KARAKTERISTIK HRS-WC DENGAN AGREGAT HALUS DISUBSTITUSI PASIR PANTAI

I Gusti Raka Purbanto[1], I Nyoman Arya Thanaya[1], AA Istri Rara Anggita Saraswati [1]
[1] Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Udayana, Denpasar
Email: rakapurbanto@gmail.com

Abstrak : Ketersediaan pasir alam semakin terbatas, sehingga pasir pantai dapat menjadi alternatif pengganti untuk campuran aspal, dimana aspal mengalami penuaan. Tujuan penelitian ini yaitu menganalisis karakteristik pasir pantai dan campuran HRS-WC disubstitusi pasir pantai pada Kadar Aspal Otimum (KAO). Penelitian diawali dengan pengujian material dan pembuatan benda uji untuk memperoleh KAO. Pada KAO dilaksanakan substitusi abu batu dengan 50% dan 100% pasir pantai berdasarkan volume pada agregat halus lolos 2,36mm tertahan 0,075mm. Diperoleh karakteristik pasir pantai secara umum tidak jauh berbeda dengan pasir alam, namun nilai angularitas pasir pantai tidak memenuhi karena permukaan pasir pantai sangat halus. Karakteristik HRS-WC dengan substitusi pasir pantai sebanyak 50% serta 100% pasir pantai diperoleh nilai stabilitas marshall 2269,757kg dan 2654,942kg; flow 1,062mm dan 2,777mm; MQ 2156,120kg/mmdan 957,308kg/mm; VIM 5,570% dan 4,898% (mendekati nilai minimum 4%); VMA 19,826%; 18,398%; VFB 71,908%; 73,375%. Karakteristik Marshall sampel dikondisikan STOA, LTOA 2 hari dan LTOA 5 hari memenuhi spesifikasi. Nilai pengujian uji cantabro pada kondisi normal, STOA, LTOA 2 hari dan LTOA 5 hari dengan nilai 50% pasir pantai: 4,284%, 3,942%, 1,977%, 1,451%, dan dengan 100% pasir pantai: 6,067%; 5,758%; 4,101%; dan 3,366% (< nilai rekomendasi 16%). Secara umum karakteristik campuran memenuhi spesifikasi, hanya campuran dengan 100% pasir laut, VIMnya mendekati minimum.

Kata kunci: *Pasir Pantai, HRS-WC, STOA, LTOA, Substitusi Agregat*

CHARACTERERISTICS of HRS-WC WITH FINE AGGREGATE SUBSTITUTED BY BEACH SAND

Abstract: *The availability natural sand is increasingly limited, thus beach sand can be as an alternative substitute to fine aggregate for asphalt mixture, where asphalt can undergo ageing. The purpose of this study was to analyze the characteristics of beach sand and HRS-WC mixture substituted with beach sand at Optimum Asphalt Content (OAC). The research begins with materials testing and manufacture of samples to obtain OAC. At OAC substitution of stone ash with 50% and 100% of beach sand was done based on volume on fine aggregate passing 2.36mm retained on 0.075mm. It was obtained that the characteristics of beach sand in general was not far different from natural sand, however. the angularity value of the beach sand was unfulfilled because the surface of the beach sand is extremely smooth. The characteristics of HRS-WC with beach sand substitution at 50% and 100% was obtained with marshall stability value of 2269,757kg and 2654,942kg; flow 1.062mm and 2.777mm; MQ 2156,120kg/mm and 957,308kg/mm; VIM 5.570% and 4.898% (close to minimum value); VMA 19.826% and 18.398%; VFB 71.908% and 73.375%. The marshall characteristics of the samples conditioned on STOA, LTOA 2 days and LTOA 5 days met the specification. The Cantabro test values under normal conditions, STOA, LTOA 2 days and LTOA 5 days with 50% beach sand were: 4.284%, 3.942%; 1.977%, 1.451%; and with 100% beach sand were: 6.067%; 5.758%; 4.101%; and 3.366% (< the recommended value of 16%). In general the characteristics of the mixture met the specification, just on the mixture with 100% sand beach, the VIM was close to minimum value*

