Plagiarism Report

limbah beton.pdf

Document Details

Submission ID
6aedd40f1589e4a5e25df797

File Size
358.4 KB

File Name
limbah beton.pdf

Total Pages
11 Page

Account Name
ITentix Plagiarism

Tota Words
4,267 Words

Submission Date
6 Nov 2026, 20:20 GMT+7

Tota Characters
28,675 Characters

Release Date
6 Nov 2026, 20:21 GMT+7

Filter Options

Filter settings used in this submission report.

- Not using any exclusions

13%
Similarity

33
Matched Sources

Match Group

0% Internet sources
13% Publications
0% Submitted works (Student papers)

Top Sources

The sources with the highest number of matches within the submission.

1	Publication	4%
ejournal.uika-bogor.ac.id		
2	Publication	1%
ejournal2.pnp.ac.id		
3	Publication	1%
ejournal2.pnp.ac.id		
4	Publication	<1%
jurnalsyntaxadmiration.com		
5	Publication	<1%
journal.univetbantara.ac.id		
6	Publication	<1%
ejournal.lppmunidayan.ac.id		
7	Publication	<1%
jcivil-upiyptk.org		
8	Publication	<1%
journal.unram.ac.id		
9	Publication	<1%
repositori.unwira.ac.id		
10	Publication	<1%
ojs.uniska-bjm.ac.id		
11	Publication	<1%
jurnal.syntax-idea.co.id		

12 Publication journal.univetbantara.ac.id		<1%
13 Publication jurnal.untidar.ac.id		<1%
14 Publication ojs.uniska-bjm.ac.id		<1%
15 Publication jurnal.unimed.ac.id		<1%
16 Publication journal.uvers.ac.id		<1%
17 Publication jurnal.usbypkp.ac.id		<1%
18 Publication jurnal.untan.ac.id		<1%
19 Publication ojs.unimal.ac.id		<1%
20 Publication jurnal.unitri.ac.id		<1%
21 Publication jurnal.polinema.ac.id		<1%
22 Publication jurnal.usbypkp.ac.id		<1%
23 Publication journal-jps.com		<1%
24 Publication ejournal.utp.ac.id		<1%
25 Publication jstl.unram.ac.id		<1%

26 Publication journal.unibos.ac.id		<1%
27 Publication jurnal-tmit.com		<1%
28 Publication eprints.ums.ac.id		<1%
29 Publication jurnal.polkesban.ac.id		<1%
30 Publication journal.uny.ac.id		<1%
31 Publication iptek.its.ac.id		<1%
32 Publication journal.upp.ac.id		<1%
33 Publication binamarga.pu.go.id		<1%

Jurnal Ilmiah Rekayasa Sipil

Available *online* at: http://ejournal2.pnp.ac.id/index.php/jirs/

Pengaruh Limbah Beton Sebagai Agregat Kasar Pada Campuran AC-BC dengan LGA 50/30

[1]Diky Candra Nugraha, [2*]Tantin Pristyawati, [3]Rida Handiana Devi

[1, 2, 3] Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Veteran Bangun Nusantara

*Corresponding author: *tantintsipil@gmail.com

Abstract

Road infrastructure has a function as one of the supporters of the development of an area. The Road infrastructure still used today is a flexible pavement composed of a mixture of asphalt and aggregate, which is heated and then compacted. Asphalt serves as a binder in the flexible pavement to maintain density and resist the weathering of aggregates caused by weather. It is an innovative additive used in concrete waste to replace rough aggregates. Adding LGA B50/30 in a base mixture is expected to be an alternative to improving the quality of the base mix and supporting the government in the use of domestic products. The study aims to determine how marshall is characterized if concrete waste is used in the AC-BC Ashburton mix as a substitute for rough aggregates and whether it meets the requirements of the Binna Marga Specification. The study was conducted experimentally with marshal characteristic parameters density, VIM (Void In Mix), VMA (Void In Mineral Aggregate), VFA (Void Filled with Asphalt), stability, and Marshall Quotient. (MQ). The Optimum Asphalt Rate used is 6.5%. The result is the density decreases with the addition of concrete waste levels, with the highest value at the 30% concrete waste level of 2,408 gr/cc. The increase in the VIM value with the addition of the concrete residue level has a higher value at a rate of 70% or 4.66%. The highest MQ is at a 50% concrete waste rate of 334.04 kg/mm. The study results show that waste concrete innovation materials can be used in Asbuton AC-BC mixtures with levels not exceeding 60%. Based on this research, concrete waste can be an alternative to natural aggregate substitutes.

Keywords: AC-BC asphalt mix, asbuton LGA B50/30, concrete waste

Abstrak

Infrastruktur jalan memiliki fungsi sebagai salah satu pendukung perkembangan suatu daerah. Infrastruktur jalan yang masih digunakan sampai saat ini adalah perkerasan lentur, dimana perkerasan lentur tersusun dari campuran aspal dan agregat yang dipanaskan kemudian dipadatkan. Aspal berfungsi sebagai bahan pengikat dalam perkerasan lentur, sehingga dapat menjaga kepadatan, menahan pelapukan agregat yang disebabkan oleh cuaca. Sebagai bahan tambah inovasi digunakan limbah beton sebagai pengganti agregat kasar. Penambahan limbah beton bertujuan untuk mengurangi peggunaan agregat baru dari alam. Penambahan Asbuton LGA B50/30 dalam campuran beraspal diharapkan dapat menjadi alternatif untuk meningkatkan kualitas dalam campuran beraspal, serta mendukung pemerintah dalam menggunakan produk dalam negeri. Asbuton yang digunakan yaitu Asbuton LGA B50/30 dengan menggunakan agregat limbah beton dari sisa hasil pengujian PT. Merak Jaya Beton Plant Solo. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana karakteristik *marshall* jika limbah beton digunakan dalam campuran AC-BC Asbuton sebagai pengganti agregat kasar, dan apakah memenuhi persyaratan pada Spesifikasi Bina Marga. Penelitian ini dilakukan secara eksperimen dengan parameter karakteristik *marshall* kepadatan (*density*), VMA (*Void In Mineral Agregate*), VIM (*Void In Mix*), stabilitas, VFA (*Void Filled with Asphalt*), dan *Marshall Quotient* (MQ). Kadar Aspal Optimum yang digunakan yaitu 6,5%. Dari hasil penelitian dapat disimpulkan jika kepadatan semakin menurun seiring penambahan kadar limbah beton dengan nilai tertinggi pada kadar limbah beton 30% sebesar 2,408 gr/cc. Peningkatan nilai VIM seiring penambahan kadar limbah beton dengan nilai teringgi pada kadar 70% sebesar 4,66%. Nilai stabilitas dengan kadar limbah beton 40%, 50%, dan 60% dapat memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 asbuton modifikasi. Nilai tertinggi MQ terdapat pada kadar limbah beton 50% sebesar 334,04 kg/mm. Dari hasil penelitian menunjukkan jika bahan inovasi limbah beton dapat digunakan dalam campuran AC-BC asbuton dengan kadar tidak lebih dari 60%. Berdasarkan penelitian ini dapat diketahui jika limbah beton dapat menjadi alternatif pengganti agregat dari alam.

