

**PENAMBAHAN SELULOSA DARI TANAMAN ECENG GONDOK (*EICHORNIA CRASSIPES*) TERHADAP KADAR ASPAL DALAM CAMPURAN ASPAL BERGRADASI SENJANG**

***ADDITION OF CELLULOSE FROM WATER HYACINTH (*EICHORNIA CRASSIPES*) TO ASPHALT LEVELS IN A GRADATED ASPHALT MIXTURE***

**Adita Ayu Faradina**

Mahasiswa, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Samarinda  
*aditaayufaradina1996@gmail.com*

**Pramono**

Staff Pengajar, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Samarinda  
*pram\_smile@yahoo.com*

**SSN Banjarsanti**

Staff Pengajar, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Samarinda  
*ssnbanjarsanti@gmail.com*

**INTISARI**

Campuran *Stone Matrix Asphalt (SMA)* masih belum banyak digunakan untuk perkerasan jalan di Indonesia. *Stone Matrix Asphalt* adalah jenis campuran aspal bergradasi senjang yang dibuat untuk mampu menahan kerusakan pada lapis aus dengan kadar aspal dan bahan pengisi yang tinggi sehingga mampu mengisi antar celah kosong akibat dari gradasi senjang. Selain itu agar tidak terjadi bleeding yang disebabkan kadar aspal tinggi maka campuran SMA memerlukan bahan tambah berupa serat selulosa. Adapun tujuan penelitian ini adalah untuk membuktikan bahwa dengan penambahan ekstrak selulosa dari tanaman eceng gondok dapat digunakan sebagai pengganti serat selulosa sintesis dalam campuran aspal bergradasi senjang. Campuran serat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebanyak 0%, 0.1%, 0.2%, 0.3% dan 0.4%. Hasil penelitian ini, penggunaan ekstrak selulosa eceng gondok memiliki pengaruh dalam parameter Marshall seperti stabilitas, flow dan VMA. Untuk nilai stabilitas dan flow pada penelitian ini nilainya berbanding lurus. Selain itu nilai VMA pada penelitian ini memenuhi spesifikasi yang di tentukan. Namun untuk nilai VIM pada pengujian ini tidak memenuhi spesifikasi. Hasil keseluruhan dari penelitian ini ekstrak selulosa tersebut dapat digunakan sebagai pengganti selulosa buatan yang bertujuan sebagai bahan penstabil campuran kadar aspal tinggi dengan catatan untuk penelitian selanjutnya disarankan komposisi pada material agregat halus campuran dalam proses job mix desain harus ditambah.

**Kata kunci:** *Stone Matrix Asphalt*, Marshall, Selulosa

**ABSTRACT**

*The mixture of Stone Matrix Asphalt (SMA) is still not widely used as hardener for asphalt in Indonesia. Stone Matrix Asphalt is a type of graded asphalt mixtures are made to withstand the damage and fillers that are high so that is able to fill the gap. To avoid*

*the occurrence of bleeding caused by high levels of asphalt SMA mixture, then require additional material in the form of cellulose fibers. The purpose of this study was to prove that with the addition of extract cellulose from plant water hyacinth (Eceng Gondok) can be used as a substitute for fiber cellulose synthesis in graded asphalt mixture of distance. The mixture used in this research is as much as 0%, 0.2%, 0.3% and 0.4%. The result of this research, the use of extract cellulose Eceng Gondok have influence on parameters of Marshall as stability, flow and VMA. The value of of stability and flow on this research value is directly proportional. In addition the value of this research on VMA specification is specified. But for the value of this testing on VIM does not meet specifications. The overall results of this research can be used to extract cellulose as a substitute for artificial cellulose which aims for high levels of asphalt mix stabilizer. With further research it is recommended to note the composition of aggregate material in the smooth process of the mixture in the job mix design should be added.*

**Keywords:** Stone Matrix Asphalt, Marshall, Cellulose

## PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Campuran aspal panas (*Hotmix*) adalah suatu campuran perkerasan jalan lentur yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus, filler, dan bahan pengikat aspal dengan perbandingan-perbandingan tertentu dan dicampurkan dalam kondisi suhu tinggi menggunakan komposisi yang diatur oleh spesifikasi teknis.

Adapun jenis campuran yang biasa digunakan ada 2 yaitu *Asphalt Concrete (AC)* dan *Hot Rolled Sheet (HRS)*.

