC sebesar 4 cm, AC – BC sebesar 6 cm, AC – Base sebesar 21 cm, lapis fondasi atas sebesar 30 cm.
- c. Rencana anggaran biaya tebal perkerasan metode AASHTO 1993 sebesar Rp.62.296.426.712,67.
- d. Rencana anggaran biaya tebal perkerasan metode Manual Desain Perkerasan 2017 sebesar Rp. 65.813.241.469,82.

5. Daftar Pustaka

- Akbar, I., Anggreaini, R., Isya, M., 2014, Evaluasi kinerja jalan, *Jurnal Teknik Sipil*, Vol. 3 No. 4, 96 – 105.
- Akbar, S. J., 2013, Kajian Pengaruh Nilai CBR Subgrade Terhadap Tebal Perkerasan Jalan, *Teras Jurnal*, Vol. 3 No. 2, 138 – 147.
- Hardiyatmo, H. C., 2015, *Perancangan Perkerasan Jalan dan Penyelidikan Tanah*. Universitas Gadjah Mada : Yogyakarta.
- Ismy, R. dan Nufus, H., 2015, Tinjauan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Simpang Buloh – Line Pipa STA 0+000 – 6+017, *REKATEK*, Vol. 1 No. 1, 1 – 9.
- Kurniawan, C., 2014, Perbandingan Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Menggunakan Metode Analisa Komponen SKBI 1987 Dengan Manual Desain Perkerasan Jalan 2013 Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga Serta Perhitungan Rencana Anggaran Biaya dan Time Schedule, Tugas Akhir, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Yogyakarta.
- Messah, Y. A., Sina, D. A. T., dan Manubulu, C. C., 2013, Analisa Indeks Biaya Untuk Pekerjaan Beton Bertulang Dengan Menggunakan Metode SNI 7394 - 2008 dan Lapangan, *Jurnal Teknik Sipil*, Vol. 2 No. 1, 49 – 62.
- Nasrul, 2013, Studi Analisa Harga Satuan Pekerjaan Beton Dengan Metode Bow, SNI dan Lapangan Pada Proyek Irigasi Batang ANAII II, *Jurnal Momentum*, Vol.15 No.2, 103 – 114.
- Nugroho, A., Beeh, Y. R., Astuningdyas, H., 2009, Perancangan Aplikasi Rencana Anggaran Biaya (RAB), *Jurnal Informatika*, Vol. 10 No.1, 10 – 18.
- Sentosa, L. dan Roza, A. A., 2012, Analisis Dampak Beban Overloading Kendaraan pada Struktur Rigid Pavement Terhadap Umur Rencana Perkerasan (Studi Kasus Ruas Jalan Simp Lago – Sorek Km 77 S/D 78), *Jurnal Teknik Sipil*, Vol. 19 No. 2, 161 – 168.
- Oetomo, W., 2013, Alternatif Lain Analisis Struktur Jalan Perkerasan Lentur pada Pembangunan Jalan Lingkar Selatan Kota Pasuruan, *Ekstrapolasi*, Vol. 6 No. 1, 118 – 136.
- Sudarno., Fadhilah, L., Afif, A., Nurobingatun, S., Hariyadi, H., dan Mufid, A., 2018, Analisis Tebal Perkerasan Jalan Raya Magelang – Purworejo Km 8 Sampai Km 9 Menggunakan Metoda Bina Marga 1987, *Reviews in Civil Engineering*, Vol.2 No. 1, 41 – 46.
- Sukirman, S., 1999, *Perkerasan Lentur Jalan Raya*, Nova, Bandung.
- Wesli dan Akbar, S. J., 2014, Komparasi Tebal Perkerasan Lentur Metode AASHTO 1993 dan Bina Marga, *Teras Jurnal*, Vol. 4 No. 2, 68 – 78.

