

PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH SERBUK GIPSUM SEBAGAI BAHAN PENGGANTI *FILLER* PADA CAMPURAN *ASPHALT CONCRETE-WEARING COURSE*

Alimatul Hidayah¹ dan Sugeng Dwi Hartantyo²

¹Program Studi Sarjana Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Lamongan, Jl. Veteran No. 53A Lamongan
alimatul.hidayah99@gmail.com

²Dosen Jurusan Fakultas Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Lamongan, Jl. Veteran No. 53A Lamongan
sugeng.dwih@unisla.ac.id

Masuk: 09-07-2021, revisi: 28-07-2021, diterima untuk diterbitkan: 04-08-2021

ABSTRACT

Gypsum waste is waste from the remnants of making gypsum lists that cannot be recycled and reused. In this study, gypsum powder was used as a filler substitute (cement). Where cement and gypsum powder waste contains high enough lime (CaO). The aims of study are to determine how the process of making mixtures Aspal Concrete–Wearing Course (AC–WC) by using gypsum powder waste as filler substitute (cement) and results of the Marshall test, namely stability, VFWA, VMA, VIM, Flow, and MQ by using gypsum powder waste as filler substitute (cement). The method used in this study is experimental method. Gypsum powder waste variation substitution 7%, 8% and 9% shown the most ideal value of Marshall Properties are gypsum powder waste at 7% variation with Marshall's highest parameter are Stability 870.95 Kg, VFWA 88.81%, VMA 19.35%, VIM 4.57%, Flow 3.50 mm and Marshall Quotient (MQ) 252.72 Kg/mm. The result that fulfill the criteria in the 2010 General Specification Divison .

Keywords : *Filler; Gypsum Waste; AC-WC; Marshall Test*

ABSTRAK

Limbah *Gypsum* merupakan limbah dari sisa-sisa pembuatan list *Gypsum* yang tidak bisa di daur ulang dan di manfaatkan kembali. Pada penelitian ini limbah serbuk *Gypsum* digunakan sebagai bahan pengganti *Filler* . Dimana semen dan limbah serbuk *Gypsum* memiliki kandungan kapur (CaO) yang cukup tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana proses pembuatan campuran *Aspal Concrete–Wearing Course (AC–WC)* dengan menggunakan limbah serbuk *Gypsum* sebagai bahan pengganti *Filler* (semen) dan untuk mengetahui hasil pengujian marshall test yaitu stabilitas, VFWA, VMA, VIM, *Flow* dan MQ dengan menggunakan limbah serbuk *Gypsum* sebagai bahan pengganti *Filler* (semen). Metode yang digunakan pada ini adalah menggunakan metode eksperimen. Substitusi variasi limbah serbuk *Gypsum* 7%, 8% dan 9% menunjukkan nilai *Marshall Properties* yang paling ideal yaitu limbah serbuk *Gypsum* pada variasi 7% dengan parameter *Marshall* yang paling tinggi adalah *Stability* 870.95 Kg, VFWA 88.81%, VMA 19.35%, VIM 4.57%, *Flow* 3.50 mm dan *Marshall Quotient (MQ)* 252.72 Kg/mm. Hasil tersebut memenuhi kriteria dalam Spesifikasi Umum 2010 Divisi 6.

Kata kunci: *Filler; Limbah Gypsum; AC-WC; Marshall Test*

1. PENDAHULUAN

Latar belakang

Saat ini perkembangan penduduk di Indonesia sangatlah pesat. Seiring dengan hal tersebut dapat meningkatkan banyaknya kendaraan yang melintas di jalan raya. Seiring meningkatnya mobilitas yang sangat pesat maka perlu adanya peningkatan jalan raya dari segi kualitas maupun kuantitasnya (Subono, 2011). Perkerasan jalan merupakan bagian jalan yang diperkeras menggunakan lapis struktur dengan ketentuan ketebalan, kekakuan, serta stabilitas. Sehingga beban dari lalu lintas dapat disalurkan ke dasar jalan. Pada umumnya perkerasan lentur terdiri dari lapisan permukaan aspal diatas lapisan dasar dan lapisan dasar granular pada dasar jalan. Perkerasan jalan raya diletakkan berlapis-lapis, sehingga perkerasan tersebut mempunyai daya tahan dan daya dukung yang cukup, namun tetap ekonomis. Lapisan permukaan dibagi menjadi 4 lapisan yang meliputi Lapis permukaan (*Surface Course*), Lapis Pondasi Atas (*Base Course*), Lapis Pondasi Bawah (*Subbase Course*), Tanah Dasar (*Subgrade*).

Gypsum dalam keadaan murni dapat berupa Kristal memiliki warna putih, abu-abu, kuning, jingga atau hitam apabila tidak murni. *Gypsum* memiliki 2 macam yakni *dehydrate* (CaSO₄ dan 2H₂O serta air) dan *andhirid* (*gypsum* disuling

dari 29,4% zat kapur dan 23,5% belerang). *Gypsum* berubah menjadi *Basanit* ($\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) juga menjadi *Andhirit* (CaSO_4) pada saat air panas, atau air yang memiliki kadar garam yang sangat tinggi. Pada suhu 108°F atau 42°C dalam air murni akan menjadi *Andhirid* (Auditia & Rendih, 2018)

Penggunaan limbah serbuk gipsum mampu menaikkan kualitas campuran perkerasan beraspal dimana limbah serbuk gipsum memiliki kandungan kapur (CaO) yang cukup tinggi sehingga dapat digunakan sebagai pengganti *filler* pada campuran perkerasan beraspal. Berdasarkan pada uraian diatas, peneliti akan melakukan penelitian mengenai penggantian bahan filler dengan menggunakan limbah serbuk gipsum. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui hasil pengujian *marshall* dan pengaruh penggunaan limbah serbuk gipsum pada campuran AC-WC.

Pada penelitan terdahulu yang telah dilakukan oleh Auditia, dkk (2018) dengan menggunakan metode *Marshall* yang mengacu pada SNI 2006- 2489-1991 untuk pengujian campuran perkerasan beraspal. Adapun Hasil dari pengujian campuran perkerasan aspal dengan kadar *Gypsum* 5%, 6%, 7%, 8% dan 9%, menunjukkan penambahan bubuk *gypsum* menjadi bahan pengganti bin 4 dalam campuran perkerasan beraspal mampu menaikkan kualitas campuran perkerasan beraspal pada kadar optimum, yakni pada kadar gypsum 6% dengan nilai density 2,12 gt/cm^3 , VIM 7,70%, VMA 18,10%, VFA 57,48%, stability 4,8mm dan QM 321,96 (kg/mm).

