

# PROCEEDING

## CIVIL ENGINEERING RESEARCH FORUM

VOLUME 2, NOMOR 1, JULI 2022



**THE 3<sup>rd</sup>  
CE REFORM**

**"MENYIAPKAN INFRASTRUKTUR BANGUNAN SIPIL YANG BERKELANJUTAN  
DAN BERWAWASAN KEBENCANAAN"**

**PROCEEDING**

# **Civil Engineering Research Forum**

**Volume 2, Nomor 1, Juli 2022**

**The 3<sup>rd</sup> Civil Engineering Research Forum  
(The 3<sup>rd</sup> CE ReForm)**

**“Menyiapkan Infrastruktur Bangunan Sipil yang Berkelanjutan dan  
Berwawasan Kebencanaan”**

**Yogyakarta, 20 Juli 2022**

**Penerbit:**



**UNIVERSITAS  
ISLAM  
INDONESIA**

**PROCEEDING**

**Civil Engineering Research Forum**

**Volume 2, Nomor 1, Juli 2022**

**The 3<sup>rd</sup> Civil Engineering Research Forum (The 3<sup>rd</sup> CE ReForm)**

**“Menyiapkan Infrastruktur Bangunan Sipil yang Berkelanjutan dan Berwawasan  
Kebencanaan”**

**Science Committee (SC)**

Prof. Ir. Widodo, MSCE., Ph.D.	(Penanggung Jawab)
Sri Amini Yuni Astuti, Dr., Ir., M.T.	(Pengarah)
Fitri Nugraheni, S.T., M.T., Ph.D.	(Pengarah)
Setya Winarno, S.T., M.T., Ph.D.	(Pengarah)
Dwi Astuti Wahyu Wulan Pratiwi, S.T., M.T.	(Pengarah)

**Organizing Committee (OC)**

Anggit Mas Arifudin, S.T., M.T.  
Jafar, S.T., M.T. MURP.  
Astriana Hardawati, S.T., M. Eng.  
Aisyah Nur Jannah, S.T., M.Sc.  
Muhammad Rifqi Abdurrozak S.T., M. Eng.  
Tri Nugroho Sulistyantoro, S.T., M.T.  
Anisa Nur Amalina S.T., M. Eng.  
Shofwatul Fadilah, S.T.P., M. Eng.  
Muhamad Abdul Hadi, S.T., M.T.  
Deska Arini, A.Md.  
Isnaini Sumirat, S.E.  
Anastasia Sivana, S.Amd.  
M. Hidayatullah, S.Kom.  
Rizka Ariyanto, S.Kom.

## Reviewer

Prof. Ir. Mochamad Teguh, MSCE, Ph.D.	(Universitas Islam Indonesia)
Prof. Ir. Widodo, MCSE., Ph.D.	(Universitas Islam Indonesia)
Prof. Ir. Sarwidi, MSCE., Ph.D., IP-U	(Universitas Islam Indonesia)
Dr. Eng., Mahmud Kori Effendi, S.T., M.Eng.	(Universitas Negeri Semarang)
Dr. Ir. Andri Irfan Rifai, S.T., M.T., MA, IPM, ASEAN Eng.	(Universitas International Batam)
Miftahul Fauziah, S.T., M.T., Ph.D.	(Universitas Islam Indonesia)
Setya Winarno, S.T., M.T., Ph.D.	(Universitas Islam Indonesia)
Fitri Nugraheni, S.T., M.T., Ph.D.	(Universitas Islam Indonesia)
Edy Purwanto, Dr. Ir., CES., DEA.	(Universitas Islam Indonesia)
Muhammad Rifqi Abdurrozak, S.T., M.Eng.	(Universitas Islam Indonesia)
Sri Amini Yuni Astuti, Dr., Ir., M.T.	(Universitas Islam Indonesia)
Pradipta Nandi Wardhana, S.T., M.Eng.	(Universitas Islam Indonesia)
Prayogo Afang Prayitno, S.T., M.Sc.	(Universitas Islam Indonesia)

## Editor

Jafar, S.T., M.T. MURP.  
Aisyah Nur Jannah, S.T., M.Sc.  
Anggit Mas Arifudin, S.T., M.Eng.  
Astriana Hardawati, S.T., M. Eng.  
Tri Nugroho Sulistyantoro, S.T., M.T.  
Anisa Nur Amalina S.T., M. Eng.  
Shofwatul Fadilah, S.T.P., M. Eng.  
Muhamad Abdul Hadi, S.T., M.T.

## Penerbit:



**UNIVERSITAS  
ISLAM  
INDONESIA**

Kampus Terpadu UII

Jl. Kaliurang Km 14,5 Yogyakarta 55584

Tel. (0274) 898 444 Ext. 2301; Fax. (0274) 898 444 psw 2091

e-mail: [penerbit@uii.ac.id](mailto:penerbit@uii.ac.id)

## **KATA PENGANTAR**

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Alhamdulillah robbil 'alamin. Segala puji bagi Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penyusunan prosiding naskah-naskah yang disajikan dalam *The 3<sup>rd</sup> Civil Engineering Research Forum (The 3<sup>rd</sup> CE ReForm)* dapat terselesaikan. Tak lupa pula, sholawat serta salam selalu kita curahkan kepada Rasulullah SAW., beserta para sahabat dan pengikutnya hingga akhir zaman.

Jurusan Teknik Sipil (JTS) Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan (FTSP), Universitas Islam Indonesia membentuk sebuah forum yang diberi nama *Civil Engineering Research Forum (CE ReForm)* pada tahun 2021. Sebagaimana namanya, CE ReForm dimaksudkan menjadi suatu forum bagi para insan teknik sipil dan lainnya yang terkait untuk mendiskusikan hasil penelitian terkini. Forum ini diharapkan dapat menjadi wadah diseminasi hasil penelitian bidang teknik sipil, kebencanaan, dan keilmuan terkait bagi dosen dan mahasiswa baik dari JTS FTSP UII maupun instansi luar.

