

Pengaruh Rendaman Air Gambut terhadap Durabilitas AC-WC

*Amal Risky Harahap¹, Sugeng Wiyono², Elizar², Anas Puri²

¹Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Islam Indragiri, Kabupaten Tembilahan,

²Fakultas Teknik Sipil, Universitas Islam Riau, Kota Pekanbaru

*)amalrisky@gmail.com

Received: 27 November 2021 Revised: 1 Desember 2022 Accepted: 5 Desember 2022

Abstract

Puddles such as peat water on the surface of the flexible pavement can accelerate the aging process, disintegration and cause damage. The purpose of the study was to determine the effect of the aging process due to peat water soaking on the durability of the AC-WC mixture penetration 60/70 based on the Cantabro test. Research methods are laboratory tests that start from the design of asphalt concrete mixtures, determining Optimum Asphalt Content (OAC), LTOA tests, peat water chemical element tests. Soak asphalt concrete with peat water for 0, 1, 2, 4, and 7 days, CL Test and Marshall test. 7-day duration CL value 23.6%, stability 1805 kg, IDP 37%, IDK 34%. The chemical reaction element that causes LTOA is the oxidation reaction of asphaltenes due to the increase of the element oxygen that removes nitrogen (N) and alkyl chains (R). The chemical reaction element that causes aging due to peat water, namely organic substances affect the pH value depending on the number of lignin compounds. Lignin produces H ions that can accelerate aging. The pH value of peat water is 3, Na 78.81 mg/l, Fe 0.47 mg/l, organic substances 148.52 mg/l.

Keywords: Aging, durability, cantabro test, marshall test, chemical element of peat water

Abstrak

Genangan air seperti air gambut pada permukaan perkerasan lentur dapat mempercepat proses penuaan, disintegrasi dan menimbulkan kerusakan. Tujuan penelitian untuk mengetahui pengaruh proses penuaan akibat rendaman air gambut terhadap durabilitas campuran AC-WC penetrasi 60/70 berdasarkan uji Cantabro. Metode penelitian adalah pengujian di laboratorium yang dimulai dari perancangan campuran beton aspal, menentukan KAO, uji LTOA, uji unsur kimia air gambut. Rendam beton aspal dengan air gambut selama 0, 1, 2, 4, dan 7 hari, Uji CL dan uji Marshall. Nilai CL durasi 7 hari 23,6%, stabilitas 1805 kg, IDP 37%, IDK 34%. Unsur reaksi kimia penyebab LTOA yaitu reaksi oksidasi asphaltenes karena bertambahnya unsur oksigen yang menghilangkan nitrogen (N) dan rantai alkil (R). Unsur reaksi kimia penyebab penuaan akibat air gambut yaitu zat organik mempengaruhi nilai pH tergantung banyaknya senyawa lignin. Lignin menghasilkan ion H yang dapat mempercepat terjadinya penuaan. Nilai pH air gambut sebesar 3, Na 78,81 mg/l, Fe 0,47 mg/l, zat organik 148,52 mg/l.

Kata kunci: Penuaan, durabilitas, uji cantabro, uji marshall, unsur kimia air gambut

Pendahuluan

Pembangunan infrastruktur jalan raya di suatu daerah tidak terlepas dari unsur geografis, iklim, dan topografi sebagai bahan pertimbangan dalam membangun jalan raya. Daerah Provinsi Riau memiliki luas lahan gambut sebesar 4,044 juta hektar dengan persentase 56,1% dari luas lahan gambut di Pulau Sumatra, dan hampir 3/4 dari luas wilayah Riau terdiri atas hutan rawa gambut (Wild

Water Indonesia Region Riau, 2017). Panjang jalan Provinsi Riau 3.033,32 km dengan jenis perkerasan lentur 1.482,32 km (Bina Marga, 2015).

Perkerasan lentur merupakan perkerasan menggunakan aspal sebagai bahan pengikat, struktur lapisan perkerasannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar. Perkerasan lentur lebih cocok digunakan pada tanah lunak sehingga banyak di jumpai perkerasan lentur

pada tanah gambut, padahal genangan air/ gambut pada permukaan perkerasan lentur mempercepat disintegrasi dan menimbulkan kerusakan (Wiyono, 2009). Air berpotensi mempercepat kerusakan struktur perkerasan jalan, permukaan perkerasan digenangi air pada durasi lama dan diikuti beban lalu lintas berulang mempengaruhi sifat durabilitas perkerasan lentur.

Pada cuaca panas aspal mengalami proses pemuaihan, kehilangan kekesatan permukaan dan menimbulkan rongga pori/retak halus. Genangan air pada permukaan jalan akan menginfiltrasi ke rongga pori struktur perkerasan, menyebabkan permukaan jalan mengalami pengelupasan (*delamination*) dan kerusakan selanjutnya adalah permukaan perkerasan menjadi berlubang (*potholes*). Air yang tergenang pada lubang perkerasan akan meresap ke lapisan tanah dasar sehingga daya dukung tanah lemah. Perkerasan lentur diharapkan dapat kedap air dan udara (*impermeabilitas*). Air dan udara juga dapat mengakibatkan terjadinya percepatan proses penuaan (*aging*) pada campuran beton aspal dan pengelupasan film/selimit aspal dari permukaan agregat.

Mekanisme proses penuaan beton aspal dapat terjadi secara alami tanpa terkontaminasi air, disebabkan udara bereaksi dengan unsur hidrokarbon dalam komponen molekul-molekul aspal. Unsur kimia udara terdiri dari nitrogen (N_2) dan oksigen (O_2) akan menghasilkan sifat reaksi kimia terhadap aspal, aspal perlahan-lahan akan mengalami penggumpalan antar molekul akibat reaksi dari udara disebabkan ikatan hidrogen meningkat. sebaliknya jika aspal terpapar pada suhu udara panas yang tinggi maka aspal akan mengalami pembakaran. Reaksi kimia ini disebut oksidasi, yang dapat mempengaruhi sifat dari adhesi dan kohesi pada campuran beton aspal mengakibatkan durabilitas menurun atau mengalami penuaan.