Pada penelitian ini pengujian *Marshall* akan dilakukan secara bertahap sesuai tujuan penelitian untuk melihat hasilnya apakah kadar aspal yang digunakan telah memenuhi persyaratan atau tidak. Langkah selanjutnya adalah mengetahui pengaruh serbuk gipsum dalam campuran perkerasan terhadap nilai karakteristik *Marshall* yaitu (*Marshall Stability*), (*Void Filled With Asphalt / VFWA*), (*Void In The Mix / VIM*), (*Void In Mineral Aggregate / VMA*), (*Flow*), Dan *Marshall Quotient (MQ)*(Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat; Direktorat Jenderal Bina Marga, 2010)

Asphalt Concrete – Wearing Course (AC – WC)

Menurut Soehartono(2015), *AC-WC* merupakan lapis beton aspal yang digunakan untuk perkerasan jalan raya, mempunyai tebal sekitar 5 cm berfungsi sebagai lapisan aus maupun lapis penutup yang bersifat fleksibel untuk dapat menerima pergerakan lapisan dibawahnya tanpa mengakibatkan retak. *AC-WC* digunakan untuk lapisan permukaan dalam perkerasan yang mempunyai tekstur halus dibandingkan dengan jenis laston lainnya (Hasmiami & Nurakhmad, 2014). Fungsi lapis aus adalah untuk melindungi perkerasan jalan daripengaruh air dan menyediakan permukaan yang halus serta kesat.

Spesifikasi campuran Lataston

Ketentuan sifat – sifat campuran lataston (*Asphalt Concrete – Wearing Course*) adalah pada Tabel 1.

Tabel 1. Persyaratan AC-WC untuk kepadatan lalu lintas

No.	Spesifikasi	Nilai
1.	Pemadatan	75 x 2
2.	Density	-
3.	VIM	3-5%
4.	VFWA	Min. 65%
5.	Stabilitas	Min. 800 Kg
6.	Flow	2-4 mm
7.	MQ	Min. 250 Kg/mm

Sumber:(Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Direktorat Jenderal Bina Marga, 2010)

Bahan penyusun perkerasan lentur

1. Aspal

Aspal adalah material yang membentuk permukaan perkerasan lentur maupun perkerasan komposit. Aspal umumnya digunakan sebagai bahan pengikat yang berfungsi untuk menstabilkan lapisan pondasi. Aspal di dapatkan dari zat yang disaring dari minyak mentah yang hasilnya berwarna coklat tua hingga hitam pekat Agregat (Hardiyatmo, 2015).

2. Agregat

Agregat adalah komponen yang sangat berpengaruh pada lapisan perkerasan jalan yakni mengandung berat agregat 90-95% atau volume agregat 75-85%. Oleh karena itu, daya dukung, kualitas keawetan dan kualitas perkerasan juga ditentukan oleh sifat-sifat agregat (Hardiyatmo, 2015) . Berdasarkan besar partikel agregat dibedakan atas:

- a. Agregat kasar
Agregat hasil disintegrasi alami batuan atau batuan pecah yang mempunyai ukuran 2,36 mm atau lolos saringan No. 8.
- b. Agregat halus
Agregat hasil disintegrasi alami batuan atau batuan pecah yang mempunyai ukuran mm atau lolos saringan no. 8 atau tertahan saringan No. 200 (diameter 0.075 mm).

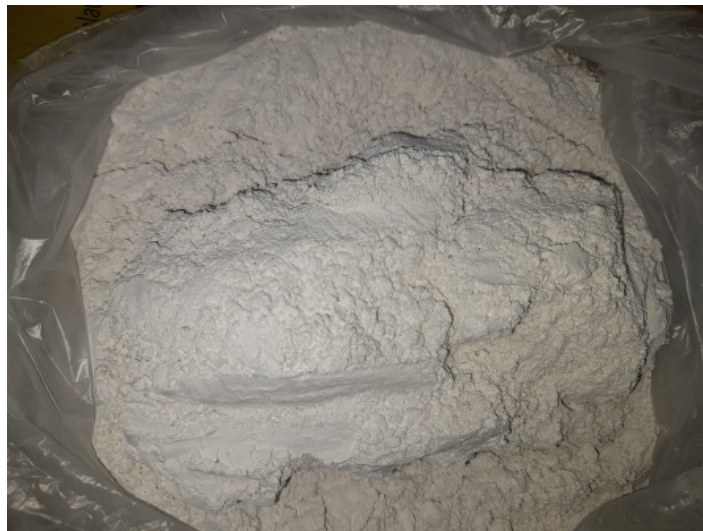
3. Filler (bahan pengisi)

Menurut Hardiyatmo(2017). bahan pengisi (*Filler*) merupakan material berbulir sangat halus yang harus lolos pada saringan No.200 atau berukuran 0,75mm harus dalam keadaan kering yang terdiri dari berbagai debu batu, kapur padam, semen *porland*, dan bahan non plastis lainnya.

Limbah gipsum

Gypsum adalah material yang umum dijumpai dan sering di manfaatkan sebagai hiasan interior rumah, gedung dan bangunan lainnya karena *gypsum* mudah dibentuk dan diaplikasikan dari pada bahan lainnya (Christanto & Ibnu, 2005). Dalam bentuk murni, *gypsum* berupa Kristal yang memiliki warna abu-abu, putih, kuning, jingga ataupun berwarna hitam apabila tidak murni. *Gypsum* memiliki dua macam yakni *dehydrate* (CaSO_4 dan $2\text{H}_2\text{O}$ serta air) pdan *andhirid* (*gypsum* disuling dari 29,4% dari zat kapur dan 23,5% dari belerang). *Gypsum* akan berubah menjadi *Basanit* ($\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) dan akan menjadi *Andhirit* (CASO_4) jika air panas ataupun air yang memiliki kadar garam yang sangat tinggi. Pada suhu 108°F atau 42°C dalam air murni berubah menjadi *Andhirid* (Auditia & Rendih, 2018).

Nama kimia *gypsum* adalah Kalsium Sulfat Hidrat ($\text{CaSO}_4 \cdot 2(\text{H}_2\text{O})$) sehingga material *gypsum* ini sangat dimungkinkan sebagai bahan *filler* dalam campuran beton aspal. Karena *Gypsum* memiliki komposisi kimia 23,28% Ca, 2,34% H, 37,57% CaO , 20,39% H_2O , 18,63%. Penggunaan serbuk *Gypsum* mampu meningkatkan nilai kualitas campuran perkerasan aspal menjadi lebih baik dari normal (Auditia & Rendih, 2018).



