

Pemanfaatan Limbah *Green Coke* dari Pengolahan Minyak di PT Pertamina RU II Dumai sebagai Bahan Tambah Agregat Halus dalam Campuran Aspal

Nuryasin Abdillah¹, Susy Srihandayani^{1*}, Fenny Octa Andriani¹ & Lis Hafrida²

¹Program Studi Teknik Sipil, Sekolah Tinggi Teknologi Dumai, Jl. Utama Karya Kel Bukit Batrem, Dumai Riau – 28811, Indonesia

²Program Studi Sistem Informasi, Universitas Dumai, Jl. Utama Karya Kel Bukit Batrem, Dumai Riau – 28811, Indonesia

Email: doctorsoil79@gmail.com

Dikirim: 1 Juli 2025

Direvisi: 21 Juli 2025

Diterima: 6 Agustus 2025

ABSTRAK

Aspal merupakan salah satu material yang banyak digunakan sebagai bahan pembuatan jalan raya. Untuk menekan jumlah kebutuhan akan aspal dapat dilakukan dengan meminimalisir penggunaan bahan dasar aspal, melakukan peningkatan mutu aspal dalam campuran dengan menambahkan bahan tambahan yang mampu mengatasi kelemahan aspal, seperti rendahnya ketahanan terhadap deformasi plastis, kerusakan akibat temperatur tinggi dan daya rekat yang kurang terhadap agregat. Dalam penelitian ini, digunakan material *Green Coke* sebagai bahan tambah agregat halus (pasir) dalam campuran aspal *AC - BC*. Penelitian dilakukan untuk menguji salah satu alternatif pemanfaatan limbah *Green Coke* dalam pembuatan aspal dengan metode tes Marshall. *Green Coke* yaitu salah satu produksi akhir dari pengolahan minyak di PT. Pertamina RU II Dumai. Dari hasil penelitian yang dilakukan terhadap campuran aspal beton lapis *AC - BC* menggunakan *Green Coke* sebagai bahan tambah agregat halus (50% - 80%) ternyata tidak dapat digunakan dalam campuran aspal *AC - BC*. Semakin tinggi kadar *Green Coke* yang digunakan, maka semakin rendah hasil stabilitas dan *flow* yang didapatkan berdasarkan pengujian terhadap benda uji.

