JURNAL TEKNIK SIPIL
Volume 19 Nomor 2
Oktober 2023
DOI 10.28932/jts.v19i2.5915
e-ISSN: 2549-7219
p-ISSN: 1411-9331

Pengaruh Penggunaan *Filler* Bata Terhadap Stabilitas Perkerasan Pada Rendaman Bendungan Benanga

Ulwiyah Wahdah Mufassirin Liana[1]*, Adde Currie Siregar[1], Dheka Shara Pratiwi[1] dan Muhammad Iqbal[1]

[1]**Civil Engineering Study Program, Universitas Muhammadiyah Kalimantan Timur, Samarinda, 75124, Indonesia*

Email: uwm216@umkt.ac.id*, acs150@umkt.ac.id, dsp746@umkt.ac.id, mhmadiqbal2@gmail.com

*) Correspondent Author

Received: 30 December 2022; **Revised**: 09 February 2023; **Accepted:** 06 March 2023
How to cited this article:
Liana, U.W.M., Siregar, A.C., Pratiwi, D.S., Iqbal, M. (2023). Pengaruh Penggunaan Filler Bata Terhadap Stabilitas Perkerasan Pada Rendaman Bendungan Benanga. Jurnal Teknik Sipil, 19(2), 234–245. https://doi.org/10.28932/jts.v19i2.5915

ABSTRAK

Bendungan Benanga merupakan konstruksi yang dibangun untuk menahan laju dan menampung air yang terletak di Kelurahan Lempake, Kalimantan Timur. Awal pembangunannya, kapasitas bendungan mencapai 1,6 juta m^3 dan daya tampung bendungan menyusut sampai 500.000 m^3. Mengakibatkan rawan luapan di sekitar bendungan bahkan mengakibatkan banjir di daerah Bengkuring. Penelitian bertujuan mengetahui pengaruh penggunaan *filler* bata pada perkerasan dalam rendaman air Bendungan Benanga. Jika perkerasan terendam, maka rongga perkerasan terisi air dan melarutkan material, sehingga menurunkan stabilitas. Penggunaan bata untuk memanfaatkan limbah renovasi dan sebagai pengganti *Portland cement* karena memiliki sifat pozolanik. Penelitian dilakukan dengan eksperimental, menggunakan aspal Pen 60/70, agregat kasar dan halus dari Palu, terdiri dari 2 variabel yaitu 0% dan 100% *filler* bata. Standar campuran mengacu pada Bina Marga, 2018 dan analisis menggunakan metode Marshall. Dari penelitian ini, campuran kadar aspal 5,5% dengan 100% *filler* bata dapat digunakan untuk inovasi campuran perkerasan dengan kekuatan menahan beban 3.190,7 kg dan kelelehan sekitar 5 cm. Campuran mampu menahan beban lalu lintas terbesar dengan penurunan lebih kecil dibandingkan dengan campuran lainnya. Rongga yang terisi aspal (*Void Filled with* Asphalt, VFWA) memenuhi syarat dan efisien yaitu 72,7%, sehingga perkerasan tidak berongga dan kedap air. Campuran ini meminimalisir terjadinya kerusakan perkerasan yang sering terendam banjir.

Kata kunci: *Aspal, Banjir, Benanga, Marshall, Perkerasan*

ABSTRACT

ABSTRACT. The Effect of Using Brick Filler on Pavement Stability in Benanga Dam Submergence. Benanga Dam is a construction to contain the discharge and store water at Lempake, Samarinda, East Kalimantan. At the beginning of the construction, the capacity is 1.6 million m^3 but capacity shrunk until 500.000 m^3. Overflow around the dam area, often causes flooding at the Bengkuring's region. This study aims to determine effect of brick substitution on asphalt pavement in Benanga Dam water. If pavement is submerged, so pavement's void will fill up water, dissolve materials and decrease pavement quality. The use of bricks to utilize renovation waste and as a substitute for Portland cement because it has pozzolanic properties. Research was conducted by experimental using asphalt Pen 60/70, used coarse and fine aggregate from Palu, consists of 2 variables are 0% and 100% of brick filler. Asphalt concrete mix standard refers to Bina Marga, 2018 and analysis using Marshall method. In this study, innovations used 5.5% of asphalt and 100% of brick have a strength up to 3,190.7 kg and decrease around