Gambar 1. Limbah serbuk *gypsum*

2. METODE PENELITIAN

Lokasi dan waktu penelitian

Penelitian ini telah di laksanakan pada tanggal 19 Februari 2021 dan berlokasi di Laboratorium Terpadu program studi teknik sipil Universitas Islam Lamongan

Pengumpulan data

Pada penelitian ini metode yang digunakan adalah metode eksperimental. Proses pengambilan data untuk penelitian ini dengan melakukan *Mix Design* untuk menentukan banyaknya jenis *Filler* yang akan digunakan sebagai bahan untuk pembuatan benda uji. Serta akan melakukan beberapa proses pemeriksaan agregat dan aspal. untuk memperoleh data – data yang diperlukan peneliti melaksanakan beberapa metode dalam pengumpulan data, yang mencakup pengumpulan data primer maupun skunder pada saat penelitian berlangsung.

1. Data primer

Data yang mengacu pada serangkaian percobaan, pengujian atau eksperimen yang dilakukan oleh peneliti dengan mengacu pada manual yang ada, seperti data yang diperoleh secara langsung atau dikumpulkan melalui pengujian atau inspeksi langsung.

2. Data sekunder

Data yang di dapatkan secara tidak langsung seperti dari jurnal atau artikel, buku, catatan, ataupun arsip baik yang telah dipublikasikan atau tidak di publikasikan secara umum.

Tahap penelitian

1. Tahap persiapan alat dan bahan

Peralatan yang digunakan:

- a. Peralatan Pemeriksaan Agregat
Sieve analysis, piknometer, timbangan dan alat pemanas.
- b. Peralatan Pemeriksaan Aspal
Alat uji penetrasi aspal, alat uji (titik lembek, titik nyala dan titik bakar aspal), serta alat untuk uji berat jenis (piknometer).
- c. Satu set alat pengujian karakteristik campuran beraspal.

Bahan yang di gunakan pada penelitian ini :

- a. Agregat halus
- b. Agregat kasar
- c. Filler (bahan pengisi) yang digantikan dengan menggunakan limbah serbuk gipsum
- d. Aspal penetrasi 60/70

2. Pengujian bahan susun campuran AC-WC

a. Pengujian agregat

- 1) Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus
Pengujian ini bertujuan untuk menentukan berat jenis curah (*bulk*), berat jenis kering permukaan, berat jenis semu dan penyerapan air (SNI 1970-2008).
- 2) Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar
Pengujian ini bertujuan untuk menentukan berat jenis curah (*bulk*), berat jenis kering permukaan, berat jenis semu dan penyerapan air (SNI 1969-2008).

b. Pengujian aspal

- 1) Pengujian penetrasi aspal
Pengujian penetrasi aspal bertujuan untuk mengetahui permeabilitas aspal, dengan cara memasukkan jarum penetrasi yang telah di tentukan ukuran, beban, waktu dan suhunya. Jika nilai penetrasi tinggi maka aspal akan semakin lemben dan sebaliknya jika nilai penetrasi aspal rendah maka aspal akan semakin mengeras. SNI 2456-2011.
- 2) Pengujian titik nyala dan titik bakar aspal
Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui titik nyala dan titik bakar aspal. Titik nyala aspal adalah suhu nyala singkat apabila dilewatkan api penguji sedangkan Titik bakar aspal adalah suhu terlihat nyala dengan waktu kurang dari 5 detik diatas permukaan aspal. SNI 2433-2011.
- 3) Titik lembek
Pengujian ini bertujuan untuk menentukan titik lembek aspal yang berkisar antara 30⁰C hingga 200⁰C dengan cara bola baja terjatuh dan menyentuh pelat dasar bejana. SNI 2434-2011.

3. Job Mix Formula

Perencanaan pencampuran (*Job Mix*) bertujuan untuk menentukan proporsi penggunaan bahan agregat kasar, agregat sedang, agregat halus dan *Filler* (bahan tambah gipsum) dalam pencampuran laston AC–WC.

4. Proses persiapan limbah serbuk gipsum

Limbah gipsum diambil dari *home industry* pembuatan list gipsum di kabupaten Lamongan. Kemudian limbah gipsum diolah dengan cara dihancurkan dan diayak menggunakan sieve shaker untuk mendapatkan serbuk yang lolos ayakan nomor 200 yang selanjutnya akan digunakan untuk bahan pengganti filler..

5. Metode pencampuran limbah serbuk gipsum

Metode pencampuran limbah serbuk gipsum yaitu dengan cara menimbang limbah serbuk gipsum, agregat kasar, agregat halus dan aspal yang telah di panaskan dengan suhu 150⁰C kemudian dicampurkan pada satu wadah dan dilanjutkan pada proses pengadukan selama ± 20 menit. Setelah tercampur merata kemudian dipadatkan dengan menggunakan alat *compact*.

Komposisi bahan penyusun campuran aspal panas yang digunakan:

1. Agregat yang digunakan pada campuran AC-WC harus mengikuti spesifikasi SNI.
2. Aspal yang digunakan adalah penetrasi 60/70 yang merupakan produk pertamina.
3. Limbah gipsum didapatkan dari *home industry* pembuatan list gipsum di Lamongan.
4. Kadar aspal yang digunakan adalah sebesar 5,7% dengan berat aspal.
5. Variasi campuran aspal panas dengan penggantian filler menggunakan limbah serbuk gipsum adalah 7%, 8%, dan 9% dari berat filler.

Tabel 2. *Job Mix* campuran AC-WC

Ayakan	Agregat Halus		Agregat Sedang		Agregat Kasar		Filler	Kombinasi Gradasi	Spesifikasi
	100%	23%	100%	35%	100%	40%	2%		
3/4 "	97,52	22,43	100	35	100	40	2	99,43	100
1/2 "	74,38	17,11	99,24	34,73	100	40	2	93,84	90~100
3/8 "	30,88	7,10	91,87	32,15	99,28	39,71	2	80,97	77 ~ 90
# 4	8,87	2,04	33,13	11,60	98,04	39,22	2	54,85	53 ~ 69
# 8	5,92	1,36	8,91	3,12	76,92	30,77	2	37,25	33 ~ 53
# 16	5,74	1,32	6,88	2,41	44,95	17,98	2	23,71	21~ 40
# 30	5,58	1,28	6,46	2,26	16,93	6,77	2	12,31	14~ 30
# 50	5,45	1,25	5,84	2,04	7,50	3,00	2	8,30	9 ~ 22
# 100	5,33	1,22	5,33	1,86	4,89	1,96	2	7,05	6 ~ 15
# 200	5,21	1,20	4,75	1,66	4,72	1,89	2	6,75	4 ~ 9

Dari hasil perhitungan Tabel *Job Mix* campuran AC-WC di peroleh hasil kombonasi antara agregat halus, agregat sedang, agregat kasar dan *filler* telah memenuhi spesifikasi.

