



Tersedia Secara Online di
<http://ojs.unik-kediri.ac.id/index.php/jurmateks/index>

<http://dx.doi.org/10.30737/jurmateks>

JURMATEKS

Penggunaan Biji Jenitri Sebagai Pengganti Filler Pada Lapisan Aspal (Ac-Bc) Terhadap Variasi Suhu

B. A. Rahmahima^{1*}, A. I. Candra², Y. C. S. Poernomo³

^{1*,2,3}Fakultas Teknik, Universitas Kediri

Email : ^{1*}amiribella@gmail.com

ARTICLE INFO

Article history:

Artikel masuk : 08-09-2020

Artikel revisi : 09-09-2020

Artikel diterima : 14-09-2020

Keywords:

Jenitri Seeds, Temperature Variations, Marshall Test, Filler

Style IEEE dalam mensitasi artikel ini: [20] Misbah, "Pengaruh Variasi Kadar Aspal Terhadap Nilai Karakteristik Campuran Panas Aspal Agregat (Ac-Bc) Dengan Pengujian Marshall," Tek. Sipil ITP, vol. 2, no. 1, pp. 41-48, 2015

ABSTRACT

The use of bitumen was widely used in road construction in Indonesia. Moisture – fed asphalt results in lowered durability and qualitative qualities. Concrete asphalt results from road rifts that are a suitable, well-built alloy of heavy vehicles, and mixed temperatures sdetermined by the type of asphalt to be used. The study provided a new innovation in content replaced with the jenitri seeds in 0%, 3%, 6%, and 9% variations with temperature variations 60°C and 100°C. The research method used in this study is the experimental method used with the jenitri seed instead of the filler, testing was done by being put into a water bath and then marshall's. The purpose of this study is to look at the output of the filler levels of the jenitri seed and the temperature differential. Based on the study, the use of jenitri seeds to replaced fillers that have been tested with marshall's devices and met the specification's value is 3% variation filler at 60°C with a VIM: 3,78% VMA: 21,3% VFB: 82,26% Stabilitas: 3608kg Flow: 3,13mm MQ: 1151,49kg/mm.

ABSTRAK

Penggunaan aspal banyak digunakan untuk konstruksi jalan di Indonesia. Aspal yang mengalami pemuaiian suhu panas akan mengakibatkan keawetan dan kualitas menurun. Lapis aspal beton merupakan dari perkerasan jalan yang merupakan campuran agregat yang cocok dan layak dilalui kendaraan berat, dan suhu pencampuran ditentukan berdasarkan jenis aspal yang akan digunakan. Penelitian ini memberikan inovasi baru yaitu bahan pengisi filler diganti biji jenitri dalam variasi 0%, 3%, 6%, dan 9% dengan menggunakan variasi suhu 60°C dan 100°C. Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimental dengan biji jenitri sebagai pengganti filler aspal, pengujian dilakukan dengan di letakkan dulu ke dalam alat Water Bath kemudian di uji dengan alat Marshall. Tujuan penelitian ini adalah melihat hasil perbandingan filler kadar biji jenitri dan dengan suhu yang berbeda. Dari hasil penelitian tersebut penggunaan biji jenitri sebagai bahan pengganti filler variasi 3% disuhu 60°C dengan nilai VIM: 3,78% VMA: 21,3%

VFB: 82,26% Stabilitas : 3608 kg Flow: 3,13 mm MQ: 1151,49
kg/mm

1. Pendahuluan

Seiring berkembangnya zaman semakin banyak pula para pengguna transportasi darat yang setiap harinya berlalu-lalang melewati jalan aspal, sehingga mengakibatkan jalan aspal rusak akibat tidak kuatnya menahan beban kendaraan yang sering melintas di atasnya. Jalan aspal pun juga harus di pikirkan kelenturannya, daya tahan serap air dan tahan terhadap suhu cuaca di daerah tersebut.

Aspal beton adalah sesuatu yang tidak asing lagi di jumpai di sekitar kita, aspal beton juga merupakan suatu alat bantu sarana prasarana bagi kita yang menggunakan alat transportasi di darat. Lapis aspal beton merupakan dari perkerasan jalan yang merupakan campuran agregat yang cocok dan layak dilalui kendaraan berat. Suhu pencampuran ditentukan berdasarkan jenis aspal yang akan digunakan [1][2][3]. Pada umumnya pencampuran menggunakan semen aspal digunakan suhu pencampuran antara 145°-155° C, sehingga disebut aspal beton campuran panas. Menurut spesifikasi 8M.2005, bahan pengisi filler adalah bahan pengisi pada aspal yang lolos saringan No. 200 dan mempunyai sifat *non plastis*. *Filler* biasanya berbentuk bahan seperti abu batu, kapur padaman semen, dan bahan *non plastis* lainnya [4][5][6]. Selain itu bahan pengisi *filler* dapat mengurangi volume pori-pori atau rongga sehingga dapat meningkatkan kepadatan dan menurunkan kemampuan yang dimiliki oleh suatu zat untuk meloloskan sejumlah partikel yang menembus atau melalui campuran aspal [7].

