

PENGARUH LIMBAH BATA MERAH SEBAGAI *FILLER* PADA LASTON AC-WC TERHADAP KARAKTERISTIK CAMPURAN

Muhamamd Fajar Rosuli¹, Agustin Dita Lestari², Akhmad Suryadi³

Mahasiswa Teknologi Rekayasa Konstruksi Jalan dan Jembatan, Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang¹, Dosen Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang², Dosen Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang³

Email: fajargable@gmail.com¹, agustinditalestari@polinema.ac.id², akhmad.suryadi@polinema.ac.id³

ABSTRAK

Limbah adalah buangan yang dihasilkan dari suatu proses produksi baik industri maupun domestik (rumah tangga), yang dikenal sebagai sampah. Limbah bata merah sendiri merupakan buangan yang dihasilkan dari pembongkaran konstruksi bangunan. Inovasi ini menggunakan limbah bata merah sebagai substitusi *filler* dalam campuran laston AC-WC. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hasil sifat fisik agregat halus, agregat kasar, dan aspal untuk campuran laston AC-WC, menentukan nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) pada pengujian Marshall dengan variasi kadar aspal 5%, 5,5%, 6%, 6,5%, 7%, dan mengetahui pengaruh penggunaan substitusi *filler* limbah bata merah dengan menggunakan nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) dengan variasi 0%, 8%, 12%, 16% pada campuran laston AC-WC terhadap karakteristik campuran. Dalam penelitian ini menggunakan 10 sampel benda uji normal dengan variasi kadar aspal 5%, 5,5%, 6%, 6,5%, 7% dan 16 sampel pada benda uji substitusi *filler* limbah bata merah dengan variasi 0%, 8%, 12%, 16%. Metode pengujian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode Marshall. Hasil pengujian karakteristik campuran dengan benda uji normal mendapatkan nilai kadar aspal terpilih sebesar 5,4% dengan nilai VMA : 17,68%, VFA : 96,81%, VIM : 1,28%, Stabilitas : 1475,01 kg, *Flow* : 3,02 mm, MQ : 529,92 kg/mm. Hasil pengujian karakteristik campuran substitusi *filler* limbah bata merah pada variasi 16% memiliki Stabilitas tertinggi sebesar 1427,80 kg.

Kata kunci : limbah bata merah, laston AC-WC, *filler*, metode Marshall

ABSTRACT

Waste is the residue generated from a production process, whether industrial or domestic (household), commonly known as garbage. Red brick waste itself is the residue produced from the demolition of building constructions. This innovation utilizes red brick waste as a substitute filler in the Laston AC-WC mix. This study aims to determine the physical properties of fine aggregates, coarse aggregates, and asphalt for the Laston AC-WC mix, determine the Optimum Asphalt Content (OAC) value in the Marshall test with asphalt content variations of 5%, 5.5%, 6%, 6.5%, 7%, determine the effect of using red brick waste substitute filler with the Optimum Asphalt Content (OAC) value with variations of 0%, 8%, 12%, 16% in the Laston AC-WC mix on the characteristics of the mix. This study uses 10 normal test samples with asphalt content variations of 5%, 5.5%, 6%, 6.5%, 7%, and 16 samples with red brick waste substitute filler variations of 0%, 8%, 12%, 16%. The testing method used in this study is the Marshall method. The results of the mix characteristics test with normal test samples obtained an optimum asphalt content value of 5.4% with VMA: 17.68%, VFA: 96.81%, VIM: 1.28%, Stability: 1475.01 kg, Flow: 3.02 mm, MQ: 529.92 kg/mm. The results of the mix characteristics test with red brick waste substitute filler at a 16% variation showed the highest stability at 1427.80 kg.

Keywords : red brick waste, AC-WC laston, *filler*, Marshall method

1. PENDAHULUAN

Menurut Prasetyo dkk (2020), salah satu penyebab terjadinya kerusakan jalan adalah kualitas dari perkerasan jalan yang kurang baik. Perkerasan jalan adalah sebuah bangunan yang terletak di atas lapisan tanah dasar (*subgrade*) berfungsi sebagai penopang beban lalu lintas. AC-WC adalah lapisan paling atas dalam perkerasan yang memiliki tekstur lebih halus jika dibandingkan dengan jenis laston lainnya. AC-WC ini merupakan lapisan yang bersentuhan langsung dengan ban kendaraan memiliki sifat kedap air, tahan terhadap cuaca, dan mempunyai ketebalan sebesar 4 cm.

Menurut Suprayitno, S. dkk (2019), aspal merupakan material berwarna hitam atau coklat tua. Pada temperature ruang berbentuk padat sampai agak padat, jika dipanaskan sampai temperature tertentu dapat menjadi lunak/cair sehingga dapat membungkus partikel agregat pada waktu pembuatan campuran aspal beton atau dapat masuk kedalam pori-pori yang ada pada penyemprotan/penyiraman pada perkerasan jalan.

Menurut Faizah dkk (2022), limbah adalah buangan yang dihasilkan dari suatu proses produksi baik industri maupun domestik (rumah tangga), yang lebih dikenal sebagai sampah, yang kehadirannya pada suatu saat dan tempat tertentu tidak dikehendaki lingkungan karena tidak memiliki nilai ekonomis. Menurut Prayogo dkk (2019), batu bata merah merupakan bahan bangunan yang sering digunakan pada bangunan seperti dinding perumahan, akan tetapi dengan penelitian ini di harapkan batu bata merah dapat menjadi pengganti sebagian dari semen yang selama ini menjadi bahan pokok beton, sehingga akan mengurangi jumlah pengguna semen untuk konstruksi.

Untuk pemanfaatan limbah bata merah agar lebih bermanfaat serta untuk meminimalisir bahan pada campuran filler maka dari hal tersebut memunculkan pemikiran untuk meneliti limbah bata merah sebagai substitusi *filler* beton aspal AC-WC terhadap karakteristik campuran. Judul yang digunakan dalam penelitian ini adalah “Pengaruh Limbah Bata Merah Sebagai *Filler* Pada Laston AC-WC Terhadap Karakteristik Campuran”. Penelitian yang dilakukan diharapkan mampu tercipta inovasi baru berkaitan dengan pemanfaatan limbah untuk pengganti *filler*.

TINJAUAN PUSTAKA

Perkerasan Jalan

Menurut (Arthono, A., & Pransiska, D. A. 2022), perkerasan jalan merupakan struktur perkerasan yang diletakkan pada tanah dasar (*subgrade*). Lapisan perkerasan berfungsi menyebarkan beban roda sehingga tanah dasar tidak mengalami deformasi selama umur rencana serta

melindungi tanah dasar (*subgrade*) dan lapisan-lapisan perkerasan sehingga tidak mengalami kerusakan akibat beban lalu lintas.