Mekanisme penyebab utama terkait dengan proses penuaan dari campuran aspal terdiri dari *oxidation*, *volatilization*, dan *steric hardening* (Bell *et al.*, 1994). Brown dan Scholz (2000), penuaan terdiri dari penuaan jangka pendek (*short – term*) dan jangka panjang (*long – term*). Pada penelitian ini menggunakan penuaan jangka panjang (*Long – Term Oven Aging* (LTOA)). Pengujian *Cantabro Loss* dilakukan dengan menggunakan mesin *Los Angeles Abrasion* tanpa bola-bola baja sebanyak 300 kali putaran untuk memberikan gaya *impact* atau abrasi pada campuran beton aspal yang telah mengalami penuaan. Craus *et al* (1981) menyatakan nilai Indeks Durabilitas Pertama (IDP) dan Indeks Durabilitas Kedua (IDK) bernilai positif, maka

terjadi kehilangan kekuatan sebaliknya jika bernilai negatif maka terjadi penambahan kekuatan. Indikasi bahwa air dapat mempercepat proses penuaan maka digunakan air gambut untuk direndam pada benda uji LTOA. Berdasarkan permasalahan di atas maka perlu dilakukan penelitian pengaruh proses penuaan akibat rendaman air gambut terhadap durabilitas campuran AC-WC berdasarkan uji Cantabro.

Beberapa penelitian yang berkaitan dengan penelitian ini adalah, Tjemma (2017) yang melakukan penelitian pengaruh proses penuaan dan rendaman air banjir terhadap durabilitas campuran AC-WC dengan bahan perekat aspal penetrasi 60/70 berdasarkan uji Cantabro. Metode penelitian yang digunakan pengujian Cantabro menggunakan gradasi batas atas (UL), nilai tengah (MR), dan batas bawah (LL) pada proses penuaan (*aging*) STOA dan LTOA dengan jenis air rendaman berupa air selokan mataram dan lama perendaman 0, 1, 2, 4, dan 7 hari. Winayati *et al.* (2010) telah melakukan penelitian analisis penggunaan abu tandan kelapa sawit sebagai filler ditinjau dari nilai keausan perkerasan (Cantabro). Metode yang digunakan pengujian Cantabro *test* pada benda uji AC-BC dengan menggunakan bahan pengisi (*filler*) abu tandan kelapa sawit pada persentase 25% abu tandan sawit dan abu batu 75%.

Penelitian ini memiliki perbedaan dengan penelitian terdahulu seperti sumber material yang digunakan, jenis air rendaman berupa air gambut, metode penelitian pengujian Cantabro kondisi LTOA pada benda uji KAO dan unsur kimia penyebab penuaan (*aging*). Hipotesis bahwa beton aspal tanpa terkontaminasi air atau digenangi air akan tetap mengalami penuaan. Akan tetapi genangan air diatas permukaan jalan secara berulang dapat mempercepat terjadinya penuaan pada perkerasan beton aspal sebelum masa layanan tercapai. Sebagaimana kita ketahui bahwa air merupakan faktor penyebab terjadinya kerusakan jalan, air dapat menurunkan sifat adesi aspal yaitu kemampuan aspal dalam mengikat agregat, sehingga kemampuan aspal mempertahankan ikatan dengan agregat menjadi lemah atau disebut sifat kohesi aspal.

Indikasi tingkat keasaman atau unsur kimia pada air mempengaruhi proses terjadinya penuaan aspal secara cepat atau lambat. Air gambut lebih bersifat asam (*acid*) sehingga proses penuaan beton aspal apabila direndam dengan air gambut lebih cepat terjadi. Oleh karena itu perlu adanya penelitian efek penuaan perkerasan aspal diakibatkan adanya genangan air gambut diatas permukaan perkerasan jalan aspal (AC-WC) dengan menggunakan metode *Strategic Highway Research Program* (SHRP) *Project A-003A* dan metode *Texas Department of*

Transportation Designation: Tex-245-F. Tujuan penelitian untuk mengetahui pengaruh proses penuaan akibat rendaman air gambut terhadap durabilitas campuran AC-WC penetrasi 60/70 berdasarkan uji Cantabro dan untuk mengetahui unsur penyebab terjadinya proses penuaan akibat rendaman air gambu terhadap durabilitas campuran AC-WC penetrasi 60/70 berdasarkan uji Cantabro.

Metode

Bahan penelitian terdiri dari aspal, agregat kasar, agregat halus, dan bahan pengisi (*filler*). Aspal berasal dari produksi Pertamina penetrasi 60/70, agregat kasar, agregat halus dan bahan pengisi (*filler*) berasal dari daerah Candi Muara Takus, Kabupaten Kampar, Provinsi Riau di Produksi Oleh PT. Riau Mas Bersaudara, dan air gambut berasal dari Kecamatan Langgam, Kabupaten Pelalawan, Provinsi Riau. Peralatan penelitian digunakan alat-alat uji yang ada di dalam Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Islam Riau Program Studi Teknik Sipil, Pekanbaru – Riau.

Jenis perkerasan menggunakan campuran beton aspal (AC-WC) yang telah dipadatkan. Campuran beton aspal untuk bahan agregat halus lolos ayakan 4,75 mm, agregat kasar tertahan ayakan 4,75 mm, dan bahan pengisi (*filler*) lolos ayakan 0,075 mm. Gradasi agregat gabungan campuran beton aspal dirancang sesuai spesifikasi (Bina Marga, 2010). SNI (1990) memberikan spesifikasi pemeriksaan gradasi agregat. Tabel 1 Gradasi agregat gabungan AC-WC.