Mengusung tema "*Menyiapkan Infrastruktur Bangunan Sipil yang Berkelanjutan dan Berwawasan Kebencanaan*", *The 3<sup>rd</sup> CE ReForm* diharapkan mampu memberi kesempatan para peserta untuk dapat saling berbagi hasil penelitian melalui presentasi dan tulisan yang baik, dan selanjutnya dapat dipublikasikan melalui prosiding ber-ISSN.

Selaku tim penyelenggara acara, kami mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya atas partisipasi dan dukungan dari berbagai pihak, baik Pimpinan Jurusan dan Prodi serta Tenaga Kependidikan di lingkungan Jurusan Teknik Sipil UII sehingga acara ini dapat terselenggara dengan baik. Di samping itu, kami juga mohon maaf atas segala kekurangan dalam pelaksanaan acara ini. Saran dan masukan sangat kami harapkan untuk perbaikan acara-acara mendatang.

Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.

Hormat Kami

Panitia *The 3<sup>rd</sup> CE ReForm*

**PROCEEDING**

**Civil Engineering Research Forum**

**Volume 2, Nomor 1, Juli 2022**

**The 3<sup>rd</sup> Civil Engineering Research Forum (The 3<sup>rd</sup> CE ReForm)**

**“Menyiapkan Infrastruktur Bangunan Sipil yang Berkelanjutan dan Berwawasan Kebencanaan”**

**DAFTAR ISI**

<b>HALAMAN SAMPUL</b> .....	<b>i</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>v</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>vi</b>
<b>BIDANG STRUKTUR</b> .....	<b>1</b>
Evaluasi Kinerja Struktur Atas Jembatan Sardjito 1 dengan Metode Pushover Analysis.....	2
<b>(Kurniawan Mega Mahardika, Suharyatma, dan Astriana Hardawati)</b>	
Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi dan Viscocrete 1003 pada Karakteristik Beton Geopolimer.....	12
<b>(Muhammad Taufik Bima Perdana dan Sarwidi)</b>	
Studi Ekpermental Kuat Lentur Balok dengan Carbon Fiber Reinforced Polymer sebagai Pengganti Baja Tulangan .....	21
<b>(Hariadi Yulianto, Helmy Akbar Bale, dan Amartya Rizki Ananda)</b>	
Pengaruh Variasi Kadar Bahan Tambah Waterproofing Damdex terhadap Kuat Tekan dan Absorpsi Beton.....	32
<b>(Miqdad Khosyi Akbar dan Helmy Akbar Bale)</b>	
Implementasi Perencanaan dan Pelaksanaan Rehabilitasi dan Rekonstruksi Jalan Pasca Bencana Gempa dan Liquefaksi .....	42
<b>(Andri Irfan Rifai, Eko Galih Prasetyo, dan Hikmah)</b>	
Pengaruh Penggunaan Abu Batu Sebagai Substitusi Parsial Agregat Halus Terhadap Karakteristik Beton Pada Mutu 30 Mpa .....	51
<b>(Raditya Pradhipta, Novi Rahmayanti, dan Atika Ulfah Jamal)</b>	
<b>BIDANG MANAJEMEN KONSTRUKSI</b> .....	<b>63</b>
Implementasi Konsep BIM 4D dalam Perencanaan Time Schedule dengan Analisis Resources Levelling.....	64
<b>(Septiana Rachmawati dan Vendie Abma)</b>	
Sinergi Keahlian Teknik Sipil pada Proyek Hulu Migas.....	74
<b>(Budi Satiawan)</b>	
Analisis Estimasi Biaya dan Waktu Pelaksanaan Pekerjaan AC-WC berdasarkan Observasi Lapangan.....	84
<b>(Wisanggeni Paramusesa Widayat, Albani Musyafa, dan Tri Nugroho Sulistyantoro)</b>	

<b>BIDANG SUMBER DAYA AIR.....</b>	<b>94</b>
Evaluasi Kapasitas Saluran Drainase Primer pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Ampal Kota Balikpapan.....	95
<b>(Kalya Indreswari, Dinia Anggraheni, dan Shofwatul Fadilah)</b>	
Modifikasi Analisis Risiko dan Pengendalian Metode FMEA-SAW dengan Metode Delphi dalam RPAM PDAM Kota Pekalongan.....	104
<b>(Muhammad Reperiza Furqon dan Muhamad Abdul Hadi)</b>	
<b>BIDANG TRANSPORTASI .....</b>	<b>115</b>
Tingkat Layanan Fasilitas Sepeda di Kawasan Pusaka Perkotaan Yogyakarta.....	116
<b>(Mei Ardi Nugrahaini, Dewanti, dan Muhammad Zudhy Irawan)</b>	
Analisis Kinerja Simpang Tak Bersinyal Akibat Pengaruh Putaran Balik di Jalan Ahmad Yani Kota Cilegon.....	128
<b>(Angling Furi Pradika dan Berlian Kushari)</b>	
Analisis Perbandingan Desain Mekanistik-Empiris Struktur Perkerasan Lentur dengan Pemodelan Elastik dan Viskoelastik : Studi Kasus pada Ruas Jalan Milir-Sentolo .....	136
<b>(Muh Iqbal Fajar Satria dan Berlian Kushari)</b>	
Pengaruh Penggunaan Limbah Gerabah sebagai Substitusi Filler terhadap Karakteristik Marshall pada Campuran Superpave .....	147
<b>(Melyza Adityaningrum dan Subarkah)</b>	
<i>Institutional-Based Transport Demand Management</i> di Lingkungan Kementerian Perhubungan .....	158
<b>(Fadli Adriansyah, Muhammad Zudhy Irawan, dan Achmad Munawar)</b>	
Analisis Dampak Lalu Lintas dan Evaluasi Desain Pembangunan Jembatan Ploso Baru dengan Pemodelan Vissim .....	168
<b>(Sigit Wisnu Untoro, M. Zudhy Irawan, dan Siti Malkhamah)</b>	
Analisis Perbandingan Perkerasan AC-WC Berbahan Ikat Starbit E-55 dengan Pen 60/70 menggunakan Metode Elastik Linear .....	179
<b>(Laziqoh Zahatul Tolab, Muhamad Abdul Hadi, dan Miftahul Fauziah)</b>	
<b>BIDANG GEOTEKNIK.....</b>	<b>188</b>
Analisis Potensi Likuifaksi pada RS UII berdasarkan Data N-SPT .....	189
<b>(Kintan Amanda, Hanindya Kusuma Artati, dan Edy Purwanto)</b>	
Pengaruh Variasi Diameter Tiang Bor pada Perkuatan Lereng Ruas Jalan Tawaeli-Toboli KM 59+175 .....	196
<b>(Dede Irham Arief, Agus Darmawan Adi, dan Fikri Faris)</b>	
Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi dan Matos sebagai Bahan Stabilisasi Tanah Lempung terhadap Nilai CBR dan Swelling .....	207
<b>(Dewi Kurnia Sukmawati, Muhammad Rifqi Abdurrozak, dan Rahmadi Agus Setiawan)</b>	
Pengaruh Penambahan Limbah Gypsum terhadap Nilai CBR dan Nilai Swelling Tanah Lempung .....	218
<b>(Tri Yani Rinawati dan Muhammad Rifqi Abdurrozak)</b>	