Kata kunci: campuran aspal AC-BC, asbuton LGA B50/30, limbah beton

Informasi Artikel

Diterima Redaksi : 15-03-2024 | Selesai Revisi : 01-04-2024 | Diterbitkan Online : 04-04-2024

1. Pendahuluan

Meningkatnya pembangunan jalan raya menjadi faktor meningkatnya kebutuhan bahan baku perkerasan jalan. Bahan baku yang diambil dari alam secara terus menerus dapat merusak ekosistem alam. Limbah beton dari sisa pengujian laboratorium yang hanya digunakan untuk bahan timbunan dapat menjadi alternatif untuk menggantikan bahan baku dari alam.

Limbah beton dapat dijadikan sebagai pengganti agregat kasar dalam perkerasan jalan. Limbah beton berasal dari sisa-sisa struktur karena gempa, perobohan bangunan, limbah dari pengujian laboratorium perancangan struktur atau *batching plant*. Beton yang memiliki karakteristik padat dan keras bergantung pada mutu beton [1].

Limbah beton yang digunakan sebagai agregat kasar mempunyai kelebihan dan kekurangan. Limbah beton merupakan batuan yang bersifat keras dan kaku, terbentuk dari campuran semen, agregat, dan air. Nilai kuat tekan dan kekokohan yang tinggi menjadi kelebihan jika digunakan sebagai pengganti agregat alami. Namun kuat tarik limbah beton yang rendah menyebabkan mudah terjadi retakan dalam penggunaannya [2]

Penelitian sebelumnya yang terkait dengan limbah beton oleh Isyak Bayu Muhammad yang menggunakan metode eksperimen dengan variasi limbah beton 0%, 20%, 40%, 60%, 80% terhadap total agregat kasar, dari hasil analisa diperoleh VIM,VMA *(Void in Mix Agregate)* dan *Flow* mengalami kenaikan, sedangkan Stabilitas, *Marshall Quetient* dan VFA *(Void Filled with Asphalt)* mengalami penurunan seiring dengan penambahan kadar limbah beton [3].

Selanjutnya Sidi (2020) melakukan penelitian menggunakan variasi limbah beton 75%, 50%, dan 25%. Hasil perhitungan kadar aspal optimal (KAO) sebesar 5,89 dengan nilai stabilitas, VIM, VMA meningkat dan *flow* menurun serta limbah beton memenuhi syarat penggantian agregat baru dan dapat memenuhi persyaratan teknis [1].

Asbuton LGA B50/30 adalah aspal buton yang diproduksi sedemikian rupa menghasilkan produk olahan berbutir dengan nilai penetrasi 50 dan kadar aspal 30%. Mengingat bahan bakunya adalah tambang alam yang tidak seragam, maka nilai penetrasi dan kadar aspalnya dibuatkan spesifikasi teknis dengan jangkauan tertentu [4].

LGA (*Lawele Granular Asphalt*) adalah salah satu produk aspal alam yang ada di pulau Buton. Asbuton LGA merupakan jenis asbuton yang telah diolah dalam bentuk butiran. Kadar air yang rendah, kadar aspal yang tinggi, dan nilai penetrasi yang sebanding dengan aspal penetrasi 60/70 merupakan karakteristik dari asbuton LGA [5].

Asbuton lawele memiliki titik lembek tinggi sehingga menjadi kelebihan jika dicampur dengan aspal minyak agar permukaan jalan tahan terhadap panas. Selain itu asbuton lawele tidak melalui proses destilasi sehingga kandungan asphalten, resin, dan minyak alami masih banyak, dengan kandungan tersebut berdampak pada keawetan stabilitas yang tinggi. Kandungan *filler* pada asbuton yang tercampur rata dapat membentuk *mastic* aspal alam yang stabil [6].

Tabel 1. Sifat-sifat Teknis *Lawele Granular Aspahalt* (LGA) tipe 50/30

Sifat-sifat Asbuton Butir	Metode Pengujian	Tipe B 50/30
Lolos Ayakan ⅜" (9,5 mm); %	SNI 03-4142-1996	100

- Kadar bitumen asbuton; %	SNI 03-3640-1994	Min.20
- Kadar air; %	SNI 2490:2008	Maks. 4
-Daktilitas pada 25°C; cm	SNI 2432:2011	≥100
-Berat Jenis	SNI 2441:2011	Min. 1,0
- Penetrasi aspal asbuton pada 25 °C, 100 g, 5 detik; 0,1 mm	SNI 2456:2011	40 - 70

Sumber : P.U.P.R. [7]

Lapisan AC-BC merupakan lapisan perkerasan yang terletak di tengah-tengah struktur lapis aspal beton, tepatnya di bawah lapisan AC-WC dan di atas lapisan AC-*Base*. Lapisan AC-BC mempunyai fungsi untuk mereduksi tegangan/regangan akibat beban lalu lintas kemudian menyalurkannya ke lapisan pondasi (AC-*Base* dan *Sub Grade*). Sesuai peraturan Bina Marga, lapisan Binder AC-BC mempunyai ketebalan minimal 6 cm [8].

Perbedaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya yaitu terletak pada bahan inovasi yang digunakan. Bahan inovasi yang digunakan yaitu limbah beton sebagai pengganti sebagian agregat kasar dan asbuton LGA tipe B50/30 sebagai substitusi aspal. Diharapkan dengan menggunakan bahan inovasi tersebut dapat meningkatkan kualitas aspal dan juga dapat mengurangi penggunaan agregat baru dari alam.

Berdasarkan uraian diatas penelitian ini memiliki tujuan untuk mengetahui karakteristik *marshall* jika limbah beton digunakan dalam campuran AC-BC Asbuton sebagai pengganti agregat kasar, dan apakah memenuhi persyaratan pada Spesifikasi Bina Marga.

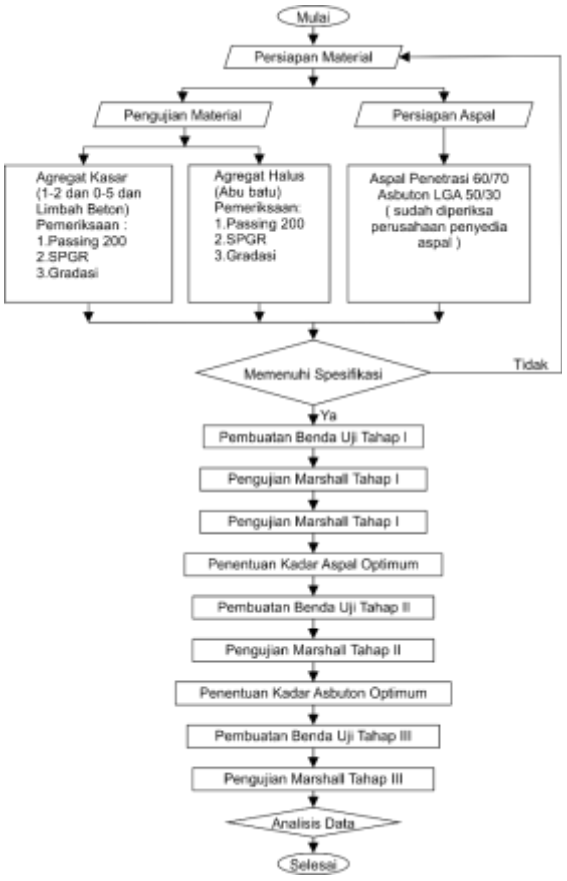
2. Metode Penelitian

Metode penelitian dilakukan secara ekperimen yang dilaksanakan dengan pembuatan benda uji berdasarkan Spesifikasi Bina Marga tahun 2018 revisi 2. Standar pengujian mengacu pada standar yang dikeluarkan Bina Marga yang berupa Standar Nasional Indonesia (SNI). Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Veteran Bangun Nusantara. Agregat kasar yang digunakan berupa material 1-2 dan 0-5 serta agregat halus berupa abu batu yang diperoleh dari PT. Wira Bhakti Mulia Boyolali dan bahan inovasi agregat kasar menggunakan limbah beton pengujian yang berasal dari PT. Merak Jaya Beton Pembangunan Bendungan Jlantah Karanganyar. Aspal penetrasi 60/70 dan Aspal Buton (LGA 50/30) digunakan sebagai bahan pengikat.

Uji marshall bertujuan untuk menetukan nilai stabilitas dan kelelehan (*flow*) benda uji. Dalam pelaksanaannya alat uji marshall dilengkapi dengan arloji untuk pembacaan hasil pengukuran stabilitas dan kelelehan [8]. Hasil pengukuran stabilitas dan kelelehan harus dikalikan dengan faktor kalibrasi, pada penelitian ini nilai faktor kalibrasi sebesar 13,43. Sesuai dengan Spesifikasi Khusus Interin Campuran Beraspal Panas Menggunakan Asbuton, nilai minimum stabilitas campuran AC-BC Asbuton sebesar 1000 kg.

Langkah penelitian dijelaskan dalam bentuk bagan alir pada Gambar 1.

Informasi Artikel
Diterima Redaksi : 15-03-2024 | Selesai Revisi : 01-04-2024 | Diterbitkan Online : 04-04-2024



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil Pengujian *Passing* 200

Penentuan persentase kebersihan bahan dan penentuan persentase sisa bahan yang lolos saringan 0,0075 (No. 200) dilakukan sesuai SNI ASTM C117: 2012 dan SNI ASTM C117: 2013. Hasil pengujian *passing* 200 ditampilkan pada Tabel 2 di bawah ini:

Tabel 2. Hasil pengujian *passing* 200

Jenis Material	Syarat		Hasil (%)	Keterangan
	Min	Maks		
Agregat Kasar Uk. 1-2	-	1	0,704	Memenuhi
Agregat Kasar Uk. 0-5	-	1	0,780	Memenuhi
Agregat Halus	-	10	6,733	Memenuhi

3.2. Pengujian *Spesific Gravity and Absorption*

Pengujian *Spesific Gravity and Absorption* merupakan pengujian untuk menentukan nilai berat jenis bulk, berat jenis kering permukaan jenuh (*specific gravity*), berat jenis semu (*apparent specific gravity*) dan penyerapan (*absorption*) agregat halus dan agregat kasar [10]. Pengujian berdasarkan SNI 03-1969-1990 untuk agregat kasar, serta SNI 03-1970-1990 untuk agregat halus. Adapun hasil pengujian *specific gravity and absorption* dijelaskan pada Tabel 3:

Tabel 3. Hasil pengujian *specific gravity and absorption*

Jenis Pengujian	Hasil (%)	Spesifikasi
1.) Agregat Kasar 1-2		
BJ Bulk	2,746	≥ 2,5
Specific Gravity	2,787	≥ 2,5
Apparent Specific Gravity	2.865	-
Arbsoption	1,529	Maks. 3%
2.) Agregat kasar 0-5		
BJ Bulk	2,760	≥ 2,5
Specific Gravity	2,805	≥ 2,5
Apparent Specific Gravity	2,891	-
Arbsoption	1,649	Maks. 3%
3.) Agregat Halus		
BJ Bulk	2,716	≥ 2,5
Specific Gravity	2,806	≥ 2,5
Apparent Specific Gravity	2,770	-
Arbsoption	1,977	Maks. 3%