Tabel 1. Gradasi agregat gabungan AC-WC

Ukuran ayakan (mm)	% Gradasi agregat		
	UL	MR	LL
19,000	100	100	100
12,500	90	94	100
9,500	77	90	90
4,750	53	58	69
2,360	33	40	53
1,180	21	30	40
0,600	14	24	30
0,300	9	17	22
0,150	6	10	15
0,075	4	8	9

Gradasi agregat dipakai sesuai Tabel 1, agregat kasar (CA) 9,95%, agregat sedang (MA) 16,09%, agregat halus (FA) 65,98%, dan pasir (FS) 7,97%. Kadar aspal rencana dipakai 5%, 5,5%, 6%, 6,5%, 7%. Peralatan pemeriksaan campuran beton aspal berupa satu set ayakan, timbangan, oven, mesin guncang ayakan, talem. Benda uji dibuat tiga buah dari masing-masing kadar aspal rencana untuk menentukan kadar aspal optimum (KAO). Setelah

nilai KAO diperoleh sebesar 5,52%, benda uji KAO dibuat tiga buah pada masing-masing durasi rendaman 1, 2, 4, dan 7 hari. Peralatan pembuatan benda uji berupa wadah cetakan, alat penumbuk, alat ekstruder. Pembuatan benda uji dengan cara memadatkan campuran beton aspal dengan alat penumbuk 2 x 75 tumbukan pada suhu 93,3°C-148,9°C.

Penuaan jangka panjang (LTOA)

Penuaan jangka panjang (*Long – Term Oven Aging (LTOA)*) pada benda uji padat beton aspal di oven selama lima hari pada suhu 85°C, hal tersebut dimaksudkan untuk mensimulasikan proses penuaan akibat oksidasi terhadap *volatilization* (penguapan) dan *steric hardening* (pengerasan sterik). Pengujian sesuai prosedur pelaksanaan LTOA oleh *Strategic Highway Research Program (SHRP) Project A-003A*.

Uji unsur kimia air gambut

Uji unsur kimia air gambut dilakukan di Dinas Kesehatan Laboratorium Pengujian UPT Pemerintah Provinsi Riau. Pengujian dimaksudkan untuk mengetahui unsur kimia air gambut yang berdampak terhadap penuaan campuran beton aspal. Setelah dilakukan uji unsur kimia air gambut dan proses penuaan LTOA, beton aspal direndam dengan menggunakan air gambut. Proses perendaman beton aspal dilakukan selama 0, 1, 2, 4, dan tujuh hari untuk mengidentifikasi pengaruh penuaan akibat air gambut.

Uji Cantabro

Beton aspal yang telah mengalami penuaan jangka panjang (*Long – Term Oven Aging (LTOA)*) dilakukan pengujian Cantabro. Texas DoT (2014) menjelaskan metode pengujian Cantabro yaitu menentukan abrasi yang hilang dari spesimen padat menggunakan alat mesin *Los Angeles abrasion* sebanyak 300 kali putaran. Persentase dari berat yang hilang (*Cantabro loss*) merupakan indikasi dari durabilitas yang berhubungan dengan kuantitas dan kualitas dari bahan pengikat aspal. Nilai Cantabro dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 1.

$$CL = \frac{A-B}{A} \times 100 \quad (1)$$

dimana CL merupakan *cantabro loss* (%), A merupakan berat awal dari spesimen uji dan B merupakan berat akhir dari spesimen uji

Uji Marshall

Pengujian Marshall dimaksudkan untuk melihat nilai durabilitas dan stabilitas dari benda uji

Cantabro yang direndam air gambut serta unsur dari pengaruh penuaan terhadap air gambut. Prosedur pengujian Marshall menggunakan SNI 2489:1991. Benda uji direndam di bak perendam selama 30 menit dengan suhu 60°C sebelum uji Marshall, pasang arloji pengukuran *flow*, berikan pembebanan dengan kecepatan ±50 mm/menit sampai batas maksimum. Sehingga diperoleh nilai stabilitas dan *flow* (SNI, 1991). Alat uji Marshall terdiri dari kepala penekan (*breaking head*), cincin penguji (*proving head*) kapasitas 2500 kg dilengkapi arloji (*dial*) tekan dengan ketelitian 0,0025 mm, dan arloji pengukur aliran (*flow*). Craus *et al.* (1981) nilai durabilitas dinyatakan dengan nilai indeks durabilitas pertama (IDP) dan indeks durabilitas kedua (IDK) dapat dihitung dengan Persamaan 2 dan 3.

$$IDP = \sum_{i=0}^{n-1} \frac{S_i - S_{i+1}}{t_{i+1} - t_i} \quad (2)$$

dimana IDP merupakan nilai penurunan kekuatan (%) pada indeks durabilitas pertama, S_i merupakan persen kekuatan yang tersisa pada waktu t_i , S_{i+1} merupakan persen kekuatan yang tersisa pada waktu t_{i+1} dan t_i, t_{i+1} merupakan waktu perendaman.

$$IDK = \frac{1}{t_n} \sum_{i=0}^n a_i = \frac{1}{2t_n} (S_i - S_{i+1}) [2t_n - (t_i + t_{i+1})] \quad (3)$$

dimana IDK merupakan nilai penurunan kekuatan (%) pada indeks durabilitas kedua, S_i merupakan persen kekuatan yang tersisa pada waktu t_i , S_{i+1} merupakan persen kekuatan yang tersisa pada waktu t_{i+1} dan t_n, t_i, t_{i+1} adalah waktu perendaman.

Hasil dan Pembahasan

Pengujian unsur kimia air bertujuan melihat karakteristik kimia air gambut, air hujan dan air mineral dengan beberapa parameter yang dianggap dapat mempengaruhi percepatan penuaan dan nilai durabilitas beton aspal. Parameter unsur kimia air berupa nilai pH, nitrogen total (Ca), magnesium (Mg), kalium (K), natrium (Na), tembaga (Cu), seng (Zn), mangan (Mn), Besi (Fe) dan zat organik $KmnO_4$.

