

ANALISIS STRUKTUR PERKERASAN JALAN MAGELANG-PURWOREJO KM 5

Sudarno¹, Baehaki Abdulah, Oktana Dari Muti, Aryandini Intan Pradipta, Lutfia Citra Ayu Rafika, Rheza Andrean
Pramudita, Elmi Nur Sayekti

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Tidar
Jl. Kapten Suparman 39 Potrobangsang, Magelang Utara, Magelang, Jawa Tengah 56116

Corresponding Author: sudarnosmart@gmail.com

Abstrak

Jalan Raya Magelang – Purworejo adalah jalan penghubung Kabupaten dan Kota Magelang dengan Kabupaten Purworejo. Jalan Raya Magelang – Purworejo memiliki beban lalu lintas yang tinggi menurut survei LHR yang dilakukan pada tahun 2017 sebanyak 6402 kendaraan. Penelitian yang dilakukan merupakan perhitungan tebal lapis perkerasan lentur jalan raya dengan metode Bina Marga 1987 dengan menggunakan data hasil uji Dynamic Cone Penetrometer. Perhitungan perencanaan overlay ini menggunakan laston MS 590 dimana data CBR lapangan rata-rata menggunakan Dynamic Cone Penetrometre (DCP) dengan ukuran konus 30° sebesar 33,6963. Kemudian dari data tersebut diperoleh nilai daya dukung tanah (DDT) sebesar 6 dan nilai LER lima tahun pertama 73,3132 dan untuk lima tahun kedua 176,9414. Dari hasil perhitungan keseluruhan diketahui bahwa tebal lapis permukaan sebesar 3 cm, lapis pondasi bawah menggunakan sirtu kelas B sebesar 10 cm.

Kata kunci: Analisis, tebal perkerasan, Bina Marga 1987

Abstact

Magelang – Purworejo highway is the main road connecting the Regency and the City of Magelang with Purworejo District. Magelang – Purworejo highway has hight traffic according to LHR survey that has done on 2017 counted 6402 vehicles. This research is calculation of the thick layers of road pavement with the method of Bina Marga 1987 by using the test results data Dynamic Cone Penetrometer. This overlay planning calculation uses laston MS 590 where the average field CBR data uses Dynamic Cone Penetrometre (DCP) with a conical size of 30° of 33,6963. Then from the data obtained the value of land carrying capacity (DDT) of 6 and the first five-year LER value 73,3132 and for the second five years 176,9414. From the overall calculation, it is known that the surface layer thickness is 3 cm, the bottom layer using sirtu class B is 10 cm.

Keyword: Analitical, pavement thickness, Bina Marga 1987

PENDAHULUAN

Jalan merupakan prasarana angkutan darat yang sangat penting dalam memperlancar kegiatan hubungan perekonomian, baik antara satu kota dengan kota lainnya, antara kota dengan desa, antara satu desa dengan desa lainnya.^[1]

Pada umumnya perencanaan jalan di Indonesia khususnya di lingkungan daerah menggunakan nilai CBR (*California Bearing Ratio*) dalam menentukan tebal perkerasan berdasarkan proyeksi lalu lintas dan umur rencananya. Data CBR dapat digunakan untuk mengevaluasi perlunya pemeliharaan dan peningkatan jalan.^[2]

Dari apa yang telah diutarakan diatas maka penulis melakukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui tebal perkerasan jalan. Faktor utama yang mempengaruhi tebal lapis perkerasan tersebut adalah beban lalu lintas (LHR), kondisi lingkungan dan karakteristik material (Paquette, 1987). Jumlah LHR dihitung berdasarkan angka pertumbuhan lalu lintas pada saat, sebelum dan sesudah perkerasan jalan dilakukan.^[3] Dalam hal ini penulis melakukan penelitian di Jalan Raya Magelang - Purworejo KM. 5

Berdasarkan survei LHR yang dilakukan pada hari Minggu, 26 November 2017 ruas jalan tersebut mempunyai tingkat kepadatan lalu lintas yang cukup tinggi. Yang akan dilanjutkan dengan pengujian CBR lapangan yang digunakan untuk perencanaan tebal perkerasan maupun lapis tambah perkerasan (overlay).^[4]

LOKASI PENELITIAN

Lokasi penelitian ini di ruas Jalan Raya Magelang-



Purworejo KM 5.

