

ANALISIS INDEKS *WORKABILITY* PADA DASPAL (DAMAR ASPAL) JABUNG SEBAGAI BAHAN PENGIKAT PERKERASAAN JALAN PENGGANTI ASPAL KONVENSIONAL

Ahmad Baihaqi¹⁾, Ary Setyawan²⁾, Djumari³⁾,

¹⁾Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret,

^{2), 3)}Pengajar Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret.

Jln. Ir. Sutami 36 A, Surakarta 57126; Telp. 0271-634524.

E-mail : ahmad_baihaqi19@ymail.com

Abstract

The raise of traffic activity will be followed by the development of the highway construction in order to fulfill the need of the course. Nowadays oil asphalt material still often used in the rigid pavement, but Asphalt as Natural Resource is included limited renewable material. In here Daspal is used as alternative materials to replace Conventional asphalt as binding-material. The purpose of this research is to find out does Damar latex has good workability index application on the field. This method uses modified and improved method of Cabrera and Zoorob. The trial testing is done by measuring the decrease of elevation each interval collision (15 collisions) to achieve porosity and IW, In four different mixtures variation and composition. The use of daspal level is started from 8%-12% with 1 % range daspal level using manual compactor device. The result of analysis workability index in the mixture of concrete asphalt (Laston) with the binding material Daspal (*damar aspal*) are described: A variation at level 8%; 9%; 10%; 11%' 12%, is 5.348; 4.800; 4.644; 5.652; 5.666; B variation level 8%, 9%, 10%, 11%, and 12% is 6.956; 6.896; 5.463; 5.579; 4.240; C variation 8%, 9%, 10%, 11%, and 12% is 6.707; 6.707; 4.644; 7.703; 7.255; D variation 8%, 9%, 10%, 11%, and 12% is 4.464, 7.125, 6.635, 13.676, 15.987, meanwhile WI value in the mixture of binding material asphalt 5%, 5.5%, 6%, 6.5%, and 7%, is 2.25%, 3.23%, 3.01%, 3.39%, 4.59%. The analyses between WI daspal and WI asphalt with 60/70 penetration show that the WI daspal is higher.

Key words : damar asphalt (daspal), Workability index, alternative materials.

Abstrak

Seiring meningkatnya volume kendaraan akan di ikuti dengan pembangunan jalan raya yang terus meningkat. Saat ini bahan material aspal minyak digunakan dalam pembuatan perkerasan jalan raya, akan tetapi sumber daya alam aspal merupakan bahan material yang tidak dapat diperbarui dan terbatas. *Daspal* disini sebagai material alternatif pengganti aspal konvensional yang berfungsi sebagai bahan pengikat. Tujuan penelitian ini untuk menganalisa apakah *daspal* cukup memiliki Indeks *Workability* yang baik dalam penerapan pengerjaan dilapangan. Penelitian ini menggunakan metode Cabrera dan Zoorob yang telah di modifikasi dan di kembangkan. Pengujian yang dilakukan adalah pengukuran penurunan ketinggian tiap interval penumbukan (15 tumbukan) untuk mendapatkan porositas dan *WI* pada empat variasi dengan komposisi campuran yang berbeda. Kadar *daspal* mulai 8% -12% dengan interval 1 % menggunakan alat manual compactor. Hasil analisis nilai Indeks *Workability* pada campuran aspal concrete (Laston) dengan bahan pengikat damar aspal (*Daspal*) di deskripsikan: variasi A kadar 8%; 9%; 10%; 11%, dan 12%, adalah sebesar 5,348; 4,800; 4,644; 5,652; 5,666 untuk variasi B kadar 8%; 9%; 10%; 11%, dan 12%, adalah sebesar 6,956; 6,896; 5,463; 5,579; 4,240 pada variasi C 8%; 9%; 10%; 11%, dan 12%, adalah sebesar 6,707; 6,707; 4,644; 7,703; 7,255 dan variasi D 8%; 9%; 10%; 11%, dan 12%, adalah sebesar 4.464; 7.126; 6.635; 13.676; 15.987, sedangkan pada nilai *WI* campuran bahan pengikat aspal 5%; 5,5%; 6%; 6,5%, dan 7% adalah sebesar 2,25; 3,23; 3,01; 3,39; 4,59. Analisa antara *WI* pada *daspal* dengan *WI* aspal penetrasi 60/70, menunjukkan daspal memiliki nilai *WI* yang lebih tinggi

Kata kunci : damar aspal (Daspal), Indeks Workabilitas, Bahan Alternatif.