Berdasarkan jenis perkerasan, struktur perkerasan jalan dapat dibedakan menjadi 3 yaitu :

1. Konstruksi perkerasan lentur (*flexible pavement*), adalah perkerasan jalan yang dibuat dengan menggunakan lapis pondasi agregat dan lapis permukaan dengan bahan pengikat aspal.
2. Konstruksi perkerasan kaku (*rigid pavement*), adalah perkerasan yang menggunakan semen sebagai bahan pengikat.
3. Konstruksi perkerasan komposit (*composite pavement*), adalah perkerasan gabungan antara perkerasan kaku dan perkerasan lentur.

Lapisan Aspal Beton (Laston)

Laston adalah suatu lapisan permukaan yang terdiri dari campuran laston keras dan agregat yang bergradasi menerus, dicampur, dihamparkan dan dipadatkan dalam kondisi panas atau suhu tertentu. Laston bersifat kedap air, mempunyai nilai struktural, awet tipe kerusakan yang biasanya terjadi adalah retak dan terlepasnya butiran.

Laston itu sendiri memiliki beberapa lapisan, yaitu lapis aus (*wearing course*), lapis antara (*binder course*) dan lapis pondasi (*base course*). Kerusakan jalan biasanya terjadi pada lapisan aus aspal beton, karena lapis aus itu sendiri merupakan lapisan yang paling atas dan langsung terkena gesekan akibat beban roda (Putra, A., Mulyono, T., & Chrisnawati, Y. 2020).

Macam-Macam Lapisan Laston

Menurut Fahmi, A. K. (2021), jenis campuran beraspal dan ketebalan lapisan harus seperti yang ditentukan pada gambar rencana. Untuk AC (*asphalt concrete*) sendiri dibagi menjadi beberapa tipe, antara lain :

1. *Asphalt Concrete – Wearing Course* (AC-WC)
Merupakan lapisan perkerasan yang terletak paling atas dan berfungsi sebagai lapisan aus. Lapisan ini yang bersentuhan langsung dengan lalu lintas kendaraan dan bertanggung jawab untuk menahan gesekan, memberikan keamanan lalu lintas, dan memberikan ketahanan terhadap keausan dan abrasi. AC-WC mempunyai tekstur yang paling halus dibandingkan dengan jenis laston lainnya. Untuk laston atas, diameter butir maksimal 19,00 mm dan berstruktur halus.
2. *Asphalt Concrete – Binder Course* (AC-BC)
Lapisan ini merupakan lapisan perkerasan yang terletak di bawah lapisan aus (*wearing course*) dan di atas lapisan

pondasi (*base course*). Campuran ini terdiri dari agregat, bitumen, dan bahan tambahan lainnya. Bitumen berfungsi sebagai bahan pengikat yang melekatkan agregat bersama-sama, menciptakan lapisan keras dan tahan lama pada permukaan jalan. Untuk lapis permukaan, diameter maksimal 25,4 mm dan berstektur sedang.

3. *Asphalt Concrete – Base (AC-Base)*

Merupakan pondasi perkerasan yang terdiri dari campuran agregat dan aspal dengan perbandingan tertentu dicampur dan dipadatkan dalam keadaan panas. Lapisan dasar ini merupakan bagian penting dari struktur perkerasan yang bertujuan untuk mendukung dan mendistribusikan beban lalu lintas, untuk laston bawah, diameter maksimal 37,5 mm dan berstektur kasar. Lapisan dasar, dalam konteks aspal, sering kali terdiri dari campuran aspal yang kuat dan tahan terhadap beban.

Karakteristik Lapisan Aspal Beton (Laston)

Menurut Tahir, A. (2009), bahwa campuran dari aspal dan agregat yang direncanakan harus dapat memenuhi karakteristik tertentu agar dapat bertahan pada kondisi beban lalu lintas dan iklim sehingga dapat menghasilkan suatu perkerasan yang kuat, aman dan nyaman. Maka setiap campuran beton aspal (AC) harus memiliki karakteristik sebagai berikut :

1. Stabilitas

Stabilitas adalah kemampuan perkerasan jalan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur, dan bleeding. Kebutuhan akan stabilitas sebanding dengan fungsi jalan, dan beban lalu lintas yang akan dilayani. Jalan yang melayani volume lalu lintas dan dominan terdiri dari kendaraan berat, membutuhkan perkerasan jalan yang diperentukkan untuk melayani lalu lintas kendaraan ringan tentu tidak perlu mempunyai nilai stabilitas yang tinggi.

2. Keawetan (*durabilitas*)

Keawetan adalah kemampuan beton aspal menerima repetisi beban lalu lintas seperti berat kendaraan dan gesekan antara roda kendaraan dan permukaan jalan, serta menahan keausan akibat pengaruh iklim, seperti udara, air, atau perubahan temperatur. Keawetan beton aspal dipengaruhi oleh tebalnya film atau selimut aspal, banyaknya pori dalam campuran, kepadatan dan kedap airnya campuran

3. Kelenturan (*fleksibilitas*)

Kelenturan adalah kemampuan beton aspal untuk menyesuaikan diri akibat penurunan dan pergerakan dari pondasi atau tanah dasar, tanpa terjadi retak. Penurunan

terjadi akibat berat sendiri tanah timbunan asli. Kelenturan dapat ditingkatkan dengan mempergunakan agregat bergradasi terbuka dengan kadar aspal yang tinggi.

4. Ketahanan terhadap kelelahan

Ketahanan terhadap kelelahan adalah kemampuan beton aspal menerima lendutan berulang akibat repetisi beban, tanpa terjadinya kelelahan berupa alur dan retak. Hal ini dapat tercapai jika mempergunakan kadar aspal yang tinggi.

5. Kekesatan/tahanan geser

Kekesatan/tahanan geser adalah kemampuan permukaan beton aspal terutama pada kondisi basah, memberikan gaya gesek pada roda kendaraan sehingga kendaraan tidak tergelincir, ataupun slip.

6. Kedap air

Kedap air adalah kemampuan beton aspal untuk tidak dapat dimasuki air ataupun udara ke dalam lapisan beton aspal. Air dan udara dapat mengakibatkan percepatan proses penebaran aspal, dan pengelupasan film/selimut aspal dari permukaan agregat. Jumlah pori yang tersisa setelah beton aspal dipadatkan dapat menjadi indikator kedekatan air campuran. Tingkat impermeabilitas beton aspal berbanding terbalik dengan tingkat durabilitasnya.