## ANALISIS PERBANDINGAN PERKERASAN AC-WC BERBAHAN IKAT STARBIT E-55 DENGAN PEN 60/70 MENGGUNAKAN METODE ELASTIK LINEAR

Laziqoh Zahatul Tolab<sup>1</sup>, Muhamad Abdul Hadi<sup>2</sup>, dan Miftahul Fauziah<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Department of Civil Engineering, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, Indonesia  
Email: [laziqoh.zahatul.tolab@gmail.com](mailto:laziqoh.zahatul.tolab@gmail.com)

<sup>2</sup> Department of Civil Engineering, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, Indonesia  
Email: [muhamad.abdul.hadi@uii.ac.id](mailto:muhamad.abdul.hadi@uii.ac.id)

<sup>3</sup> Department of Civil Engineering, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, Indonesia  
Email: [miftahul.fauziah@uii.ac.id](mailto:miftahul.fauziah@uii.ac.id)

### ABSTRACT

*Population growth has a significant impact on transportation demand. With proper road infrastructure, these traffic activities will go smoothly. As an important mobilization channel, roads must be able providing safety and comfort for users. The solution to good service also needs good paving materials. However, in combination with modified connecting materials, the paving material becomes even better. By using mechanical empirical method of the KENPAVE program, the average daily traffic data was used for analysis to find the pavement thickness, asphalt stiffness modulus (Sbit) value, mixed stiffness modulus (Smix), and predicted road damage, and then transfer function is performed to reach an acceptable number of lanes to receive a representative load. Based on the results of the analysis, it is possible that the mixture of Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC) with Starbit E-55 and Pen 60/70, showed the first signs of permanent damage to the road structure. Deformation damage is 37,645,893 ESAL on Starbit E-55 and 37,174,111 ESAL on Pen 60/70. In terms of performance, the blend of AC-WC with Starbit E-55, compared to the blend of AC-WC with 60/70 rods, can overall withstand higher loads in terms of damage parameters. The mixture of AC-WC and Starbit E-55 is known to have advantages over its performance, so based on the results of this analysis, use of a mixture of AC-WC and Starbit E-55 is recommended as an alternative or solution to the maximum dramatically reduce the risk of road damage and increase the service life of the road surface.*

**Keywords:** AC-WC, Starbit E-55, Pen 60/70, KENPAVE

### PENDAHULUAN

Pertambahan populasi penduduk di Indonesia selalu diiringi dengan meningkatnya kebutuhan sarana dan prasarana transportasi. Infrastruktur jalan raya merupakan salah satu prasarana transportasi memiliki peranan penting dalam menunjang kelancaran kegiatan transportasi. Jalan tidak hanya berfungsi sebagai akses

mobilitas manusia sehari-hari saja. Namun, jalan juga berfungsi sebagai akses kegiatan distribusi barang dan jasa. Oleh karena itu, ketersediaan fasilitas jalan yang memadai sangat diperlukan.

Ketersediaan fasilitas jalan harus diperhatikan dengan baik dalam aspek perencanaan dan pemeliharaan struktur perkerasan jalan, sehingga keamanan dan



kenyamanan pengguna jalan dapat terjamin. Akan tetapi, saat ini masih banyak dijumpai kondisi jalan yang mengalami kerusakan baik kerusakan struktural maupun fungsional. Kerusakan tersebut dapat mempengaruhi tingkat pelayanan dan kondisi arus lalu lintas. Tingkat pelayanan jalan sangat berkaitan dengan jenis perkerasan yang digunakan, sehingga diperlukan peningkatan kualitas jenis perkerasan jalan agar jalan tersebut mampu menerima beban lalu lintas kendaraan dengan baik dan maksimal. Salah satu jenis perkerasan jalan yang baik untuk digunakan yaitu campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC)*.

Campuran *AC-WC* merupakan bahan penyusun perkerasan lentur (*flexible pavement*) yang berhubungan langsung dengan kendaraan yang melintas karena terletak di bagian paling atas dalam susunan perkerasan jalan. Lapis aspal beton atau nama lain dari *AC-WC* ini berfungsi sebagai pelindung lapisan dibawahnya, menyediakan jalan yang rata, lapis aus, lapis kedap air, dan penahan beban roda. Oleh karena itu, lapisan ini dibutuhkan bahan pengikat aspal yang tepat sehingga dapat memberikan daya tahan lebih lama dan memiliki tingkat stabilitas yang tinggi agar mampu memberikan keamanan dan kenyamanan bagi pengguna jalan tanpa adanya kerusakan. Namun, akan lebih baik bahan penyusun perkerasan jalan yang digunakan tersebut dikomposisikan dengan bahan ikat yang telah dimodifikasi.