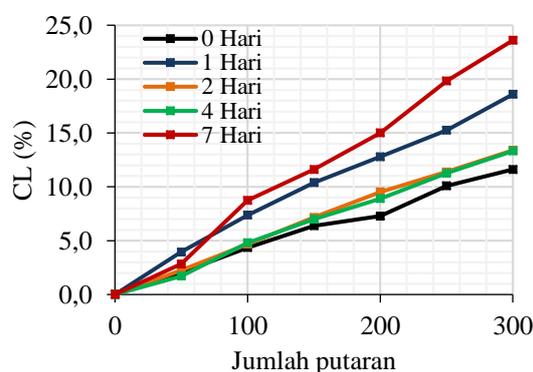
Pengujian dilakukan di Dinas Kesehatan Laboratorium Penguji UPT Laboratorium Kesehatan dan Lingkungan Pemerintah Provinsi Riau. Pada Tabel 2 ada empat parameter yang menjadi perhatian sehingga penelitian ini dibatasi hanya empat parameter unsur kimia yaitu nilai pH, natrium (Na), besi (Fe), dan zat organik sebagai $KMnO_4$. Nilai pH berhubungan dengan nilai zat organik apabila nilai pH rendah maka zat organik akan dapat cenderung tinggi maupun rendah tergantung persentase banyaknya senyawa lignin (zat kayu). Semakin tinggi keasaman air gambut disebabkan tingginya bahan organik yang mengandung lignin (Barchia, 2012).

Tabel 2. Unsur kimia air gambut

Parameter	Nilai
pH	3
Nitrogen Total	< 1,5 mg/L
Calsium (Ca)	88 mg/L
Magnesium (Mg)	4,9 mg/L
Kalium (K)	5,4728 mg/L
Natrium (Na)	78,81 mg/L
Tembaga (Cu)	< 0,0028 mg/L
Seng (Zn)	< 0,0060 mg/L
Mangan (Mn)	0,053 mg/L
Besi (Fe)	0,47 mg/L
Zat Organik $KMnO_4$	148,52 mg/L

Nilai pH air gambut sebesar 3 bersifat sangat asam. Nilai Fe dipengaruhi oleh reaksi oksidasi molekul zat organik yang mempengaruhi sifat keasaman pada air semakin tinggi keasaman pada air maka Fe semakin tinggi, untuk air gambut Fe sebesar 0,47mg/l. Natrium (Na) zat bersifat lunak, mengapung di air mengurai menjadi gas hidrogen dan ion hidroksida (NaOH) basa kuat. Nilai Na air gambut sebesar 78,81 mg/l. Tingginya nilai Na pada air gambut disebabkan tingginya zat organik air gambut dikarenakan Na merupakan komponen yang dapat dijumpai dari tumbuh-tumbuhan.

Hasil uji Cantabro pada benda uji beton aspal padat yang telah melalui proses penuaan (*Long – Term Oven Aging* (LTOA)) dan menggunakan rendaman air gambut pada durasi rendaman 0, 1, 2, 4, 7 hari dapat dilihat pada Gambar 1. Pada grafik *Cantabro Loss* dapat dilihat perbandingan antara jumlah putaran dengan nilai CL.



Gambar 1. Cantabro loss benda uji LTOA rendaman air gambut

Gambar 1 *Cantabro Loss* (CL) pada benda uji LTOA rendaman air gambut merupakan hubungan durasi rendaman terhadap jumlah putaran pada mesin *Los Angeles Abrasion*. Grafik CL rendaman air gambut pada durasi rendaman 0 hari hingga tujuh hari mengalami kenaikan grafik di setiap jumlah putaran yang artinya beton aspal mengalami kehilangan berat atau penurunan kekuatan. Nilai CL

tertinggi pada jumlah putaran 300 durasi rendaman tujuh hari sebesar 23,6%, sedangkan nilai CL terendah pada durasi rendaman 0 hari sebesar 11,6%. Pada durasi rendaman satu hari nilai CL lebih tinggi pada durasi rendaman empat hari, hal ini disebabkan beberapa faktor diantaranya gradasi agregat, nilai abrasi agregat, kepadatan (density) saat pemadatan beton aspal. *European Standard Draft Test Method PrEN 12697 -17* memberikan ketentuan persyaratan nilai *Cantabro Loss* tidak boleh >25%, hasil penelitian masih memenuhi batasan nilai maksimal *Cantabro Loss*.

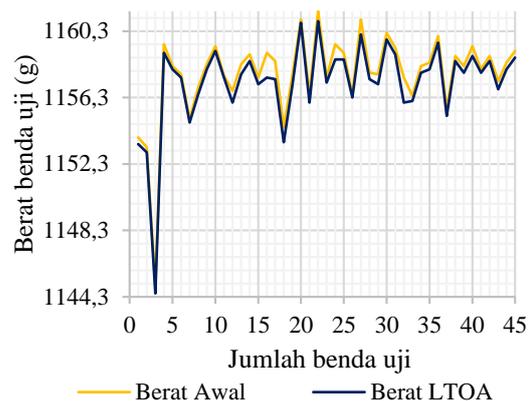
Tingginya nilai *Cantabro Loss* pada air gambut disebabkan air gambut memiliki unsur kimia dengan nilai pH 3 sehingga air bersifat sangat asam. Tingkat keasaman air gambut dipengaruhi oleh unsur zat organik yang terkandung dalam air gambut, nilai zat organik pada air gambut sebesar 148,52 mg/l. Zat organik merupakan penghasil unsur kimia natrium (Na) sedangkan unsur besi (Fe) dipengaruhi oleh tingkat keasaman pada air gambut semakin asam air gambut maka nilai unsur Fe semakin tinggi.

Unsur kimia aspal terdiri dari *asphaltenes* dengan berat molukel sebesar 5 – 25%, *resins* sebesar ± 20%, *aromatic* sebesar 40 – 65%, dan *saturate* sebesar 5 - 20% (Swiertz, 2010). Unsur kimia *aromatic* dan *saturate* terdiri dari molekul atom karbon (C) dan hidrogen (H) disebut hidrokarbon berbentuk cair atau kental bersifat tidak polar dikarenakan unsur elektronegatifitas yang sama sehingga dapat bereaksi dengan unsur seperti hidrogen (H), oksigen (O) dan nitrogen (N). Campuran beton aspal yang telah dipadatkan pada benda uji LTOA merupakan proses penuaan akibat reaksi kimia yang bersifat tidak polar atau disebut oksidasi (*oxidation*) dan pengerasan fisik (*steric hardening*).

