

KINERJA CAMPURAN SMA DENGAN MENGGUNAKAN PASIR PANTAI INDRAYANTI SEBAGAI PENGGANTI AGREGAT HALUS

Farkhan Ramadhan^{1,*}, Miftahul Fauziah²

^{1,*}Program Studi Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia
Email: 15511191@uii.ac.id

²Program Studi Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia
Email: miftahul.fauziah@uii.ac.id

ABSTRACT

Split Mastic Asphalt (SMA) mixture is one of the favored materials for flexible pavement in Indonesia. Due to the limitation of fine aggregate products from stone crusher, therefore, an alternative sand beach is used. This paper presents the results of determining the influence of the use of coastal sand as fine aggregate substitution on the Split mastic asphalt (SMA). This research has four phases, first testing of aggregate and asphalt properties, then the determination of optimum asphalt content 0%, 25%, 50%, 75%, and 100%. The next step was testing Marshall, Immersion, Indirect Tensile Strength, and Cantabro loss. The results showed that the use of Indrayanti's sand beach as a substituted fine aggregate on the Split Mastic Asphalt 0/11 mixture meets the standard. Based on Marshall's test stability and flexibility of all the mixture was higher, the Bina Marga specification. Indirect Tensile Strength increase in each addition of Indrayanti's sand beach. Cantabro Loss and Index Retained Strength on all specimens of Indrayanti's sand beach qualify Bina Marga standard.

Keywords: *Split mastic asphalt, fine aggregate, Indrayanti beach sand*

PENDAHULUAN

Pada umumnya infrastruktur jalan di Indonesia menggunakan *flexible pavement* dengan menggunakan campuran aspal panas. Salah satunya adalah *Split Mastic Asphalt (SMA)*, campuran *SMA* terdiri dari agregat kasar, agregat halus, dan *filler*. Menurut Lake dkk (2010) *Split Mastic Asphalt* ini merupakan campuran beton aspal dengan kandungan agregat kasar $\pm 70\%$ dan *filler* $\pm 11\%$. Campuran *SMA* lebih tahan terhadap deformasi mempunyai *skid resistance* tinggi karena kadar agregat kasarnya besar dan mempunyai kecenderungan lebih tahan lama, karena kadar aspalnya tinggi dan distabilisasi dengan serat selulosa, sehingga dapat melayani beban kendaraan lebih baik. Di Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) umumnya menggunakan agregat halus yang berasal dari Clereng, Kulonprogo yang setiap tahun

kebutuhannya selalu bertambah sehingga dibutuhkan inovasi. Salah satu alternatif yang bisa digunakan adalah pasir pantai.

Penggunaan pasir pantai sebagai agregat halus telah dikaji oleh banyak peneliti sebelumnya. Kusharto (2004) meneliti pengaruh penggunaan pasir pantai terhadap sifat *Marshall* dalam campuran beton aspal. Hasil penelitian merekomendasikan perlu dikaji dan diteliti secara mendalam sifat kimia batuan terutama pada mekanisme lekatan batuan pasir pantai terhadap aspal, pengaruh kadar garam terhadap sifat aspal dan perlu diteliti lebih lanjut mengenai sifat-sifat, karakteristik beton aspal yang lain yaitu nilai *structural*, *skid resistance*, fleksibilitas, impermeabilitas campuran. Pengaruh waktu terhadap daya tahan lapis perkerasan yang menggunakan bahan susun pasir pantai yang dikaji oleh Proyowardono (2004) didapatkan kesimpulan pasir pantai