Indonesia

Jawa Tengah



Magelang (Jalan
Raya Magelang-
Purworejo km 5)

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan mengumpulkan berbagai literatur dan data-data yang dibutuhkan dalam penelitian yang akan dilakukan. Kemudian dilakukan survei lapangan untuk mendapatkan data primer yang terdiri dari: jenis kendaraan, jumlah kendaraan, variasi jam-jaman, distribusi lajur dan lebar jalan.^[5]

Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan selama 1 hari selama penelitian, yaitu: Dalam satu hari di lakukan pengambilan dari jam 07.30 – 09.30 dan 15.30 – 17.30.

Objek Penelitian

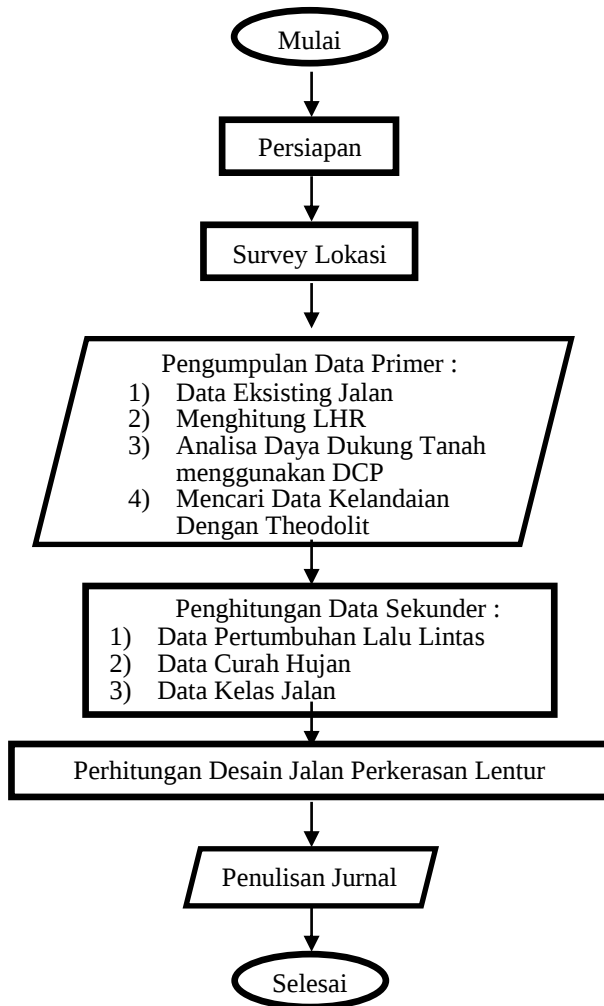
Objek penelitian yang akan ditinjau adalah lalu lintas harian pada ruas Jalan Magelang – Purworejo KM. 5.

Alat Penelitian

Alat alat yang dibutuhkan antara lain: ^[5]

- Stop Watch* untuk digunakan menghitung waktu survey;
- alat penghitung (*manual counter*) untuk mengetahui jumlah kendaraan;
- jenis kendaraan;
- formulir data untuk mencatat data dilapangan.

Alur Penelitian



HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Hasil

Data Primer, berdasarkan pengukuran dan pengamatan langsung di lapangan diperoleh data sebagai berikut ^[6] :

1) Data Kendaraan

Pengamatan dilakukan pada hari Minggu, 26 November 2017 pukul 07:30 s/d 09:20 WIB dan pukul 15:30 s/d 17.30 WIB. Pengamatan dilakukan pada waktu yang diperkirakan merupakan jam puncak.

