

# MODULUS RESILIEN CAMPURAN BERASPAL MODIFIKASI POLIMER AC-WC MENGUNAKAN *FILLER* GYPSUM

**Rindu Twidi Bethary**  
Jurusan Teknik Sipil  
Universitas Sultan Ageng Tirtayasa  
Jln. Jenderal Sudirman Km 3, Cilegon 42435  
rindubethary@untirta.ac.id

**Dwi Esti Intari**  
Jurusan Teknik Sipil  
Universitas Sultan Ageng Tirtayasa  
Jln. Jenderal Sudirman Km 3, Cilegon 42435  
dwiesti@untirta.ac.id

## Abstract

The design of road pavement thickness uses the modulus of elasticity, to determine the coefficient of the pavement layer. The resilience modulus is the elastic modulus used in elastic theory. However, most road pavement materials are not perfectly elastic, because after receiving repeated loads, these materials will experience permanent deformation. The purpose of this study was to determine the effect of gypsum filler on the resilience modulus of the polymer modified asphalt mixture. This study shows that the modulus of resilience of the asphalt mixture at a temperature of 25°C without the use of gypsum filler is 5760 MPa. Meanwhile, when using 1% gypsum filler, the mixed resilience modulus is 8389 MPa at a temperature of 25°C. The increase in the value of the resilience modulus indicates that at a temperature of 25°C, the addition of gypsum filler increases the performance of the asphalt mixture mechanistically.

**Keywords:** road pavement; gypsum; fillers; resilience modulus; polymer asphalt

## Abstrak

Perancangan tebal perkerasan jalan menggunakan modulus elastisitas, guna menentukan koefisien lapis perkerasan tersebut. Modulus resilien adalah modulus elastis yang digunakan pada teori elastis. Tetapi kebanyakan material perkerasan jalan tidak bersifat elastis sempurna, karena setelah menerima pengulangan beban, material ini akan mengalami deformasi permanen. Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan pengaruh *filler* gypsum terhadap modulus resilien campuran beraspal modifikasi polimer. Studi ini menunjukkan bahwa modulus resilien campuran beraspal pada temperatur 25°C tanpa menggunakan *filler* gypsum adalah 5760 MPa. Sedangkan bila menggunakan *filler* gypsum 1%, modulus resilien campuran adalah 8389 MPa pada temperatur 25°C. Peningkatan nilai modulus resilien tersebut menunjukkan bahwa pada temperatur 25°C, penambahan *filler* gypsum meningkatkan kinerja campuran beraspal secara mekanistik.

**Kata-kata kunci:** perkerasan jalan; gypsum; *filler*; modulus resilien; aspal polimer

## PENDAHULUAN

Prasarana jalan merupakan bagian penting dalam sistem transportasi di Indonesia, karena jalan merupakan bagian kegiatan pengembangan suatu wilayah dalam mendukung pertumbuhan ekonomi, sosial, dan budaya (Bethary et al., 2019). Oleh karena itu, diperlukan peningkatan kualitas dan kuantitas jalan agar dapat memenuhi kebutuhan masyarakat.

Penggunaan campuran beraspal banyak digunakan pada konstruksi jalan di berbagai negara. Hal ini dikarenakan campuran beraspal memiliki kinerja dan pelayanan yang baik (Uzun dan Terzi, 2012). Terkait dengan hal ini, diperlukan inovasi untuk selalu mendapatkan

material yang lebih baik, yang merupakan bagian kegiatan peningkatan kualitas suatu konstruksi jalan.

Penggunaan dan pembaharuan limbah dalam sektor konstruksi jalan juga menjadi isu penting dalam beberapa tahun terakhir. Salah satunya adalah mengganti atau mengubah komposisi agregat, sehingga perkerasan beraspal merupakan suatu konstruksi hijau, berkelanjutan, dan ramah lingkungan, yang pada akhirnya akan melestarikan alam dengan mengurangi kebutuhan penggunaan bahan dari sumber alami (Bethary et al., 2019; Rochmanto, 2019).