dapat digunakan sebagai bahan susun lapis perkerasan dan mempunyai kekuatan cukup baik tetapi dari segi keawetan kurang baik untuk digunakan sebagai lapis perkerasan. Penelitian yang dilakukan Zakaria dan Fauziah (2012) tentang penggunaan pasir Bengawan Solo sebagai agregat halus pada campuran *AC-BC* menghasilkan bahwa penggunaan pasir Bengawan Solo dapat digunakan sebagai agregat halus karena memenuhi persyaratan Bina Marga dan proporsi optimum penggunaan pasir Bengawan Solo sebagai agregat halus pengganti pada campuran *AC-BC* sebesar proporsi 25% terhadap total agregat halus yang dibutuhkan. Studi yang dilakukan oleh Fauziah (2013) mengenai penggunaan pasir sungai Bengawan Solo terhadap nilai stabilitas, nilai *tensile strength*, dan nilai kekakuan menyimpulkan bahwa nilai stabilitas, *indirect tensile*, dan kekakuan penggunaan pasir Bengawan Solo bernilai lebih rendah daripada penggunaan agregat yang diproduksi oleh *stone crusher*. Bestari (2013) meneliti penggunaan pasir pantai Bakau sebagai campuran aspal beton jenis *HRS* dan menyimpulkan bahwa secara umum pasir pantai Bakau memenuhi persyaratan *Marshall*. Penelitian penggunaan pasir pantai Carita sebagai campuran agregat halus pada lapis permukaan aspal beton terhadap persyaratan parameter *Marshall* yang dilakukan oleh Arifiardi (2016) menyimpulkan bahwa penggunaan pasir pantai Carita sebesar 50% memenuhi persyaratan yang sudah ditetapkan akan tetapi penggunaan 100% agregat halus pasir pantai hanya memenuhi persyaratan *flow*, *VMA*, *VITM*, *VFWA*. Nilai stabilitas dan *MQ* tidak memenuhi syarat sehingga penggunaan 100% agregat halus pasir pantai tidak dapat dijadikan bahan substitusi secara keseluruhan sebagai agregat halus pada bahan perkerasan *AC-WC*. Pataras dkk (2017) meninjau penggunaan pasir pantai, darat, dan sungai terhadap kinerja laston dan laston *wearing course* mendapatkan kesimpulan bahwa campuran pasir pantai

Bengkulu memiliki nilai *VMA* terkecil yang mengindikasikan rongga yang berada pada campuran pasir pantai mampu menyerap dengan baik dan campuran pasir sungai merupakan campuran perkerasan yang memiliki kualitas terbaik dibandingkan dengan pasir darat dan pasir pantai. Penelitian yang belum lama ini dilakukan oleh Shabrina (2019) tentang pemanfaatan pasir pantai Kemala sebagai bahan tambah campuran *AC-WC* terhadap *Marshall properties* dan nilai struktural menyimpulkan bahwa variasi substitusi pada variasi 30% tidak memenuhi persyaratan 800kg. Sedangkan nilai *flow* berturut-turut mengalami penurunan yang disebabkan oleh campuran yang semakin kaku seiring penambahan pasir pantai, nilai *VMA* dan *VIM* rata-rata menurun dan nilai *VFWA* mengalami kenaikan disebabkan penambahan pasir pantai pada campuran sehingga rongga yang terisi aspal bertambah meskipun kadar aspal tetap, nilai *MQ* berturut-turut meningkat. Proporsi pasir pantai ditinjau dari koefisien kekuatan relatif bahan (a) yang optimal terdapat pada variasi 15%.

Sunarjono dan Samantha (2012) melakukan investigasi tentang analisis kekuatan tarik material campuran *SMA (Split Mastic Asphalt) Grading 0/11* menggunakan sistem pengujian *Indirect Tensile Strength (ITS)*. Pengujian *ITS* terhadap pembebanan tarik *SMA* dalam berbagai variasi kadar aspal, nilai *ITS* cenderung meningkat dan mengalami penurunan setelah kadar aspal sudah melampaui nilai optimum yang dibutuhkan.

Penelitian tentang analisis workabilitas dan durabilitas material *split Mastic Asphalt (SMA) grading 0/11* pada gradasi batas atas, batas bawah, dan batas tengah dilakukan oleh Ramdhan (2018) menyimpulkan berdasarkan nilai durabilitas gradasi tengah memiliki nilai terbaik dikarenakan memiliki nilai IKS atau *IRS* tertinggi namun pada perhitungan nilai Indeks Durabilitas Pertama

(IDP) dan Indeks Durabilitas Kedua (IDK) memiliki nilai kehilangan kekuatan terbesar.

