

ISBN 978-602-18555-3-9



PROSIDING

FORUM STUDI TRANSPORTASI ANTAR-PERGURUAN TINGGI

Kumpulan makalah yang dipresentasikan pada **SIMPOSIUM INTERNASIONAL FSTPT KE-16** di Universitas Muhammadiyah Surakarta, 1 - 3 November 2013 dengan topik:

Ekonomi dan Kelayakan Transportasi

Transportation Feasibility and Economics

Transportasi Barang dan Logistik

Freight and Logistics Transportation

Manajemen Prasarana Transportasi

Transportation Infrastructure Management

Manajemen dan Rekayasa Jalan Raya serta Beban Berlebih

Highway Engineering, Road Management, and Overloading

Bahan dan Desain Perkerasan, serta Karakteristik Tanah Dasar

Pavement Materials, Pavement Design, and Subgrade Characteristics

Rembesan, Banjir, dan Kerusakan Jalan

Seepage, Flood, and Road Deterioration

Transportasi Berkelanjutan, Lingkungan, Energi, dan Keselamatan

Sustainable Transportation, Environment, Energy, and Safety

Aspek Kebijakan, Institusional, Standar, dan Hukum dalam Transportasi

Policy, Institutional, Standards, and Legal Aspects of Transportation

Transportasi dan Manajemen Kebencanaan

Transportation and Disaster Management

Aspek Psikologis, Kesehatan, Sosial, dan

Penegakan Hukum dalam Transportasi

Psychological, Health, Social Aspects, and Law Enforcement in Transportation

Teknologi Informasi dan Komunikasi dalam Transportasi

Information and Communication Technology in Transportation



DAFTAR ANGGOTA KOMITE ILMIAH FSTPT

- Prof. Dr-Ing. Ir. Ahmad Munawar, M.Sc. (Universitas Gadjah Mada)
Ir. Leksmono S. Putranto, M.T., Ph.D. (Universitas Tarumanagara)
Prof. Dr. Ir. Agus Taufik Mulyono, MT. (Universitas Gadjah Mada)
Prof. Dr. Ir. Siti Malkhamah, M.Sc. (Universitas Gadjah Mada)
Prof. Ir. Erika Buchari, M.Sc., Ph.D. (Universitas Sriwijaya)
Prof. Dr. Sugeng Wiyono (Universitas Islam Riau)
Dr. Latif Budi Suparma (Universitas Gadjah Mada)
Prof. Dr. Ade Sjafruddin (Institut Teknologi Bandung)
Ir. Achmad Wicaksono, M.Eng, Ph.D. (Universitas Brawijaya)
Ir. Ludfi Djakfar, MSCE, Ph.D. (Universitas Brawijaya)
Dr. Eng. Syafii (Universitas Sebelas Maret)
Dr. Jachrizal Soemabrata (Universitas Indonesia)
Dr. Ary Setyawan (Universitas Sebelas Maret)
Dr. Muhammad Isya (Universitas Syiah Kuala)
Dr. Sofyan Saleh (Universitas Syiah Kuala)
Dr. Didin Kusdian (Universitas Sangga Buana)
Dr. Sulisty Arintono (Universiti Putra Malaysia)
Prof. Dr. Budi Hartanto Susilo (Universitas Kristen Maranatha)
Dr. A. Caroline Sutandi (Universitas Katolik Parahyangan)
Dr.Eng. Iman Haryanto (Universitas Gadjah Mada)
Dr. Purnawan (Universitas Andalas)
Dr. Ir. La Ode Muh. Magribi, MT. (Universitas Sulawesi Tenggara)
✓ Dr. Sri Sunarjono (Universitas Muhammadiyah Surakarta)
Dr. Tri Basuki Joewono (Universitas Parahyangan)
Dr. Miftahul Fauziah (Universitas Islam Indonesia)
Dr. Rahayu Sulistyorini, S.T., M.T. (Universitas Lampung)
Dr. P. Alit Suthanaya (Universitas Udayana)
Dr. D.M. Priyantha Wedagama (Universitas Udayana)
Dr. Aine Kusumawati (Institut Teknologi Bandung)
Dr. Endang Widjajanti (Institut Sains dan Teknologi Nasional)
Dr. Sony S Wibowo (Institut Teknologi Bandung)
Dr. Muslich Hartadi Sutanto (Universitas Muhammadiyah Surakarta)
Dr.Eng., Ir. Joni Arliansyah, MS. (Universitas Sriwijaya)
Dr. Ari Sandhyavitri (Universitas Riau)
Dr. Ir. Bambang Haryadi, M.Sc. (Universitas Negeri Semarang)
Dr. Ir. Najid, M.T. (Universitas Tarumanagara)
Dr. Lieke E.N. Waluyo (Universitas Gunadarma)
Dr. Taslim Bahar (Universitas Tadulako)
Ir. Hera Widyastuti, M.T., Ph.D. (Institut Teknologi 10 November)
Dr. Gito Sugiyanto, S.T., M.T. (Universitas Jenderal Soedirman)
Dr. Renn Anggraini (Universitas Syiah Kuala)
Dr. Bagus Hario Setiadji, S.T., M.T. (Universitas Diponegoro)
Dr. Hendro Prawobo (Universitas Gunadarma)
Dr. Muhammad Isran Ramli (Universitas Hasanuddin)
Dr. Sumarni Hamid Aly (Universitas Hasanuddin)
Dr. Eri Susanto Hariadi (Institut Teknologi Bandung)
Dr. Mudjiastuti Handajani (Universitas Semarang)
Dr. Nyoman Budiarta (Universitas Udayana)
Dr. Zainal Arifin (Universitas Negeri Yogyakarta)
Dr. Imam Muthohar, ST., MT. (Universitas Gadjah Mada)