- Pengamatan 1 pukul 07:30 s.d. 09:30

Jenis Kendaraan	Jumlah per 2 jam	Jumlah Per 24 jam
Mobil Pribadi	341	4092
Mini Bus dan Truk Kecil	69	828

Bus Besar, Truk 2 As	32	384
Truk 2 As 13 Ton	2	24
Truk 3 As, Trailer	8	96

- Pengamatan 2 pukul 15:30 s.d. 17:30

Jenis Kendaraan	Jumlah per 2 jam	Jumlah Per 24 jam
Mobil Pribadi	493	5916
Mini Bus dan Truk Kecil	87	1044
Bus Besar, Truk 2 As	18	216
Truk 2 As 13 Ton	11	132
Truk 3 As, Trailer	6	72

- Hasil gabungan pengamatan 1 dan 2

Jenis Kendaraan	Jumlah per 4 jam	Jumlah Per 24 jam
Mobil Pribadi	834	5004
Mini Bus dan Truk Kecil	156	936
Bus Besar, Truk 2 As	50	300
Truk 2 As 13 Ton	13	78
Truk 3 As, Trailer	14	84

2) Penetrasi DCP dan CBR

Penghitungan DCP menggunakan konus 30°

Titik ke	Penetrasi DCP rata-rata (cm/tumbukan)	CBR*
1	0,2667	99,477
2	0,87	26,3
3	0,867	27,41
4	0,93	24,4
5	0,901	25,29
6	0,85	27

7	0,7733	30,03
8	0,95	23,826
9	0,866	26,44
10	0,856	26,79
Rata-Rata		33,6963

Untuk menentukan nilai CBR berdasarkan penetrasi DCP konus 30° menggunakan Rumus ^[6] :

$$\log_{10}(\text{CBR}) = 1,325 - 1,125 \log_{10}(\text{cm/tum})$$

Berdasarkan data CBR yang telah ada kemudian menghitung DDT (Daya Dukung Tanah)

$$\text{CBR Maks} = 99,477$$

$$\text{CBR Min} = 23,826$$

R = 3,18 berdasarkan 10 titik pengamatan CBR ^[6]

$$\text{Segmen} = \overline{\text{CBR}} - \frac{\text{CBR Maks} - \text{CBR Min}}{R}$$

$$= 33,6963 - \left[\frac{99,477 - 23,826}{3,18} \right]$$

$$= 9,9$$

$$\text{DDT} = 1,6649 + 4,3592 \log \text{CBR segmen} \quad [6]$$

$$\text{DDT} = 1,6649 + 4,3592 \log 9,9 = 6$$

3) Menghitung Kelandaian Tanah

Data Sekunder

1) Pertumbuhan Lalu Lintas

Berdasarkan data BPS jumlah kendaraan pada tahun 2014 sebanyak 114.209.260 buah dan pada tahun 2015 sebanyak 121.394.185 buah ^[7].

Laju pertumbuhan (i) adalah sebagai berikut:

$$i = \frac{121394185 - 114209260}{114209260} \times 100\% = 6,29\% = 0,0629$$

2) Curah Hujan

Kabupaten Magelang memiliki curah hujan yang cukup tinggi yaitu sebesar 2300-3000 mm/th ^[7].

3) Klasifikasi Jalan

Jalan Raya Magelang-Purworejo termasuk kategori Jalan kolektor ^[8].

b. Pembahasan

- 1) Umur Rencana 5 tahun pertama 2022 dan 5 tahun kedua 2027 = 10 tahun
- 2) Pertumbuhan Lalu Lintas 6,29% = 0,0629

Lalu Lintas Harian Rata-rata

Jenis Kendaraan	LHR pada 2017	LHR pada 2022	LHR pada 2027
Mobil Penumpang	5004	6789	9211
Mini Bus & Bus kecil	936	1270	1723
Bis Besar 2 As	300	407	553
Truk 2 As 13 Ton	78	106	144
Truk 3 As & Trailer	84	114	155
Jumlah	6402	8686	11786

$$\text{LHR pada 2022} = \text{LHR 2017} \times (1+i)^5 \quad [6]$$

$$\text{LHR pada 2027} = \text{LHR 2022} \times (1+i)^5 \quad [6]$$

Angka Ekuivalen

Jenis Kendaraan	Angka Ekuivalen (E)*	LEP	LEA 2022	LEA 2027
Mobil Penumpang	0,0004	1,0008	1,36	1,85
Mini Bus & Bus Kecil	0,0004	0,1872	0,26	0,35
Bis Besar 2 As	0,1593	23,895	32,42	44,05
Truk 2 As 13 Ton	1,0648	41,5272	56,44	76,67
Truk 3 As & Trailer	1,3753	57,7626	78,40	106,59
		124,3728	168,88	229,51