Aspal

Bitumen atau aspal adalah zat perekat material (*viscous cementitious material*), berwarna hitam atau gelap, berbentuk padat atau semi padat, yang dapat diperoleh di alam ataupun sebagai hasil produksi. Bitumen dapat berupa aspal, tar, atau pitch. Aspal dapat diperoleh di alam ataupun merupakan residu dari pengilangan minyak bumi, tar adalah hasil kondensat dalam destilasi destruktif dari batubara, minyak bumi, kayu, atau material organik lainnya, sedangkan pitch diperoleh sebagai residu dari destilasi fraksional tar. Tar dan pitch tidak diperoleh di alam, namun merupakan produk kimiawi.

Dari ketiga jenis bitumen tersebut di atas, hanya aspal yang umum digunakan untuk sebagai bahan pembentuk perkerasan jalan, sehingga seringkali bitumen disebut sebagai aspal. Aspal bersifat termoplastis yaitu mencair jika dipanaskan dan kembali membeku jika temperatur turun. Sifat ini digunakan dalam proses konstruksi perkerasan jalan. Banyaknya aspal dalam campuran perkerasan berkisar antara 4-10% berdasarkan berat campuran, atau 10-15% berdasarkan volume campuran.

Jenis-Jenis Aspal

1. Aspal beton : jenis aspal ini adalah yang paling umum digunakan dalam pembangunan jalan raya. Aspal beton memberikan kekuatan struktural yang baik dan tahan terhadap beban lalu lintas.
2. Aspal minyak : jenis aspal ini dikenal dalam tiga kelas penetrasi, yaitu Pen 40/50, Pen 60/70, dan Pen 80/100. Semakin rendah nilai penetrasi, maka keadaan aspal akan semakin keras.
3. Aspal emulsi : jenis aspal ini dicampur dengan air sehingga cocok digunakan pada permukaan jalan yang lebih ringan. Aspal emulsi sering digunakan pada pekerjaan pemeliharaan atau perbaikan jalan.
4. Aspal modifikasi : aspal ini mengandung bahan tambahan seperti polimer, serat, atau karet untuk meningkatkan kualitasnya. Modifikasi ini dapat menghasilkan sifat-sifat khusus, seperti ketahanan terhadap suhu ekstrem atau deformasi. (PUPR, 2023).

Agregat

- Agregat kasar

Agregat kasar terdiri dari kerikil atau batu pecah dan haruslah bersih, keras, awet, dan bebas dari lempung atau bahan yang tidak diinginkan lainnya. Ukuran agregat kasar terkecil tertahan pada saringan No. 4 (2,36 mm) atau partikel lebih besar dari 4,75 mm.

- Agregat halus

Agregat halus yang berupa pasir atau hasil pengayakan batu pecah dan terdiri dari bahan lolos ayakan No. 4 (4,75 mm). Agregat halus harus bahan yang bersih, keras, awet, dan bebas dari lempung atau bahan yang tidak diinginkan lainnya.

- Gradasi Agregat Campuran Laston

Gradasi agregat campuran untuk campuran aspal, ditunjukkan dalam persen terhadap berat agregat dan bahan pengisi, harus memnuhi batas-batas yang diberikan. Rancangan dan perbandingan campuran untuk gradasi gabungan harus mempunyai jarak terhadap batas-batas yang diberikan.

Bahan Pengisi (Filler)

Filler adalah sekumpulan mineral agregat yang umumnya lolos saringan No. 200. Filler atau bahan pengisi ini akan mengisi rongga antara partikel agregat kasar dalam rangka mengurangi besarnya rongga, meningkatkan kerapatan dan stabilitas dari massa tersebut. Rongga udara pada agregat kasar diisi dengan partikel yang lolos saringan 200, sehingga membuat rongga udara lebih kecil dan kerapatan massanya lebih besar.

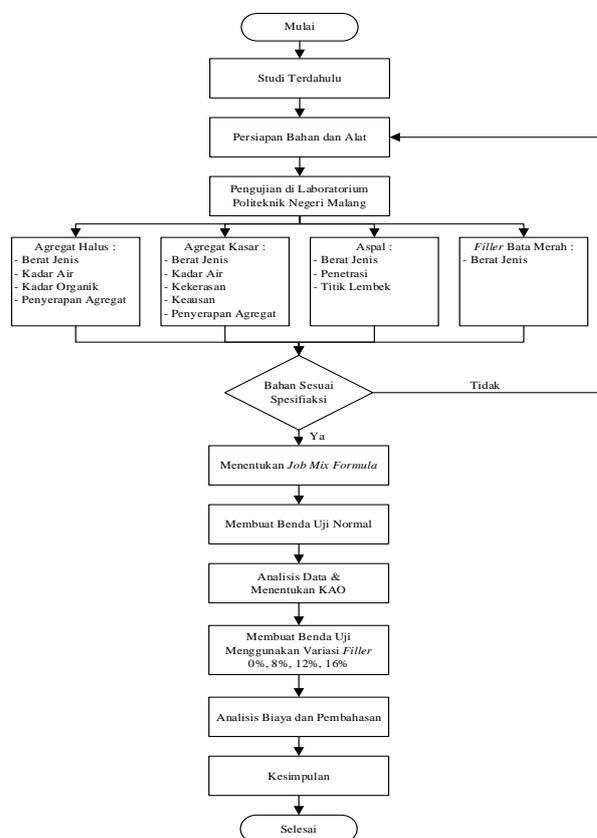
Limbah Bata Merah

Menurut Dary, R. W., Frapanti, S., & Utami, C. (2019), bata merah adalah salah satu unsur bangunan dalam pembuatan konstruksi bangunan yang terbuat dari tanah lempung ditambah dengan air atau tanpa bahan campuran lain melalui beberapa tahap pengerjaan, seperti menggali, mengolah, mencetak, mengeringkan, membakar pada temperatur tinggi hingga matang dan berubah warna, serta akan mengeras seperti batu setelah didinginkan hingga tidak dapat hancur lagi bila direndam dalam air. Selain itu, limbah bata merah juga sering ditemukan dalam limbah hasil pembongkaran bangunan.

Menurut Aini, S. A. (2021), kualifikasi material batu bata yang baik yaitu mengandung pasir (silika) dan tanah liat (alumina) yang dicampur dengan perbandingan tertentu dan ditambah sedikit air sehingga bersifat plastis. Batu bata baru pada umumnya memiliki kandungan senyawa silika oksida (SiO_2) berkisar 55-65% dan alumina oksida (Al_2O_3) berkisar 10-25% . Sedangkan komposisi kimia dari limbah batu bata terdiri dari 54-61% silika oksida (SiO_2) dan 22-32% alumina oksida (Al_2O_3).