Makalah ini menyajikan hasil pengukuran untuk Kinerja campuran SMA dengan menggunakan pasir pantai Indrayanti sebagai pengganti agregat halus dengan bahan ikat pen 60/70 ditinjau dengan pengujian *Marshall Standard*, *Index of Retained Strength (IRS)*, *Indirect Tensile Strength (ITS)*, *Cantabro Loss (CL)*.

METODE PENELITIAN

Pengujian pada penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Agregat yang digunakan adalah agregat yang berasal dari Clereng, Kulonprogo dan pasir pantai menggunakan pasir pantai Indrayanti Gunung kidul tanpa dilakukan pencucian terlebih dahulu. Bahan ikat yang digunakan adalah aspal pertamina pen 60/70. Serat selulosa yang digunakan merupakan serat selulosa alami berupa dedak padi. Tahapan awal penelitian adalah melakukan pengujian terhadap sifat fisik material yang berdasarkan Bina Marga 2010, yaitu pengujian karakteristik agregat aspal pen 60/70. Tahap selanjutnya adalah membuat benda uji dengan gradasi campuran *Split Mastic Asphalt (SMA) 0/11* berdasarkan Departemen Perkembangan wilayah (1999) kemudian membuat benda uji dengan variasi substitusi agregat halus pasir pantai Indrayanti dengan variasi 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% pasir pantai Indrayanti. Selanjutnya dilakukan pengujian benda uji dengan parameter *Marshall Standard*, *IRS*, *ITS*, *Cantabro*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Sifat Fisik Bahan

Hasil pengujian sifat fisik bahan yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 1 sampai dengan Tabel 5.

Tabel 1. Hasil uji aspal pen 60/70

No	Jenis Pengujian	Syarat	Hasil
1	Berat Jenis	$\geq 1,0$	1,023
2	Penetrasi (mm)	60/70	62,3
3	Daktilitas (cm1)	≥ 100	164
4	Titik Lembek ($^{\circ}\text{C}$)	≥ 48	48
5	Titik Nyala ($^{\circ}\text{C}$)	≥ 232	332
6	Titik Bakar ($^{\circ}\text{C}$)	≥ 232	345
7	Kelarutan pada TCE (%)	≥ 99	99,03

Tabel 2. Hasil uji agregat kasar

No	Jenis Pengujian	Syarat	Hasil
1	Berat Jenis	$\geq 2,5$	2,6643
2	Penyerapan Agregat Terhadap Air (%)	≤ 3	1,687
3	Kelekatan Agregat Terhadap Aspal (%)	≥ 95	97,5
4	Keausan Agregat dengan Mesin <i>Los Angeles</i> (%)	≥ 40	13,07

Tabel 3. Hasil uji agregat halus

No	Jenis Pengujian	Syarat	Hasil
1	Berat Jenis	$\geq 2,5$	2,60
2	Penyerapan Agregat Terhadap Air (%)	≤ 3	2,25
3	<i>Sand Equivalent</i> (%)	≥ 50	91,98

Tabel 4. Hasil uji agregat halus pasir pantai

No	Jenis Pengujian	Syarat	Hasil
1	Berat Jenis	$\geq 2,5$	2,85
2	Penyerapan Agregat Terhadap Air (%)	≤ 3	0,99
3	<i>Sand Equivalent</i> (%)	≥ 50	81

Tabel 5. Hasil uji filler abu batu

No	Filler	Syarat	Hasil
1	Berat Jenis	≤ 8	2,553

Karakteristik Marshall

Karakteristik *Marshall* yang ditinjau pada berbagai kadar aspal adalah berupa stabilitas, *flow*, *Marshall Quetient (MQ)*, (*VITM*) *Void In Total Mix*, (*VFWA*) *Void Filled With Asphalt*, (*VMA*) *Void Mineral Agregat*, *density*, pengujian ini digunakan untuk mendapatkan nilai masing masing KAO pada masing-masing Kadar substitusi pasir pantai Indrayanti. Berikut adalah rekapitulasi nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) pada Tabel 6.