Rumus: ^[6]

$$\begin{aligned} \text{LET}_5 &= 0,5 \times (\text{LEP} + \text{LEA}_{2022}) \\ &= 0,5 \times (124,3728 + 168,88) \\ &= 146,6264 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{LET}_{10} &= 0,5 \times (\text{LEA}_5 + \text{LEA}_{10}) \\ &= 0,5 \times (124,3728 + 229,51) \\ &= 176,9414 \end{aligned}$$

$$\text{LER} = \text{LET} \times \text{UR}/10$$

$$\text{LER 5 Th Pertama} = 146,6264 \times 5/10$$

$$= 73,3132$$

$$\text{LER 5 Th Kedua} = 176,9414 \times 10/10$$

$$= 176,9414$$

Faktor Regional

Curah Hujan = 2300 - 3000 mm/th ^[7]

Prosentase Kendaraan Berat terhadap kendaraan ringan

$$= ((300 + 78 + 84) / 6402) \times 100\% = 7,22\%$$

Kelandaian = 2,2%

Iklim	Kelandaian I (< 6 %)		Kelandaian II (6 - 10 %)		Kelandaian III (> 10 %)	
	% Kendaraan berat		% Kendaraan berat		% Kendaraan berat	
	≤ 30 %	> 30 %	≤ 30 %	> 30 %	≤ 30 %	> 30 %
Iklim I < 900 mm/th	0,5	1,0 - 1,5	1,0	1,5 - 2,0	1,5	2,0 - 2,5
Iklim II > 900 mm/th	1,5	2,0 - 2,5	2,0	2,5 - 3,0	2,5	3,0 - 3,5

Sumber: SNI 03-1732-1989

Jadi, Faktor Regional diperoleh sebesar 1,5 ^[6]

IP_o Terhadap Lapis Permukaan

Jenis Lapis Perkerasan	IPO	Roughness *) (mm/km)
Laston	≥ 4	≤ 1000
	3,9 - 3,5	> 1000
Lasbutag	3,9 - 3,5	≤ 2000
	3,4 - 3,0	> 2000
HRA	3,9 - 3,5	≤ 2000
	3,4 - 3,0	> 2000
Burda	3,9 - 3,5	< 2000
Burtu	3,4 - 3,0	< 2000
Lapen	3,4 - 3,0	≤ 3000
	2,9 - 2,5	> 3000
Lastasbum	2,9 - 2,5	
Buras	2,9 - 2,5	
Latasir	2,9 - 2,5	
Jalan Tanah	≤ 2,4	
Jalan	≤ 2,4	
Kerikil		

Sumber: SNI 03-1732-1989

Jadi, Ipo dengan Lapis Permukaan Laston yaitu 3,8^[6]

Indeks Permukaan Akhir Umur Rencana (IPt)

LER = Lintas Ekvivalen Rencana *)	Klasifikasi Jalan			
	Lokal	Kolektor	Arteri	Tol
< 10	1,0 - 1,5	1,5	1,5 - 20	-
10 - 100	1,5	1,5 - 2,0	2,0	-
100 - 1000	1,5 - 2,0	2,0	2,0 - 2,5	-
> 1000	-	2,0 - 2,5	2,5	2,5

Sumber: SNI 03-1732-1989

Jadi, IPt dengan LER pada 5 tahun pertama (180,4289625) dengan klasifikasi jalan Kolektor yaitu 2,0. Sedangkan pada 10 tahun kemudian LER (360,857925) dengan klasifikasi jalan Kolektor memperoleh IPt = 2,0 ^[6]