2. METODE PENELITIAN

Adapun tahapan diagram alir yang akan dilakukan dalam penelitian ini sebagai berikut:



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

3. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Sifat Fisik Agregat Halus

Pada pengujian agregat halus ini untuk mendapatkan nilai kadar air, kadar organik, berat jenis agregat halus, dan penyerapan. Adapun hasil pengujian agregat halus seperti yang ditunjukkan pada **Tabel 1**

Tabel 1 Hasil Pengujian Agregat Halus

No	Jenis Pengujian	Hasil	Satuan	Spesifikasi	Keterangan
1	Kadar Air	1,74	%	1-5%	Memenuhi
2	Kadar Organik	0,18	%	Mak. 3%	Memenuhi
3	Berat Jenis				
	- Bulk	2,69	gr/cm3	Min. 2,5	Memenuhi
	- SSD/JPK	2,76	gr/cm3	Min. 2,5	Memenuhi
	- Semu	2,74	gr/cm3	Min. 2,5	Memenuhi
4	Penyerapan	0,75	%	Mak. 3%	Memenuhi

Hasil Pengujian Sifat Fisik Agregat Kasar

Pada pengujian agregat kasar ini untuk mendapatkan nilai kadar air, keausan, kekerasan, berat jenis agregat kasar, dan penyerapan agregat. Adapun hasil pengujian agregat kasar seperti yang ditunjukkan pada **Tabel 2**

Tabel 2 Hasil Pengujian Agregat Kasar

No	Jenis Pengujian	Hasil	Satuan	Spesifikasi	Keterangan
1	Kadar Air	1,55	%	1-5%	Memenuhi
2	Keausan	16,16	%	Mak. 40%	Memenuhi
3	Kekerasan	3,98	%	Mak. 30%	Memenuhi
4	Berat Jenis				
	- Bulk	2,71	gr/cm3	Min. 2,5	Memenuhi
	- SSD/JPK	2,92	gr/cm3	Min. 2,5	Memenuhi
	- Semu	2,86	gr/cm3	Min. 2,5	Memenuhi
5	Penyerapan	2,01	%	Mak. 3%	Memenuhi

Hasil Pengujian Sifat Fisik Aspal

Pada pengujian ini untuk mendapatkan nilai penetarsi, berat jenis aspal, titik lembek dengan aspal yang digunakan merupakan jenis aspal pen 60/70. Adapun hasil pengujian seperti yang ditunjukkan pada **Tabel 3**

Tabel 3 Hasil Pengujian Aspal

No	Jenis Pengujian	Hasil	Satuan	Spesifikasi	Keterangan
1	Penetrasi, 25°C	65,40	mm	60-79	Memenuhi
2	Titik Lembek	48,00	°C	48-58	Memenuhi
3	Berat Jenis	1,03	gr/cc	Min. 1	Memenuhi

Penentuan Nilai Kadar Aspal Optimum (KAO)

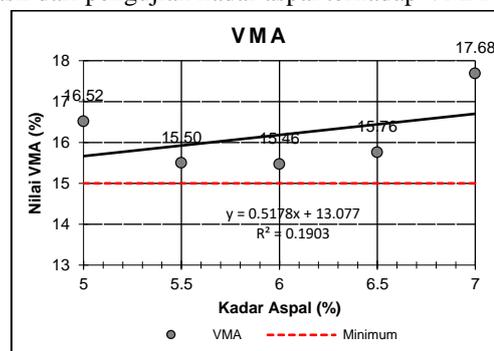
Pada benda uji normal dilakukan pengujian Marshall untuk menentukan Kadar Aspal Optimum (KAO) yang akan digunakan pada penelitian selanjutnya. Untuk menentukan KAO, dibuat benda uji masing-masing 2 buah dengan variasi kadar aspal 5%, 5,5%, 6%, 6,5%, 7%. Pada benda uji ini tersebut dilakukan pengujian Marshall agar mendapatkan

nilai parameter-parameter, seperti VMA, VFA, VIM, Satabilitas, *Flow*, *Marshall Quotient*. Hasil pengujian ditunjukkan dalam tabel dan grafik sebagai berikut :

Tabel 4 Hasil Pengujian Aspal

Parameter	Spesifikasi		Kadar Aspal				
	Min	Max	5%	5,5%	6%	6,5%	7%
VMA (%)	15	-	16,52	15,50	15,46	15,76	17,68
VFA (%)	65	-	92,28	93,75	95,98	96,05	96,81
VIM (%)	3,5	5,5	1,28	0,97	0,62	0,62	0,56
Stabilitas (Kg)	800	-	1414,77	1447,38	1475,01	1268,70	1131,25
<i>Flow</i> (mm)	3	5	3,02	3,01	2,78	2,87	2,85
MQ (Kg/mm)	250	-	481,57	502,85	529,92	464,88	395,70

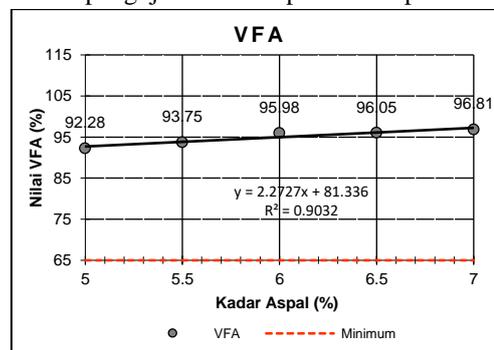
Hasil dari pengujian kadar aspal terhadap VMA



Gambar 2 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dengan VMA

Berdasarkan dari **Gambar 2** di atas menunjukkan nilai rongga antara agregat (VMA) pada keseluruhan kadar aspal berada di atas batas minimum syarat SNI yaitu sebesar 15%. Berdasarkan grafik di atas semakin besar kadar aspal akan menyebabkan semakin naik nilai VMA. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi nilai VMA, maka menyebabkan potensi deformasi permanen jika tidak diimbangi dengan pemadatan yang tepat.