Saat ini, sebagian besar konstruksi jalan menggunakan perkerasan lentur, dengan bahan pengikatnya adalah aspal, yang mempunyai sifat viskoelastis. Dengan adanya sifat aspal ini, perkerasan dapat mengalami retak ketika terlalu kaku, dan mengalami deformasi jika temperatur perkerasan terlalu tinggi. Karena itu, diperlukan kombinasi yang tepat antara sifat kekentalan dan sifat elastis aspal, agar kinerja perkerasan beraspal dapat ditingkatkan.

Polimer dapat ditambahkan untuk memodifikasi sifat viskoelastis aspal. Selain itu, manfaat yang lain aspal polimer adalah meningkatkan kinerja perkerasan, karena diperlukan waktu yang lebih lama oleh aspal polimer untuk menjadi *aging* akibat oksidasi dibandingkan dengan aspal tanpa modifikasi polimer, sehingga daya tahan perkerasan dapat ditingkatkan (Rahman dan Sobhan, 2013).

Penggunaan beberapa material limbah dalam konstruksi jalan telah dikembangkan. Sebagai contoh, beberapa limbah seperti *fly ash*, batu bara, lumpur, limbah marmer, limbah kelapa sawit, dan bubuk gypsum telah digunakan sebagai *filler* pada campuran beraspal (Borhan et al., 2010; Aminuddin et al., 2018). Gypsum, dengan bahan baku kapur, sering digunakan sebagai bahan perekat dan penambah kekerasan untuk bahan bangunan, serta digunakan sebagai bahan pembuat semen portland. Karena itu, gypsum yang digunakan dalam campuran beraspal dapat meningkatkan daya ikat, sehingga kinerja campuran beraspal dapat meningkat (Rachmansyah et al., 2018).

Penggunaan aspal modifikasi polimer telah banyak dikembangkan di berbagai negara, termasuk di Indonesia. Modifikasi polimer aspal yang diperoleh dari interaksi antara komponen aspal dengan bahan aditif polimer dapat meningkatkan sifat-sifat aspal tersebut (Rochmanto, 2019). Pemilihan aspal polimer merupakan salah satu teknologi dalam meningkatkan mutu aspal, yang dilakukan dengan menambahkan bahan polimer elastomer sintetis. Pada penelitian ini dievaluasi pengaruh penggunaan aspal polimer terhadap kinerja campuran beraspal yang digunakan untuk lapis permukaan, yaitu beton aspal *wearing course* (AC-WC).

Dalam perancangan tebal lapis perkerasan jalan telah digunakan modulus elastisitas untuk menentukan koefisien lapis perkerasan jalan, Modulus elastisitas tersebut merupakan suatu faktor yang sangat penting, yang memengaruhi kinerja perkerasan beraspal. Jika modulus elastisitas bahan mulai menurun, misalnya akibat terjadinya penuaan aspal, perkerasan beraspal akan menjadi mudah retak saat menerima beban yang berat (Babalghaith et al., 2020). Hal tersebut akan makin parah, bila terjadi kemacetan lalu lintas yang menambah waktu pembebanan lalu lintas pada lapisan perkerasan jalan, sehingga jalan akan semakin mudah menjadi rusak (Widodo et al., 2012).

Modulus resilien adalah modulus elastis yang digunakan dalam teori elastis. Kebanyakan material untuk perkerasan jalan tidak bersifat elastis sempurna, karena setelah menerima pengulangan beban, material ini akan mengalami deformasi permanen. Tetapi pada beban berulang yang relatif kecil, deformasi permanen yang terjadi pada masing-masing pengulangan beban hampir kembali secara sempurna (*nearly complete recoverable*) dan proporsional terhadap beban (AASHTO, 1993). Pada kondisi ini material tersebut dapat dipertimbangkan sebagai material yang elastis. Berdasarkan hal tersebut, diperlukan penelitian lebih lanjut untuk melihat bagaimana kinerja modulus resilien campuran beraspal modifikasi polimer yang menggunakan *filler* bubuk gypsum.