Tanaman jenitri sudah banyak di temukan di berbagai wilayah di Indonesia, Biji jenitri bisa juga di bilang limbah, karena dari pohon jenitri sendiri daging buahnya tidak dapat di konsumsi dan hanya biji dan kayunya yang digunakan, walaupun biji jenitri sudah di olah untuk bahan kerajinan tangan atau perhiasan dan kayunya sebagai bahan baku alat music [8]. Disini penulis ingin membuat biji jenitri sebagai bahan pengisi *filler* pada aspal, dan penulis akan mencoba meletakkan hasil campuran aspal berbahan pengisi *filler* biji jenitri di alat *Water Bath* dengan suhu yang berbeda yakni normal 60°C dan karena Indonesia negara tropis dan terkadang mengalami cuaca yang ekstrim maka penulis mencoba menggunakan suhu variasi 100°C.

2. Studi Literatur

Berdasarkan penelitian terdahulu mengenai Campuran Aspal Beton Dengan Menggunakan Filler Bunga Pinus di tahun 2019, dapat disimpulkan bahwa hubungan antara kandungan kadar aspal minyak pada seluruh parameter marshall dan volumetrik yang kandungan kadar aspal minyak pada seluruh parameter marshall dan volumetrik yang

menggunakan filler Bunga Pinus di dapatkan kandungan aspal optimum berada pada kadar 6,5 % dari Nilai VIM, VMA, VFB, Stabilitas dan MQ. Selanjutnya menggunakan penelitian berjudul Analisa Perbandingan Kualitas Aspal Beton dengan Filler Bentonite di tahun 2013 yang berkesimpulan Penggunaan Bentonite Pengganti Filler Meningkatkan Stabilitas Suatu Campuran, yang terakhir jurnal berjudul Aspal Modifikasi dengan penambahan *plastik low linear density poly ethylene* (Lldpe) ditinjau dari karakteristik marshall dan uji penetrasi pada lapisan aspal beton (Ac-Bc) di tahun 2016 yang berkesimpulan terlihat semakin bertambahnya kadar Lldpe maka nilai stabilitasnya bertambah, akan tetapi pada grafik nilai vim tidak ada yang memenuhi standar spesifikasi bina marga revisi in.

2.1 Klasifikasi Jalan Menurut Fungsinya

Jalan adalah prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap yang diperuntukkan untuk lalu lintas, yang berada di permukaan tanah, di atas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah, serta di atas permukaan air, kecuali pada jalan kereta api, jalan lori, dan jalan kabel [9]. Pengelompokan Jalan menurut Sistem: Sistem Jaringan Jalan Primer dan Sistem Jaringan Jalan Sekunder.

2.2 Lapisan-lapisan Perkerasan Jalan

Dan suatu lapisan perkerasan jalan tersusun empat lapis mulai dari atas antara lain :

- Lapisan Permukaan *surface course* berfungsi sebagai lapisan yang menerima gesekan akibat rem dari kendaraan sehingga mudah menjadi aus [10].
- Lapisan pondasi atas *base course* berfungsi sebagai Lapisan yang dapat mengurangi tebal lapisan di atasnya atau lapisan permukaan [11].
- Lapisan Pondasi bawah *subbase course* berfungsi sebagai untuk menyebarkan beban roda ke lapisan yang berada dibawahnya [12]
- Lapisan Tanah Dasar *Subgrade* berfungsi sebagai Permukaan tanah galian atau tanah timbunan digunakan untuk meletakkan lapisan-lapisan permukaan di atasnya [13].

2.3 Aspal Beton

Ada empat sifat dasar aspal beton yang harus diperhatikan dalam merencanakan campuran aspal beton, seperti stabilitas, durabilitas, fleksibilitas dan mempunyai tahanan terhadap selip *skid resistance* [14].

- Aspal padat adalah aspal yang berbentuk padat atau semi padat pada suhu ruang dan

menjadi cair jika dipanaskan.

- Aspal cair *cutback asphalt* adalah aspal yang berbentuk cair pada suhu ruangan.
- Aspal emulsi *emulsified asphalt* adalah suatu campuran aspal dengan air dan bahan pengemulsi, yang dilakukan di pabrik pencampur [15].

2.4 Lapisan Jalan Aspal (AC-BC)

Fungsi lapisan pondasi atas ini antara lain sebagai: Bagian perkerasan yang menahan gaya lintang dari beban roda dan menyebarkan beban lapisan di bawahnya, lapisan peresapan untuk lapisan pondasi bawah, bantalan terhadap lapisan permukaan [16].

