

# DURABILITAS LASTON DENGAN FILLER ABU GAMBUT

Enno Yuniarto , dan Leo Sentosa

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Riau  
Lantai II Gedung C Kampus Bina Widya, Panam, Pekanbaru.

No. Hp. 08127604021, e-mail [enno\\_y@unri.ac.id](mailto:enno_y@unri.ac.id)

No. Hp. 08127629075, e-mail [leo@unri.ac.id](mailto:leo@unri.ac.id)

## ABSTRAK

*Campuran beraspal merupakan campuran yang digunakan untuk membentuk lapis perkerasan lentur jalan raya. Campuran beraspal umumnya terdiri dari agregat, filler dan aspal sebagai bahan pengikat. Material yang umum digunakan sebagai filler adalah semen, pasir, kapur dan abu batu, yang persediaannya terbatas serta relatif mahal. Alternatif lain yaitu penggunaan abu gambut yang merupakan limbah industri dari bahan bakar pabrik kertas. Salah satu jenis campuran beraspal adalah Lapis Aspal Beton (Laston). Campuran Laston yang baik adalah yang memiliki stabilitas, fleksibilitas, skid resistance, kedap air dan durabilitas yang cukup. Untuk mengetahui keandalan dari Laston dengan abu gambut dari segi durabilitasnya, maka dilakukan pengujian durabilitas dengan tes perendaman modifikasi Marshall. Indek keawetan dinyatakan dalam nilai IRS dan Indeks Keawetan Craus dkk. Dari pengujian laboratorium pada campuran Laston dengan filler abu gambut memberikan nilai IRS sebesar 88.31% pada perendaman selama 28 hari dan nilai Indeks Keawetan Pertama Craus dkk ( r ) sebesar 6.44% serta Indeks Keawetan Kedua Craus dkk ( a ) sebesar 20 %. Jika dibandingkan syarat nilai IRS minimal dari Bina Marga untuk Laston, yaitu 75%, nilai IRS Laston dengan filler abu gambut memenuhi syarat.*

**Kata kunci ;** *Filler, Abu gambut, Bahan bisa diperbaharui, Laston, Durabilitas*

## PENDAHULUAN

Konstruksi jalan raya sistem perkerasan lentur biasanya menggunakan campuran aspal dan agregat sebagai lapis permukaan. Campuran aspal berfungsi sebagai lapisan struktural dan non struktural. Campuran aspal yang berfungsi sebagai lapisan struktural adalah lapisan yang menahan dan menyebarkan beban roda. Sebagai lapisan non struktural aspal beton berfungsi sebagai lapis kedap air dan lapis aus (*wearing course*) atau lapisan yang langsung menderita gesekan akibat rem kendaraan.

Lapis perkerasan aspal beton harus memiliki stabilitas yang cukup untuk memikul beban lalu lintas, fleksibilitas yang baik sehingga bisa mengikuti deformasi lapisan dibawahnya, *skid resistance* yang baik sehingga kendaraan tidak mengalami slip, kedap air dan durabilitas yang baik sehingga perkerasan jalan dapat menahan keausan akibat pengaruh cuaca, air dan perubahan suhu.

Campuran Aspal terdiri dari berbagai jenis agregat seperti agregat halus, agregat kasar, mineral *filler* dan aspal sebagai bahan pengikat. Material yang umum digunakan sebagai *filler* pada penyusunan campuran perkerasan lentur adalah semen, pasir, kapur dan abu batu yang mana persediaannya terbatas serta relatif mahal. Bila dilihat dari sumber materialnya, *filler* dari semen, pasir, kapur dan abu batu berasal dari sumber material yang tidak dapat diperbaharui. Untuk itu perlu adanya inovasi-inovasi baru dengan menggunakan alternatif bahan yang lain sehingga program pembangunan dan pemeliharaan jalan dimasa yang akan datang dapat berjalan dengan lancar dan diusahakan lebih ekonomis. Salah satu bahan alternatif yang diteliti adalah abu gambut yang digunakan sebagai *filler*. Dimana abu gambut ini merupakan limbah industri pabrik kertas yang diperoleh dari hasil pembakaran gambut di dalam dapur/tunku pembakaran sebagai bahan bakar sumber tenaga penggerak pabrik kertas PT. Indah Kiat yang terdapat di Perawang, Kabupaten Siak Propinsi Riau.