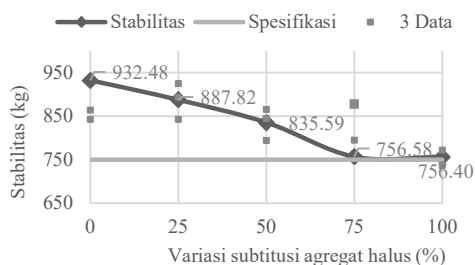
Tabel 6. Rekapitulasi KAO

Variasi Substitusi Pasir Pantai Indrayanti (%)	Kadar Aspal Minimum (%)	Kadar Aspal Maksimum (%)	Kadar Aspal Optimum (%)
0	6,89	7,5	7,19
25	7,12	7,5	7,31
50	7,32	7,5	7,41
75	7,40	7,5	7,45
100	7,45	7,5	7,47

Berdasarkan Tabel 6 dapat disimpulkan bahwa setiap penambahan variasi substitusi pasir pantai Indrayanti maka, semakin besar kadar aspal yang dibutuhkan.

Nilai Marshall pada KAO

Hasil pengujian kinerja campuran SMA 0/11 menggunakan pasir pantai Indrayanti menunjukkan penurunan kinerja stabilitas dapat dilihat pada Gambar 1.

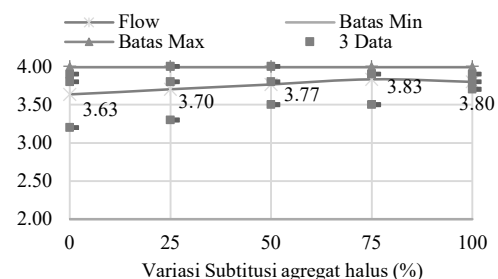


Gambar 1. Grafik pengaruh variasi substitusi pasir pantai terhadap nilai stabilitas

Penambahan variasi substitusi pasir pantai mengakibatkan penurunan nilai stabilitas yang disebabkan oleh kondisi agregat pasir pantai yang permukaannya lebih halus, dan

bentuknya yang lebih bulat. Kondisi ini menyebabkan ikatan antara pasir pantai dan aspal lebih rendah dibandingkan dengan agregat halus Clereng yang memiliki tekstur permukaan kasar yang menyebabkan nilai stabilitas semakin menurun setiap kali ada penambahan variasi substitusi pasir pantai. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Arifiardi, dkk (2016) yang menggunakan pasir pantai Carita, Priyowardono (2004) yang menggunakan pasir pantai Parangtritis sebagai agregat halus, Zakaria dan Fauziah (2012) dan Fauziah (2013) yang menggunakan pasir sungai Bengawan Solo dan Bestari (2013) yang menggunakan pasir pantai Bakau.

Nilai *flow* pada kinerja campuran SMA 0/11 menggunakan pasir pantai Indrayanti dapat dilihat pada Gambar 2.

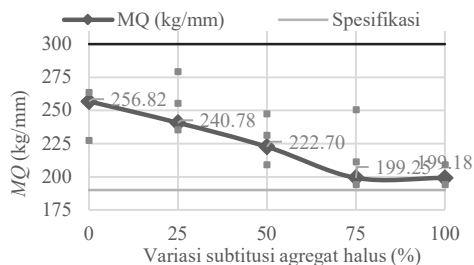


Gambar 2. Grafik pengaruh variasi substitusi pasir pantai terhadap nilai *flow*

Pada umumnya nilai *flow* mengalami kenaikan setiap penambahan variasi substitusi pasir pantai, kadar aspal yang digunakan juga semakin tinggi, penggunaan kadar aspal yang tinggi disebabkan permukaan agregat pasir pantai yang cenderung lebih halus daripada agregat halus Clereng, sehingga dibutuhkan kadar aspal yang lebih banyak untuk menyelimuti campuran. Namun dengan penggunaan kadar aspal yang tinggi dapat mengakibatkan mudah terjadinya *bleeding*. Campuran dengan kadar aspal yang tinggi mengakibatkan campuran lebih plastis dan cenderung mudah mengalami deformasi. Hal ini sejalan dengan penelitian Pataras, dkk (2017) yang menggunakan pasir

pantaidan Kusharto (2004), Peningkatan nilai *flow* menunjukkan jika campuran SMA 0/11 lentur dan plastis.

Nilai *marshall quotient* pada kinerja campuran SMA 0/11 menggunakan pasir pantai Indrayanti dapat dilihat pada Gambar 3 berikut ini.