6. Analisis pengujian marshall

Pengujian marshall test bertujuan untuk mengetahui pengaruh substitusi limbah serbuk gipsum dalam campuran terhadap nilai marshall yaitu (*Marshall Stability*), (*Void Viled With Asphalt / VFWA*), (*Void In The Mix / VIM*), (*Void In Mineral Aggregate / VMA*), (*Flow*), Dan *Marshall Quotient (MQ)*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan agregat

Hasil pengujian material agregat Kasar, Sedang dan Halus ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil pengujian material agregat kasar, agregat, sedang dan agregat halus

No	Jenis Pemeriksaan	Metode Pengujian	Hasil	Syarat
Agregat kasar				
1	Berat jenis curah (<i>Bulk</i>)	SNI 1969-2008	2,61	$\geq 2,5$
2	Berat jenis kering permukaan	SNI 1969-2008	2,66	$\geq 2,5$
3	Berat jenis semu	SNI 1969-2008	2,75	$\geq 2,5$
4	Penyerapan air	SNI 1969-2008	1,93	$\leq 2,5\%$
Agregat sedang				
1	Berat jenis curah (<i>Bulk</i>)	SNI 1969-2008	2,66	$\geq 2,5$
2	Berat jenis kering permukaan	SNI 1969-2008	2,72	$\geq 2,5$
3	Berat jenis semu	SNI 1969-2008	2,84	$\geq 2,5$
4	Penyerapan air	SNI 1969-2008	2,40	$\leq 2,5\%$
Agregat halus				
1	Berat jenis curah (<i>Bulk</i>)	SNI 1970-2008	2,57	$\geq 2,5$
2	Berat jenis kering permukaan	SNI 1970-2008	2,65	$\geq 2,5$
3	Berat jenis semu	SNI 1970-2008	2,87	$\geq 2,5$
4	Penyerapan air	SNI 1970-2008	2,87	$\leq 3\%$

Dilihat perhitungan pengujian material agregat kasar, agregat sedang dan agregat halus yang telah dilakukan oleh peneliti dengan hasil yang di peroleh adalah semua pengujian telah memenuhi persyaratan yang telah di tetapkan.

Hasil pengujian aspal

Hasil pengujian material aspal ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil pengujian aspal

No.	Jenis Pemeriksaan	Metode Pengujian	Spesifikasi		Hasil Pengujian
			Min	Max	
1	Penetrasi Aspal	SNI 2456-2011	60	70	67
2	Titik Nyala	SNI 2433-2011	200 ^o C	-	329 ^o C
3	Titik Bakar	SNI 2433-2011	300 ^o C	-	334 ^o C
4	Titik Lembek	SNI 2434-2011	48 ^o C	58 ^o C	53 ^o C
5	Berat Jenis Aspal	SNI 2441-2011	$\geq 1,00$	-	1,0209

Dari Tabel pengujian aspal yang telah dilakukan oleh peneliti dengan hasil pengujian yang telah memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan maka aspal layak untuk digunakan pada pengujian.

Perhitungan kadar aspal rencana

Untuk menghitung kadar aspal rencana yang akan digunakan untuk bahan campuran perkerasan diperoleh dari Persamaan (1).

$$P_b = 0,035(C_A) + 0,045(F_A) + 0,18(F) + K \dots \dots \dots (1)$$

$$P_b = 0,035(12,50) + 0,045(85,83 + 0,50) + 0,18(2) + 1$$

dengan CA = Agregat kasar dengan nomor ayakan tertahan 8 , FA = agregat halus total melewati saringan nomor 8 dan tertahan nomor 200, F = Filler, K = Nilai konstanta

Jadi kadar aspal rencana yang akan digunakan dalam penelitian ini yaitu 5,7%.

Komposisi campuran aspal AC – WC

Setelah melakukan perhitungan masing-masing agregat dan kadar aspal rencana, maka selanjutnya pembuatan komposisi masing-masing material dengan takaran kapasitas cetakan (*mould*) yang akan di gunakan untuk pengujian *compact. Job Mix* dari varian aspal AC-WC dengan limbah serbuk gipsium dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil pengujian aspal

Kadar Aspal	Kadar Limbah Serbuk Gypsum	Berat Serbuk Gypsum	Berat Aspal	Agregat Kasar	Agregat Sedang	Agregat Halus	Filler	Total
				40%	35%	23%		
%	%	Gr		Gr	Gr	Gr	Gr	Gr
5,7	0	0,00	67,65	260,3	452,6	396,1	22,4	1200
5,7	0	0,00	67,94	260,3	452,6	396,1	22,4	1200
5,7	0	0,00	66,64	260,3	452,6	396,1	22,4	1200
5,7	7	1,58	68,30	260,3	452,6	396,1	21,01	1200
5,7	7	1,58	66,41	260,3	452,6	396,1	21,01	1200
5,7	7	1,58	67,97	260,3	452,6	396,1	21,01	1200
5,7	8	1,80	67,18	260,3	452,6	396,1	20,79	1200
5,7	8	1,80	66,96	260,3	452,6	396,1	20,79	1200
5,7	8	1,80	67,42	260,3	452,6	396,1	20,79	1200
5,7	9	2,03	66,64	260,3	452,6	396,1	20,55	1200
5,7	9	2,03	67,87	260,3	452,6	396,1	20,55	1200
5,7	9	2,03	67,74	260,3	452,6	396,1	20,55	1200

Dari Tabel *JobMix* varian aspal AC-WC dengan limbah serbuk gipsum diatas dibuat untuk satu kali cetakan dengan satu jenis varian sesuai dengan kebutuhan yang telah direncanakan. Kadar aspal yang digunakan yaitu sebesar 5,7% dari berat aspal dan besarnya bahan limbah gipsum untuk pengganti filler yaitu sebesar 7%, 8% dan 9%.