Koefisien Kekuatan Relatif

Koefisien Relatif ^[6]

Koefisien kekuatan relatif			Kekuatan Bahan			Jenis Bahan
a ₁	a ₂	a ₃	MS (kg)	K _t (kg/cm ²)	CBR (%)	
0,40	-	-	744	-	-	Laston
0,35	-	-	590	-	-	
0,32	-	-	454	-	-	
0,30	-	-	340	-	-	Lasbutag
0,35	-	-	744	-	-	
0,31	-	-	590	-	-	
0,28	-	-	454	-	-	HRA
0,26	-	-	340	-	-	
0,30	-	-	340	-	-	
0,26	-	-	340	-	-	Aspal Macadam
0,25	-	-	-	-	-	Lapen(mekanis)
0,20	-	-	-	-	-	Lapen(manual)
-	0,28	-	590	-	-	Laston Atas
-	0,26	-	454	-	-	
-	0,24	-	340	-	-	
-	0,23	-	-	-	-	Lapen (mekanis)
-	0,19	-	-	-	-	Lapen (manual)
-	0,15	-	-	22	-	Stab. tanah dg semen
-	0,13	-	-	18	-	Stab. tanah dg kapur
-	0,15	-	-	22	-	
-	0,13	-	-	18	-	
-	0,14	-	-	-	100	Batu pecah (kelas A)
-	0,13	-	-	-	80	Batu pecah (kelas B)
-	0,12	-	-	-	60	Batu pecah (kelas C)
-	-	0,13	-	-	70	Sirtu / pitrun (kelas A)
-	-	0,12	-	-	50	Sirtu / pitrun (kelas B)
-	-	0,11	-	-	30	Sirtu / pitrun (kelas C)
-	-	0,10	-	-	20	Tanah / lempung kepasiran

Sumber: SNI 03-1732-1989

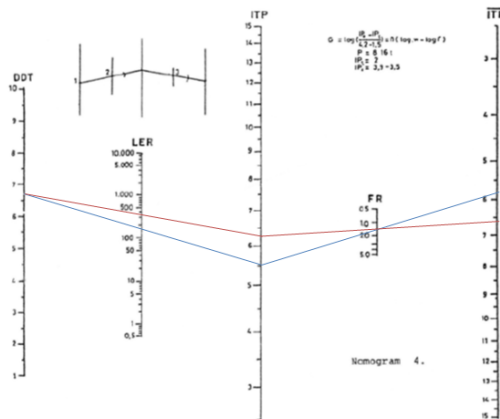
Tebal Minimum Lapis Perkerasan ^[6]

ITP	Tebal min. (cm)	Bahan
< 3,00	5	Lapis pelindung : Buras, Burtu, Burda
3,00 - 6,70	5	Lapen/Aspal Macadam, HRA, Lasbutag, Laston
6,71 - 7,49	7,5	Lapen/Aspal Macadam, HRA, Lasbutag, Laston
7,50 - 9,99	7,5	Lasbutag, Laston
≥ 10,00	10	Laston

Batas Minimum Tebal Lapis Pondasi ^[6]

ITP	Tebal min. (cm)	Bahan
< 3,00	15	Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabilisasi tanah dengan kapur.
3,00 – 7,49	20 *) 10	Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabilisasi tanah dengan kapur.
7,50 – 9,99	20 15	Laston atas. Batu pecah, stabilisasi tanah dgn semen, stabilisasi tnh dgn kapur, macadam.
10 – 12,14	20	Laston atas Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabilisasi tanah dengan kapur, Macadam, Lapen, Laston atas.
≥ 12,25	25	Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabilisasi tanah dengan kapur, Macadam, Lapen, Laston atas.

