

## **ANALISIS PENGARUH PENAMBAHAN SERBUK KARET ALAM (SKAT) PADA FLEXIBLE PAVEMENT LAPIS AC-WC TERHADAP NILAI MODULUS RESILIEN DAN KETAHANAN DEFORMASI**

**Fairuz Muhammad Ananta, Joni Arliansyah\*, Edi Kadarsa**

Magister Teknik Sipil, Universitas Sriwijaya, Indonesia<sup>1,2,3</sup>

Email: Faiananta10@gmail.com, joniarliansyah@yahoo.com\*,

Aedikadarsah@gmail.com

### **Abstrak**

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis pengaruh penggunaan Serbuk Karet Alam Teraktivasi (SKAT) yang merupakan gabungan dari karet alam dan karet sintesis terhadap flexible pavement lapis AC-WC untuk mendapatkan hasil yang lebih baik lagi pada campuran beraspal khususnya pada menahan deformasi, retak alur, gelombang. Data-data yang terdapat dalam penelitian ini merupakan data primer yang diambil langsung dengan melakukan pengujian laboratorium. Sampel dalam penelitian ini dibagi aspal dengan 0% campuran skat, 30% campuran skat dan 35% campuran skat terhadap marshall, modulus resilien dan ketahanan deformasi sebagai variabel pengujian nya. Hasil dari penelitian ini bahwa skat terbukti dapat memperbaiki performa aspal pada sektor defomasi namun sebaliknya tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap modulus resilien karena tidak tahan dalam suhu yang tinggi.

**Kata kunci:** Aspal Karet, SKAT, Modulus Resilien, Ketahanan Deformasi.

### **Abstract**

*This study was conducted to analyze the effect of using Activated Natural Rubber Powder (SKAT) which is a combination of natural rubber and synthetic rubber on AC-WC layer flexible pavement to get better results on asphalt mixtures, especially in resisting deformation, groove cracking, waves. The data contained in this study is primary data taken directly by conducting laboratory testing. The sample in this study was divided into asphalt with 0% skating mixture, 30% skating mixture and 35% skating mixture against marshall, resilience modulus and deformation resistance as the test variables. The results of this study show that skating is proven to improve asphalt performance in the deformation sector but on the contrary does not have a significant effect on the resilience modulus because it cannot withstand high temperatures.*

**Keywords:** Asphalt Rubber, SKAT, Resilient Modulus Deformation Resistance

## **Pendahuluan**

Daya tahan dari konstruksi perkerasan sangat dipengaruhi oleh bahan penyusun yang digunakan sebagai komposisi campuran material yang digunakan yang meliputi agregat, aspal serta bahan tambahan yang digunakan jika diperlukan. Komposisi dari material yang digunakan harus mampu menghasilkan campuran perkerasan dengan tingkat kekerasan yang diinginkan sesuai kebutuhan jalan serta mampu menahan beban yang kuat sesuai tujuan masa layan.

Menurut manual desain perkerasan 2017, parameter yang penting dalam analisis struktur perkerasan adalah data lalu lintas yang diperlukan untuk menghitung beban lalu lintas rencana yang dipikul oleh perkerasan selama umur rencana. Beban dihitung dari volume lalu lintas pada tahun survei yang selanjutnya diproyeksikan ke depan sepanjang umur rencana.

Jalan adalah prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian jalan, termasuk di dalamnya bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi lalu lintas, yang berada pada permukaan tanah, di atas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah dan/atau air, serta di atas permukaan air, kecuali jalan kereta api, jalan lori, dan jalan kabel (UU nomor 34 tahun 2006 tentang Jalan). Jalan memungkinkan masyarakat lokal maupun luar untuk mendapatkan akses pelayanan, pendidikan, kesehatan dan pekerjaan. Untuk itu diperlukan perencanaan struktur perkerasan yang kuat, tahan lama dan mempunyai daya tahan tinggi terhadap deformasi plastis yang terjadi.

