



## ANALISA REOLOGI DASAR ASPAL MODIFIKASI NANO ABU CANGKANG SAWIT

Fitra Ramdhani<sup>1\*</sup>, Bambang Sugeng Subagio<sup>2</sup>, Harmein Rahman<sup>3</sup>, Russ Bona Frazila<sup>4</sup>

<sup>1\*,2,3,4</sup>Program Studi Magister dan Doktor Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung

Jl. Ganesha No. 10 Bandung 40132, Jawa Barat

Telp 0222504952

<sup>1\*</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Abdurrahman

Jl. Riau Ujung No.73 Pekanbaru 28291, Riau

Telp 076138762

Alamat E-mail: fitramdhani05@gmail.com

### Info Artikel

### Abstrak

#### Sejarah Artikel:

Diterima: Des 2023

Disetujui: Des 2023

Dipublikasikan: Des 2023

#### Keywords:

*Nano Palm Shell Ash, basic asphalt rheology, Nano technology*

Pengembangan aspal modifikasi dengan menggunakan nano teknologi merupakan salah satu inovasi dalam menciptakan sebuah material baru yang berskala nano meter yang mempunyai sifat lebih unggul dari material yang berukuran besar. Keunikan dari nano material yaitu semakin kecil ukuran material maka luas permukaan dan kinerja karakteristik material dalam campuran aspal semakin meningkat. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari penambahan Nano Abu Cangkang Sawit (NACS) pada bitumen terhadap sifat reologi dasar aspal. Metode penelitian menggunakan metode pengujian di laboratorium. Material nano yang digunakan adalah material abu cangkang sawit yang diperoleh dari limbah sisa pembakaran cangkang sawit yang berasal dari Riau yang kemudian diproses menjadi Nano Abu Cangkang Sawit (NACS) di laboratorium Kimia ITB. Aspal yang digunakan yaitu aspal Pen 60/70 produksi Pertamina. Penggunaan material NACS dalam modifikasi aspal dengan variasi 1%, 2%, dan 3% NACS dapat menurunkan nilai penetrasi, meningkatkan titik leleh, menurunkan nilai daktilitas dan menurunkan suhu pencampuran dan suhu pemadatan seiring dengan bertambahnya persentase NACS.

**Kata Kunci:** Nano Abu Cangkang Sawit (NACS), Reologi dasar aspal, Nano teknologi

#### Abstract

*The development of asphalt modification using nano technology is one of the innovations in creating a new material that is nano meter scale that has a superior nature of large material. The uniqueness of the material nano is the smaller the size of the material, the surface area and performance of the material characteristics in the asphalt mixture are increasing. This study aims to determine the effect of the addition of nano ash of palm shells (NACS) on bitumen on the nature of the basic rheology of asphalt. Research methods use testing methods in the laboratory. The nano material used is a palm shell ash material obtained from the residual waste of the burning of the palm shell originating from Riau which is then processed into nano ash of the palm shell (NACS) in the ITB Chemical Laboratory. The asphalt used is asphalt Pen 60/70 Pertamina production. The use of NACS material in*

*asphalt modification with variations of 1%, 2%, and 3%NACS can reduce penetration values, increase soft points, reduce ductility values and reduce mixing temperatures and compaction temperatures in line with increasing percentage of NACS*

**Keywords:** *Nano Palm Shell Ash (NACS), Basic Asphalt Rheology, Nano Technology Contribute*

© 2023

Universitas Abdurrab

✉ Alamat korespondensi:

Jl. Riau Ujung No.73 Pekanbaru 28291

E-mail: fitramdhani05@gmail.com

ISSN 2527-7073

## PENDAHULUAN

Kelapa sawit merupakan perkebunan terluas yang ada di Indonesia. Riau merupakan penghasil sawit terbesar di Indonesia yaitu 8,96 juta ton dari 45,121 juta ton produksi sawit di Indonesia dengan luas lahan sawit 3,49 ha dari 16,833 ha luas sawit yang ada di Indonesia berdasarkan data Statistik Perkebunan Unggulan Nasional 2021-2023 [1]. Dengan besarnya produksi sawit maka limbah yang dihasilkan juga semakin besar. Meningkatnya jumlah Abu Cangkang Sawit menjadi masalah lingkungan. Pemanfaatan limbah abu cangkang sawit merupakan salah satu cara untuk mengatasi masalah pencemaran lingkungan. Limbah padat dari cangkang sawit yang menghasilkan abu cangkang sawit itulah yang dimanfaatkan untuk modifikasi aspal dengan merubah material abu cangkang sawit menjadi nano material. Selain itu, abu cangkang sawit memiliki kandungan silika ( $\text{SiO}_2$ ) yang dominan untuk dimanfaatkan sebagai bahan pengganti aspal yang ekonomis dan ramah lingkungan. Modifikasi aspal dengan bahan alam telah banyak dilakukan, seperti modifikasi aspal dengan bahan alam, karet alam, asbuton, zeolit dan lain sebagainya [2-11].

Modifikasi aspal dengan bahan nano merupakan salah satu metode yang dapat meningkatkan kinerja campuran aspal karena luas permukaan yang besar dan ukuran bahan nano yang kecil (1–100 nm). Pengembangan penelitian menggunakan material nano sangat pesat karena ukurannya yang kecil (1–100 nm) dan luas permukaan yang besar, yang dapat memberikan efek jangka panjang pada kinerja perkerasan jalan [12-13]. Material nano mempunyai permukaannya yang luas dan ukurannya yang kecil sehingga material nano menunjukkan karakteristik yang spesifik dibandingkan dengan material umum dan menunjukkan beberapa sifat baru dan fitur luar biasa yang memungkinkan untuk diterapkan di bidang perkerasan aspal sebagai bahan tambahan [14].

Material nano dapat digunakan untuk mengembangkan material perkerasan baru yang dapat menahan beban lalu lintas dan kondisi lingkungan. Material nano yang campurkan ke dalam aspal dapat meningkatkan kinerja campuran aspal terutama dalam alur dan retak. Nano abu tempurung kelapa secara signifikan meningkatkan sifat dan kinerja campuran aspal serta dapat mengurangi

penuaan [15]- Selain itu Nano Abu tempurung Kelapa dapat menghasilkan daya rekat tinggi antara bitumen dan partikel agregat [16]. Karakteristik material modifikasi aspal dapat dipengaruhi dari beberapa factor salah satunya yaitu dilihat dari ukuran materialnya pengisinya. Semakin kecil ukuran partikel maka semakin tinggi ikatan antar partikel tersebut.

Berdasarkan beberapa hal tersebut terkait campuran beraspal dengan nano material khususnya modifikasi aspal dengan material nano abu cangkang sawit sebagai pengganti aspal belum banyak dilakukan, Akan tetapi material abu cangkang sawit sudah banyak diteliti sebagai material pengganti filler dalam campuran beraspal. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan bertujuan untuk menganalisa reologi dasar aspal modifikasi nano abu cangkang sawit. Adapun modifikasi yang digunakan pada penelitian ini adalah aspal pen 60/70 dengan Nano Abu Cangkang Sawit (NACS). NACS sebagai bahan pengubah potensial dalam pengikat aspal.