Dr. Nick Thorn

Alamat Redaksi/Penerbit:

Pusat Studi Transportasi dan Logistik
Universitas Gadjah Mada
Jl. Kemuning M-3, Skip
Sleman, Yogyakarta 55284
Telp. (0274) 556928 Fax (0274) 552229
Email: fstpt_list@yahoo.com
Website: www.fstpt.or.id

Penanggung jawab:

Ketua Forum Studi Transportasi antar Perguruan Tinggi

ANALISIS METODE PENYELESAIAN MATRIKS TRANSISI PROBABILITAS MARKOV UNTUK SISTEM MANAJEMEN PERKERASAN Rismanto, Aloysius Tjan, Ferry Jaya Permana	361
KAJIAN TEKNIS CAMPURAN OPEN GRADED ASPHALT (OGA) DENGAN BAHAN TAMBAH POLYETHYLENE TEREPHTHALATE TERHADAP KARAKTERISTIK MARSHALL DAN KECEPATAN REMBESAN AIR Mirani Agnest Saputri, Jainal, Desriantomy	370
ANALISIS MODEL RETAK LELAH UNTUK DESAIN STRUKTUR PERKERASAN BERDASARKAN METODE MEKANISTIK-EMPIRIS Fera Fitri Salsabila, Djunaedi Kosasih	378
ANALISIS MODULUS CAMPURAN BERASPAL DALAM STRUKTUR PERKERASAN BERDASARKAN METODE MEKANISTIK-EMPIRIS Ranna Kurnia, Djunaedy Kosasih	387
KINERJA BETON ASPAL DENGAN SUBSTITUSI LIMBAH RECLAIMED ASPHALT PAVEMENT Rina Setianingrum, Sora Dewi Pusvita, Eva Azhra Latifa	394
PERBANDINGAN DESAIN PERKERASAN KAKU LANDASAN PESAWAT UDARA DENGAN MENGGUNAKAN PROGRAM AIRFIELD DAN R805FAA Gistya Gemma Rahayu S.B., Djunaedi Kosasih	402
TEST MICROSTRUCTURE PERMEABLE PAVEMENT USED DOMATO STONE AS LOCAL MATERIAL FROM BANGGAI ISLAND WITH ADEDTIVE BNA BLAND PERTAMINA Firdaus Chairuddin, Wihardi Tjaronge, Muhammad Ramli, Johannes Patanduk	412
ANALISIS MODULUS TANAH DASAR DALAM DESAIN PERKERASAN BERDASARKAN METODE MEKANISTIK Silvanus Nohan Rudrokasworo, Djunaedi Kosasih	422
FOAMED BITUMEN STRUCTURE Sri Sunarjono, Nyamadi	430
ANALISIS PENGARUH SUHU PERKERASAN TERHADAP UMUR PELAYANAN JALAN DENGAN MENGGUNAKAN METODE ANALITIS (STUDI KASUS JALAN TOL SEMARANG) Nola Riwiwobo, Sri Sunarjono, Sri Widodo, Muslich Hartadi Sutanto	438
PENGARUH VARIASI SUHU PENCAMPURAN DAN PEMADATAN CAMPURAN BERASPAL PANAS MENGGUNAKAN ASPAL RETONA BLEND 55 Leo Sentosa, Yosi Alwinda, Elianora, Joko Susilo	446
PENINGKATAN KEPADATAN SEBAGAI UPAYA MENAIKKAN MODULUS ELASTISITAS DAN UMUR PERKERASAN JALAN BETON ASPAL Sri Widodo, Ika Setiyaningsih	454

