

**JURNAL**  
**Rekayasa dan Manajemen Transportasi**  
**Journal of Transportation Management and Engineering**

**ANALISIS KELELAHAN (FATIGUE) PADA HOTMIX RECYCLED ASPHALT (HMRA)**

Novita Pradani\*

\*) Staf Pengajar pada KK Transportasi Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik dan Anggota Pusat Studi Transportasi dan Logistik Universitas Tadulako, Palu

**Abstract**

*Pavement Recycling as alternative technology in pavement construction and maintenance is continuously developed due to scarcity and highly cost of materials. The aim of this research is to modify recycled material by adding a polymer that is capable to improve the physical properties of bitumen and the performance of recycled mixture. The asphalt mixture in this research is AC-Wearing Course (AC-WC) which contain Reclaimed Asphalt Pavement (RAP), fresh material and asphalt Pen 60/70. Percentage RAP used is 20% and 30% to the total weight of mixture. Fatigue Performance of mixture was measured using 4-Point Bending Test Apparatus with strain control. The result from bitumen characteristic tests shown that RAP bitumen has lower penetration grade and higher viscosity value. Fatigue test shown that, rising the percentration of RAP will increase the fatigue resistance of mixture by higher average number of cycles at 30% RAP mixture (19307 cycles). Generally, the research shown that RAP can be used as alternative material to the pavement rehabilitation. In spite of that attention of maximum RAP percentration in mixture and construction quality control should be taken into account.*

**Keyword:** Asphaltic Concrete Wearing Course (AC-WC), RAP, Fatigue

## 1. PENDAHULUAN

Salah satu kendala dalam peningkatan kinerja prasarana jalan adalah keterbatasan material di beberapa daerah di Indonesia dalam hal ini material agregat maupun aspal yang berdampak pada makin tingginya biaya pembangunan dan rehabilitasi jalan. Berbagai upaya dilakukan untuk mengatasi kendala tersebut, salah satu cara yang saat ini sedang dikembangkan adalah pemanfaatan kembali material perkerasan jalan lama (recycling) sebagai material perkerasan jalan baru.

Namun berdasarkan hasil penelitian sebelumnya dan aplikasi penuh di lapangan, penggunaan material daur ulang seringkali menemui beberapa kendala antara lain menurunnya sifat fisik dari material daur ulang, mengingat selama masa layannya telah menerima beban lalu lintas yang cukup berat. Selain itu material daur ulang juga memiliki tingkat variabilitas yang cukup tinggi sehingga dapat

berdampak pada perubahan gradasi dan durabilitas dari campuran. Disamping itu, teknologi daur ulang juga memberikan beberapa manfaat antara lain untuk mengatasi keterbatasan bahan perkerasan jalan [Subagio, B.S., 2009] sehingga teknologi ini bersifat efisien dan efektif serta dapat mengurangi penggunaan agregat (45-100%) dan aspal baru (60%) sehingga nilai ekonomis bahan kupasan meningkat, hemat energi, dan geometrik jalan dapat dipertahankan serta melestarikan sumber daya alam.

Mengingat bahwa material daur ulang telah mengalami penurunan sifat fisik selama masa layan sebelumnya, maka diperlukan suatu usaha untuk memperbaiki sifat fisik tersebut. Salah satu upaya yang dilakukan adalah dengan membatasi penggunaan material daur ulang dalam campuran perkerasan jalan. Asphalt Institute (1988) membatasi penggunaan material daur ulang 10% sampai 60%..

Studi ini bertujuan untuk mengevaluasi karakteristik Kelelahan (fatigue) dari campuran panas Laston Lapis Aus (AC-WC) menggunakan material RAP (recycling).

Campuran yang digunakan pada studi ini adalah campuran Beton Aspal Lapis Aus (AC-WC) yang menggunakan 20% dan 30% material RAP terhadap berat total campuran serta aspal Pen 60/70.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Perkerasan Daur Ulang (*Recycling*)

Secara umum perkerasan daur ulang (*recycling*) memanfaatkan kembali material (agregat dan aspal) perkerasan lama untuk dijadikan sebagai perkerasan baru yang ditambahkan material baru atau dan bahan peremaja. Material yang digunakan untuk metoda daur ulang adalah bahan kupasan aspal dan bila diperlukan ditambahkan aspal dan agregat baru. Bahan kupasan aspal ini mengandung aspal dan agregat lama. Untuk mencapai hasil yang memadai pada umumnya aspal dan agregat lama perlu diperbaharui baik sifat-sifatnya maupun gradasinya.