## MATERIAL DAN METODOLOGI

Secara garis besar, material yang digunakan pada penelitian ini dibagi menjadi 3 bagian, yaitu agregat yang berasal dari Bojonegara, Kabupaten Serang, Provinsi Banten dengan pembagian ukuran maksimum  $\frac{3}{4}$  batu pecah kasar atau split 1-2, kemudian agregat *screening*, dan agregat halus (abu batu) dengan karakteristik memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018, dengan uraian seperti yang terdapat pada Tabel 1.

**Tabel 1** Karakteristik Agregat Kasar dan Halus

No.	Jenis Pemeriksaan	Hasil	Spesifikasi	
			Minimal	Maksimal
I	Agregat Kasar			
	1. BJ <i>Bulk</i>	2,78	-	-
	2. BJ <i>Apparent</i>	2,85	-	-
	3. BJ SSD	2,8	2,5	-
	4. Penyerapan (%)	0,94	-	3
	5. Pengujian Abrasi (%)	18,32	-	40
II	Agregat <i>Screening</i>			
	1. BJ <i>Bulk</i>	2,78	-	-
	2. BJ <i>Apparent</i>	2,85	-	-
	3. BJ SSD	2,8	2,5	-
	4. Penyerapan (%)	0,94	-	3
III	Agregat Halus			
	1. BJ <i>Bulk</i>	2,61	-	-
	2. BJ <i>Apparent</i>	2,76	-	-
	3. BJ SSD	2,67	2,5	-
	4. Penyerapan (%)	2,04	-	3

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 1, didapatkan bahwa berat jenis agregat kasar lebih besar dari 2,5. Hasil ini memengaruhi proporsi campuran dalam satuan berat. Material yang juga digunakan adalah aspal modifikasi polimer E-55 atau setara dengan PG-76, yang diperoleh dari PT Aspal Polimer Emulsindo.

Kemudian dilakukan pengujian laboratorium terhadap material yang digunakan. Dari hasil pengujian diperoleh bahwa sifat aspal yang digunakan memenuhi ketentuan aspal keras tipe II aspal yang dimodifikasi untuk elastomer sintesis, yang terdapat pada Spesifikasi Umum Bina Marga 2018, untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan. Hasil pengujian ini dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2** Karakteristik Aspal Polimer Starbit E-55

No.	Jenis Pengujian	Hasil Pengujian	Min	Maks	Metode Pengujian	Satuan
1.	Penetrasi 25°C, 100 gr, 5 detik; 0,1 mm	56,3	40	-	SNI 06-2456-1991	0,1 mm
2.	Berat jenis	1,042	1	-	SNI 06-2441-1991	-
3.	Perbedaan penetrasi setelah penurunan berat; % asli	0,66	-	0,8	SNI 06-2456-1991	%

Berdasarkan sifat aspal tersebut, nilai penetrasi yang didapat adalah sebesar 56,3. Hasil ini menunjukkan bahwa aspal yang digunakan memiliki penetrasi yang lebih besar dibandingkan dengan nilai minimum pada spesifikasi. Sedangkan perbedaan nilai penetrasi setelah penurunan berat lebih kecil dibandingkan dengan yang ditentukan pada spesifikasi, yang berarti bahwa aspal dengan modifikasi elastomer sintesis lebih tahan terhadap pelapukan, sehingga secara langsung akan berpengaruh terhadap penuaan pada campuran beraspal.

Material tambahan yang digunakan pada penelitian ini adalah limbah gypsum, yang digunakan sebagai *filler*. Karakteristik bahan limbah gypsum ini disajikan pada Tabel 3, yang mana material gypsum ini merupakan mineral non-logam yang terdapat dalam batuan sedimen, yang tersusun dari *calcium sulfat dihydrate*.