✓ PENGARUH SIRAMAN AIR PADA PROSES PEMADATAN TERHADAP KINERJA CAMPURAN ASPHALT CONCRETE Rudi Septian Rahmat Pamungkas, Sri Sunarjono, Muslich Hartadi Sutanto, Senja Rum Harnaeni	462
PENGARUH PENAMBAHAN ADITIF ANTISTRIPPING ASPAL TERHADAP KARAKTERISTIK CAMPURAN BETON ASPAL Teuku Hermansyah, Muhammad Isya, Renni Anggraini	469
CONVENTIONAL AND UNCONVENTIONAL RAILWAY TRACK FOR RAILWAYS ON SOFT GROUND IN INDONESIA Dian Setiawan M., Imam Muthohar, Gurmel S. Ghataora, Gurmel S. Ghataora	478
STUDI PENGGUNAAN SERAT IJUK SEBAGAI BAHAN TAMBAH PADA ASPAL POROUS LIQUID ASBUTON Nur Ali, Arwin Amiruddin, A. Charni Rima W., Irfan	488
PREDICTION OF PLASTIC DEFORMATION DECREASE IN SUBGRADE AFTER SUBBASE STABILIZATION USING KENLAYER PROGRAM Syamsul Arifin, Mary Selintung, Lawelenna Samang, Tri Harianto	500
TOPIK 9. SEEPAGE, FLOOD, AND ROAD DETERIORATION	507
ESTIMASI KERUSAKAN JALAN AKIBAT BANJIR BERBASIS PROGRAM QUANTUM GIS OPEN SOURCE DAN INASAFE DI KOTA MAKASSAR Syafruddin Rauf, Akhmad Faisal Aboe, Muralia Hustin	508
EVALUATION OF ROAD ROUGHNESS AND ROAD DETERIORATION Ludfi Djakfar, Achmad Wicaksono, Gigih Adi Prabowo, Vita Dwi Rahmawati	519
TOPIK 10. SUSTAINABLE TRANSPORTATION, ENVIRONMENT, ENERGY, AND SAFETY	526
PERWUJUDAN TRANSPORTASI BERKELANJUTAN MELALUI INTEGRASI ASPEK LINGKUNGAN DALAM PRODUK ANDALALIN DAN AMDAL DAN UPL/UKL Don Gaspar Noesaku da Costa	527
IDENTIFIKASI DAERAH RAWAN KECELAKAAN SEBAGAI DASAR PEMBUATAN BUKU PEDOMAN TEKNIS PENANGANAN KECELAKAAN (STUDI KASUS: BEBERAPA RUAS JALAN DI WILAYAH KOTA SURABAYA PROVINSI JAWA TIMUR) Dadang Supriyatno, Anita Susanti, Dian Savitri, Ahmad Wicaksono	538
KINERJA PENGANGKUTAN SAMPAH TIPE STATIONARY CONTAINER SYSTEM (SCS) DI KOTA MALANG Burhamtoro, Achmad Wicaksono, M. Bisri, Soemarno	547
UPAYA PENCAPAIAN TARGET RUNK DALAM PENURUNAN KECELAKAAN LALULINTAS SEHUBUNGAN MARAKNYA KECELAKAAN OTOBUS Budi Hartanto Susilo	559