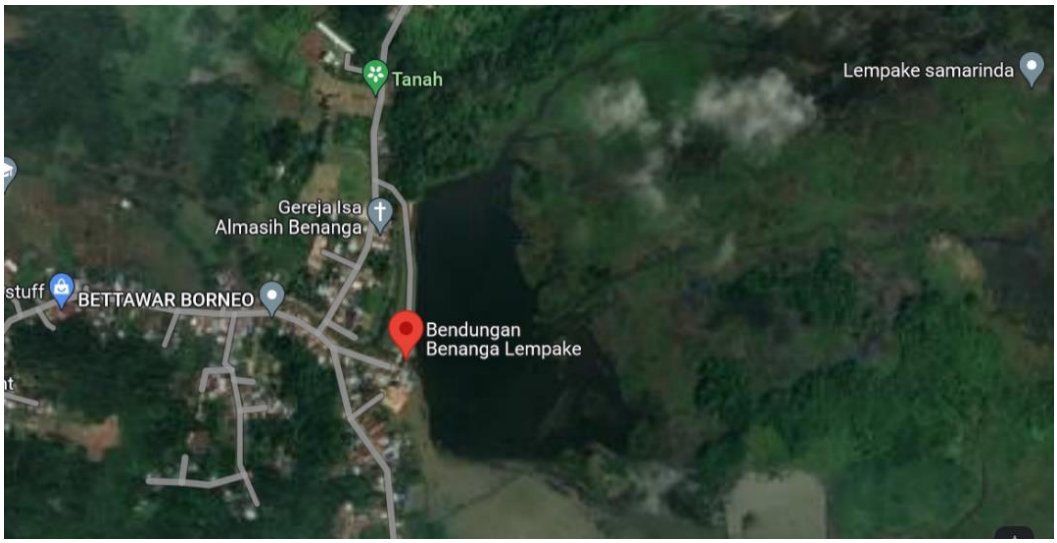
@2023 The Authors. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Non-Commercial 4.0 International License

5 cm. That asphalt mixture is able to withstand largest traffic load and smaller decrease compared to other mixtures. The Void Filled with Asphalt (VFWA) is 72,7% which is attain requirements and efficient, so the pavement doesn't have cavity and watertight. Asphalt mixture minimized the occurrence of damage when submerged by flood.

Keywords: *Asphalt, Benanga, Flood, Marshall, Pavement*

1. PENDAHULUAN

Bendungan Benanga merupakan konstruksi yang dibangun untuk menahan laju air dan menampung air yang terletak di Kelurahan Lempake, Kecamatan Samarinda Utara, Provinsi Kalimantan Timur. Pada awal pembangunan, kapasitas Bendungan Benanga mencapai 1,6 juta m^3, namun kini, daya tampungnya mengalami penyusutan sampai sekitar 500.000 m^3 (ProKaltim, 2021). Seiring berjalannya waktu, tampungan Bendungan Benanga mengalami pendangkalan akibat sedimentasi (Santoso, 2015). Sedimentasi terjadi akibat pengupasan lahan seperti penambangan liar, selain itu sedimentasi juga terjadi akibat penggundulan hutan di bagian hulu bendungan. Hutan di hulu bendungan berfungsi sebagai resapan air sebelum menuju ke bendungan. Akibat dari penggundulan, air dari hulu akan langsung mengalir menuju bendungan. Tampak atas peta lokasi Bendungan Benanga dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta Lokasi Bendungan Benanga
Sumber: Googlemaps, 2022

Menurut Kepala Satuan Kerja (Kasatker) Operasi dan Pemeliharaan BWS Kalimantan IV Kementrian PUPR dalam ProKaltim (2021), sedimentasi Bendungan Benanga dari tahun ke tahun justru meningkat sampai 0,92 mm/tahun. Daya tampung bendungan yang semakin kecil, mengakibatkan rawannya luapan air dari Bendungan Benanga di daerah sekitar bendungan bahkan tak jarang mengakibatkan banjir di daerah Bengkuring. Pada tahun 2019, banjir

merendam sejumlah kelurahan di beberapa kecamatan, salah satunya Kecamatan Samarinda Utara terutama merendam permukiman warga di Bengkuring (Niaga Asia, 2021). Menurut Mahlil, (2022), analisis kala ulang banjir tahun ke 25, 50, sampai 100 tahun mampu mereduksi banjir mencapai 38,06%. Selain itu dapat terjadi juga rembesan air pada bendungan yang juga merusak perkerasan. Jika permeabilitas pada dinding bendungan semakin besar maka debit rembesan yang terjadi (Kamiruddin, 2022).

Perkerasan di beberapa wilayah di Bengkuring masih menggunakan perkerasan lentur dengan bahan ikat aspal. Banjir yang terjadi dapat memakan waktu hingga berhari-hari. Perkerasan jalan lentur sangat sensitif terhadap air. Air yang meresap masuk ke dalam suatu perkerasan aspal jalan dapat mengakibatkan retakan pada struktur perkerasan (Pasereng, 2014). Jika perkerasan jalan terendam air, maka rongga-rongga dalam perkerasan akan terisi oleh air dan akan melarutkan beberapa material campuran, sehingga dapat menurunkan kualitas perkerasan. Semakin lama perkerasan terendam air tawar, maka durabilitas/ketahanan campuran akan semakin menurun (Gumilang, 2017).