Beberapa sifat material RAP yang bisa digunakan sebagai batasan antara lain agregat masih mempunyai daya tahan cukup baik untuk mempertahankan gradasi (jumlah, ukuran, bentuk dan komposisi butiran) dan sifat rheologi aspal (penetrasi atau viskositas) mengalami penurunan, namun hal ini dapat dikembalikan dengan penambahan bahan peremaja (*rejuvenating agent*).

### 2.2 Lapis Beton Aspal Lapis Aus (AC-WC)

Lapis Beton Aspal adalah lapisan penutup konstruksi perkerasan jalan yang mempunyai nilai struktural yang pertama kali dikembangkan di Amerika oleh *The Asphalt Institute* dengan nama *Asphalt Concrete (AC)*. Menurut Bina Marga Dept.PU, campuran ini terdiri atas agregat bergradasi menerus dengan aspal keras, dicampur,

dihamparkan dan dipadatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu.

Lapis aus (AC-WC) merupakan lapisan teratas yang langsung bersentuhan dengan roda kendaraan. Kekuatan dari perkerasan beton aspal lapis aus (AC-WC) diperoleh melalui struktur agregat yang saling mengunci (*interlocking*). Struktur agregat yang saling mengunci ini menghasilkan geseran internal yang tinggi dan saling melekat bersama oleh lapis tipis aspal perekat diantara butiran agregat. Perkerasan beton aspal ini cukup peka terhadap variasi kadar aspal dan perubahan gradasi agregat, hal ini disebabkan karena beton aspal memiliki sifat stabilitas tinggi dan relatif kaku, yaitu tahan terhadap pelelehan plastis namun cukup peka terhadap retak. Berdasarkan spesifikasi baru campuran beraspal Kementerian Pekerjaan Umum 2010, Perkerasan Beton Aspal Lapis Aus (AC-WC) mempunyai ukuran maksimum agregat dalam campuran adalah 19 mm.

### 2.4 Pengujian Kelelahan Dengan Four Point Bending Apparatus

Kelelahan merupakan suatu fenomena timbulnya retak akibat beban berulang yang terjadi karena pengulangan tegangan atau regangan yang batasnya masih dibawah batas kekuatan material [Yoder et.al,1975]. Pengujian kelelahan dilakukan untuk mendapatkan hubungan antara tegangan dan regangan dengan umur kelelahan. Pengujian kelelahan dapat dilakukan dengan beberapa metoda dan menggunakan berbagai bentuk dan ukuran benda uji. Metoda umum untuk mengevaluasi karakteristik kelelahan beton aspal adalah pengujian lentur berulang (*repeated flexural test*) [Yoder et.al,1975].

Peralatan yang dipakai dalam penelitian ini adalah mesin uji kelelahan Four Point Bending Apparatus. Alat ini mengakomodasi pengujian kelelahan dengan kontrol regangan (*strain*). Mesin uji ini memiliki sistem pembebanan dengan tenaga hidrolik. Pada prinsipnya sistem pengujian mengakomodasikan kendali multi-axis (*IMACS Integrated Multi-Axis*) yang

diintegrasikan dengan perangkat lunak berbasis windows [Rahman, H.,2010].



Gambar 1. *Four-Point Bending Apparatus*

### 3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dititikberatkan pada pengujian laboratorium terhadap kinerja kelelahan, dimana material yang digunakan dalam penelitian ini adalah material lama (RAP) dan material baru. Dari kedua material tersebut dilakukan pengujian mengikuti standar SNI (Standar Nasional Indonesia).

Dalam pengujian campuran terdapat 2 variasi kadar material RAP terhadap berat total campuran yaitu 20% material RAP dan 30% material RAP. Pengujian campuran ini dilakukan sesuai dengan standar pengujian campuran beraspal panas. Untuk mendapatkan nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) digunakan perencanaan dengan Metoda Marshall dengan Pendekatan Kepadatan Mutlak. Kadar Aspal Optimum (KAO) diperoleh untuk keenam variasi campuran. Selanjutnya masing-masing KAO tersebut, digunakan dalam pembuatan benda uji untuk pada pengujian kelelahan.