Propinsi Riau merupakan salah satu propinsi yang terdapat industri pengolahan kayu dan kertas. Pada salah satu industri pengolahan kayu dan kertas yang ada, untuk menunjang operasionalnya, menggunakan tanah gambut sebagai pengganti bahan bakar. Hasil pembakaran tanah gambut ini menghasilkan limbah berupa abu gambut. Berdasarkan informasi dari PT. Indah Kiat Pulp and Paper, dalam satu kali produksinya memerlukan tanah gambut sebanyak 42.6 ton/hari dan menghasilkan limbah berupa abu gambut sebesar 0.6816 ton/hari. Sedangkan potensi tanah gambut menurut data dari Badan Pertanahan Nasional (BPN) Kabupaten Siak, lokasi industri tersebut, adalah seluas 187.500 ha pada tahun 2001. Besarnya produksi limbah abu gambut tersebut belum di ikuti dengan pemanfaatannya.

### **Lapis Aspal Beton (Laston)**

Aspal beton adalah suatu lapisan pada konstruksi perkerasan jalan raya yang terdiri dari campuran aspal keras dan agregat yang mempunyai gradasi menerus yang dicampur, lalu dihamparkan dan dipadatkan dalam kondisi panas pada suhu tertentu (Silvia Sukirman, 1993).

Russ Bona Frazila, (2000) menyatakan bahwa Laston atau campuran aspal beton adalah campuran dengan agregat bergradasi menerus dan rapat yang dicampur pada suhu minimum 115<sup>0</sup>C, dihamparkan dan dipadatkan pada suhu minimum 110<sup>0</sup>C. Campuran ini berfungsi sebagai pendukung lalu lintas, pelindung lapisan dibawahnya dari cuaca dan air, sebagai lapis aus, menyediakan lapisan permukaan jalan yang rata dan tidak licin.

Aspal beton merupakan salah satu jenis lapis permukaan yang umum dipakai di Indonesia yang berfungsi sebagai lapisan bersifat struktural yang menahan dan menyebarkan beban roda, lapis kedap air serta sebagai lapis aus. Pemilihan campuran aspal beton sebagai lapisan perkerasan jalan karena campuran aspal beton tersebut digunakan untuk jalan – jalan dengan lalu lintas berat, tanjakan dan jalan antar daerah. Bina Marga (1989) menyatakan bahwa agregat campuran untuk aspal beton harus mempunyai gradasi yang menerus dari butiran yang kasar sampai yang halus.

### **Bahan Pengisi (*Filler*)**

Mineral *filler* adalah suatu mineral agregat dari fraksi halus yang merupakan bahan non-plastis dan non-organik. Dalam campuran *Hot Rolled Asphalt (HRA)* material *filler* bersama-sama dengan aspal membentuk mortar dan berperan sebagai pengisi rongga sehingga meningkatkan kepadatan dan ketahanan campuran serta meningkatkan stabilitas campuran, sedangkan pada campuran Laston *filler* berfungsi sebagai bahan pengisi rongga dalam campuran.

Pada prakteknya fungsi dari *filler* adalah untuk meningkatkan viskositas dari aspal dan mengurangi kepekaan terhadap temperatur. Menurut Hatherly, (1967) meningkatkan komposisi *filler* dalam campuran dapat meningkatkan stabilitas campuran tetapi menurunkan kadar *air void* (rongga udara) dalam campuran. Meskipun demikian komposisi *filler* dalam campuran tetap dibatasi, karena terlalu tinggi kadar *filler* dalam campuran akan mengakibatkan campuran menjadi getas (*brittle*) dan akan retak (*crack*) ketika menerima beban lalu lintas. Akan tetapi terlalu rendah kadar *filler* akan mengakibatkan campuran akan terlalu lunak pada saat cuaca panas. Material yang sering digunakan sebagai *filler* adalah semen portland (PC), batu kapur dan abu batu dari *stone crusher*.

