

# **PENGARUH TEMPERATUR TERHADAP MODULUS ELASTISITAS DAN ANGKA POISSON BETON ASPAL LAPIS AUS DENGAN BAHAN PENGISI KAPUR**

**Arselina Wood Ward Wiyono**

Fakultas Teknik, UNTAD

Jln. Soekarno-Hatta KM. 9 Tondo

Palu Sulawesi Tengah 94118

Tlp. (0451) 422611 Fax. (0451) 422844

arselinaw@yahoo.com

**Arief Setiawan**

Fakultas Teknik, UNTAD

Jln. Soekarno-Hatta KM. 9 Tondo

Palu Sulawesi Tengah 94118

Tlp. (0451) 422611 Fax. (0451) 422844

rief\_mt@yahoo.com

## **Abstract**

Temperature affects the density of asphalt concrete which will ultimately affect the performance of the asphalt concrete. The purpose of this study was to determine the effect of temperature variation on the modulus of elasticity and Poisson ratio of asphalt concrete wearing course using hydrated lime as filler material. Lime content variations used in this study were 0 %, 25 %, and 50 %, with temperature of 20 °C, 30 °C, 40 °C, 50 °C, and 60 °C. The modulus of elasticity and the Poisson ratio were measured using the indirect tensile strength test. The results showed that higher temperatures decrease the elastic modulus of asphalt concrete. But the higher the temperature the higher the Poisson ratio, which means asphalt concrete mixtures become more flexible.

**Keywords:** wearing course, asphalt concrete, fillers, elasticity modulus, Poisson ratio

## **Abstrak**

Temperatur mempengaruhi tingkat kerapatan beton aspal yang pada akhirnya akan mempengaruhi kinerja beton aspal tersebut. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi temperatur terhadap modulus elastisitas dan angka Poisson beton aspal lapis aus yang menggunakan bahan pengisi kapur. Variasi kadar kapur yang digunakan pada penelitian ini adalah 0 %, 25 %, dan 50 %, dengan variasi temperatur adalah 20 °C, 30 °C, 40 °C, 50 °C, dan 60 °C. Pengujian modulus elastisitas dan angka Poisson menggunakan alat uji kuat tarik tidak langsung. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa semakin tinggi temperatur uji, semakin menurun nilai modulus elastisitas beton aspal. Tetapi semakin tinggi temperatur, semakin tinggi pula nilai angka Poisson, yang berarti campuran beton aspal lebih fleksibel.

**Kata-kata kunci:** lapisan aus, beton aspal, bahan pengisi, modulus elastisitas, angka Poisson

## **PENDAHULUAN**

Meningkatnya beban lalu lintas dapat menyebabkan terjadinya kerusakan dini berupa retak dan deformasi pada perkerasan jalan. Perubahan temperatur akan mempengaruhi tingkat kerapatan yang pada akhirnya akan mempengaruhi kinerja campuran beton aspal. Meningkatnya temperatur membuat nilai modulus elastisitas lapisan beraspal akan menurun yang disebabkan oleh sifat viskoelastis aspal dan hal ini kemudian mempengaruhi karakteristik lapisan beraspal.

Lapisan perkerasan jalan adalah bagian konstruksi jalan yang penting, yang menerima beban lalu lintas. Konstruksi perkerasan yang banyak dipergunakan ialah

konstruksi perkerasan lentur dengan struktur perkerasan terdiri atas beberapa lapisan, yaitu lapisan beraspal, material lepas, dan lapisan tanah dasar. Ketahanan suatu material terhadap perubahan bentuk akibat gaya yang bekerja sangat dipengaruhi oleh stabilitas dan sifat-sifat unsur penyusun material itu sendiri.

Stabilitas dan sifat-sifat unsur penyusun suatu material terhadap beban atau gaya dapat dilihat pada nilai modulus elastisitas dan angka Poissonnya. Semakin besar nilai modulus elastisitas dan semakin kecil angka Poisson suatu material, semakin kokoh dan stabil material tersebut.