Salah satu upaya untuk meningkatkan mutu dari aspal agar sistem perkerasan mampu menahan deformasi adalah dengan menggunakan campuran karet kedalam aspal. Peningkatan mutu aspal dengan penambahan karet alam dilakukan melalui proses pencampuran. Pencampuran kedua bahan ini, karet alam dan aspal dapat meningkatkan kinerja aspal antara lain mengurangi deformasi pada perkerasan, meningkatkan ketahanan terhadap retak dan meningkatkan kelekatan aspal terhadap agregat (Suroso, 2007). Campuran karet yang digunakan pada aspal terdapat dua macam yaitu karet alam dan karet sintetis.

Selain menghasilkan aspal dengan kualitas tinggi penerapan aspal karet ini mampu meningkatkan penyerapan karet alam di dalam negeri mengingat Indonesia merupakan salah satu negara penghasil karet terbesar di dunia. Campuran pada aspal karet terus dikembangkan untuk mendapatkan hasil perkerasan yang lebih baik lagi. Campuran dari karet alam yang digunakan adalah hasil dari petani karet berupa latex padat, sedangkan campuran dari karet sintetis digunakan salah satunya dari limbah ban bekas. Dari sisi permintaan, penggunaan aspal di dalam negeri mencapai 1,6 juta ton/tahun, dengan demikian jika kadar karet yang digunakan adalah 5-7% maka total pemakaian karet berpotensi mencapai 112.000 ton/tahun. Potensi penyerapan karet untuk aditif aspal sangat besar, mengingat panjang jalan yang telah beraspal saat ini baru mencapai 326.629 Km, masih terdapat 211.2019 Km jalan yang belum beraspal. Selain jalan biasa, jalan tol pun terus berkembang dimana pada tahun 2015 baru

mencapai 1000 Km akan terus meningkat dan diperkirakan mencapai 3000 Km pada Tahun 2025 (EBID, 2021).

Penelitian lain dilakukan oleh Sousa, dkk. (2012) yang menggunakan campuran serbuk karet ban bekas yang di aktivasi dan direaksikan dengan material hidrokarbon (*soft bitument*) dan suatu *stabilizer* aspal (*binder stabilizer*). Campuran dari beberapa material itu diproduksi dan diaktivasi dengan proses sedemikian rupa hingga membentuk butiran karet kering teraktivasi yang disebut *Reacted and Activated Rubber* (RAR) (Chen, Gong, Ge, You, & Sousa, 2019). Konsep pembuatan dan pencampuran produk RAR tersebut menjadi awal mula peng gagasan produksi campuran serbuk karet ban bekas dan karet alam pada campuran beraspal di Indonesia yang disebut Serbuk Karet Alam Teraktivasi (SKAT). Hasil dari penelitian Sousa dkk. (2012) aspal yang dimodifikasi dengan RAR memiliki nilai yang lebih baik dari aspal tanpa modifikasi dalam pengujian *draindown*, *fatigue*, dan pengujian *rutting*.

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Pusat penelitian jalan dan jembatan Bandung oleh T. Wasiah (2010), penambahan karet sintetis pada aspal dapat menaikkan titik lembek lebih tinggi sehingga aspal lebih tahan terhadap gelombang, sedangkan aspal yang ditambahkan dengan karet alam mampu menahan retak alur dengan baik sekali (Rodhilla, 2019). Berdasarkan keseluruhan penjelasan mengenai keunggulan penggunaan campuran karet pada aspal dari beberapa penelitian terdahulu yang dilakukan, maka pada penelitian ini dilakukan analisis pengaruh penggunaan Serbuk Karet Alam Teraktivasi (SKAT) yang merupakan gabungan dari karet alam dan karet sintetis terhadap *flexible pavement* lapis AC-WC untuk mendapatkan hasil yang lebih baik lagi pada campuran beraspal khususnya pada menahan deformasi, retak alur, gelombang.