Kata kunci: *AC - BC*, *flow*, *green coke*, *marshall*, stabilitas

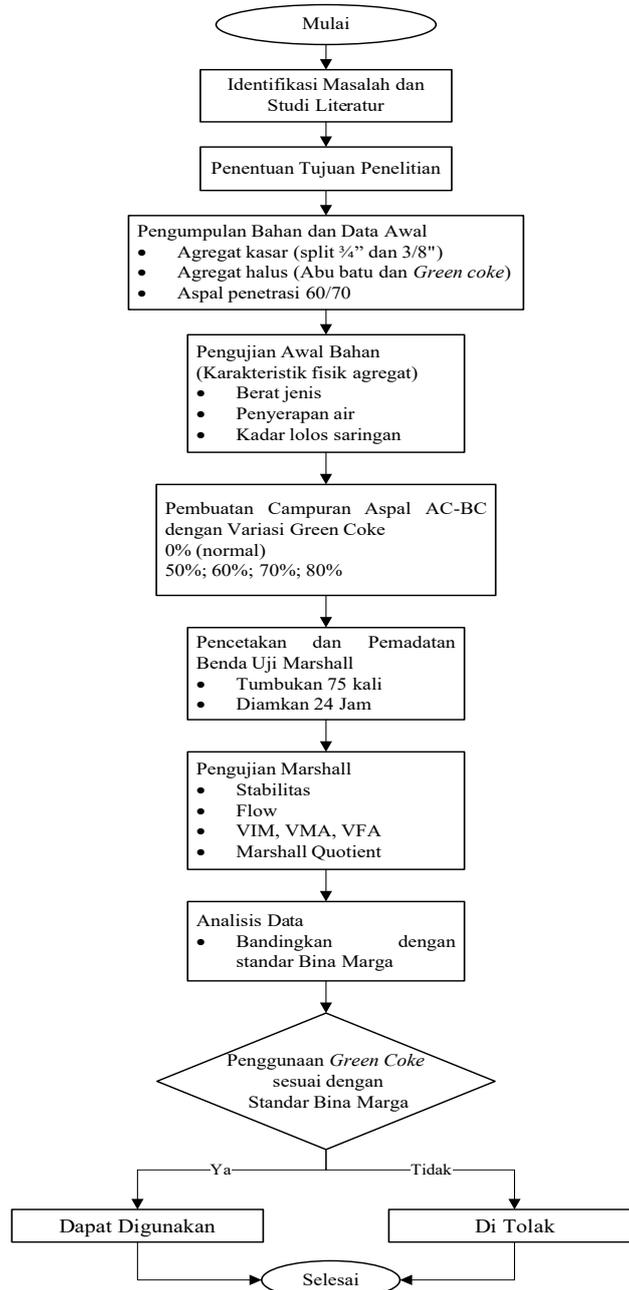
1. PENDAHULUAN

Jalan raya merupakan infrastruktur vital dalam mendukung mobilitas masyarakat dan distribusi barang dan jasa (Hasan and Sumiati, 2014; Misbah, 2015; Fareza and Firdaus, 2024). Kualitas konstruksi jalan sangat bergantung pada mutu material perkerasan, salah satunya adalah campuran aspal beton (Arliningtyas and Nadia, 2016). Salah satu tantangan dalam pembangunan infrastruktur jalan adalah tingginya kebutuhan akan bahan baku aspal dan agregat alam, serta dampak lingkungan dari penggunaannya (Mulya *et al.*, 2022). Untuk mengatasi tantangan tersebut, berbagai penelitian telah dilakukan guna mencari bahan alternatif dari limbah industri sebagai bahan tambah dalam campuran aspal.

Penelitian Refi (2019) tentang penggunaan kapur Padang Panjang sebagai bahan pengisi (Filler) terhadap karakteristik campuran beton aspal lapisan *AC-BC*. Hasil penelitian menunjukkan pemakaian abu batu 75% - kapur 25% memenuhi spesifikasi marshall, namun penambahan kapur di atas 25% justru tidak memenuhi spesifikasi *marshall*. Selain itu Mulya *et al.*, (2022) melakukan penelitian mengenai penggunaan *Zeolite Ecopal 1,5%* sebagai bahan tambah pada campuran aspal hangat, dapat meningkatkan nilai stabilitas menjadi 1024 kg, dan nilai VIM 4,19%. Tetapi penurunan terjadi pada nilai VMA serta *flow*, namun masih mendekati spesifikasi yang disyaratkan. Salah satu limbah potensial adalah *Green Coke*, produk samping dari proses pengolahan minyak bumi di kilang PT Pertamina RU II Dumai (Yulia *et al.*, 2017). *Green coke* memiliki karakteristik fisik granular dan kadar karbon tinggi, yang memungkinkan penggunaannya sebagai pengganti sebagian agregat halus dalam campuran aspal (Abdillah *et al.*, 2018). Namun, hingga saat ini pemanfaatan *green coke* sebagai agregat halus dalam lapis perkerasan aspal, khususnya *AC-BC* (Asphalt Concrete-Binder Course), masih belum banyak diteliti secara sistematis. Padahal lapis *AC-BC* memerlukan stabilitas tinggi untuk menahan beban lalu lintas, terutama pada struktur jalan kelas menengah hingga berat (Jonizar *et al.*, 2015). Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi karakteristik Marshall dari campuran aspal *AC-BC* yang dimodifikasi dengan *Green Coke* sebagai bahan tambah agregat halus dalam berbagai variasi komposisi (50%, 60%, 70% dan 80%). Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi ilmiah mengenai kelayakan teknis penggunaan *Green Coke* dalam konstruksi jalan, serta kontribusi terhadap pengurangan limbah industri secara berkelanjutan.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan studi eksperimental laboratorium yang bertujuan untuk menguji kinerja campuran aspal AC-BC dengan penambahan limbah *Green Coke* sebagai bahan substitusi agregat halus. Pengujian dilakukan dengan menggunakan metode Marshall untuk mengevaluasi parameter teknis seperti stabilitas, *flow*, VIM, VMA, VFA, dan Marshall Quotient.