Beton aspal sebagai bahan untuk konstruksi jalan sudah lama dikenal dan digunakan secara luas. Saat ini telah banyak dikembangkan berbagai macam bahan pengisi untuk meningkatkan kinerja beton aspal sebagai bahan perkerasan jalan. Salah satu bahan yang dapat digunakan sebagai bahan anti pengelupasan (*antistripping agent*) adalah kapur padam (*hydrated lime*). Selain harganya relatif murah, kapur juga merupakan suatu bahan tambang lokal di Sulawesi Tengah. Kapur merupakan sebuah benda berwarna putih dan halus yang terbuat dari batuan sedimen yang mengandung kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ). Kapur berfungsi sebagai bahan anti pengelupasan yang dapat meningkatkan durabilitas atau keawetan campuran beton aspal.

Studi ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi temperatur terhadap modulus elastisitas dan angka Poisson beton aspal lapis aus (AC-WC) dengan menggunakan kapur sebagai bahan pengisi. Pada penelitian ini dipelajari pengaruh temperatur terhadap modulus elastisitas dan angka Poisson beton aspal lapis aus pada berbagai variasi temperatur, yaitu 20 °C, 30 °C, 40 °C, 50 °C, dan 60 °C. Selain itu, dikaji pula penggunaan kapur sebagai bahan pengisi. Variasi kadar kapur yang digunakan untuk membuat campuran adalah 0 %, 25 %, dan 50 % terhadap berat total bahan pengisi abu batu pada campuran beton aspal.

Secara umum kapur bersifat hidrolik, mempunyai berat jenis rata-rata 1 kg/cm<sup>3</sup>, tidak menunjukkan pelapukan, dan dapat terbawa arus. Secara fisik kapur merupakan suatu bahan berwarna putih dan halus. Bahan dasar kapur adalah batu kapur yang mengandung kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ). Susunan kimia maupun sifat bahan dasar yang mengandung kapur ini berbeda dari satu tempat ke tempat yang lain dan bahkan dalam satu tempat pun belum tentu sama (Wiqoyah, 2006).

Kapur dalam campuran beraspal panas memberi banyak manfaat. Di antaranya adalah bertindak sebagai bahan anti pengelupasan yang dapat meningkatkan durabilitas atau keawetan campuran beton aspal dalam menerima beban lalu lintas, yang mencakup berat kendaraan dan gesekan antara roda kendaraan dan permukaan jalan, serta menahan keausan akibat pengaruh cuaca atau iklim, seperti udara, air, atau perubahan temperatur.

Batu kapur yang digunakan pada penelitian ini merupakan hasil penambangan warga Kelurahan Tondo, Kecamatan Palu Timur. Selanjutnya, dilakukan pembakaran dengan temperatur tinggi kemudian disiram dengan air sehingga menghasilkan kapur padam. Kapur padam tersebut kemudian disiram dengan air sehingga terpecah menjadi

bagian-bagian yang lebih kecil. Bagian-bagian kecil tersebut selanjutnya dihancurkan hingga menjadi serbuk yang lebih halus dan lolos saringan No. 200. Setelah itu, kapur dapat digunakan sebagai bahan pengisi.

### Modulus Elastisitas dan Angka Poisson

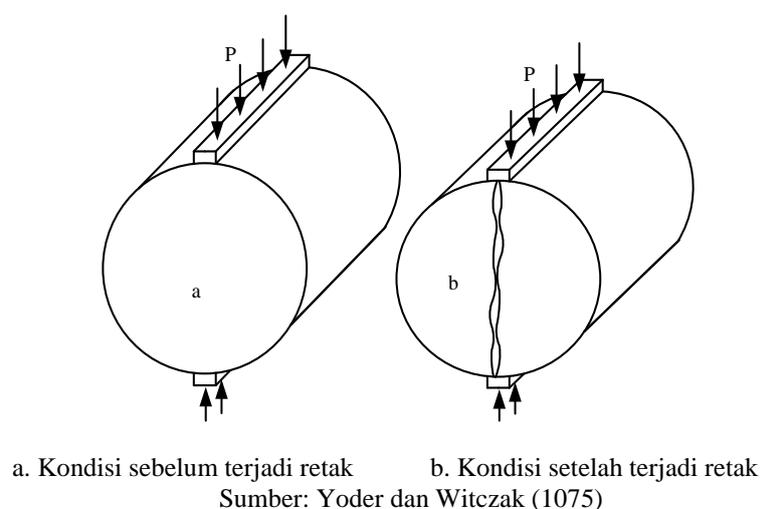
Modulus elastisitas  $E$  sering pula disebut sebagai Modulus Young, yang merupakan perbandingan antara tegangan dan regangan aksial dalam deformasi yang elastis. Karena itu, modulus elastisitas menunjukkan kecenderungan suatu material untuk berubah bentuk bila diberi beban dan kembali lagi ke bentuk semula (Badan Standardisasi Nasional, 2008).