Hasil dari pengujian kadar aspal terhadap VFA

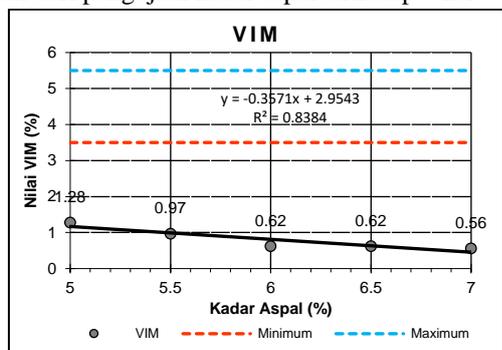


Gambar 3 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dengan VFA

Berdasarkan dari **Gambar 3** di atas menunjukkan nilai rongga terisi aspal (VFA) mengalami kenaikan, namun keseluruhan nilai kadar aspal berada di atas batas minimum

syarat SNI yaitu sebesar 65%. Berdasarkan grafik di atas semakin besar kadar aspal akan menyebabkan semakin naik nilai VFA. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi nilai VFA maka akan banyak rongga udara yang terisi oleh aspal akan menyebabkan campuran aspal menjadi awet.

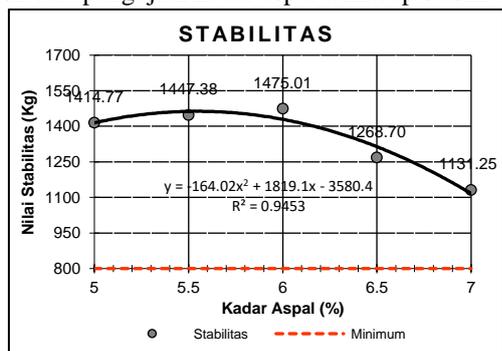
Hasil dari pengujian kadar aspal terhadap VIM



Gambar 4 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dengan VIM

Berdasarkan dari **Gambar 4** di atas menunjukkan nilai rongga dalam campuran (VIM) mengalami penurunan, namun keseluruhan nilai kadar aspal berada di bawah batas minimum syarat SNI yaitu sebesar 3,5%. Berdasarkan grafik di atas semakin besar kadar aspal akan menyebabkan semakin turun nilai VIM. Hal ini berarti menunjukkan bahwa rongga dalam campuran semakin sedikit. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin rendah nilai VIM maka menyebabkan aspal menjadi kurang fleksibel dan lebih rentan terhadap berbagai jenis kerusakan seiring waktu.

Hasil dari pengujian kadar aspal terhadap stabilitas

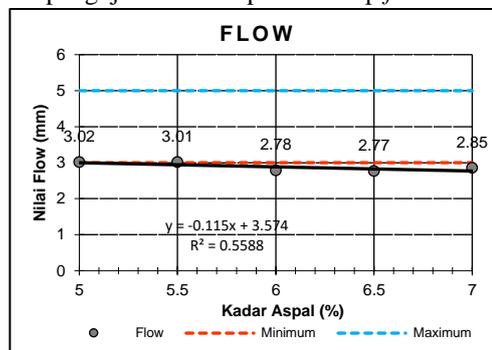


Gambar 5 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dengan Stabilitas

Berdasarkan dari **Gambar 5** di atas menunjukkan nilai stabilitas mengalami peningkatan pada kadar aspal 6% dan penurunan nilai stabilitas seiring penambahan kadar aspal berikutnya, namun keseluruhan nilai kadar aspal berada di atas batas minimum syarat yaitu sebesar 800 kg. Berdasarkan grafik di atas semakin besar kadar aspal akan menyebabkan semakin turun nilai stabilitas. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin rendah nilai stabilitas maka menyebabkan

daya dukung stabilitas untuk menerima beban akan semakin kecil.

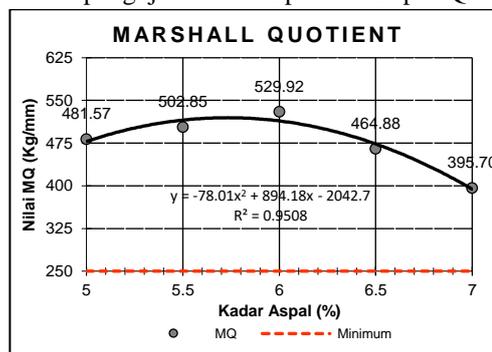
Hasil dari pengujian kadar aspal terhadap flow



Gambar 6 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dengan Flow

Berdasarkan dari **Gambar 6** di atas menunjukkan nilai flow mengalami penurunan, namun nilai kadar aspal 5% dan 5,8% berada di atas batas minimum syarat SNI yaitu sebesar 3 mm. Berdasarkan grafik di atas semakin besar kadar aspal akan menyebabkan semakin turun nilai flow. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin rendah nilai flow maka menyebabkan perkerasan jalan akan menjadi kaku.

Hasil dari pengujian kadar aspal terhadap MQ

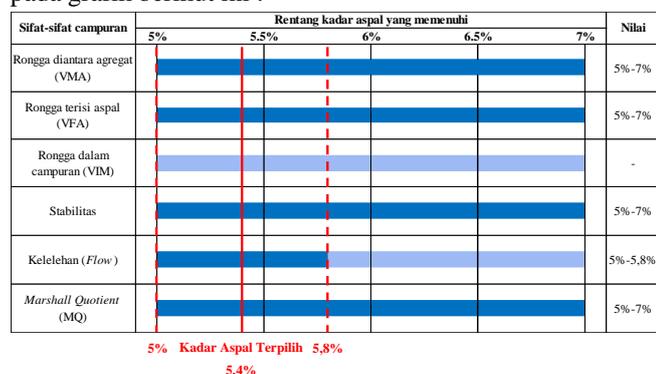


Gambar 7 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dengan MQ

Berdasarkan dari **Gambar 7** di atas menunjukkan nilai Marshall Quotient (MQ) mengalami peningkatan pada kadar aspal 6% dan penurunan nilai MQ seiring penambahan kadar aspal berikutnya, namun keseluruhan nilai kadar aspal berada di bawah batas minimum syarat SNI yaitu sebesar 250 kg/mm. Berdasarkan grafik di atas semakin besar kadar aspal akan menyebabkan semakin turun nilai MQ. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin rendah nilai MQ maka menyebabkan campuran beraspal menjadi lembek dan akan mampu berdeformasi apabila diberi beban.

Dari hasil pengujian Marshall pada benda uji normal yang ditunjukkan pada **Tabel 4**, dapat diketahui nilai karakteristik campuran. Langkah selanjutnya yaitu menentukan nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) yang merupakan kadar aspal

yang dimana persyaratan parameter lain harus memenuhi seperti VIM, VMA, VFA, MQ, Stabilitas, dan *Flow*. Sehingga pada akhirnya akan memberikan umur pelayanan jalan yang lebih lama dengan mengacu nilai parameter Marshall pada SNI 03-1737-1989 seperti yang ditunjukkan pada grafik berikut ini :



Gambar 8 Grafik Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO)

Berdasarkan grafik di atas maka nilai KAO tidak dapat ditentukan karena salah satu parameter Marshall tidak terpenuhi. Sehingga didapatkan nilai kadar aspal terpilih sebesar 5,4%.