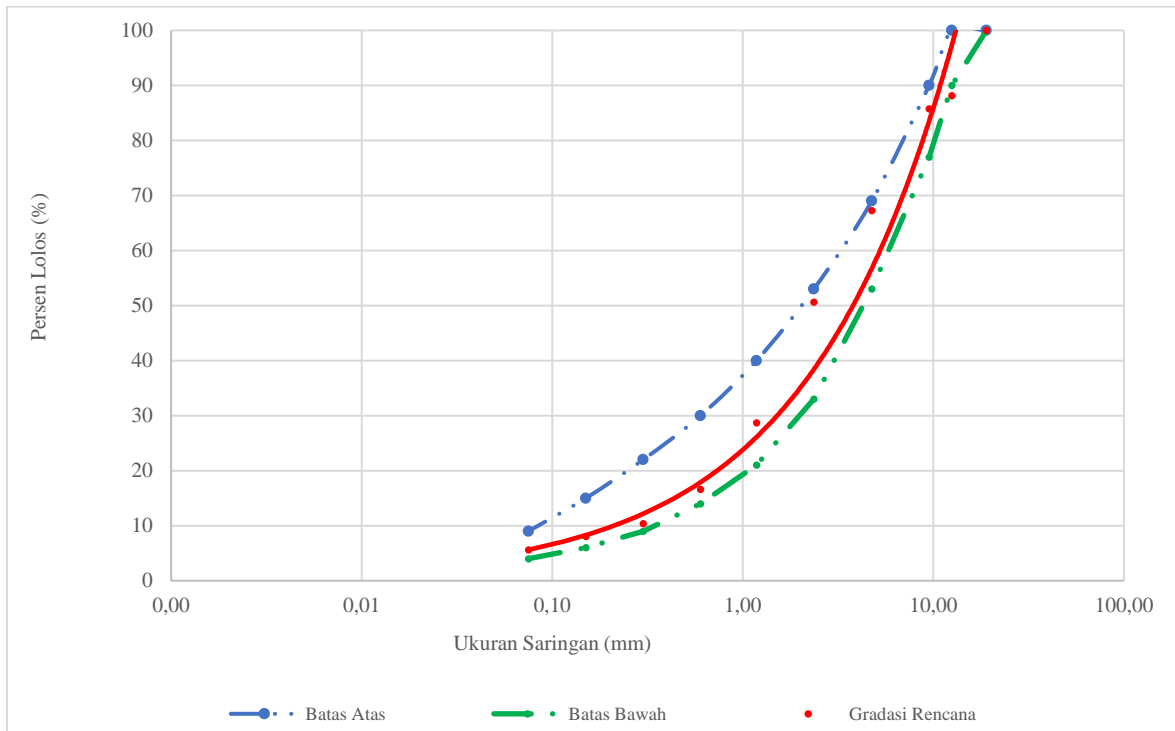
**Tabel 3** Hasil Karakteristik Gypsum

No.	Bahan	Kandungan (%)
1.	Kalsium (Ca)	23,28
2.	Hidrogen (H)	2,34
3.	Kalsium Oksida (CaO)	32,57
4.	Air (H <sub>2</sub> O)	20,93
5.	Sulfur (S)	18,62

Penentuan rancangan campuran beraspal dengan menggunakan agregat dengan gradasi tertentu dilakukan dengan memperhatikan batasan yang telah ditetapkan dalam Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018, dengan menggunakan batas tengah yang berada dalam kurva Fuller. Hasil penentuan gradasi agregat dapat dilihat pada Gambar 1.

Berdasarkan perhitungan gradasi campuran dengan menggunakan cara coba-coba (*trial and error*), didapat persentase pada masing-masing agregat dengan perbandingan 13% untuk fraksi agregat split 1–2, 24% untuk fraksi agregat screening, dan 63% untuk fraksi agregat abu batu. Kemudian dilakukan pengujian terhadap campuran, dengan membuat benda-benda uji, yang selanjutnya dilakukan pengujian Marshall serta dilanjutkan pengujian

modulus campuran menggunakan alat UMATTA, yang merupakan jenis pengujian yang tidak merusak benda uji (Sukirman, 2016).



**Gambar 1** Gradasi Gabungan

## HASIL DAN ANALISIS

Pengujian Marshall pada campuran beton aspal lapisan AC-WC dilakukan dengan menggunakan alat Marshall. Hasil yang diperoleh dari pengujian ini, antara lain, adalah nilai-nilai stabilitas, *flow*, dan Marshall Quotient, serta volumetrik campuran. Penambahan *filler* gypsum pada campuran adalah 1%, 2%, dan 3%.