Persiapan benda uji untuk pengujian kelelahan (*fatigue*) terdiri atas agregat kasar, agregat halus dan filler pada KAO yang didapatkan dari analisis Marshall dengan pendekatan kepadatan mutlak, kemudian dilakukan tahap pencampuran, pemadatan dan pemotongan. Benda uji berbentuk balok berukuran lebar nominal 63,5 mm, tinggi 50 mm dan panjang 380 mm yang digunakan dalam pengujian ini.

Pengujian kelelahan dilakukan dengan *Four Point Bending Apparatus*, pada suhu  $20 \pm 1^\circ\text{C}$ , dengan 3(tiga) tingkat regangan ( $500 \mu\epsilon$ ,  $600 \mu\epsilon$  dan  $700 \mu\epsilon$ ) serta pembebanan dengan kontrol regangan (*controlled-strain*). Semua pengujian dilakukan pada frekuensi 8 Hz (8 siklus perdetik) dengan pola pembebanan sinusoidal. Keruntuhan ditentukan berdasarkan jumlah siklus pembebanan yang mengakibatkan penurunan nilai modulus kekakuan lentur sebesar 50% dari nilai awal.

### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Aspal yang digunakan dalam campuran ini adalah aspal dengan penetrasi 60/70 dan aspal RAP. Penentuan kandungan aspal pada material RAP perlu dilakukan terlebih dahulu, kemudian dilakukan pengujian yang dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2 sebagai berikut.

Untuk Pengujian selanjutnya dilakukan penambahan aspal lama kedalam aspal baru (Pen 60/70) diuji untuk (2) dua campuran dengan perbandingan RAP 20% dan material baru 80%; RAP 30% dan material 70%. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 1. Kadar Aspal Hasil Ekstraksi dari *Reclaimed Asphalt Pavement* (RAP)

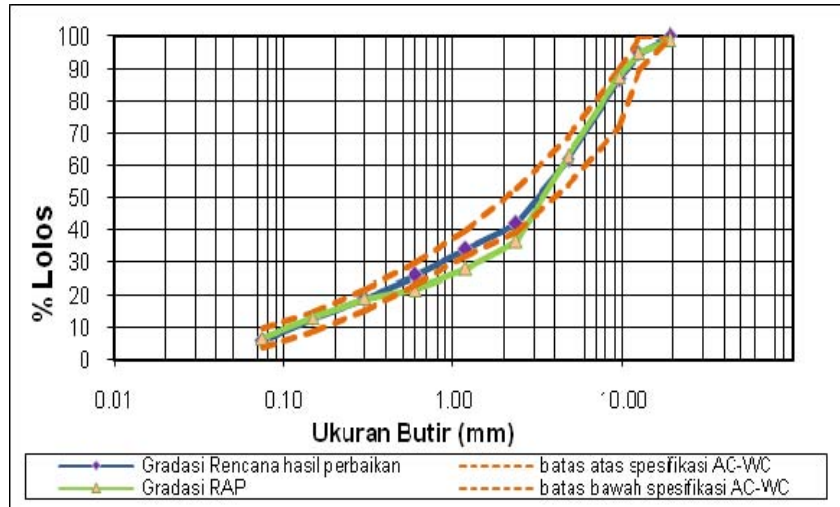
Sampel	Berat (gr)			Kadar Aspal (%)
	Sampel	Agregat	Aspal	
(1)	(2)	(3)	(4) = (2)-(3)	(5)=[(4)/(2)] x100
1	500	475,6	24,4	4,88
2	500	474,6	25,4	5,08
Kadar Aspal Rata-rata				4,98

Sumber: Hasil pengujian

Tabel 2. Pengujian Sifat –Sifat Aspal Hasil Ekstraksi dari RAP

No	Jenis Pemeriksaan	Hasil Uji	Metoda Uji
1	Penetrasi, 25°C, 100 gr, 5 detik; 0,1 mm	21,6	SNI 06-2456-1991
2	Titik Lembek; °C	57	SNI 06-2434-1991
3	Berat Jenis	1,043	SNI 06-2441-1991