Pada tahun 1970-an di Indonesia mulai digunakan material *Asphalt Concrete (AC)*, namun penggunaan AC dengan tebal minimum menimbulkan masalah yakni pelapukan selaput aspal. Selanjutnya pada pertengahan tahun 1980-an, diperkenalkan *HRS* yang mempunyai kelenturan yang lebih tinggi, selaput aspal yang lebih tebal dan lebih toleran terhadap ketelitian pelaksanaan. Permasalahan retak hilang, namun muncul masalah baru dengan terjadinya deformasi permanen. Kegagalan memenuhi persyaratan gradasi senjang dan persyaratan kadar aspal diduga menjadi penyebab kegagalan tersebut. (Nyoman Suaryana, 2012).

Untuk mengatasi permasalahan diatas salah satu teknologi yang terus dikembangkan pada saat ini adalah *Split Mastic Asphalt* atau *Stone Matrix Asphalt (SMA)*.

Agar campuran aspal berkadar tinggi tersebut tidak mengalami *bleeding* maka di perlukan bahan tambah yang dapat menstabilkan campuran aspal. Bahan tambah yang biasa digunakan adalah *Arbocel* atau

*Roadcel* yang merupakan serat selulosa sintetis yang dapat menstabilkan campuran aspal. Dalam penelitian ini akan dicoba memakai serat organik berupa selulosa eceng gondok (*Eichornia Crassipes*) sebagai bahan tambah.

### Tujuan

Tujuan penelitian ini untuk membuktikan bahwa penambahan ekstrak selulosa dari tanaman eceng gondok dapat berpengaruh dalam campuran aspal bergradasi senjang menurut AASHTOM 325 - 08.

### TINJAUAN PUSTAKA

Stone Matrix Asphalt adalah jenis beton aspal campuran panas gradasi senjang, yang terdiri dari campuran sebagai berikut ini.

1. Stone (agregat kasar) dengan ukuran > 2 mm dengan jumlah fraksi tinggi yakni > 75% dari berat agregat campuran.

2. Matrix Asphalt adalah berupa campuran antara agregat halus, bahan isian (filler) dan aspal dengan kadar aspal relatif tinggi.

Persyaratan material SMA secara umum mengacu pada EN 13108-5 (European Standard 2005) dan standar Amerika (AASHTO 2008).

*SMA* mengandalkan kekuatan dari rangka (*skeleton*) agregat kasar, dan rongga diantaranya diisi dengan kadar aspal yang tinggi untuk memberikan durabilitas yang baik. Akibat kadar aspal yang tinggi tersebut maka ada kecendrungan aspal akan mengalir (*draindown*) atau terpisah sebagian pada saat penyimpanan dan pengangkutan. Pada saat ini dikenal dua cara untuk mengurangi pengaliran aspal yaitu:

1. Bahan tambah yang menyerap sebagian aspal (*binder absorbers*). Bahan tambah ini diantaranya adalah selulosa, mineral fiber, textile dan plastik.
2. Bahan tambah yang meningkatkan kekentalan aspal (*viscosity boosters*). Bahan tambah ini diantaranya adalah polimer.

Sampai saat ini ada beberapa penelitian yang pernah dilakukan yang dapat dijadikan literatur untuk penyusunan penelitian ini, diantaranya adalah:

1. Nyoman Suaryana (2012), melakukan kajian Material *Stone Matrix Asphalt Asbuton* Berdasarkan Kriteria Deformasi Permanen. Penelitian ini merupakan hasil percobaan dimana akan dinilai keunggulan metode pencampuran aspal kedalam campuran dapat dilakukan dengan cara basah atau cara kering.

Hasil kajian tersebut adalah:

- a. Metode pencampuran Asbuton pada SMAB sebaiknya dilaksanakan secara basah, yaitu dengan urutan agregat – selulosa – aspal Asbuton.
  - b. Apabila menggunakan pematat Marshall, maka jumlah tumbukan yang disarankan adalah 2 x 50 tumbukan.
  - c. Penggunaan Asbuton butir dapat mencegah terjadinya pengaliran aspal sehingga dapat digunakan untuk menggantikan fungsi serat selulosa sebagai bahan penstabil. Penambahan Asbuton dapat meningkatkan ketahanan SMAB terhadap deformasi permanen.
2. Aloysius, Ludfi & Yulvi (2010), melakukan studi penelitian mengenai Kinerja Campuran *Split Mastic Asphalt* Dengan Beberapa Material Dari Kalimantan. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan mengkaji karekteristik agregat yang diambil dari Kabupaten Bulungan, Kutai dan Banjar. Kesimpulan dari penelitian tersebut adalah kadar aspal optimum dan stabilitas yang didapat dari masing-masing campuran yang memenuhi persyaratan adalah material dari Banjar. Hasil studi penelitian tersebut adalah:

- a. Berdasarkan hasil analisa karakteristik agregat dari kabupaten Bulungan, Kutai, dan Banjar, cukup baik untuk digunakan sebagai bahan campuran *Split Mastic Asphalt (SMA)*.
  - b. Agregat yang paling baik untuk digunakan sebagai bahan campuran aspal, adalah agregat dari kabupaten Banjar, karena memiliki nilai keausan agregat 23,48%, berarti agregat ini lebih tahan terhadap beban di dibandingkan dengan agregat dari kabupaten Bulungan dan Kutai Timur.
  - c. Campuran SMA dengan menggunakan agregat dari kabupaten Banjar adalah campuran terbaik, karena dengankadar aspal optimum 6,315%, campuran ini, memiliki nilai stabilitas tertinggi, yaitu sebesar 877,942 kg. lebih tinggi kemampuan menerima beban dibandingkan dengan campuran SMA yang menggunakan material dari kabupaten Bulungan, nilai stabilitasnya 688,492 kg dan material dari kabupaten Kutai, nilai stabilitasnya 730,097 kg.
3. Oktavia Marbun (2017), melakukan penelitian mengenai Penggunaan Serat Rami (*Boehmeria Nivea*) Untuk Meningkatkan Kadar Aspal Dalam Campuran Aspal Bergradasi Senjang. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui serat rami sebagai bahan penstabil meningkatkan kadar aspal dalam campuran aspal.

Kesimpulan dari penelitian ini adalah:

- a. Serat rami memiliki pengaruh dalam stabilitas campuran aspal dan dapat digunakan sebagai pengganti selulosa buatan yang bertujuan untuk bahan penstabil campuran kadar aspal tinggi.
- b. Dari keempat variasi kadar serat rami yang dapat digunakan sebagai bahan tambah adalah variasi serat rami 0.2% dan terjadi penambahan kadar aspal sebesar 0.48% terhadap kadar aspal tanpa serat.

**METODE PENELITIAN**

Untuk memulai penelitian pada campuran SMA perlu diadakan beberapa tahapan dari pengadaan material yang di lanjutkan dengan pengujian berupa pengujian awal terhadap material yang akan dipakai dengan menggunakan spesifikasi persyaratan campuran *Stone Matrix Asphalt* (SMA) dari SNI 8129:2015.

Selanjutnya benda uji yang telah dibuat sesuai spesifikasi SMA diuji melalui pengujian Marshall untuk mencari stabilitas, flow, VIM dan VMA. Material yang digunakan pada pengujian ini antara lain: Aspal Esso penetrasi 60/70 sementara untuk agregat yang digunakan adalah agregat Palu dan filler menggunakan semen Tonasa.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Karakteristik Agregat

Tabel 1. Hasil Pengujian Material

Jenis Pengujian	Unit	Spesifikasi	Hasil Pengujian	Keterangan
Keausan dengan mesin abrasi Los Angeles	%	max 30%	25.96%	OK
Berat Jenis Batu 5/8	-	min 2.5	2.72	OK
Penyerapan Air Batu 5/8	%	max 2	1.00	OK
Berat Jenis Batu 3/8	-	min 2.5	2.70	OK
Penyerapan Air Batu 3/8	%	max 2	0.88	OK
Berat Jenis Batu no. 4	-	min 2.5	2.68	OK
Penyerapan Air Batu no. 4	%	max 2	0.98	OK
Berat Jenis Batu no. 8	-	min 2.5	2.64	OK
Penyerapan Air Batu no. 8	%	max 2	1.67	OK
Berat Jenis Agregat no. 200	%	min 2.5	2.64	OK
Penyerapan Air Agregat no. 200	%	max 2	1.21	OK
Berat Jenis Semen	-	-	3.18	OK
Penetrasi Aspal	mm	60-70	66	OK
Daktilitas	cm	≥ 100	113.5	OK
Berat Jenis Aspal	-	min 1.0	1.028	OK
Titik Lembek	°C	≥ 48	53	OK

Tabel 2 dan 3 hasil penggabungan parameter Marshall berupa satabilitas, flow, VIM, dan VMA menghasilkan nilai KAO yang dapat dipakai sebagai bahan campuran aspal.