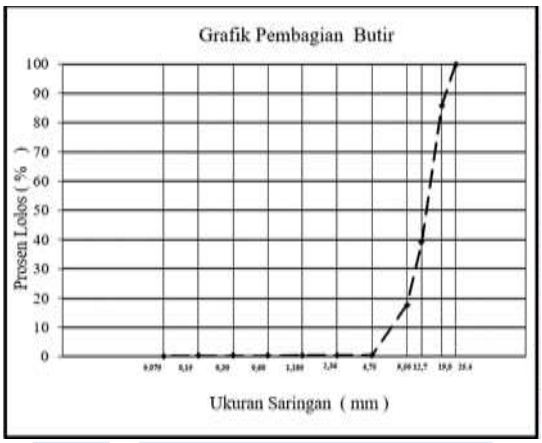
Pada tabel 3 menunjukkan jika agregat yang digunakan dapat memenuhi spesifikasi SNI. Selanjutnya dapat dilakukan pengujian analisis saringan untuk mengetahui prosentase dari setiap agregat yang digunakan.

3.3. Pengujian Analisis Saringan

Uji analisa saringan dilakukan berdasarkan SNI 03-1968-1990 untuk mengetahui gradasi agregat dalam desain formula pencampuran. Tahapan uji analisis saringan dibagi menjadi beberapa tahap yaitu :

Informasi Artikel
Diterima Redaksi : 15-03-2024 | Selesai Revisi : 01-04-2024 | Diterbitkan Online : 04-04-2024

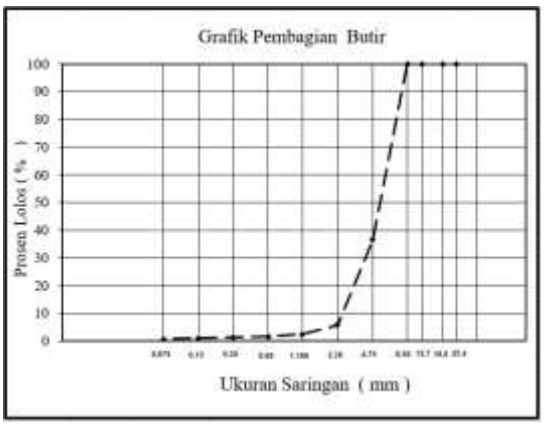
1. Hasil Pengujian Agregat Kasar 1-2



Gambar 2. Grafik Hasil Pengujian Agregat Kasar 1-2

Pada gambar 2 menunjukkan jika agregat kasar 1-2 lolos pada saringan ukuran 25 mm dan tertahan pada saringan 19 mm; 12,7 mm; 9,5 mm; dan 4,76 mm.

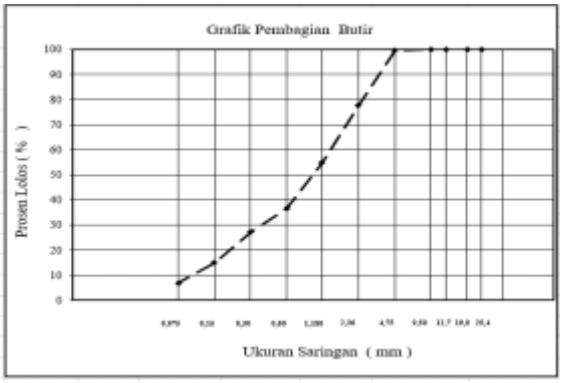
2. Hasil Pengujian Agregat Kasar 0-5



Gambar 3. Grafik Hasil Pengujian Agregat Kasar 0-5

Pada gambar 3 menunjukkan jika agregat kasar ukuran 0-5 lolos pada saringan ukuran 25 mm sampai ukuran 9,5 mm; dan tertahan pada ukuran saringan 4,76 mm sampai ukuran saringan 0,075 mm.

3. Hasil Pengujian Agregat Halus



Gambar 4. Grafik Hasil Pengujian Agregat Halus

Pada gambar 4 menunjukkan jika agregat halus lolos pada saringan ukuran 25 mm sampai ukuran 4,76 mm; dan tertahan pada ukuran saringan 2,36 mm sampai ukuran saringan 0,075 mm.

4. Hasil Analisis *Combined Grading*

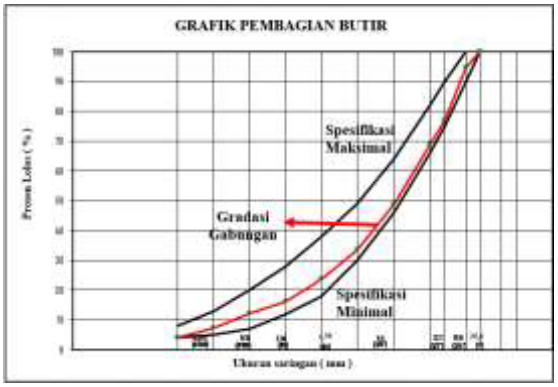
Pengujian analisis penyaringan gabungan untuk menentukan proporsi agregat campuran didasarkan pada *trial and error*. Artinya apabila hasil pengujian tidak memenuhi persyaratan maka dilakukan uji analisis kembali. Hasil analisis *combined grading* ditampilkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil analisis *combined grading*

No Saringan	Ukuran Saringan	Gradasi Asli				Gradasi Gabungan	Spesifikasi	
		A	B	C	D			
		Abu Batu	Mat. 0-5	Mat. 1-2	*filler*		Min.	Maks.
1"	25	100,0	100,00	100,0	100,00	100,00	100	100
3/4"	19	100,0	100,00	85,71	100,00	94,57	90	100
1/2"	12,7	100,0	100,00	39,00	100,00	76,82	75	90
3/8"	9,5	100,0	100,00	17,68	100,00	68,72	66	82
#4	4,75	99,56	36,59	0,44	100,00	48,67	46	64
#8	2,36	77,54	5,70	0,42	100,00	33,37	30	49
#16	1,18	54,72	2,48	0,40	100,00	23,56	18	38
#30	0,6	36,59	1,62	0,38	100,00	16,12	12	28

