

PENGARUH JARAK SENSOR LENDUTAN TERHADAP MODULUS RESILIEN TANAH DASAR

Tilaka Wasanta
Fakultas Teknik
Universitas Katolik Parahyangan
Jln. Ciumbuleuit 94, Bandung 40141
tilakaw@unpar.ac.id

Prayoga Luthfil Hadi
Fakultas Teknik
Universitas Katolik Parahyangan
Jln. Ciumbuleuit 94, Bandung 40141
prayoga.lh@gmail.com

Abstract

The back-calculation method is one of the non-destructive methods that has been widely used to determine or to evaluate the structural strength of a pavement that has been loaded by traffic. Evaluation of pavement characteristics should be determined for each layer, from the surface to the subgrade layers. The subgrade layer can be evaluated by its resilient modulus. The resilient modulus of the subgrade can be analysed using procedures and formulas developed by AASHTO in 1993. This study was conducted to see if the AASHTO procedure for determining the subgrade resilience modulus can be applied to all flexible pavements with various combinations of characteristics of pavement layers. This study was also conducted to see the effect of sensor deflection distance from the load center on the results of the analysis of subgrade resilient modulus. The results indicate that the AASHTO (1993) procedure can be used for all types of flexible pavement layers and the deflection sensor distance affects the resilient modulus value obtained.

Keywords: back-calculation, subgrade resilient modulus, flexible pavement, pavement layer

Abstrak

Metode *back-calculation* merupakan salah satu cara *non-destructive* yang telah banyak digunakan untuk mengetahui atau melakukan evaluasi terhadap kekuatan struktural suatu perkerasan jalan yang telah dibebani oleh lalu lintas. Evaluasi karakteristik perkerasan perlu ditentukan untuk setiap lapisannya, dari lapisan permukaan perkerasan, hingga lapisan tanah dasarnya. Evaluasi lapis tanah dasar dapat dilakukan dengan mencari nilai modulus resiliens tanah dasar. Modulus resiliens tanah dasar pada perkerasan lentur dapat dicari dengan menggunakan prosedur dan formula yang dikembangkan oleh AASHTO pada tahun 1993. Penelitian ini dilakukan untuk melihat apakah prosedur penentuan modulus resiliens tanah dasar yang dikeluarkan oleh AASHTO pada tahun 1993 tersebut dapat diterapkan untuk semua perkerasan lentur dengan berbagai kombinasi karakteristik lapis perkerasan. Penelitian ini juga dilakukan untuk melihat pengaruh jarak sensor lendutan dari pusat beban terhadap modulus resiliens tanah dasar. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa prosedur AASHTO (1993) dapat digunakan untuk semua jenis lapisan perkerasan lentur dan jarak sensor lendutan mempengaruhi nilai modulus resiliens yang diperoleh.

Kata-kata kunci: *back-calculation*, modulus resiliens tanah dasar, perkerasan lentur, lapisan perkerasan

PENDAHULUAN

Proses evaluasi perkerasan merupakan suatu proses yang cukup penting dalam bidang rekayasa struktur perkerasan. Proses evaluasi perkerasan ini diperlukan untuk menilai kondisi struktur perkerasan yang telah dilewati lalu lintas kendaraan. Perkerasan yang telah dilewati lalu lintas kendaraan atau yang telah melewati masa layan tertentu pasti mengalami penurunan kemampuan layan. Penurunan kemampuan layan perkerasan jalan tersebut disebabkan oleh deteriorasi perkerasan, baik dari segi struktural maupun dari segi fungsional.

Deteriorasi perkerasan jalan disebabkan oleh berbagai hal. Telah banyak penelitian yang membahas tentang deteriorasi perkerasan jalan. Beberapa peneliti terdahulu telah membahas penyebab deteriorasi perkerasan (Adlinge dan Gupta, 2013), pola penurunan kemampuan layanan suatu perkerasan jalan (Jackson et al., 1996), proses preservasi dan pemeliharaan perkerasan (Chehovits dan Galehouse, 2010), hingga pemilihan keputusan optimal dalam manajemen dan pemeliharaan perkerasan jalan (Camahan et al., 1987).

Sebelum rehabilitasi atau perbaikan terhadap struktur perkerasan dapat dilakukan, hal pertama yang perlu dilakukan adalah menilai kondisi perkerasan jalan eksisting. Penilaian kondisi perkerasan jalan ini sangat penting untuk mengetahui kondisi kekuatan struktural perkerasan jalan tersebut, sehingga desain lapis ulang bisa dibuat dengan efektif dan ekonomis.