Benda uji LTOA dipanaskan dalam oven pada suhu 85°C akan mengalami pemuain yang mengakibatkan hilangnya fraksi ringan *oil aromatic* dan *saturate* sehingga viskositas aspal rendah akibat proses oksidasi. Ketika aspal dikeluarkan dari oven aspal akan mengalami perubahan struktur molekul, aspal membentuk ikatan baru bersifat *steric hardening* dan sedikit berongga. Gambar 2 adalah perbandingan berat awal benda uji terhadap berat benda uji LTOA yang menunjukkan perubahan berat sebesar 0,1 gram sampai 1,5 gram.

Asphaltenes dan *resins* terdiri dari unsur karbon (C), hidrogen (H) sedikit mengandung nitrogen (N), sulfur (S) dan oksigen (O). *Ashpaltenes* bersifat rheologi/kekentalan aspal. *Resins* berfungsi sebagai zat pendispersi (pelarut) *asphaltenes* bersifat sangat polar dan memberikan sifat adesi pada aspal. Sifat

polar merupakan senyawa yang terbentuk akibat adanya suatu ikatan antar elektron pada unsur – unsurnya. Disebabkan unsur yang berikat mempunyai nilai keelektronegatifitas yang berbeda. Sifat polar dapat larut dalam air sehingga apabila aspal terkontaminasi air maka unsur *asphaltenes* dan *resins* akan mudah terlarut atau terurai menyebabkan daya lekat aspal antar agregat lepas (sifat adesi) dan melemahnya ikatan antar aspal dengan agregat (sifat kohesi). Zat organik yang mempengaruhi keasaman air gambut serta unsur natrium (Na) dan Besi (Fe) sangat mempengaruhi sifat polar pada *asphaltenes* dan *resins* sehingga penuaan beton aspal lebih cepat terjadi akibat air gambut.



Gambar 2. Perbandingan berat awal benda uji terhadap berat benda uji LTOA

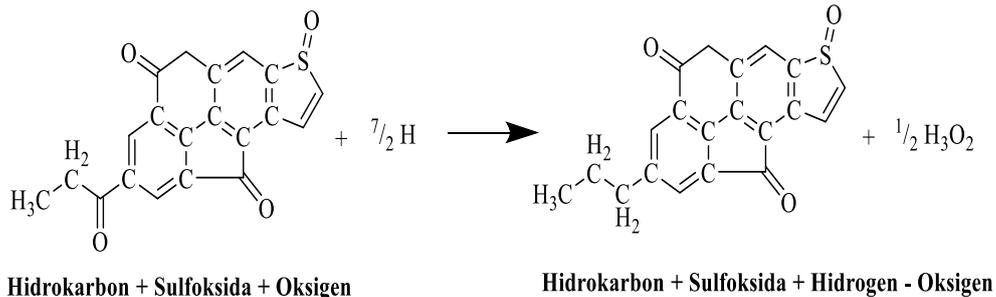
Llanos *et al* (2018) mengilustrasikan reaksi kimia oksidasi *asphaltenes* terdiri dari unsur karbon (C), hidrogen (H), nitrogen (N), sulfur (S) dan oksigen (O). Susunan pembentuk unsur *asphaltenes* dapat disebut dengan simbol R, R adalah alkil yang merupakan radikal univalen mengandung atom karbon dan hidrogen tersusun dalam satu rantai atau dapat disebut rantai alkil (R). *Asphaltenes* bereaksi dengan $\frac{1}{2} O_2$ (oksigen) dimana $\frac{1}{2}$ merupakan angka koefisien hasil penelitian Llanos *et al*. Reaksi kimia oksidasi *asphaltenes* mengakibatkan hilangnya nitrogen dan rantai alkil (R) pada *asphaltenes*.

Hilangnya rantai alkil (-R) mengakibatkan perubahan rantai alkil pada unsur *aromatic* menjadi keton (-C=O) dan unsur sulfur menjadi sulfoksida (-S=O). Sehingga unsur *asphaltenes* yang terbentuk akibat reaksi kimia oksidasi memiliki tambahan unsur oksigen (O) yang mengakibatkan terjadinya penuaan (*aging*) pada beton aspal. Penuaan (*aging*) beton aspal terjadi dalam waktu jangka panjang atau saat masa layanan beton aspal yang menimbulkan kerusakan retak dan disintegrasi. Penuaan (*aging*) beton aspal akibat air gambut dipengaruhi zat organik apabila nilai pH rendah maka zat organik

akan cenderung tinggi maupun rendah tergantung persentase banyaknya senyawa lignin.

Dariah *et al.* (2011) kandungan lignin menghasilkan asam-asam organik di antaranya asam fenolat (C₆H₄OH) dan senyawa karboksilat (-COOH) yang mendominasi kompleks pertukaran dan bersifat sebagai asam lemah dapat terdisosiasi dan menghasilkan ion H dalam jumlah yang banyak. Sehingga, penuaan (*aging*) beton aspal akibat reaksi kimia air gambut di ilustrasikan ion H bereaksi dengan hasil reaksi kimia oksidasi *asphaltenes*. Gambar 3 adalah ilustrasi reaksi kimia air gambut terhadap unsur *asphaltenes* teroksidasi.