Hasil pengujian *Marshall Test*

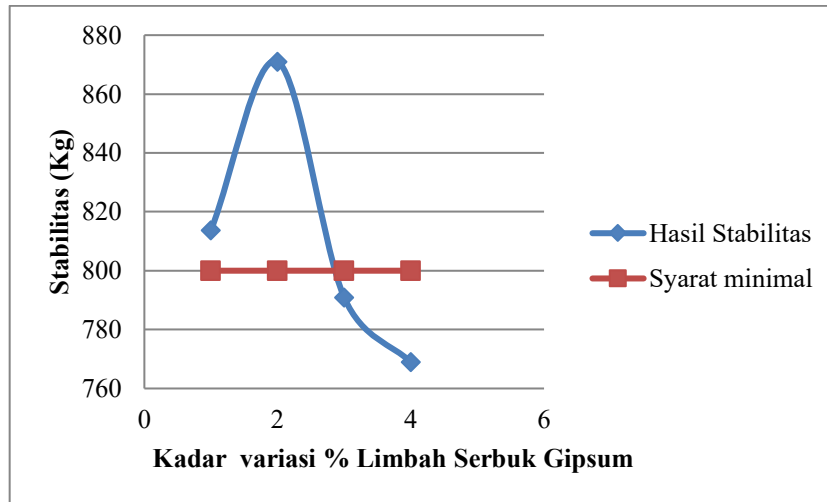
Hasil pengujian *Marshall Test* aspal AC-WC dengan penggunaan limbah serbuk gipsum sebagai bahan pengganti filler dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil pengujian *Marshall Test* rata-rata dengan limbah serbuk gipsum sebagai pengganti filler

(%) Serbuk Gypsum	Stabilitas (kg)	VFWA (%)	VMA (%)	VIM (%)	Density (gr/cc)	Flow (mm)	MQ (kg/mm)
0%	813.76	86.40	19.75	5.04	2.40	3.27	253.41
7%	870.95	88.81	19.35	4.57	2.41	3.50	252.72
8%	790.88	72.19	22.89	8.76	2.30	3.67	224.98
9%	768.98	66.35	24.84	11.06	2.24	5.33	164.49
Spesifikasi	Min 800 Kg	Min 65%	Min 15%	3-5%	-	2-4mm	Min 250Kg/m m
Pemadatan	75 x 2						
Kadar Aspal	5,7%						

Tinjauan penggantian limbah serbuk gipsum terhadap stabilitas

Salah satu karakteristik *marshall* yaitu *Stabilitas* dimana pada perkerasan mempunyai kemampuan maksimum untuk menerima beban hingga mengalami kelelahan (Hartantyo & Hermanto, 2019). Hasil pengujian stabilitas pada aspal AC-WC dengan penggunaan limbah serbuk gipsum sebagai bahan pengganti filler secara umum memperlihatkan peningkatan dan penurunan pada nilai stabilitasnya. Adapun hubungan antara stabilisat dengan limbah serbuk gipsum dapat dilihat pada Gambar 2.



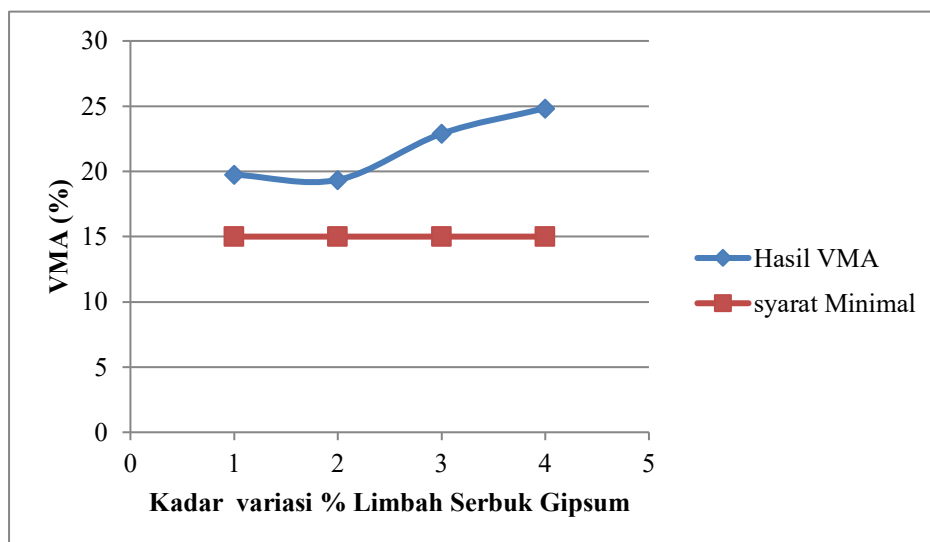
Gambar 2. Hubungan *stability Mashall* dengan limbah serbuk *gypsum*

Dari Gambar grafik diatas menunjukkan bahwa dengan penambahan limbah serbuk gypsum telah mempengaruhi nilai stabilitas nya dimana pada variasi 7% nilai stabilitas mengalami peningkatan sedangkan pada variasi 8% dan 9% nilai stabilitasnya mengalami penurunan. Berdasarkan ketentuan dan syarat nilai stabilitas minimal 800Kg. sehingga stabilitas pada variasi limbah serbuk gypsum kadar 7% telah memenuhi Standart Spesifikasi Umum Divisi 6 : Perkerasan Aspal. Sedangkan pada variasi limbah serbuk gypsum kadar 8% dan 9% tidak memenuhi Standart Spesifikasi Umum Divisi 6 : Perkerasan Aspal karena menunjukkan penurunan hingga dibawah 800Kg.

Kadar limbah serbuk gypsum yang semakin rendah dapat mengakibatkan nilai stabilitas semakin meningkat sedangkan kadar limbah serbuk gypsum yang semakin tinggi menimbulkan penurunan pada nilai stabilitas namun penurunan yang terjadi tidaklah signifikan . hal ini dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu gesekan antara agregat, penguncian antara agregat dan kadar aspal yang digunakan juga sangat berpengaruh terhadap nilai stabilitas.

Tinjauan penggantian limbah karbit terhadap *Void in the minerale aggregate (VMA)*

Void In Minerale Agregate (VMA) adalah prosentase rongga dalam campuran pada perkerasan jalan. Hasil pengujian VMA pada aspal AC-WC dengan penggunaan limbah serbuk gypsum sebagai bahan pengganti filler secara umum memperlihatkan peningkatan dan penurunan pada nilai VMA. Adapun hubungan antara VMA dengan limbah serbuk gypsum dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Hubungan *Void In Minerale Agregate (VMA)* dengan limbah serbuk *gypsum*