PENGARUH SIRAMAN AIR PADA PROSES PEMADATAN TERHADAP KINERJA CAMPURAN *ASPHALT CONCRETE*

Rudi Septian Rahmat Pamungkas

Mahasiswa Prodi Teknik Sipil - UMS
Jln. A. Yani Pabelan Kartasura
Tromol Pos I Surakarta 57162
Telp. (0271) 717417 ext 245
rudiseptian@gmail.com

Muslich Hartadi Sutanto

Pusat Studi Transportasi, Prodi Teknik
Sipil - UMS
Jln. A. Yani Pabelan Kartasura
Tromol Pos I Surakarta 57162
Telp. (0271) 717417 ext 425
muslichhartadi@yahoo.com

Sri Sunarjono

Pusat Studi Transportasi, Prodi Teknik
Sipil - UMS
Jln. A. Yani Pabelan Kartasura
Tromol Pos I Surakarta 57162
Telp. (0271) 717417 ext 425
ssunarjono@gmail.com

Senja Rum Harnaeni

Pusat Studi Transportasi, Prodi Teknik
Sipil - UMS
Jln. A. Yani Pabelan Kartasura
Tromol Pos I Surakarta 57162
Telp. (0271) 717417 ext 425
senja_rum_h@yahoo.co.id

Abstract

It is still frequently encountered that the compaction process of asphalt pavement in the field is conducted even though rains. This paper reports the results of research to understand the characteristics of Asphalt Concrete Wearing Course in which it is showered with water during compaction process in order to simulate the rainfall in the field. Compaction process is conducted using roller slab compactor with additional rainfall simulation tool. Variation of watering is conducted during 15, 30, and 45 tracks. Based upon the discussion, it can be concluded that (1) the watering causes a mixture density values go down but it is not up to the level of risk, (2) the influence of watering on the volumetric of ACWC mixture is very significant dangerous, (3) in spite of the decrease of stability values and the increase of flow values caused by watering is still within safe limits according to the specifications of Bina Marga 2010, but the value of MQ mixture was safely out of the specification limits.

Keywords: Water effect, Asphalt Concrete, density, volumetric values, stability.

Abstrak

Realita di lapangan masih sering dijumpai proses pemadatan perkerasan campuran aspal tetap dilanjutkan meskipun hujan turun. Paper ini melaporkan hasil penelitian untuk mengetahui karakteristik campuran *Asphalt Concrete Wearing Course* (AC-WC) dengan siraman air pada saat proses pemadatan untuk simulasi air hujan di lapangan. Pemadatan dilakukan dengan menggunakan alat pemadat *roller slab* (APRS) yang memiliki sistem kerja pemadatan dengan cara digilas, dengan dimodifikasi tambahan alat simulasi air hujan. Variasi penyiraman air dilakukan selama 15, 30 dan 45 lintasan. Berdasar hasil pembahasan dapat disimpulkan bahwa (1) penyiraman air menyebabkan nilai kepadatan campuran turun namun tidak sampai pada tingkat beresiko, (2) pengaruh air terhadap nilai volumetrik campuran ACWC sangat signifikan berbahaya dan menyebabkan nilai VITM dan VFWA tidak memenuhi syarat spesifikasi Bina Marga 2010, dan (3) sungguhpun penurunan nilai stabilitas dan kenaikan nilai *flow* akibat penyiraman air masih didalam batas aman menurut spesifikasi Bina Marga 2010, namun nilai MQ campuran sudah keluar dari batas aman spesifikasi.

Kata-kata kunci: Pengaruh air, *Asphalt concrete*, kepadatan, nilai volumetrik, stabilitas.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Jalan merupakan prasarana transportasi darat yang sangat penting untuk menunjang pergerakan penduduk yang semakin tinggi. Perencanaan jalan harus memperhatikan beban dan tingkat kepadatan lalu lintas pada daerah tersebut agar tercapai konstruksi jalan yang nyaman, kuat, tahan lama dan mampu memenuhi kebutuhan penduduk untuk mengakses ke tempat yang dibutuhkan.

Indonesia merupakan salah satu Negara yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat atau sering disebut perkerasan lentur. Selain itu Indonesia memiliki dua musim yaitu musim penghujan dan musim kemarau. Kedua musim ini sangat mempengaruhi proses pemadatan campuran di lapangan. Dalam pelaksanaannya prediksi cuaca terkadang mengalami kesalahan sehingga pada saat proses pemadatan terjadi hujan. Realita di lapangan masih sering dijumpai proses pemadatan yang tetap dilanjutkan meskipun hujan sudah turun mengenai campuran aspal yang dipadatkan. Sehingga sering dijumpai lapisan aspal yang cepat rusak.