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan sebuah Negara kepulauan dengan jumlah penduduk terbesar ke 4 di dunia, dan diprediksikan akan terus meningkat seiring berjalannya waktu, pesatnya pertumbuhan penduduk yang begitu besar akan berdampak pada besarnya tingkat perjalanan yang ada. Hal ini pun otomatis di ikuti dengan pembangunan-pembangunan yang akan terus meningkat guna memenuhi keperluan perjalanan tersebut, salah satu kontribusi yang diberikan oleh pemerintah ialah dalam hal pembangunan Jalan raya. Tentunya pembangunan tersebut perlu diikuti dengan kualitas perkerasan jalan yang baik. Menanggapi hal tersebut penulis mencoba menyimpulkan kebutuhan anggaran yang diberikan oleh pemerintah sebaiknya memenuhi anggaran yang diperlukan, karna hal ini tentunya akan berdampak pada kinerja Kementrian PU dalam memenuhi pembangunan Struktur dan Infrastruktur di Indonesia. Penggunaan anggaran, salah satunya untuk pembangunan jalan-jalan di sejumlah daerah yang ada di Indonesia, pembangunan Struktur dan Infrastruktur yang ada di Indonesia pada umumnya menggunakan perkerasan lentur, dengan begitu tentunya pembelanjaan pembanguan tersebut tidak terlepas pada salah satu bahan material yang terdapat di perkerasan lentur yaitu aspal. Saat ini anggaran Negara masih memenuhi kebutuhan belanja akan aspal, tetapi permasalahan besarnya adalah sumber daya alam yang tersedia di bumi yaitu aspal merupakan bahan material yang tidak dapat diperbarui dan terbatas, sehingga sampai saat ini masih terus dilakukan eksplorasi energi atau inovasi guna menanggapi perihal tersebut. Dengan demikian Hal tersebut tentunya selain menjadikan tantangan besar demi memenuhi kebutuhan di masa depan, Karena seiring dengan menipisnya sumber daya alam khususnya pada aspal minyak hal ini akan cenderung mempengaruhi nilai ekonomi saat ini dan kedepan, mengacu pada prinsip ekonomi semakin langka atau terbatas suatu *Energi*, maka nilai ekonomi yang ada pada benda tersebut akan semakin mahal, dan secara otomatis anggaran yang dibutuhkan menjadi semakin tinggi khususnya karena faktor pembelanjaan aspal itu sendiri.

LANDASAN TEORI

Workability merupakan cerminan yang dapat menjelaskan tentang proses pencampuran dan pemadatan sehingga nantinya dapat menjadi sebuah tolok ukur kemudahan dalam pengerjaan penghamparan. Dalam pencampuran yang tidak baik tentunya akan mempersulit pada proses pemadatan, sehingga rentan akan kerusakan perkerasan lentur dan dapat mengakibatkan permeabilitas yang secara otomatis akan mempercepat oksidasi, sehingga umur rencana pada perkerasan jalan raya tidak dapat diperhitungkan dengan tepat sehingga jauh dari angka valid dalam perencanaan. Untuk itu dapat disimpulkan suatu perkerasan jalan raya yang memiliki kualitas baik dalam berbagai aspek tidak cukup ditinjau dari bahan material yang sudah memenuhi SNI akan tetapi salah satunya adalah dari proses pencampuran dan pemadatan (*workability*). Rendahnya *workability* dari campuran akan menyulitkan dalam pemadatan dan pelaksanaan. Retak melintang yang tertinggal pada permukaan yang mengeras merupakan karekteristik dari campuran yang kurang *workable* (Stephen brown, 1990). Menurut Cabrera dan Dixon dalam bambang I. S., dkk (2005) memberikan pengukuran workabilitas dengan *workability indeks (WI)* yang merupakan invers dari nilai porositas campuran pada periode yang sama dengan nol. Mereka pun menambahkan dari pengalaman dilapangan campuran yang memiliki kurang atau lebih kecil dari 6, menunjukkan sulitnya pemadatan dilapangan. Berikut adalah metode perhitungan dalam *Workability Index*, Dapat diperhatikan beberapa persamaan yang digunakan yaitu:

- Perhitungan Volume Campuran Tiap Periode Penumbukan(V_i)