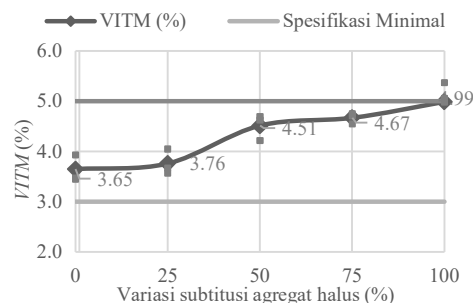
Gambar 3. Grafik pengaruh variasi substitusi pasir pantai terhadap nilai MQ

Nilai MQ pada setiap penambahan variasi substitusi pasir pantai sebagai agregat halus mengalami penurunan namun tetap masuk dalam spesifikasi yang disyaratkan. Hal ini sejalan dengan penelitian Arifiardi (2016) dengan penambahan variasi pasir pantai pada campuran AC-WC nilai MQ pada substitusi 0% dan 50% masih masuk spesifikasi, sedangkan pada substitusi 100% tidak masuk dalam spesifikasi yang disyaratkan Bina Marga.

Kinerja nilai VITM (*Void in Total Mix*) pada kinerja campuran SMA 0/11 menggunakan pasir pantai Indrayanti dapat dilihat pada Gambar 4.

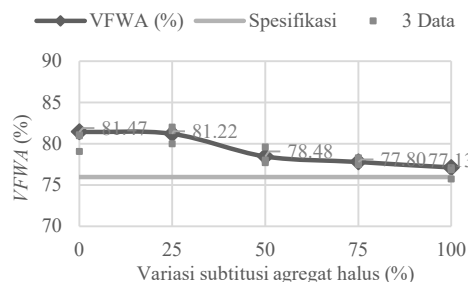
Setiap penambahan variasi substitusi pasir pantai sebagai agregat halus mengalami kenaikan yang menunjukkan bahwa rongga dalam campuran semakin besar setiap penambahan variasi substitusi pasir pantai. Beberapa penyebab campuran mudah dilalui oleh air, antara lain: aspal kurang menyelimuti pasir pantai dan juga pasir pantai tidak mengisi rongga-rongga yang ada dalam campuran akibat bentuk pasir pantai yang cenderung bulat, dengan nilai VITM yang besar, dan nilai porositas yang

terdapat dalam campuran juga besar. Hal ini sejalan dengan penelitian Arifriardi, dkk (2016) dan kajian yang dilakukan oleh Zakaria dan Fauziah (2012).



Gambar 4. Grafik pengaruh variasi substitusi pasir pantai terhadap nilai VITM

Kinerja nilai VFWA (*Void Filled With Asphalt*) pada kinerja campuran SMA 0/11 menggunakan pasir pantai Indrayanti dapat dilihat pada Gambar 5.

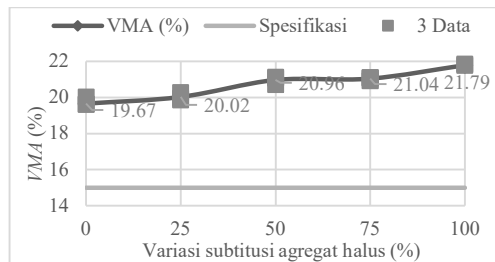


Gambar 5. Grafik pengaruh variasi substitusi pasir pantai terhadap nilai VFWA

Nilai VFWA pada setiap penambahan variasi substitusi pasir pantai sebagai agregat halus mengalami penurunan setiap penambahan variasi substitusi pasir pantai Indrayanti, dikarenakan aspal yang menyelimuti agregat semakin tipis dalam penambahan variasi substitusi pasir pantai kandungan garam yang terdapat pada pasir pantai Indrayanti dalam campuran menyerap air. Nilai VFWA yang rendah akan menyebabkan kekedapannya terhadap air semakin berkurang dan dapat mengakibatkan daya tahan pada campuran berkurang. Hal ini sejalan dengan kajian yang dilakukan Priyowardano (2004), yang menggunakan

pasir pantai Parangtritis dan penelitian Arifriadi (2016) yang menggunakan pasir pantai Carita.