Modulus elastisitas dipakai untuk bahan padat dan membandingkan regangan dan tegangan. Modulus elastisitas perkerasan lentur merupakan suatu parameter perancangan kekuatan struktur perkerasan jalan dalam metode analitis, untuk menghitung reaksi perkerasan terhadap beban lalu lintas. Modulus elastisitas dapat diperoleh melalui pengujian laboratorium.

Angka Poisson ( $\mu$ ) adalah perbandingan antara regangan horizontal (*lateral strain*) dan regangan vertikal (*axial strain*) yang disebabkan oleh beban sejajar sumbu dan regangan aksial (Yoder dan Witczak, 1975). Pengujian kuat tarik tidak langsung (*Indirect Tensile Strength*) dapat digunakan untuk mengevaluasi sifat-sifat teknis campuran beraspal dan telah tersedia standar ASTM untuk menentukan Modulus Elastis dan Angka Poisson.

### Pengujian Kuat Tarik Tidak Langsung

Kuat tarik tidak langsung (*Indirect Tensile Strength*) adalah kemampuan lapis perkerasan untuk menahan beban berupa tarikan yang terjadi pada arah horizontal. Uji kuat tarik tidak langsung digunakan untuk mengevaluasi kemungkinan terjadinya retakan pada lapis perkerasan.



**Gambar 1** Pengujian Kuat Tarik Tidak Langsung

Pemberian beban akan mengakibatkan kenaikan tegangan (*stress*) yang akan diikuti pula dengan kenaikan regangan (*strain*). Pada saat tercapai suatu regangan tertentu dan benda uji mulai runtuh atau mengalami retak, berarti tegangan yang terjadi telah mencapai maksimum. Setelah itu regangan yang terjadi akan semakin besar, yang disebabkan oleh semakin turunnya ikatan dalam benda uji karena mengalami retak yang berakibat pada pecahnya benda uji (lihat Gambar 1).

Rumus yang digunakan dalam perhitungan modulus elastisitas E dan regangan tarik pada pengujian kuat tarik tidak langsung disajikan berikut.

$$E = \frac{4P}{\Delta R_v \cdot \pi \cdot t} \cdot (1 + 3\mu) \quad (1)$$

dengan:

E = Modulus elastisitas campuran beton aspal (N/mm<sup>2</sup>)

P = Beban maksimum (N)

$\Delta R_h$  = Deformasi horizontal benda uji (mm)

R<sub>o</sub> = Jari-jari awal (mm)

t = Tebal diameter benda uji (mm)

$\mu$  = Angka Poisson

Prosedur pengujian kuat tarik tidak langsung adalah sebagai berikut:

1. Membersihkan benda uji dari kotoran-kotoran yang menempel dan memberi tanda pengenal pada masing-masing benda uji yang menyatakan jenis campuran dan kadar aspalnya.
2. Mengukur diameter dan tebal benda uji dengan ketelitian 0,01 mm.
3. Memanaskan benda dengan menggunakan uji selama 4 jam dengan temperatur yang telah ditentukan (20 °C, 30 °C, 40 °C, 50 °C, 60 °C) sebelum melakukan pengujian.
4. Membersihkan dial yang akan digunakan.
5. Memasang dial pada alat penguji dengan arah horizontal sebanyak dua buah (bagian kanan dan kiri).
6. Memasang benda uji pada mesin penguji, kemudian mengatur kedudukan jarum penunjuk dial pada angka nol.
7. Memberi beban pada benda uji dengan kecepatan 50 mm/menit.
8. Mengukur deformasi tarik horizontal total (*tensile*) dan deformasi tekan vertikal (*compressive*) pada saat pembebanan maksimum.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

