

Pengaruh Air Menggunakan Reclaimed Asphalt Pavement Pada Campuran Beton Aspal Berdasarkan Uji Cantabro Dan Indirect Tensile Strength

Tommy Iduwin¹; Devita Mayasari²; Tri Yuhanah³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi PLN

¹tommyiduwin@itpln.ac.id

ABSTRACT

The impact of RAP on water was identified to be analyzed for the material's resistance to water because there are still a lot of waterlogged pavements in Indonesia. This research uses RAP variation 0%, 25% and 35%. The test is the Marshall test to get the optimum asphalt content value, the Cantabro test to determine the weight loss for 300 rounds and the durability by varying the immersion 0.1, 2, 4 and 7 days which will be tested for ITS. The KAO value obtained for each variation is 5.4% for 0% Rap, 5.6 for 25% Rap and 6% for 35% RAP. The results of the Cantabro test show that the largest percentage of weight loss is a mixture of 35% RAP which is 12.54%, where for 0% RAP there is a weight loss of 10.85% and at 25% RAP there is a weight loss of 11.66%. ITS test results have the highest value with variations of RAP 0%, RAP 25% and RAP 35%. variations of 0%, 25% and 35% showed a decreasing trend until the 7th day of immersion, it can be said that in the three variations the ITS value was influenced by the duration of continuous immersion.

Keywords: RAP, AC-WC, Marshall, Cantabro, Indirect Tensile Strength

ABSTRAK

RAP merupakan bahan alternatif yang dapat digunakan sebagai bahan perkerasan jalan karena dapat mengurangi penggunaan agregat alam. RAP akan dilihat pengaruhnya terhadap air untuk mengidentifikasi material tersebut terhadap ketahanan dengan air dikarenakan perkerasan jalan di Indonesia masih banyak tergenang air. Penelitian ini menggunakan jenis perkerasan AC-WC dengan variasi RAP 0%, 25% dan 35 %. Pengujian yang dilakukan adalah uji marshall untuk mendapatkan nilai kadar aspal optimum, pengujian cantabro untuk mengetahui kehilangan berat selama 300 putaran dan durabilitas dengan melakukan variasi perendaman 0,1, 2, 4 dan 7 hari yang setelahnya akan dilakukan pengujian ITS. Nilai KAO pada tiap variasi adalah 5,4 % untuk Rap 0%, 5,6 Untuk Rap 25 % dan 6 % untuk RAP 35 %. Hasil pengujian Cantabro menunjukkan prosentase kehilangan berat terbesar yang terjadi pada campuran RAP 35% adalah sebesar 12,54%, dimana untuk 0% RAP terjadi kehilangan berat sebesar 10,85% dan pada 25% RAP terjadi kehilangan berat sebesar 11,66%. Selanjutnya untuk hasil pengujian ITS nilai tertinggi adalah dengan variasi RAP 0% , RAP 25% dan RAP 35 %. variasi 0%, 25% dan 35% mengalami tren penurunan sampai perendaman hari ke-7, dapat dikatakan bahwa pada ketiga variasi tersebut nilai ITS dipengaruhi akibat lama perendaman menerus.

Kata kunci: RAP, AC-WC, Marshall Cantabro, Indirect Tensile Strength

1. PENDAHULUAN

Pada dunia kontruksi dan akademisi melalui penelitian pada beberapa tahun terakhir sering menggunakan material pengganti. Pada riset penelitian sering kali melakukan uji laboratorium dalam penggunaan bahan pengganti, sedangkan pada kontruksi memerlukan material yang sangat banyak sehingga bahan alternatif bisa dijadikan sebagai pilihan [1].

Perkerasan lentur merupakan jenis perkerasan yang paling banyak digunakan di Indonesia. Material yang digunakan berupa agregat dan aspal dengan persentase agregat yang lebih besar. Kebutuhan aspal di Indonesia sendiri masih sangat tinggi permintaannya, bahkan produksi aspal di Indonesia tidak memenuhi kebutuhan Nasional. Dengan keterbatasan kebutuhan aspal nasional tersebut pemerintah Indonesia harus Impor dalam pemenuhan kebutuhan aspal.

Tingginya penggunaan agregat dan masih kurangnya produksi aspal nasional mendorong beberapa pihak untuk melakukan penelitian tentang penggunaan bahan alternatif. Salah satu bahan pengganti agregat dan aspal yang tersedia untuk perkerasan aspal adalah bahan daur ulang perkerasan berupa RAP. Berdasarkan [2] Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) adalah bahan yang dapat digunakan dalam campuran perkerasan aspal yang komposisinya dapat digunakan sebagai bahan alternatif dalam pembuatan campuran perkerasan aspal. [2].