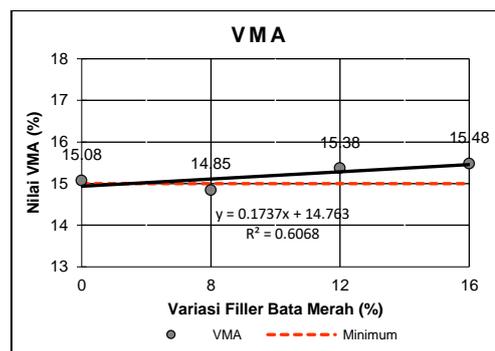
Hasil Pengujian Marshall Substitusi *Filler* Limbah Bata Merah

Pada langkah selanjutnya yaitu membuat benda uji campuran aspal dengan menggunakan kadar aspal terpilih sebesar 5,4%, dengan substitusi *filler* limbah bata merah dengan variasi 0%, 8%, 12%, 16%. Adapun hasil pengujian Marshall dengan kadar aspal terpilih yang ditunjukkan pada **Tabel 2**.

Tabel 2 Hasil Pengujian Marshall Substitusi *Filler* Limbah Bata Merah

Parameter	Spesifikasi		Variasi <i>Filler</i> Limbah Bata Merah			
	Min	Max	0%	8%	12%	16%
Marhsall						
VMA (%)	15	-	15,08	14,85	15,38	15,49
VFA (%)	65	-	95,13	95,15	95,60	95,97
VIM (%)	3,5	5,5	0,72	0,71	0,68	0,62
Stabilitas (Kg)	800	-	1245,37	1390,03	1407,75	1427,8
<i>Flow</i> (mm)	3	5	3,05	2,27	2,29	2,37
MQ (Kg/mm)	250	-	416,65	634,02	640,73	633,45

Hasil dari pengujian substitusi *filler* bata merah terhadap VMA

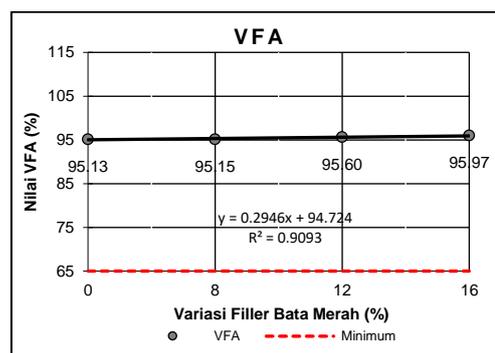


Gambar 9 Grafik Hubungan Substitusi *Filler* Bata Merah Terhadap VMA

Dari **Gambar 9** di atas dapat ditentukan persentase selisih nilai rongga antar agregat (VMA) antara variasi 0% dengan benda uji variasi *filler* limbah bata merah dengan cara membagi nilai selisih benda uji variasi dengan benda uji 0% (variasi pembanding). Kemudian didapatkan hasil sebagai berikut :

1. Nilai rongga antar agregat (VMA) pada variasi 0% (tanpa *filler* limbah bata merah) adalah 15,08%.
2. Pada campuran variasi *filler* limbah bata merah 8% nilai VMA turun menjadi 14,85% dengan selisih sebesar 1,53% terhadap variasi 0%.
3. Pada campuran variasi *filler* limbah bata merah 12% nilai VMA naik menjadi 15,38% dengan selisih sebesar 1,99% terhadap variasi 0%.
4. Pada campuran variasi *filler* limbah bata merah 16% nilai VMA naik menjadi 15,48% dengan selisih sebesar 2,65% terhadap variasi 0%.

Hasil dari pengujian substitusi *filler* bata merah terhadap VFA



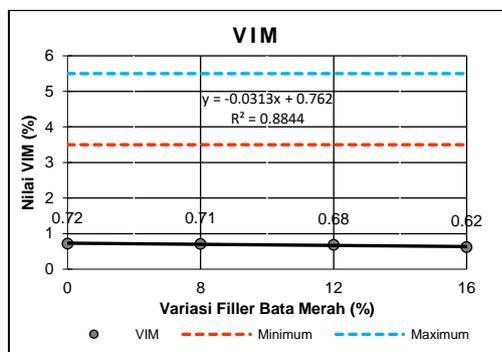
Gambar 10 Grafik Hubungan Substitusi *Filler* Bata Merah Terhadap VFA

Dari **Gambar 10** di atas dapat ditentukan persentase selisih nilai rongga terisi aspal (VFA) antara variasi 0% dengan benda uji variasi *filler* limbah bata merah dengan cara membagi nilai selisih benda uji variasi dengan benda uji 0%

(variasi pembanding). Kemudian didapatkan hasil sebagai berikut :

1. Nilai rongga terisi aspal (VFA) pada variasi 0% (tanpa *filler* limbah bata merah) adalah 95,13%.
2. Pada campuran variasi *filler* limbah bata merah 8% nilai VFA naik menjadi 95,15% dengan selisih sebesar 0,02% terhadap variasi 0%.
3. Pada campuran variasi *filler* limbah bata merah 12% nilai VFA naik menjadi 95,60% dengan selisih sebesar 0,49% terhadap variasi 0%.
4. Pada campuran variasi *filler* limbah bata merah 16% nilai VFA naik menjadi 95,97% dengan selisih sebesar 0,88% terhadap variasi 0%.

Hasil dari pengujian substitusi *filler* bata merah terhadap VIM

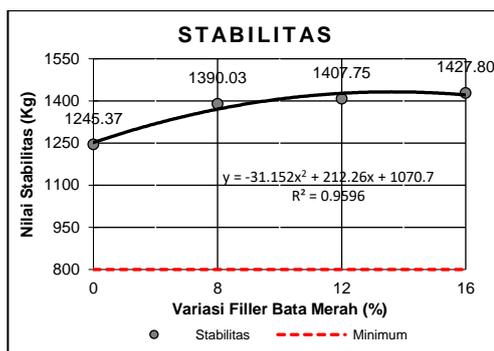


Gambar 11 Grafik Hubungan Substitusi *Filler* Bata Merah Terhadap VIM

Dari **Gambar 11** di atas dapat ditentukan persentase selisih nilai rongga dalam campuran (VIM) antara variasi 0% dengan benda uji variasi *filler* limbah bata merah dengan cara membagi nilai selisih benda uji variasi dengan benda uji 0% (variasi kontrol). Kemudian didapatkan hasil sebagai berikut :

1. Nilai rongga dalam campuran (VIM) pada variasi 0% (tanpa *filler* limbah bata merah) adalah 0,72%.
2. Pada campuran variasi *filler* limbah bata merah 8% nilai VIM turun menjadi 0,71% dengan selisih sebesar 1,39% terhadap variasi 0%.
3. Pada campuran variasi *filler* limbah bata merah 12% nilai VIM turun menjadi 0,68% dengan selisih sebesar 5,56% terhadap variasi 0%.
4. Pada campuran variasi *filler* limbah bata merah 16% nilai VIM turun menjadi 0,62% dengan selisih sebesar 13,9% terhadap variasi 0%.