Sumber: Hasil pengujian



Gambar 2. Gradasi Rencana dan Gradasi RAP Campuran AC-WC

Tabel 3. Pengujian Pencampuran Aspal Lama dengan Aspal Baru

No	Jenis Pemeriksaan	Hasil Uji		Metode Pengujian
		20% RAP 0%SBS (A1)	30% RAP 0%SBS (B1)	
1	Penetrasi, 25°C (dmm)	57,2	56,6	SNI06-2456-1991
2	Titik Lembek, °C	51	52	SNI06-2434-1991
3	Berat Jenis	1,0383	1,0396	SNI06-2441-1991

Sumber: Hasil pengujian

Agregat yang digunakan meliputi agregat baru dan agregat dari material lama (RAP), dilakukan pengujian untuk menentukan apakah agregat tersebut masih layak untuk digunakan dalam pengujian campuran. Hasil pengujian menunjukkan bahwa agregat RAP masih layak digunakan. Namun gradasi material RAP tidak memenuhi spesifikasi sehingga perlu dilakukan perbaikan gradasi dengan

menambahkan agregat baru seperti pada Gambar 2.

#### 4.1 Pengujian Kadar Aspal Optimum

Berdasarkan spesifikasi baru campuran beraspal dengan Kepadatan Mutlak, dilakukan perencanaan sesuai dengan gradasi agregat yang dipilih, kemudian untuk masing-masing campuran

tersebut dilakukan pengujian Marshall dengan variasi kadar aspal yang digunakan.

Hasil referensi data Marshall, selanjutnya dilakukan pengujian Kepadatan Mutlak. Dimana penentuan Kadar Aspal Optimum dilakukan dengan metode *barchart*. KAO merupakan rentang kadar aspal yang memenuhi semua syarat kriteria campuran beraspal, yaitu:  $VIM_{Marshall}$ ,  $VIM_{Refusal}$ , VMA, VFB, stabilitas, kelelahan dan MQ. Nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) yang didapatkan dari masing-masing campuran digunakan sebagai kadar aspal dalam perencanaan Pengujian Kelelahan.

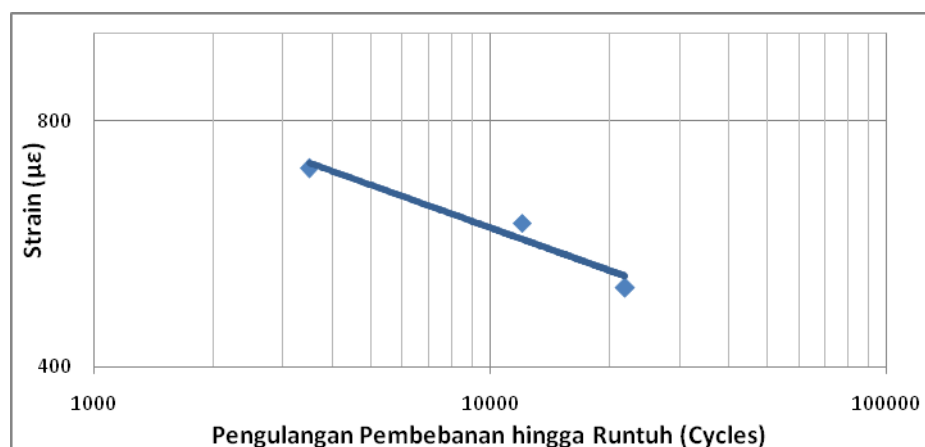
Berdasarkan analisis Marshall dengan metode kepadatan mutlak dihasilkan Kadar Aspal Optimum (KAO), untuk kandungan 20% RAP yaitu sebesar 5,28%, sedangkan untuk campuran dengan kandungan 30% RAP sebesar 5,34%.