Pada artikel [3] yang melakukan analisis tentang Investigation On Performances Of Asphalt Mixtures Made With Reclaimed Asphalt Pavement: Effects Of Interaction Between Virgin And Rap Bitumen. Hasilnya menjelaskan bahwa penggunaan RAP dalam campuran aspal menyebabkan peningkatan viskositas pengikat aspal dengan persentase RAP yang dimasukkan ke dalam campuran. Peningkatan produksi dan suhu dapat mencapai tujuan menyebabkan penurunan viskositas ke nilai yang diperlukan, tetapi mungkin juga menyebabkan campuran komposit mengeras, dengan yang tidak diinginkan efek pengerasan pada aspal dan konsekuensi negatif pada kinerja aspal campuran (kerapuhan). Oleh karena itu, penggunaan pengikat lebih soft dan kurang kental direkomendasikan, jika perlu, ketika persentase RAP yang dimasukkan ke dalam campuran sama atau lebih tinggi 20% (berat campuran). Grafik pencampuran viskositas dapat digunakan untuk menentukan penetrasi untuk mencapai viskositas yang diinginkan.

[1] melakukan analisis tentang Uji Marshall Immersion Pada Campuran AC-WC Menggunakan Reclaimed Asphalt Pavement (RAP). Pada analisis tersebut melakukan beberapa percobaan variasi RAP dengan persentase 0%, 20% dan 35 % RAP. Dari persentase RAP tersebut didapat Nilai KAO berturut-turut sebesar 5,4%, 5,6% dan 6%. Pada pengujian marshall immersion variasi RAP tersebut memenuhi standar dari Spek Bina Marga 2018.

Penelitian yang dilakukan oleh [4] tentang Campuran Beraspal Menggunakan Reclaimed Asphalt Pavement dan Agregat Slag Baja. Hasil pada penelitian tersebut memperlihatkan nilai optimum pada variasi Slag Baja dan RAP pada variasi 20 sampai dengan 25%. Hasil tersebut memperlihatkan pengaruhnya terhadap kinerja campuran beraspal dan ketahanan terhadap kelelahan. [4].

Selanjutnya [5] pada artikelnya yang berjudul Pengaruh Rendaman Air pada Kinerja Campuran AC-WC Menggunakan Reclaimed Asphalt Pavement (RAP). Pada analisis tersebut melakukan analisis berupa penggunaan RAP sebesar 0%, 25% dan 35 % yang akan dilakukan variasi perendaman selama 0, 1, 2, 4 dan 7 hari. Analisis ini melakukan pengujian marshall modifikasi untuk mendapatkan nilai durabilitas dengan metode crauss. Hasil dari analisis tersebut adalah semakin besar kandungan RAP akan menurunkan nilai ketahanan terhadap air.

[6] melakukan analisis tentang Evaluation of the Cantabro Durability Test for Dense Graded Asphalt. Pada analisis ini menggunakan prosedur uji ketahanan Cantabro yang digunakan dalam

penelitian ini didasarkan pada metode uji Mississippi untuk kehilangan abrasi campuran OGFC (MT-85) (MDOT 2005) untuk spesimen yang tidak berumur dan dijelaskan sebagai berikut. Gyrotory berdiameter 150 mm spesimen yang dipadatkan dengan tinggi nominal 115 mm (dikontrol oleh massa campuran) adalah ditempatkan di drum mesin uji Abrasi LA tanpa muatan baja bola dan mengalami 300 putaran.

Indonesia merupakan negara dengan intensitas curah hujan yang tinggi. Tingginya intensitas curah hujan dan didukung dengan masih banyak prasarana jalan yang kurang memadai khususnya drainase seperti masih banyak drainase yang rusak, tidak terawat bahkan masih ada jalan yang tidak memiliki saluran drainase dapat mengakibatkan air tergenang hingga banjir. [5] Pada saat musim hujan, masih banyak perkerasan jalan di Indonesia yang tergenang oleh air bahkan mengakibatkan banjir di sekeliling jalan tersebut. Disaat air dalam keadaan tergenang tersebut dapat mengakibatkan kinerja perkerasan campuran aspal beton berupa ketahanan dan keawetan (durability) jalan menjadi berkurang.

Melihat besarnya dampak banjir terhadap durabilitas pada perkerasan jalan, maka perlu adanya pengetahuan dan penelitian agar diketahui ketahanan perkerasan terhadap benturan dan ketahanan terhadap rendaman air. Berdasarkan permasalahan tersebut, maka dilakukan riset tentang RAP terhadap air berdasarkan uji Cantabro dan Indirect Tensile Strength.

2. METODE/PERANCANGAN PENELITIAN

A. Tinjauan Awal

Hal yang ditinjau dalam artikel ini adalah mengetahui nilai korelasi antara penggunaan *Reclaimed Asphalt Pavement (RAP)* terhadap nilai marshall immersion pada perkerasan *Asphalt Concrete Wearin Coarse (AC-WC)*.