Keywords: *Beach Sand, HRS-WC, STOA, LTOA, Aggregate Substitution*

PENDAHULUAN

Perkembangan jaman dan teknologi yang semakin maju membuat peningkatan kebutuhan sarana dan prasarana yang mendukung di bidang transportasi. Perkembangan sarana transportasi harus diimbangi pula dengan prasarana transportasi. Jalan merupakan salah satu prasarana transportasi. Dalam perencanaan konstruksi jalan bahan utama yang dibutuhkan adalah aspal, agregat kasar, agregat halus, dan filler. Ketersediaan pasir hasil material vulkanik semakin menipis dan ketersediaannya semakin terbatas. Dimana pasir pantai dapat dimanfaatkan sebagai bahan alternatif sebagai pengganti agregat halus untuk tempat yang banyak memiliki pasir pantai dan terbatas abu batu. Seperti daerah pesisir pantai yang jauh dari pegunungan dan sukar memperoleh abu batu. Penelitian ini menggunakan campuran HRS-WC dengan substitusi pasir pantai sebagai agregat halus. Selain agregat halus, bahan utama pada perkerasan jalan adalah aspal. Aspal mempunyai kepekaan terhadap perubahan suhu atau temperatur. Salah satu akibat temperatur pada aspal adalah penuaan. Berdasarkan penelitian Nastiti et al., (2016) pasir pantai yang digunakan adalah Pasir Pantai Carita dengan 5 variasi kadar aspal yaitu 2%; 3%; 4%; 5%; dan 6% sebanyak 6 buah sampel di tiap variasi. Dengan perlakuan yang sama menghasilkan 1 kadar aspal optimum sebesar 3% dengan nilai stabilitas 110,39 kg, nilai kelelehan 2,9 mm, nilai VFB 53,12%, nilai VIM 7,28%, nilai VMA 15,53%, nilai MQ 383,06kg/mm, dan kepadatan 2,95 gr/cc. Parameter yang digunakan telah memenuhi persyaratan Spesifikasi Umum 2011 DPU sebagai bahan perkerasan jalan dengan jenis perkerasan Hot Rolled Sheet - Wearing Course untuk lalu-lintas berat namun nilai VMA tidak memenuhi persyaratan dan akan memenuhi apabila kadar aspal yang digunakan 8%. Pada penelitian (Pramestu, 2018) tentang Karakteristik Marshall Campuran AC-WC (Asphalt Concrete – Wearing Course) Akibat Penuaan dengan Variasi Waktu Pencampuran memperoleh hasil dengan variasi penambahan waktu pencampuran dengan waktu pencampuran 3, 5, 7, 9, dan 11 menit diperoleh kadar aspal optimum (KAO) 6,0% dengan nilai stabilitas rata-rata 11,43%, flow rata-rata sebesar 5,75%, Marshall Quotient (MQ) sebesar 19,62%, VIM rata-rata sebesar 4,52%, VMA rata-rata sebesar 15,57% dan VFB rata-rata 72,8%.

Penelitian ini dimaksudkan untuk menganalisis karakteristik pasir pantai, karakteristik campuran HRS-WC dengan substitusi pasir alam dan pasir pantai pada kadar aspal optimum, stabilitas Marshall campuran yang dikondisikan Short Term Oven Aging (STOA) dan Long Term Oven Aging (LTOA) dan nilai ketahanan terhadap keausan dalam pengujian Cantabro.

Hot Rolled Sheet (HRS)

HRS merupakan perkerasan lentur non-struktural yang didominasi agregat halus dengan ketebalan dibawah 3cm. Terdapat 2 tipe campuran HRS: (1) HRS-Base, (2) HRS-Wearing Course (HRS-WC).