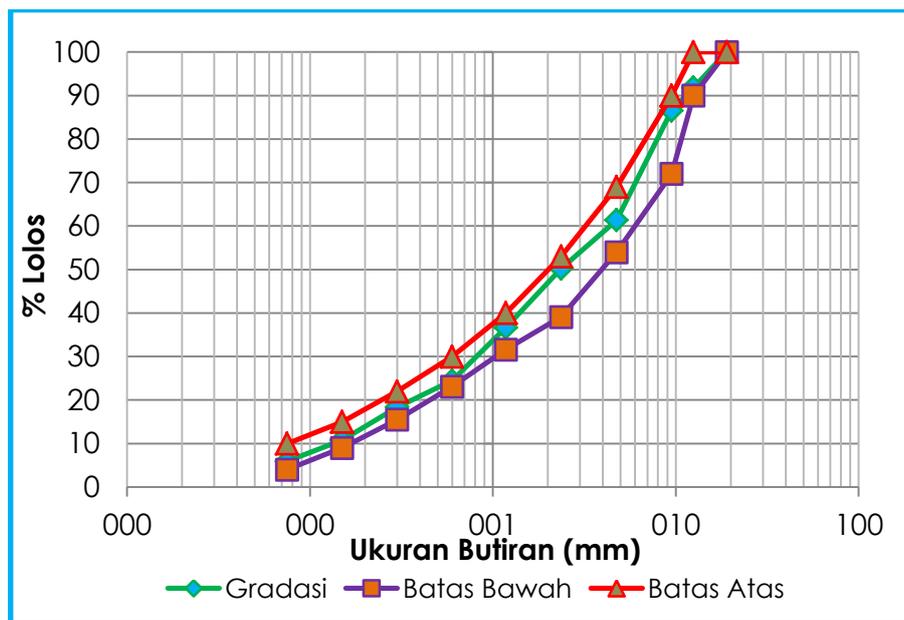
### Pemeriksaan Material

Pengujian material yang digunakan meliputi pemeriksaan terhadap karakteristik fisik agregat, sifat-sifat teknis kapur, dan karakteristik aspal. Hal ini diperlukan untuk

mengetahui kualitas agregat dan aspal yang digunakan. Agregat yang digunakan untuk campuran beton aspal (AC-WC) pada studi ini adalah agregat kasar, agregat halus, abu batu, dan bahan pengisi kapur. Hasil pemeriksaan terhadap sifat-sifat teknis agregat menunjukkan bahwa agregat yang digunakan berkualitas baik dan dapat digunakan karena memenuhi syarat yang ditetapkan dalam spesifikasi.

**Tabel 1** Berat Agregat pada Tiap Saringan

Ukuran Saringan	Bukaan (mm)	Berat (gram) Kapur 0 %	Berat (gram) Kapur 25 %	Berat (gram) Kapur 50 %	Berat (gram) Kapur 75 %
¾"	19,00	0,0	0,0	0,0	0,0
½"	12,50	98,1	98,1	98,1	98,1
3/8"	9,50	63,0	63,0	63,0	63,0
No. 4	4,75	302,6	302,6	302,6	302,6
No. 8	2,36	133,8	133,8	133,8	133,8
No. 16	1,18	162,4	162,4	162,4	162,4
No. 30	0,60	146,4	146,4	146,4	146,4
No. 50	0,30	73,5	73,5	73,5	73,5
No. 100	0,15	90,7	90,7	90,7	90,7
No. 200	0,075	58,3	58,3	58,3	58,3
Pan	-	71,2	13,2	35,6	39,5
Kapur	-	0,0	53,4	26,6	35,6