Persamaan yang dipakai yaitu

$$V_i = \frac{d^2}{4} \times \pi \times h_i \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan : V_i = Volume campuran tiap periode penumbukan (cm^3)

H_i = Tinggi campuran pada tiap periode penumbukan (cm)

d = Diameter cetakan benda uji (cm)

- Perhitungan Kepadatan Campuran Tiap Periode Penumbukan (D_i)

Persamaan yang dipakai yaitu

$$D_i = \frac{W_a}{V_i} \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan : D_i = Kepadatan campuran tiap periode penumbukan (gram/cm³)

W_a = Berat campuran diudara (gram)

- 2.8.4. Perhitungan Berat Jenis Campuran (SG)

Persamaan yang dipakai yaitu

$$SG = \left(\frac{100}{\frac{P_{wa}}{SG_a} + \frac{P_{ws}}{SG_s} + \frac{P_{wf}}{SG_f} + \frac{P_{wb}}{SG_b}} \right) \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan : P_w = Persentase berat dalam campuran (%)

a = Agregat kasar (*coarse aggregate*)

s = Pasir (*sand*)

f = Bahan pengisi (*filler*)

b = Aspal (*bitumen*)

- Perhitungan Porositas Campuran Tiap Periode Penumbukan (P_i)

Persamaan yang dipakai yaitu

$$P_i = \left(1 - \frac{D_i}{SG} \right) \times 100 \dots\dots\dots(2.4)$$

Keterangan : P_i = Porositas total tiap periode penumbukan (%)

SG = Berat jenis campuran

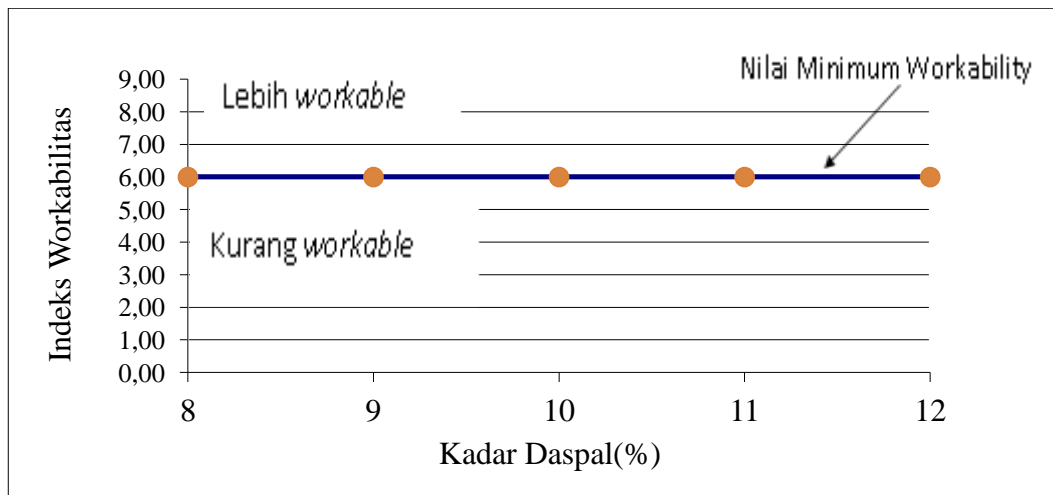
- Perhitungan *Workability Index* (W.I.)

Nilai *workability Index* adalah invers dari nilai A.

Keterangan:

W.I = *Workability Index*

A = Perpotongan terhadap sumbu y



Gambar 2.1. Standar Indeks *Workability* menurut Cabrera and Dixon

METODE PENELITIAN

Dalam mencari nilai *workability* cara yang digunakan dengan memodifikasi dari metode yang dikembangkan oleh Cabrera dan Zoorob. Metode penelitian yang dikembangkan oleh Cabrera dan Zoorob menggunakan alat Gyrotory Testing Machine (GTM). Kondisi pemadatan dengan GTM ialah sebagai berikut:

- a) Tekanan Vertikal 0,7 mpa
- b) Jumlah penggilasan atau pemadatan : 30
- c) Sudut gravitasi : 1°

Pemadatan yang akan didapatkan berbanding lurus dengan yang akan dihasilkan 50 tumbukan melalui alat pemadat marshall. Pada pengujian *workability* untuk memperhitungkan Ketinggian campuran pada tahap pemadatan dilakukan GTM setiap interval 5 kali.