Hasil dari pengujian substitusi *filler* bata merah terhadap stabilitas

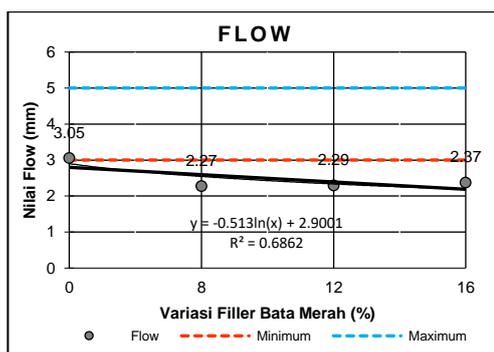


Gambar 12 Grafik Hubungan Substitusi *Filler* Bata Merah Terhadap Stabilitas

Dari **Gambar 12** di atas dapat ditentukan persentase selisih nilai stabilitas antara variasi 0% dengan benda uji variasi *filler* limbah bata merah dengan cara membagi nilai selisih benda uji variasi dengan benda uji 0% (variasi kontrol). Kemudian didapatkan hasil sebagai berikut :

1. Nilai stabilitas pada variasi 0% (tanpa *filler* limbah bata merah) adalah 1245,37 kg.
2. Pada campuran variasi *filler* limbah bata merah 8% nilai stabilitas naik menjadi 1390,03 kg dengan selisih sebesar 11,61% terhadap variasi 0%.
3. Pada campuran variasi *filler* limbah bata merah 12% nilai stabilitas naik menjadi 1407,75 kg dengan selisih sebesar 13,04% terhadap variasi 0%.
4. Pada campuran variasi *filler* limbah bata merah 16% nilai stabilitas naik menjadi 1427,80 kg dengan selisih sebesar 14,65% terhadap variasi 0%.

Hasil dari pengujian substitusi *filler* bata merah terhadap *flow*



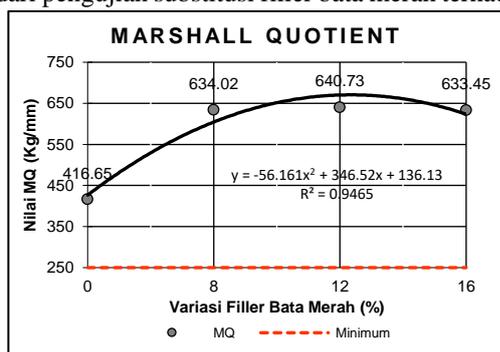
Gambar 13 Grafik Hubungan Substitusi *Filler* Bata Merah Terhadap *Flow*

Dari **Gambar 13** di atas dapat ditentukan persentase selisih nilai *flow* antara variasi 0% dengan benda uji variasi *filler* limbah bata merah dengan cara membagi nilai selisih benda uji variasi dengan benda uji 0% (variasi kontrol). Kemudian didapatkan hasil sebagai berikut :

1. *flow* pada variasi 0% (tanpa *filler* limbah bata merah) adalah 3,05 mm.

2. Pada campuran variasi *filler* limbah bata merah 8% nilai *flow* turun menjadi 2,27 mm dengan selisih sebesar 25,57% terhadap variasi 0%.
3. Pada campuran variasi *filler* limbah bata merah 12% nilai *flow* turun menjadi 2,29 mm dengan selisih sebesar 24,92% terhadap variasi 0%.
4. Pada campuran variasi *filler* limbah bata merah 16% nilai *flow* turun menjadi 2,37 mm dengan selisih sebesar 22,30% terhadap variasi 0%.

Hasil dari pengujian substitusi filler bata merah terhadap MQ



Gambar 14 Grafik Hubungan Substitusi *Filler* Bata Merah Terhadap MQ

Dari **Gambar 14** di atas dapat ditentukan persentase selisih nilai *Marshall Quotient* (MQ) antara variasi 0% dengan benda uji variasi *filler* limbah batu bata dengan cara membagi nilai selisih benda uji variasi dengan benda uji 0% (variasi pembanding). Kemudian didapatkan hasil sebagai berikut :

1. Nilai MQ pada variasi 0% (tanpa *filler* limbah bata merah) adalah 416,65 kg/mm.
2. Pada campuran variasi *filler* limbah bata merah 8% nilai MQ naik menjadi 634,02 kg/mm dengan selisih sebesar 52,17% terhadap variasi 0%.
3. Pada campuran variasi *filler* limbah bata merah 12% nilai MQ naik menjadi 634,02 kg/mm dengan selisih sebesar 53,78% terhadap variasi 0%.
4. Pada campuran variasi *filler* limbah bata merah 16% nilai MQ naik menjadi 633,45 kg/mm dengan selisih sebesar 52,03% terhadap variasi 0%.

4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian mengenai analisis substitusi *filler* limbah bata merah pada karakteristik campuran AC-WC sebagai berikut :

1. Hasil dari pengujian sifat fisik agregat halus, agregat kasar, dan aspal untuk membuat campuran laston AC-WC memenuhi persyaratan spesifikasi yang ditentukan. Untuk hasil pengujian sifat fisik agregat halus mendapatkan nilai sebagai berikut : kadar air : 1,74%,

kadar organik : 0,18%, berat jenis *bulk* : 2,69 gram/cm³, penyerapan 0,75%. Sedangkan hasil pengujian sifat fisik agregat kasar mendapatkan nilai sebagai berikut : kadar air 1,55%, keausan 16,16%, kekerasan : 3,98%, berat jenis *bulk* : 2,71 gram/cm³, penyerapan : 2,01%. Dan hasil pengujian sifat fisik aspal mendapatkan sebagai berikut : Penetrasi 65,40 mm, titik lembek : 48°C, berat jenis : 1,03 gr/cc.