## **TINJAUAN PUSTAKA**

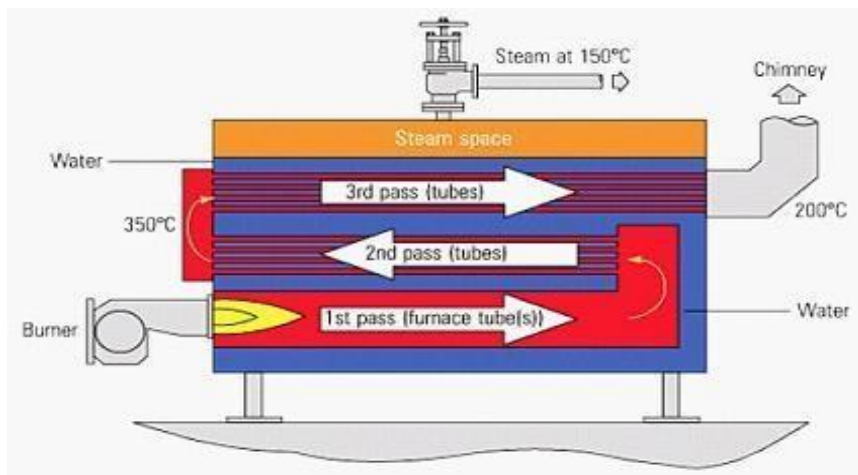
Kelapa sawit adalah tumbuhan industri penghasil minyak masak, minyak industri, maupun bahan bakar (biodiesel). Tinggi kelapa sawit dapat mencapai 2,4 meter. Bunga dan buahnya berupa tandan, serta bercabang banyak. Buahnya kecil dan apabila masak, berwarna merah kehitaman. Cangkang (tempurung atau endoskrap), kelapa sawit merupakan limbah padat sawit hasil pemisahan daripada inti sawit dengan menggunakan alat hidrocyclone separator yang dapat dimanfaatkan sebagai pengeras jalan atau dibuat arang atau briket untuk keperluan industry [17]. Cangkang kelapa sawit mempunyai struktur kulit yang sangat tebal dan keras serta banyak mengandung zat kersik ( $\text{SiO}_2$ ). Silika dioksida ini dapat meningkatkan kekuatan tekan campuran beraspal karena dapat mengurangi susut dan meningkatkan daya tahan terhadap keretakan. Selain itu pori-pori cangkang kelapa sawit lebih rapat sehingga lebih kaku dan padat. Pemanfaatan cangkang sebagai bahan bakar karena mengandung karbon aktif maka dapat langsung dipakai, oleh karena itu pada Pabrik Kelapa Sawit (PKS) limbah padat ini digunakan sebagai sumber penghasil panas dari tungku boiler.

Berat jenis abu cakang kelapa sawit sebesar  $2,199 \text{ gr/cm}^3$  [18]. Abu cangkang kelapa sawit memiliki kandungan utama silikon oksida ( $\text{SiO}_2$ ) yang memiliki sifat reaktif dan aktivitas pozzolanik bagus yang bisa beraksi menjadi bahan yang keras dan kaku. Gambar abu cangkang kelapa sawit dapat dilihat pada Gambar 1. berikut ini:



Gambar 1. Abu Cangkang Kelapa Sawit

Abu cangkang sawit atau abu boiler adalah **limbah padat pabrik kelapa sawit hasil dari sisa pembakaran cangkang dan serat di dalam mesin boiler**. *Boiler* dikenal sebagai ketel uap adalah sebuah bejana yang dipergunakan sebagai tempat memproduksi uap (*steam*), dimana bejana ini berisi bahan bakar dari limbah *agrikultur* ataupun pertambangan. *Boiler* merupakan alat utama yang digunakan pada pabrik kelapa sawit. Oleh karenaitu banyak limbah yang dihasilkan dari penggunaan *boiler* ini. Limbah yang dihasilkan berupa abu dan kerak yang melekat pada dinding *boiler* tersebut. Mesin *Boiler* penghasil limbah kerak *boiler* cangkang sawit ditunjukkan pada Gambar 2. dibawah ini:



Gambar 2. Mesin Boiler

Dalam pabrik kelapa sawit Ketel uap (*Boiler*) merupakan jantung dari sebuah pabrik kelapa sawit. Dimana, ketel uap inilah yang menjadi sumber tenaga dan sumber uap yang akan dipakai untuk mengolah kelapa sawit. Uap (energi kalor) yang dihasilkan ketel uap dapat digunakan pada semua peralatan yang membutuhkan uap di pabrik kelapa sawit, terutama *turbin*. *Turbin* disini

adalah turbin uap dimana sumber penggerak generatornya adalah uap yang dihasilkan dari ketel uap. selain *turbin* alat lain di pabrik kelapa sawit yang membutuhkan uap seperti di *sterilizer* (Alat untuk memasak TBS) dan di stasiun pemurnian minyak.

Abu cangkang sawit (ACS) dapat dimanfaatkan sebagai filler memberikan keuntungan secara ekonomis dan ramah lingkungan. Abu cangkang sawit adalah abu yang telah mengalami proses penggilingan pada proses pembakaran cangkang dan serat buah pada suhu 500-700<sup>0</sup>C pada dapur tungku boiler. Pembakaran cangkang dan serat buah menghasilkan kerak yang keras berwarna putih keabuan akibat pembakaran dengan suhu tinggi dengan kandungan silica 49,2% [19].