TINJAUAN PUSTAKA

Pemadatan Campuran Aspal

Hughes (1989) dalam penelitian Wahyudi, M (2000) melaporkan bahwa sifat-sifat fisik maupun mekanis campuran aspal sangat dipengaruhi oleh teknik pemadatan benda uji. Oleh sebab itu, pemilihan teknik pemadatan laboratorium berpengaruh sangat nyata terhadap campuran aspal sebagai bahan pembentuk lapis perkerasan jalan. Kekeliruan prediksi dan analisis kinerja dari benda uji laboratorium dapat mengakibatkan rendahnya mutu layanan perkerasan lentur jalan terhadap lalu-lintas kendaraan angkutan barang dan penumpang sehari-hari. Fakta menunjukkan bahwa banyak lapis perkerasan jalan mengalami kerusakan struktur secara dini saat konstruksi jalan tersebut dibuka untuk lalu-lintas, terutama bagi jenis kendaraan angkutan berbeban berat. Mutu layanan jalan menurun secara drastis sehingga tidak sesuai dengan umur rencana jalan.

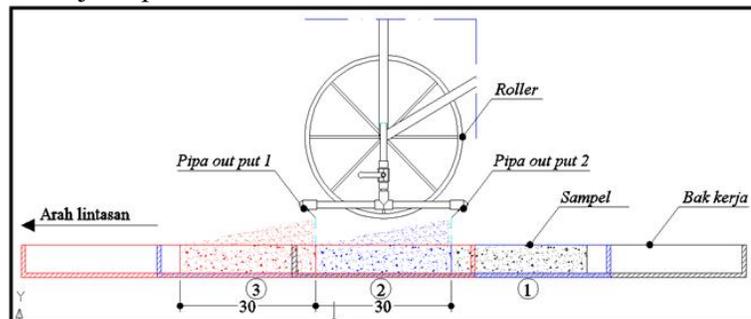
Faktor-faktor penyebab kerusakan jalan antara lain mutu dan jumlah aspal, jumlah lintasan pada pemadatan, temperatur pencampuran dan temperatur pemadatan. Kepadatan aspal yang rendah akan mempengaruhi kinerja campuran beraspal antara lain rongga diantara agregat menjadi lebih besar, rongga terisi aspal lebih rendah sehingga menyebabkan kerusakan jalan menjadi lebih cepat (Suroso, 2008)

LANDASAN TEORI

Asphalt concrete juga dikenal dengan istilah Laston (Lapisan aspal beton) merupakan beton aspal bergradasi menerus yang umum digunakan untuk jalan-jalan dengan beban lalu lintas berat. Karakteristik aspal yang terpenting pada campuran ini adalah stabilitas (Sukirman, 2003)

METODE PENELITIAN

Penelitian bersifat eksperimental di Laboratorium Bahan Perkerasan Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta. Material campuran yang digunakan adalah *asphalt concrete – wearing course* (AC-WC) dengan aspal penetrasi 60/70. Pada tahap awal, kadar aspal optimum (KAO) campuran ACWC ditentukan dengan metode Marshall, dan menggunakan Spesifikasi Umum Bina Marga 2010. Kemudian benda uji dengan simulasi siraman air hujan dibuat dengan tiga variasi lama siraman, yaitu 15, 30, dan 45 lintasan roda pematik. Gambar 1 menunjukkan sketsa penyiraman air pada proses pemadatan. Sampel dibuat dengan alat pemadat *roller slab* (APRS) dan kemudian benda uji diambil menggunakan mesin *core drill* sebelum diuji dengan alat Marshall. Hasil pengujian dianalisis dengan membandingkan sifat Marshall benda uji dari beberapa variasi lama siraman. Untuk mempertajam hasil perbandingan, dalam penelitian ini juga diamati sifat Marshall benda uji tanpa simulasi siraman air.