Dengan menggunakan modifikasi terhadap metode yang telah dikembangkan oleh Cabrera dan Zoorob untuk pengujian ini. Pengujian menggunakan cetakan benda uji yang sama dalam pembuatan benda uji marshall dan pemadatan dilakukan dengan alat manual *compactor* untuk marshall. Dalam Cara pemadatan benda uji dipadatkan sebanyak 5 interval setiap sisi dengan jumlah keseluruhan tumbukan tiap interval ialah 15 kali. Pada sisi atas dan sisi bawah dilakukan sebanyak 5 interval dengan keseluruhan tumbukkan 75 kali. Untuk pengukuran ketinggian dilakukan terhadap 4 sisi yang berbeda, yang kemudian diambil nilai rata-rata dari 4 sisi tersebut.

3.1. Metode Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini dibutuhkan 2 data dan cara mengolah data yang tepat untuk menghasilkan nilai *workability*, yaitu:

- a) Data yang digunakan:
 - Data primer didapatkan dari hasil pengujian *workability* dengan ketentuan dan aturan yang telah ditetapkan didalam proses pengerjaan sehingga menghasilkan data yang akurat. Data yang diperoleh meliputi volume tiap interval tumbukan, dan berat jenis campuran serta nilai porositas. Cara pengambilan data tersebut mengacu pada, *Performance and durability of bituminous materials (J.G.Cabrera, 1996)*.
 - Data sekunder dalam penelitian ini didapatkan dari hasil penelitian mahasiswa universitas sebelas maret, Muhammad Fachri Nasution dengan judul "*Studi Karakteristik Damar Aspal Berdasarkan Penetration Grade Dibandingkan dengan Aspal Pertamina dan Asbuton*" sebagai acuan tahapan penelitian berikutnya.

- Data sekunder lainnya diperoleh melalui hasil penelitian Wahyu Prihantono dengan judul “Analisis Indeks *Workability* Pada Campuran *Hot Rolled Asphalt (HRA)* dengan *Filler Abu Batu dan Abu Vulkanik Gunung Merapi*”, data digunakan untuk menganalisa nilai indeks *workability* pada daspal dengan nilai indeks *workability* bahan pengikat aspal minyak.

b) Pengolahan data:

Tabel 3.1. Komposisi Campuran pada Daspal :

Variasi	Kadar Campuran			
	Damar(gram)	Serbuk Bata Merah (gram)	Minyak Goreng Curah (gram)	Jumlah sampel
A	300	300	145	15
B	400	200	155	15
C	450	150	170	15
D	600	-	225	15

Seperti yang telah dijelaskan dalam tabel diatas, didalam penelitian ini, peneliti membuat benda uji sebanyak 60 sampel dengan bahan pengikat *daspal*, pada empat variasi yang berbeda.

Data tersebut kemudian akan dianalisa melalui nilai *workability* yang didapat dari pengujian, bagaimana *workability* pada aspal concrete berbahan pengikat *daspal* dan nilai *workability* yang dimiliki oleh aspal minyak emulsi, melalui data yang didapatkan dari penelitian sebelumnya. Hal tersebut akan coba dijelaskan dalam penelitian ini. Untuk itu penulis berharap penelitian ini dapat memberikan manfaat tentang nilai *workability* pada daspal, sehingga dapat dikaji lebih jauh.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini Agregat yang digunakan didapat dari PT.Panca Dharma. Agregat yang diuji dalam laboratorium perkerasan jalan adalah *medium aggregate (MA)*, dan *natural sand (NS)*. Bentuk agregat yang didapat dari PT.Panca Dharma bersudut (*cubical*), tekstur permukaan yang cukup kasar dan telah memenuhi dari standart pemeriksaan. Hasil pemeriksaan agregat disajikan pada Tabel 4.1.dan 4.2. Sebagai berikut:

Tabel 4.1. Hasil Pemeriksaan *Medium Aggregate (MA)*

No	Jenis Pemeriksaan	Hasil	Satuan	Spesifikasi
1	Penyerapan	2,219 %	%	maks.3%
2	Berat jenis <i>bulk</i>	2,614 gr/cc	gr/cc	min.2,5 gr/cc
3	Berat jenis SSD	2,672 gr/cc	gr/cc	min.2,5 gr/cc
4	Berat jenis <i>apparent</i>	1,553 gr/cc	gr/cc	-

Tabel 4.2. Hasil Pemeriksaan *Natural Sand* (NS)