Salah satu cara nondestruktif untuk dapat mengetahui karakteristik dan kekuatan lapis perkerasan adalah dengan menggunakan metode *back-calculation*, yang dapat dilakukan untuk menentukan modulus resilien tanah dasar. Pada penelitian ini, dibahas ketepatan metode atau prosedur analisis modulus resilien tanah dasar yang direkomendasikan oleh AASHTO (1993). Pada studi ini diinvestigasi apakah prosedur dan persamaan-persamaan AASHTO bisa diterapkan untuk mencari modulus resilien tanah dengan tepat untuk berbagai kombinasi karakteristik lapisan perkerasan. Hasil studi ini diharapkan dapat memperkaya pengetahuan tentang prosedur analisis modulus resilien tanah dasar perkerasan lentur dengan metode *back-calculation*.

Menurut AASHTO (1993), lendutan permukaan yang diukur pada jarak yang cukup jauh dari pusat beban hanya dipengaruhi oleh lendutan pada tanah dasar. Pada jarak yang cukup jauh ini, lendutan permukaan dapat digunakan untuk analisis modulus resilien tanah dasar. Modulus tanah dasar dapat ditentukan dengan persamaan berikut:

$$M_R = \frac{0,24 P}{d_r r} \quad (1)$$

dengan:

M_R = modulus resilien tanah dasar, dalam satuan psi;

P = besarnya beban FWD, dalam satuan pounds;

d_r = besarnya lendutan pada jarak r dari pusat beban, dalam satuan inci; dan

r = jarak dari pusat beban, dalam satuan inci.

Pada prosedur AASHTO disebutkan bahwa lendutan yang digunakan untuk menghitung modulus resilien tanah dasar harus cukup jauh dari pusat beban, tetapi harus cukup dekat agar lendutan yang diukur tidak terlalu kecil dan bisa diukur dengan akurat. Jarak minimum yang disyaratkan pada prosedur AASHTO dapat dilihat pada persamaan berikut:

$$r \geq 0,7 a_c \quad (2)$$

dengan:

r = jarak dari pusat beban, dalam satuan inci;

a_e = jari-jari *stress bulb* pada pertemuan antara lapisan tanah dasar dan lapis perkerasan di atasnya, dalam satuan inci:

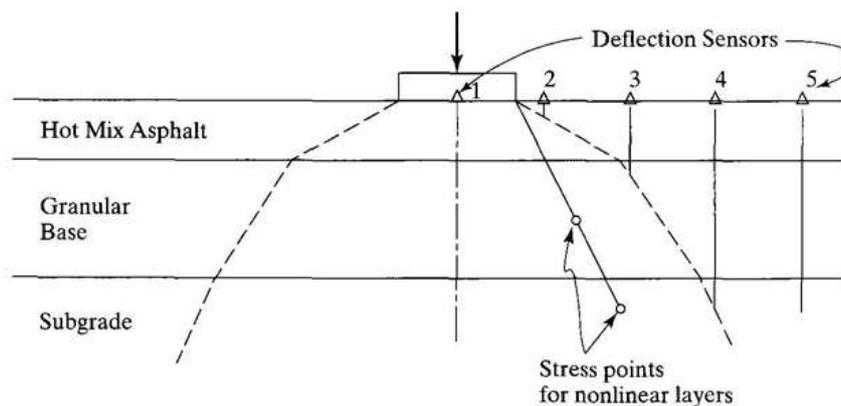
$$a_e = \sqrt{\left[a^2 + \left(D \sqrt[3]{\frac{E_p}{M_R}} \right)^2 \right]} \quad (3)$$

a = jari-jari pelat beban NDT (*non-destructive testing*), dalam satuan inci;

D = total tebal lapis perkerasan di atas tanah dasar, dalam satuan inci; dan

E_p = modulus efektif semua lapis perkerasan di atas tanah dasar, dalam satuan psi.

Menurut formula AASHTO 1993, analisis untuk menentukan nilai M_r pada tanah dasar sangat dipengaruhi oleh letak sensor lendutan yang akan digunakan untuk analisis. Sensor lendutan yang diletakkan pada berbagai jarak dari pusat beban digunakan untuk melihat karakteristik struktur perkerasan. Ilustrasi zona tegangan dan letak sensor lendutan untuk menentukan modulus resilien tanah dasar tersebut dapat dilihat pada Gambar 1.