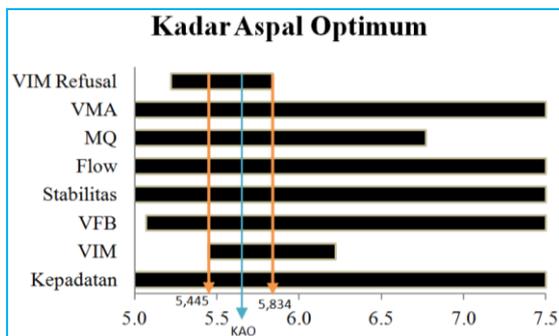


**Gambar 2** Gradasi Gabungan Campuran Beton Aspal Lapis Aus

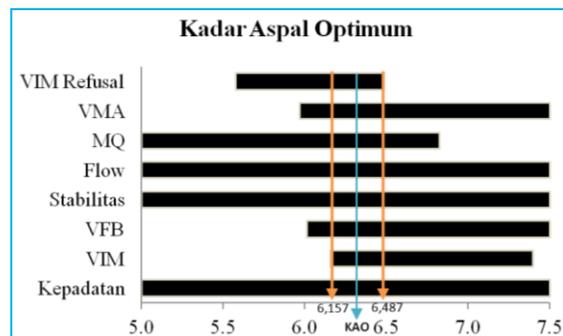
Pada prinsipnya pembuatan campuran beraspal dilakukan dalam 2 tahap, yaitu penetapan komposisi agregat dan penentuan perkiraan kadar aspal optimum (PKAO). Untuk mendapatkan nilai PKAO dibuat gradasi gabungan agregat dan bahan pengisi kapur, dengan kadar kapur adalah 0 %, 25 %, 50 %, dan 75 % terhadap berat abu batu. Hasil penggabungan agregat disajikan pada Tabel 1 dan Gambar 2.

## Penentuan Kadar Aspal Optimum

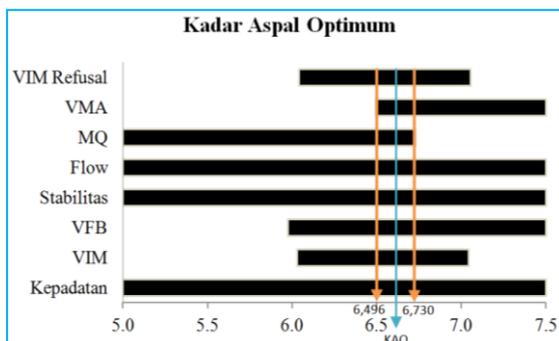
Penentuan kadar Aspal Optimum campuran beton aspal ditunjukkan pada Gambar 3, Gambar 4, Gambar 5, dan Gambar 6. Pada Gambar 6 terlihat bahwa penggunaan kapur dengan kadar 75 % tidak memberikan kadar aspal optimum karena tidak diperoleh kadar aspal yang memenuhi semua parameter Marshall. Karena itu, campuran beton aspal dengan kapur sebesar 75 % ini tidak digunakan untuk pengujian kuat tarik tidak langsung. Pada Gambar 8 ditunjukkan bahwa Kadar Aspal Optimum (KAO) campuran Beton Aspal Lapis Aus AC-WC dengan kadar kapur 0 % adalah 5,640 %, KAO untuk kadar kapur 25 % sebesar 6,322 %, dan KAO untuk kadar kapur 50 % sebesar 6,613 %.



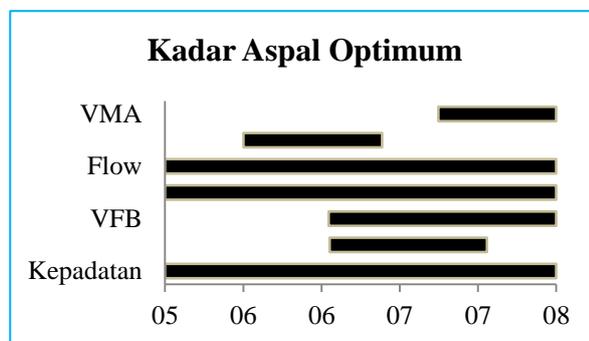
**Gambar 3** Kadar Aspal Optimum untuk Campuran AC-WC pada Kadar Kapur 0 %