Modifikasi bahan penyusun perkerasan jalan sangat diperlukan untuk mendapatkan kualitas bahan perkerasan yang lebih baik sehingga dihasilkan fasilitas jalan yang baik pula. Salah satu aspal modifikasi yang telah dikembangkan di Indonesia adalah Starbit E-55. Starbit E-55 merupakan jenis aspal komersial yang sudah dimodifikasi. Bahan polimer jenis elastomer menjadi bahan tambah untuk memodifikasi aspal ini karena memiliki kualitas bahan lebih unggul

dibandingkan dengan aspal konvensional pada umumnya. Beberapa publikasi terdahulu, seperti Yusuf dan Fauziah (2017), Nugroho dan Subarkah (2018), serta Hadi dan Fauziah (2019) diketahui bahwa bahan ikat Starbit E-55 memiliki tingkat ketahanan yang baik terhadap cuaca, air, keretakan, dan deformasi. Menurut Hadi dan Fauziah (2019), menjelaskan bahwa penggunaan Starbit E-55 sebagai campuran perkerasan memberikan manfaat berupa peningkatan ataupun kemampuan perkerasan dalam hal meminimalisir risiko kerusakan akibat pembebanan ataupun proses perendaman dalam durasi tertentu.

Dalam perencanaan perkerasan jalan, untuk mengetahui kinerja suatu perkerasan tidak hanya berpedoman pada hasil laboratorium saja. Hasil suatu pengujian perlu diperkuat dengan hasil lanjut menggunakan metode analisis. Metode analisis ini terbagi atas dua, yaitu metode empiris dan mekanistik-empiris. Metode empiris merupakan suatu metode yang diformulasikan berdasarkan hubungan statistik dengan menghubungkan antara kerusakan jalan dengan desain jalan. Sedangkan metode mekanistik-empiris didasarkan pada sifat suatu material dan kaidah teoritis yang diperkuat dengan adanya respon struktur dari suatu perkerasan jalan, dengan menggunakan metode mekanistik-empiris maka jenis kerusakan jalan dapat diprediksi dan nantinya dapat ditindaklanjuti dengan proses redesain ataupun tindakan-tindakan perantisipasian lainnya. Salah satu program dengan penerapan mekanistik-empirik adalah program KENPAVE.

Program KENPAVE merupakan sebuah *software* yang digunakan untuk menganalisis berbagai jenis kerusakan pada struktur perkerasan jalan. Program ini dapat menganalisis berbagai karakteristik lapis perkerasan jalan seperti *linear*, *non-linear*, *viscoelastic* maupun kombinasi ketiganya.

Pada makalah ini, akan disajikan lebih khusus mengenai perbandingan kinerja

struktur perkerasan yang menggunakan AC-WC berbahan ikat Starbit E-55 dan Pen 60/70 dengan menggunakan metode elastik linear yang diperkuat dengan penerapan analisis mekanistik-empiris melalui program KENPAVE. Menurut Hakim dan Kushari (2019), program KENPAVE merupakan model matematik yang relatif simpel untuk memodelkan struktur perkerasan. Dalam penelitian Ramadhani dan Fauziah (2018), menyebutkan bahwa hasil desain perkerasan jalan yang dilanjut dengan program KENPAVE dapat digunakan untuk mengetahui ketebalan lapisan perkerasan yang sesuai dengan beban lalu lintas selama umur rencana. Penelitian lain tentang penggunaan program KENPAVE dilakukan oleh Pambudi dan Fauziah (2021), bahwa program KENPAVE memudahkan perhitungan nilai tegangan, regangan, dan lendutan di berbagai titik struktur perkerasan jalan yang digunakan untuk menganalisis kerusakan jalan. Lebih lanjut, Suwanda dan Kushari (2019) dalam penelitiannya tentang perbandingan desain struktur perkerasan lentur di ruas Jalan Tempel-Pakem Yogyakarta menyebutkan bahwa analisis perkerasan lentur dengan menggunakan program KENPAVE dapat memberikan hasil berupa prediksi kerusakan pada setiap lapisan perkerasan perkerasan jalan sehingga perencanaan perkerasan jalan dapat dilakukan dengan menggunakan berbagai macam alternatif yang aman dan efisien.

## METODOLOGI

Analisis data berdasarkan data sekunder yang diperoleh dari Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional Jawa Tengah-DI Yogyakarta berupa data jumlah kendaraan/lalu lintas harian rerata (LHR). Selain menggunakan data lalu lintas harian rerata (LHR), data lain yang digunakan adalah data material aspal dan pengujian *Marshall Standard* yang kemudian dianalisis nilai *stiffness of modulus* yang didapatkan dari penelitian Hadi, dkk (2021).

## Stiffness Modulus

Aspal merupakan salah satu material *viscoelastic* yaitu dapat berubah keadaan dari viskos ke elastis. Perubahan tersebut bergantung pada temperatur dan lama pembebanan yang terjadi. Aspal akan bersifat *viscous-liquid* saat temperatur tinggi dan waktu pembebanannya yang lama. Sedangkan aspal akan bersifat elastis padat saat temperatur rendah dan waktu pembebanannya yang singkat.

*Stiffness* merupakan salah satu karakteristik dari material aspal yaitu tahan terhadap suatu deformasi yang timbul akibat dipengaruhi oleh suhu dan lama waktu pembebanan. Modulus kekakuan dijadikan salah satu parameter yang baik digunakan dalam merencanakan atau mengevaluasi kinerja dari campuran beraspal. Ada dua jenis kekakuan (*Stiffness*) dalam campuran perkerasan, yaitu *stiffness modulus of bitumen* ( $S_{bit}$ ) dan *stiffness modulus of mixture* ( $S_{mix}$ ).