Sumber: Huag (2004)

Gambar 1 Zona Tegangan pada Struktur Perkerasan (Huang, 2004)

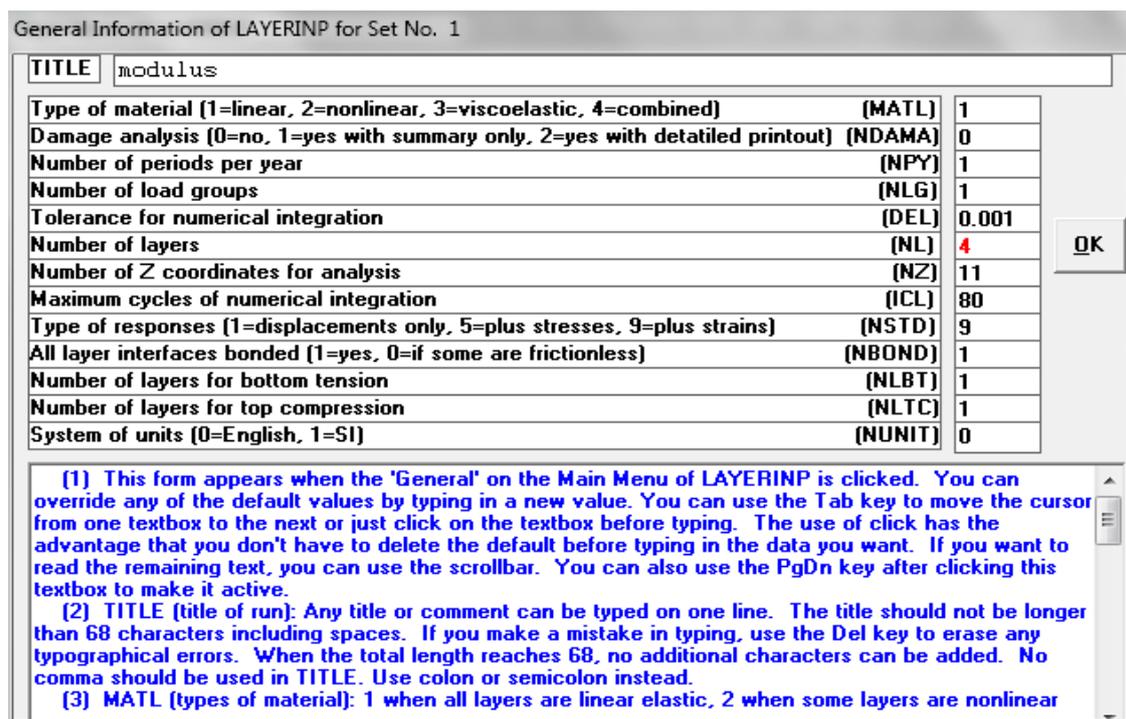
ANALISIS DATA

Metode yang akan digunakan pada penelitian ini secara garis besar dapat dibagi menjadi dua tahap, yaitu: (1) proses *back-calculation* dan (2) proses analisis hasil data *back-calculation*. Pengumpulan data lendutan untuk mencari modulus resilien tanah dasar dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak KENPAVE. Perangkat lunak KENPAVE ini merupakan suatu perangkat lunak yang terbagi menjadi dua bagian besar, yaitu KENLAYER dan KENSLABS. KENLAYER adalah perangkat lunak untuk perkerasan lentur, yang dapat digunakan untuk analisis perkerasan lentur berlapis banyak (*multi-*

layered system) ketika dibebani oleh beban statis, baik satu roda, satu sumbu, maupun banyak sumbu beban. Lapis perkerasan dapat diasumsikan sebagai *linear elastic*, *non-linear elastic*, atau *viscoelastic*. Sedangkan KENSLABS adalah perangkat lunak untuk perkerasan kaku yang dapat digunakan untuk analisis perkerasan kaku berlapis banyak (*multiple slabs*) yang didukung secara parsial maupun sepenuhnya oleh lapisan fondasi. Lapisan fondasi tersebut dapat diasumsikan sebagai *liquid*, *solid*, atau berlapis. Analisis juga dapat dilakukan untuk perkerasan yang memiliki *load transfer devices* pada sambungan antar pelatnya.