### **Abu Gambut**

Abu Gambut adalah sejenis abu terbang yang merupakan sisa pembakaran tanah gambut. Pemanfaatan Tanah gambut sebagai salah satu alternatif bahan bakar yang bisa sebagai bahan bakar penggerak pabrik pada industri berskala besar. Dalam hal ini PT. Indah Kiat Pulp and Paper yang beroperasi di Perawang, Kabupaten Siak, Propinsi Riau. Sisa pembakaran tanah gambut tersebut yang berupa abu terbang, kemudian di tangkap dengan media uap air. Selanjutnya di alirkan ke tempat pembuangan. Berdasarkan informasi yang diperoleh dari PT. Indah Kiat Pulp and Paper, sampai saat dilakukan penelitian ini, abu gambut tersebut belum dimanfaatkan secara optimal hanya di tumpuk pada areal penumpukan.

Secara visual abu gambut adalah material berwarna abu – abu dengan bentuk butiran yang halus, padat dan bulat. Dari hasil pra penelitian, abu gambut tersebut 55% - 64,5 % lolos saringan no.200 ( 0,075 mm) dan bersifat non plastis. Indeks Keawetan (Durability Index) Campuran Berasapal

Metoda praktis yang sering digunakan untuk mengevaluasi keawetan campuran beraspal adalah dengan melakukan perendaman benda uji di air pada suhu tertentu dan waktu tertentu. Bina Marga (1989) menyaratkan untuk pengujian keawetan campuran beraspal adalah dengan merendam benda uji dalam air selama 24 jam dengan suhu 60<sup>0</sup> C, kemudian dibandingkan stabilitasnya dengan benda uji yang tidak direndam. Indeks keawetan dinyatakan dengan Indeks penurunan kuat tekan sisa (*Index Retained Strength*) campuran beraspal akibat pengaruh perendaman dirumuskan sebagai berikut ;

$$(IRS) = \frac{S_2}{S_1} \times 100 \% \quad (1)$$

dengan :

S<sub>1</sub> = Rata-rata kuat tekan benda uji kelompok I

S<sub>2</sub> = Rata-rata kuat tekan benda uji kelompok II

Beberapa peneliti melakukan penelitian tingkat keawetan dengan pengujian masa perendaman yang lebih lama. Craus, dkk (1981) menyatakan bahwa kriteria perendaman satu hari tidak selalu mencerminkan sifat keawetan dari campuran setelah beberapa waktu masa perendaman. Pernyataan ini di buktikan oleh Siswosubroto, B.I, dkk ( 1999), dengan melakukan perendaman selama 30 hari pada jenis campuran HRS Kelas A. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa perendaman sampai 14 hari nilai nilai stabilitas campuran turun secara bertahap sampai 90 % setelah 14 hari stabilitas campuiran turun drastis hingga mencapai dibawah 70 % pada perendaman 30 hari.

Dalam penelitiannya Craus dkk, (1981) memperkenalkan 2 macam indeks keawetan yaitu;

Indeks keawetan pertama, yang didefinisikan sebagai jumlah dari kelandaian-kelandaian secara berurutan dari kurva keawetaan. Indeks (r) dihitung berdasarkan rumus ;

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

Indeks keawetan kedua, yang didefinisikan sebagai daerah kehilangan kekuatan rata-rata meliputi antara kurva keawetan dan garis S<sub>0</sub> = 100 %. Indeks (a) ini dinyatakan sebagai berikut;

$$a = \frac{1}{t_n} \sum (S_i - S_{i+1}) \cdot [2t_n (t_{i+1} + t_i)] \quad (3)$$

dengan;

S<sub>i</sub> = persen kekuatan tertahan pada waktu t<sub>i</sub>

S<sub>i+1</sub> = persen kekuatan tertahan pada waktu t<sub>i+1</sub>

t<sub>i</sub>, t<sub>i+1</sub> = Periode perendaman

t<sub>n</sub> = total waktu perendaman

## METODOLOGI PENELITIAN

Pengujian durabilitas campuran beraspal Laston dilakukan dengan memodifikasi pengujian durabilitas metoda Marshall, dengan cara menambah masa perendaman. Variasi masa perendaman adalah 1 hari, 4 hari, 7 hari dan 28 hari dengan suhu perendaman 60<sup>0</sup> C. Jenis campuran beraspal yang digunakan adalah Laston tipe Gradasi VII. Pengujian durabilitas dilakukan pada kondisi kadar aspal optimum yang di dari penelitian sebelumnya.