2. Berdasarkan hasil pengujian karakteristik campuran dengan variasi kadar aspal 5%, 5,5%, 6%, 6,5%, 7% dijadikan kedalam diagram garfik dan diagram *barchart*. Tetapi hanya nilai VIM yang tidak memenuhi spesifikasi SNI dikarenakan berada di bawah batas minimum spesifikasi yaitu 3,5%, sehingga nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) tidak dapat ditentukan. Maka dari itu menggunakan kadar aspal yang terpilih sebesar 5,4%.
3. Hasil dari karakteristik campuran dengan substitusi *filler* limbah bata merah pada laston AC-WC didapatkan nilai VMA dengan variasi 16% lebih tinggi jika dibandingkan dengan kondisi normal 0% didapatkan nilai VMA sebesar : 15,49%, sehingga semakin tinggi nilai VMA maka menyebabkan potensi deformasi permanen jika tidak diimbangi dengan pemadatan yang tepat. Pada nilai VFA dengan variasi 16% lebih tinggi jika dibandingkan dengan kondisi normal 0% didapatkan nilai VFA sebesar : 95,97%, sehingga semakin tinggi nilai VFA maka menyebabkan campuran aspal menjadi awet. Pada nilai stabilitas dengan variasi 16% lebih tinggi jika dibandingkan dengan kondisi normal 0% didapatkan nilai stabilitas sebesar : 1427,80 kg, sehingga semakin tinggi nilai stabilitas maka menyebabkan daya dukung untuk menerima beban akan semakin besar. Pada nilai MQ dengan variasi 16% lebih tinggi jika dibandingkan dengan kondisi normal 0% didapatkan nilai MQ sebesar : 633,45 kg/mm, sehingga semakin tinggi nilai MQ maka menyebabkan campuran beraspal menjadi keras. Pada nilai VIM dengan variasi 16% lebih rendah jika dibandingkan dengan kondisi normal 0% didapatkan nilai VIM sebesar : 0,62%, sehingga semakin rendah nilai VIM maka menyebabkan aspal menjadi kurang fleksibel dan lebih rentan terhadap berbagai jenis kerusakan seiring waktu. Pada nilai *flow* dengan variasi 16% lebih rendah jika dibandingkan dengan kondisi normal 0% didapatkan nilai *flow* sebesar : 2,3 mm, sehingga semakin rendah nilai *flow* maka menyebabkan perkerasan jalan akan menjadi kaku.

Saran

Setelah melakukan penelitian ini dan pengujian-pengujian, didapatkan saran-saran terhadap penelitian dan perencanaan lanjutan adalah sebagai berikut :

1. Untuk peneliti selanjutnya menggunakan *filler* lain selain limbah bata merah dan mencoba menggunakan *filler* abu batu untuk pembuatan benda uji normal.
2. Untuk peneliti selanjutnya melakukan peninjauan yang harus diperhatikan adalah dalam pemeriksaan bahan material benda uji.
3. Untuk peneliti selanjutnya melakukan pengecekan alat yang akan digunakan pada penelitian agar mendapatkan hasil yang memuaskan dan maksimal.
4. Untuk peneliti selanjutnya sebelum melakukan penumbukkan benda uji menunggu temperatur suhu aspal menurun terlebih dahulu supaya mendapatkan nilai VIM.

DAFTAR PUSTAKA

- 1) Aini, S. A. 2021. Analisis kandungan kimia-mineralogi limbah batu bata sebagai material pengganti pozzolan pada semen campur (blended cement) (Doctoral dissertation, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim).
- 2) Arthono, A., & Pransiska, D. A. 2022. Perencanaan Perkerasan Lentur Jalan Raya Menggunakan Metode Sni1932-1989-F Dibandingkan Dengan Menggunakan Metode Aastho 1993, Pada Ruas Jalan Raya Rangkasbitung-Citeras. Prosiding Semnastek.
- 3) Dary, R. W., Frapanti, S., & Utami, C. 2019. Evaluasi Kekakuan Batu Bata Lubuk Pakam Pada Bangunan Bertingkat Dengan Analisis Pushover. Portal: Jurnal Teknik Sipil, 11(2), 11-15.
- 4) Faizah, M., Rizky, A., Zamroni, A., & Khasan, U. 2022. Pembuatan Briket sebagai Salah Satu Upaya Pemanfaatan Limbah Pertanian Bonggol Jagung di Desa Tampingmojo. Jumat Pertanian: Jurnal Pengabdian Masyarakat, 3(2), 65-68.
- 5) Fahmi, A. K. 2021. Karakteristik Campuran Beton Aspal (AC-WC) Dengan Menggunakan Variasi Kadar Filler Limbah Abu Terbang Batubara. Jurnal Online Skripsi Manajemen Rekayasa Konstruksi (JOS-MRK), 2(1), 51-57.
- 6) Prasetyo, H., Poernomo, Y. C. S., & Candra, A. I. 2020. Studi Perencanaan Perkerasan Lentur Dan Rencana Anggaran Biaya (Pada Proyek Ruas Jalan Karangtalun-Kalidawir Kabupaten Tulungagung). J. Manaj. Teknol. Tek. Sipil, 3(2), 347-361.
- 7) Prayogo, D. H., Ridwan, A., & Winarto, S. 2019. Pemanfaatan Limbah Gypsum Board Dan Batu Bata Merah Untuk Substitusi Semen Pada Pembuatan Beton. Jurnal Manajemen Teknologi dan Teknik Sipil (JURMATEKS), 2(2), 333-342.
- 8) Putra, A., Mulyono, T., & Chrisnawati, Y. 2020. Kajian parameter marshall dengan menggunakan limbah serbuk kerang hijau sebagai filler campuran lapis aspal beton. Menara: Jurnal Teknik Sipil, 15(1), 1-8.
- 9) Revisi SNI 03-1737-1989. Tata Cara Pelaksanaan Lapis Aspal Beton Laston Untuk Jalan Raya, Badan Standarisasi Indonesia.
- 10) SNI 03-1737-1989. Tata Cara Pelaksanaan Lapis Aspal Beton Laston Untuk Jalan Raya, Badan Standarisasi Indonesia.
- 11) Suprayitno, S., Mudjanarko, S. W., Koespiadi, K., & Limantara, A. D. 2019. Studi Penggunaan Variasi Campuran Material Plastik Jenis High Density Polyethylene (HDPE) pada Campuran Beraspal Untuk Lapis Aus AC-WC (Asphalt Concrete Wearing Course). PADURAKSA: Jurnal Teknik Sipil Universitas Warmadewa, 8(2), 222-233.
- 12) Tahir, A. 2009. Karakteristik Campuran Beton Aspal (AC-WC) dengan menggunakan variasi kadar filler abu terbang batu bara. SMARTek, 7(4).