B. Proses Penelitian

Proses penelitian dibagi beberapa tahap yaitu :

1. Tahap persiapan
 - a. Studi literatur berdasarkan isu terkini terkait RAP berdasarkan isu Nasional dan Internasional. Variasi Rap yang digunakan adalah 0%, 25 % dan 35 % terhadap agregat berdasarkan penelitain pendahuluan dari [1].
 - b. Alat dan bahan yang digunakan di Laboratorium.
 - c. Bahan yang pakai adalah sebagai berikut:
 - 1) Aspal Pen 60/70
 - 2) Air ysebagai media perendaman benda uji
 - 3) Agregat halus
 - 4) Agregat kasar
 - 5) Filler
 - 6) Bahan substitusi berupa (RAP)
2. Tahap pengujian fisis material penyusun
 - a. Uji Sifat Fisik Agregat
 - b. Uji Sifat Fisik Aspal
3. Perancangan benda uji
 - a. Penentuan gradasi agregat

Perancangan benda uji diawali dengan melakukan penentuan gradasi berdasarakan Spek Bina Marga 2018. Pada Gradasi tersebut selanjutnya dilakukan susunan bahan penyusun tiap no saringan yang antinya didapat berat pada masing-masing no saringan. Penentuan berat agregat pada masing-masing ukuran saringan disesuaikan dengan Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018 [7].

- b. Penentuan Kadar aspal rencana dan
- c. Penentuan kadar aspal optimum (KAO)
- d. Pembuatan benda uji

Tabel 1. Total Benda Uji

No.	Jenis Pengujian	Jumlah Benda Uji
1.	Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO)	45
2.	Pengujian IKS	9
3.	Pengujian Cantabro+ITS	45
Total		99

Benda uji yang digunakan adalah sebanyak 99 benda uji yang terdiri dari penentuan KAO, Pengujian IKS, cantabro dan ITS. Penentuan KAO terbagi menjadi 0%, 25% dan 35 % RAP. Pengujian Cantabro dan ITS terdiri benda uji yang sudah dilakukan cantabro variasi 0, 2, 4 dan 7 hari yang langsung dilakukan pengujian cantabro.

4. Tahap pengujian

Tahap ini di lakukan pengujian marshall untuk mengevaluasi karakteristik campuran diantaranya VFWA, VITM, VMA, *density*, Stabilitas, *Flow* dan *Marshall Quotient*. Pengujian selanjutnya adalah pengujian marshall immersion dengan alat uji marshall perendaman 0,5 jam dan 24 jam. Pengujian selanjutnya adalah pengujian cantabro untuk tiap variasi 0%, 25 % dan 35%. Benda uji yang telah dilakukan pengujian cantabro yang mengacu pada [8] selanjutnya direndam dengan perendaman 0, 2, 4 dan 7 hari kemudian dilakukan pengujian ITS berdasarkan [9].

5. Tahap Analisis Data

Pada tahap ini data- data yang di peroleh dari hasil pengujian marshall di analisis dengan bantuan program *microsoft excel* untuk mendapatkan hubungan antara variabel – variabel yang diteliti dalam penelitian.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pemeriksaan Agregat

Hasil pemeriksaan agregat didapat dari pengujian terdahulu oleh AMP PT Jakon. Agregat yang digunakan harus memenuhi Spek Bina Marga 2018 agar dapat digunakan sebagai campuran Aspal. Hasil pengujian agregat dapat dilihat pada Table 2 berikut:

Tabel 2. Hasil Pengujian Agregat Kasar

No	Pengujian	Spesifikasi Agregat Kasar	Hasil
1	Keausan pada 500 putaran	Maks. 40 %	22,14 %
2	Partikel pipih dan lonjong	Maks. 10 %	4,32 %
3	Material lolos ayakan no. 200	Maks. 2 %	0 %
4	Penyerapan air	Maks. 3 %	1,84 %
5	Berat jenis	Min. 2,5	2,565

Pada Tabel 2 dapat dilihat bahwa uji fisis material agregat Kasar semua memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018. Untuk agregat kasar pada pengujian [10] memenuhi spesifikasi. Pada pengujian [11] agregat kasar memenuhi spesifikasi.

Tabel 3. Hasil Pengujian Agregat Halus

No	Pemeriksaan	Spesifikasi Agregat Halus	Hasil
1	Agregat lolos ayakan no.200	Maks. 10 %	0 %
	Keausan pada 500 putaran	Maks. 40 %	23,28 %
3	Penyerapan air	Maks. 3 %	2,04 %
4	Berat jenis	Min. 2,5	2,535
5	Partikel pipih dan lonjong	Maks. 10 %	4,86 %

Pada Tabel 3 dapat dilihat bahwa uji fisis material agregat Kasar semua memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018. Untuk agregat kasar pada pengujian [10] memenuhi spesifikasi. Pada pengujian [11] agregat kasar memenuhi spesifikasi.