2.5 Bahan Aspal

- **Agregat** merupakan butir-butir batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lain, baik yang berasal dari alam maupun buatan yang berbentuk mineral padat berupa ukuran besar maupun kecil. Agregat terbagi menjadi 2 bagian yaitu: Agregat kasar yaitu campuran tertahan ayakan no.8 (2,36 mm). Agregat kasar harus mempunyai angularitas seperti yang diisyaratkan. dan Agregat halus yaitu terdiri atas sumber bahan manapun, harus terdiri dari pasir atau hasil pengayakan batu pecah dan terdiri dari bahan yang lolos ayakan No. 8 (2,36 mm) [17], [18].
- **Bahan Pengisi *Filler*** adalah Agregat halus yang lolos saringan no. 200 (0,075mm). Biasanya digunakan abu batu, abu kapur, semen dan bahan lain. Fungsi *filler* dalam campuran aspal beton antara lain: *Filler* meningkatkan ketahanan campuran aspal terhadap cuaca [19].

2.6 Pengertian Dan Penjelasan Biji Jenitri

Biji Jenitri adalah tanaman yang banyak terdapat di Indonesia sebagai pohon pelindung. Biji jenitri banyak dihasilkan di Indonesia, tetapi belum dimanfaatkan secara maksimal. Untuk ukuran biji Jenitri paling kecil berdiameter 5 mm, dan ukuran paling kecil adalah yang termahal [8]. Untuk kandungan kimia biji dan inti biji jenitri dapat disajikan pada **Tabel 1.**



Sumber : Dokumentasi Penelitian

Gambar 1. Biji Jenitri

Tabel 1. Kandungan Kimia Biji dan Inti Biji Jenitri

Parameter	Biji Jenitri	Inti Biji
Kadar Air	17,68	5,51
Kadar Abu	1,60	4,05
Kadar Protein	5,05	12,97
Kadar Lemak	12,87	66,41
Kadar Karbohidrat	62,8	11,06

Sumber : Analisa Perhitungan Kandungan Kimia Biji dan Inti Biji Jenitri

2.7 Pengujian Aspal Metode Marshall

Rancangan campuran berdasarkan metode Marshall ditemukan oleh Bruce Marshall, dan telah distandarisasi oleh ASTM maupun AASHTO melalui beberapa modifikasi, antara lain ASTM D 1559-76, atau AASHTO T-245-90 [20]. Prosedur pengujian Marshall mengikuti SNI 06-2489- 1991, atau AASHTO T 245-90, atau ASTM D 1559-76. *Proving ring* digunakan untuk mengukur nilai stabilitas, dan *flowmeter* untuk mengukur kelelahan plastis.

Untuk persiapan benda uji, ada beberapa hal yang diperlukan diperhatikan antara lain: Jumlah benda uji yang disiapkan, persiapan agregat kasar dan halus yang akan digunakan, penentuan temperatur pencampuran dan pemadatan, persiapan campuran aspal beton,

pemadatan benda yang uji, persiapan untuk pengujian Marshall. Dari hasil pengujian dengan alat Marshall diperoleh data-data sebagai berikut: nilai stabilitas, berat volume, kelelahan plastis *flow*, VIM, VMA, penyerapan aspal, tebal lapisan aspal, kadar aspal efektif, hasil bagi marshall [21].

A. Unit Weight

$$Gmb = \frac{W}{B} \dots \dots \dots (2.5)$$

Dimana:

Gmb = Berat volume kering campuran (gram/cm³)

W = Berat benda uji di udara (gram)

B = Volume benda uji (cm³)

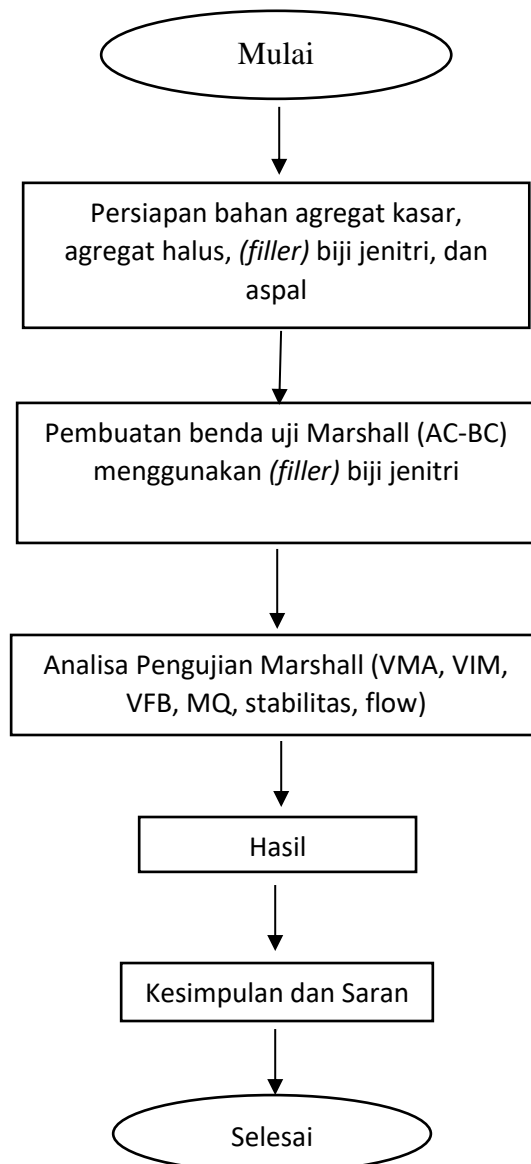
- B. VIM *Voids In Mix* adalah banyaknya pori di antara butir-butir agregat yang diselimuti aspal [22].
- C. Stability *stabilitas* adalah kemampuan lapis perkerasan menerima beban lalu lintas tanpa mengalami perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur rutting, maupun mengalami bleeding [23].
- D. Flow merupakan deformasi vertikal yang terjadi mulai dari awal pembebanan sampai dengan kondisi stabilitas menurun [21].
- E. VMA *Voids in Mineral Agregat* adalah banyaknya volume pori di dalam masing-masing butir agregat di dalam beton aspal padat, dinyatakan dalam persentase [22].
- F. VFB *Voids Filled Bitument* adalah rongga yang terisi aspal pada campuran setelah mengalami proses pemadatan [24].
- G. MQ *Marshall Quetiont* adalah hasil bagi antara Stabilitas dengan Flow [24].