Pada studi ini perangkat lunak yang digunakan hanya KENLAYER, untuk mendapatkan lendutan, tegangan, dan regangan pada berbagai titik tinjauan. Masukan untuk perangkat lunak KENLAYER tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.

Titik tinjauan dibuat banyak dan bervariasi berdasarkan jarak dari pusat beban dan berdasarkan kedalaman dari permukaan perkerasan. Proses *back-calculation* dilakukan untuk banyak kumpulan data (*datasets*), dengan variasi masing-masing kumpulan data adalah pada karakteristik tiap lapisan perkerasannya, yaitu modulus tiap lapisan perkerasan dan tebal tiap lapisan perkerasan.



Gambar 2 Tampilan Perangkat Lunak KENLAYER

Total *dataset* yang dianalisis dalam penelitian ini adalah 9 *dataset* dengan berbagai kombinasi karakteristik dari tiap-tiap lapisan perkerasan. Kombinasi karakteristik dari tiap-tiap lapisan perkerasan untuk masing-masing *dataset* dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Kombinasi Karakteristik Tiap Lapisan Perkerasan untuk Masing-Masing *DataSet*

<i>Layer</i>	<i>DataSet1</i>		<i>DataSet2</i>		<i>DataSet3</i>	
	Tebal (in)	Modulus (psi)	Tebal (in)	Modulus (psi)	Tebal (in)	Modulus (psi)
<i>Surface</i>	4	400.000	4	600.000	4	400.000
<i>Base</i>	6	20.000	6	20.000	6	30.000
<i>Subbase</i>	6	15.000	6	15.000	6	15.000
<i>Subgrade</i>	-	9.000	-	9.000	-	9.000
Total <i>Thickness (inch)</i>	16		16		16	

Tabel 1 Kombinasi Karakteristik Tiap Lapisan Perkerasan untuk Masing-Masing *DataSet* (Lanjutan)

<i>Layer</i>	<i>DataSet4</i>		<i>DataSet5</i>		<i>DataSet6</i>	
	Tebal (in)	Modulus (psi)	Tebal (in)	Modulus (psi)	Tebal (in)	Modulus (psi)
<i>Surface</i>	4	400.000	4	600.000	4	400.000
<i>Base</i>	6	20.000	6	30.000	12	20.000
<i>Subbase</i>	6	18.000	6	18.000	6	15.000
<i>Subgrade</i>	-	9.000	-	9.000	-	9.000
Total <i>thickness (inch)</i>	16		16		22	

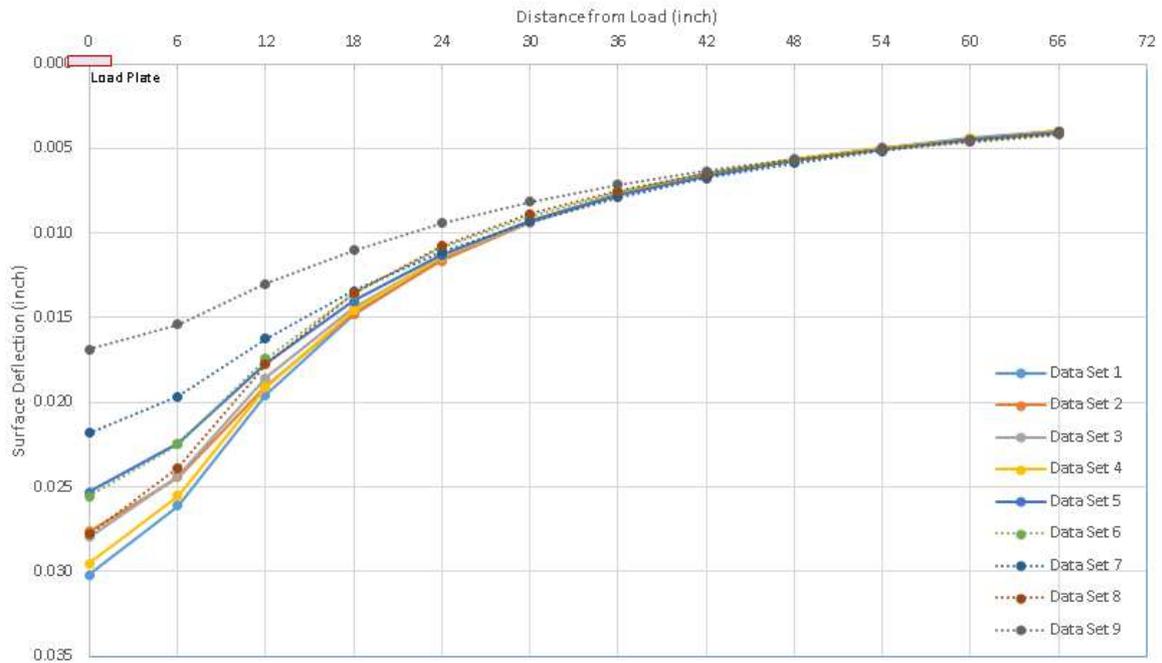
Tabel 1 Kombinasi Karakteristik Tiap Lapisan Perkerasan untuk Masing-Masing *DataSet* (Lanjutan)