Gambar 1 Sketsa penyiraman air

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Debit air

Dalam penelitian sebelumnya diketahui bahwa kepadatan benda uji dengan 45 lintasan menggunakan APRS ekuivalen dengan kepadatan benda uji dengan 2 x 75 tumbukan menggunakan *Marshall hammer*. Dalam penelitian ini variasi simulasi lama siraman air hujan yaitu 15 lintasan (lintasan 30-45), 30 lintasan (lintasan 15-45), dan 45 lintasan (lintasan 0-45).

Untuk lebih jelasnya hasil analisa debit air dapat dilihat sebagai berikut :

- **Waktu penyiraman air per lintasan**

Waktu per lintasan digunakan untuk menentukan besarnya debit setiap lintasan yang terkena air. Panjang lintasan yang terkena air sepanjang 60 cm dengan 30 cm pertama terkena air dari pipa *out put* 2 kemudian 30 cm berikutnya terkena dari pipa *out put* 1. Waktu per lintasan didapat dari pengamatan dengan menggunakan *stopwatch* yang dilakukan sebanyak 5 kali pengamatan. Waktu rata-rata per lintasan dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$t_r = \frac{\sum t}{n} \quad (1)$$

Dengan :

t_r : Waktu rata-rata (dt)

Σt : Jumlah waktu pengamatan (dt)

n : Jumlah data pengamatan

Tabel 1 Pengamatan waktu per lintasan

No	Waktu (dt)	Panjang lintasan terkena air (cm)
t_1	1,42	60
t_2	1,18	60
t_3	1,48	60
t_4	1,46	60
t_5	1,32	60
Σt	6,86	60

Dari data pengamatan diperoleh waktu rata-rata per lintasan adalah 1,372 dt/lintasan dengan panjang lintasan yang terkena air berjarak 60 cm.

- **Permukaan campuran aspal yang terkena debit air**

Dalam perencanaan besarnya debit pipa *out put* pada alat simulasi air hujan terdapat perbedaan antara pipa *out put* 1 dengan pipa *out put* 2. Dari hasil pengamatan yang dilakukan secara konvensional menggunakan gelas ukur dan *stopwatch* diperoleh data sebagai berikut :

Tabel 2 Pengamatan debit pada pipa *out put*

No	Jenis pipa	Debit (ml/menit)	Debit (ml/dt)
1	Pipa <i>out put</i> 1	36	0,60
2	Pipa <i>out put</i> 2	27	0,45
Jumlah (ΣQ)			1,05

- **Analisa jumlah debit disetiap variasi lintasan yang terkena air.**

Dari hasil pengamatan waktu per lintasan dan debit air dapat dianalisa dengan cara sebagai berikut :

$$\frac{t_r}{1} = \frac{Q_r}{\Sigma Q} \quad (2)$$

Dengan :

t_r : Waktu rata-rata (dt)

Q_r : Debit rata-rata per lintasan (ml/dt)

ΣQ : Jumlah debit (ml/dt)

$$Q_r = \frac{1,372}{1} \times \frac{1,05}{1} = 1,4406 \text{ ml/lintasan}$$

Dari analisa jumlah debit disetiap variasi lintasan yang terkena air diperoleh debit air sebagai berikut :

Tabel 3 Jumlah debit setiap variasi lintasan

Jenis benda uji	Jumlah Lintasan	Debit air (ml)
Normal	45 lintasan	$1,4406 \times 0 = 0$
Terkena air	15 lintasan	$1,4406 \times 15 = 21,609$
Terkena air	30 lintasan	$1,4406 \times 30 = 43,218$
Terkena air	45 lintasan	$1,4406 \times 45 = 64,827$

Perubahan Suhu Pemadatan Akibat Siraman Air

Proses pemadatan dilakukan dengan menggunakan APRS dengan cara digilas yang dimodifikasi dengan alat penyiraman air sebagai simulasi pengaruh air hujan pada proses pemadatan di lapangan. Jumlah lintasan pada alat pemadat *roller slab* yaitu 45 lintasan. Pada penelitian ini kondisi benda uji yang terkena air dilakukan selama 15 lintasan terakhir atau pada lintasan 30 sampai dengan 45, 30 lintasan terakhir atau pada lintasan 15 sampai dengan 45, dan 45 lintasan atau dari 0 sampai dengan 45. Pengamatan suhu dilakukan pada kondisi benda uji sebelum dan sesudah terkena air. Pengamatan dilakukan dengan menggunakan termometer digital dengan cara menembakan termometer tersebut pada titik permukaan benda uji.