	6.875				
0.10%	%	√	√	-	√
0.20%	6.37%	√	√	-	√
0.30%	7%	√	-	-	√
0.40%	7%	√	-	-	√

Sumber : Hasil Pengujian dan Perhitungan di Laboratorium

Keterangan :

- √ : Memenuhi Syarat
- : Tidak memenuhi syarat

Tabel 2. Hasil pemeriksaan syarat parameter Marshall

Kadar Serat	Kadar Aspal Optimum	Stabilitas	Flow	VI M	VMA
0%	6.25%	√	√	-	√

Tabel 3. Hasil pemeriksaan parameter Marshall

Jenis Pemeriksaan	Spesifikasi	Serat 0%	Serat 0.1 %	Serat 0.2 %	Serat 0.3%	Serat 0.4%
Stabilitas (Kg)	600	1084.68	984.59	1094.51	954.88	820.17
Flow (mm)	2 - 4.5	4.02	3.93	4.08	6	6.73
VIM (%)	4 – 5	29.07	28.87	27.84	29.35	28.8
VMA (%)	min 17	38.25	38.48	37.61	38.29	38.36

Keterangan:

- : Memenuhi Syarat
- : Tidak memenuhi syarat

Hasil pada tabel stabilitas serat selulosa eceng gondok dapat dilihat pada penambahan serat 0% didapatkan nilai sebesar 1084.68 kg, namun pada penambahan serat 0.1 % terjadi penurunan nilai stabilitas menjadi sebesar 984.59 kg. Pada penambahan serat 0.2 % stabilitas naik kembali menjadi 1094.51 kg, lalu untuk penambahan 0.3% dan 0.4% terjadi penurunan berturut-turut. Meskipun mengalami penurunan nilai stabilitas tersebut masih dapat memenuhi persyaratan dengan nilai stabilitas minimum adalah 600 kg.

Dalam tabel flow pada penambahan serat selulosa 0% didapat sebesar 4.02 mm lalu pada penambahan serat selulosa 0.1 % didapatkan sebesar 3.93 mm terjadi penurunan pada penambahan serat ini. Namun pada penambahan serat selulosa 0.2% terjadi kenaikan kembali menjadi sebesar 4.08 mm. Penambahan 0% hingga 0.2% serat selulosa nilai flow masih dalam nilai spesifikasi yang telah ditentukan yaitu 2 – 4.5 mm. Terjadi kenaikan nilai flow yang signifikan pada penambahan 0.3% dan penambahan 0.4% yakni 6 mm untuk penambahan 0.3% dan 6.73 mm untuk penambahan 0.4%.

Untuk nilai VIM pada penambahan serat selulosa ini dari penambahan 0% hingga 0.4% tidak ada yang memenuhi syarat spesifikasi. Syarat spesifikasi untuk nilai VIM yaitu 4 – 5 %.

Nilai VMA menunjukkan semakin tinggi kadar aspal akan mengakibatkan nilai VMA cenderung naik meskipun terjadi penurunan pada penambahan 0.2% serat selulosa eceng gondok. Untuk nilai VMA semua memenuhi

spesifikasi yang telah ditentukan yaitu minimum sebesar 17%.

Kadar aspal optimum adalah kadar aspal yang memberikan hasil yang memenuhi spesifikasi dari keseluruhan nilai karakteristik yang ada. Dilihat dari tabel tersebut nilai kadar aspal optimum paling tinggi berada pada penambahan serat 0.3% dan 0.4% yaitu sebesar 7 %. Penambahan kadar aspal optimum yang baik berada pada kadar serat 0.3% yakni 7% namun pada penambahan tersebut nilai flow dan VIM tidak memenuhi spesifikasi.

Setelah kadar aspal optimum parameter marshall selanjutnya adalah stabilitas. Stabilitas adalah ketahanan perkerasan menahan deformasi karena beban lalu lintas. Untuk nilai stabilitas pada pengujian ini semua memenuhi syarat spesifikasi yang telah ditentukan yakni 600 kg. Nilai stabilitas yang tinggi berada pada penambahan serat selulosa 0.2 % yaitu 1094.51 mm.

Nilai stabilitas dipengaruhi oleh bentuk, kualitas, tekstur permukaan dan gradasi agregat yaitu gesekan antar butiran agregat dan penguncian antar agregat, daya lekat dan kadar aspal dalam campuran. Penambahan kadar aspal yang terus menerus tidaklah menyebabkan nilai stabilitas semakin tinggi, karena sudah tidak efektif lagi. Kadar aspal yang terlalu tinggi menyebabkan aspal tidak dapat menyelimuti agregat dengan baik. Aspal yang berlebihan tidak mampu lagi diserap oleh rongga dalam campuran dan apabila ada beban lalu-lintas yang menambah pemadatan lapisan, mengakibatkan aspal meleleh keluar yang disebut *bleeding*.