Gambar 1. Flow Chart

Flow Chart pada Gambar 1 menggambarkan tahapan penelitian mulai dari identifikasi masalah hingga kesimpulan. Proses diawali dengan studi literatur dan pengumpulan bahan, dilanjutkan dengan pengujian karakteristik fisik agregat untuk memastikan kesesuaian material terhadap standar. Langkah penting berikutnya adalah pencampuran material dengan variasi kadar *Green Coke*, pematatan benda uji, dan pengujian Marshall. Pengujian Marshall menjadi titik krusial dalam penelitian ini karena menentukan parameter-parameter teknis utama yang mencerminkan kinerja campuran aspal, seperti stabilitas, *flow*, VIM, VMA, VFA dan Marshall Quotient (Winayati and Lubis, 2018). Nilai-nilai dari pengujian ini menjadi dasar analisis dalam menentukan kelayakan penggunaan *Green Coke*.

Tabel 1. Parameter *Marshall* menurut standart Bina Marga (2010) untuk AC-BC

Parameter	Satuan	Batas Minimum / Maksimum	Keterangan
<i>Stabilitas Marshall</i>	kg	≥ 1800	Kekuatan campuran terhadap beban
<i>Flow</i>	mm	2 – 4	Rentang deformasi plastis yang diizinkan
<i>Void in Mix (VIM)</i>	%	3 – 5	Porositas internal campuran
<i>Void in Mineral Aggregate (VMA)</i>	%	≥ 13	Rongga antar agregat sebelum isi aspal
<i>Void Filled with Asphalt (VFA)</i>	%	65 – 75 (umumnya)	Persentase VMA yang terisi aspal
<i>Marshall Quotient (MQ)</i>	kg/mm	≥ 300	Indikator kekakuan campuran

Tabel 1 menunjukkan parameter-parameter Marshall yang digunakan sebagai acuan kelayakan teknis campuran aspal AC-BC berdasarkan spesifikasi Bina Marga, (2010). Parameter ini penting sebagai standar pembandingan untuk mengevaluasi hasil pengujian pada campuran dengan variasi *Green Coke*. Jika salah satu parameter berada di luar batas minimum atau maksimum yang ditetapkan, maka campuran dianggap tidak layak digunakan secara struktural (Abdillah et al., 2018).

3. HASIL DAN DISKUSI

Tabel 2 menampilkan data karakteristik fisik agregat kasar (split ¾” dan ⅜”), agregat halus (abu batu), serta agregat substitusi *green coke*. Hasil menunjukkan bahwa:

- Agregat kasar dari Split Merak memenuhi syarat standar Bina Marga 2010, dengan nilai berat jenis *bulk* >2,5 dan penyerapan air di bawah 3%. Nilai ini menunjukkan agregat memiliki densitas dan kekuatan yang baik untuk digunakan dalam campuran aspal struktural.
- Abu batu sebagai agregat halus juga sesuai standar, dengan berat jenis *bulk* 2,5 dan penyerapan air 3%, berada pada ambang maksimum yang diperbolehkan. Material ini masih dapat digunakan sebagai pengisi dalam campuran beraspal.
- Green coke* menunjukkan nilai berat jenis yang sangat rendah (*bulk*: 0,22; *SSD*: 0,87; *apparent*: 0,62). Hal ini menandakan bahwa *green coke* bersifat ringan dan memiliki porositas tinggi. Nilai ini jauh di bawah batas minimum agregat standar (>2,5), yang mengindikasikan bahwa material ini berisiko mengurangi daya ikat dan stabilitas struktural dalam campuran aspal.