Pasir Pantai Hitam

Pasir pantai hitam adalah pasir yang dapat ditemukan di wilayah pesisir pantai karena adanya supply dari sungai dan gelombang arus laut. Terjadinya pelapukan batuan yang ada di gunung yang diakibatkan oleh gaya-gaya luar yang bekerja, pengaruh air dan suhu menjadi faktor utama sehingga batuan tersebut terurai menjadi bagian-bagian yang kecil (fragmen) yang disupply menuju laut yang dialirkan melalui aliran sungai. Ketika sampainya fragmen di laut, selanjutnya gelombang akan memindahkan ke sepanjang pantai sehingga terbentuk tumpukan pasir di sepanjang pantai. (Pataras et al., 2017)

Penuaan Aspal

Penuaan aspal merupakan standar yang baik untuk memperoleh durabilitas campuran beraspal (Huber & Decker, 1995). Terdapat dua jenis penuaan pada campuran aspal panas yaitu penuaan yaitu penuaan jangka pendek (Short Term Oven Aging, STOA) akibat pemanasan selama pencampuran dan penuaan jangka panjang (Long Term Oven Aging, LTOA) akibat cuaca selama pelayanan. Pada penuaan jangka pendek dilakukan pengovenan pada suhu 135°C selama 4 jam dan pada penuaan jangka panjang dilakukan pengovenan pada suhu 85°C selama 2 hari untuk mensimulasi 5 tahun masa pelayanan atau selama 5 hari

ISSN: 1411-1292
E-ISSN: 2541-5484

untuk mensimulasi 10 tahun masa pelayanan (Brown & Scholz, 2000).

Cantabro

Pengujian Cantabro bertujuan untuk mengetahui nilai abrasi terhadap benda uji dengan mempergunakan alat Los Angeles namun tidak memakai bola baja. Nilai abrasi ditentukan berdasarkan rasio antara berat sampel setelah dilakukan pengujian Cantabro dengan berat sampel sebelum dilakukan pengujian (Winayati et al., 2018).

METODE PENELITIAN

Penelitian diawali dengan persiapan material dan alat, setelah itu dilakukan pengujian laboratorium, yaitu pengujian agregat dan pengujian aspal lalu pembuatan benda uji sebanyak 3 sampel untuk masing-masing konsentrasi aspal, di tiap variasi akan dilakukan pengujian marshall jika sudah memenuhi syarat spesifikasi campuran maka dilakukan penentuan kadar aspal optimum (KAO). Berdasarkan KAO yang sudah ditentukan maka dibuatkan sampel dengan disubstitusi berdasarkan volume 50% abu batu + 50% pasir pantai dan 100% pasir pantai. Substitusi dilakukan pada agregat halus dengan ukuran lolos 2,36mm tertahan 0,075mm yang seluruhnya berjumlah 53% dari berat total agregat dikondisikan STOA pada suhu 135℃℃ selama 4 jam dan LTOA pada suhu 85℃℃ selama 2 hari untuk mensimulasi 5 tahun masa pelayanan dan 5 hari untuk mensimulasi 10 tahun pelayanan dilakukanlah pengujian Marshall dan uji abrasi Cantabro dengan kondisi STOA dan LTOA.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Pasir Hitam.

Karakeristik pasir hiam disajikan disajikan pada Tabel 1.

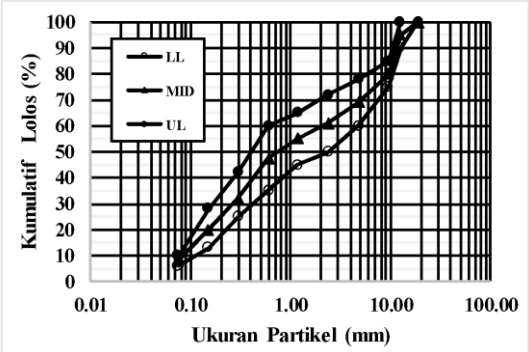
Tabel 1. Karakteristik pasir pantai hitam

Jenis Pengujian	Hasil	Spesifikasi
Berat Jenis SSD	3,365%	-
Berat Jenis Bulk	3,325%	-
Apparent	3,46%	-
Penyerapan Air	1,19%	Maks 3%
Angularitas	27%	Min 45%
Sand Equivalent	70,595%	≥≥ 50%
Kadar Lumpur	0,18%	≤≤ 1%

Tabel 1 menunjukkan hasil pemeriksaan agregat halus sudah memenuhi persyaratan (Kementerian PUPR, 2018). Namun, pada angularitas pasir pantai hasil tidak memenuhi karena permukaan pasir pantai sangat halus sehingga tidak memiliki efek gesekan.