Tabel 4. Hasil Pengujian Agregat Halus

No	Pemeriksaan	Spesifikasi Filler	Hasil
1	Penyerapan	Maks. 3 %	2,15 %
2	BJ	Min. 2,5	2,536

Pada Tabel 4 menunjukkan bahwa hasil pengujian filler berupa pengujian Penyerapan air dan pengujian berat jenis memenuhi spesifikasi Bina marga.

Tabel 5. Hasil Pengujian RAP

No	Pemeriksaan	Spesifikasi RAP	Hasil
1	Penyerapan air	Maks. 3 %	1 %
2	Berat jenis	Min. 2,5	2,5
3	Keausan pada 500 putaran	Maks. 40 %	40 %

Pada tabel 5 menunjukkan bahwa material rap yang sebagai bahan pengganti agregat kasar telah memenuhi spesifikasi bina marga sehingga dapat digunakan sebagai campuran aspal. Rap tersebut sudah dipisahkan oleh material lainnya sehingga matrial yang tersisa hanya agregat kasar tanpa campuran bahan yang lain.

Tabel 6. Hasil Pengujian Aspal

No	Jenis pemeriksaan	Satuan	Spesifikasi	Hasil
1	Penetrasi	0,1 mm	60 – 70	61,6
2	Viskositas	cSt	≥ 300	500
3	Titik lembek	°C	≥ 48	51,28
4	Daktilitas	Cm	≥ 100	≥ 150
5	Titik nyala	°C	≥ 232	320
6	Kelarutan dalam TCE	%	≥ 99	99,66
7	Berat jenis aspal	gr/ml	≥ 1,0	1,027
8	Kehilangan berat	%	≤ 0,8	0,037
9	Penetrasi pada 25 °C setelah TFOT	%	≥ 52	52.76
10	Daktilitas pada 25 °C setelah kehilangan berat	Cm	≥ 100	≥ 150

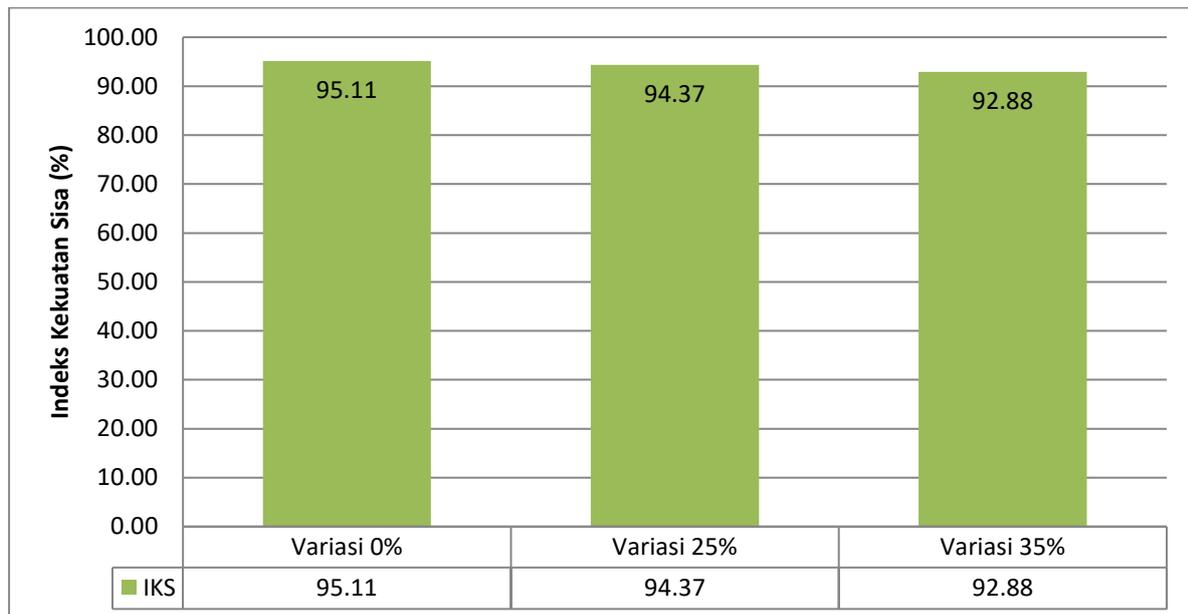
Pada Tabel 6 menunjukkan semua material aspal memenuhi spesifikasi yang ditetapkan Bina Marga 2018. Pada pengujian [12] dapat dilihat bahwa aspal memenuhi spesifikasi. Pengujian [13] dapat dilihat pada Tabel 6 menunjukkan pada aspal tersebut telah memenuhi spesifikasi. Pada pengujian [14] menunjukkan pada aspal tersebut sudah memenuhi spesifikasi pada daktilitas aspal. Pada pengujian Titik Nyala berdasarkan [15] telah memenuhi spesifikasi. Pada pengujian berat jenis aspal berdasarkan [16] telah memenuhi spesifikasi.