$S_{bit}$  merupakan kekakuan bitumen yang dipengaruhi temperatur, lama waktu pembebanan, *recovering softening of bitumen*, dan *penetration index*. Modulus kekakuan aspal dapat didefinisikan sebagai perbandingan antara regangan dengan tegangan kekakuan dari suatu material. Dalam makalah ini, perhitungan  $S_{bit}$  dilakukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$S_{bit} = 1,154 \times 10^{-7} \times t^{-0,368} \times t \times 2,718^{-Pir} \times (Spr - T)^5 \quad (1)$$

Dengan:

$Pir$  = *Recoverde penetration index asphalt*

$$Pir = \frac{1951,4 - 500 \log Pr - 20 \times Spr}{50 \log Pr - Spr - 120,4} \quad (2)$$

T = Temperatur aspal

Pr = *Recovered Penetration* pada suhu 25°C

- $Pr = 0,65 \times Pi$
- $Pi =$  Penetrasi awal
- $t =$  Lama pembebanan

$S_{mix}$  adalah kekakuan campuran perkerasan dalam menopang beban, dalam hal ini adalah beban roda. Kekakuan tersebut bergantung pada lama pembebanan dan temperatur, seperti halnya aspal. Kekakuan campuran perkerasan ini berperan penting dalam analisis regangan dan tegangan dari suatu perkerasan jalan. Perhitungan *Stiffness modulus of mixture* ditentukan dengan menggunakan metode Nottingham berikut ini.

$$S_{mix} = S_{bit} \times \left(1 + \frac{257,5 - 2,5 \times VMA}{n \times (VMA - 3)}\right)^n \quad (3)$$

Dengan:

$$n = 0,83 \times \log \left(\frac{4 \times 10^4}{S_{bit}}\right) \quad (4)$$

#### Analisis Mekanistik-Empiris KENPAVE

Program KENPAVE dikembangkan oleh Dr. Yang Huang, P.E pada tahun 2004 berbentuk *Windows* yang sebelumnya pada tahun 1993 berbentuk *DOS*. Program ini berfungsi untuk menganalisis perkerasan jalan, baik perkerasan lentur maupun kaku dengan lebih mudah dan fleksibel. Analisis perkerasan lentur dilakukan menggunakan program Ken Layer, sedangkan analisis perkerasan kaku menggunakan program Ken Slab. Berbagai macam jenis perkerasan jalan yang dapat dianalisis menggunakan program ini, yaitu *linear*, *non-linear*, *viscoelastic*, maupun kombinasi dari ketiganya.

Untuk dapat menganalisis suatu perkerasan jalan menggunakan program ini, maka diperlukan input data-data material dan sifat karakteristik dari suatu perkerasan seperti tebal setiap lapisan ( $t$ ), *poisson ratio* setiap lapisan ( $\mu$ ), modulus elastisitas ( $E$ ), tekanan ban, serta beban roda. Output dari program KENPAVE berupa nilai defleksi, tegangan, dan regangan pada setiap titik tinjau lapisan.

Output yang dihasilkan dari program ini akan dilakukan pengecekan pada beberapa titik kritis secara rinci terdapat dalam Tabel 1 berikut ini.

Tabel 1. Analisis Titik Kritis Pada Struktur Perkerasan

Lokasi Titik	Respon Struktur	Kegunaan
Bagian bawah pada lapis beraspal	Regangan tarik arah horizontal ( $\epsilon_t$ )	Memprediksi kerusakan <i>fatigue cracking</i> pada lapis beraspal
Bagian atas lapis pondasi atas atau bawah	Regangan desak arah vertikal ( $\epsilon_c$ )	Memprediksi kerusakan <i>rutting</i> pada lapis pondasi atas atau bawah
Bagian atas lapis tanah dasar ( <i>subgrade</i> )	Regangan desak arah vertikal ( $\epsilon_c$ )	Memprediksi kerusakan <i>permanent deformation</i> pada lapis tanah dasar

Transfer respon struktur dilakukan setelah akibat adanya beban yang melintas di atasnya. Beban tersebut dapat mengakibatkan kerusakan sehingga dapat diprediksi nilai kerusakan yang terjadi pada suatu perkerasan jalan. Ada tiga jenis kerusakan perkerasan jalan, yakni *fatigue cracking*, *rutting*, dan *permanent deformation*.

Analisis retak lelah (*fatigue cracking*) yang digunakan untuk mendapatkan nilai pengulangan beban sesuai dengan regangan tarik di bagian bawah lapis permukaan, yang dapat dirumuskan menggunakan persamaan berikut:

$$N_f = f_1(\epsilon_t)^{-f_2} [E]^{-f_3} \quad (5)$$

Dalam persamaan (5),  $\epsilon_t$  merupakan regangan tarik arah horizontal di bagian bawah lapis permukaan.

Konstanta nilai  $f_1$ ,  $f_2$ , dan  $f_3$  digunakan nilai rekomendasi dari Asphalt Institute 1982

masing-masing sebesar 0,0796, 3,921, dan 0,854.

Analisis retak alur (*rutting*) yang digunakan untuk mendapatkan nilai pengulangan beban sesuai dengan nilai regangan tekan di bawah pondasi, yang dirumuskan dalam persamaan berikut:

$$N_d = f_4(\epsilon_c)^{-f_5} \tag{6}$$

Dalam persamaan (6),  $\epsilon_c$  merupakan regangan vertikal di atas lapisan dasar.

Analisis deformasi permanen (*permanent deformation*) digunakan untuk mendapatkan nilai pengulangan beban pada suatu perkerasan lentur, yang dirumuskan dalam persamaan berikut:

$$N_d = f_4(\epsilon_c)^{-f_5} \tag{7}$$

Dalam persamaan (7),  $\epsilon_c$  merupakan regangan vertikal di atas lapisan dasar.

Konstanta nilai  $f_4$  dan  $f_5$  menggunakan nilai rekomendasi dari Asphalt Institute 1982 yang masing-masing nilainya sebesar  $1,365 \times 10^{-9}$  dan 4,477.