Dapat dilihat di tabel pada penambahan serat selulosa 0.4%, stabilitas untuk kadar serat tersebut hanya 820.17 kg, hal ini dipengaruhi oleh penambahan kadar aspal optimum yang tinggi. Penambahan aspal diatas batas maksimum justru akan menurunkan stabilitas campuran itu sendiri sehingga lapis perkerasan menjadi kaku dan bersifat getas. Nilai stabilitas juga berpengaruh pada fleksibilitas lapis perkerasan yang dihasilkan.

Dengan demikian stabilitas yang tinggi dapat diperoleh dengan mengusahakan penggunaan:

1. Agregat dengan permukaan yang kasar
2. Aspal dengan penetrasi rendah
3. Aspal dengan jumlah yang mencukupi untuk ikatan butir.

Selain stabilitas, salah satu parameter marshall lainnya adalah *flow*. *Flow* adalah indikator kelenturan campuran beraspal panas dalam menahan beban lalu lintas. Nilai *flow* dipengaruhi oleh kadar aspal, viskositas aspal, gradasi agregat, jumlah dan temperatur pemadatan. Pada tabel ditunjukkan hubungan *flow* dengan nilai kadar aspal optimum yakni menunjukkan semakin tinggi nilai kadar aspal optimum maka nilai *flow* akan bertambah. Hal ini disebabkan karena bertambahnya aspal yang mengisi rongga sehingga volume rongga semakin kecil.

Rongga terisi aspal yang semakin membesar membuat rentang kelelahan aspal semakin besar, sehingga benda uji lebih mampu mengikuti perubahan bentuk sampai benda uji tersebut hancur karena pembebanan.

Nilai *flow* yang kecil menyebabkan perkerasan mudah retak tetapi besarnya nilai *flow* juga dibatasi untuk mencegah terjadi gelombang dan alur pada perkerasan, sehingga perkerasan dapat memberikan kenyamanan dan keamanan berlalu- lintas.

Hubungan antara ketahanan (stabilitas) dan kelelahan (*flow*) adalah berbanding lurus, semakin besar stabilitas maka semakin besar pula *flow*- nya dan begitu juga sebaliknya. Jadi semakin besar stabilistasnya maka aspal akan semakin mampu menahan beban, demikian juga sebaliknya. Dan jika *flow* semakin tinggi maka aspal semakin mampu menahan beban.

Pada tabel diatas juga menunjukkan nilai VIM, namun nilai VIM dalam penambahan ekstrak selulosa eceng gondok tidak ada yang memenuhi spesifikasi yang telah ditentukan yaitu 4-5%. Nilai VIM berpengaruh terhadap keawetan lapis perkerasan, semakin tinggi nilai VIM menunjukkan semakin besar rongga dalam campuran sehingga campuran bersifat porous. Hal ini mengakibatkan campuran menjadi kurang rapat sehingga air dan udara dapat mudah memasuki rongga- rongga dalam campuran yang menyebabkan aspal mudah teroksidasi sehingga menyebabkan lekatan antar butiran agregat berkurang, munculnya retak dini, pelepasan butir dan pengelupasan. VIM dapat menjadi indikator *durability* dan kemungkinan dari terjadinya *bleeding*.

Selain itu nilai VIM yang melebihi spesifikasi mengakibatkan campuran tidak kedap air. Hal tersebut dapat terjadi dikarenakan kurang tepatnya suhu pemanasan aspal, proses pemadatan dan komposisi material halus campuran tersebut pada saat proses job mix desain.

*Void in Mineral Aggregate* (VMA) adalah rongga udara antar butir agregat, termasuk rongga udara dan kadar aspal optimum yang dinyatakan dalam persen terhadap total volume. Kualitas rongga udara berpengaruh terhadap kinerja suatu campuran karena jika VMA terlalu kecil maka campuran bisa mengalami masalah durabilitas dan jika VMA terlalu besar maka campuran bisa memperlihatkan masalah stabilitas. Nilai VMA di pengaruhi oleh faktor pemadatan, yaitu jumlah dan temperature pemadatan, gradasi agregat dan kadar aspal. Nilai VMA ini berpengaruh pada sifat kekedapan campuran terhadap air dan udara serta sifat elastisitas campuran.