### **Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian dari Pemanfaatan Serbuk Karet Alam Teraktivasi (SKAT) Terhadap *Flexible Pavement* Lapis AC-WC Dengan Pengujian Modulus Resilien dan Ketahanan deformasi adalah :

1. Untuk mengetahui karakteristik hasil pengujian *Marsshall* dengan menggunakan tambahan SKAT pada campuran beraspal AC-WC berdasarkan masing-masing variasi dari jenis campuran
2. Untuk mengetahui hasil pengujian Modulus Resilien dengan menggunakan tambahan SKAT pada campuran beraspal berdasarkan masing-masing variasi dari jenis campuran?
3. Untuk mengetahui hasil pengujian Ketahanan deformasi dengan menggunakan tambahan SKAT pada campuran beraspal berdasarkan masing-masing variasi dari jenis campuran?

### **Tinjauan Pustaka**

#### **1. Serbuk Karet Alam Teraktivasi (SKAT)**

Menurut spesifikasi PU Bina Marga 2017 Serbuk Karet Alam Teraktivasi (SKAT) adalah campuran dari serbuk karet alam dan ban bekas (*Ground tire rubber*)

yang direaksikan dan diaktivasi dengan hidrokarbon (SKAT) yang pencampurannya dengan aspal di *pugmill* (Ibrahim, Rifin, Djohar, & Barat, 2018). Teknologi SKAT terbuat dari karet alam mentah padat yang dicampurkan dengan serbuk limbah ban yang telah diaktivasi. Proses pembuatannya yaitu, serbuk limbah ban dicampurkan dengan karet alam mentah menggunakan *mixer* atau *pugmill*. Untuk campurannya, minimal 65% dari campuran adalah serbuk limbah ban yang digunakan. Proses pencampuran teknologi ini dirasa lebih mudah dibanding teknologi *masterbatch*. Teknologi ini dapat digunakan untuk jalanan yang berongga.



**Gambar 1**  
Serbuk Karet Alam

## 2. Pengujian *Marshall*

Pemeriksaan terhadap campuran dilakukan dengan *Marshall Test* yang bertujuan untuk menentukan ketahanan (stability) dan kelelahan (flow) dari campuran aspal dan agregat dan menentukan kadar aspal optimum untuk pengujian setelahnya (Widayanti, 2019). Metode yang digunakan untuk pembuatan aspal beton geopolimer akan mengikuti tahapan pelaksanaan metode *marshall* (SNI-06-2489-1991 atau AASTHO T 245-90, atau ASTM D 1559-76).

## 3. Ketahanan Deformasi

Ketahanan deformasi (creep) sangat dipengaruhi oleh kekakuan suatu campuran. Menurut Dandamanu (2003) pada perkerasan lapis permukaan jalan sering terjadi deformasi permanen/plastis yang diakibatkan oleh beban lalu lintas baik yang bergerak maupun yang statis. Thanaya (2016) dalam penelitiannya yang berjudul “Studi Karakteristik Campuran Aspal Beton Lapis Aus (AC-WC) Menggunakan Aspal Penetrasi 60/70 dengan Penambahan Lateks”. Pada penelitian ini dicoba membuat campuran aspal beton lapis aus (AC-WC) menggunakan aspal penetrasi 60/70 dengan penambahan lateks, dengan tujuan untuk mengetahui karakteristik campuran AC-WC pada kadar aspal optimum dengan penambahan variasi lateks 0%, 2%, 4%, 6%, 8%, dan 10% terhadap total perekat. Sampel diuji Marshall dan Dynamic Creep. Diperoleh berat jenis lateks sebesar 0,977 dan kadar kering karet sebesar 61,95% (Efendy, 2019). Kadar aspal optimum campuran didapat 5,7% dimana semua karakteristik Marshall dipenuhi. Dipilih campuran AC-WC dengan variasi lateks 4% terhadap total perekat dimana semua ketentuan sifat perekat aspal masih dipenuhi. Diperoleh Stabilitas = 1439,26 kg ( $\geq 800$  kg), Flow =

3,84 mm (2 - 4 mm), Marshall Quotient = 379,66 kg/mm ( $\geq 250$  kg/mm), VIM = 4,437 % (3 - 5 %), VMA = 15,280 % ( $\geq 15$  %), VFB = 70,961 ( $\geq 65\%$ ). Campuran yang mengandung lateks memiliki kemampuan menahan deformasi lebih baik diuji dengan dynamic creep pada suhu 40 °C.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Thanaya (2016) menunjukkan bahwa pada penambahan 4% lateks ketahanan campuran terhadap deformasi meningkat sebesar 11,9%, dan kekakuannya meningkat 14,2%. Campuran dengan dan tanpa lateks memiliki nilai kemiringan tes creep dinamik (dynamic creep slope), sesuai untuk lalu lintas berat (Thanaya, Puranto, & Nugraha, 2016). Oleh karena itu, semakin meningkatnya nilai ketahanan dan kekakuan campuran terhadap deformasi maka semakin bagus.