B. Nilai Kadar Aspal Optimum (KAO)

Kadar Aspal Optimum diperoleh berdasarkan hasil pengujian marshall dilakukan pengukurkuran dengan *narrow range*. Hasil pengujian tersebut memperlihatkan nilai volumetric dan pengujian marshall sehingga didapat nilai KAO. Berdasarkan hasil pengujian, nilai KAO pada masing-masing variasi adalah 5,4% pada variasi 0%, 5.6% pada variasi 25% 6% variasi 35%.

C. Indeks Kekuatan Sisa

Tingkat durabilitas perkerasan diperoleh dari IKS dimana nilai IKS menggambarkan durabilitas campuran aspal setelah mengalami perendaman. Nilai IKS yang disyaratkan berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga adalah 90% artinya campuran dinilai cukup tahan terhadap kerusakan yang ditimbulkan oleh air. Hasil perhitungan Indeks Kekuatan Sisa (IKS) terhadap kuat tekan pada variasi gradasi dapat disajikan pada Gambar 1.



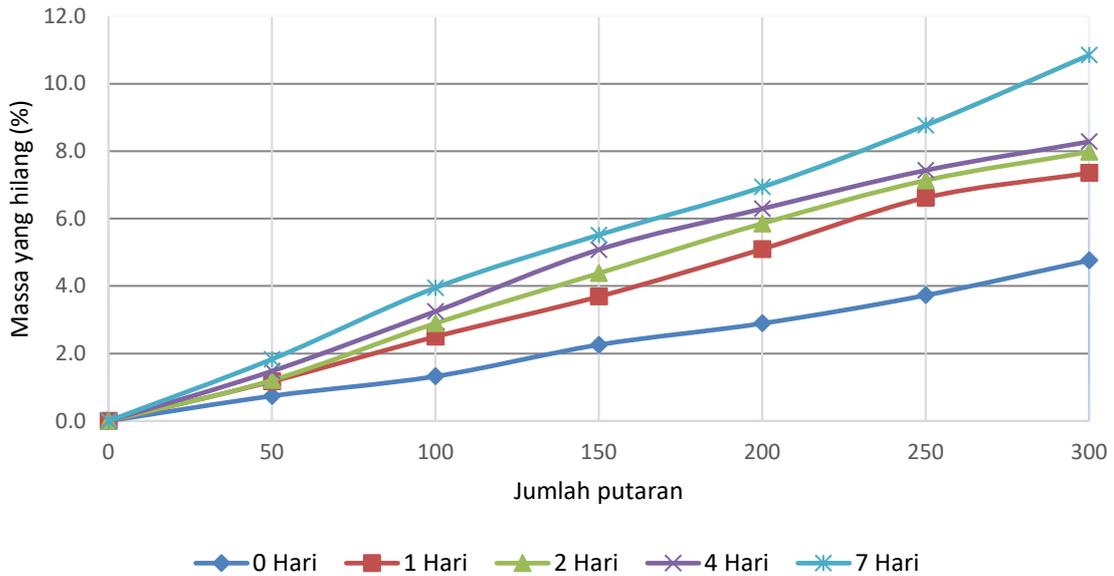
Gambar 1. Stabilitas marshall sisa setelah 24 jam

Pada Gambar 5 terlihat bahwa nilai kuat tekan sisa pada variasi RAP 0%, 25%, dan 35% adalah 95,11 %, 94,37% dan 92,88%. Nilai Indeks kuat tekan sisa pada ketiga variasi tersebut yaitu masih pada nilai >90%, hal ini menunjukkan bahwa campuran aspal pada ketiga variasi tersebut masih memiliki durabilitas yang cukup baik untuk menerima beban lalu lintas.