#### 4.2 Pengujian *Fatigue*

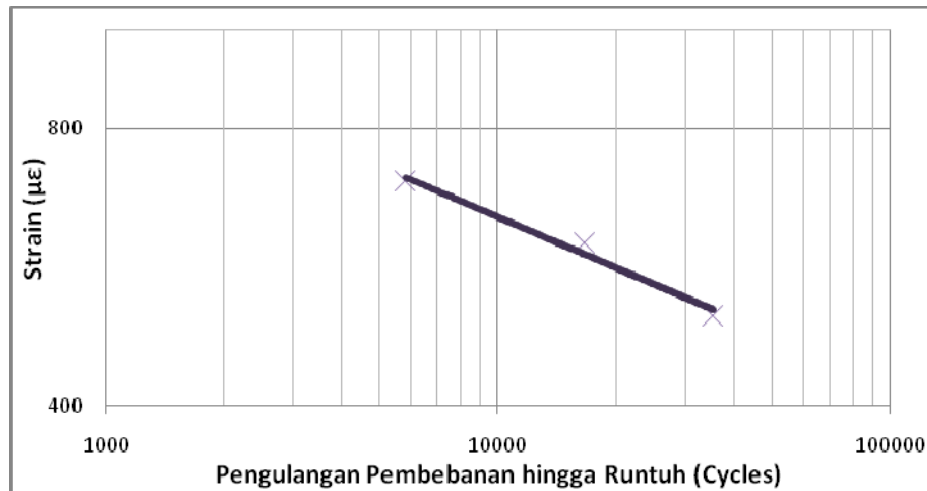
Penentuan Umur Lelah Campuran Aspal Panas yang Dipadatkan dan Diberikan Tekukan *Flexural* yang Berulang (*Determining the Fatigue Life of Compacted Hot-Mix Asphalt Subjected to Repeated Flexural Bending*). Konsep pengujian kelelahan dengan pembebanan 4 titik ini,

menggunakan kontrol regangan. Dimana besarnya regangan ditentukan terlebih dahulu, kemudian regangan tersebut berusaha dipertahankan dengan menyesuaikan nilai tegangannya. Kondisi dimana nilai modulus kekakuan lentur (*flexural stiffness*) telah berkurang sebesar 50% dari nilai awal, maka kondisi ini dianggap sebagai kondisi *failure*. Pengulangan pembebanan (*cycles*) sampai kondisi *failure* disebut sebagai umur kelelahan.

Pengujian kelelahan dilakukan pada Temperatur  $20 \pm 1^\circ\text{C}$ , pada balok-balok dengan 2 (dua) variasi campuran yang berbeda pada nilai Kadar Aspal Optimum (KAO). Tiap variasi campuran diuji pada 3 (tiga) tingkat regangan yang berbeda yaitu  $500 \mu\epsilon$ ,  $600 \mu\epsilon$  dan  $700 \mu\epsilon$  (AASHTO 2008 mensyaratkan regangan antara 250 – 750  $\mu\epsilon$ ). Ketiga tingkatan regangan ini berusaha dipertahankan dengan menyesuaikan nilai tegangan. Makin besar regangan yang berusaha dipertahankan maka makin besar pula tegangan yang terjadi. Untuk campuran yang mengandung 20% RAP menghasilkan tegangan tarik yang lebih kecil dibandingkan campuran dengan 30% RAP sehingga beban yang bekerja pada benda uji dengan 20% RAP lebih kecil dari pada campuran dengan 30% RAP.



Gambar 3. Grafik Hubungan antara Jumlah Cycles terhadap Regangan pada Campuran dengan 20% RAP



Gambar 4. Grafik Hubungan antara Jumlah Cycles terhadap Regangan pada Campuran dengan 20% RAP

Berdasarkan pada Gambar 3 dan Gambar 4 terlihat bahwa nilai regangan berbanding terbalik dengan jumlah pembebanan hingga runtuh, dimana semakin besar regangan yang diberikan maka jumlah siklus pembebanan akan semakin pendek. Hal ini disebabkan karena besarnya regangan yang diberikan ( $500 \mu\epsilon$ ,  $600 \mu\epsilon$  dan  $700 \mu\epsilon$ ) menyebabkan semakin besar pula tegangan yang dihasilkan untuk mempertahankan regangan tersebut, akibatnya beban yang diterima campuran akan semakin besar yang berdampak kepada makin cepatnya campuran tersebut mengalami keruntuhan. Secara umum, campuran yang mengandung 30% RAP memiliki ketahanan yang cukup baik dibandingkan dengan campuran dengan 20% RAP. Hal ini terlihat dari jumlah rata-rata pengulangan pembebanan hingga runtuh pada campuran ini yang lebih tinggi dari pada campuran 20% RAP. Penyebab hasil ini karena nilai modulus kekakuan lentur campuran dengan 30% RAP lebih tinggi dibandingkan dengan campuran 20% RAP.