Untuk nilai VMA dari tabel tersebut menunjukkan nilai yang tinggi dan stabil serta masih memenuhi syarat spesifikasi VMA yaitu minimal 17%. Nilai VMA dapat ditambah dengan menyediakan rongga yang cukup untuk aspal dan VIM, yaitu dengan mengatur gradasi agregat.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

1. Kadar aspal cukup untuk memberikan kelenturan (fleksibilitas). Kelenturan atau fleksibilitas adalah kemampuan aspal untuk menyesuaikan diri akibat penurunan (konsolidasi) dan pergerakan dari pondasi dan terjadi retak. Penurunan terjadi diakibatkan dari repetisi beban lalu lintas ataupun berat sendiri dari tanah timbunan. Fleksibilitas dapat ditingkatkan dengan menggunakan kadar aspal yang tinggi. Kadar aspal yang digunakan pada pengujian ini adalah 6%, 6.5%, 7%, 7.5% dan 8%.
2. Stabilitas cukup memberikan kemampuan memikul beban sehingga tidak terjadi deformasi yang dapat merusak perkerasan jalan. Untuk nilai stabilitas pada pengujian ini semua memenuhi spesifikasi yang telah ditentukan yaitu 600 kg.
3. Kadar rongga agregat cukup memberikan ruang untuk pemadatan tambahan akibat beban lalu lintas yang berulang dan flow dari aspal. Untuk nilai VMA sendiri pada pengujian ini menunjukkan nilai yang tinggi dan stabil serta masih memenuhi syarat spesifikasi VMA yaitu minimal 17%.
4. Berdasarkan hasil pengujian penggunaan serat selulosa eceng gondok dapat disimpulkan bahwa serat selulosa tersebut memiliki pengaruh dalam stabilitas, flow dan VMA campuran bergradasi senjang.

### Saran

Untuk nilai flow dan VIM yang tidak memenuhi nilai spesifikasi yang telah ditetapkan maka disarankan untuk penelitian selanjutnya komposisi pada material agregat halus No. 200 dalam proses job mix desain harus ditambah yakni dari 12% menjadi 15%. Selain itu disarankan juga dalam penggunaan serat

eceng gondok, serat harus disebarakan secara merata agar dapat mengikat aspal lebih maksimal.

### DAFTAR PUSTAKA

- Blazejowski, Krzysztof. (2011). *Stone Matrix Asphalt, Theory and Practice*. New York: CRC Press.
- Bina Marga. (2010) *Spesifikasi Umum*, Semarang: Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga.
- Gregorius Lake, Aloysius, Ludfi, D & Yulvi, Z. (2010). *Kinerja Campuran Split Mastic Asphalt Dengan Beberapa Material Dari Kalimantan*. Jurnal Rekayasa Sipil, Jurusan Teknik Sipil Universitas Brawijaya Malang.
- Gunawan, P. dan Sahwalita. (2007). *Pengolahan Eceng Gondok sebagai Bahan Baku Kertas Seni*. Medan: Balai Litbang Kehutanan Sumatera.
- Marbun, O. (2017). *Penggunaan Serat Rami Untuk Meningkatkan Kadar Aspal Dalam Campuran Aspal Bergradasi Senjang*. Skripsi. Politeknik Negeri Samarinda.
- Nopiyanto. (2008). *Karakteristik Marshall Menggunakan Aspal Retona Blend 55 Dengan Variasi Waktu Pengadukan Campuran*. Skripsi Teknik Universitas Riau Tanjung Pinang.
- Suaryana, N. (2012). *Kajian Material Stone Matrix Asphalt Asbuton Berdasarkan Kriteria Deformasi Permanen*. Jurnal Jalan – Jembatan, Pusat Litbang Jalan dan Jembatan.
- Sukirman, S. (1992). *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Bandung: Penerbit Nova.
- SNI 8129:2015. (2015). *Spesifikasi Stone Matrix Asphalt*.
- SNI 03-1968-1990. (1990). *Cara Uji Analisa Saringan*.

- SNI 1969:2008. (2008). *Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar.*
- SNI 1970:2008. (2008). *Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus.*
- SNI 03-2531-1991. (1991). *Berat Jenis Semen.*
- SNI 2456:2011. (2011). *Penetrasi Aspal.*
- SNI 2434:2011. (2011). *Titik Lembek Aspal.*
- SNI 2432:2011. (2011). *Daktilitas Aspal.*
- SNI 2441:2011. (2011). *Berat Jenis Aspal.*