Pengujian ketahanan deformasi memiliki tujuan utama untuk mendapatkan total deformasi berupa total kedalaman laut, kecepatan deformasi dan stabilitas dinamis pada campuran beraspal. pengujian deformasi pada campuran beraspal dilakukan dengan alat wheels tracking mechine (WTM) dan menggunakan spesifikasi dari japan road association (JRA) 1998 sebagai standar acuan nya. Pada pengujian ini aspal dibebani oleh roda yang bergerak maju dan mundur diatas permukaan benda uji. Tingkat ketahanan deformasi suatu campuran beraspal digambarkan oleh tiga parameter hasil pengujian tersebut, yaitu nilai total deformasi yang terjadi, kecepatan deformasi (*Rate Of Deformation*), dan stabilitas dinamis (*Dinamic Stabillity*). Pada Spesifikasi Umum Bina Marga 2018, syarat pada suatu rancangan campuran beraspal terkhusus campuran beraspal panas lapis aspal beton AC-WC dapat diterima untuk diaplikasikan di lapangan pada proyek pembangunan jalan apabila memiliki stabilitas dinamis minimum 2500 lintasan/mm pada kondisi suhu pengujian 60°C.

Tekanan permukaa yang ditimbulkan dari beban roda pada alat *Wheel Tracking Mechine* adalah  $6,4 \pm 0,15$  Kg/Cm<sup>3</sup>. Nilai tekanan tersebut setara dengan beban sumbu tunggal roda ganda sebesar 8,16 Ton. Sampel yang akan dibuat pada pengujian ketahanan deformasi (WTM) ini adalah benda uji berbentuk balok dengan ukuran (30 x 30 x 5) Cm<sup>3</sup> yang dicetak dan dipadatkan menggunakan alat khusus. Setiap satu kali pengujian hanya dapat menguji satu buah sampel selama 1 jam dengan total 1260 kali perlintasan beban roda yang terbagi menjadi 21 kali perlintasan roda setiap satu menit pengujiannya.

#### 4. Pengujian Modulus Resilien

Pengujian Modulus Resilien dari sebuah campuran beraspal dengan menggunakan alat Universal Material Testing Apparatus (UMATTA) mengacu pada spesifikasi ASTM D4123-82 atau AASHTO TP31. pengujian ini dilakukan untuk mengetahui nilai modulus resilien (stiffness modulus) campuran beraspal pada beberapa kondisi suhu pengujian, pada pengujian ini variasi suhu yang digunakan adalah 25 derajat celcius, 35 derajat celcius dan 45 derajat celcius. untuk menyimulasikan kondisi suhu pada perkerasan beraspal di indonesia.

Alat UMATTA merupakan alat yang terdiri dari seperangkat alat yang disebut *Control And Data Acquisition System* (CDAS) serta seperangkat komputer personal dan perangkat lunak yang terpadu. Saat pengujian menggunakan alat ini perangkat CDAS akan menangkap data dinamik melalui *transducer* yang dipasang pada benda uji campuran beraspal dan mengubahnya menjadi sinyal-sinyal digital yang kemudian diteruskan ke perangkat lunak komputer untuk diolah dengan standar saluran komunikasi RS-232C. Hasil perhitungan dengan menggunakan alat UMATTA untuk setiap lima kali pembebanan (*Pulse*) dan secara otomatis akan dihitung oleh seperangkat komputer personal dan perangkat lunak sehingga menampilkan beberapa parameter sebagai berikut :