**Gambar 4** Kadar Aspal Optimum untuk Campuran AC-BC pada Kadar Kapur 25 %



**Gambar 5** Kadar Aspal Optimum untuk Campuran AC-WC pada Kadar Kapur 50 %

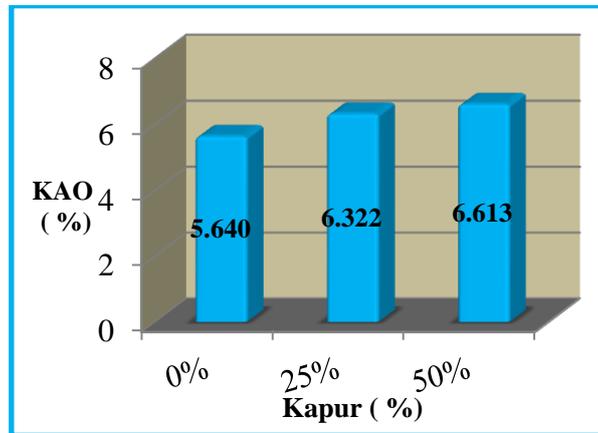


**Gambar 6** Kadar Aspal Optimum untuk Campuran AC-WC pada Kadar Kapur 75 %

## Modulus Elastisitas

Modulus elastisitas merupakan ukuran kekakuan suatu bahan. Semakin tinggi nilai modulus elastisitas semakin sedikit perubahan bentuk yang terjadi apabila bahan tersebut diberi gaya. Hasil pengujian modulus elastisitas dengan berbagai variasi kapur dan variasi temperatur pada kadar aspal optimum diperlihatkan pada Tabel 2 dan Gambar 8. Pada Gambar 8 ditunjukkan bahwa dengan bertambahnya temperatur nilai modulus elastisitas

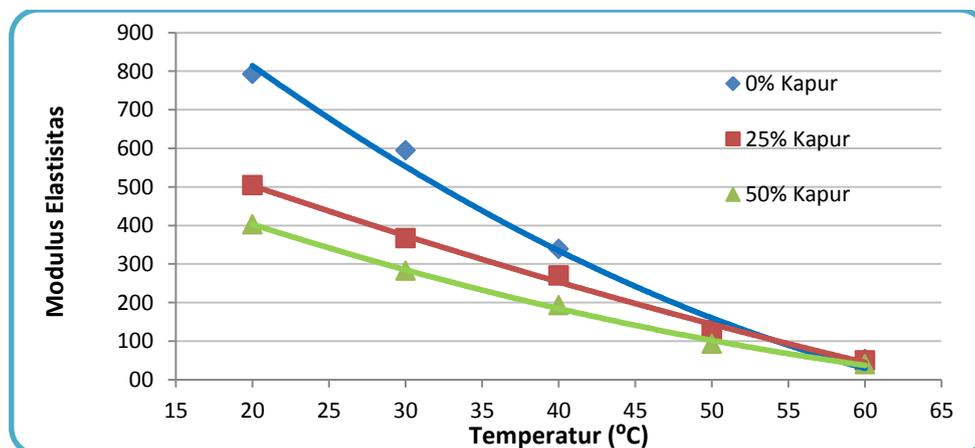
semakin kecil. Hal ini disebabkan oleh sifat viskoelastis dan sensitivitas aspal terhadap temperatur.