Hasil pengujian yang dilakukan pada kondisi kadar aspal optimum dapat dilihat pada Tabel 4. Berdasarkan hasil pengujian didapatkan bahwa dengan penambahan *filler* gypsum dalam campuran beraspal beton aspal AC-WC menunjukkan bahwa nilai kadar aspal optimum semakin bertambah. Hal ini mengindikasikan bahwa aspal yang dibutuhkan oleh campuran yang menggunakan *filler* gypsum lebih banyak dibandingkan dengan campuran yang tidak menggunakan *filler* gypsum.

Penambahan *filler* gypsum berpengaruh terhadap karakteristik volumetrik campuran. Nilai rongga dalam mineral agregat bertambah, sejalan dengan bertambahnya rongga dalam campuran. Kondisi ini menunjukkan bahwa kadar aspal efektif yang mengisi rongga lebih banyak, sehingga secara tidak langsung keawetan campuran meningkat, karena kedapatan campuran menjadi lebih besar. Sedangkan nilai stabilitas menunjukkan bahwa dengan penambahan *filler* gypsum mengakibatkan nilainya berkurang, dengan nilai optimum *filler*

gypsum adalah 1%. Nilai stabilitas yang tinggi menyebabkan kinerja campuran, secara empiris, mampu menahan beban lalu lintas, tetapi di sisi lain pekerasan akan rentan terhadap kerusakan akibat beban berulang (terjadi *fatigue*).

**Tabel 4** Sifat Campuran AC-WC dengan Penambahan *Filler* Gypsum

Sifat-Sifat Campuran	Satuan	Pengujian HMA AC-WC Filler Gypsum				Spesifikasi
		0%	1%	2%	3%	
Kadar Aspal Optimum	%	6,25	7	6,75	7	-
Rongga Dalam Campuran (VIM)	%	4,51	4,51	4,14	4,89	Min 3 Maks 5
Rongga Dalam Mineral Agregat (VMA)	%	17,66	19,59	19,24	19,94	Min 14
Rongga terisi Bitumen (VFA)	%	74,46	76,98	78,48	75,48	Min 63
Stabilitas	Kg	4507,1	4250,00	3203,75	2772,90	Min 800
Pelelehan	mm	3,6	3,7	3,2	3,0	2 - 4
Marshall Quotient	kg/mm	1251,97	1148,65	1001,17	924,30	Min 250

Dari pembahasan yang dilakukan berdasarkan pengujian empiris yang telah dilakukan, selanjutnya dilakukan pengujian *indirect tensile modulus* dengan kondisi kadar aspal optimum pada nilai stabilitas optimum, yaitu dengan *filler* gypsum 1% dan tanpa menggunakan gypsum. Pengujian tersebut menggunakan alat uji UMATTA, yang menghasilkan nilai modulus resilien dengan loading *pulse width* 250 ms dan *pulse repetition period* 3000 ms, dengan *conditioning pulse count* 5 pada temperatur 20°C, dan temperatur 45°C. Hasil yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 5.

**Tabel 5** Hasil Pengujian Modulus Resilien

Temperatur Pengujian (°C)	Nilai Modulus Resilien (MPa)	
	Tanpa <i>Filler</i> Gypsum	<i>Filler</i> Gypsum 1%
25	5760	8389
45	1132	678

Penambahan temperatur pengujian berpengaruh terhadap nilai modulus resilien, dengan semakin tinggi temperatur semakin rendah nilai modulus yang diperoleh. Pada temperatur yang tinggi, aspal akan menjadi material yang semakin cair dan tidak padat lagi, sehingga kemampuan aspal dalam mengikat agregat akan berkurang, yang menjadikan ikatan antaragregat dalam campuran menjadi tidak *interlocking*, yang menyebabkan penurunan nilai modulus campuran.