Gambar 2 menunjukkan hasil pengukuran suhu permukaan perkerasan sebelum dan sesudah penyiraman air. Tampak pada gambar bahwa pengaruh penyiraman air pada penurunan suhu permukaan perkerasan cukup signifikan. Penurunan suhu tersebut adalah sebesar 18°C, 23°C, dan 35°C masing-masing untuk penyiraman air selama 15, 30, dan 45 lintasan. Sayangnya, penurunan suhu selama proses pemadatan 45 lintasan tanpa penyiraman air tidak tercatat dengan baik sehingga tidak dapat dilaporkan dalam paper ini.

Analisis penurunan suhu diperlukan untuk pertimbangan pengaruh siraman air terhadap sifat Marshall benda uji ACWC. Pengaruh air diprediksi akan mempengaruhi kepadatan benda uji karena *pertama* adanya infiltrasi air ke dalam campuran, dan *kedua* penurunan suhu pemadatan campuran. Sehingga prediksi penurunan campuran merupakan akibat ganda baik infiltrasi air maupun suhu.



Keterangan :

◆—◆ : Suhu permukaan perkerasan sebelum terkena air

■—■ : Suhu permukaan perkerasan sesudah terkena air

Gambar 2 Hubungan antara jumlah lintasan yang terkena air dengan interval perubahan suhu

Hasil Pengujian Sifat Marshall Campuran

Pada pendahuluan telah dijelaskan tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui karakteristik campuran *asphalt concrete wearing course* yang terkena air pada saat proses pemadatan. Pemadatan dilakukan dengan menggunakan alat pemadat *roller slab* yang memiliki sistem kerja dengan cara digilas. Pembuatan benda uji dilakukan dengan satu variasi benda uji tanpa terkena air dan 3 variasi benda uji terkena air. Cetakan yang digunakan untuk membuat benda uji berukuran 30cm x 29cm x 6,8cm. Benda uji yang terkena siraman air divariasikan selama 15, 30, dan 45 lintasan. Benda uji tanpa terkena air digunakan sebagai pembandingan dengan benda uji yang terkena air untuk mengetahui seberapa besar pengaruh air pada proses pemadatan. Setiap variasi benda uji diambil dengan cara *core drill* yang berjumlah 4 benda uji dan kemudian dilakukan pengujian dengan menggunakan *marshall test*.

Tabel 4 menunjukkan hasil pengujian sifat Marshall terhadap benda uji campuran baik tanpa maupun yang terkena siraman air. Setiap nilai merupakan rata-rata dari 4 kali pengujian. Lama lintasan 0 lintasan adalah benda uji tanpa siraman air. Pada tabel juga disertakan persyaratan kinerja campuran menurut spesifikasi Bina Marga 2010 untuk mengetahui posisi kinerja campuran akibat siraman air terhadap persyaratan teknisnya. Pada tabel terlihat jelas bahwa seluruh sifat Marshall campuran tanpa terkena siraman air memenuhi syarat BM 2010. Namun setelah terkena air selama proses pemadatan, sebagian besar sifat Marshall campuran menjadi tidak memenuhi standar spesifikasi.

Tabel 4 Karakteristik benda uji yang terkena air

No	Lama siraman (lintasan)	Sifat <i>Marshall</i> AC-WC						
		Stabilitas (kg)	Flow (mm)	MQ (kg/mm)	Kepadatan (gr/cm ³)	VMA (%)	VITM (%)	VFWA (%)
1	0	1212	4,73	260	2,27	18,92	4,86	71
2	15	1112	6,41	173	2,20	21,47	7,84	61
3	30	1089	6,94	170	2,17	22,51	9,10	57
4	45	966	6,52	150	2,14	23,31	10,46	54
	Spesifikasi BM 2010	Min 800	Min 3	Min 250	-	Min 15	3-5	Min 65

Keterangan: setiap variasi merupakan nilai rata-rata dari 4 benda uji.