Abu Gambut yang digunakan sebagai *filler* berasal dari pabrik kertas PT. Indah Kiat Pulp and Paper yang berkedudukan di Perawang, Kabupaten Siak, Propinsi Riau.. Sebelum digunakan abu gambut di saring untuk mendapatkan bagian yang lolos saringan no. 200 sebagai bahan *filler*. Sebagai pembanding digunakan *filler* semen Portland tipe I produksi PT. Semen Padang, dengan variasi proporsi *filler* ; 100% abu gambut, 50%abu gambut – 50% semen, dan 100% semen.

Agregat yang digunakan berasal dari dari Bangkinang Kabupaten Kampar. Aspal yang digunakan adalah aspal penetrasi 60/70. Pengujian dilakukan di Laboratorium Jalan Raya, Teknik Sipil, UNRI.

## ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian berat jenis Filler

Pengujian yang dilakukan terhadap *filler* yang digunakan adalah pengujian berat jenis, hasil pengujian seperti pada Tabel 1

Tabel 1. Hasil Pengujian Berat Jenis *Filter*

No	Jenis Pengujian	Metoda Pengujian	Hasil Pengujian
1	Berat Jenis Semen	SNI 15-2531-1991	3.027
2	Berat Jenis Abu gambut	SNI 15-2531-1991	2.035

Hasil pengujian itu menunjukkan bahwa abu gambut memiliki nilai berat jenis lebih rendah dari semen, hal ini akan menyebabkan secara volumetric abu gambut lebih banyak dari pada semen pada jumlah berat yang sama.

Hasil Pengujian Sifat-sifat Marshall

Pengujian Marshall yang dilakukan pada campuran Laston dengan *filler* Abu gambut dan semen serta *filler* pencampuran dari keduanya, memberikan hasil kadar asal optimum *filler* abu gambut 8,40%, jauh lebih tinggi dari *filler* semen sebesar 6,65%, sedangkan *filler* campuran keduanya nilai kadar aspal optimum berada diantara keduanya, yaitu 7,75%. Perbedaan kadar aspal yang cukup signifikan ini disebabkan oleh perbedaan berat jenis kedua jenis *filler* ini. Dalam perancangan campuran perbandingan yang dipakai adalah perbandingan berat, sehingga secara volumetrik abu gambut lebih banyak dari pada semen, yang mengakibatkan jumlah aspal yang dibutuhkan untuk menyelimuti seluruh permukaan agregat dalam campuran dengan *filler* abu gambut juga lebih banyak,

sehingga kadar aspal optimum campuran Laston dengan *filler* abu gambut lebih tinggi. Hasil pengujian sifat-sifat Marshall seperti pada Tabel 2.

Tabel 2 memperlihatkan bahwa penggunaan abu gambut sebagai *filler* pada campuran Laston memberikan nilai-nilai sifat Marshall yang memenuhi nilai-nilai yang telah disyaratkan dalam spesifikasi yang dikeluarkan Bina Marga, (1989)

Tabel 2. Hasil Pengujian Sifat Marshall

No	Sifat Marshall	Sat	Variasi Filler Campuran			Spesifikasi Untuk Lalu Lintas Berat *)
			100% Semen	50% Abu Gambut - 50% Semen	100% Abu Gambut	
1	Kadar aspal Optimum	%	6,65	7,75	8,4	-
2	Berat Isi (Kepadatan)	gr/c c	2.379	2.319	2.264	-
3	VMA	%	18.2	19.656	20.607	Min 13
4	VIM	%	3.851	3.202	3.117	3 - 5
5	VFA	%	78.93	83.715	84.875	Min 65
6	Stabilitas	kg	1211	1190.7	1102.1	Min 550
7	Flow	mm	3.57	3.43	3.2	2 - 4
8	Marshall Quotient	kg/ mm	339.473	346.816	344.501	200 - 350