## METODE

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini dilakukan dengan pendekatan studi laboratorium yaitu melaksanakan pengujian hingga diperoleh data berdasarkan hasil pengujian. Material yang digunakan pada penelitian ini yaitu aspal yang digunakan pada penelitian ini adalah aspal keras produksi PT. Pertamina Penetrasi 60/70, Abu Cangkang Sawit (ACS) dari limbah hasil produksi kelapa sawit PT. Jatim Propertindo yang berasal dari Kabupaten Siak, Provinsi Riau yang diproses menjadi material nano dengan metode nano teknologi yaitu dengan cara proses koprespirasi dan metode menggunakan alat ball mill. Material Nano Abu Cangkang Sawit dapat dilihat pada Gambar 3. Pengujian reologi dasar dilakukan pada campuran aspal Pen 60/70 dan NACS dengan proporsi NACS yang telah ditentukan. Adapun pengujian reologi dasar yang dilakukan adalah pengujian penetrasi, pengujian titik lembek, pengujian daktilitas dan pengujian viskositas. Hasil data pengujian laboratorium dianalisis dan disusun dalam bentuk table dan grafik berdasarkan teori dan hasil penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, selanjutnya dari hasil tersebut di tarik kesimpulan.

Tabel 1. Kombinasi Campuran Aspal Modifikasi NACS

Jenis Sampel	Aspal Pen 60/70 (%)	Komposisi NACS (%)
Pen 60/70	100	0
NACS 1%	99	1
NACS 2%	98	2
NACS 3%	97	3

Tabel 2. Pengujian Sifat Reologi Dasar

No.	Jenis Pengujian	Standar Pengujian
1.	Penetrasi 25 °C; 100 gram; 5 detik; 0.1 mm	SNI 2456-2011
2.	Titik Lembek, °C	SNI 2434-2011
3.	Daktilitas 25 °C, 5 cm/menit	SNI 2434-2011
4.	Viskositas	ASTM D2170-10



Gambar 3. Material Nano Abu Cangkang Sawit (ACS)

## HASIL DAN PEMBAHASAN

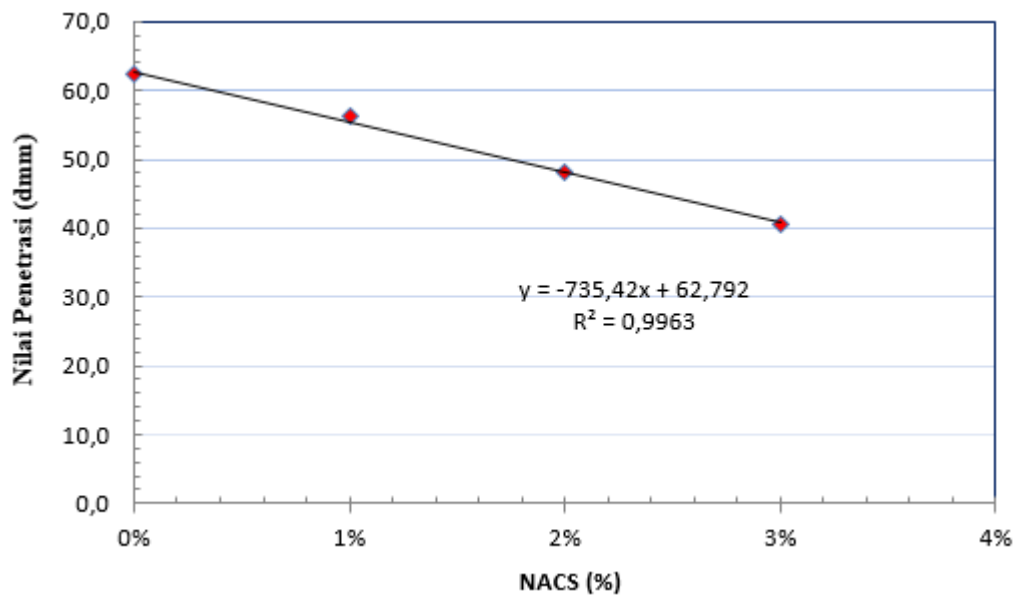
Analisis hasil pengujian yang telah dilakukan dengan berbagai variasi kadar NACS dapat diketahui seberapa besar pengaruh penambahan kadar NACS dalam bitumen terhadap parameter dasar reologi. Hubungan kadar NACS dengan nilai penetrasi yang diperoleh dari hasil pengujian disajikan pada Gambar 2