Dalam penelitian ini, peneliti melakukan pengujian tentang pengaruh penggunaan *filler* bata pada perkerasan yang direndam dalam air Bendungan Benanga. Pengujian dilakukan dengan membuat beberapa sampel beton aspal laston yang pengujian kekuatannya dilakukan dengan merendam sampel beton aspal ke dalam sampel air Bendungan Benanga. Sampel campuran beton aspal terdiri dari 2 jenis yaitu tanpa dan dengan menggunakan serbuk bata sebagai pengganti *filler*. Menurut Wakkang dkk. (2021), kegiatan renovasi pembangunan akan menghasilkan banyak material lama yang akan dibuang, sehingga perlu pemanfaatan limbah-limbah tersebut. Limbah renovasi yang banyak dihasilkan salah satunya adalah potongan-potongan bata. Menurut Kartikasari dan Sugeng (2017), bahwa batu bata memiliki sebagian besar senyawa kimia yang mirip dengan senyawa yang terkandung dari *fly ash*. Sedangkan menurut Panjaitan dan Ing (2017), abu terbang (*fly ash*) sebagai pengganti *portland cement* karena memiliki sifat pozolanik sebagai bahan dasar batu bata. Semen berfungsi untuk mengikat butir-butir agregat hingga membentuk suatu massa padat dan mengisi rongga-rongga udara di antara butir agregat (Mulyono, 2004). Berdasarkan hal itu, perlu dilakukan penelitian lebih mendalam mengenai penggunaan material bata sebagai *filler* pada perkerasan sehingga diperlukan sampel uji tanpa dan dengan *filler* bata. Selain itu, diharapkan adanya inovasi untuk mengurangi kerusakan jalan pada daerah yang hampir selalu mengalami banjir dengan pemanfaatan limbah bata sebagai pengganti *filler*. Pemanfaatan agregat daur ulang dan batu bata dalam beton kemungkinan merupakan pilihan yang layak tanpa degradasi yang signifikan pada sifat mekanik dan lentur pada struktur (Khan, dkk. 2023).

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang dilakukan adalah metode eksperimental. Aspal yang digunakan adalah aspal Pen 60/70. Agregat kasar dan halus yang digunakan berasal dari Palu, hal ini karena pasir dan batu pecah Palu mudah ditemukan dan tersedia di Kota Samarinda. Bata yang digunakan merupakan potongan-potongan bata sisa limbah pembangunan yang tidak terpakai lagi. Bata perlu ditumbuk terlebih dahulu hingga mendapatkan tekstur yang diinginkan yaitu lolos saringan no. 200. Berdasarkan penelitian yang dilakukan Asrol et al. (2018), penggunaan BRA (Buton Rock Aspal) sebagai bahan substansi *filler* berpengaruh terhadap peningkatan nilai stabilitas campuran aspal beton. Selain itu, menurut Utama dkk. (2017), hasil stabilitas dan nilai *Marshall Quotient* campuran beton aspal dengan menggunakan serbuk batu bata lebih tinggi dan memiliki nilai *flow* yang lebih rendah dibanding dengan campuran dengan menggunakan abu batu/*fly ash*.

Desain campuran LASTON menggunakan standar Bina Marga, 2018. Campuran LASTON menggunakan kadar aspal antara lain, 4%, 4,5%, 5%, 5,5% dan 6%. Penentuan kadar aspal berdasarkan nilai kadar aspal perkiraan yaitu 4,95% yang dibulatkan menjadi 5% dengan interval 0,5% ke atas dan 0,5% ke bawah. Sampel campuran terbagi menjadi 2 variabel yaitu tanpa *filler* bata (bata 0%) dan dengan *filler* bata (100% bata). Menunjukkan bahwa komposisi bahan pengisi memiliki efek yang lebih kuat pada interaksi bahan pengisi-aspal daripada komponen komposisi aspal (Hou dkk, 2022). Sampel Laston berjumlah 30 buah dengan masing-masing kadar aspal berjumlah 3 sampel untuk setiap variabel *filler* bata. Untuk sampel tanpa *filler* bata, menggunakan abu batu sebagai *filler* sedangkan sampel dengan *filler* 100% bata tidak menggunakan abu batu pada saringan no. 200.

Pembuatan dan pengujian sampel benda uji menggunakan standar SNI 06-2489-1991 (Badan Standarisasi Nasional, 1991). Sampel benda uji yang sudah siap akan didiamkan selama seminggu supaya mengeras dan kemudian akan dilakukan perendaman dengan menggunakan air dari Bendungan Benanga. Perendaman dilakukan selama kurang lebih 24 jam pada air dengan suhu ruang. Sebelum pengujian *Marshall* dilakukan, sampel benda uji akan direndam dengan air dengan suhu 60°C selama 30 menit dengan menggunakan air dari Bendungan Benanga. Jika semua tahap sudah dilakukan, maka sampel dapat diuji dengan alat *Marshall*. Pengujian sampel benda uji dilakukan dengan menggunakan alat *Marshall* dan diperoleh nilai stabilitas dan *flow*/kelelehan pada pembacaan dial.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Nilai stabilitas, *flow*/kelelehan pada pembacaan dial dan karakteristik *Marshall*, dapat dilihat pada Tabel 1. Stabilitas menunjukkan kekuatan campuran beton aspal dalam menerima beban lalu lintas. Semakin tinggi stabilitas maka, kekuatan menahan beban akan semakin tinggi.

Sedangkan *flow* menunjukkan penurunan beton aspal setelah menerima beban. Semakin kecil nilai *flow* menunjukkan semakin kecil penurunan yang terjadi akibat adanya beban lalu lintas yang melintasi beton aspal tersebut.