**Gambar 7** Kadar Aspal Optimum Masing-masing Campuran

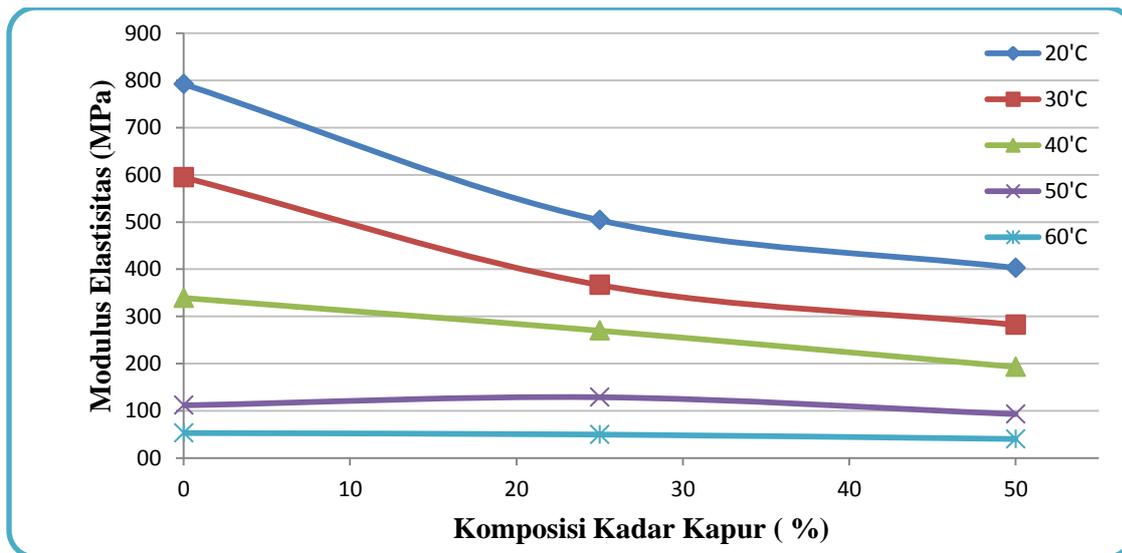
**Tabel 2** Hasil Pehitungan Modulus Elastisitas

Pengujian	Kadar Kapur	Temperatur (°C)				
		20	30	40	50	60
Modulus Elastisitas (MPa)	0 %	792,42	594,75	339,13	111,54	52,83
	25 %	503,92	366,56	269,76	128,73	49,65
	50 %	402,72	282,14	192,88	92,92	40,19



**Gambar 8** Hubungan antara Temperatur terhadap Modulus Elastisitas

Nilai modulus elastisitas beton aspal cenderung mengalami penurunan nilai modulus elastisitas seiring dengan bertambahnya kadar kapur. Penurunan nilai modulus elastisitas ini disebabkan oleh penambahan komposisi kadar kapur yang membuat kadar aspal optimumnya juga meningkat sehingga menyebabkan campuran menjadi lebih lentur.



**Gambar 9** Hubungan antara Komposisi Kadar Kapur terhadap Modulus Elastisitas

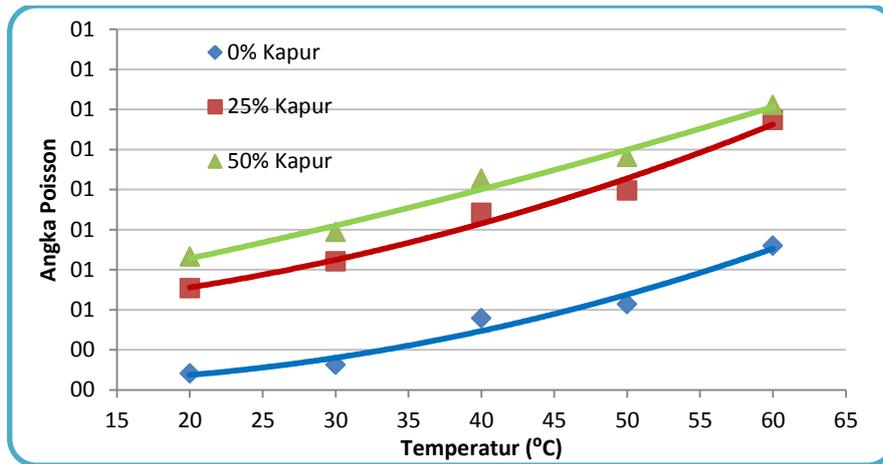
### Angka Poisson

Rangkuman angka Poisson untuk campuran beton aspal disajikan pada Tabel 3. Temperatur pengujian adalah 20 °C, 30 °C, 40 °C, 50 °C, dan 60 °C. Dari Gambar 11 hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi temperatur pengujian (dari 20 °C sampai 60 °C) maka semakin tinggi angka Poisson (dari 0,34 menjadi 0,66) campuran beton aspal. Hasil ini menunjukkan bahwa dengan bertambahnya temperatur maka regangan horizontal dan regangan vertikal yang terjadi semakin besar sehingga campuran menjadi lentur dan angka Poissonnya semakin besar. Hal ini disebabkan oleh sifat aspal yang viskoelastis serta sensitif terhadap temperatur.