Berdasarkan hasil pengujian dapat dilihat dari Gambar 2 menjelaskan bahwa dengan penambahan NACS dapat menurunkan nilai penetrasi sehingga meningkatkan kekerasan dari bitumen. Dari tinjauan tersebut diperoleh hubungan kadar karet remah SIR20 (Kr) dan nilai penetrasi (Pen), sebagai berikut:

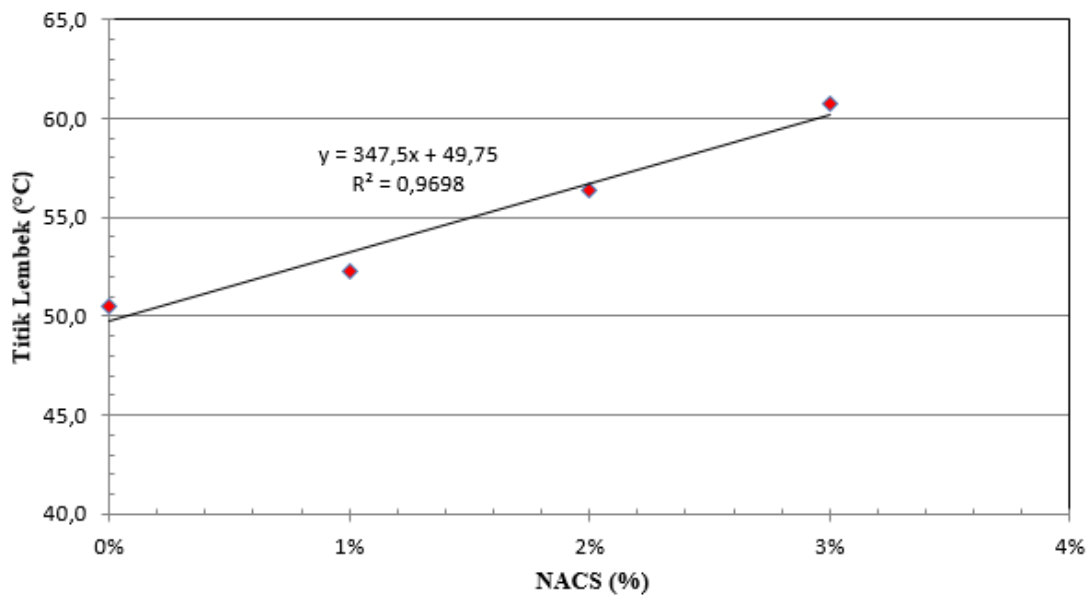
$$\text{Pen} = -735,42 (\text{NACS}) + 62,792$$

Dengan:

NACS = Nano Abu Cangkang Sawit



Gambar 4. Hubungan NACS dan Nilai Penetrasi



Gambar 5. Hubungan NACS dan Nilai Titik Lembek

Penambahan NACS 1%, 2%, 3% (dari berat aspal) dapat menurunkan nilai penetrasi sampai dengan 40,4 dmm dan titik lembek meningkat dari 50,5°C sampai 60,7°C. Penurunan nilai penetrasi ini, mengindikasikan aspal semakin keras dalam batas-batas tertentu peningkatan nilai kekerasan aspal akan semakin baik karena tingkat kekerasan aspal ini berhubungan dengan nilai modulus kekakuan aspal. Modulus kekakuan aspal berhubungan dengan modulus kekakuan campuran. Penetrasi aspal mengidentifikasi tingkat kekerasan aspal. Aspal dengan penetrasi rendah cocok digunakan pada daerah dengan iklim panas. Hal ini dikarenakan aspal dengan