Informasi Artikel
Diterima Redaksi : 15-03-2024 | Selesai Revisi : 01-04-2024 | Diterbitkan Online : 04-04-2024

#50	0,3	27,26	1,31	0,36	100,00	12,32	7	20
#100	0,15	14,90	0,94	0,32	100,00	7,28	5	13
#200	0,075	6,88	0,70	0,27	99,86	4,00	4	8
Proporsi Total Agregat		A. FA				40,0%	**CA :**	**51,3**
		B.MA				21,0%	**FA :**	**44,7**
		C. CA				38,0%	**FF :**	**4,00**
		D.SEMEN				1,0%	Total Luas Permukaan Agg.(m^2/Kg)	**4,69**



Gambar 5. Grafik Hasil Analisis *Combined Grading*

Berdasarkan nilai gradasi gabungan pada tabel 4 dapat dilihat pada gambar 5 jika hasil gradasi agregat berada dalam gradasi batas bawah dan batas atas untuk perkerasan AC-BC.

3.4. Menentukan Kadar Aspal Pilihan Campuran

Dari hasil pengujian agregat selanjutnya melakukan perhitungan kadar aspal optimum menggunakan teori (Pb) sesuai peraturan Bina Marga dengan hasil dari analisis *combine grading* FA, MA, dan CA didapat nilai Pb sebesar 5,3 %. Dimana rumus Pb sebagai berikut :

$$Pb = (0{,}035\ x\ CA) + (0{,}045\ x\ MA) + (0{,}180\ x\ FA) + Konstanta \quad (1)$$

Nilai kadar aspal sesuai hasil perhitungan yaitu 5,3 % sehingga variasi kadar aspal untuk pembuatan campuran aspal inovasi yaitu, 4,3%, 4,8%, 5,3%, 5,8%, dan 6,3%. Hasil yang didapat dari benda uji dengan variasi 5 kadar aspal yaitu nilai stabilitas, VIM, VFA, dan VMA. Hasil pengujian benda uji pada Tabel 5 berikut

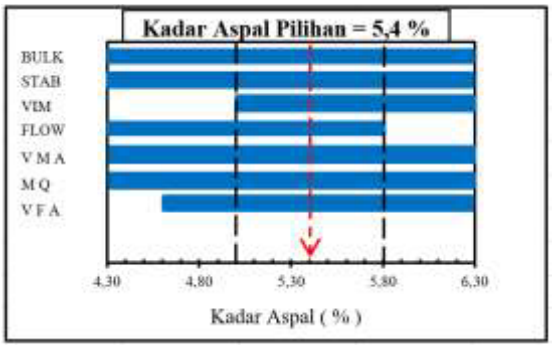
Tabel 5. Hasil pengujian benda uji

% Kadar Aspal	BJ maks camp. (gr/cc)	BJ Bulk camp. (gr/cc)	% VIM	% VMA
4,30	2,588	2,441	5,68	14,77
4,80	2,568	2,431	5,32	15,55
5,30	2,548	2,435	4,43	15,87
5,80	2,528	2,405	4,85	17,33
6,30	2,509	2,394	4,58	18,16
	Batasan		**3,0 - 5,0**	**Min. 15**

Tabel 6. Hasil pengujian benda uji (lanjutan)

% VFA	Kadar Aspal Efektif	Stabilitas (Kg)	*Flow*
61,52	3,85	1544,45	3,20
65,81	4,36	1450,44	3,50
72,08	4,86	1356,43	3,60
71,99	5,37	1248,99	4,00
74,80	5,87	1208,70	4,20
Min. 65		**Min. 800**	**2,0 -4,0**

Hasil pembuatan 5 benda uji dengan variasi kadar aspal ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Grafik Penentuan Kadar Aspal

Pada gambar 6 grafik menunjukkan nilai kadar aspal pilihan untuk pembuatan benda uji campuran beraspal inovasi sebesar 5,4 %. Nilai

Informasi Artikel
Diterima Redaksi : 15-03-2024 | Selesai Revisi : 01-04-2024 | Diterbitkan Online : 04-04-2024

5,4% dijadikan persentase kadar aspal untuk mencari kadar aspal optimum. Hasil dari kadar optimum kemudian digunakan untuk membuat benda uji campuran limbah beton dengan asbuton.

3.5. Menentukan Kadar Aspal Optimum

Sebelum pembuatan benda uji, terlebih dahulu menentukan KAO dari asbuton LGA 50/30 yang digunakan dengan kadar aspal pilihan yang sudah diperoleh sebesar 5,4%. Variasi penambahan Asbuton yaitu 2%, 4%, 6%, 8%, dan 10%. Hasil pembuatan benda uji ditunjukkan pada Tabel 7.

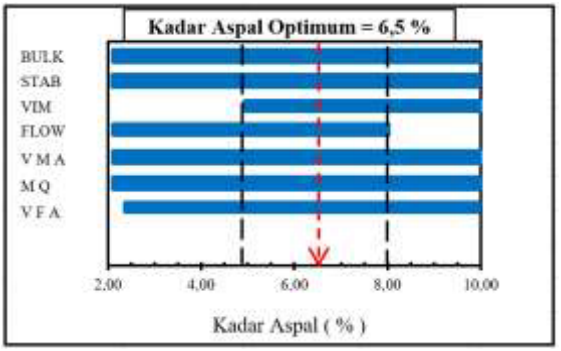
Tabel 7. Hasil pengujian benda uji dengan penambahan Asbuton LGA B50/30

% Kadar Aspal	% Kadar Asbuton	Kepadatan (*Density*) (gr/cc)	% VIM	% VMA
5,4	2	2,401	5,59	17,11
5,4	4	2,421	4,83	16,44
5,4	6	2,429	4,52	16,16
5,4	8	2,446	3,85	15,58
5,4	10	2,420	4,88	16,48
	Batasan		3,0-5,0	Min. 15

Tabel 8. Hasil pengujian benda uji dengan penambahan Asbuton LGA B50/30 (Lanjutan)

% VFA	Stabilitas (Kg)	*Flow*	*Marshall Quotient* (MQ)
67,31	1061,72	3,20	331,79
70,64	1047,75	3,50	299,36
72,06	1089,66	3,60	302,68
75,31	1201,42	3,80	316,16
70,40	1187,45	3,90	304,47
Min.65	Min. 1000	2,0-4,0	Min. 250

Dari perhitungan hasil pembuatan 5 variasi kadar asbuton didapatkan nilai kadar aspal optimum yang ditunjukkan pada gambar 7 :



Gambar 7. Grafik Penentuan Kadar Aspal Optimum

Pada Gambar 7 menunjukkan kadar asbuton optimum adalah sebesar 6,5%. Nilai tersebut menjadi persentase kadar asbuton yang dipakai untuk pembuatan campuran aspal dengan limbah beton.