1. Modulus resilien campuran beraspal (*Resilient Modulus*)
  2. Waktu beban puncak (*Rise Time Peak*)
  3. Waktu pembebanan (*Time Of Loading*)
  4. Tegangan tarik (*Tensile Stress*)
  5. Beban puncak (*Peak Force*)
- Total regangan yang mampu pulih (*Total Recoverable Strain*)

### Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimental dimana hampir segala kegiatan dilakukan di laboratorium (Dewa, Mukin, & Pandango, 2020). Langkah pertama dalam penelitian ini dimulai dengan mengkaji literatur mengenai topik pembahasan yang menjadi fokus utama dalam penelitian yaitu analisis penggunaan serbuk karet alam teraktivasi (SKAT) pada *flexible pavement* lapis AC-WC terhadap nilai modulus resilien dan ketahanan deformasi. Pada penelitian ini digunakan data primer yang diambil langsung dari hasil pengujian laboratorium dengan tiga jenis pengujian. Teknik pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan data primer berdasarkan hasil pengujian laboratorium dengan berpedoman pada standar SNI.

### Hasil dan Pembahasan

#### 1. Modulus Resilien

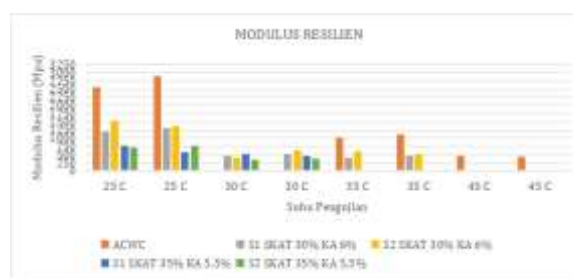
**Tabel 1**  
**Hasil Pengujian Modulus Resilien**

		Modulus Resilien						
		S2		Skat		S2 Skat		
		ACW	S1 Skat	30% KA	S1 Skat	35% KA		
Suhu	No.	C	30% KA	6%	5,5%	5,5%	Satuan	
20 C	1	-	-	-	851	801	MPa	
20 C	2	-	-	-	823	830	MPa	
25 C	1	2551	1257	1551	769	708	MPa	
25 C	2	2908	1307	1367	580	759	MPa	

Analisis Pengaruh Penambahan Serbuk Karet Alam (SKAT) Pada Flexible Pavement Lapis AC-WC terhadap Nilai Modulus Resilien dan Ketahanan Deformasi

30 C	1	-	466	411	508	332	MPa
30 C	2	-	501	615	457	362	MPa
35 C	1	1026	398	585	-	-	MPa
35 C	2	1099	467	521	-	-	MPa
45 C	1	464	-	-	-	-	MPa
45 C	2	441	-	-	-	-	MPa

Tabel 1 menunjukkan nilai hasil pengujian modulus resilien dengan satuan Mpa dengan metode pencampuran basah (S1) dan metode pencampuran kering (S2) pada campuran 35% dan 30% SKAT serta 0% campuran skat dari semua variasi kadar aspal rencana menunjukkan bahwa pengujian modulus resilien di uji dalam beberapa variasi suhu mulai dari suhu 20°C, 25°C, 30°C, 35°C, 45°C. Untuk aspal dengan campuran SKAT hanya diuji dengan suhu maksimal 30°C dan 35°C dikarenakan Kondisi aspal dengan campuran SKAT tidak dapat menahan suhu diatas tersebut. Hal ini dikarenakan campuran karet yang memiliki bentuk berupa serbuk menutupi sebagian rongga pada mineral agregat yang berukuran lebih besar sehingga membuat total rongga pada mineral agregat menjadi berkurang. Penambahan karet dalam campuran beraspal akan membuat persentase penggunaan total aspal berkurang dan mengakibatkan nilai berat jenis *bulk* aspal gabungan menjadi lebih rendah sehingga daya rekat pada benda uji semakin berkurang. Dari tabel 1 dapat dilihat pada hasil pengujian bahwa semakin tinggi suhu pengujian maka semakin rendah nilai modulus resilien yang didapat. Dari nilai modulus resilien disimpulkan bahwa kadar pencampuran terbaik yang dapat menahan pengujian modulus resilien tersebut adalah metode pencampuran kering Dengan kadar aspal 6% pada suhu pengujian 25°C. Untuk itu pada pengujian Ketahanan Deformasi (WTM) digunakan kadar aspal 6% untuk setiap benda ujinya merujuk pada hasil terbaik pada pengujian lanjut Modulus Resilien (UMATTA). Berikut dapat dilihat grafik perbandingan dari setiap variasi pengujian Modulus resilien pada gambar 2:



**Gambar 2**

**Grafik Perbandingan Hasil pengujian Modulus Resilien**

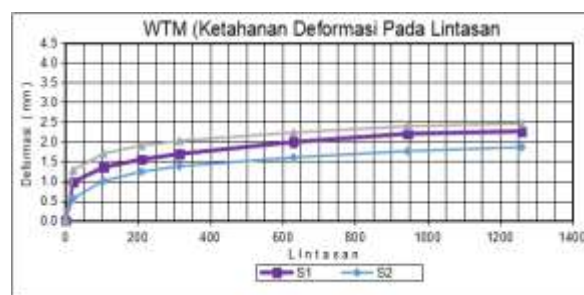
**2. Ketahanan Deformasi Dengan Alat Uji *Wheel Tracking Mechine***

**Tabel 2**

**Hasil Pengujian Ketahanan Deformai**

Waktu (menit)	Passing	Jenis contoh uji			Satuan
		S1	S2	ACWC	

0	0	0.00	0.00	0.00	mm
1	21	0.98	0.56	1.28	mm
5	105	1.35	1.01	1.70	mm
10	210	1.55	1.24	1.90	mm
15	315	1.69	1.38	2.02	mm
30	630	1.99	1.60	2.23	mm
45	945	2.20	1.76	2.39	mm
60	1260	2.26	1.86	2.46	mm
DO = Ren Awal		1.7	1.4	1.1	mm
RD = Kecepatan Deformasi		0.004	0.0067	0.0047	mm/menit
DS = Dinamis Stabilitas		10500	6300	9000	lintasan/mm



**Gambar 3**

**Grafik Hasil pengujian Ketahanan deformasi dengan alat uji WTM pada KAO 6% dengan campuran skat 30% pada 2 metode pencampuran**

Dari tabel 2 dan gambar 3 diatas dapat dilihat bahwa deformasi paling besar terdapat pada campuran beraspal dengan 0% campuran SKAT pada passing ke 1260 sebesar 2.46 mm. Pada campuran skat dengan metode pencampuran kering KA 6% SKAT 30% didapat deformasi senilai 1.86 mm yang merupakan hasil terbaik pada pengujian ini, sedangkan pada campuran SKAT 30% KA 6% dengan metode pencampuran basah didapatkan hasil 2.20 mm namun masih lebih sedikit dibandingkan deformasi yang di hasilkan campuran ACWC. Hal ini sesuai dengan harapan bahwa pencampuran SKAT dapat mengurangi gejala kerusakan atau yang biasa disebut perubahan bentuk, ukuran dan posisi dari semula ke posisi lain dengan ukuran dan lekukan yang jauh dari semula yaitu sebuah deformasi pada aspal.

**Kesimpulan**

Kesimpulan dari Pemanfaatan Serbuk Karet Alam Teraktivasi (SKAT) Terhadap Flexible Pavement Lapis AC-WC Dengan Pengujian Modulus Resilien dan Ketahanan deformasi adalah Hasil hasil pengujian Modulus Resilien dengan menggunakan tambahan SKAT pada campuran beraspal AC-WC berdasarkan masing-masing variasi dari jenis campuran menghasilkan campuran SKAT hanya diuji dengan suhu maksimal 30oC dan 35oC dikarenakan Kondisi aspal dengan campuran SKAT tidak dapat menahan suhu diatas tersebut. Hal ini dikarenakan campuran karet yang memiliki