Dari hasil pengujian modulus resilien pada campuran beton aspal diperoleh nilai modulus resilien pada temperatur 25°C, dengan *filler* gypsum 0%, adalah sebesar 5760 MPa. Sedangkan nilai modulus resilien pada temperatur 25°C dan *filler* gypsum 1%, adalah sebesar 8389 MPa. Kedua nilai yang diperoleh ini lebih besar daripada yang disyaratkan dalam perencanaan tebal lapis tambah perkerasan lentur di Indonesia, yaitu sebesar 2000 MPa. Peningkatan nilai modulus resilien tersebut menunjukkan bahwa penambahan *filler* gypsum ternyata menunjukkan kinerja campuran yang lebih baik secara mekanistik pada temperatur 25°C.

Hasil yang agak berbeda diperoleh untuk pengujian yang dilakukan pada temperatur 45°C. Nilai modulus resilien beton aspal yang tidak menggunakan *filler* gypsum adalah 1132 MPa, dan nilai ini lebih tinggi daripada nilai modulus resilien beton aspal yang menggunakan *filler* gypsum 1%, yaitu 678 MPa.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis diperoleh bahwa karakteristik material yang digunakan dalam campuran beraspal polimer, lapis beton aspal AC-AC, memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018. Penggunaan *filler* gypsum berpengaruh terhadap karakteristik volumetrik campuran, yaitu menambah nilai rongga dalam mineral agregat. Hal tersebut sejalan dengan penambahan rongga dalam campuran, yang berarti bahwa aspal efektif yang mengisi rongga lebih banyak, sehingga secara tidak langsung keawetan campuran meningkat.

*Filler* gypsum meningkatkan modulus resilien campuran beraspal polimer pada temperatur 25°C. Dengan demikian terjadi peningkatan kinerja campuran. Secara mekanistik kinerja campuran beraspal meningkat, karena terjadi peningkatan ikatan antara agregat dan aspal yang mengakibatkan kekuatan campuran menjadi lebih baik.

## DAFTAR PUSTAKA

- American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO). 1993. *Standard Specification for Transportation Materials and Method of Sampling and Testing; Part 1*. Washington, DC.
- Aminuddin, M., Winarto, S., dan Cahyo, Y. 2018. *Job Mix Laston (AC-BC) Menggunakan Bubuk Gypsum dan Abu Bata Merah*. Jurnal Manajemen Teknologi dan Teknik Sipil, 1 (2): 325–336.
- Babalghaith, A.M., Koting, S., Sulong, N.H.R., Karim, M.R., Mohammed, S.A., dan Ibrahim, M.R. 2020. *Effect of Palm Oil Clinker (POC) Aggregate on the Mechanical Properties of Stone Mastic Asphalt (SMA) Mixtures*. Sustainability, 12 (7): 2716.
- Bethary, R.T., Subagio, B.S., Rahman, H. dan Suaryana, N. 2019. *Effect of recycled materials on marshall performance of hot asphalt mixture (HMA-RAP)*. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 508 (1): 012048.
- Borhan, M.N., Ismail, A. dan Rahmat, R.A. 2010. *Evaluation of Palm Oil Fuel Ash (POFA) on Asphalt Mixtures*. Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 4 (10): 5456–5463.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 2018. *Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan; Surat Edaran Direktur Jenderal Bina Marga Nomor 02/SE/Db/2018*. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. Jakarta.
- Rahman, M.N. dan Sobhan, M.A. 2013. *Use of Non-Conventional Fillers on Asphalt-*

- Concrete Mixture*. International Journal of Innovation Applica Studies, 3 (4): 1101–1109.
- Rochmanto, D. 2019. *Campuran Beton Geopolimer dengan Binder Fly Ash dan Gypsum*. Jepara: UNISNU PRESS.
- Sukirman, S. 2016. *Beton Aspal Campuran Panas*. E-Book Collection. Bandung: Institut Teknologi Nasional.
- Uzun, I. dan Terzi, S. 2012. *Evaluation of andesite waste as mineral filler in asphaltic concrete mixture*. Construction and Building Materials, 31 (June 2012): 284–288.
- Widodo, S., Subagio, B.S., dan Setiadji, B.H. 2012. *Analisis Modulus Elastisitas Beton Aspal Yang Diperkuat Dengan Geotekstil Dari Hasil Uji Tekuk Batang*. Dinamika Teknik Sipil, 12 (2): 130–134.