3.6. Hasil Pembuatan Benda Uji dengan Penambahan Limbah Beton

Variasi limbah beton yang disubstitusikan sebesar 30%, 40%, 50%, 60%, dan 70% sebanyak 2 briket pada setiap variasinya. Hasil dari pembuatan benda uji terdapat pada tabel 8

Tabel 8. Hasil pengujian benda uji dengan penambahan limbah beton

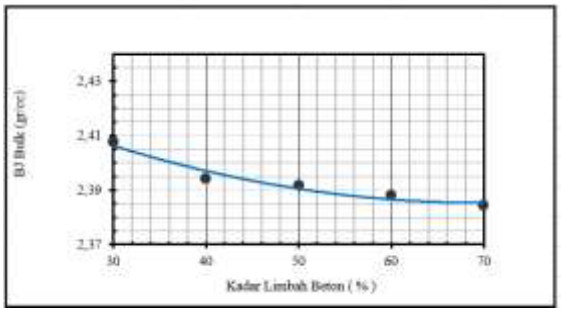
No	% Kadar Limbah Beton	Kepadatan (*Density*) (gr/cc)	% VIM	% VMA	% VFA	Stabilitas (Kg)	*Flow*	*Marshall Quotient* (MQ)
1	30,00	2,413	3,52	17,68	80,11	926,67	3,65	253,88
2		2,402	3,95	19,11	79,31	966,96	3,45	280,28
Rata-rata		**2,408**	**3,74**	**18,40**	**79,71**	**946,82**	**3,55**	**267,08**
1	40,00	2,389	4,46	18,49	75,86	1060,97	3,40	312,05
2		2,399	4,08	19,22	78,77	1114,69	3,50	318,48

Informasi Artikel
Diterima Redaksi : 15-03-2024 | Selesai Revisi : 01-04-2024 | Diterbitkan Online : 04-04-2024

Rata-rata		**2,394**	**4,27**	**18,85**	**77,31**	**1087,83**	**3,45**	**315,27**
1	50,00	2,393	4,32	18,37	76,46	1060,97	3,30	321,51
2		2,390	4,43	19,51	77,31	1074,40	3,10	346,58
Rata-rata		**2,392**	**4,38**	**18,94**	**76,88**	**1067,69**	**3,20**	**334,04**
1	60,00	2,389	4,47	18,49	75,82	980,39	3,50	280,11
2		2,387	4,56	19,62	76,76	1047,54	3,65	287,00
Rata-rata		**2,388**	**4,52**	**19,06**	**76,29**	**1013,97**	**3,58**	**283,55**
1	70,00	2,384	4,66	18,65	75,02	1020,68	3,65	279,64
2		2,384	4,66	19,71	76,35	966,96	3,75	257,86
Rata-rata		**2,384**	**4,66**	**19,18**	**75,68**	**993,82**	**3,70**	**268,75**
Batasan			**3,0-5,0**	**Min. 14**	**Min. 65**	**Min. 1000**	**2,0-4,0**	**Min. 250**

Dari hasil perhitungan tabel diatas dapat di uraikan sebagai berikut :

1. Kepadatan *(Density)*

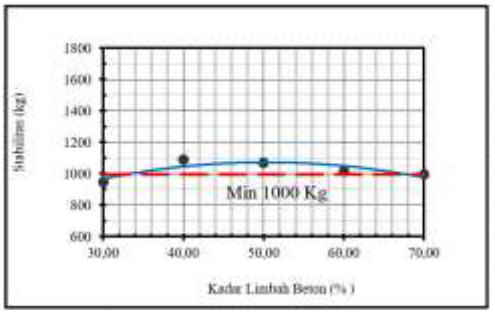


Gambar 8. Grafik Perbandingan Kepadatan dan Variasi Bahan Tambah Limbah Beton

Pada gambar 8 menjelaskan bahwa semakin bertambah kadar limbah beton maka nilai dari kepadatan (*density*) semakin rendah. Nilai kepadatan tertinggi terdapat pada kadar limbah beton 30% sebesar 2,408 % dan nilai kepadatan terendah pada kadar limbah beton 70% sebesar 2,384%.

Nilai kepadatan semakin menurun setiap bertambahnya kadar limbah beton, disebabkan karena limbah beton menyerap aspal yang menjadikan kebutuhan kadar aspal yang lebih banyak agar dapat mengisi celah diantara agregat.

2. Stabilitas



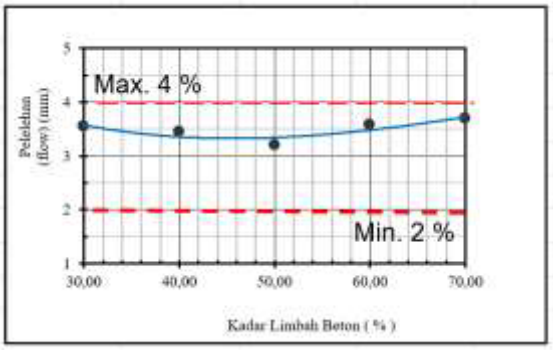
Gambar 9. Grafik perbandingan nilai Stabilitas dengan variasi penambahan limbah beton