No	Jenis Pemeriksaan	Hasil	Satuan	Spesifikasi
1	Penyerapan	1,543 %	%	maks.3%
2	Berat jenis <i>bulk</i>	3,447 gr/cc	gr/cc	min.2,5 gr/cc
3	Berat jenis SSD	2,708 gr/cc	gr/cc	min.2,5 gr/cc
4	Berat jenis <i>apparent</i>	2,784 gr/cc	gr/cc	-

Sumber:PT.Panca Dharma

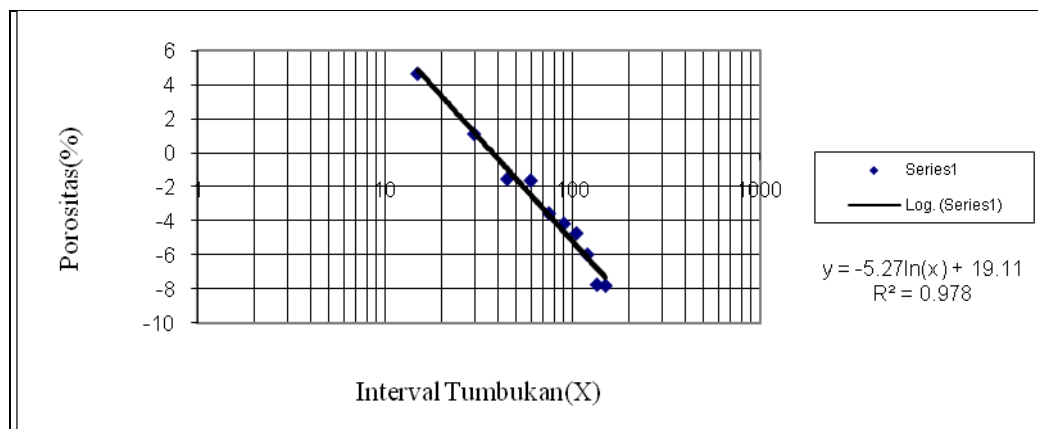
4.2.1. Hasil Pemeriksaan Indeks *Workability* Daspal

Hasil yang disajikan pada Tabel 4.4. berikut ini merupakan salah satu pemeriksaan dan pengujian dari benda uji menggunakan bahan pengikat daspal yang digunakan sebagai bahan pengganti aspal konvensional. Hasil perhitungan secara rinci dan lengkap untuk benda uji lainnya dapat dilihat pada Lampiran.

4.3. Analisis Data Penelitian Indeks *Workability*

4.3.1. Kurva Aproksimasi Hasil Penelitian Dengan *Daspal*

Hasil dari transformasi dapat dilihat pada Gambar 4.3. yang disajikan berikut:



Gambar 4.3. Grafik Hubungan antara Jumlah Tumbukan (*i*) dengan Porositas

(*Pi*) dengan Metode Transformasi Sederhana.

Melalui penelitian data yang didapatkan, data di olah untuk dijadikan grafik yang menunjukkan hubungan antara Porositas (*Pi*) dengan Interval tumbukan (*i*).

Pengeplotan hasil penelitian merupakan hubungan linier dari persamaan:

Keterangan : A, B konstan

A = Perpotongan terhadap sumbu y

B = Kemiringan garis

I = Interval penumbukan

Dari grafik yang diplotkan didapatkan persamaan sebagai berikut ini

$$P_i = 19,1173 - 5,273 \log(i)$$

Dari grafik yang diperoleh didapatkan nilai A yang akan dipakai dalam perhitungan indeks workabilitas. Nilai *Workability Index* merupakan invers dari nilai A.

Perhitungan *Workability Index* disajikan sebagai berikut ini:

$$W.I. = \left(\frac{1}{A} \right) \times 100$$

Keterangan : *W.I.* = *Workability Index*

A = Perpotongan terhadap sumbu y

Perhitungan dapat disajikan sebagai berikut ini:

$$W.I. = \left(\frac{1}{A} \right) \times 100$$

$$W.I. = \left(\frac{1}{19,1173} \right) \times 100$$

$$W.I. = 5,2308$$

Hasil perhitungan Indeks *Workability* menggunakan bahan pengikat Daspal dengan masing-masing kadar daspal disajikan pada Tabel 4.4. sebagai berikut:

Tabel 4.4. Rekapitulasi Nilai Indeks *Workability* pada Daspal

Kadar (%)	WI Daspal				Kadar (%)	WI Aspal*
	Variasi A	Variasi B	Variasi C	Variasi D		
8	5,348	7,239	9,524	4,464	5	2,253
9	4,800	6,896	7,430	7,126	6	3,234
10	4,644	5,026	9,245	6,634	7	3,007
11	5,652	5,579	7,399	13,676	8	3,389
12	5,666	4,240	6,625	15,987	9	4,587
x_{rt}	5,222	5,796	8,045	9,577	x_{rt}	3,294

* hasil penelitian Wahyu Prihantono dengan judul “Analisis Indeks *Workability* Pada Campuran *Hot Rolled Asphalt (HRA)* Dengan *Filler* Abu Batu Dan Abu Vulkanik Gunung Merapi”

SIMPULAN

Nilai *Workability Index* pada campuran aspal concrete (Laston) dengan bahan pengikat damar aspal (*Daspal*) variasi A kadar 8%; 9%; 10%; 11%, dan 12%, adalah sebesar 5,348; 4,800; 4,644; 5,652; 5,666 untuk variasi B kadar 8%; 9%; 10%; 11%, dan 12%, adalah sebesar 6,9562; 6,8955; 5,4633; 5,5789; 4,2402 pada variasi C 8%; 9%; 10%; 11%, dan 12%, adalah sebesar 6,7069; 6,7072; 4,644; 7,7030; 7,2547 dan variasi D 8%; 9%; 10%; 11%, dan 12%, adalah sebesar 4.4641; 7.1256; 6.6345; 13.6758; 15.9872. Sedangkan pada nilai *WT* campuran bahan pengikat aspal 5%; 5,5%; 6%; 6,5%, dan 7% adalah sebesar 2,25; 3,23; 3,01; 3,39; 4,59. Jika dianalisa antara *WT* pada *daspal* dengan *WT* aspal minyak pen 60/70, *daspal* memiliki nilai *WT* yang lebih tinggi berdasarkan standar yang diberikan oleh Cabrera and Dixon yaitu 6. Grafik hubungan antara kadar *daspal* dengan *Workability Index (WT)* yang dihasilkan oleh variasi A, variasi B, variasi C dan variasi D menunjukkan adanya perbedaan dalam nilai *WT*, hal ini dikarenakan komposisi campuran pada setiap variasi tersebut memiliki perbedaan. Jika ditinjau pada variasi A dan variasi D, grafik yang digambarkan menunjukkan adanya peningkatan pada setiap hubungan antara kadar *daspal* dengan *WT*, sedangkan pada variasi B dan variasi C, grafik yang digambarkan menunjukkan mengalami penurunan pada setiap hubungan antara kadar *daspal* dengan *WT*.

REKOMENDASI

Diharapkan adanya penelitian lanjutan tentang topik ini, dengan memberikan kadar *daspal* dengan *range* 0.5% pada tiap benda uji dan melakukan penguncian pada bahan material di tiap variasi yang direncanakan agar hasil penelitian dapat lebih mengarah kepada hasil akhir yang diinginkan.

Pembuatan benda uji sebaiknya menggunakan alat *compactor Automatic* karena konsisten tekanan yang akan diberikan alat tersebut akan memberikan kualitas pemadatan yang lebih baik sehingga data yang akan dihasilkan akan lebih valid.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih saya ucapkan kepada bapak Ir. Ary setyawan, MSc, Ph.D dan bapak Ir. Djumari, MT, serta kelompok *daspal* yang senantiasa memberikan bimbingan selama penelitian.

REFERENSI

Aminah, Siti, 2010. "Bilangan Peroksida Minyak Goreng Curah dan Sifat Organoleptik Tempe Pada Pengulangan Penggorengan". Jurnal Pangan dan Gizi Vol. 01 No. 01 Tahun 2010 Universitas Muhammadiyah Semarang, Semarang.

Anonim, 1998, *Departemen Pekerjaan Umum – Direktorat Jendral Bina Marga, Spesifikasi*, Jakarta.

Anonim, 2010. "Modul Laporan Praktikum Material Jalan Raya". Diploma Teknik Sipil Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Anonim, 2014. "Bioasphalt Binder". [Online], Avello® Bioenergy. Tersedia pada tautan: http://www.avellobioenergy.com/en/products/bioasphalt_binder/ (terakhir diakses pada 08 Juli 2014).