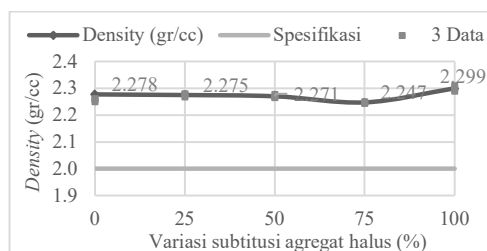
Nilai *VMA* (*Void Mineral in Aggregate*) pada kinerja campuran *SMA* 0/11 menggunakan pasir pantai Indrayanti dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Grafik pengaruh variasi substitusi pasir pantai terhadap nilai *VMA*

Nilai *VMA* pada setiap penambahan variasi substitusi pasir pantai Indrayanti sebagai agregat halus mengalami kenaikan, dikarenakan pasir pantai tidak mengisi rongga rongga yang ada, sehingga mengakibatkan kemampuan *interlocking* pada campuran berkurang. Hal ini sesuai dengan penelitian Arifriadi (2016) dan Pataras, dkk (2017) bahwa nilai *VMA* pada variasi substitusi agregat 0%, 50%, dan 100% mengalami kenaikan namun tetap masuk dalam spesifikasi yang sudah ditentukan.

Nilai *density* pada kinerja campuran *SMA* 0/11 menggunakan pasir pantai Indrayanti dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Grafik pengaruh variasi substitusi pasir pantai terhadap nilai *density*

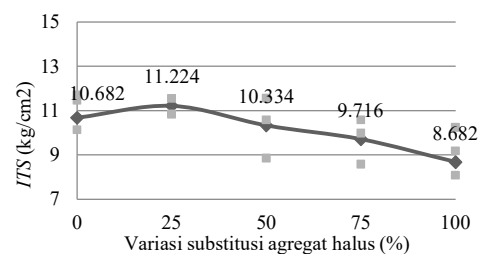
Nilai *density* pada setiap penambahan variasi substitusi pasir pantai sebagai agregat halus mengalami kenaikan, yang artinya

semakin padatnya campuran, penelitian ini sejalan dengan penelitian Kusharto (2004) bahwa nilai *density* mengalami kenaikan namun tetap masuk dalam spesifikasi yang sudah ditentukan.

KINERJA CAMPURAN PADA KAO

Indirect Tensile Strength

Grafik hasil pengujian *Indirect Tensile Strength* pada kinerja campuran *SMA* 0/11 menggunakan pasir pantai Indrayanti dapat dilihat pada Gambar 8.

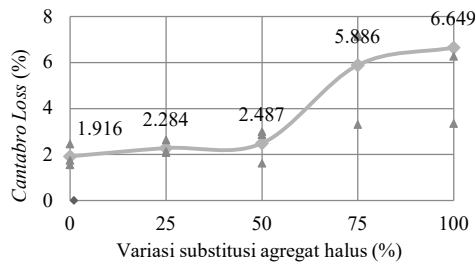


Gambar 8. Grafik pengaruh variasi substitusi pasir pantai terhadap nilai *ITS*

Nilai pengujian kurat tarik tak langsung pada uji *ITS* pada setiap penambahan variasi substitusi pasir pantai Indrayanti sebagai agregat halus mengalami penurunan, hal ini dikarenakan aspal menyelimuti agregat tipis, sehingga mempengaruhi campuran yang menyebabkan campuran menjadi mudah retak. Tekstur permukaan pasir pantai yang halus menyebabkan campuran mudah lepas akibat tarik dikarenakan ikatan antar agregat dan aspal menurun. Hal ini sejalan dengan penelitian Sunarjono dan Samantha (2012) yang melakukan analisis menggunakan campuran *SMA* 0/11 dengan hasil nilai *ITS* yang terus meningkat kemudian nilai *ITS* menurun.

Cantabro Loss

Nilai *Cantabro loss* pada kinerja campuran *SMA* 0/11 menggunakan pasir pantai Indrayanti dapat dilihat pada Gambar 9 berikut ini.