**Model Titik Tinjau Respon Struktur**

Lapisan perkerasan jalan diformulasikan menggunakan beban sumbu standar seberat 18 kips. Nilai tekanan untuk roda satu ban yang digunakan sebesar 550 KPa dengan jari-jari bidang kontak sebesar 11 cm. Sedangkan untuk jarak titik berat kedua sumbu roda sebesar 33 cm. Titik tinjau respon struktur dapat dilihat dalam Tabel 2.

Tabel 2. Titik Tinjau Respon Struktur

Respon Struktur Perkerasan	Arah Horizontal (x)	Arah Vertikal (z)
Regangan tarik arah horizontal ( $\epsilon_t$ )	Posisi 1,2,3	0,0003 cm di atas batas bawah lapis beraspal
Regangan desak arah vertikal ( $\epsilon_c$ )	Posisi 1,2,3	0,0003 cm di bawah garis tanah dasar

Berdasarkan Tabel 2, pada bagian arah horizontal untuk posisi 1 sebagai titik peninjauan nilai regangan dengan posisi di tengah roda, posisi 2 sebagai titik peninjauan nilai regangan di tepi roda, dan posisi 3 sebagai titik peninjauan nilai regangan di tengah-tengah kedua roda.

**Repetisi Beban Sumbu Standar Rencana**

Data yang digunakan merupakan data jumlah kendaraan/lalu lintas harian rerata (LHR) Tahun 2021 di Jalan Ringroad Utara Yogyakarta. Jalan Ringroad Utara Yogyakarta merupakan jalan arteri yang memiliki 2 jalur dengan 3 lajur untuk setiap arah. Data LHR dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. LHR Tahun 2021 Jalan Ringroad Utara Yogyakarta

Gol.	Jenis Kendaraan	LHR 2021
1	Sepeda Motor	22431
2	Sedan, Jeep	2004
3	Pick-Up, Minibus	8468
4	Truk 2 As ( <i>light</i> ), Truck kecil	1617
5a	Bus Kecil	54
5b	Bus Besar	53
6a	Truk 2 As (Kargo Ringan)	1035
6b	Truk 2 As (Kargo Sedang)	1636
7a	Truk 3 As	98
7b	Truk 4 As	0
7c	Truk 5 As	17
8	Kendaraan Tidak Bermotor	120

Sumber: Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional Jawa Tengah-DI Yogyakarta

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Desain Perkerasan**

Desain perkerasan jalan berpedoman pada Bina Marga 2017. Jalan dibuka pada tahun 2022 dengan umur rencana 20 tahun serta perkiraan pertumbuhan lalu lintas per tahun sebesar 4,80 % karena berada di Pulau Jawa. Berdasarkan data LHR pada Tabel 3 dan pedoman Bina Marga 2017, maka didapatkan hasil desain struktur perkerasan jalan dapat dilihat dalam Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Desain Struktur Perkerasan Jalan

Lapis Perkerasan	Tebal Lapisan (mm)
AC Wearing Course	40
AC Binder Course	160
CTB	150
Lapis Pondasi Kelas A	150

**Stiffness Modulus**

Data yang digunakan untuk mendapatkan nilai *stiffness modulus* adalah data karakteristik material aspal dan karakteristik *marshall standard* yang diperoleh dari penelitian Hadi, dkk (2021). Data tersebut secara rinci dapat dilihat dalam Tabel 5 dan Tabel 6.

Tabel 5. Karakteristik Material Aspal

Parameter	Starbit E-55		Pen 60/70	
	Spek.	Hasil	Spek.	Hasil
Penetrasi (0,1 mm)	50-80	55,8	60-70	61,5
Titik Lembek (°C)	≥ 54	54	≥ 48	48

Tabel 6. Karakteristik Marshall Standard

Pengujian	Spek.	Starbit E-55	Pen 60/70
VMA (%)	≥ 15%	15,39%	19,48%

Berdasarkan dari tabel 5 dan tabel 6 diatas, maka diperoleh nilai *Stiffness modulus* sebagai berikut.

Tabel 7. Nilai *Stiffness Modulus*

Jenis Kekakuan	Starbit E-55	Pen 60/70
<i>Sbit</i> (MPa)	7,11	5,60
<i>Smix</i> (MPa)	980,57	939,03

Dalam Tabel 7 menunjukkan bahwa nilai *Sbit* dan *Smix* pada campuran bahan ikat besarnya berbeda-beda. Adanya perbedaan dari masing-masing nilai *stiffness* tersebut menyebabkan ketahanan aspal terhadap deformasi beban juga berbeda. Berdasarkan tabel tersebut, bahan ikat yang memiliki nilai *Sbit* terbesar adalah Starbit E-55 dengan nilai 7,11 Mpa. Begitu juga dengan nilai terbesar *Smix* adalah pada bahan Starbit E-55, yaitu 980,57 MPa. Dalam hal ini, dapat dikatakan lebih unggul perkerasan AC-WC berbahan ikat Starbit E-55. Penelitian lain yang mendapatkan hasil yang sejalan dengan ini dilakukan oleh Hadi, dkk

(2021) bahwa nilai *Sbit* dan *Smix* dari bahan ikat Starbit E-55 mempunyai nilai yang relatif lebih tinggi dibandingkan Pen 60/70. Sehingga campuran tersebut memiliki tingkat ketahanan yang lebih baik terhadap deformasi.

Begitu juga dengan penelitian Hafidz, dkk (2021) didapatkan hasil bahwa nilai *Sbit* dan *Smix* campuran dengan bahan Starbit E-55 lebih tinggi dibandingkan bahan Pen 60/70, yaitu 5,5 Mpa untuk *Sbit* dan 2235,74 MPa untuk *Smix*. Oleh karena itu, campuran AC-WC dengan Starbit E-55 akan lebih stabil dalam menerima distribusi beban kendaraan. Menurut Nugraha, dkk (2021), tingginya nilai kekakuan pada bahan Starbit tersebut dikarenakan Starbit memiliki bahan tambah berjenis polimer elastomer di dalamnya sehingga lebih kuat dan tahan dari berbagai jenis kerusakan.