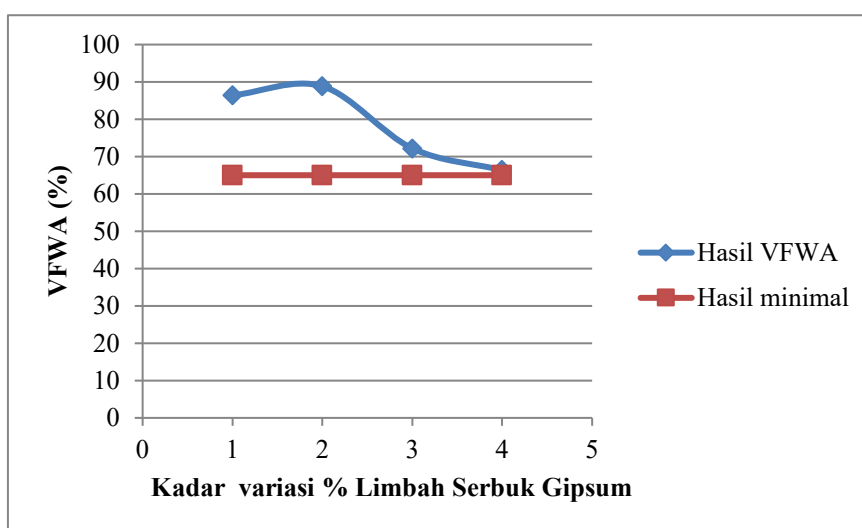
Dari Gambar grafik diatas menunjukkan bahwa dengan penambahan limbah serbuk gypsum sebagai bahan pengganti filler telah mempengaruhi hasil dari VMA. Dimana pada variasi kadar limbah serbuk gypsum 9% yaitu dengan nilai 24,85% mengalami peningkatan, namun terjadi penurunan pada variasi kadar limbah serbuk gypsum 7% dan 8% tetapi

masih memenuhi ketentuan Standart Spesifikasi Umum Divisi 6 : Perkerasan Aspal dimana nilai VMA minimal 15%. Sehingga semua variasi limbah serbuk gypsum 7%, 8% dan 9% telah memenuhi ketentuan Standart Spesifikasi Umum Divisi 6 : Perkerasan Aspal .

Nilai VMA berpengaruh pada sifat keawetan dan kedekatan terhadap udara dan air. Adapun faktor yang mempengaruhi VMA adalah banyaknya jumlah tumbukan, kadar aspal dan gradasi agregat pada campuran. Semakin tinggi nilai VMA maka semakin banyak rongga pada campuran yang terisi aspal sehingga kedekatan terhadap air dan udara semakin tinggi, namun bila nilai VMA terlalu tinggi maka dapat mengakibatkan bleeding pada perkerasan jika menerima beban pada temperature yang tinggi. Sebaliknya jika nilai VMA terlalu kecil maka dapat mengakibatkan terjadinya stripping pada perkerasan.

Tinjauan penambahan limbah karbit terhadap *Void Filled With Asphalt (VFWA)*

Void Filled With Asphalt (VFWA) adalah prosentase rongga campuran yang terisi aspal yang terdapat di antara partikel agregat (VMA) yang terisi oleh aspal. Hasil pengujian VFWA pada aspal AC-WC dengan penggunaan limbah serbuk gypsum sebagai bahan pengganti filler secara umum memperlihatkan peningkatan dan penurunan pada nilai vfw. Adapun hubungan antara VFWA dengan limbah serbuk gypsum dapat dilihat pada Gambar 4.



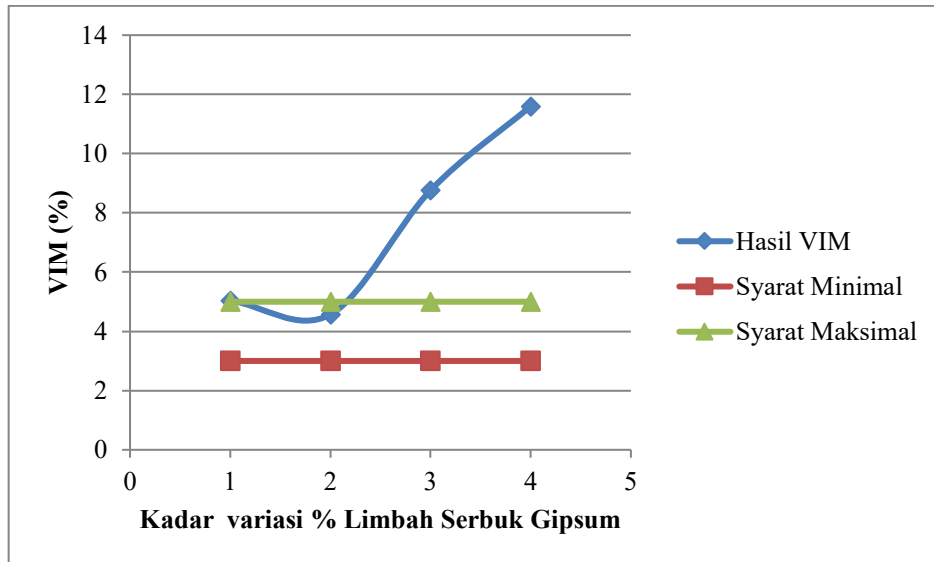
Gambar 4. Hubungan (*VFWA*) dengan limbah serbuk *gypsum*

Dari Gambar grafik diatas menunjukkan bahwa dengan penambahan limbah serbuk gypsum sebagai bahan pengganti *filler* mempengaruhi hasil dari VFWA. Dimana semakin banyak bertambahnya variasi kadar limbah serbuk gypsum maka semakin menurun pula nilai VFWA. Dari data diatas peningkatan VFWA tertinggi terdapat pada variasi kadar limbah serbuk gypsum 7% yaitu dengan nilai 88,81%, sedangkan pada variasi yang lebih besar nilai VFWA mengalami penurunan pada variasi kadar limbah serbuk gypsum 9% yaitu dengan nilai 66,35% , meskipun mengalami penurunan akan tetapi masih memenuhi ketentuan Standart Spesifikasi Umum Divisi 6 : Perkerasan Aspal yaitu minimal 65%.

Nilai VFWA dapat meningkatkan keawetan campuran, nilai VFWA yang terlalu besar dapat mengakibatkan terjadinya bleeding pada saat temperature tinggi sehingga ketika perkerasan menerima beban aspal dapat naik kepermukaan. Namun jika nilai VFWA terlalu kecil maka akan dapat mengakibatkan kedekatan campuran semakin kecil dan aspal pada campuran akan terosidasi dengan udara yang mengakibatkan berkurangnya keawetan perkerasan.

Tinjauan penggunaan limbah karbit terhadap *Void in the mix (VIM)*

Void In The Mix (VIM) merupakan Rongga udara pada campuran perkerasan yang terdiri dari ruang udara antara partikel agregat yang terselimuti aspal. Hasil pengujian VIM pada aspal AC-WC dengan penggunaan limbah serbuk gypsum sebagai bahan pengganti filler secara umum memperlihatkan peningkatan dan penurunan pada nilai VIM. Adapun hubungan antara VIM dengan limbah serbuk gypsum dapat dilihat pada Gambar 5.