Anonim, 2014. "Modul Laporan Perkerasan Jalan Raya". Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta, Surakarta.

Anonim, 2014. "Para (Pohon)". Wikipedia Bahasa Indonesia, Ensiklopedia Bebas. Tersedia pada tautan: http://id.wikipedia.org/wiki/Para_pohon (terakhir diakses pada 02 September 2014).

Aria, Pingit, 2013. "Indonesia Bebas Minyak Goreng Curah 2015". [Online], tayang pada: Kamis, 14 November 2013. Tersedia pada tautan: <http://www.tempo.co/read/news/2013/11/14/090529701/Indonesia-Bebas-Minyak-Goreng-Curah-2015> (terakhir diakses pada 08 Juli 2014).

A. Jennings, Aaron dan R. Hill, Daniel, 2011. "Bioasphalt from Urban Yard Waste Carbonization". Ohio Department of Transportation Office of Research and Development.

- Belajar Bersama, 2013, Perkerasan Lentur (kerusakan pada perkerasan lentur), www.belajarbersama-perkerasanlentur.com
- Cabrera, J.G. and Zoorob, S.F., 1996, *Performance and Durability of Bituminous Materials. Civil Engineering Material Unit, Department of Civil Engineering, University of Leeds. Leeds.UK.*
- Departemen pekerjaan umum. 1987 Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya Dengan Metode Analisa Komponen. Jakarta. Departemen Pekerjaan Umum
- Detik finance, 2014, Negara Dengan Penduduk Terbanyak di Dunia, RI Masuk 4 Besar, www.belajarbersama-perkerasanlentur.com
- Direktorat Paten, 2012. "Berita Resmi Paten Nomor 372 Tahun ke 22". Direktorat Jenderal Hak Kekayaan Intelektual Kementerian Hukum Dan Hak Asasi Manusia R.I., Tangerang.
- Handayani, Sri, 2010. "Kualitas Batu Bata Merah dengan Penambahan Serbuk Gergaji". Jurnal Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Negeri Semarang Nomor 1 Volume 12, Semarang.
- Harold, N. Atkins., 1997, *Highway Materials, Soils and Concretes, 3th Edition Prentice Hall, New Jersey.*
- Mulyono, Noryawati dan Apriyantono, Anton, 2004. "Sifat Fisik, Kimia dan Fungsional Damar". Jurnal Teknologi Pangan dan industri pangan Vol. XV, No.3 Tahun 2004 Intitut Pertanian Bogor, Bogor.
- Panitia Teknik Standardisasi Bidang Prasarana Transportasi, 1989. "SNI 03-1737-1989 Tata Cara Pelaksanaan Lapis Aspal Beton (Laston) Untuk Jalan Raya". Badan Standardisasi Nasional.
- Panitia Teknik Standardisasi Bidang Prasarana Transportasi, 1990. "SNI 03-1968-1990 Metode Pengujian Tentang Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar". Badan Standardisasi Nasional.
- Panitia Teknik Standardisasi Bidang Prasarana Transportasi, 1990. "SNI 03-1969-1990 Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar". Badan Standardisasi Nasional.
- Panitia Teknik Standardisasi Bidang Prasarana Transportasi, 1990. "SNI 03-1970-1990 Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus". Badan Standardisasi Nasional.
- Panitia Teknik Standardisasi Bidang Prasarana Transportasi, 1991. "SNI 06-2441-1991 Metode Pengujian Berat Jenis Aspal Padat". Badan Standardisasi Nasional.
- PU-net, 2013, Rencana Anggaran Biaya Untuk Kementrian PU pada tahun 2013 dan 2014, www.rakerkomisivetujuiRAPBN2014kementrian.com
- Rahman, Harmein. (2010): Laporan Disertasi, Evaluasi Model Modulus Bitumen Asbuton Dan Modulus Campuran Yang Mengandung Asbuton, Insitut Teknologi Bandung.
- Sukirman, Silvia, 1995. "Perkerasan Lentur Jalan Raya". Penerbit Nova, Bandung.
- Wahyu Prihantono, 2012. "Analisis Indeks *Workability* Pada Campuran *Hot Rolled Asphalt (Hra)* Dengan *Filler* Abu Batu Dan Abu Vulkanik Gunung Merapi". Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Wikipedia, 2014, metode penelitian, www.metode-penelitian-wikipedia-bahasa-Indonesia.com