Gradasi Campuran

Dengan dilakukannya substitusi pasir laut, maka dilakukan analisis gradasi campuran seperti disajikan pada Gambar 1. Gradasi campuran hasil substitusi agregat halus dengan 100% pasir pantai dan 50% abu batu + 50% pasir pantai mendekati gradasi 100% abu batu (batas tengah spesifikasi) dan ada diantara batas atas dan batas bawah dari spesifikasi gradasi campuran HRS-WC. Dapat dikatakan bahwa substitusi material tidak member perubahan signifikan terhadap gradasi campuran.



Gambar 1. Gradasi campuran hasil HRS-WC

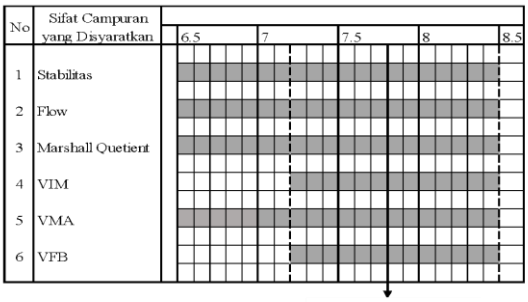
Karakteristik Campuran

Karakteristik campiran pada variasi kadar aspal, disajikan pada Tabel 2, dan penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO) pada Gambar 2, yang didasarkan atas analisis hubungan sifat Marshall dengan variasi kadar aspal.

Karakteristik campuran disajikan pada Tabel 2, 3, dan 4. Karakteriskti campuran seara umum memenuhi spesifikasi. Untuk campuran dengan 100 pasir pantai (Tabel 4), member nilai VIM yang mendekati minimum. Hal ini karena kekasaran permukaan pasir pantai yang hasul sehingga pudah dipadatkan dan member kepdatan yang lebih tinggi sehingga porositasnya lebih rendah. Kadar pasir 100% pasir pantai ini merupakan substitusi pada agregat halus dengan ukuran lolos 2,36mm tertahan 0.075mm yang seluruhnya berjumlah 53% dari berat total agregat.

Tabel 2. Nilai karakteristik campuran HRS-WC pada variasi kadar aspal

Karakteristik Campuran	Kadar Aspal					Persyaratan Campuran
	6,5%	7%	7,5%	8%	8,5%	
Stabilitas (kg)	1597,465	1949,958	2407,448	2992,179	2678,464	Min. 600
Flow (mm)	2,450	2,532	3,267	4,818	4,982	-
Marshall Quotient (kg/mm)	654,902	774,875	741,428	629,139	541,228	Min. 250
VIM Marshall (%)	6,735	6,151	5,332	4,535	4,324	4,0 – 6,0
VMA (%)	17,656	18,046	18,233	18,445	19,156	Min. 18
VFB (%)	61,859	65,920	70,773	75,416	77,428	Min. 68



Gambar 2. Penetuan kadar aspal optimum (KAO)

Tabel 3. Karakteristik campuran HRS-WC pada 100% abu batu

Karakteristik Campuran	Lama Pengovenan				Spec.
	0 Jam	4 Jam (STOA)	2 Hari (LTOA)	4 Hari (LTOA)	
Stabilitas (kg)	2654,942	912,580	3130,756	3472,339	Min. 600
Flow (mm)	2,777	3,757	1,225	1,307	-
Marshall Quotient (kg/mm)	957,308	242,949	2555,719	2674,895	Min. 250
VIM Marshall (%)	4,898	15,470	4,714	4,851	4,0 – 6,0
VMA (%)	18,398	27,468	18,240	18,356	Min. 18
VFB (%)	73,375	43,682	74,153	73,577	Min. 68