Sumber: SNI 03-1732-1989



Pada 5 Tahun Pertama

Tebal lapis minimum dilihat dari $\overline{ITP} = 5,7$ [6]

Lapisan permukaan: Laston, MS 590;

$d_1 = 7,5$ [6]

Lapisan pondasi atas: Batu pecah kelas

A; $d_2 = 20$ [6]

Lapisan pondasi bawah: Sirtu kelas B;

$d_3 = 10$ [6]

$$\overline{ITP} = (a_1 \times d_1) + (a_2 \times d_2) + (a_3 \times d_3)$$

$$\overline{ITP} = (0,35 \times 7,5) + (0,14 \times 20) + (0,12 \times 10)$$

$$5,7 = (0,35 \times 7,5) + (0,14 \times 20) + (0,12 \times d_3)$$

$$d_3 = \frac{5,7 - 5,4}{0,12} = 2,5 \text{ cm}$$

Untuk 5 Tahun Kedua

Koefisien kekuatan relatif, dilihat dari tabel koefisien reltif

Lapisan permukaan: Laston, MS 590;

$a_1 = 0,35$ [6]

Lapisan Pondasi atas: Batu pecah kelas

A; $a_2 = 0,14$ [6]

Lapisan pondasi bawah: Sirtu Kelas B;

$a_3 = 0,12$ [6]

Tebal Lapis minimum dilihat dari $\overline{ITP} = 6,5$ [6]

Lapisan permukaan: Laston, MS 590 d1

$= 7,5$ [6]

Lapisan pondasi atas: Batu Pecah kelas

A $d_2 = 20$ [6]

Lapisan pondasi bawah: Sirtu kelas B

$d_3 = 10$ [6]

$$\overline{ITP} = (a_1 \times d_1) + (a_2 \times d_2) + (a_3 \times d_3)$$

$$\overline{ITP} = (0,35 \times 7,5) + (0,14 \times 20) + (0,12 \times 10)$$

$$6,5 = (0,35 \times 7,5) + (0,14 \times 20) + (0,12 \times d_3)$$

$$d_3 = \frac{6,5 - 5,4}{0,12} = 9,16 \text{ cm}$$

$$6,5 = (0,35 \times d_1) + (0,14 \times 20) + (0,12 \times 9,16)$$

$$6,5 = 0,35d_1 + 2,85 + 1,0992$$

$$d_1 = 7,57 \text{ cm}$$

Tebal lapis aspal hasil pengukuran adalah 7,5 cm, maka d_0 yang diperlukan

$d_0 = 9 - 7,5 = 1,5 \text{ cm} \approx 3 \text{ cm}$ (syarat tebal minimum) [6]

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil survei lalu lintas harian rata-rata di ruas jalan Magelang - Purworejo Km. 1 diperoleh nilai LER lima tahun pertama 73,3132 dan untuk lima tahun kedua 176,9414. Selanjutnya perhitungan perencanaan perkerasan menggunakan Laston MS 590 dengan Metode Bina Marga 1987, didapatkan data CBR lapangan rata-rata menggunakan Dynamic Cone Penetrometre (DCP) dengan ukuran konus 30° sebesar 33,6963. Dari data CBR tersebut diperoleh nilai daya dukung tanah (DDT) sebesar 6. Kemudian dari nilai DDT dan LER yang telah dihitung maka diperoleh nilai $\overline{ITP}$ dengan menggunakan Nomogram 4 mendapat hasil akhir $d_1 = 7,5 \text{ cm}$, $d_2 = 20$ dan $d_3 = 10 \text{ cm}$, sehingga seharusnya dilakukan penambahan overlay sebesar 3 cm.