Berdasarkan Tabel 1, makin banyak kadar aspal yang digunakan maka kekuatan beton aspal akan semakin tinggi dan semakin kuat menahan beban lalu lintas, namun saat kadar aspal optimum (melebihi kadar aspal 5,5%) kekuatan aspal mulai menurun yang ditunjukkan dengan nilai stabilitas yang semakin menurun. Menurut Putra dkk. (2018), penambahan aspal di atas maksimum justru akan menurunkan stabilitas campuran itu sendiri sehingga lapis perkerasan menjadi kaku. Meningkatnya kekuatan beton aspal, akan menghasilkan penurunan/kelelehan beton aspal yang semakin kecil setelah menerima beban. Stabilitas pada campuran beton aspal dengan menggunakan *filler* 100% menunujukkan rerata nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan campuran beton aspal tanpa *filler* bata. Hal ini memberikan anggapan bahwa, kekuatan menahan beban lalu lintas semakin kuat dengan *filler* bata 100%. Namun, campuran beton aspal dengan *filler* 100% semakin kuat menahan beban lalu lintas diikuti dengan tingginya *flow*/kelelehan yang terjadi.

Tabel 1. Rekap Hasil Pengujian Marshall Sampel Uji dengan Variasi Kadar Aspal

BATA 0%						
Kadar Aspal	**Stabilitas (kg)**	**Flow (mm)**	**MQ (kg/mm)**	**VITM (%)**	**VFWA (%)**	**VMA (%)**
4%	1265,4	5,8	237,4	5,5	69,3	14,8
4,5%	2229,5	5,0	450,5	4,8	69,3	15,4
5%	2304,6	6,5	363,6	7,1	63,3	18,5
5,5%	1704,0	5,0	346,5	7,9	60,9	20,2
6%	1899,9	6,3	311,7	0,4	97,9	14,8
BATA 100%						
Kadar Aspal	**Stabilitas (kg)**	**Flow (mm)**	**MQ (kg/mm)**	**VITM (%)**	**VFWA (%)**	**VMA (%)**
4%	2558,7	7,0	369,1	9,6	48,3	18,6
4,5%	3087,8	6,6	467,3	8,9	54,3	19,0
5%	2844,8	5,6	512,4	8,1	59,6	19,3
5,5%	3190,7	5,0	647,3	4,8	72,7	17,5
6%	2966,4	5,8	516,0	3,6	79,4	17,5

3.1. Analisis Karakteristik Marshall

Guna menghasilkan campuran beton aspal yang memiliki kekuatan dan keawetan yang baik, maka diperlukan analisis karakteristik beton aspal yang disebut dengan karakteristik Marshall. Karakteristik Marshall dapat dinilai dari nilai kepadatan/*density*, stabilitas, kelelehan/*flow*, MQ (*Marshall Quotient*), VITM (*Void In The Mix*), VFWA (*Void Filled With Asphalt*), dan VMA (*Void in Mineral Agregat*). Syarat minimal karakteristik Marshall dapat dilihat pada Tabel 2. Berdasarkan Tabel 1 dan Tabel 2, campuran beton aspal tanpa *filler* bata (bata 0%) yang memenuhi syarat karakteristik *Marshall* hanya pada kadar aspal 4,5% sedangkan campuran beton aspal dengan *filler* bata (bata 100%) yang memenuhi semua syarat karakteristik *Marshall* hanya pada kadar aspal 5,5% dan 6%.

Tabel 2. Syarat Karakteristik Marshall sesuai Bina Marga, 2018

Syarat Karakteristik Marshall	
Kepadatan	>2
Stabilitas	>800 kg
Flow/Kelelehan	> 2 mm
Marshall Quotient (MQ)	>250 kg/mm
VITM	3,5-5%
VFWA	>65%
VMA	>14%

Density menunjukkan tingkat kerapatan campuran beton aspal yang diukur tiap satuan volume. Semakin tinggi kerapatan campuran, maka beton aspal akan semakin kuat menahan beban. *Marshall Quotient* merupakan perbandingan antara stabilitas dan *flow*/kelelehan yang digunakan sebagai tolak ukur tingkat fleksibilitas perkerasan. Semakin tinggi stabilitas perkerasan diikuti dengan kelelehan yang semakin rendah, maka perkerasan akan bersifat kaku dan getas dan sebaliknya jika stabilitas perkerasan semakin rendah dan kelelehannya tinggi, maka perkerasan akan bersifat plastis dan mudah mengalami deformasi/perubahan bentuk (Sukirman, 2003).

VITM merupakan persentase rongga baik yang terisi udara maupun aspal dalam suatu campuran. Semakin tinggi persentase VITM, artinya rongga dalam campuran cukup banyak maka campuran beton aspal akan mengalami kelelehan yang cepat dan akan menimbulkan alur dan retak pada perkerasan. VITM dibutuhkan sebagai tempat bergesernya butir-butir agregat akibat adanya pemadatan tambahan yang terjadi akibat repetisi beban lalu lintas (Kurniawan, 2018) sesuai dengan syarat Bina Marga, 2018 yaitu 3,5-5%. VFWA merupakan persentase rongga udara yang terisi oleh aspal dan digunakan untuk menentukan sifat kekedapan air. Semakin rendah

persentase VFWA, artinnya semakin sedikit rongga yang terisi aspal, maka campuran beton aspal tidak kedap oleh air dan akan mengurangi keawetan perkerasan (Sukirman, 2003). VMA merupakan persentase rongga pada agregat. Semakin tinggi VMA, artinya rongga pada agregat semakin tinggi dan agregat menjadi porositas yang menyebabkan aspal akan masuk ke dalam pori agregat dan semakin tipis aspal yang menyelimuti permukan agregat. Tipisnya lapisan aspal yang menyelimuti permukaan agregat menyebabkan ikatan pada beton aspal semakin lemah.