Tabel 2. Hasil pemeriksaan agregat kasar dan agregat halus

No	Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Spesifikasi Bina Marga		Satuan	Hasil Pengujian
			Min	Max		
I. Agregat Kasar						
1	Berat Jenis Agregat Split Merak ¾”	SNI-1969-1990-F				
	- Berat Jenis <i>Bulk</i>		2,5	-	-	2,6
	- Berat Jenis <i>SSD</i>		-	-	-	2,7
	- Berat Jenis <i>Apparent</i>		-	-	-	2,7
	- Penyerapan		-	3	%	1,6
	Agregat Split Merak ⅜”					
	- Berat Jenis <i>Bulk</i>		2,5	-	-	2,6
	- Berat Jenis <i>SSD</i>		-	-	-	2,6
	- Berat Jenis <i>Apparent</i>		-	-	-	2,7
	- Penyerapan		-	3	%	1,0
II. Agregat Halus						
2	Berat Jenis Agregat Abu Batu	SNI-1969-1990-F				
	- Berat Jenis <i>Bulk</i>		2,5	-	-	2,5
	- Berat Jenis <i>SSD</i>		-	-	-	2,5
	- Berat Jenis <i>Apparent</i>		-	-	-	2,7
	- Penyerapan		-	3	%	3
3	Agregat <i>Green Coke</i> lolos saringan no.8					
	- Berat Jenis <i>Bulk</i>		-	-	-	0,22
	- Berat Jenis <i>SSD</i>		-	-	-	0,87
	- Berat Jenis <i>Apparent</i>		-	-	-	0,62

Sedangkan Tabel 3 menyajikan hasil uji *Marshall* pada campuran aspal normal dan variasi dengan kadar *green coke* 50%, 60%, 70%, dan 80%. Parameter yang dianalisis mencakup:

- a. VMA (Void in Mineral Aggregate)
Menurun dari 8,37% (50%) menjadi 2,96% (80%). Penurunan ini menunjukkan berkurangnya rongga antar agregat akibat karakteristik *green coke* yang cenderung halus dan padat, sehingga struktur campuran menjadi lebih rapat namun kaku.
- b. VIM (Void in Mix)
Menurun drastis dari 1,79% (50%) menjadi 0,06% (80%). Nilai ini berada di bawah standar minimum VIM (3–5%), yang menunjukkan bahwa rongga udara dalam campuran terlalu kecil. Hal ini dapat mengakibatkan kegagalan prematur akibat ketidakseimbangan antara kekakuan dan fleksibilitas campuran.
- c. VFA (Void Filled with Asphalt)
Semakin tinggi dengan bertambahnya kadar *green coke*, hingga mencapai 97,97% pada kadar 80%. Hal ini mengindikasikan campuran terlalu jenuh aspal, yang dapat menimbulkan risiko *bleeding*.
- d. Stabilitas Marshall
Menurun secara signifikan dari 1997,25 kg (normal) menjadi 1175,61 kg (80%). Penurunan ini menunjukkan penurunan kapasitas beban akibat lemahnya ikatan antar partikel agregat yang menggunakan *green coke*.
- e. *Flow*
Menurun dari 3,82 mm (normal) ke 1,72 mm (80%). Penurunan ini mencerminkan bertambahnya kekakuan campuran, yang tidak diimbangi dengan fleksibilitas, sehingga rentan terhadap retak.
- f. *Marshall Quotient* (MQ)
Terendah pada kadar *green coke* 80% (684,82 kg/mm), menunjukkan bahwa kekakuan campuran juga menurun meskipun nilai *flow* rendah.

Tabel 3. Hasil tes *Marshall* untuk campuran aspal normal dan penambahan kadar *green coke* sebesar 50%, 60%, 70% dan 80%

Nomor Benda Uji	Kadar Aspal	Kadar Green Coke (%)	Hasil Pengujian					
			VMA (%)	VIM (%)	VFA (%)	Stabilitas (Kg)	Flow (mm)	MQ (kg/mm)
1	5,5	Normal	13,95	3,72	73,35	1980,00	3,55	
2	5,5	Normal	13,95	3,72	73,35	1911,25	3,72	
3	5,5	Normal	13,95	3,72	73,35	2100,50	4,20	
		Rata - rata				1997,25	3,82	522,38
1	5,5	50%	8,37	1,79	78,63	1765,50	2,29	
2	5,5	50%	8,37	1,79	78,63	1747,45	2,31	
3	5,5	50%	8,37	1,79	78,63	1735,72	2,21	
		Rata - rata				1749,56	2,27	770,73
1	5,5	60%	6,82	1,35	80,15	1634,84	1,96	
2	5,5	60%	6,82	1,35	80,15	1622,69	2,01	
3	5,5	60%	6,82	1,35	80,15	1589,98	1,85	
		Rata - rata				1615,84	1,94	832,91
1	5,5	70%	4,98	0,73	85,31	1478,25	1,92	
2	5,5	70%	4,98	0,73	85,31	1357,87	1,89	
3	5,5	70%	4,98	0,73	85,31	1256,95	1,86	
		Rata - rata				1364,36	1,89	721,88
1	5,5	80%	2,96	0,06	97,97	1234,21	1,74	
2	5,5	80%	2,96	0,06	97,97	1157,75	1,69	
3	5,5	80%	2,96	0,06	97,97	1134,88	1,72	
		Rata - rata				1175,61	1,72	684,82