Data hasil perhitungan stabilitas menunjukan jika penambahan limbah beton dengan kadar variasi 40%, 50%, dan 60% dapat memenuhi persyaratan asbuton modifikasi dimana nilainya harus lebih dari 1000 Kg. Sedangkan pada kadar limbah beton 30% dan 70% belum memenuhi persyaratan Spesifikasi Bina Marga 2018. Pada kadar 30% dan 70% tidak dapat memenuhi spesifikasi disebabkan karena rongga udara yang terlalu besar dan kualitas agregat kasar dari limbah beton yang memiliki sifat yang kaku sehingga agregat dari limbah beton lebih mudah terjadi retakan yang menjadikan nilai stabilitas yang rendah. Nilai stabilitas mengalami kenaikan pada kadar limbah beton 40% dengan rata-rata nilai 1087,83 Kg kemudian menurun seiring

Informasi Artikel
Diterima Redaksi : 15-03-2024 | Selesai Revisi : 01-04-2024 | Diterbitkan Online : 04-04-2024

penambahan kadar limbah beton. Nilai stabilitas pada kadar 50% sebesar 1067,69 Kg kadar 60% sebesar 1013,97 Kg kadar 70% sebesar 993,82 Kg. Nilai stabilitas terendah pada kadar 30% sebesar 946,82 Kg.

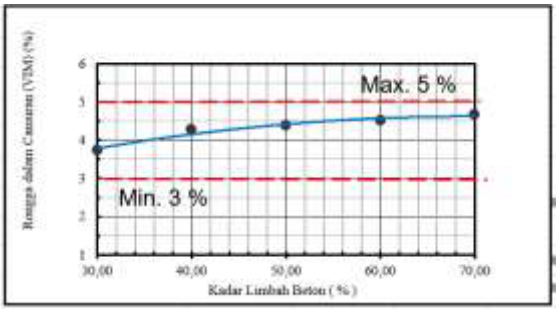
3. Kelelehan (*Flow*)



Gambar 10. Grafik perbandingan nilai *Flow* dengan variasi penambahan limbah beton

Grafik nilai *flow* menunjukkan bahwa kelelehan benda uji semakin menurun pada kadar limbah beton 40% yaitu sebesar 3,45 mm dan mengalami kenaikan pada kadar limbah beton 60% yaitu 3,58 mm. Nilai *flow* tertinggi yaitu pada kadar limbah beton 70% dengan nilai rata-rata 3,70 mm dan niai terendah pada kadar limbah beton 50% sebesar 3,20 mm. Nilai *flow* menunjukkan dapat memenuhi persyaratan Spesifikasi Bina Marga.

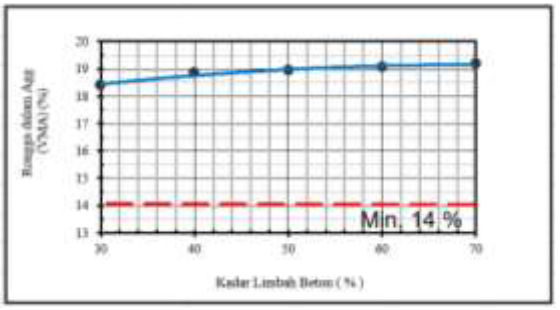
4. *Void In Mix* (VIM)



Gambar 11. Grafik perbandingan VIM dan variasi bahan tambah limbah beton

Dari grafik diatas, dapat disimpulkan jika semakin bertambah kadar limbah beton akan meningkatkan nilai VIM. Hal tersebut menandakan rongga udara semakin besar, sehingga campuran aspal lebih mudah mengalirkan air menuju lapisan bawah. Namun rongga udara memiliki batas sesuai ketentuan Bina Marga yaitu berada di antara 3%-5%. Nilai VIM terendah terjadi pada kadar 30 % dengan nilai 3,74 %, pada kadar 40 % sebesar 4,27 %, kadar 50 % sebesar 4,38 %, kadar 60 % sebesar 4,52, dan nilai tertinggi pada kadar 70 % sebesar 4,66 %. Nilai tersebut menunjukkan bahwa penambahan kadar limbah beton dapat memenuhi persyaratan.

5. *Void In Mineral Agregate* (VMA)

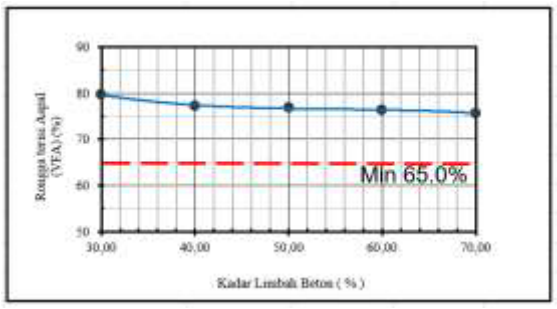


Gambar 12. Grafik perbandingan VMA dan variasi bahan tambah limbah beton

Dari perhitungan VMA dapat diketahui jika penambahan limbah beton dapat memenuhi Spesifikasi Bina Marga. Pengaruh kadar limbah beton terhadap nilai VMA mengalami kenaikan setiap penambahan kadar limbah beton. Nilai terendah VMA pada kadar limbah beton 30% dengan nilai rata-rata 18,40% dan mengalami kenaikan pada kadar 40% sebesar 18,86%, kadar 50% sebesar 18,94%, kadar 60% sebesar19,06, dan nilai tertinggi pada kadar 70% sebesar 19,18%.

Informasi Artikel
Diterima Redaksi : 15-03-2024 | Selesai Revisi : 01-04-2024 | Diterbitkan Online : 04-04-2024

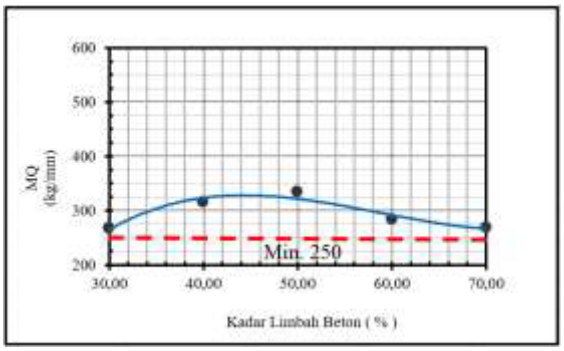
6. *Void Filled with Asphalt* (VFA)



Gambar 13. Grafik perbandingan VFA dan variasi bahan tambah limbah beton

Grafik *Void Filled with Asphalt* (VFA) menunjukkan bahwa semakin tinggi kadar limbah beton maka nilai VFA semakin menurun. Hal ini disebabkan karena aspal yang seharusnya mengisi rongga antar agregat terserap oleh agregat dari limbah beton. Nilai VFA memiliki ketentuan berdasarkan Bina Marga harus memiliki nilai minimal 65%. Nilai VFA tertinggi pada kadar limbah beton 30% dengan nilai rata-rata 79,71% dan nilai terendah pada kadar limbah beton 70% sebesar 75,68 %, sehingga penambahan limbah beton pada campuran AC-BC Asbuton memenuhi spesifikasi.