SARAN

Ruas Jalan Purworejo – Magelang Km 1 harus dilakukan penambahan *overlay* sebesar 3cm.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] I Made Udiana,dkk. 2014. Analisa Faktor Penyebab Kerusakan Jalan (Studi Kasus Ruas Jalan W. J. Lalamentik dan Ruas Jalan Gor Flobamora). *Jurnal Teknik Sipil Vol. III, No. 1, April 2014*. Kupang.
- [2] Arie Syahrudin S. 2010. Pengujian Daya Dukung Perkerasan Jalan Dengan *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP) Sebagai Standar Untuk Evaluasi Perkerasan Jalan. *JURNAL APTEK Vol. 2 No. 1 Juli 2010*. Rokan Hulu.
- [3] Sri Nuryati. Analisis Tebal Lapis Perkerasan Dengan Metode Bina Marga 1987 dan AASHTO 1986. Universitas Islam “45” Bekasi. Bekasi.
- [4] SNI 1738:2011 Cara Uji CBR Lapangan
- [5] Ali Alhadar. 2011. Analisis Kinerja Jalan Dalam Upaya Mengatasi Kemacetan Lalu Lintas Pada Luas Simpang Bersinyal Di Kota Palu. *Jurnal SMARTek*, Vol. 9 No. 4. Palu
- [6] Departemen Pekerjaan Umum. 1987. Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Rata Dengan Metode Analisa Komponen. Jakarta
- [7] Perkembangan Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Jenis, 1949-2016
<https://www.bps.go.id/linkTabelDinamis/view/id/1133>
- [8] Peraturan Republik Indonesia Nomor 34 Tahun 2006 Tentang Jalan.
- [9] Departemen Pekerjaan Umum. Rancangan 3 Pedoman Bahan Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil Cara Uji dengan Dynamic Cone Penetrometer
- [10] Irwan Lie Keng Wong. 2013. Studi Perbandingan Perkerasan Jalan Lentur Metode Bina Marga dan AASTHO dengan Menggunakan Uji *Dynamic Cone Penetration* (Ruas Jalan Bungku - Funuasingko Kabupaten Morowali). *Konferensi Nasional Teknik Sipil 7 (KoNTekS 7) Universitas Sebelas Maret (UNS) - Surakarta, 24-26 Oktober 2013*. Surakarta
- [11] Leni Sriharyani,dkk. 2016. Kajian Penggunaan *Dynamic Cone Penetrometer* (Dcp) Untuk Uji Lapangan Pada Tanah Dasar Pekerjaan Timbunan Apron (Studi Kasus Di Bandar Udara Radin Inten Ii Lampung). ISSN 2089-2098 TAPAK Vol. 5 No. 2 Mei 2016. Lampung
- [12] Alex Wahyu Kesuma,Dkk. 2012. Kajian Alokasi Anggaran Biaya Jaringan Irigasi Berbasis Kinerja Irigasi dan Nilai Manfaat Ekonomi (Studi Kasus D.I. Prambatan Kota Batu). *Jurnal Teknik Pengairan, Volume 3, Nomor 1, Mei 2012, Hlm 43–50*. Malang
- [13] Suwono. Perencanaan Tebal Perkerasan Jalan Simpang Perdau – Sangkulirang Kabupaten Kutai Timur. *Teknik Sipil Universitas 17 Agustus 1945, Samarinda*.
- [14] Ruswandi Tahrir,dkk, Analisa Perancangan Perbandingan Tebal Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*) dengan Menggunakan Metode AASHTO 1993, Sni Pd-T14-2003, Road Note 29 Dan Naasra 1987 Jalan Kubang Raya Provinsi Riau, Lintas Timur Sumatera, *Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Gunadarma*, Depok.
- [15] Mardianus. 2013. Studi Penanganan Jalan Berdasarkan Tingkat Kerusakan Perkerasan Jalan (Studi Kasus: Jalan Kuala Dua Kabupaten Kubu Raya) . *Jurnal Teknik Sipil Untan / Volume 13 Nomor 1 – Juni 2013*. Alumnus Prodi Teknik Sipil Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura, Pontianak.
- [16] Happy Budhiaty, 2013. Pengukuran Nilai California Bearing Ratio (CBR) Lapis Perkerasan Aspal Dengan Alat Dynamic Cone Penetrometer (DCP). *Jurnal BENTANG Vol. 1 No. 2 Juli 2013 Universitas Islam 45, Bekasi*.
- [17] Abdul Rahman, dkk. Analisis Kinerja Ruas Jalan Studi Kasus : Jalan Waturenggong Di Kota Denpasar. *Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Warmadewa, Denpasar*.