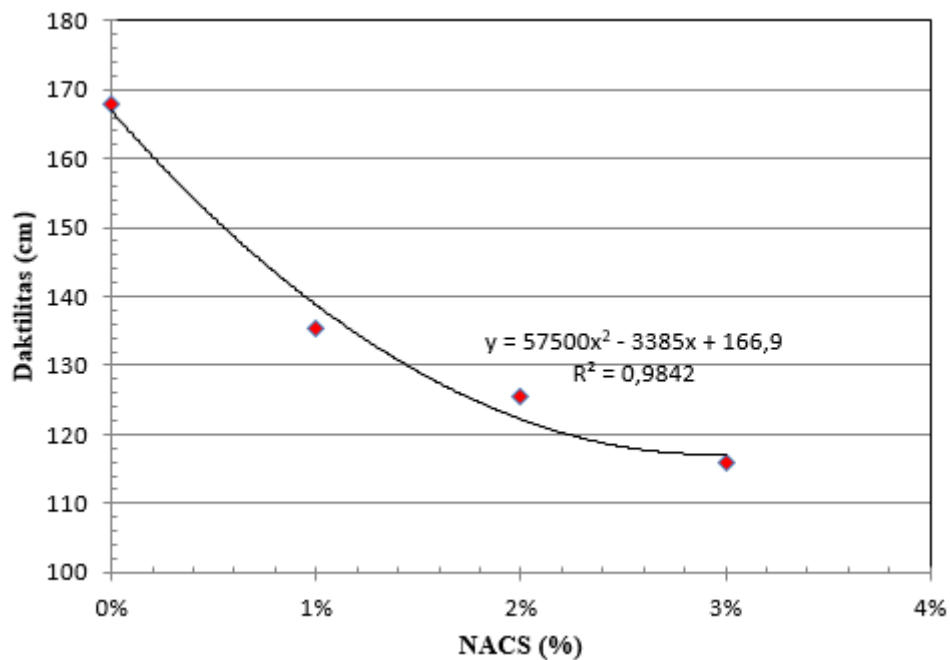
penetrasi rendah cenderung memiliki titik lembek dan ketahanan rutting yang lebih tinggi, sehingga memperpanjang masa pakai aspal.

Hubungan NACS dan titik lembek (*Softening Poin*) dengan penambahan NACS pada campuran aspal pen 60/70, secara konsisten meningkatkan temperatur *Softening Poin*. Dari tinjauan tersebut diperoleh hubungan NACS dan titik lembek (*Softening Poin*), sebagai berikut:

$$SP = 347,5 (NACS) + 49,75$$

Dimana:

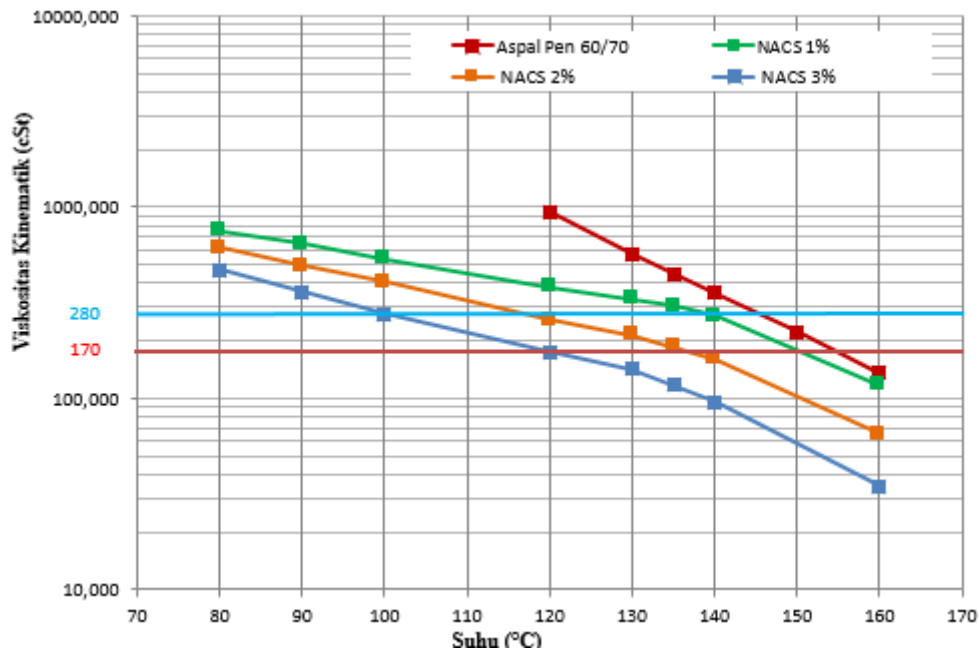
NACS = Nano Abu Cangkang Sawit



Gambar 6. Hubungan NACS dan Daktilitas

Dari tinjauan daktilitas pada Gambar 4. menunjukkan bahwa penambahan NACS pada campuran aspal pen 60/70 mengalami penurunan secara konsisten yang berarti menurunkan ketahanan aspal terhadap retak dalam penggunaannya sebagai lapis perkerasan.