3. Metodologi Penelitian

Metode yang dilakukan adalah metode eksperimental dengan biji jenitri sebagai pengganti *filler* aspal dalam variasi 3%, 6%, dan 9% pengujian dilakukan dengan alat uji marshall.

3.1 Alur Penelitian

Alur penelitian dari penelitian ini sebagai berikut :



Sumber : Analisa Alur Penelitian

Gambar 2. Alur Penelitian

Dari **Gambar 2.** dilihat bahwa penelitian ini yang pertama mempersiapkan bahan meliputi agregat kasar dan halus, biji jenitri, dan aspal. Agregat kasar harus tertahan di ayakan $\frac{3}{4}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{8}$, 4, dan 8 dan agregat halus tertahan di ayakan 16, 30, 50, 100 dan 200, kadar aspal yang digunakan 5,5, dan biji jenitri sebagai pengganti *filler* yang harus lolos ayakan 200. Proses pembuatan aspal sebelum ketahap pencampuran agregat kasar dan halus harus diketahui angka keausannya melalui alat mesin abrasi Los Angeles [25]. Proses pembuatan *filler* dari biji jenitri agar lolos ayakan 200 adalah biji jenitri di tumbuk lalu di sangrai sampai gosong setelah itu di giling sampai halus. Selanjutnya ketahap pencampuran campurkan agregat pada campuran beraspal dengan komposisi gradasi sesuai dengan spesifikasi yang ada. Setelah tercampur

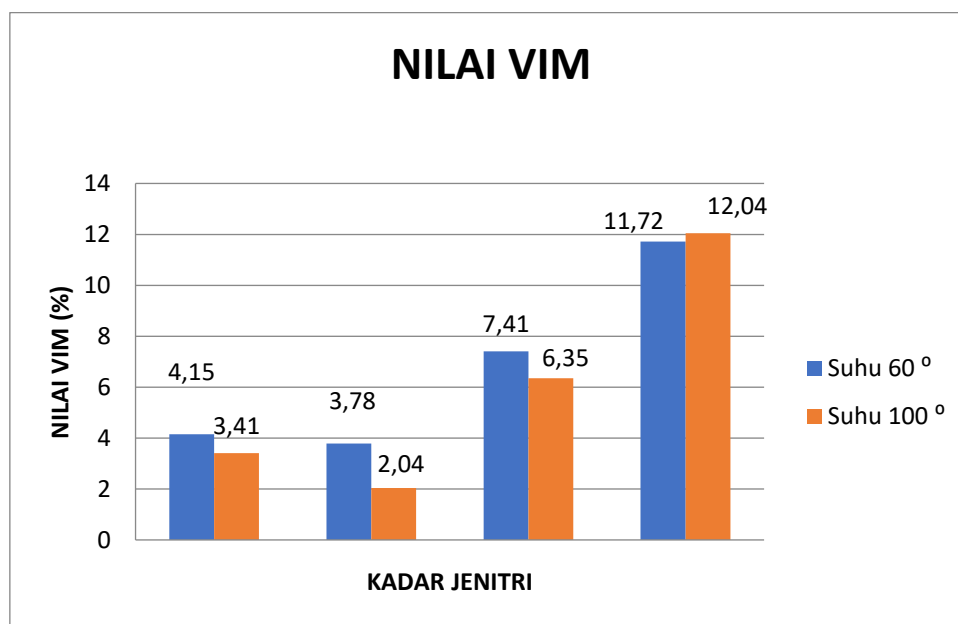
pindahkan ke dalam benda uji berbentuk silinder berukuran diameter 4 inchi (10,16) dengan tinggi 3 inchi (7,5) untuk mencetak aspal. Lalu padatkan menggunakan alat Marshall automatic compactor dengan 75x tumbukan. Kemudian pindah ke alat Ejector untuk melepas dari benda uji silinder. Biarkan aspal yang sudah jadi sampai 1 hari, setelah itu lanjut ke pengetesan kuat tekan aspal menggunakan alat marshall, dan melakukan tes uji titik nyala dan titik bakar.