D. Pengujian Cantabro

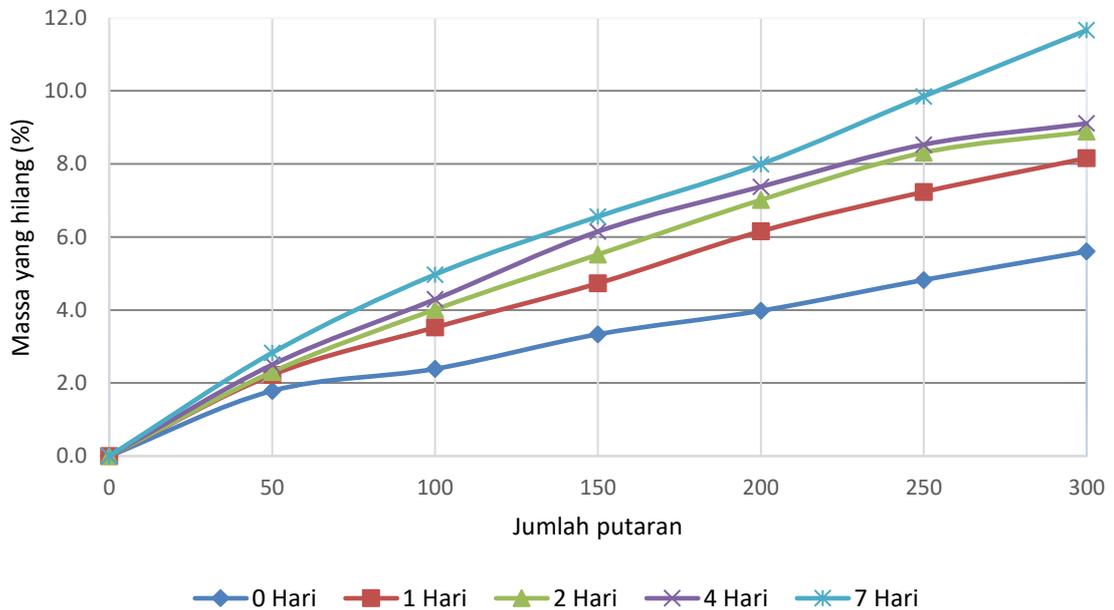
Pengujian Cantabro ini dilakukan pada campuran AC-WC dengan menggunakan aspal Pen 60/70. Pengujian dilakukan terhadap variasi masing – masing tiga benda uji untuk setiap variasi RAP sebesar 0%, 25% dan 35% dengan lama waktu perendaman 0, 1, 2, 4, dan 7 hari. Perendaman ini dilakukan untuk melihat durabilitas campuran aspal Ketika terjadi banjir secara terus menerus selama maksimal 7 hari.

Hasil pengujian Cantabro pada lama perendaman 0, 1, 2, 4 dan 7 hari dengan variasi 0,%, 25% dan 35 % dapat dilihat pada Gambar 2, Gambar 3 dan Gambar 4. Gambar 2 merupakan hasil pengujian dengan variasi 0% RAP, Gambar 3 merupakan hasil pengujian dengan variasi RAP 25%, dan Gambar 4 merupakan hasil pengujian dengan variasi RAP 35 %.



Gambar 2. Persentase massa yang hilang 0% RAP

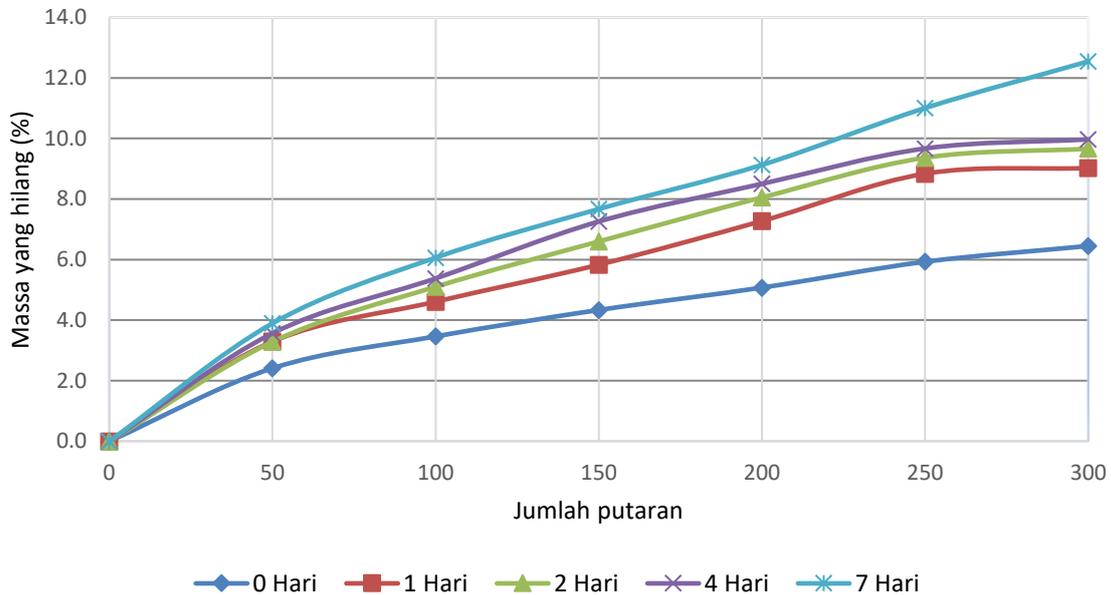
Berdasarkan pada gambar 2 menunjukkan bahwa hasil pengujian Cantabro mengalami kenaikan massa yang hilang dan mengalami penurunan massa yang tersisa akibat perendaman hari 1 sampai perendaman hari ke 7. Dilihat dari perendaman sampai hari ke-7 prosentase kehilangan berat terbesar yang terjadi pada campuran RAP 0%.