## Analisis Pengaruh Penambahan Serbuk Karet Alam (SKAT) Pada Flexible Pavement Lapis AC-WC terhadap Nilai Modulus Resilien dan Ketahanan Deformasi

bentuk berupa serbuk menutupi sebagian rongga pada mineral agregat yang berukuran lebih besar sehingga membuat total rongga pada mineral agregat menjadi berkurang. Semakin tinggi suhu pengujian maka semakin rendah nilai modulus resilien yang didapat. Dari nilai modulus resilien disimpulkan bahwa aspal dengan campuran SKAT menampilkan performa yang lebih rendah dibandingkan aspal dengan 0% kadar SKAT. Kadar SKAT terbaik yang menghasilkan angka terbesar dalam pengujian modulus resilien adalah metode pencampuran kering (S2) dengan 30% Campuran SKAT pada kadar aspal 6%, angka yang di dapatkan sebesar 1551 Mpa pada suhu pengujian 25oC. Hal ini tidak sebanding dengan pengujian Ketahanan deformasi dimana pada Hasil pengujiannya campuran beraspal dengan tambahan SKAT menunjukan performa yang lebih baik dari campuran AC-WC dengan 0% tambahan SKAT. Metode pencampuran kering menunjukan ketahanan deformasi terbaik dengan hanya menghasilkan deformasi 1.86 mm dalam pengujian dengan alat Wheel Tracking Mechine

## BIBLIOGRAFI

- Chen, Siyu, Gong, Fangyuan, Ge, Dongdong, You, Zhanping, & Sousa, Jorge B. (2019). Use of reacted and activated rubber in ultra-thin hot mixture asphalt overlay for wet-freeze climates. *Journal of Cleaner Production*, 232, 369–378.
- Dewa, Egidius, Mukin, Maria Ursula Jawa, & Pandango, Oktavina. (2020). Pengaruh pembelajaran daring berbantuan laboratorium virtual terhadap minat dan hasil belajar kognitif fisika. *Jurnal Riset Teknologi Dan Inovasi Pendidikan (Jartika)*, 3(2), 351–359.
- Ebid, Diyah Safitri. (2021). Pembuatan Briket Dari Campuran Cangkang Biji Karet (*Hevea Brasiliensis*) Dan Tandan Kosong Kelapa Sawit. Uin Raden Intan Lampung.
- Efendy, Anwar. (2019). Analisis Uji Ketahanan Deformasi (Creep) Campuran Aspal Beton Dengan Penggunaan Flyash Sebagai Agregat Buatan Geopolimer Untuk Perkerasan Surface Runway. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Ibrahim, Daniel, Rifin, Amzul, Djohar, Setiadi, & Barat, Jalan Padjajaran Bogor Jawa. (2018). Analisis Lokasi Industri Serbuk Karet Alam Teraktivasi (Skat) Untuk Aspal Karet. *Jurnal Penelitian Karet*, 36(1), 101–108.
- Rodhilla, Iftia. (2019). Analisis Perbandingan Karakteristik Marshall Terhadap Penambahan Plastik Jenis Hdpe Pada Campuran Aspal Dengan Variasi Ukuran Pemotongan Plastik. Universitas Islam Riau.
- Suroso, Tjitjik Wasiah. (2007). Peningkatan Kinerja Campuran Beraspal dengan Karet Alam dan Karet Sintetis. *Jurnal Jalan-Jembatan*, 24(1), 14–25.
- Thanaya, I. Nyoman Arya, Puranto, I. Gusti Raka, & Nugraha, I. Nyoman Sapt. (2016). Studi karakteristik campuran aspal beton lapis aus (AC-WC) menggunakan aspal penetrasi 60/70 dengan penambahan lateks. *Media Komunikasi Teknik Sipil*, 22(2), 77–86.
- Widayanti, Nova. (2019). Analisis Kelelahan (Fatigue) Lapis Perkerasan Lentur Pada Campuran Aspal Beton Menggunakan Agregat Buatan Fly Ash Geopolimer. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

---

**Copyright holder:**

Fairuz Muhammad Ananta, Joni Arliansyah, Edi Kadarsa (2022)

**First publication right:**  
Syntax Literate: Jurnal Ilmiah Indonesia

**This article is licensed under:**