**Respon Mekanistik Struktur Perkerasan**

Hasil respon analisis mekanistik-empiris dengan menggunakan program KENPAVE sesuai dengan titik tinjau yang telah ditentukan berdasarkan Manual Desain Perkerasan Jalan Bina Marga 2017 dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil Respon Struktur Perkerasan

Jenis Aspal	Titik 1	Titik 2	Titik 3
Starbit E-55	$\epsilon_t$ horizontal pada 0,0003 cm di atas batas bawah lapis beraspal		
	$1,414 \times 10^{-4}$	$1,438 \times 10^{-4}$	$1,416 \times 10^{-4}$
	$\epsilon_c$ vertikal pada 0,0003 cm di bawah garis tanah dasar		
	$1,941 \times 10^{-4}$	$2,099 \times 10^{-4}$	$2,127 \times 10^{-4}$
Pen 60/70	$\epsilon_t$ horizontal pada 0,0003 cm di atas batas bawah lapis beraspal		
	$1,415 \times 10^{-4}$	$1,439 \times 10^{-4}$	$1,417 \times 10^{-4}$
	$\epsilon_c$ vertikal pada 0,0003 cm di bawah garis tanah dasar		
	$1,946 \times 10^{-4}$	$2,105 \times 10^{-4}$	$2,133 \times 10^{-4}$

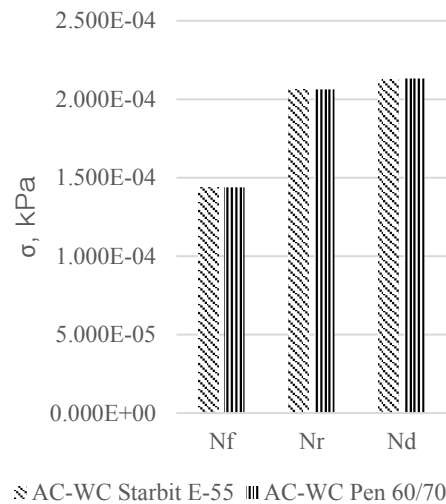
Berdasarkan tabel di atas, terlihat bahwa regangan tarik horizontal di bawah lapis beraspal terbesar terjadi pada titik di bawah tepi roda sumbu standar, yaitu titik 2. Sedangkan regangan desak vertikal paling besar terdapat pada tengah-tengah roda, yaitu titik 3. Hasil ini sesuai dengan penelitian Hakim dan Kushari (2019) bahwa titik 2 menjadi titik yang menghasilkan regangan tarik horizontal terbesar dan dalam penelitiannya regangan desak vertikal terbesar terjadi di tepi roda yaitu titik 2 atau di antara titik pertengahan kedua roda yaitu titik 3.

Dari hasil respon struktur perkerasan yang telah didapatkan maka dapat dicari prediksi nilai regangan terhadap setiap jenis-jenis kerusakan, meliputi *fatigue cracking (F)*, *rutting (R)*, dan *permanent deformation (D)*. Prediksi nilai tersebut dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Prediksi Nilai Regangan

Jenis Aspal	<i>Fatigue Cracking</i>	<i>Rutting</i>	<i>Permanent Deformation</i>
Starbit E-55	$1,438 \times 10^{-4}$	$2,061 \times 10^{-4}$	$2,127 \times 10^{-4}$
Pen 60/70	$1,439 \times 10^{-4}$	$2,063 \times 10^{-4}$	$2,133 \times 10^{-4}$

Prediksi nilai regangan untuk setiap jenis kerusakan pada bahan ikat juga disajikan dalam bentuk grafik pada Gambar 1.



Gambar 1. Prediksi Nilai Regangan Maksimum Pada Struktur Perkerasan

Hasil dari prediksi nilai regangan maksimum pada masing-masing kerusakan kemudian dianalisis untuk mendapatkan jumlah repetisi beban lalu lintas (ESAL) secara rinci dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Hasil Repetisi Beban Lalu Lintas (ESAL)

Jenis Aspal	Repetisi Beban Lalu Lintas (ESAL)	
Starbit E-55	Nf <i>Fatigue</i>	465.609.690
	Nd <i>Rutting</i>	43.351.635
	Nd <i>Deformation</i>	37.645.893
Pen 60/70	Nf <i>Fatigue</i>	464.342.280
	Nd <i>Rutting</i>	43.163.794
	Nd <i>Deformation</i>	37.174.111

Berdasarkan Tabel 10, dapat diketahui bahwa perkerasan *AC-WC* yang berbahan ikat Starbit E-55 akan mengalami kerusakan *fatigue cracking* setelah dilalui beban repetisi sebesar 465.609.609 ESAL, kerusakan *rutting* terjadi setelah dilalui beban repetisi sebesar 43.351.635 ESAL, dan kerusakan *permanent deformation* terjadi setelah jalan dilalui beban sebesar 37.645.893 ESAL.

Pada Tabel 10 juga diketahui bahwa perkerasan *AC-WC* yang berbahan ikat Pen 60/70 akan terjadi kerusakan *fatigue cracking* setelah dilalui beban repetisi sebesar 464.342.280 ESAL, kerusakan *rutting* terjadi setelah dilalui beban repetisi sebesar 43.163.794 ESAL, dan kerusakan *permanent deformation* terjadi setelah jalan dilalui beban sebesar 37.174.111 ESAL.

Kerusakan awal yang terjadi dari kedua bahan ikat tersebut adalah kerusakan *permanent deformation*. Hasil tersebut selaras dengan penelitian Hafidz, dkk (2021) bahwa kerusakan awal perkerasan jalan terjadi pada kerusakan *permanent deformation*. Begitu juga dengan penelitian Suwanda dan Kushari (2019) bahwa prediksi kerusakan awal yang akan terjadi setelah adanya beban gandar yang melintas adalah kerusakan *permanent deformation*. Adapun penelitian lain yang mendapatkan hasil serupa dilakukan oleh Hadi, dkk (2021). Dalam penelitiannya juga disebutkan bahwa prediksi kerusakan awal yang terjadi adalah kerusakan *permanent deformation*.