Gambar 3. Persentase massa yang hilang 25% RAP

Berdasarkan pada gambar 2 menunjukkan bahwa hasil pengujian Cantabro mengalami kenaikan massa yang hilang dan mengalami penurunan massa yang tersisa akibat

perendaman hari 1 sampai perendaman hari ke 7. Dilihat dari perendaman sampai hari ke-7 prosentase kehilangan berat terbesar yang terjadi pada campuran RAP 25%.

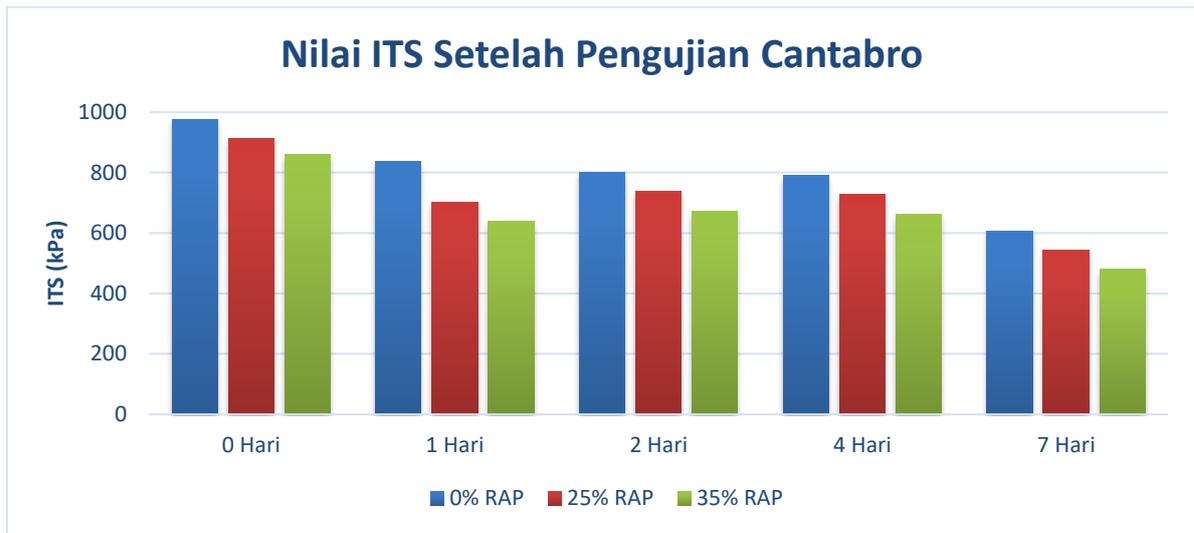


Gambar 4. Persentase massa yang hilang 35% RAP

Berdasarkan pada gambar 2, 3 dan 4 menunjukkan bahwa hasil pengujian Cantabro mengalami kenaikan massa yang hilang dan mengalami penurunan massa yang tersisa akibat perendaman hari 1 sampai perendaman hari ke 7. Dilihat dari perendaman sampai hari ke-7 prosentase kehilangan berat terbesar yang terjadi pada campuran RAP 35% adalah sebesar 12,54%, dimana untuk 0% RAP terjadi kehilangan berat sebesar 10,85% dan pada 25% RAP terjadi kehilangan berat sebesar 11,66%. Secara umum prosentase massa yang hilang pada tidak mencapai 25 % setelah 300 putaran drum sesuai dengan persyaratan dari European Standard PrEN 12697-17.

E. Indirect Tensile Strength

Pengujian ITS ini dilakukan pada campuran AC-WC dengan menggunakan aspal Pen 60/70. Pengujian dilakukan terhadap variasi masing – masing tiga benda uji untuk setiap variasi RAP sebesar 0%, 25% dan 35%. Pengujian ITS dilakukan setelah pengujian Cantabro dilakukan dengan menggunakan benda uji dari pengujian Cantabro. Hasil pengujian ITS dapat dilihat pada Gambar 5 berikut:



Gambar 5. Hasil Pengujian ITS Semua Variasi RAP

Berdasarkan pada Gambar 5 dapat dilihat bahwa nilai ITS akibat dari lamanya perendaman pada variasi 0%, 25% dan 35% mengalami tren penurunan sampai perendaman hari ke-7, dapat dikatakan bahwa pada ketiga variasi 0%, 25% dan 35 % nilai ITS dipengaruhi akibat lama perendaman menerus. Untuk nilai ITS tertinggi adalah dengan variasi RAP 0% dilanjutkan variasi RAP 25% dan variasi RAP 35 %.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan didapatkan kesimpulan berupa hasil pengujian fisis material memenuhi standar Spesifikasi Umum Bina marga 2018. Untuk nilai Kadar Aspal Optimum yang didapat untuk masing masing variasi adalah 5,4 % untuk Rap 0%, 5,6 Untuk Rap 25 % dan 6 % untuk RAP 35 %. Pada pengujian indeks kekuatan sisa didapatkan nilai IKS setelah perendaman 24 jam sebesar 95,1% untuk 0 % RAP, 94,37 % untuk RAP 25 % dan 92,18 % untuk RAP 35 %.