<i>Layer</i>	<i>DataSet7</i>		<i>DataSet8</i>		<i>DataSet9</i>	
	Tebal (in)	Modulus (psi)	Tebal (in)	Modulus (psi)	Tebal (in)	Modulus (psi)
<i>Surface</i>	6	400.000	4	400.000	6	400.000
<i>Base</i>	6	20.000	6	20.000	12	20.000
<i>Subbase</i>	6	15.000	12	15.000	12	15.000
<i>Subgrade</i>	-	9.000	-	9.000	-	9.000
Total <i>thickness (inch)</i>	18		22		30	

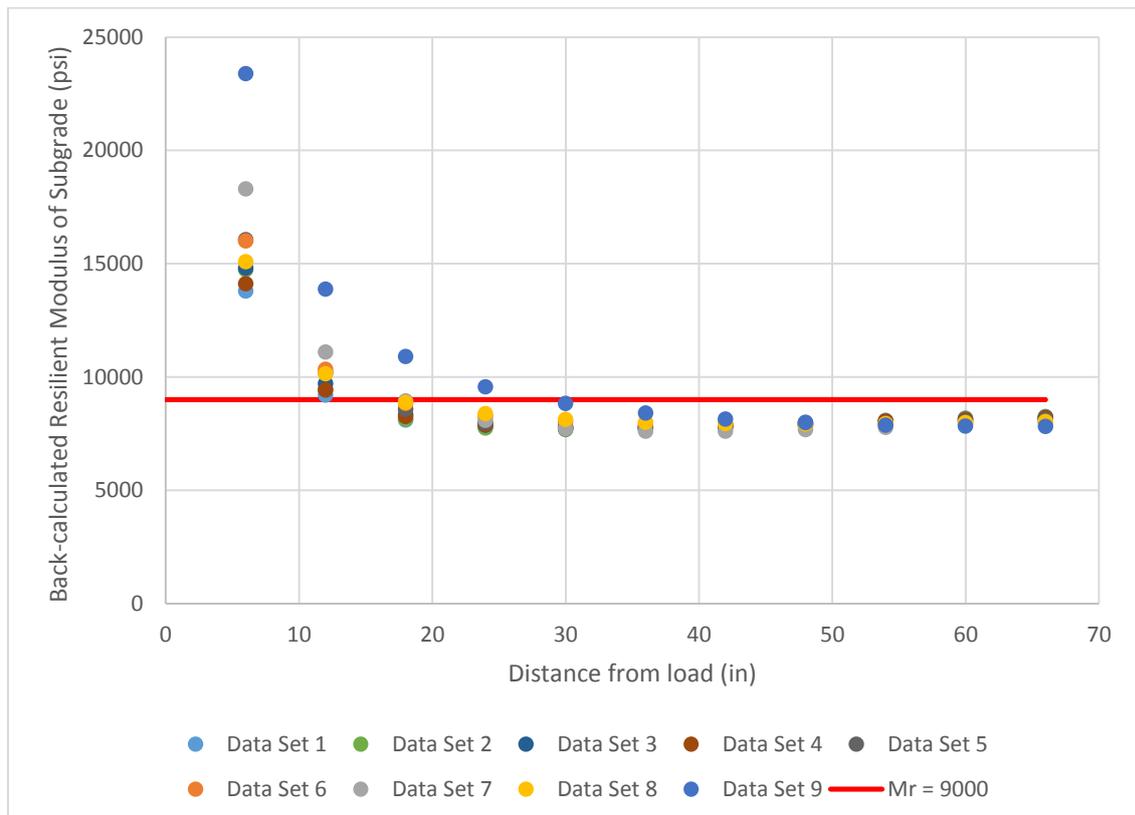
Setiap kombinasi variasi masing-masing karakteristik lapis perkerasan dianalisis *back-calculation* untuk mendapatkan data lendutan, tegangan, dan regangan pada setiap titik tinjauan. Analisis dilakukan untuk memahami pengaruh perubahan *properties* masing-masing lapisan perkerasan terhadap lendutan permukaan yang diukur pada berbagai titik tinjauan. Hasil analisis *back-calculation* ini dapat dilihat pada Gambar 3.