Penelitian ini menguji performa campuran aspal AC-BC dengan variasi kadar *green coke* sebagai bahan tambah agregat halus. Hasil pengujian Marshall kemudian dibandingkan dengan ketentuan teknis dari Bina Marga (2010) untuk menentukan kelayakan campuran. Tabel 4 berikut, merangkum perbandingan antara hasil uji rata-rata dari setiap parameter dengan nilai ambang batas yang ditetapkan dalam standar tersebut.

Tabel 4. Hasil uji rata-rata dan spesifikasi bina marga

Parameter	Satuan	Bina Marga (AC-BC)	Hasil Normal	Hasil Terbaik (GC 50%)	Hasil Terburuk (GC 80%)	Keterangan
Stabilitas	Kg	≥ 1800	1997,25	1749,56	1175,61	Hanya campuran normal memenuhi
Flow	mm	2 – 4	3,82	2,27	1,72	GC 80% < batas bawah
VIM	%	3 – 5	3,72	1,79	0,06	Semua GC tidak memenuhi
VMA	%	≥ 13	13,95	8,37	2,96	Hanya campuran normal memenuhi
VFA	%	65 – 75	73,35	78,63	97,97	Semua GC melebihi batas
Marshall Quotient	Kg/mm	≥ 300	522,38	770,73	684,82	Semua memenuhi, namun tidak kompensatif

Interpretasi perbandingan:

1. Stabilitas:

Hanya campuran normal yang memenuhi syarat minimum stabilitas (≥ 1800 kg) sesuai spesifikasi Bina Marga. Semua variasi dengan penambahan *green coke* menghasilkan nilai stabilitas yang lebih rendah dari standar, yaitu berkisar antara 1175,61 kg hingga 1749,56 kg. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan *green coke* sebagai bahan tambah agregat halus cenderung menurunkan ketahanan campuran terhadap beban lalu lintas.

2. Flow:

Pada kadar *green coke* 80%, nilai *flow* turun di bawah 2 mm. Ini mengindikasikan bahwa campuran menjadi terlalu kaku dan rentan retak. Campuran normal dan GC 50% masih dalam batas aman.

3. VIM:

Semua variasi GC menunjukkan nilai VIM di bawah standar minimum (3%). Hal ini menunjukkan bahwa pori-pori dalam campuran terlalu sedikit, yang dapat menyebabkan *bleeding* dan mengurangi fleksibilitas.

4. VMA:

Nilai VMA turun seiring peningkatan kadar *green coke*. Campuran GC 50%–80% tidak memenuhi batas minimal 13%. Artinya, ruang antar agregat terlalu sempit untuk menerima aspal yang cukup.

5. VFA:

Semua campuran dengan GC memiliki VFA di atas batas atas (75%), hingga mencapai hampir 98% pada kadar GC 80%. Artinya, rongga terlalu banyak terisi aspal, berisiko menyebabkan *bleeding* saat beban dan suhu tinggi.

6. Marshall Quotient (MQ):

Semua campuran menunjukkan nilai MQ di atas 300 kg/mm, menandakan kekakuan tinggi. Namun, nilai ini tidak serta-merta mencerminkan kualitas struktural karena tidak diimbangi oleh stabilitas dan VIM yang sesuai.