Gambar 7. Grafik Hubungan Viskositas dan Temperatur Aspal modifikasi NACS

Berdasarkan hasil uji viskositas aspal menggunakan alat Saybolt Furol, yang menunjukkan bahwa penambahan NACS sebesar 1%, 2%, 3% dapat menurunkan suhu pencampuran 5°C, 18°C, dan 35°C dan suhu pemadatan turun berturut-turut sekitar 5°C, 28°C, dan 45°C dari aspal control (Pen 60/70). Hal ini dikarenakan unsur yang dominan terkandung dalam NACS adalah unsur silika sebesar 69,81%. Dimana unsur silika mempunyai sifat dan morfologinya yang unik, diantaranya: luas permukaan dan volume porinya yang besar, dan kemampuan untuk menyerap berbagai zat seperti air, oli dan bahan radioaktif. Pada umumnya silika bisa bersifat hidrofobik ataupun hidrofilik sesuai dengan struktur dan morfologinya. Selain itu, unsur silika juga bersifat nonkonduktor, memiliki ketahanan terhadap oksidasi dan degradasi termal yang baik. Berdasarkan hasil pengujian dapat dinyatakan bahwa unsur silika yang terkandung dalam NACS ini membentuk sebuah komposit material yang baik yang ditunjukkan oleh kemampuannya untuk memperbaiki kinerja aspal modifikasi. Kinerja yang lebih baik tersebut terbentuk disebabkan adanya ikatan interface antara SiO<sub>2</sub> dengan aspal.

## SIMPULAN

Penggunaan material NACS dalam modifikasi aspal dengan variasi 1%, 2%, dan 3% NACS dapat menurunkan nilai penetrasi, meningkatkan titik leleh, menurunkan nilai daktilitas dan menurunkan suhu pencampuran dan suhu pemadatan seiring dengan bertambahnya persentase NACS. Penambahan NACS sebesar 1%, 2%, 3% dapat menurunkan suhu pencampuran 5°C, 18°C, dan 35°C dan suhu pemadatan turun berturut-turut sekitar 5°C, 28°C, dan 45°C dari aspal control (Pen 60/70). Dapat disimpulkan bahwa aspal modifikasi nano abu cangkang sawit

merupakan Aspal Campuran Hangat (*Warm mix asphalt/ WMA*) karena dapat diproduksi dengan suhu 35°C lebih rendah dari pada campuran panas (*Hot mix asphalt/ HMA*). *WMA* merupakan salah satu teknologi campuran beraspal yang dianggap lebih ramah lingkungan dan dapat mengurangi emisi gas, asap, dan bau, baik di AMP maupun di lokasi pekerjaan.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Lembaga Pengelola Dana Pendidikan (LPDP) Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan yang telah memberikan kami bantuan dana penelitian berupa beasiswa program doktor sehingga penelitian ini dapat terselesaikan.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Statistik Perkebunan Unggulan Nasional 2021-2023 Statistical Of National Leading Estate Crops Commodity 2021-2023. Direktorat Jenderal Perkebunan. 2023
- [2] Ramdhani, Fitra. The Evaluation of Mechanical Rheology on Rubber Asphalt Modification. In: *Journal of Physics: Conference Series*. IOP Publishing, 2020. p. 012080.
- [3] Ramdhani, Fitra; Rahman, Harmein; Subagio, Bambang Sugeng. Mechanistic Rheological Evaluation of Asbuton Modified Asphalt on Stiffness Modulus of Asphalt. In: *Journal of Physics: Conference Series*. IOP Publishing, 2021. p. 012090.
- [4] Ramdhani, Fitra; Tisnawan, Rahmat; Adly, Emil. Comparison of Fatigue Crack Resistance and Permanent Deformation to Asbuton Modified Asphalt and Rubber Modified Asphalt. In: *4th International Conference on Sustainable Innovation 2020—Technology, Engineering and Agriculture (ICoSITEA 2020)*. Atlantis Press, 2021. p. 80-82.
- [5] Subagio, Bambang Sugeng, et al. The rutting resistance and resilient moduli of Pre-Vulcanized Liquid Natural Rubber modified asphaltic concrete in warm-mix temperature condition. *Journal of Civil Engineering and Management*, 2022, 28.3: 196–207-196–207.
- [6] Subagio, Bambang Sugeng, et al. Stiffness Modulus of Asphaltic Concrete Wearing Course (AC-WC) Mix Containing RETONA BLEND 55®: Theoretical and Experimental Analysis. In: *Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies Vol. 7 (The 8th International Conference of Eastern Asia Society for Transportation Studies, 2009)*. Eastern Asia Society for Transportation Studies, 2009. p. 277-277.
- [7] Carlina, Serli; Subagio, Bambang Sugeng; Kusumawati, Aine. The Performance of Warm Mix for the Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC) Using the Asphalt Pen 60/70 and the Sasobit® Additives. *Civil Engineering Journal ITB*, 2019, 26.1: 11-16.