7. *Marshall Quotient* (MQ)



Gambar 14. Grafik perbandingan nilai Marshall Quotient (MQ) dengan variasi penambahan limbah beton

Hasil perhitungan nilai *marshall quotient* (MQ) menunjukkan jika kadar limbah beton dapat memenuhi spesifikasi dengan batas minimum nilai MQ yaitu 250 kg/mm. Nilai MQ tertinggi pada kadar 50% yaitu 334,04 kg/mm dan nilai terendah pada kadar 30% yaitu 267,08 kg/mm.

4. Kesimpulan

Limbah beton dari sisa pengujian laboratorium yang hanya digunakan untuk bahan timbunan dapat dimanfaatkan untuk menggantikan material campuran aspal. Penelitian ini menggunakan limbah beton sebagai pengganti sebagian agregat kasar dengan kadar variasi 30%, 40%, 50%, 60%, 70%. Kadar aspal pilihan yang digunakan yaitu 5,4% dan 6,5 % sebagai kadar aspal optimum.

Nilai stabilitas menunjukan jika penambahan limbah beton dengan kadar variasi 40%, 50%, dan 60% dapat memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 asbuton modifikasi dimana nilainya harus lebih dari 1000 Kg. Sedangkan pada kadar limbah beton 30% dan 70% belum memenuhi spesifikasi. Pada kadar limbah beton 70% nilai VIM dan VMA menunjukkan peningkatan seiring penambahan kadar limbah beton, namun mengalami penurunan pada nilai kepadatan dan VFA. Sedangkan pada kadar limbah beton 50% nilai kelelehan (*flow*) mengalami penurunan, namun mengalami peningkatan pada nilai *marshall quotient*.

Nilai tertinggi *marshall quotient* pada kadar limbah beton 50% sebesar 334,04. Nilai tersebut lebih tinggi daripada nilai *marshall quotient* pada campuran asbuton tanpa limbah beton sebesar 331,79. Perbedaan nilai tersebut disebabkan karena nilai *flow* pada penggunaan limbah beton lebih kecil dibandingkan campuran asbuton tanpa limbah beton.

Informasi Artikel
Diterima Redaksi : 15-03-2024 | Selesai Revisi : 01-04-2024 | Diterbitkan Online : 04-04-2024

Ucapan Terimakasih

Ucapan terimakasih kepada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Veteran Bangun Nusantara yang telah memfasilitasi dalam melaksanakan penelitian ini hingga selesai.

Daftar Pustaka

[1] M. P. Sidi, B. Wedyantadji, and M. Erfan, "Pengaruh Pengunaan Limbah Beton Sebagai Pengganti Agregat Dalam Campuran Aspal Beton Lapis Aus (AC-WC)," *Student Journal Gelagar*, vol. 2, no. 1, pp. 36–45, 2020.

[2] R. Siang, U. Kristen Krida Wacana Jln Tanjung Duren Raya No, J. Barat, and A. Makmur, "Pengaruh Penggunaan Limbah Beton Terhadap Parameter Marshall Campuran Beraspal Berpori," 2020.

[3] I. B. Muhammad, "Analisa Karakteristik Marshall Pada Campuran Asphalt Concrete-Binder Course (AC-BC) Menggunakan Limbah Beton Sebagai Coarse Agregat," 2016. Accessed: Feb. 01, 2024. [Online]. Available: http://eprints.ums.ac.id/id/eprint/45233

[4] M. Hermadi and D. Putranto, *Modul Pelatihan Tenaga Ahli Aspal Buton*. Asosiasi Pengembang Aspal Buton Indoonesia, 2023.

[5] I. Khusnayaini and Y. Risdianto, "Pengaruh Penggunaan Agregat Beton Daur Ulang Dan Asbuton Lga Pada Pembuatan AC-WC," *Rekayasa Teknik Sipil*, vol. 08, no. 03, Jul. 2020.

[6] L. Gombilo Bitu, "Analisa Karateristik Bitumen Campuran Panas Pada Lawele Granular Asphalt," *Jurnal Media Inovasi Teknik Sipil Unidayan*, vol. IX, no. 2, 2020.

[7] K. P.U.P.R, *P.U.P.R. Kementrian (2018). Spesifikasi Umum 2018 Untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan (Revisi 2)*. . 2020.

[8] S. Subagyo, E. Yosef, and M. Nana, "Pengendalian Mutu Pelaksanaan Aspal Beton (AC-BC)," *CivETech*, vol. 5, no. 1, 2023, [Online]. Available: https://jurnal.ucy.ac.id/index.php/CivETech/issue/archive

[9] H. Karonsih, W. B. Pinem, T. Pristyawati, and H. A. Safarizki, "Analisis Pengaruh Penambahan Limbah Plastik (Hdpe) Sebagai Campuran Aspal Ac-Wc Terhadap Parameter Marshall," *Astonjadro Jurnal Rekayasa Sipil*, vol. 11, no. 03, 2022, doi: 10.32832/astonjadro.y8i.2284.

[10] A. Syarif, C. Setyawan, and I. Farida, "Analisa Uji Kuat Tekan Beton Dengan Bahan Tambahan Batu Bata Merah," *Jurnal Konstruksi*, vol. 14, no. 1, Dec. 2016, doi: 10.33364/konstruksi/v.14-1.349.

Informasi Artikel
Diterima Redaksi : 15-03-2024 | Selesai Revisi : 01-04-2024 | Diterbitkan Online : 04-04-2024