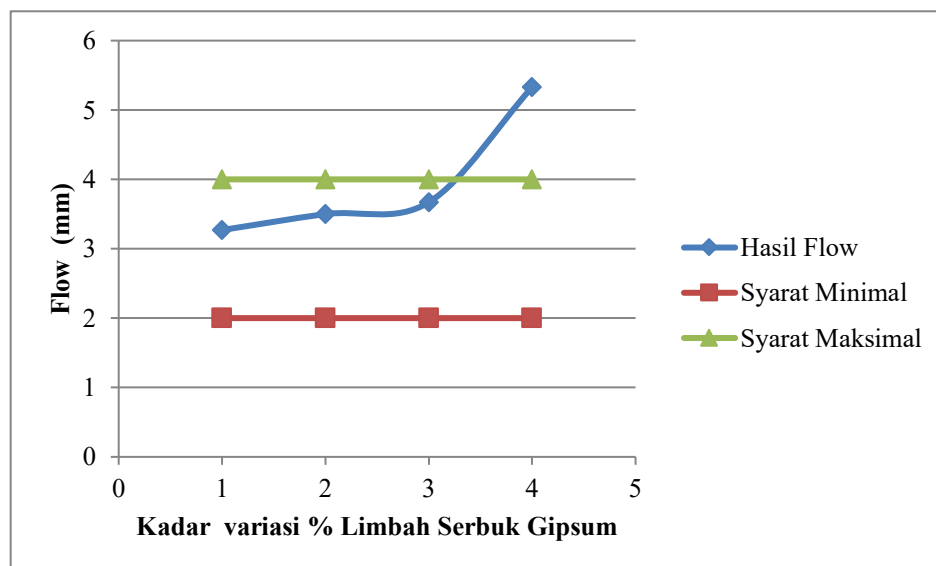
Gambar 5. Hubungan (VIM) dengan limbah serbuk gypsum

Dari Gambar grafik diatas menunjukkan bahwa dengan penambahan limbah serbuk gypsum sebagai bahan pengganti filler mempengaruhi hasil dari VIM . Dimana semakin banyak variasi yang ditambahkan maka akan semakin tinggi nilai VIM. Dari data diatas nilai VIM pada kadar limbah serbuk gypsum 7% yaitu 4,57% sehingga memenuhi ketentuan Standart Spesifikasi Umum Divisi 6 : Perkerasan Aspal dengan syarat 3% - 5%, sedangkan pada variasi kadar limbah serbuk gypsum 8% dan 9% mengalami peningkatan hingga melebihi batas ketentuan Standart Spesifikasi Umum Divisi 6 : Perkerasan Aspal.

Kadar aspal, pemadatan dan gradasi agregat sangat mempengaruhi hasil VIM. Nilai VIM dapat menunjukkan kekedapan pada perkerasan. Nilai VIM yang rendah mengakibatkan kekakuan pada campuran sedangkan nilai VIM yang tinggi menunjukkan banyaknya rongga pada campuran sehingga tidak kedap air dan udara yang dapat menyebabkan kerusakan pada lapisan perkerasan.

Tinjauan penggunaan limbah karbit terhadap kelelehan (*flow*)

Flow adalah nilai yang di tunjukkan oleh jarum alroji pada alat *Marshall* dan sudah dalam satuan mm. Hasil pengujian *Flow* pada aspal AC-WC dengan penggunaan limbah serbuk gypsum sebagai bahan pengganti filler secara umum memperlihatkan peningkatan dan penurunan pada nilai *Flow*. Adapun hubungan antara *Flow* dengan limbah serbuk gypsum dapat dilihat pada Gambar 6.



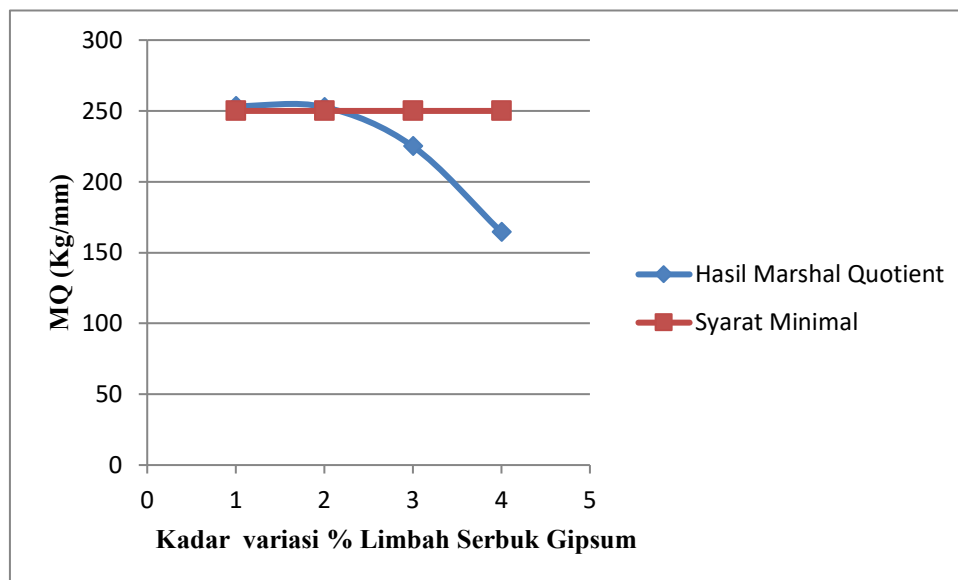
Gambar 6. Hubungan *flow* dengan limbah serbuk gypsum

Dari Gambar grafik diatas menunjukkan bahwa dengan penambahan limbah serbuk gipsum sebagai bahan pengganti *filler* mempengaruhi hasil dari *flow*. Dimana pada kadar limbah serbuk gipsum 7% dan 8% telah memenuhi ketentuan Standart Spesifikasi Umum Divisi 6 : Perkerasan Aspal dengan syarat 2 – 4 mm. sedangkan pada variasi kadar limbah serbuk gipsum 9% tidak memenuhi ketentuan Standart Spesifikasi Umum Divisi 6 : Perkerasan Aspal karena hasil pengujiannya telah melebihi batas persyaratan yang telah ditetapkan.

Nilai *flow* sangat di pengaruhi oleh kadar aspal. Campuran yang memiliki nilai kelelahan tinggi dan nilai stabilitas rendah maka perkerasan mempunyai sifat plastis. Sebaliknya jika nilai kelelahan rendah dan nilai stabilitas tinggi maka perkerasan mempunyai sifat getas.