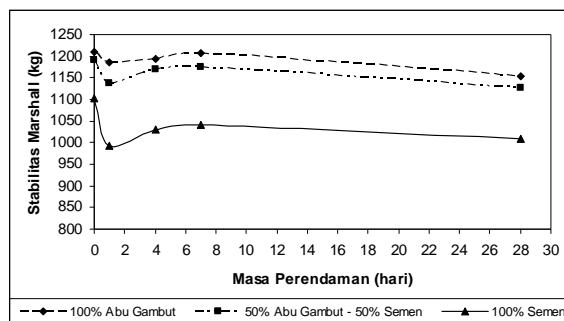
\*) Spesifikasi Bina Marga, (1989), untuk Laston

### Hubungan Stabilitas dengan Waktu Perendaman

Stabilitas Marshall merupakan indikator untuk menunjukkan kemampuan campuran beraspal menahan beban lalu lintas kendaraan di atasnya tanpa mengalami perubahan bentuk. Ketidakstabilan perkerasan akan mengakibatkan terjadinya perubahan bentuk berupa jejak roda dan bergelombang bahkan sampai terjadi kerusakan. Kecepatan kerusakan perkerasan akan diperparah oleh adanya air tergenang pada perkerasan jalan dan perubahan suhu udara.

Pengujian durabilitas campuran beraspal dengan cara perendaman dalam air pada suhu tertentu bertujuan untuk melihat kemampuan campuran mempertahankan kekuatannya setelah direndam dalam air dan pengaruh suhu. Dari pengujian yang dilakukan terlihat bahwa nilai stabilitas campuran pada perendaman 1 hari turun, kemudian naik sampai perendaman 7, lalu turun kembali setelah perendaman lebih dari 7 hari, penurunan seiring dengan lamanya waktu perendaman. Dari pengujian juga terlihat penurunan kekuatan campuran terus berlangsung jika masa perendaman ditambah, tetapi tidak terlalu signifikan, seperti yang terlihat pada Gambar 1. Hal ini membuktikan pernyataan yang dikemukakan

Craus dkk, (1981) bahwa kriteria keawetan tidak bisa dilihat hanya dengan perendaman 1 hari saja.



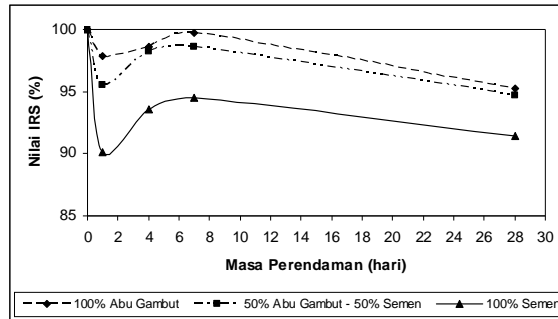
Gambar 1. Hubungan Stabilitas dengan Masa Perendaman

Sebelum dan sesudah mengalami perendaman dalam kurun waktu tertentu, nilai stabilitas campuran Laston dengan *filler* abu gambut berada dibawah semen, tetapi masih berada diatas syarat stabilitas yang ditetapkan Bina Marga, (1989) sebesar 550 Kg untuk lalu lintas berat. Pengurangan nilai stabilitas selama masa perendaman memiliki kecenderungan yang sama untuk kedua jenis *filler* yang digunakan Dari Gambar 1 terlihat, jika *filler* abu gambut di campur dengan semen dengan komposisi 50% abu gambut – 50% semen, maka nilai stabilitasnya mendekati *filler* 100% semen.