4. Hasil dan Diskusi

Tabel 2. Hasil Pemeriksaan Pengujian Marshall Suhu 60°C dan 100°C

No	Campuran Biji Jenitri	VMA %		VIM %		VFB %		Stabilitas Kg		Flow mm		MQ kg/mm	
		60°C	100°C	60°C	100°C	60°C	100°C	60°C	100°C	60°C	100°C	60°C	100°C
1	0%	16.97	14.44	4.15	3.41	75.8	78.47	3746	1920	3.00	3.73	1209	514.85
2	3%	21.3	20.26	3.78	2.04	82.26	90.13	3608	1721	3.13	4.57	1151.5	376.86
3	6%	24.19	23.35	7.41	6.35	69.39	72.89	2442	1875	4.15	4.70	588.43	398.94
4	9%	27.82	28.08	11.72	12.04	57.87	57.12	3199	3146	4.90	4.65	652.86	676.56
Rata-rata		22.57	21.53	6.77	5.96	71.33	74.65	3249	2166	3.80	4.41	900.44	491.80
Spesifikasi		>15%		3-5%		>65%		>800kg		2-4 mm		min 250	

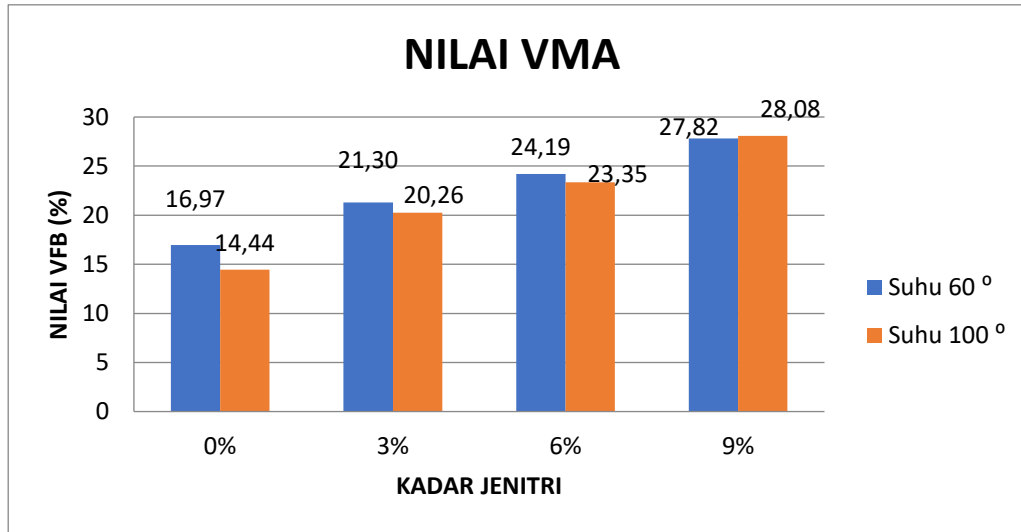
Sumber : Analisa Perhitungan Pengujian Marshall Suhu 60°C dan 100°C



Sumber : Analisa Perhitungan Nilai VIM

Gambar 3. Grafik Nilai VIM

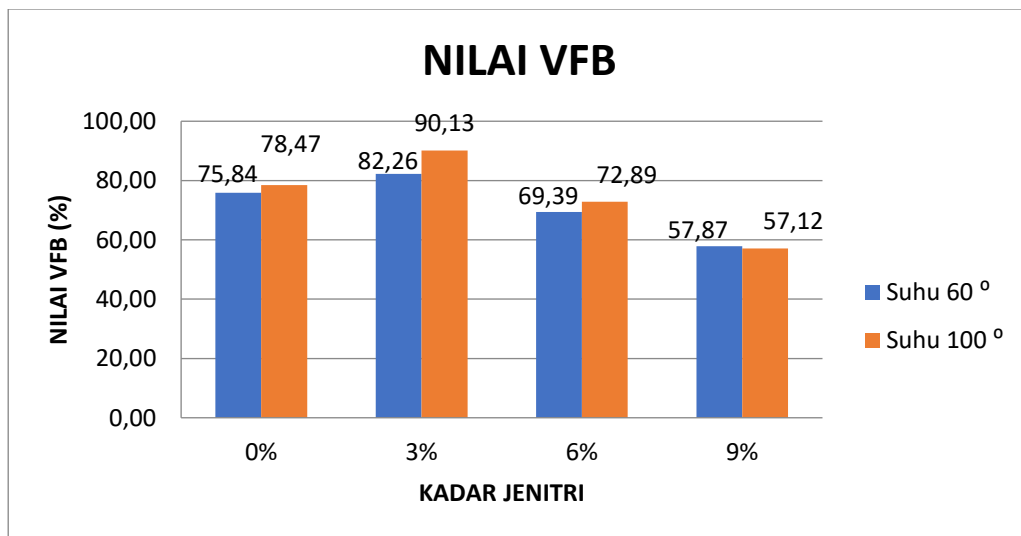
Nilai VIM yang tertinggi pada kadar jenitri 9% suhu 100°C dan terendah kadar jenitri 3% suhu 100°C.