Hasil pengujian Cantabro menunjukkan prosentase kehilangan berat terbesar yang terjadi pada campuran RAP 35% adalah sebesar 12,54%, dimana untuk 0% RAP terjadi kehilangan berat sebesar 10,85% dan pada 25% RAP terjadi kehilangan berat sebesar 11,66%. Selanjutnya untuk hasil pengujian ITS nilai tertinggi adalah dengan variasi RAP 0% dilanjutkan variasi RAP 25% dan variasi RAP 35 %. variasi 0%, 25% dan 35% mengalami tren penurunan sampai perendaman hari ke-7, dapat dikatakan bahwa pada ketiga variasi 0%, 25% dan 35 % nilai ITS dipengaruhi akibat lama perendaman menerus.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. Iduwin, D. Dp, and R. Hidayawanti, "Uji Marshall Immersion Pada Campuran AC-WC Menggunakan Reclaimed Asphalt Pavement (RAP)."
- [2] a Copeland, "Reclaimed Asphalt Pavement in Asphalt Mixtures: State of the Practice," Rep. No. FHWA-HRT-11-021, no. FHWA, p. McLean, Virginia, 2011.
- [3] L. Noferini, A. Simone, C. Sangiorgi, and F. Mazzotta, "Investigation on performances of asphalt mixtures made with Reclaimed Asphalt Pavement: Effects of interaction between

- virgin and RAP bitumen,” *Int. J. Pavement Res. Technol.*, vol. 10, no. 4, pp. 322–332, 2017, doi: 10.1016/j.ijprt.2017.03.011.
- [4] R. C. West, “Reclaimed Asphalt Pavement Management :,” vol. 18, no. 2, pp. 117–126, 2018.
- [5] T. Iduwin, D. P. Purnama, and R. Hidayawanti, “Pengaruh Rendaman Air pada Kinerja Campuran AC-WC Menggunakan Reclaimed Asphalt Pavement (RAP),” pp. 25–26, 2021.
- [6] “Geo-Frontiers 2011 © ASCE 2011 4762,” *Public Work.*, no. Ara 2004, pp. 4762–4772, 2011.
- [7] Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, “Spesifikasi Umum 2018,” no. September, 2018.
- [8] B. C. Cox, B. T. Smith, I. L. Howard, and R. S. James, “State of Knowledge for Cantabro Testing of Dense Graded Asphalt,” *J. Mater. Civ. Eng.*, vol. 29, no. 10, p. 04017174, 2017, doi: 10.1061/(asce)mt.1943-5533.0002020.
- [9] M. A. V. Guzmán, H. D. Alamilla, E. M. A. Guzmán, W. M. Molina, H. L. C. García, and R. R. Ruiz, “Evaluation of recycled aggregate (RAP) presence impact under indirect tensile strength of bitumen stabilized mix with foamed asphalt for a base layer,” *Key Eng. Mater.*, vol. 841 KEM, pp. 108–133, 2020, doi: 10.4028/www.scientific.net/KEM.841.108.
- [10] SNI2417-2008, “Standar Nasional Indonesia Cara uji keausan agregat dengan mesin abrasi Los Angeles,” 2008.
- [11] SNI 1969, “Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar,” *Standar Nas. Indones.*, p. 20, 2008.
- [12] “(Solid Atau Semi Solid). 1.1.2,” pp. 6–9, 1991.
- [13] 2011 SNI 2434, “Cara Uji Titik Lembek Aspal dengan Alat Cincin dan Bola (Ring and Ball),” *Badan Stand. Nas.*, pp. 1–17, 2011, [Online]. Available: <http://sni.litbang.pu.go.id/image/sni/isi/sni-24342011.pdf>.
- [14] Badan Standarisasi Nasional, “SNI 2432:2011 Cara Uji Daktilitas Aspal,” 2011.
- [15] SNI 2433, “Cara Uji Titik Nyala Dan Titik Bakar Aspal Dengan Alat Cleveland Open Up,” *Badan Stand. Nas.*, pp. 1–18, 2011, [Online]. Available: www.bsn.go.id.
- [16] 2011 SNI 2441, “SNI 2441:2011 tentang Cara Uji Berat Jenis Aspal Keras,” *Badan Standar Nas. Indones.*, 2011, [Online]. Available: <https://binamarga.pu.go.id/uploads/files/648/sni-24412011-cara-uji-berat-jenis-aspal-keras.pdf>.