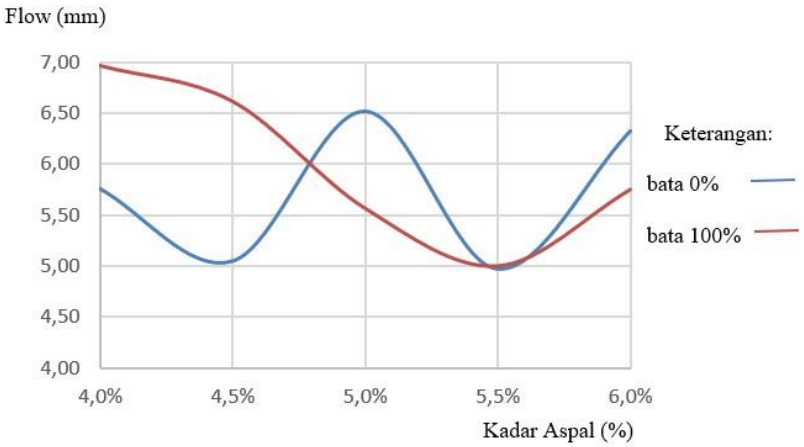
Berdasarkan data pengujian yang dinyatakan pada Tabel 1, penambahan bata pada sampel tidak berpengaruh cukup signifikan pada nilai stabilitas, *flow*/kelelehan, dan karakteristik *marshall* lainnya. Penilaian sedikit berbeda pada nilai VITM. Semakin banyak kadar aspal yang dicampurkan, nilai VITM semakin kecil pada campuran beton aspal dengan *filler* bata 100%. Semakin tinggi persentase VITM, artinya rongga dalam campuran cukup banyak maka campuran beton aspal akan mengalami kelelehan yang cepat dan akan menimbulkan alur dan retak pada perkerasan.

VFWA merupakan persentase rongga udara yang terisi oleh aspal dan digunakan untuk menentukan sifat kekedapan air. Semakin rendah persentase VFWA, artinnya semakin sedikit rongga yang terisi aspal, maka campuran beton aspal tidak kedap oleh air dan akan mengurangi keawetan perkerasan (Sukirman, 2003). VMA merupakan persentase rongga pada agregat. Semakin tinggi VMA, artinya rongga pada agregat semakin tinggi, maka semakin banyak rongga agregat yang diisi oleh aspal, menyebabkan rongga campuran tidak terisi aspal secara maksimal dan ikatan pada beton aspal semakin lemah.

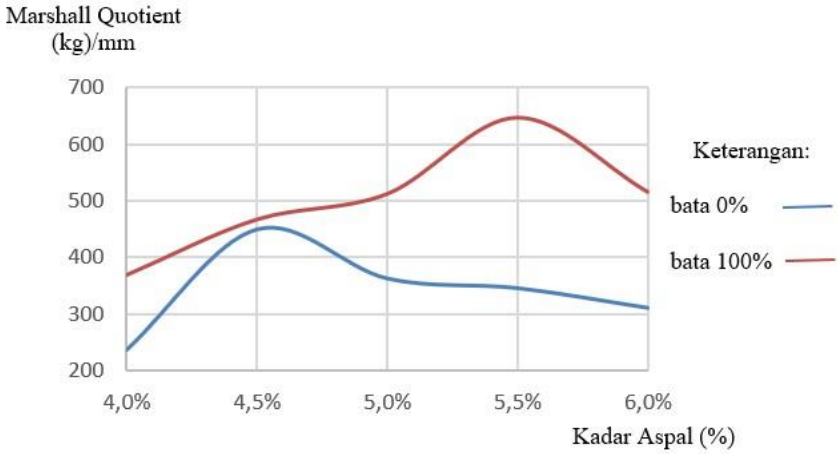
Berdasarkan Tabel 1, untuk campuran Laston tanpa *filler* bata yang memenuhi syarat karakteristik *marshall* yaitu hanya sampel dengan kadar aspal 4,5 % sedangkan campuran Laston dengan *filler* bata 100% yang memenuhi syarat karakteristik *marshall* yaitu sampel dengan kadar aspal 5,5% dan 6%.

Berdasarkan Gambar 2, stabilitas campuran beton aspal yang menggunakan *filler* bata 100% lebih tinggi daripada campuran beton aspal tanpa *filler* bata. Hal ini dikarenakan adanya bata dapat meningkatkan sifat adhesi aspal. Daya ikat aspal terhadap agregat dapat meningkatkan kekuatan campuran beton aspal dalam menahan beban. Semakin tinggi kadar aspal, maka stabilitasnya juga semakin meningkat sampai batas tertentu yang disebut dengan kadar aspal optimum. Grafik stabilitas campuran beton aspal tanpa *filler* bata menunjukkan hal demikian, dimana stabilitas dengan kadar aspal melebihi kadar aspal optimum 5% mengalami penurunan. Sedangkan pada campuran beton aspal dengan *filler* bata 100%, menunjukkna grafik stabilitas yang tidak konsisten namun, masih memenuhi syarat Bina Marga, 2018 pada Tabel 2.