- [8] Subagio, Bambang Sugeng, et al. Performance Evaluation of Pre-Vulcanized Liquid Natural Rubber (Pvlnr) In Hot Mix Asphaltic Concrete. *GEOMATE Journal*, 2021, 20.78: 107-114.
- [9] Subagio, Bambang Sugeng, et al. Plastic Deformation Characteristics and Stiffness Modulus of Hot Rolled Sheet (HRS) containing Buton Asphalt (ASBUTON). In: *Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies Vol. 6 (The 7th International Conference of Eastern Asia Society for Transportation Studies, 2007)*. Eastern Asia Society for Transportation Studies, 2007. p. 262-262.
- [10] Syahputra, Deka; Subagio, Bambang Sugeng; Hariyadi, Eri Susanto. Asphalt Concrete–Wearing Course (Ac-Wc) With Crumb Rubber Mixture Performance Evaluation. *Jurnal Teknik Sipil*, 2020, 26.3: 223-230.
- [11] Sentosa, Leo, et al. Stiffness Modulus of Warm Mix asphalt (WMA) Using Asbuton and Synthetic Zeolite Additives. *Geomate Journal*, 2020, 19.75: 107-114.
- [12] W.J. Steyn, Applications of nanotechnology in road pavement engineering, in: *Nanotechnology in Civil Infrastructure-A Paradigm Shift*, Springer, Verlag Berlin Heidelberg, 2011, pp. 49–84.
- [13] Hornyak, Gabor L., et al. *Introduction to nanoscience*. CRC press, 2008.
- [14] LI, Ruoyu, et al. Developments of nano materials and technologies on asphalt materials–A review. *Construction and Building Materials*, 2017, 143: 633-648.
- [15] Enieb, Mahmoud; DIAB, Aboelkasim. Characteristics of asphalt binder and mixture containing nanosilica. *International Journal of Pavement Research and Technology*, 2017, 10.2: 148-157.
- [16] Jeffry, Siti Nur Amiera, et al. Mechanical performance of asphalt mixture containing nano-charcoal coconut shell ash. *Construction and Building Materials*, 2018, 173: 40-48.
- [17] Kurnia, Aztri Yuli, et al. Pemanfaatan Limbah Cangkang Dan Abu Tandan Sawit Terhadap Karakteristik Laston Wearing Course Dan Binder Course. *Simposium II UNIID 2017*, 2017, 2.1: 507-512.
- [18] Mukhlis, Mukhlis, et al. Kinerja Marshall Immersion pada Campuran Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC) dengan Penambahan Cangkang Sawit sebagai Substitusi Agregat Halus. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Sipil*, 2018, 15.2: 99-105.
- [19] Ginting, Eko Noviandi. Pentingnya bahan organik untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas pemupukan di perkebunan kelapa sawit. *WARTA Pusat Penelitian Kelapa Sawit*, 2020, 25.3: 139-154.