### Indeks Keawetan Campuraan

Indeks keawetan pada penelitian ini menggunakan indeks keawetan berdasarkan nilai IRS, (menggunakan persamaan 1) dan indeks keawetan yang dikemukakan oleh Craus dkk (1981). (menggunakan Persamaan 2 dan 3). Indeks Keawetan yang dinyatakan dengan IRS merupakan perbandingan nilai stabilitas antara sebelum direndam dengan setelah direndam. Persentasi perbandingan tersebut yang dinyatakan dalam IRS. Pengujian IRS menghasilkan nilai yang menurun pada perendaman 1 hari, kemudian naik sampai pada perendaman 7 hari, dan jika masa perendaman terus ditambah, nilai IRS turun kembali, seperti yang terlihat pada Gambar 2.

Indeks keawetan yang dinyatakan dengan IRS menunjukkan hasil nilai IRS campuran Laston *filler* abu gambut memiliki kecendrungan yang sama dengan *filler* semen, yaitu pada pengujian perendaman 1 hari cenderung turun kemudian naik sampai perendaman 7 hari kemudian cenderung mengalami penurunan penurunan kembali jika perendaman lebih dari 7 hari. Pengujian perendaman sampai 28 hari menunjukkan nilai IRS masih diatas batas minimal yang ditetapkan Bina Marga, (1989) sebesar 75%, atau dengan kata lain secara laboratorium keawetan Laston dengan *filler* abu gambut masih memuhi syarat.



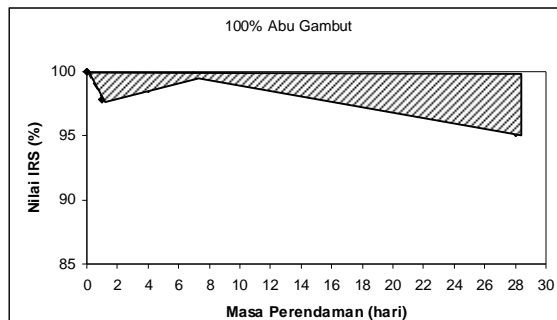
Gambar 2. Hubungan Nilai IRS dengan Masa Perendaman

Nilai Indeks Keawetan Craus dkk seperti pada Tabel 3, berikut ini.

Tabel 3. Hasil Perhitungan Indeks Keawetan Craus dkk

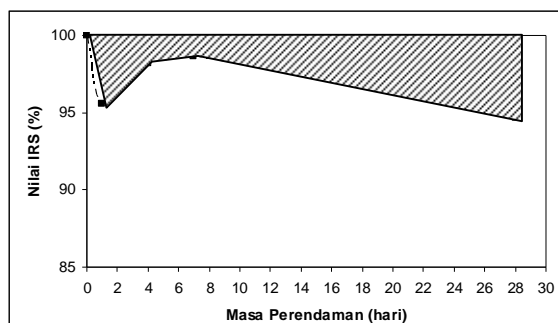
Variasi Campuran	Indeks Keawetan Pertama (r,%)	Indeks Keawetan Kedua (a,%)
100% Abu Gambut	1.73	4.42
50% Abu Gambut - 50% Semen	3.61	6.20
100% Semen	8.55	13.89

Tabel 3 menunjukkan nilai indeks keawetan Laston dengan *filler* abu gambut lebih besar dari pada *filler* semen, artinya keawetan Laston dengan *filler* abu gambut lebih rendah dari pada *filler* semen, atau kehilangan nilai stabilitas akibat perendaman pada Laston dengan *filler* abu gambut lebih besar dari pada Laston *filler* semen. Kehilangan nilai stabilitas masing masing variasi campuran tersebut bisa dilihat lebih jelas pada gambar 3, Gambar 4 dan Gambar 5. Bagian yang diarsir merupakan persentase kehilangan stabilitas selama waktu perendaman. Makin luas aerah yang diarsir menunjukkan makin besar kehilangan stabilitas campuran, artinya durabilitasnya makin kecil.