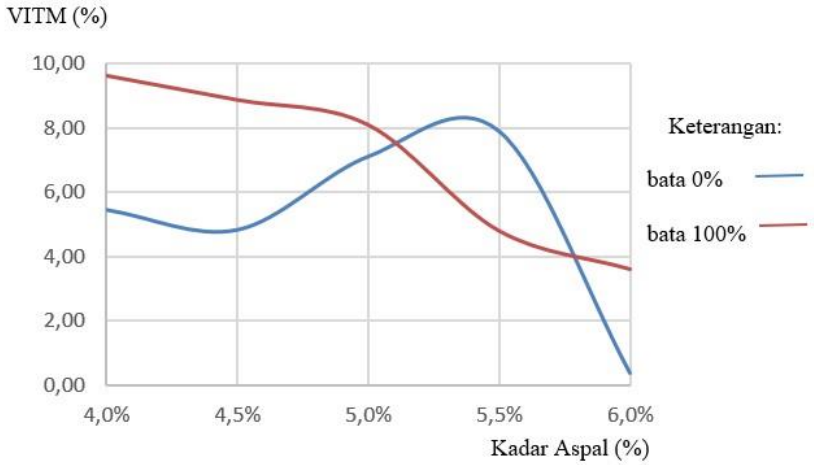
Gambar 2. Grafik Stabilitas Variasi Kadar Aspal



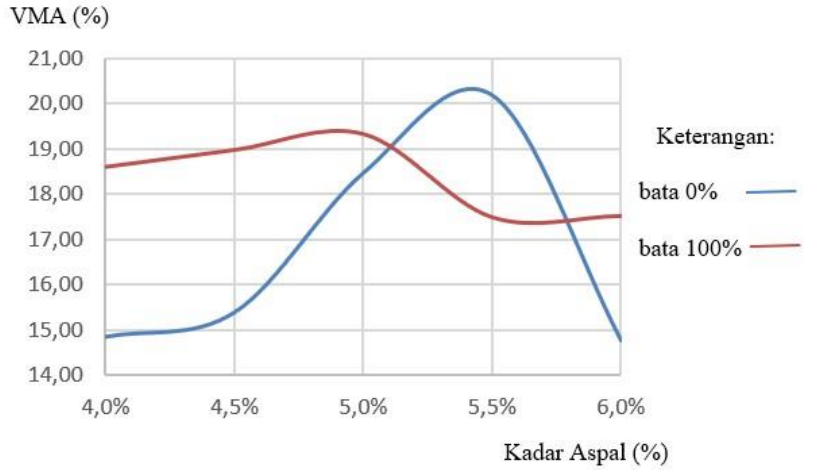
Gambar 3. Grafik *Flow*/Kelelehan Variasi Kadar Aspal



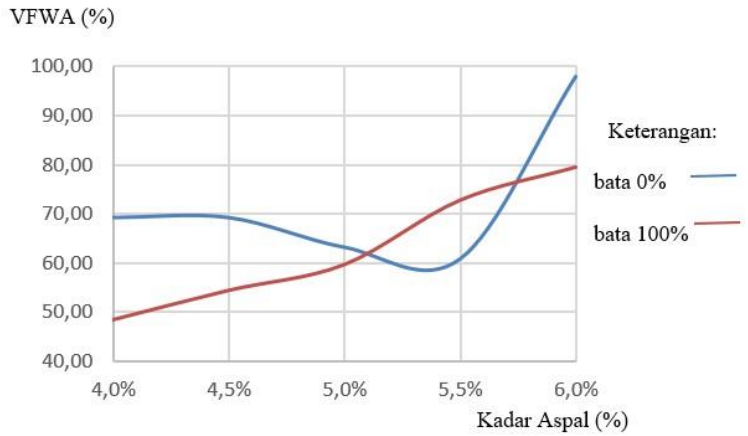
Gambar 4. Grafik Marshall *Quotient* Variasi Kadar Aspal



Gambar 5. Grafik VITM (*Void In The Mix*)/Rongga dalam Campuran Beton Aspal Variasi Kadar Aspal



Gambar 6. Grafik VMA (*Void Mineral* Agregate)/ Rongga dalam Agregat Variasi Kadar Aspal



Gambar 7. Grafik VFWA (*Void Filled With Asphalt*)/ Rongga yang Terisi Aspal Variasi Kadar Aspal

Pada campuran beton aspal dengan *filler* bata 100%, kelelehan/penurunan yang terjadi lebih kecil dibandingkan dengan campuran beton aspal tanpa *filler* bata, sesuai dengan Gambar 3. Nilai *flow*/kelelehan menunjukkan sifat fleksibilitas campuran beton aspal. Semakin besar kelelehan yang terjadi, beton aspal akan semakin mudah terjadi deformasi dan sebaliknya jika kelelehan yang terjadi sangat kecil, maka beton aspal akan getas dan mudah retak. Campuran beton aspal dengan *filler* bata 100% memiliki kekuatan menahan beban lebih baik bedasarkan nilai stabililtas pada Gambar 2 dengan penurunan lebih kecil, sehingga campuran ini lebih baik digunakan daripada campuran beton aspal tanpa *filler* bata.