Hasil penelitian ini memperkuat temuan dari studi terdahulu mengenai keterbatasan material limbah industri sebagai agregat halus. Meskipun *green coke* memiliki karakteristik padat dan karbon tinggi, sifat fisiknya yang ringan dan porositas tinggi justru menurunkan kinerja struktural campuran aspal (Abdillah et al., 2018). Penelitian ini memberikan kontribusi terhadap pengembangan pengetahuan mengenai batasan teknis pemanfaatan *green coke* dan memberikan dasar evaluatif untuk eksplorasi selanjutnya, baik melalui kombinasi material atau perlakuan tambahan.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan evaluasi terhadap parameter standar Bina Marga (2010), hanya campuran normal (campuran aspal AC-BC tanpa penambahan *green coke* sebagai substitusi agregat halus) yang memenuhi seluruh persyaratan Marshall. Semua variasi penambahan *green coke* (50%–80%) tidak memenuhi syarat teknis untuk digunakan sebagai campuran lapis perkerasan AC-BC secara struktural. Dengan demikian, meskipun *green coke* berpotensi sebagai bahan substitusi dari sisi ketersediaan dan ekonomi, penggunaannya secara teknis belum dapat diterima dalam kadar tinggi tanpa adanya modifikasi atau perlakuan lanjutan terhadap material tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

Abdillah, N., Abrar, A. and Septi, E.R. (2018). Pengaruh Penggunaan Limbah Green Coke sebagai Bahan Tambah Agregat Halus pada Campuran Aspal'. Available at: <http://repository.stt-dmi.web.id/51/>.

- Arliningtyas, S. and Nadia. (2016). Analisa Kelayakan Limbah Keramik sebagai Pengganti Agregat Halus untuk Campuran Aspal Beton di Tinjau dari Nilai Stabilitas Marshall', *Jurnal Konstruksia*, 8(1), pp. 47–60.
- Bina Marga. (2010). Spesifikasi Umum Bina Marga Divisi 1 2010 Umum
- Fareza, G. and Firdaus. (2024). Pelaksanaan Rehabilitas Perkerasan AC-BC pada Ruas Jalan di Komplek Sri Mulyono TNI AU Lanud (Sumatera Selatan). *Ensiklopedia of Journal*. 6(3). pp. 137–141. Available at: <http://jurnal.ensiklopediaku.org>.
- Hasan, A. and Sumiati. (2014). Pengaruh Penggunaan Batu Kapur sebagai Pengganti Agregat Halus pada Campuran Aspal Beton (AC-BC). *PILAR Jurnal Teknik Sipil*. 10(2), pp. 99–106.
- Jonizar, Ardi, N.K. and Agustina, D.H. (2015). Pengaruh Penggunaan Abu Batu dan Semen Portland sebagai Filler Tambahan Terhadap Sifat Campuran Asphalt Concrete-Binder Course (AC - BC)', in *Prosiding 2 nd Andalas Civil Engineering National Conference 2015 Sustainability Infrastructure for Disaster Mitigation*. Padang: Fakultas Teknik Universitas Andalas, pp. 7–12.
- Misbah. (2015). Pengaruh Variasi Kadar Aspal Terhadap Nilai Karakteristik Campuran Panas Aspal Agregat (AC-BC) dengan Pengujian Marshall. *Jurnal Teknik Sipil ITP*. 2(1). pp. 41–48. Available at: <https://doi.org/https://doi.org/10.21063/jts.2015.V201.041-48>.
- Mulya, T. *et al.* (2022). Lapis Perkerasan AC-BC Menggunakan Campuran Beraspal Hangat (Warm Mix) dan Bahan Tambah Zeolite Ecopal. *Jurnal Sosial dan Teknologi (SOSTECH)*. 2(11). pp. 1008–1016.
- Refi, A. (2019). Pengaruh Penggunaan Kapur Padang Panjang sebagai Bahan Pengisi (Filler) Terhadap Karakteristik Campuran Beton Aspal Lapisan AC-BC (Asphalt Concrete - Binder Course). *Rang Teknik Journal*. 2(2). pp. 168–174. Available at: <https://doi.org/10.31869/rtj.v2i2.1332>.
- Winayati and Lubis, F. (2018). Analisis Karakteristik Marshall Campuran AC-BC Menggunakan Filler Abu Tandan Sawit dan Abu Batu. *Jurnal Teknik Sipil Siklus*. 4(1). pp. 51–58.
- Yulia, I., HS, I. and Bahrudin. (2017). Pemanfaatan Green Coke sebagai Bahan Bakar Padat. *Jom FTEKNIK*, 4(2), pp. 1–8.