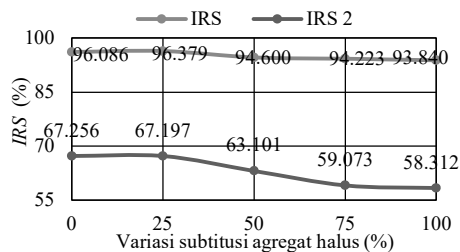


Gambar 9. Grafik pengaruh variasi substitusi pasir pantai terhadap nilai *Cantabro Loss*

Nilai pengujian *Cantabro loss* pada setiap penambahan variasi substitusi pasir pantai Indrayanti sebagai agregat halus mengalami kenaikan, yang artinya setiap penambahan kadar variasi pasir pantai Indrayanti ketahanan terhadap disintegrasi menjadi kurang baik yang menyebabkan kehilangan berat yang meningkat. Tekstur permukaan pasir pantai yang lebih halus menyebabkan campuran mudah lepas karena benturan dikarenakan ikatan antar agregat dan aspal menurun.

Index of Retained Strength (IRS) dan Durabilitas

Nilai grafik *retained strength* kinerja campuran SMA 0/11 menggunakan pasir pantai Indrayanti dapat dilihat pada Gambar 10.

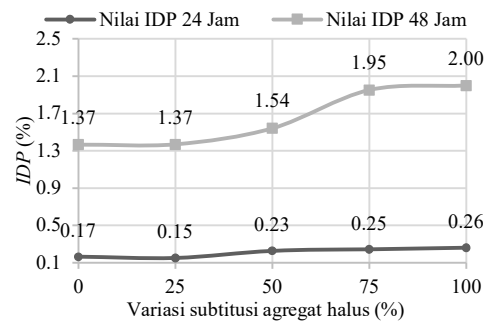


Gambar 10. Grafik pengaruh variasi substitusi pasir pantai terhadap nilai *Index Retained Strength*

Hasil uji *retained strength* pada perendaman memenuhi syarat yang ditetapkan Bina Marga 2010 yaitu $\geq 90\%$ sedangkan pada nilai *IRS 2* mengalami penurunan sangat drastis yang artinya lamanya perendaman sangat berpengaruh

pada nilai durabilitas campuran hasil ini sejalan dengan penelitian Ramdhan (2018).

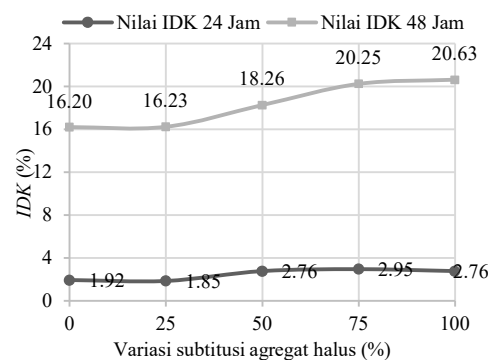
Grafik hubungan antara nilai IDP (indeks durabilitas pertama) dengan variasi substitusi agregat halus dapat dilihat pada Gambar 11 sebagai berikut.



Gambar 11. Grafik pengaruh variasi substitusi pasir pantai terhadap nilai IDP

Berdasarkan grafik dari Gambar 11 dapat dilihat nilai IDP 24 jam pada perendaman mengalami kenaikan yang mengindikasikan hilangnya kekuatan pada penambahan variasi substitusi agregat halus, begitu juga Pada nilai IDP 48 jam terjadi kenaikan nilai IDP. Hasil ini sejalan dengan penelitian Ramdhan (2018).

Grafik hubungan antara nilai IDK dengan variasi substitusi agregat halus dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Grafik pengaruh variasi substitusi pasir pantai terhadap nilai IDK

Nilai IDK pada perendaman mengalami kenaikan yang mengindikasikan hilangnya kekuatan pada penambahan variasi substitusi

agregat halus. Pada nilai IDK 48 jam terjadi kenaikan nilai IDK hasil ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Ramdhan (2018).

KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut ini.