Tabel 4. Karakteristik campuran HRS-WC pada 50% abu batu + 50% pasir pantai

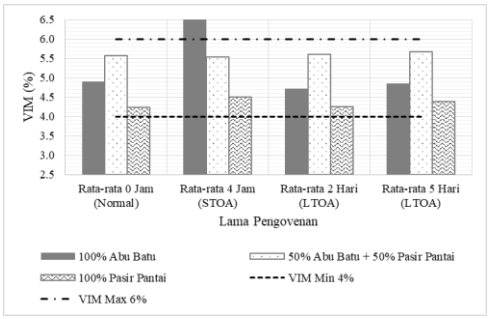
Karakteristik Campuran	Lama Pengovenan				Spec.
	0 Jam	4 Jam (STOA)	2 Hari (LTOA)	4 Hari (LTOA)	
Stabilitas (kg)	2269,757	1118,345	2195,236	2862,296	Min. 600
Flow (mm)	1,062	2,695	1,143	1,633	-
Marshall Quotient (kg/mm)	2156,120	414,027	1932,912	1751,246	Min. 250
VIM Marshall (%)	5,570	5,529	5,605	5,669	4,0 – 6,0
VMA (%)	19,826	19,791	19,855	19,910	Min. 18
VFB (%)	71,908	72,073	71,773	71,526	Min. 68

Tabel 5. Karakteristik campuran HRS-WC pada 100% pasir pantai

Karakteristik Campuran	Lama Pengovenan				Spec.
	0 Jam	4 Jam (STOA)	2 Hari (LTOA)	4 Hari (LTOA)	
Stabilitas (kg)	1912,203	1333,352	2022,655	1811,296	Min. 600
Flow (mm)	1,797	2,368	1,960	1,552	-
Marshall Quotient (kg/mm)	1067,187	596,031	1031,967	1177,867	Min. 250
VIM Marshall (%)	4,230	4,503	4,257	4,385	4,0 – 6,0
VMA (%)	19,663	19,892	19,685	19,793	Min. 18
VFB (%)	78,487	77,362	78,378	77,848	Min. 68

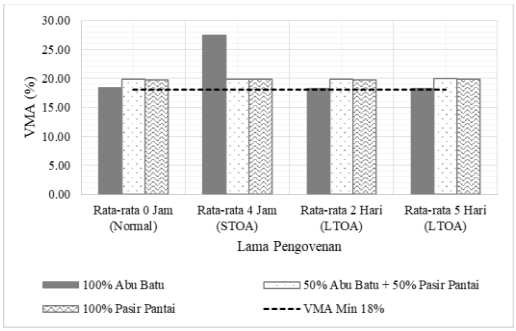
Hasil pengujian karakteristik campuran HRS-WC pada 100% abu batu, 50% abu batu + 50% pasir pantai dan 100% pasir pantai selain pada Tabel 2, 3 dan Tabel 4 juga terlihat pada Gambar 3, 4, 5, 6, 7, dan Gambar 8 yang menunjukkan gambar hubungan antara lama pengovenan dengan karakteristik *Marshall*.

***ISSN:** 1411-1292*
***E-ISSN:** 2541-5484*



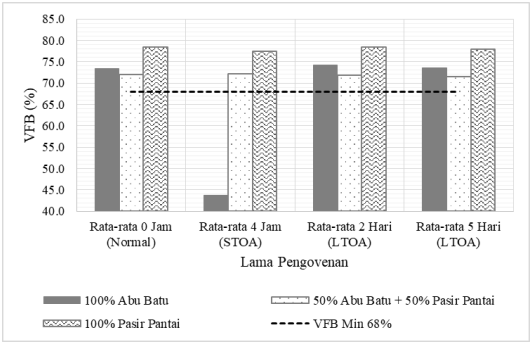
Gambar 3. Grafik hubungan vim dengan lama pengovenan