Berdasarkan Gambar 4, campuran beton aspal dengan *filler* bata 100% bersifat lebih kaku sehingga tidak mudah mengalami deformasi/ perubahan bentuk dibandingkan dengan campuran beton aspal tanpa *filler*. Berdasarkan Tabel 1, campuran beton aspal tanpa *filler* bata pada kadar aspal 4% bersifat plastis dan akan mudah terjadi deformasi seperti yang ditunjukkan pada nilai *marshal quotient* yang tidak memenuhi standar yaitu di bawah 250 kg/mm.

Adanya bata dapat mengisi rongga-rongga dalam campuran, sehingga pada Gambar 5 nilai VITM (*Void In The Mix*) dengan tambahan *filler* bata 100% lebih kecil dibandingkan campuran tanpa *filler* bata. Campuran beton aspal dengan persentase rongga yang sedikit dapat menghasilkan perkerasan yang kedap udara dan kedap air, sehingga perkerasan akan lebih awet. Namun, jika persentase rongga campuran sangat sedikit atau cenderung tidak ada maka perkerasan akan mudah terjadi *bleading* (keluarnya aspal dari perkerasan).

Berdasarkan Gambar 6, adanya tambahan *filler* bata 100% pada campuran dapat mengisi rongga-rongga pada agregat sehingga ikatan aspal dan agregat semakin kuat dan lapisan yang menyelimuti agregat tidak terlalu tipis. Hal ini ditunjukkan dengan nilai VMA (*Void in Mineral Agregat*) campuran beton aspal dengan *filler* bata 100% semakin menurun daripada campuran beton aspal tanpa *filler* bata. Berdasarkan Gambar 7, persentase rongga yang terisi aspal (VFWA) dengan menggunakan *filler* bata 100% semakin meningkat, hal ini dikarenakan bata memiliki senyawa kimia yang mirip dengan semen (Kartikasari dan Sugeng, 2017), sehingga ikatan aspal dalam campuran semakin tinggi dibandingkan dengan campuran beton aspal yang tidak menggunakan *filler* bata.

3.2. Inovasi Campuran Beton Aspal

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 1, campuran beton aspal dengan kadar aspal 5,5% dengan *filler* bata 100% cukup baik digunakan untuk inovasi pencampuran perkerasan di Daerah Bengkuring. Campuran beton aspal tersebut memiliki kekuatan menahan beban seberat 3.190,7 kg dengan kelelehan yang terjadi sekitar 5 cm. Campuran tersebut mampu menahan beban

lalu lintas terbesar dengan penurunan yang terjadi lebih kecil dibandingkan dengan campuran lainnya. Penggunaan bata pada campuran dapat meningkatkan ikatan antara aspal dan agregat sehingga kekuatan campuran akan lebih tinggi dibandingan campuran beton aspal tanpa *filler* bata.

VITM campuran dengan kadar aspal 5,5% telah memenuhi syarat Bina Marga yaitu 3,5%-5%. Hal ini menunjukkan bahwa rongga yang ada dalam campuran tersebut, baik rongga yang terisi udara maupun aspal sudah cukup efisien dibandingkan dengan campuran lainnya. Campuran beton aspal dengan nilai VITM tinggi akan menyebabkan perkerasan berongga dan tidak kedap air, sehingga perkerasan akan mudah terjadi pelepasan butiran (*reveling*) dan jika dibiarkan perkerasan akan mengalami kerusakan berupa amblas (*grade depressions*). Hal ini terjadi pada perkerasan aspal yang sering terendam air/banjir.

Selain itu, berdasarkan Tabel 1 dan Tabel 2, campuran dengan kadar aspal 5,5% menunjukkan hasil VFWA (rongga yang terisi aspal) sesuai dengan syarat Bina Marga yaitu >65%. Rongga yang ada dalam campuran cukup diisi oleh aspal dengan persentase sebanyak 72,7%. Dengan adanya tambahan bata pada campuran dapat mengisi rongga-rongga dalam agregat maupun campuran, selain itu dapat meningkatkan ikatan antara aspal dan agregat. Jika rongga yang terisi aspal terlalu tinggi, maka perkerasan akan mudah mengalami *bleading* (keluarnya aspal dari perkerasan) dan apabila rongga yang terisi aspal terlalu rendah/di bawah syarat Bina Marga, maka perkerasan tidak kedap air dan perkerasan akan mudah rusak akibat sering terendam air/banjir.