1. Sifat fisik pasir pantai Indrayanti memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan oleh Bina Marga 2010, sehingga dapat digunakan sebagai bahan pengganti dalam campuran aspal
2. Parameter *Marshall properties* pada kinerja volumetrik dan stabilitas menurun setiap penambahan kadar substitusi pasir pantai Indrayanti, namun masih memenuhi spesifikasi *Split Mastic Asphalt* yang ditetapkan Departemen Perkembangan Wilayah (1999).
3. Nilai kuat tarik tak langsung pada uji *Indirect Tensile Strength (ITS)* menurun seiring penambahan kadar substitusi pasir pantai Indrayanti yang dipengaruhi oleh tekstur permukaan pasir pantai yang lebih halus mempengaruhi campuran menjadi mudah lepas karena tarik.
4. Ketahanan campuran pada disintegrasi pada uji *Cantabro* mengalami kenaikan dengan bertambahnya variasi pasir pantai yang artinya mengalami kehilangan berat akibat benturan seiring bertambahnya variasi substitusi pasir pantai.
5. Pada uji *IRS* nilai durabilitas semakin rendah dengan bertambahnya kadar pasir pantai Indrayanti namun masih sesuai dengan ketentuan Bina Marga 2010.

DAFTAR PUSTAKA

- Arifriardi, I., Hadi, W., & Purnomo, A. (2016). "Pengaruh Penggunaan Pasir Pantai Carita Sebagai Campuran Agregat Halus Pada Lapis Permukaan Aspal Beton Terhadap Persyaratan Parameter Marshall". *Jurnal Menara jurusan Teknik Sipil FT.UNJ*, 112-127.
- Bestari, A. (2013). "Studi Penggunaan Pasir Pantai Bakau Sebagai Campuran Aspal Beton Jenis Hot Rolled Sheet (HRS)". *Anterior Jurnal*, 2, 13-22.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. (2010). "*Spesifikasi umum 2010 divisi 6*". Direktorat Jenderal Bina Marga. Jakarta.
- Kusharto, H. (2004). "Pengaruh Penggunaan Pasir Pantai Terhadap Sifat Marshall Dalam Campuran Beton Aspal". *Media Komunikasi Teknik Sipil*, 91-99.
- Pataras, M., Astira, I. F., Rankuti, P., & Roynaldo, B. (2017). "Analisis Penggunaan Pasir Pantai, Darat, Dan Sungai Terhadap Kinerja Laston dan Laston Wearing Course". *Prosiding simposium II UNIID*, 479-487.
- Priyowardono, O. Y. (2004). "*Pengaruh Waktu Terhadap Daya Tahan Lapis Perkerasan yang Menggunakan Bahan Susun Pasir Pantai*". Tugas Akhir (tidak dipublikasi) Yogyakarta. Universitas Atma Jaya. Yogyakarta
- Ramdhan, A. F. (2018). "*Analisis Workabilitas dan Durabilitas Material Split Mastic Asphalt (SMA) Grading 0/11 Pada Gradasi Batas Atas, Batas Bawah, Dan Batas Tengah*". Universitas Muhamadiyah Surakarta. Surakarta
- Shabrina, A. (2019). "Analisis Pemanfaatan Pasir Pantai Kemala Sebahe Bahan Tambah Campuran *Asphalt Concrete-wearing course (AC-WC)* Terhadap

- Marshall Properties Dan Nilai Struktural”. Universitas Muhamadiyah Surakarta. Surakarta
- Standar Nasional Indonesia (2002). “Spesifikasi bahan pengisi untuk campuran beraspal SNI 03-6723-2002”. Badan Standar Nasional. Jakarta.
- Sunarjo, S., & Samantha, R. (2012). “Analisis kekuatan Tarik Material Campuran SMA (*Split Mastic Asphalt*) Grading 0/11 Menggunakan Sistem Pengujian *Indirect Tensile Strength*”. *Seminar Nasional Teknik Sipil UMS*, 57-64.
- Tahir, A. (2011). “Kinerja Campuran *Split Mastic Asphalt (SMA)* yang menggunakan serat selulosa alami dedak padi”. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Transportasi*. Volume 1, 21-41.
- Zakaria, H., & Fauziah, M. (2012). “Optimasi Penggunaan Pasir Bengawan Solo Sebagai Agregat Halus Pada Campuran Asphalt concrete binder-course (AC-BC)”. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 82-92.