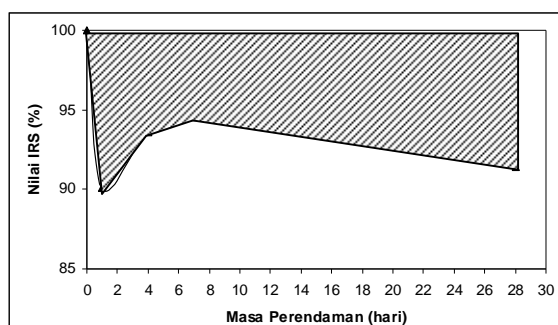


Gambar 3. Skema Kurva Keawetan Campuran Laston dengan *Filler* 100% Abu Gambut





Gambar 4. Skema Kurva Keawetan Campuran Laston dengan *Filler* 50% Abu Gambut – 50% Semen



Gambar 5. Skema Kurva Keawetan Campuran Laston dengan *Filler* 100% Semen

Jika dilihat nilai indeks keawetan yang dikemukakan diatas, seperti pada Gambar 2, sampai dengan Gambar 5 dan Tabel 3, *filler* abu gambut memberikan nilai yang paling baik. Dengan kata lain akan menghasilkan nilai keawetan yang lebih baik.

## KESIMPULAN

Berdasarkan uraian diatas dapat disimpulkan ;

1. Durabilitas campuran beraspal yang dinyatakan dengan indeks keawetan nilai IRS, Laston dengan *filler* abu gambut lebih tinggi dari pada *filler* semen.
2. Durabilitas yang dinyatakan dengan indeks keawetan Craus dkk. (1981), menunjukkan nilai indeks keawetan Laston dengan *filler* abu gambut lebih tinggi dari pada *filler* semen.
3. Berdasarkan indeks keawetan nilai IRS dapat dinyatakan bahwa durabilitas Laston dengan *filler* abu gambut memenuhi persyaratan minimal yang ditetapkan Bina Marga, (1989).

## DAFTAR PUSTAKA

- Bina Marga. (1989), *Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton (Laston) Untuk Jalan Raya*, SNI No. 1737 – 1989 – F, 1989, Departemen PU, Jakarta.
- British Standard Institution, BS 812, (1975), *Method for Sampling and Testing of Mineral Aggregates, Sands and Fillers*, London.
- British Standard Institution, BS 594, (1985), *Specifications for Constituent Material and Asphalt Mixture, Hot Rolled Asphalt for Roads and Other Paved Areas*, London.
- Craus, J., Ishai, I., and Sides, A., (1981), "Durability of Bituminous Paving Mixtures as Related to Filler Type and Properties," Proceedings Association of Asphalt Paving Technologists, Technical sessions, February 16, 17 and 18, Volume 50, San Diego, California.
- Hatherly, L.W. And Leaver, P.C., (1967), *Asphaltic Road Materials*, Edward Arnold (Publisher) LTD, London.
- Leo Sentosa, (2001) "Kinerja Laboratorium Campuran Hot Rolled Asphalt dengan Abu Gambut Sebagai Filler" Prosiding Simposium Nasional FSTPT ke-4, Denpasar, Bali, 8 November 2001.
- Leo Sentosa, (2004) "Abu Gambut Sebagai Bahan Filler Alternatif Pada Campuran Beraspal" Prosiding Seminar Hasil Penelitian Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik UNRI, tanggal 29 Mei dan 11 Desember 2004.
- Leo Sentosa, Agus Ika Putra, dan Mufriadi, (2004), *Durabilitas Laston Menggunakan Filler abu Sawit dengan Tes Perendaman Modifikasi Marshall*, *Jurnal Penelitian*, Vol XIII, No. 2 Lembaga Penelitian Universitas Riau, Pekanbaru.
- Russ Bona Frazila, (2000), *Pemanfaatan Limbah Sebagai Komponen dan Material Aditif Campuran Beraspal*, dalam makalah Simposium Nasional FSTPT ke-3, Yogyakarta.
- Bambang Ismanto Siswosebrotho, (1994), *Peran Filler pada Sifat-sifat Teknik Campuran Hot Rolled Asphalt*, Makalah yang disampaikan pada Konferensi Tahunan Teknik Jalan ke-5, pada tanggal 9 – 11 Mei 1994 di Bandung.
- Bambang Ismanto Siswosebrotho, Buyung Oktarizal, Syukri, (1999), "Pengaruh Air Asin Terhadap Durabilitas Campuran Aspal Beton", Prosiding Simposium Nasional FSTPT Ke-2, Surabaya, 2 Desember 1999.