Gambar 3 menunjukkan pada 100% abu batu dengan kondisi STOA tidak memenuhi spesifikasi PUPR 2018 karena prosedur STOA yang dilaksanakan dengan pengovenan sampel yang belum dilakukan pemadatan yang mengakibatkan penyusun dari perkerasan lentur mengalami penguapan dan oksidasi sehingga aspal menjadi lebih kaku mengakibatkan lebih sukar dipadatkan menyebabkan menurunnya nilai kepadatan. Kurangnya pemadatan pada campuran, maka ruang udara pada campuran tidak terpenuhi dengan menyeluruh. Pada 100% pasir pantai nilai VIM mendekati minimum yaitu 4%. Hal ini disebabkan karena pasir pantai lebih halus, tidak bergerigi, lebih mudah dipadatkan, tidak kompak maka mendekati minimum karena tidak ada gesekan dipermukaan, workabilitas lebih bagus.



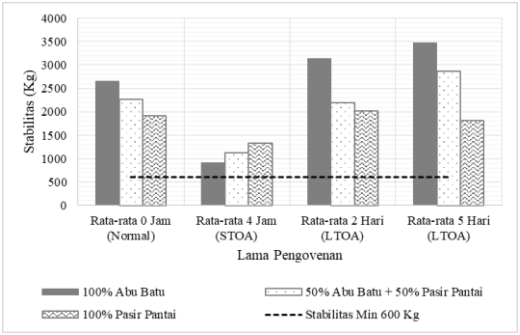
Gambar 4. Grafik hubungan VMA gengan lama pengovenan

Gambar 4 menunjukkan pada 100% abu batu dengan kondisi STOA mempunyai nilai yang tinggi karena adanya proses penuaan yang menyebabkan terjadinya penguapan pada campuran sehingga ikatan antara agregat dengan aspal menjadi lebih tinggi yang secara tidak langsung ruang udara akan terisi dengan optimal. Pada kondisi LTOA nilai VMA sangat rendah mendekati minimum dikarenakan pada proses penuaan menyebabkan terjadinya penguapan pada campuran sehingga tidak terdapat ruang pada campuran selama campuran aspal mengalami penguapan.



Gambar 5. Grafik hubungan VFB dengan lama pengovenan

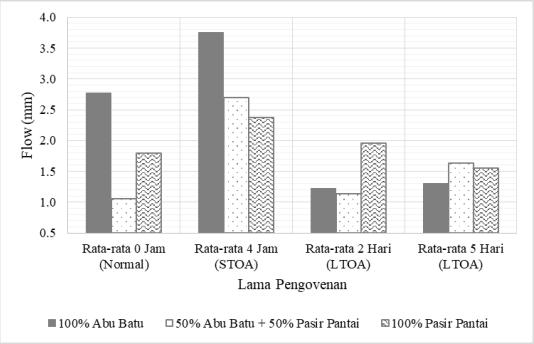
Gambar 5. menunjukkan pada 100% abu batu nilai VFB rendah karena kepadatan yang rendah, sehingga jumlah aspal yang mengisi rongga lebih sedikit. Semakin bertambahnya kepadatan, nilai VFB semakin meningkat. Ini berarti bahwa aspal lebih banyak mengisi rongga campuran sehingga meningkatkan kekedapan dan keawetan campuran.



Gambar 6. Grafik hubungan stabilitas dengan lama pengovenan

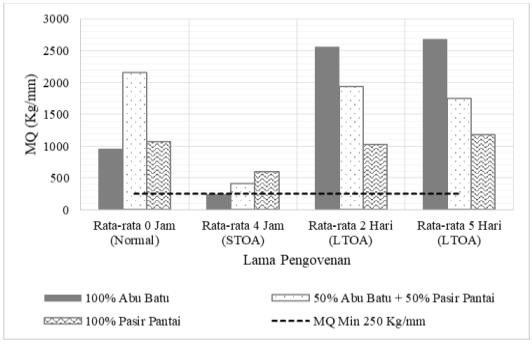
Gambar 6 menunjukkan pada 100% abu batu, 50% abu batu + 50% pasir pantai dan 100% pasir pantai dengan kondisi STOA menghasilkan nilai stabilitas yang rendah dibandingkan kondisi lainnya karena kepadatan yang kurang dan VIM yang tinggi mengakibatkan campuran mengalami deformasi permanen ketika menerima beban. Walaupun kepadatan relatif sama, namun pada kondisi LTOA campuran lebih lama

mengalami pengovenan maka campuran menjadi lebih kaku sehingga stabilitasnya menjadi lebih tinggi, namun kemungkinan campuran menjadi lebih getas bila menerima beban berulang dalam waktu lama bisa lebih cepat mengalami retak akibat kelelahan atau fatigue.