Hasil persamaan reaksi kimia tersebut menunjukkan *Asphaltenes* teroksidasi terdiri dari unsur karbon (C), hidrogen (H), sulfoksida (S) dan oksigen (O). *Asphaltenes* bereaksi dengan $\frac{7}{2}$ H (hidrogen) dimana $\frac{7}{2}$ merupakan angka koefisien. Reaksi kimia air gambut *asphaltenes* teroksidasi mengakibatkan berkurangnya unsur oksigen pada *asphaltenes* dimana kedudukan unsur oksigen (O) digantikan oleh unsur hidrogen (H). Sehingga semakin banyaknya unsur H mengakibatkan mempercepat terjadinya penuaan (*aging*) pada beton aspal. Penuaan (*aging*) beton aspal mengakibatkan proses terjadinya kerusakan disintegrasi semakin cepat, sehingga air yang menginfiltirasi kedalam lapisan beton aspal membentuk deformasi, mengalami pengelupasan (*delamination*), dan menimbulkan lubang (*potholes*). Namun untuk hasil yang lebih *valid* perlu dilakukan konfirmasi lebih lanjut. Ilustrasi terhadap struktur kimia aspal dikarenakan struktur molekul aspal yang kompleks dan susunan kimianya yang selalu berubah menyebabkan sulitnya memprediksi kinerja dan sifat – sifat fisik aspal berdasarkan analisa kimianya (Direktorat Jenderal Prasarana Wilayah, 2004). Hadiastari (2018) melakukan pengujian *Cantabro Loss* pada benda uji Split Mastic Asphalt (SMA) 0/11 dengan filler abu sekam padi sebesar 50% terhadap rendaman air laut dengan lama perendaman empat hari diperoleh nilai *Cantabro loss* sebesar 25,37%.

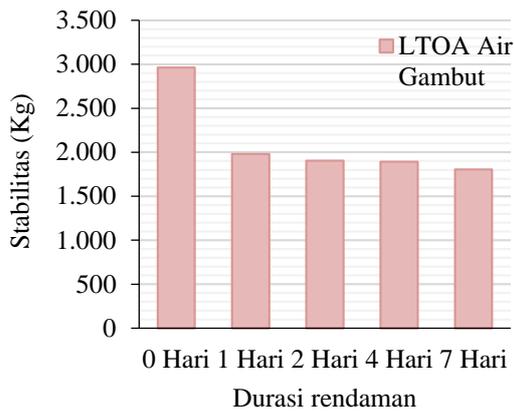


Gambar 3. Ilustrasi reaksi kimia air gambut terhadap unsur *asphaltenes* teroksidasi

Untuk kadar filler abu sekam padi sebesar 100% diperoleh nilai *Cantabro loss* sebesar 77,09%. Sedangkan pada penelitian ini rendaman air gambut dengan durasi rendaman empat hari nilai *Cantabro loss* sebesar 13,3%. Tingginya persentase nilai *Cantabro Loss* pada rendaman air laut dikarenakan air laut memiliki unsur kimia garam inorganik, gas terlarut dan senyawa organik. Unsur kimia utamanya berupa khlor (Cl) sebesar 55%, natrium (Na) 31%, magnesium (Mg) 4%, kalsium (Ca) 1%, sulfur (S) 8%, dan Kalium (K) serta unsur kecil lainnya 1% (Destrina, 2015). Besarnya persentase khlor dan natrium dapat disebut natrium klorida (NaCl) bersifat basah dan berasa asin dapat mempengaruhi struktur campuran beton aspal sehingga dapat dikatakan nilai persentase kehilangan berat *Cantabro Loss* pada beton aspal akibat rendaman air laut lebih besar nilainya dibandingkan akibat rendaman air gambut.

Pengujian *Cantabro Loss* pada benda uji LTOA dengan kadar aspal optimum bergradasi tengah (MR) menggunakan rendaman air selokan dengan waktu perendaman tujuh hari terhadap mesin *Los Angeles* 300 putaran menunjukkan hasil persentase nilai *Cantabro Loss* sebesar 31,14% (Tjemma, 2017). Pada penelitian ini durasi rendaman 7 hari dengan 300 putaran nilai *Cantabro Loss* sebesar 23,6%. Besarnya nilai persentase *Cantabro Loss* pada air selokan dibandingkan air gambut pada penelitian ini kemungkinan diakibatkan adanya limbah kimia pabrik yang tercampur pada air selokan dan material campuran beton aspal yang dapat mempengaruhi nilai persentase *Cantabro Loss*.

Pengujian Marshall pada benda uji *Cantabro* dimaksudkan untuk memperoleh nilai stabilitas perkerasan beton aspal. Nilai stabilitas pada benda uji *cantabro* merupakan kondisi perkerasan beton aspal setelah proses penuaan jangka panjang *Long Term Oven Aging* (LTOA), penuaan akibat rendaman air gambut serta gaya *impact* atau abrasi *Los Angeles*. Gambar 4 nilai stabilitas pada benda uji LTOA terhadap durasi rendaman.



Gambar 4. Nilai stabilitas benda uji LTOA terhadap durasi rendaman

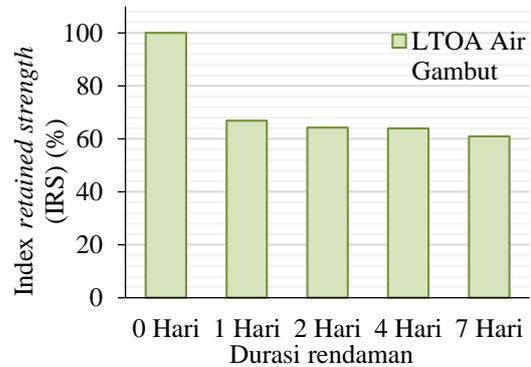
Gambar 4 menunjukkan nilai stabilitas benda uji LTOA terhadap durasi rendaman. Nilai stabilitas pada penelitian ini menggunakan faktor koreksi sebesar 1,09 dikarenakan volume benda uji tidak utuh/normal akibat gaya *impact*. Nilai stabilitas tertinggi tanpa rendaman (0 hari) sedangkan rendaman air gambut disetiap bertambahnya durasi rendaman mengalami penurunan nilai stabilitas. Hal ini disebabkan pengaruh unsur kimia zat organik yang menyebabkan tingginya keasaman air gambut terhadap benda uji LTOA membuat ikatan antar agregat dan aspal rendah sehingga saat diberi tekanan beban pada uji Marshall kekuatan benda uji LTOA rendaman air gambut lebih rendah.