Sumber : Analisa Perhitungan Nilai VMA

Gambar 4. Grafik nilai VMA

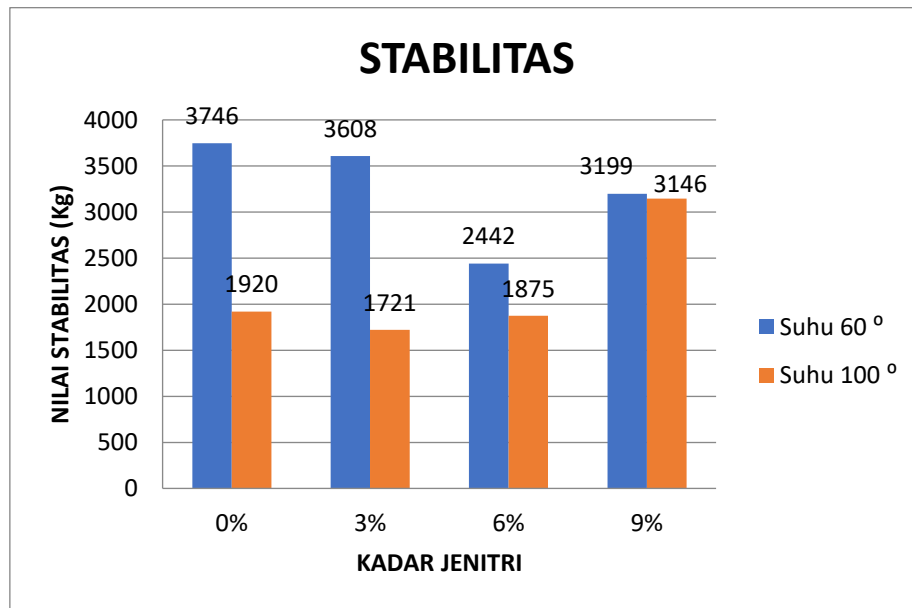
Nilai VMA tertinggi pada kadar jenitri 9% suhu 100°C dan terendah pada kadar jenitri 0% suhu 100°C



Sumber : Analisa Perhitungan Nilai VFB

Gambar 5. Grafik nilai VFB

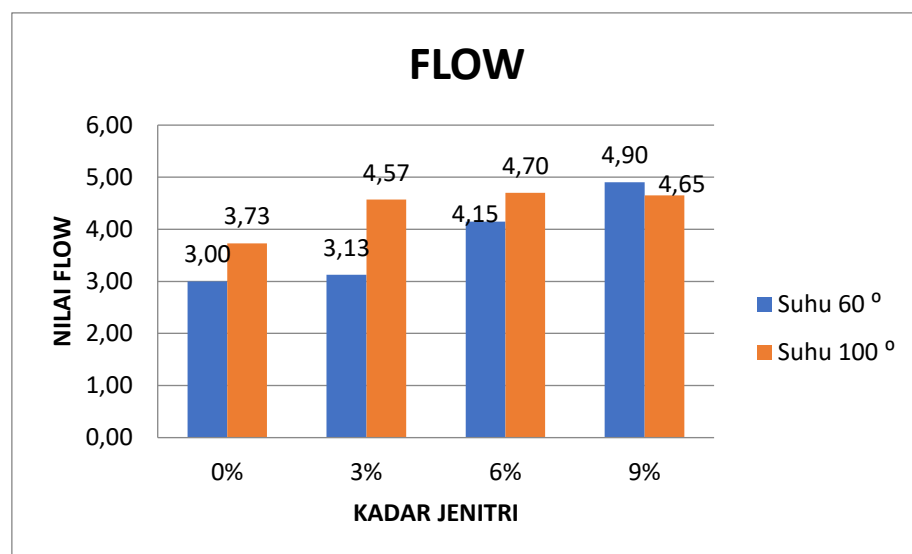
Nilai VFB tertinggi terletak pada kadar jenitri 3% suhu 100°C dan terendah pada kadar jenitri 9% suhu 100°C.