Setelah proses *back-calculation* selesai dilakukan, tahapan berikutnya adalah proses analisis data hasil *back-calculation* tersebut. Data lendutan, tegangan, dan regangan ini dianalisis untuk mencari modulus resilien tanah dasar. Hasil analisis modulus resilien tanah dasar dengan metode AASHTO 1993 untuk masing-masing *datasets* dapat dilihat pada Gambar 4.

Setelah hasil analisis berupa *deflection basin* didapatkan, dilakukan analisis *back-calculation* untuk menghitung nilai modulus resilien tanah dasar. Data modulus resilien tanah dasar teoritis yang merupakan *input* pada pemodelan struktur perkerasan untuk setiap *dataset*, adalah 9000 psi, sehingga nilai modulus resilien tanah dasar hasil *back-calculation* yang paling mendekati 9000 psi merupakan nilai yang paling akurat.



Gambar 3 Deflection Basin dari 9 Datasets Lapis Perkerasan Lentur



Gambar4 Hasil Analisis *Back-Calculation* Modulus Resilien Tanah Dasar berdasarkan Data Sensor Lentutan dengan Berbagai Jarak dari Pusat Beban

Jika jarak sensor lendutan terlalu dekat dengan pusat beban, hasil analisis modulus resilien tanah dasar yang didapat terlalu besar. Sebaliknya, jika jarak sensor lendutan terlalu jauh dari pusat beban, hasil analisis modulus resilien tanah dasar yang didapat lebih kecil daripada yang seharusnya.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan pada berbagai *datasets* lapisan perkerasan, dapat disimpulkan bahwa hasil analisis menunjukkan pola yang sama untuk berbagai kombinasi karakteristik lapisan perkerasan. Hal ini menunjukkan bahwa prosedur yang dikembangkan oleh AASHTO (1993) dapat digunakan secara umum untuk semua jenis lapisan perkerasan lentur.

Jika jarak sensor lendutan yang digunakan untuk analisis modulus resilien tanah dasar terlalu dekat dengan pusat beban, modulus resilien tanah dasar yang didapat terlalu besar dari yang seharusnya. Sebaliknya, jika jarak sensor lendutan yang digunakan untuk analisis modulus resilien tanah dasar terlalu jauh dari pusat beban, modulus resilien tanah dasar yang didapat lebih kecil dari yang seharusnya. Kesimpulan ini sejalan dengan prosedur yang dipublikasi oleh AASHTO, yang menyatakan bahwa lendutan yang digunakan untuk menghitung modulus resilien tanah dasar harus cukup jauh dari pusat beban, tetapi harus cukup dekat agar lendutan yang diukur tidak terlalu kecil dan bisa diukur dengan akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- American Association of State Highway and Transportation Officials. 1993. *Guide for Design of Pavement Structures*. Washington, DC.
- Adlinge, S.S. dan Gupta, A.K. 2013. *Pavement Deterioration and Its Causes*. International Journal of Innovative Research & Development, 2 (4): 437–450.
- Camahan, J.V., Davis, W.J., Shahin, M.Y., Keane, P.L., dan Wu, M.I. 1987. *Optimal Maintenance Decisions for Pavement Management*. Journal of Transportation Engineering, 113 (5): 554–572.
- Chehovits, J. dan Galehouse, L. 2010. *Energy Usage and Greenhouse Gas Emissions of Pavement Preservation Processes for Asphalt Concrete Pavements*. First International Conference on Pavement Preservation. Transportation Research Board. Washington, DC.
- Huang, Y.H. 2004. *Pavement Analysis and Design*. 2nd Edition. Upper Saddle River, NJ: Pearson Education, Inc.

Jackson, N.C., Deighton, R., dan Huft, D.L. 1996. *Development of Pavement Performance Curves for Individual Distress Indexes in South Dakota Based on Expert Opinion*. Transportation Research Record 1524 (1): 130–136.