Gambar 7. Grafik hubungan *flow* dengan lama pengovenan

Gambar 7 menunjukkan pada 100% abu batu kondisi STOA, nilai flow tinggi diantara yang lainnya. Suatu campuran dengan nilai flow yang tinggi akan cenderung lembek sehingga akan menyebabkan deformasi permanen apabila menerima beban. Campuran menjadi lembek karena kurangnya pemadatan yang diakibatkan oleh metode STOA dengan melakukan pengovenan sampel sebelum dipadatkan, mengakibatkan agregat dan aspal mengalami penguapan dan oksidasi, sehingga aspal menjadi lebih kaku mengakibatkan lebih sukar dipadatkan menyebabkan menurunnya nilai kepadatan.



Gambar 8. Grafik hubungan MQ dengan lama pengovenan

Gambar 8 menunjukkan pada 100% abu batu, 50% abu batu + 50% pasir pantai dan 100% pasir pantai dengan kondisi STOA menghasilkan nilai MQ rendah dibandingkan yang lainnya. Hal ini disebabkan karena besarnya nilai kelelehan dan kecilnya stabilitas mengakibatkan campuran bersifat getas sehingga mudah mengalami retak.

Tabel 6. Perbandingan pengujian Cantabro dengan substitusi agregat

Substitusi Agregat Halus	Lama Pengovenan			
	0 Jam (Normal)	4 Jam (STOA)	2 Hari (LTOA)	5 Hari (LTOA)
100 % Abu Batu	5,321	7,973	4,230	2,596
50% Abu Batu + 50% Pasir Pantai	4,259	3,942	1,977	1,451
100% Pasir Pantai	6,072	5,758	4,101	3,366

Berdasarkan perbandingan hasil uji Cantabro dengan perbedaan substitusi agregat halus dapat disimpulkan campuran aspal panas dengan perbandingan 50% abu batu : 50% pasir pantai memiliki nilai terendah yang dapat diartikan bahwa campuran perkerasan dengan agregat halus 50% abu batu : 50% pasir pantai kuat terhadap gaya gesekan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian Karakteristik HRS-WC dengan Agregat Halus Disubstitusi Pasir Pantai, maka disimpulkan sebagai berikut:

1. Penelitian ini memperoleh karakteristik pasir pantai dengan berat jenis Bulk, SSD, *Apparent*, Penyerapan, Angularitas, *Sand Equivalent*, dan Kadar Lempung secara berturut-turut yaitu 3,325; 3,365; 3,46; 1,19%; 27%; 70,595% dan 0,18%.
2. Karakteristik campuran perkerasan HRS-WC dengan 100% abu batu, 50% abu batu + 50% pasir pantai dan 100% pasir pantai secara berturut-turut mendapatkan nilai stabilitas *marshall* 1912,203kg; 2269,757kg; 2654,942kg; *flow* 1,797mm; 1,062mm; 2,777mm; *marshall quotient* 1067,187kg/mm; 2156,120kg/mm; 957,308 kg/mm; VIM 4,230%; 5,570%; 4,898%; VMA 19,663%; 19,826%; 18,398%; VFB 78,487%; 71,908%; 73,375%.
3. Karakteristik *Marshall* yang dikondisikan STOA, LTOA 2 hari dan LTOA 5 hari dengan 100% abu batu secara berturut-turut mendapatkan nilai stabilitas *marshall* 912,580kg;