Tinjauan penggunaan limbah karbit terhadap *Marshall Quotient (MQ)*

Marshall Quotient (MQ) adalah hasil pembagian nilai *stabilitas* dan nilai *flow* sehingga sangat berpengaruh pada nilai *flexible* terhadap keretakan. Hasil pengujian MQ pada aspal AC-WC dengan penggunaan limbah serbuk gipsum sebagai bahan pengganti *filler* secara umum memperlihatkan peningkatan dan penurunan pada nilai MQ. Adapun hubungan antara MQ dengan limbah serbuk gipsum dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Hubungan *MQ* dengan limbah serbuk *gypsum*

Dari Gambar grafik diatas menunjukkan bahwa dengan penambahan limbah serbuk gipsum sebagai bahan pengganti *filler* mempengaruhi hasil dari *marshall Quotient (MQ)* . Dimana semakin bertambah variasi limbah serbuk gipsum maka semakin menurun nilai *MQ* -nya. Dari data diatas nilai *MQ* tertinggi adalah pada variasi 7% yaitu mencapai 252.72 Kg/mm hasil ini telah memenuhi ketentuan Standart Spesifikasi Umum Divisi 6 : Perkerasan Aspal yitu dengan ketetapan minimal 250Kg/mm. sedangkan pada variasi limbah serbuk gipsum 8% dan 9% tidak memenuhi persyaratan karena nilai *MQ* nya tidak memenuhi persyaratan ketentuan Standart Spesifikasi Umum Divisi 6 : Perkerasan Aspal.

Nilai *MQ* yang terlalu tinggi dapat mengakibatkan campuran bersifat kaku dan tidak *flexibel* sehingga perkerasan akan mengalami retak-retak. Sebaliknya jika *MQ* nilainya terlalu kecil maka dapat mengakibatkan campuran yang bersifat *flexible* sehingga mudah mengalami deformasi pada saat perkerasan menerima beban lalu lintas. Nilai *MQ* tergantung pada besarnya nilai stabilitas dan nilai *flow*.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang sudah dilakukan, penggunaan limbah serbuk *Gypsum* sebagai pengganti *Filler* pada campuran (*AC-WC*) ternyata mempengaruhi hasil *Marshall Properties*. Variasi kadar *Filler* limbah serbuk *Gypsum* yang digunakan dalam campuran (*AC-WC*) adalah 7%, 8%, dan 9%. Dimana variasi limbah serbuk *Gypsum* yang telah memenuhi spesifikasi adalah pada variasi 7% yaitu nilai *Stabilitasnya* mengalami peningkatan 870,95 Kg dibandingkan dengan nilai *Stabilitas* pada variasi 0% atau normal yaitu dengan nilai 813,76 Kg. Nilai *VFWA* mengalami kenaikan yaitu 88,81% dari variasi 0% atau normal dengan nilai 86,40%. Nilai *Flow* mengalami kenaikan

yaitu 3,50 mm dari nilai *Flow* pada variasi 0% atau normal yaitu 3,27% dan *Marshall Quotient (MQ)* juga mengalami kenaikan dengan nilai 252,72kg/mm di bandingkan pada variasi 0% atau normal yaitu 253,41 Kg/mm. Namun pada nilai *VMA* terjadi penurunan yaitu 19,35% dari pada variasi 0% atau normal dengan nilai 19,75% dan nilai *VIM* juga mengalami penurunan yaitu 4,57% dibandingkan pada variasi 0% atau normal dengan nilai 5,04%. Meskipun nilai *VMA* dan *VIM* mengalami penurunan dari variasi 0% atau normal akan tetapi hasil tersebut masih memenuhi spesifikasi umum 2010 devisi 6.

Saran

1. Penggunaan metode eksperimental pada penelitian ini hendaknya dikembangkan lebih lanjut guna untuk mengetahui hasil yang lebih baik lagi.
2. Pada saat pengujian di laboratorium di perlukan persiapan yang matang sehingga memudahkan peneliti untuk melaksanakan penelitian.
3. Pada saat pengukuran bahan dan pembacaan data pada alat pengujian sangat di perlukan ketelitian agar mendapatkan data yang valid.

DAFTAR PUSTAKA

- Auditia, B. A., & Rendih. (2018). Pengaruh Penggunaan Bubuk Gypsum Sebagai Filler Dalam Campuran Aspal. *Teknik Dan Ilmu Komputer*, 07(26), 149–155.
- BSN. (2008a). SNI 1969-2008. *cara uji berat jenis dan penyerapan air agregat kasar*. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- BSN. (2008b). SNI 1970-2008. *cara Uji Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Halus*. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- BSN. (2011a). *SNI 2433-2011. Cara Pengujian Titik Nyala dan Titik Bakar*. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- BSN. (2011b). *SNI 2434-2011. Cara Pengujian Titik Lembek Aspal*. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- BSN. (2011c). *SNI 2441-2011 Cara Pengujian Berat Jenis Aspal*. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- BSN. (2011d). *SNI 2456-2011. Cara Pengujian Penetrasi Aspal*. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- Christanto Andi, & Ibnu, W. (2005). *Perbandingan Antara Penggunaan Filler Limbah Gypsum dan Semen Portland Pada Karakteristik Marshall dan Nilai Kohesi Campuran beton Aspal*. Universitas Islam Indonesia.
- Hardiyatmo, H. C. (2015). *PEMELIHARAAN JALAN RAYA* (Gadjah Mada University Press (ed.); kedua). Agustus 2015.
- Hardiyatmo, H. C. (2017). *Perencanaan Perkerasan Jalan dan Penyelidikan Tanah* (Gadjah Mada University Press (ed.); ketiga). Juni 2017.
- Hartantyo, S. D., & Hermanto, B. (2019). *p ISSN 2579-4620 e ISSN 2581-0855 PENGARUH PENGGUNAAN KRIKIL MANTUP SEBAGAI BAHAN p ISSN 2579-4620 e ISSN 2581-0855*. 3(2), 140–149.
- Hasmiati, & Nurakhmad, A. L. O. M. (2014). *Mix Design Asphalt Concrete Wearing Course (Ac-Wc) Dengan Menggunakan Fly Ash Batu Bara*. 4(1), 133–144.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat; Direktorat Jenderal Bina Marga. (2010). *Spesifikasi Umum 2010 (Revisi 3) Divisi 6* (pp. 1–89).
- Soehartono. (2015). *Teknologi Aspal dan Penggunaannya Dalam Konstruksi Perkerasan Jalan* (Maya (ed.)). ANDI
- Subono, V. P. (2011). *Karakteristik Marshall Campuran Asphalt Concrete (AC) dengan Bahan Pengisi (Filler) Abu Vulkanik Gunung Merapi*.