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan penelitian didapat kesimpulan sebagai berikut:

- Nilai hasil penetrasi aspal dengan 20% aspal RAP, memberikan nilai penetrasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan aspal dengan 30% RAP.
- Agregat RAP memenuhi spesifikasi sifat fisik agregat sehingga dapat digunakan dalam perencanaan campuran, namun gradasi agregat RAP tidak memenuhi amplop gradasi AC-WC sehingga perlu penambahan agregat baru.
- Campuran dengan 30% RAP memberikan kuat *fatigue* rata-rata tertinggi yaitu sebesar 19370 cycles dibandingkan terhadap campuran dengan 20% RAP yaitu rata-rata sebesar 12467 *cycles*.

### 5.2 Saran

Saran-saran yang diusulkan untuk penelitian selanjutnya antara lain:

- Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap campuran AC-WC dengan persentase RAP yang lebih tinggi, agar dapat diperoleh persentase RAP yang optimal terhadap kuat *fatigue*.
- Perlu dilakukan penelitian lanjutan terhadap kemungkinan menggunakan tingkat regangan yang lebih rendah dalam pengujian kelelahan dengan menggunakan *controlled strain*, sesuai

dengan tingkat regangan yang terjadi di lapangan serta kemungkinan untuk melakukan pengujian kelelahan dengan menggunakan *controlled stress*.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- AASHTO., 1998, *Standard Specifications for Transportation Materials and Methods of Sampling and Testing*, Washington D.C, 52-204
- Asphalt Institute, 1981, *Asphalt Hot mix Recycling Construction of Hot Mix Asphalt Pavements*, Manual Series No. 20 (MS-22), The Asphalt Institute
- Departemen Pekerjaan Umum, 2008, *Kajian dan Pengawasan Uji Coba Skala Penuh Recycling lapisan Beraspal dengan Campuran Beraspal Panas*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan dan Jembatan
- Huang, Yang H., 2004, *Pavement Analysis and Design*, 2<sup>nd</sup> Edition, Prentice-Hall, Inc., New Jersey
- Kementerian Pekerjaan Umum, 2010, *Seksi 6.3 Spesifikasi Campuran Beraspal Panas*
- Lubis, Z., Mochtar, B., 2008, *Evaluasi Rumusan Damage Factor (Equivalent Axle Load) dalam Perancangan Sistem Perkerasan Lentur Jalan Raya Akibat Adanya Muatan Berlebihan*, Jurnal Teknologi dan Rekayasa Sipil "Torsi", Surabaya
- Rahman H., 2010, *Evaluasi Model Modulus Bitumen Asbuton dan Model Modulus Campuran yang Mengandung Bitumen Asbuton*, Disertasi. Program Magister Teknik Sipil, Institut Teknologi Bandung
- Rilem Report 17, 1998, *Bituminous Binders and Mixes*. E & FN Spon an imprint of Routledge, London
- Shell Bitumen, 2003, *The Shell Bitumen Handbook*. Published By Shell Bitumen, U.K.
- Sugeng B.S., Rahman H. dan Bethary R.T., 2010, *Kinerja Fatigue dari Campuran Lapis Pengikat (AC-BC) yang Memakai Material Hasil Daur Ulang (Recycling) dan Polimer Neoprene*, Jurnal FSTPT. Simposium XIII Forum Studi Transportasi antar Perguruan Tinggi, Semarang
- Sukirman S., 2003, *Beton Aspal Campuran Panas*. Granit, Jakarta
- Tabakovic A., Gibney A., Gilchrist M.D., McNally, C., 2010, *The Influence of Recycled Asphalt Pavement on 20 mm Binder Course Mix Performance*, Scholl of Architecture, Landscape and Civil Engineering and School of Electrical, Electronic and Mechanical, University Collage Dublin, Ireland
- Yoder E., J., And Witczak, M.W., 1975, *Principles Of Pavement Design*, 2<sup>nd</sup> Edition, John Wiley & Sons, Inc., New York