***ISSN:** 1411-1292*
***E-ISSN:** 2541-5484*

3130,756kg; 3472,339kg; *flow* 3,757mm; 1,225mm; 1,307mm; *marshall quotient* 242,949kg/mm; 2555,719kg/mm; 2674,895 kg/mm, 50% abu batu + 50% pasir pantai secara berturut-turut mendapatkan nilai stabilitas *marshall* 1118,345kg; 2195,236kg; 2862,296kg; *flow* 2,695mm; 1,143mm; 1,633mm; *marshall quotient* 414,027kg/mm; 1932,912kg/mm; 1751,246kg/mm; dan 100% pasir pantai secara berturut-turut mendapatkan nilai stabilitas *marshall* 1333,352kg; 2022,655kg; 1177,867kg; *flow* 2,368mm; 1,960mm; 1,552mm; *marshall quotient* 596,031kg/mm, 1031,967kg/mm; 1177,867kg/mm.

4. Nilai pengujian cantabro dengan mesin abrasi *Loss Angeles* pada kondisi normal, STOA, LTOA 2 hari dan LTOA 5 hari secara berturut-turut dengan 100% abu batu 5,257%; 7,973%; 4,230%; 2,596%; 50% abu batu + 50% pasir pantai 4,284%; 3,942%; 1,977%, 1,451%; dan 100% pasir pantai 6,067%; 5,758%; 4,101%; 3,366%.
5. Secara umum campuran memenuhi spesifikasi, hanya pada kadar pasir pantai 100%, nilai VIMnya mendekati minimum. Ini mengindikasikan pemanfaatana pasir pantai sudah maksimal.

Saran

Untuk penelitian selanjutnya mengenai pemanfaatan agregat halus yaitu pasir pantai pada campuran aspal, disarankan agregatnya dapat dicoba pada quarry dan pantai-pantai yang lain dan jenis pasir pantai yang berbeda (putih) serta gradasi dan proporsi yang dicoba dengan macam variasi yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

Brown, S. F., & Scholz, T. V. 2000. *Development of Laboratory Protocols for Eurobitume, The Ageing of Asphalt Mixtures.* Eurasphalt & Eurobitume Congress, Book I, Barcelona.

Hartanto. 2004. Pengaruh Filler Debu Batu Terhadap Sifat Marshall dan Durabilitas Campuran Hot Rolled Sheet (HRS). *Tugas akhir* Prodi Teknik Sipil Universitas Tanjung Pura.

Huber, & Decker. 1995. *Engineering Properties of Asphalt Mixtures and the Relationship to Their Performance*. https://www.astm.org/stp1265-eb.html, diskes 25 Juli 2021.

Kementerian PUPR. 2018. *Spesifikasi Umum 2018 Untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan*. 1–20.

Nastiti, A., Mulyono, T., & Purnomo, A. 2016. Kajian Laboratorium Parameter Marshall Dengan Pasir Pantai Carita Sebagai Agregat Halus Dalam Hrs-Wc. Menara: *Jurnal Teknik Sipil*, 11(1), 64–78. http://journal.unj.ac.id/unj/index.php/menara/article/view/7966

Pataras, M., Astira, I. F., Arliansyah, J., Rangkuti, P., & Roynaldo, B. 2017. Analisis Penggunaan Pasir Pantai, Darat, dan Sungai Terhadap Kinerja Laston dan Lataston Wearing Course. *Prosiding Simposium II UNIID 2007, 479–487*. http://conference.unsri.ac.id/index.php/uniid/article/view/642, diakses 28 Maret 2021.

Pramestu, M. R. 2018. Karakteristik Marshall Campuran AC-WC (Asphalt Concrete - Wearing Course) Akibat Penuaan dengan Variasi Waktu Pencampuran. *Tugas akhir* Prodi Teknik Sipil Universitas Pancasila.

Saodang, H. 2005. *Konstruksi Jalan Raya*. Penerbit Nova.

Sukirman, S. 1999. *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Penerbt Nova.

Winayati, Rahmat, dan Saleh. 2018. Analisis Penggunaan Abu Tandan Kelapa Sawit Sebagai Filler ditinjau dari Nilai Keausan Perkerasan Test). *Tugas akhir* Prodi Teknik Sipil Universitas Lancang Kuning, Pekanbaru.