Sumber : Analisa Perhitungan Pengujian Stabilitas

Gambar 6. Grafik nilai stabilitas

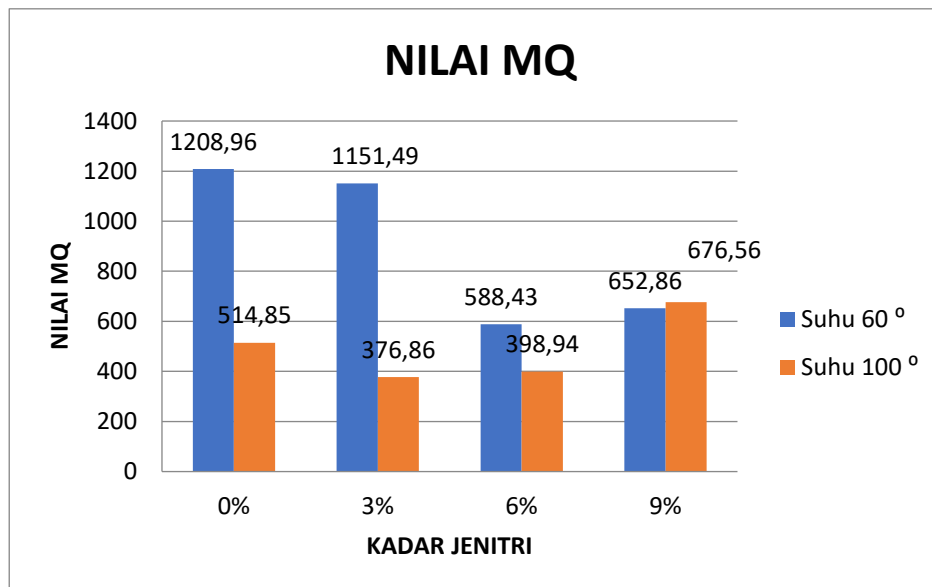
Nilai stabilitas tertinggi pada kadar jenitri 0% suhu 60°C dan terendah pada kadar jenitri 3% suhu 100°C



Sumber : Analisa Perhitungan Pengujian Flow

Gambar 7. Grafik nilai Flow

Nilai Flow tertinggi pada kadar jenitri 9% suhu 60°C dan terendah pada kadar jenitri 0% suhu 60°C.



Sumber : Analisa Perhitungan Nilai MQ

Gambar 8. Grafik nilai MQ

Nilai MQ tertinggi pada kadar jenitri 0% suhu 60°C dan terendah pada kadar jenitri 3% suhu 100°C

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pengamatan dan penelitian yang sudah dilakukan di laboratorium teknik sipil universitas kadiri serta pengolahan data didapatkan kesimpulan bahwa:

1. Penelitian pengganti bahan pengisi *filler* pada aspal beton yang memenuhi nilai spesifikasi adalah pada filler variasi 3% di suhu 60°C dengan nilai VIM: 3,78% VMA: 21,3% VFB: 82,26% Stabilitas: 3608 kg Flow: 3,13mm MQ: 1151,49 kg/mm.
2. Maka penambahan filler dengan variasi 3% di suhu 60 ° C merupakan penambahan yang paling optimal dibandingkan dengan yang lain.

5.1 Saran

Dari hasil penelitian yang diperoleh, maka saran yang bisa disampaikan yaitu : Penelitian selanjutnya diharap untuk memakai aspal minyak dengan menggunakan kualitas yang berbeda dan bisa diterapkan, Asas manfaat biji jenitri lebih baik digunakan dan lebih bermanfaat untuk bahan pengobatan dari pada bahan pencampuran pada aspal.

Daftar Pustaka

- [1] A. Gunarto and A. I. Candra, "Penelitian Campuran Aspal Beton Dengan Menggunakan Filler Bunga Pinus," *UKaRsT*, vol. 3, no. 1, p. 37, 2019, doi: 10.30737/ukarst.v3i1.351.
- [2] Z. Du, C. Jiang, J. Yuan, F. Xiao, and J. Wang, "Low temperature performance characteristics of polyethylene modified asphalts – A review," *Constr. Build. Mater.*, vol. 264, p. 120704, 2020, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2020.120704.
- [3] S. A. R. Shah *et al.*, "Marshall stability and flow analysis of asphalt concrete under progressive temperature conditions: An application of advance decision-making approach," *Constr. Build. Mater.*, vol. 262, p. 120756, 2020, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2020.120756.
- [4] S. Bahri and D. A. S. Irawan, "Pengaruh Limbah Serbuk Besi Sebagai Pengganti Sejumlah Agregat Halus Terhadap Campuran Aspal," *Inersia*, vol. 1, no. 2, 2010.
- [5] P. Xu *et al.*, "The effect of retreated coal wastes as filler on the performance of asphalt mastics and mixtures," *Constr. Build. Mater.*, vol. 203, pp. 9–17, 2019, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2019.01.088.
- [6] J. Choudhary, B. Kumar, and A. Gupta, "Utilization of solid waste materials as alternative fillers in asphalt mixes: A review," *Constr. Build. Mater.*, vol. 234, p. 117271, 2020, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2019.117271.
- [7] R. A. Hamzah, O. H. Kaseke, and M. M. Manoppo, "Kriteria Marshall Pada Campuran Beraspal Panas Jenis Lapis Tipis Aspal Beton – Lapis Aus Gradasi," *J. Sipil Statik*, vol. 4, no. 7, pp. 447–452, 2016.
- [8] S. Z. V. Sinuraya, S. Nurjanah, and M. Muhaemin, "Karakteristik Kimia Minyak Ganitri (*Elaeocarpus ganitrus* ROXB) Hasil Ekstraksi," *J. Penelit. Pangan (Indonesian J. Food Res.)*, vol. 1, no. 1, pp. 40–43, 2016, doi: 10.24198/jp2.2016.vol1.1.07.
- [9] L. Bruno, "Definisi Klarifikasi Jalan," *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 53, no. 9, pp. 1689–1699, 2019, doi: 10.1017/CBO9781107415324.004.
- [10] N. Pradani, M. Sadli, and D. Fithriayuni, "Analisis Perancangan Tebal Perkerasan Lentur Menggunakan Metode Pd T-01-2002-B, Metode Manual Desain Perkerasan (MDP) dan Metode Nottingham Pada Ruas Jalan I Gusti Ngurah Rai Palu," *J. Fropil*, vol. 4, no. 2, pp. 140–155, 2016.
- [11] M. Nauval, A. Aris, G. Simbolan, and B. H. Setiadji, "METODE BINA MARGA STUDI