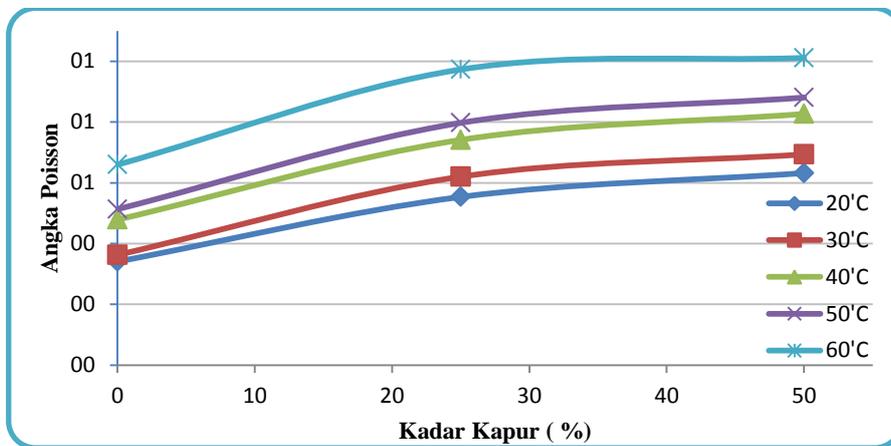
**Tabel 3** Rekapitulasi Hasil Perhitungan Angka Poisson dengan Penambahan Variasi Kapur dan Variasi Temperatur

Pengujian	Kadar Kapur	Temperatur (°C)				
		20	30	40	50	60
Angka Poisson	0 %	0,34	0,36	0,48	0,51	0,66
	25 %	0,55	0,62	0,74	0,80	0,97
	50 %	0,63	0,69	0,83	0,88	1,01

Pengaruh variasi kapur terhadap angka Poisson pada campuran beton aspal cenderung mengalami peningkatan seiring bertambahnya kadar kapur. Untuk campuran dengan kapur 0 % pada temperatur 20 °C memiliki nilai angka Poisson sebesar 0,34, kapur 25 % sebesar 0,55, dan kapur 50 % sebesar 0,66. Peningkatan angka Poisson ini disebabkan oleh semakin besar kadar kapur menyebabkan kadar aspal optimum campuran juga meningkat sehingga campuran menjadi lebih lentur ketika menerima beban.



**Gambar 10** Hubungan antara Temperatur dan Angka Poisson



**Gambar 11** Hubungan antara Kadar Kapur dan Angka Poisson

## KESIMPULAN

Pada studi ini diperiksa pengaruh temperatur terhadap modulus elastisitas dan angka Poisson beton aspal lapis aus (AC-WC) yang menggunakan kapur sebagai bahan pengisi. Hasil penelitian ini menunjukkan hal-hal sebagai berikut:

1. Kapur menurunkan modulus elastisitas beton aspal. Pada temperatur yang sama modulus elastisitas berkurang dengan meningkatnya kadar kapur dalam campuran beton aspal. Tetapi bertambahnya kapur dalam campuran beton aspal meningkatkan angka Poisson beton aspal tersebut.
2. Temperatur mengurangi modulus elastisitas tetapi meningkatkan angka Poisson beton aspal. Untuk kadar kapur yang sama, meningkatnya temperatur akan menurunkan nilai modulus elastisitas dan meningkatkan angka Poisson beton aspal.

## DAFTAR PUSTAKA

- American Society for Testing Materials. 2007. *Standard Test Method for Indirect Tensile (IDT) Strength of Bituminous Mixtures*. ASTM D6931. West Conshohocken, PA.
- Badan Standardisasi Nasional. 2008. *Cara Uji Modulus Elastisitas Batu dengan Tekanan Sumbu Tunggal*. SNI 2826: 2008. Jakarta.
- Wiqoyah, Q. 2006. *Pengaruh Kadar Kapur, Waktu Perawatan, dan Perendaman terhadap Kuat Dukung Tanah Lempung*. Surakarta.
- Yoder, E. Y. dan Witczak, M. W. 1975. *Principles of Pavement Design*. New York, NY: Wiley Interscience Publication.