Nilai stabilitas benda uji LTOA tanpa direndam 0 hari sebesar 2962 kg. Nilai stabilitas benda uji LTOA rendaman air gambut durasi 7 hari sebesar 1805 kg, dengan spesifikasi Bina Marga (2010) memberikan nilai batasan minimal stabilitas 800 kg, maka hasil penelitian ini masih memenuhi batas minimal nilai stabilitas.

Durabilitas campuran AC-WC pada benda uji Cantabro didapatkan dengan memperoleh nilai *index retained strength* (IRS) atau indeks kekuatan sisa (IKS) yang merupakan perbandingan nilai stabilitas Marshall pada benda uji LTOA terhadap durasi rendaman air gambut. Hal ini bertujuan untuk melihat persentase kekuatan benda uji LTOA selama durasi rendaman 0, 1, 2, 4, dan 7 hari.

Pada Gambar 5 disajikan nilai *index retained strength* (IRS) pada benda uji LTOA terhadap durasi rendaman. Nilai IRS durasi rendaman satu hari pada air gambut sebesar 67%. Untuk Nilai IRS durasi rendaman 7 hari pada air gambut sebesar 61%. Syarat nilai IRS minimum sebesar 75% merupakan ketentuan persyaratan Bina Marga bahwa nilai tersebut menyatakan campuran aspal masih dianggap cukup tahan terhadap kerusakan yang disebabkan oleh pengaruh air. Oleh karena itu

rendaman air gambut durasi satu dan tujuh hari terhadap benda uji LTOA menunjukkan hasil yang tidak memenuhi persyaratan $IRS > 75\%$. Nilai IRS memperlihatkan bahwa semakin lama durasi rendaman maka indeks kekuatan sisa pada benda uji LTOA campuran beton aspal mengalami penurunan persentase kekuatan. Rendahnya nilai IRS pada benda uji LTOA rendaman air gambut disebabkan pengaruh tingkat keasaman yang tinggi pada air gambut.



Gambar 5. Nilai IRS benda uji LTOA terhadap durasi rendaman

Sukirman (2016) durabilitas merupakan kemampuan beton aspal menerima repetisi beban lalu lintas seperti berat kendaraan, gesekan antara roda kendaraan dan permukaan jalan, serta menahan keausan akibat pengaruh cuaca dan iklim, seperti udara, air, atau perubahan temperatur.

Persentase nilai penurunan kekuatan pada indeks durabilitas pertama (IDP) disimbolkan dengan huruf “r” untuk persentase nilai penurunan kekuatan pada indeks durabilitas kedua (IDK) disimbolkan dengan huruf “a” dan persentase kekuatan yang tersisa dari indeks durabilitas kedua disimbolkan dengan huruf “Sa”. Nilai indeks durabilitas pertama dan kedua apabila bernilai positif maka mengindikasikan kehilangan kekuatan sebaliknya jika bernilai negatif mengindikasikan penambahan kekuatan. Nilai indeks durabilitas kedua memperlihatkan penurunan kekuatan satu hari.

Tabel 3 menunjukkan nilai indeks durabilitas pertama dan kedua pada campuran AC - WC benda uji Cantabro dengan jenis rendaman air gambut. Nilai stabilitas benda uji Cantabro rendaman air gambut 1 hari (L1) sebesar 1981 kg dengan nilai IRS sebesar 67%, nilai stabilitas durasi rendaman 7 hari (L4) sebesar 1805 kg dengan nilai IRS sebesar 61%. Nilai indeks durabilitas pertama (IDP) sebesar 37% dan nilai indeks durabilitas kedua (IDK) sebesar 34%, hal ini menunjukkan nilai durabilitas beton aspal rendaman air gambut mengalami penurunan kekuatan.

Tabel 3. Nilai durabilitas campuran AC-WC benda uji Cantabro rendaman air gambut

LTOA	Stabilitas	IRS	S _i -S _{i+1}	t _i	t _i + t _{i-1}	t _i + t _{i+1}	2t _n	IDP		IDK			
								r	R	a	Sa	A	SA
	kg	%	%	hari	hari	hari	hari	%	Mpa	%	%	kg	kg
L0	2962	100		0									
L1	1981	67	33	1	1	1		33	982	31			
L2	1905	64	3	2	1	3		3	76	2			
L3	1893	64	0	4	2	6		0	6	0			
L4	1805	61	3	7	3	11	14	1	29	1			
Indeks Durabilitas :								37	1093	34	66	997	1996

Keterangan : IDP = Indeks Durabilitas Pertama
IDK = Indeks Durabilitas Kedua

Nilai durabilitas campuran AC-WC benda uji Cantabro terhadap rendaman air gambut dengan durasi rendaman 0, 1, 2, 4, dan 7 hari diperoleh nilai indeks durabilitas pertama (IDP) pada benda uji Cantabro rendaman air gambut sebesar 37%. Untuk nilai indeks durabilitas kedua (IDK) diperoleh pada benda uji Cantabro rendaman air gambut sebesar 34%. Semakin tinggi nilai indeks durabilitas pertama dan kedua maka daya tahan beton aspal terhadap beban lalu lintas semakin rendah, sehingga aspal dapat mengalami berbagai kerusakan. Kerusakan pada perkerasan lentur biasanya dikelompokkan dalam tiga mekanisme utama yaitu retak (*cracking*), disintegrasi, dan deformasi permanen (Wiyono, 2009). Tingginya nilai durabilitas pertama dan kedua beton aspal (AC-WC) pada benda uji Cantabro rendaman air gambut akan menyebabkan terjadinya kerusakan. Hal ini disebabkan pengaruh tingginya keasaman pada air gambut yang menyebabkan nilai durabilitas beton aspal rendah.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan maka dapat disimpulkan, nilai tertinggi durasi rendaman 7 hari air gambut sebesar 23,6% memenuhi persyaratan nilai *Cantabro Loss* < 25%. Nilai stabilitas terendah rendaman air gambut sebesar 1805 kg. Nilai stabilitas rendaman air gambut disetiap bertambahnya durasi rendaman mengalami penurunan. Nilai indeks durabilitas pertama (IDP) rendaman air gambut sebesar 37%, dan Indeks durabilitas kedua (IDK) rendaman air gambut sebesar 34%.