- KASUS : (RUAS JALAN PIRINGSURAT – BATAS KEDU TIMUR),” *J. Karya Tek. Sipil*, vol. 4, no. 4, pp. 380–393, 2015.
- [12] S. Nuryati, “Analisis Tebal Lapis Perkerasan Dengan Metode Bina Marga 1987 Dan Aashto 1986,” *BENTANG J. Teor. dan Terap. Bid. Rekayasa Sipil*, vol. 3, no. 1, pp. 32–49, 2015.
- [13] R. P. Umar, “perbaikan daya dukung tanah dasar,” *Digilib Unila*, 2018, doi: 10.1017/CBO9781107415324.004.
- [14] M. I. Baiquni, A. K. Hidayat, and H. Herianto, “Pengaruh Filler Mortar Terhadap Campuran Aspal Beton,” *Akselerasi*, vol. 1, no. 1, pp. 16–23, 2019.
- [15] M. Hutahaean, “Analisis Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Investasi di Sumatera Utara,” *Univ. Sumatera Utara*, 2018.
- [16] S. Sukirman, “Beton Aspal Campuran Panas,” *Yayasan Obor Indones.*, 2003.
- [17] I. S. Simanjuntak, Y. Riris, and R. Saragi, “Analisa Perbandingan Kualitas Aspal Beton Dengan Filler Bentonite,” 2013.
- [18] A. Gedik, “A review on the evaluation of the potential utilization of construction and demolition waste in hot mix asphalt pavements,” *Resour. Conserv. Recycl.*, vol. 161, no. May, p. 104956, 2020, doi: 10.1016/j.resconrec.2020.104956.
- [19] A. B. Prasetyo, “Perancangan Sistem Mooring dan Analisa Olah Gerak Struktur Aquaculture Model SeaStation untuk Laut Lepas Indonesia,” *Repos. ITS*, 2017.
- [20] M. R. Tahir Dalimunthe and M. Ardan, “Analisa Karakteristik Campuran Aspal Beton Dengan Filler Yang Berbeda Terhadap Nilai Marshall,” *J. Civ. Eng. Build. Transp.*, vol. 3, no. 1, p. 19, 2019, doi: 10.31289/jcebt.v3i1.2458.
- [21] Misbah, “Pengaruh Variasi Kadar Aspal Terhadap Nilai Karakteristik Campuran Panas Aspal Agregat (Ac-Bc) Dengan Pengujian Marshall,” *Tek. Sipil ITP*, vol. 2, no. 1, pp. 41–48, 2015.
- [22] P. E. Kirnawan, “Perbandingan Orientasi Agregat campuran Aspal yang Dipadatkan menggunakan Alat Pemadat Roller Slab (APRS) dan Stamper,” vol. 53, no. 9, pp. 1689–1699, 2013, doi: 10.1017/CBO9781107415324.004.
- [23] I. W. Gunawan, N. A. Thanaya, and I. G. R. Purbanto, “ANALISIS KARAKTERISTIK CAMPURAN ASPAL PANAS DENGAN MENGGUNAKAN CAMPURAN ASPAL

- REJECT,” *J. Ilm. Tek. Sipil*, vol. 18, no. 1, pp. 92–102, 2014.
- [24] A. Tahir, “Kinerja campuran Split Mastic Asphalt (SMA) yang menggunakan serat selulosa alami dedak padi,” *J. Rekayasa dan Manaj. Transp.*, vol. 1, no. 1, 2011.
- [25] S. Anjarwati, “ANALISIS KEAUSAN AGREGAT BATU ANDESIT BANYUMAS DENGAN MESIN ABRASI LOS ANGELES (Analyze of Aggregate Abration of Banyumas Andesite Stones Using Los Angeles Abration machine) Sulfah Anjarwati,” vol. 14, no. 2, 2013.