4. KESIMPULAN

Campuran beton aspal yang menggunakan *filler* 100% bata memiliki nilai VITM (*Void In The Mix*) lebih tinggi dibandingkan campuran beton aspal tanpa *filler* bata. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan *filler* bata pada campuran mampu mengurangi jumlah rongga dalam campuran. Penggunanaan bata sebagai tambahan *filler* dapat meningkatkan ikatan antara aspal dan agregat. Perkerasan dengan campuran ini akan lebih awet karena tidak berongga dan kedap air sehingga meminimalisir terjadinya kerusakan perkerasan aspal yang sering terendam banjir. Beton aspal dengan kadar aspal 5,5% dengan tambahan bata sebagai *filler* sebanyak 100% cukup baik digunakan untuk inovasi pencampuran perkerasan di daerah Bengkuring. Campuran beton aspal tersebut memiliki kekuatan menahan beban seberat 3.190,7 kg dengan kelelehan yang akan terjadi sekitar 5 cm. Campuran tersebut mampu menahan beban lalu lintas terbesar dengan penurunan yang terjadi lebih kecil dibandingkan dengan campuran lainnya. Rongga yang ada dalam campuran, baik rongga yang terisi udara maupun aspal sudah cukup efisien dengan rongga yang terisi aspal sebanyak 72,7%.

5. DAFTAR PUSTAKA

Asrol, S. M. S. dan M. I. (2018). Karakteristik Campuran Aspal Beton AC-WC dengan Substitusi Buton Rock Asphalt terhadap Rendaman Air Berlumpur. *Jurnal Arsip Rekayasa Sipil Dan Perencanaan*, *1*(3), 39–40.

Badan Standarisasi Nasional. (1991). SNI 06-2489-1991 tentang Metode Pengujian Campuran Aspal Dengan Alat Marshall. Pustran Balitbang, Pekerjaan Umum.

Bina Marga. (2018). Spesifikasi Umum 2018 untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, Direktorat Jenderal Bina Marga.

Gumilang, D. (2017). *Analisis Dampak Rendaman Air Tawar Terhadap Durabilitas dan Properties Marshall Pada Campuran Asphal Concrete-Binder Course (AC-BC)*.

Hou, Junpeng, dkk. (2022). *A Comparison of Indices Used to Evaluate Asphalt- Filler Interactions*. *Construction and Building Materials*, *Vol. 1*.

Kamiruddin, Afrizon, dkk. (2022). Pengaruh Permeabilitas Terhadap Stabilitas Keamanan Bendungan Gunungrowo. *Jurnal Teknik Sipil*, *18*(2), 313–327.

Kartikasari, D. dan S. D. H. (2017). Penggantian Filler Dengan Fly Ash Dan Serbuk Batu Bata Pada Campuran Aspal (AC-WC). *Jurnal Online Universitas Kadiri Kediri*, *1*(1), 35–44.

Khan, Mehsam Tanzim, A. S. S. dan K. M. A. (2023). *A Few Mechanical and Flexural Properties of Brick, Recycled and Natural Agregate Concrete*. *Proceedings of the Canadian Society of Civil Engineering Annual Conference 2021*. *CSCE 2021*. *Lecture Notes in Civil Engineering*, *Vol 248*, 221–233.

Kurniawan, P. (2018). Analisa Pengaruh Tingkat Salinitas Genangan akibat Pasang Surut terhadap Karakteristik dan Stabilitas Lapis Permukaan Perkerasan Beraspal. *Jurnal Teknik Sipil*, *18*, 1.

Mahlil, M. dan T. W. S. (2022). Studi Optimasi Pola Operasi Pintu Bendungan Ciawi Sebagai Fungsi Pengendalian Banjir. *Jurnal Teknik Sipil*, *18*(1), 118–139.

Mulyono, T. (2004). Teknologi Beton. Andi.

Niaga Asia. (2021). Bendungan Benanga Dulu dan Kini. https://www.niaga.asia/bendungan-benanga-dulu-dan-kini/

Panjaitan, K. D. dan T. L. I. (2017). Penggunaan Genteng Keramik Sebagai Pengganti Agregat Kasar dan Abu Terbang Sebagai Pengisi pada Laston AC-BC. *Jurnal Teknik Sipil*, *13*(2), 95–206.

Pasereng, I. S. (2014). Studi Pengaruh Genangan Banjir Jalan Terhadap Kinerja Campuran Perkerasan Beraspal di Kota Makassar.

ProKaltim. (2021). *Bendungan Benanga Kritis, Laju Sedimentasi Tinggi*. https://kaltim.prokal.co/read/news/390538-bendungan-benanga-kritis-laju-sedimentasi-tinggi.html. Akses 22 November 2022.

Putra, D. T. W. dan S. (2018). Pengaruh Lama Rendaman Air Sungai Terhadap Karakteristik AC WC Dengan Bahan Ikat Starbit E-60 dan Pen 60/70. Universitas Islam Indonesia.

Santoso, A. E. (2015). Kajian Potensi Waduk Benanga untuk Pemenuhan Kebutuhan Air Baku (Irigasi, Air Bersih dan Konservasi Sungai) di Das Karang Mumus Bagian Hulu. *Teknik Sipil Dan Arsitektur*, *1*(1), 67–70.

Sukirman, S. (2003). Perkerasan Lentur Jalan Raya. Nova.

Utama, I Gede Budhiartha, D. W. dan R. Y. (2017). Pengaruh Penggunaan Limbah Serbuk Batu Bata Sebagai Filler Pada Campuran Laston (AC-WC). In Tugas Akhir.

Wakkang, Hamka, F. F. dan R. (2021). Pengaruh Penambahan Limbah Keramik Sebagai Filler Pada Lapisan Perkerasan Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC). *Jurnal Karajata Engineering*, *1*(1), 53–62.