Unsur reaksi kimia penyebab penuaan jangka panjang (LTOA) disebabkan reaksi oksidasi *asphaltenes*, karena bertambahnya unsur oksigen (O) pada *asphaltenes* yang mengakibatkan hilangnya nitrogen (N) dan rantai alkil (R). Rantai alkil (R) yang hilang pada unsur *aromatic* menjadi keton (-C=O) dan unsur sulfur menjadi sulfoksida (-S=O). Unsur reaksi kimia penyebab penuaan akibat air gambut dipengaruhi zat organik yang

mempengaruhi nilai pH tergantung banyaknya senyawa lignin. Lignin menghasilkan asam fenolat (C₆H₄OH) dan senyawa karboksilat (-COOH) bersifat sebagai asam lemah sehingga dapat terdisosiasi dan menghasilkan ion H. semakin banyak unsur H mengakibatkan mempercepat terjadinya penuaan (*aging*) pada beton aspal.

Unsur kimia air penyebab terjadi proses penuaan berupa unsur zat organik yang terkandung didalam air. Tingginya pH pada air gambut dipengaruhi oleh kandungan senyawa lignin (zat kayu) yang ada pada zat organik. Nilai pH rendah maka zat organik akan cenderung tinggi maupun rendah tergantung persentase banyaknya senyawa lignin. Nilai Fe dipengaruhi oleh reaksi oksidasi molekul zat organik yang mempengaruhi sifat keasaman pada air semakin tinggi keasaman pada air maka Fe semakin tinggi. Nilai Na pada air gambut disebabkan tingginya zat organik air gambut dikarenakan Na merupakan komponen yang dapat dijumpai dari tumbuh-tumbuhan. Nilai pH air gambut sebesar 3. Nilai Na air gambut sebesar 78,81 mg/l. Nilai Fe air gambut sebesar 0,47 mg/l. Nilai zat organik air gambut sebesar 148,52 mg/l.

Daftar Pustaka

- Barchia, M. F. (2012). *Gambut Agro Ekosistem dan Transformasi Karbon*. Gajah Mada Press: Yogyakarta.
- Bell, C. A., Sosnovske, D., & Wieder, J. A. (1994). *Aging: binder validation* (No. SHRP-A-384). Washington, DC: Strategic Highway Research Program, National Research Council.
- Bina Marga. (2010). Spesifikasi umum 2010. In *Direktorat Jendral Bina Marga*.
- Bina Marga. (2015). *Panjang Jalan Provinsi Riau Menurut Kabupaten Kota dan Jenis Permukaan Jalan*. <https://riau.bps.go.id/statictable/2017/01/17/254/-panjang-jalan-provinsi-menurut-kabupaten-kota-dan-jenis-permukaan-jalan--2015--km.html>.

- Brown, S., & Scholz, T. V. (2000). Development of laboratory protocols for the ageing of asphalt mixtures. In *Eurasphalt and Eurobitume Congress, 2nd, 2000, Barcelona, Spain*.
- Craus, J., Ishai, I., & Sides, A. (1981). Durability of bituminous paving mixtures as related to filler type and properties (with discussion). In *Association of Asphalt Paving Technologists Proceedings* (Vol. 50).
- Dariah, A., Maftuah, E., & Maswar. (2011). Karakteristik Lahan Gambut. *Balai Penelitian Tanah, Jl.Tentara Pelajar No. 12, Cimanggu, Bogor 16114*.
- Destrina, Z. (2015). Prototype Alat Pengolahan Air Laut Menjadi Air Minum (Pengaruh Variasi Koagulan Dan Packing Filter Terhadap Kualitas Air Dengan Analisa Tds, Do, Salinitas Dan Kandungan Logam Mg²⁺ Dan Ca²⁺), *Doctoral dissertation, Politeknik Negeri Sriwijaya*.
- Direktorat Jenderal Prasarana Wilayah. (2004). Manual Pekerjaan Campuran Beraspal Panas. In *SN:47966304*.
- Hadiastari, I. G. (2018). *Kinerja Campuran Split Mastic Asphalt (SMA) 0/11 Dengan Filler Abu Sekam Padi Akibat Lama Rendaman Air Laut*. Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Llanos, S., Acevedo, S., Cortés, F. B., & Franco, C. A. (2018). Effect of the asphaltene oxidation process on the formation of emulsions of water in oil (W/O) model solutions. *Energies*, 11(4), 1–21. <https://doi.org/10.3390/en11040722>.
- SNI. (1990). *Analisis Saringan Agregat Halus Dan Kasar SNI 03-1968-1990*.
- SNI. (1991). *Metode Pengujian Campuran Aspal Dengan Alat Marshall* (Issue 1).
- Sukirman, S. (2016). *Beton Aspal Campuran Panas*. Institut Teknologi Nasional.
- Swiertz, D. (2010). *Asphalt Aging Characteristics, Rheological Implications and Laboratory Techniques*. University of Wisconsin.
- Texas DoT, M. and T. D. (2014). Cantabro loss. In *TxDOT*.
- Tjemma, S. L. (2017). *Pengaruh Proses Penuaan dan Rendaman Air Banjir Terhadap Durabilitas Campuran AC-WC dengan Bahan Perikat Aspal Penetrasi 60/70 Berdasarkan Uji Cantabro*. Universitas Gadjah Mada: Yogyakarta.
- Wild Water Indonesia Region Riau. (2017). *Hutan Rawa Gambut Provinsi Riau*. <http://wildwaterindonesia.org/hutan-rawa-gambut-riau/> Badan Pusat Statistik Provinsi Riau., 2017.
- Winayati, H. R., & Shaleh, A. (2010). Analisis Penggunaan Abu Tandan Kelapa Sawit Sebagai Filler Ditinjau Dari Nilai Keausan Perkerasan (Cantabro Test). *Jurnal Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lancang Kuning Pekanbaru. Riau*.
- Wiyono, S. (2009). *Prediksi Kerusakan Pada Perkerasan Jalan Lentur*. UIR Press: Pekanbaru.