Campuran bahan perkerasan *AC-WC* yang menggunakan Starbit E-55 mempunyai kemampuan yang lebih unggul dalam mempertahankan kinerja jalan dibandingkan dengan menggunakan campuran Pen 60/70. Akan tetapi, penggunaan aspal Pen 60/70 juga masih mampu melayani beban lalu lintas di suatu ruas jalan apabila nilai dari beban repetisi beban rencana masih lebih besar dibandingkan dengan nilai beban lalu lintas jalan.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan di atas, maka didapatkan kesimpulan bahwa penggunaan perkerasan *AC-WC* berbahan ikat Starbit E-55 dengan Pen 60/70 memiliki perbedaan kemampuan dalam menahan berbagai jenis kerusakan yang ada. Campuran *AC-WC* yang berbahan ikat Starbit E-55 mampu menahan beban lalu

lintas yang lebih besar dibandingkan campuran *AC-WC* dengan Pen 60/70, yaitu sebesar 465.609.609 ESAL sampai terjadi kerusakan *fatigue cracking*, 43.351.635 ESAL hingga terjadinya kerusakan *rutting*, dan 37.645.893 ESAL sampai terjadi kerusakan *permanent deformation*. Sehingga campuran tersebut dapat dikatakan memiliki performa yang lebih baik dalam merespon berbagai jenis kerusakan akibat beban yang melintas di atasnya dibandingkan campuran *AC-WC* dengan penggunaan bahan ikat Pen 60/70.

## DAFTAR PUSTAKA

- Asphalt Institute. (1982). "Research and Development of the Asphalt Institute's Thickness Design Manual (MS-1), 9th edition. Research Report 82-2". Maryland, USA.
- Hadi, M.A. dan Fauziah M. (2018). "Perbandingan Karakteristik Campuran Superpave Dengan Bahan Ikat Starbit E-55 dan PEN 60/70 Akibat Pengaruh Rendaman Air Payau". Civil Engineering Environmental Disaster and Risk Management Symposium 2018. Universitas Negeri Semarang. Semarang.
- Hadi, M.A. Fauziah M. dan Subarkah. (2021). "Comparative Study of Marshall Properties and Durability of Superpave and AC-WC Pavement by Using Starbit E-55 and Pen 60/70". IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 933,1,012004. IOP Publishing.
- Hafidz, M.D. Fauziah M. dan Subarkah. (2021). "Studi Perbandingan Karakteristik Fisik Dan Mekanik Campuran AC-WC Dan Campuran Aspal Porus Dengan Variasi Bahan Ikat". Tesis, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Hakim, I.N. dan Kushari, B. (2019) "Kaji Ulang Desain Tebal Perkerasan

- Pada Ruas Jalan Pakem-Prambanan Untuk Mengatasi Peningkatan Status Jalan”. Konferensi Nasional Inovasi Lingkungan Terbangun. FTSP, Universitas Islam Indonesia.
- Kementerian PUPR Direktorat Jenderal Bina Marga. (2017). “Manual Perkerasan Jalan Nomor 04/SE/Db/2017”. Kementerian PUPR Direktorat Jenderal Bina Marga. Jakarta.
- Nugraha, A.A., M.D. Fauziah M. dan Subarkah (2021). “Pengaruh Steel Slag Sebagai Substitusi Agregat Kasar dan Aspal Starbit E60 Sebagai Bahan Ikat Pada Perkerasan Campuran Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC)”. Tesis, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Nugroho, A. dan Subarkah. (2018). Perbandingan Karakteristik Campuran Hot Rolled Asphalt (HRA) Berbahan Ikat Aspal Pertamina Pen 60/70 Dan Starbit E-55 Dengan Substitusi Filler Abu Ampas Tebu. Skripsi, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Pambudi, R.A. dan Fauziah M. (2021). “Evaluasi Perancangan Struktur Perkerasan Dengan Metode Bina Marga 2017 Dan Program KENPAVE Menggunakan Pendekatan Elastik Dan Viskoelastik Studi Kasus: Jalan Simpang Pundu – Tumbang Samba”. Skripsi, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta
- Ramadhani, R.I. dan Fauziah M. (2018). “Evaluasi Tebal Perkerasan Lentur Dengan Metode Bina Marga 2013 Dan Metode Mekanistik-Empirik Menggunakan Program KENPAVE”. Skripsi, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta
- Subarkah dan Wisnu, R. (2015) “Pengaruh Tipe Gradasi Agregat Terhadap Sifat Beton Aspal Dengan Bahan Pengikat Aspal Pertamina Pen 60/70 Dan Aspal Starbit E-55 Campuran AC-WC”. Jurnal Teknisia, Vol. XX No.1.
- Suwanda, A.M. dan Kushari, B. (2019). “Analisis Perbandingan Desain Struktur Perkerasan Lentur Menggunakan Metode Mekanistik Empiris Dengan Pemodelan Viskoelastik Dan Elastik Pada Ruas Jalan Tempel – Pakem Yogyakarta”. Skripsi, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Yusuf, N.A.N. dan Fauziah M. (2017). “Kinerja Campuran Stone Matrix Asphalt Dengan bahan Ikat Pen 60/70 dan Starbit E-55 Akibat Lama Rendaman Air Laut”. Skripsi, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.





# THE 3<sup>rd</sup> CE REFORM

**€ReForm**  
CIVIL ENGINEERING RESEARCH FORUM



JURUSAN  
TEKNIK SIPIL

- [ce.reform@uii.ac.id](mailto:ce.reform@uii.ac.id)
- [civil.uui.ac.id/3rd-cereform](http://civil.uui.ac.id/3rd-cereform)
- 0823-8653-4836

ISSN 2962-2697



9 772962 269009