Setiap variasi lintasan benda uji yang terkena air diambil dengan cara *core drill* untuk dilakukan pemeriksaan *marshall test*. Berdasarkan analisis lama lintasan sebagaimana terlihat pada Tabel 1 bahwa lama waktu per lintasan adalah 1,372 detik. Sehingga waktu pemadatan untuk 45 lintasan adalah sekitar 62 detik. Dengan logika yang sama maka waktu penyiraman untuk 15, 30, dan 45 lintasan adalah sekitar 21, 41, dan 62 detik.

Setiap variasi lintasan benda uji memiliki jumlah debit penyiraman yang berbeda. Jumlah debit disetiap variasi lintasan dapat dilihat pada Tabel 3. Dalam penelitian ini jumlah debit air yang terkena pada permukaan perkerasan disetiap variasi lintasan diasumsikan meresap

100 % kedalam campuran. Perlu diberi catatan bahwa peneliti kesulitan dalam memeriksa seberapa banyak air masuk ke dalam campuran, maka diasumsikan air meresap 100%. Besar debit air pada Tabel 3 adalah untuk luasan permukaan campuran sebesar 30x29 cm² atau sebesar 870 cm², sehingga besar debit air per satuan luas cm² adalah kira-kira sebesar 0,0248 ml (15 lintasan), 0,0497 ml (30 lintasan), dan 0,0745 ml (45 lintasan). Dengan demikian estimasi besar infiltrasi air untuk setiap benda uji silinder adalah 1,95 ml (siraman 15 lintasan), 3,90 ml (siraman 30 lintasan), dan 5,85 ml (siraman 45 lintasan).

Pengaruh Air Terhadap Kepadatan Campuran

Pengaruh air terhadap kepadatan campuran dapat diamati berdasarkan Tabel 4 kolom densitas. Berdasarkan data, siraman air berpengaruh menurunkan kepadatan campuran karena semakin lama waktu penyiraman maka kepadatan semakin turun. Berdasarkan perhitungan penurunan nilai kepadatan akibat siraman air terhadap benda uji tanpa terkena air adalah sebesar 3,50% (untuk 15 lintasan), 4,82% (untuk 30 lintasan), dan 6,14% (untuk 45 lintasan). Ternyata besar penurunan kesemuanya masih dibawah 10% sehingga dapat dikatakan tidak terlalu signifikan. Pengaruh infiltrasi air hingga 23 ml dalam benda uji, penurunan suhu pemadatan hingga 35%, dan bahkan suhu pemadatan dibawah 80°C tidak menyebabkan kepadatan campuran menjadi beresiko. Namun hal ini perlu dicatat bahwa sistem pemadatan APRS memang jauh lebih dinamis dan memiliki power dibanding *Marshall hammer*.



Gambar 3 Hubungan antara variasi jumlah lintasan yang terkena air dengan nilai kepadatan

Pengaruh Air Terhadap Volumetrik Campuran (VMA, VITM, dan VFWA)

Berdasarkan data Tabel 4, nilai VMA naik akibat lama siraman air. VMA (*Void in Mix Aggregate*) adalah besar ruang dalam campuran diluar volume agregat. Ruang ini diisi oleh komponen aspal dan udara. Bila ada infiltrasi air, maka air akan menempati ruang VMA ini. Kemungkinannya sangat kecil air akan terserap kedalam agregat karena pada saat air disiramkan ke permukaan campuran, agregat sudah diselimuti oleh aspal. Besar prosentasi kenaikan VMA adalah sekitar 15%, 20%, dan 25% masing-masing untuk benda uji dengan lama siraman air 15, 30, dan 45 lintasan. Kenaikan nilai VMA ini cukup signifikan karena lebih besar dari 10% volumen total campuran.

Kenaikan nilai VMA juga diikuti kenaikan nilai VITM (*Void in The Mix*). VITM adalah bagian dari VMA yang tidak terisi aspal, namun terisi oleh udara. Dalam penelitian ini, rongga yang terisi air tidak dianalisis tersendiri, sehingga VITM dengan sendirinya adalah

rongga yang terisi udara dan air. Kalau ruang VITM terbatas maka saat proses pemadatan komponen udara yang akan keluar dan diisi oleh air. Namun pada proses selanjutnya, bila air menguap maka ruangnya kembali akan diisi oleh udara. Berdasarkan data Tabel 4 maka semua nilai VITM benda uji yang diberi siraman air melebihi angka 5% dan tidak memenuhi syarat Bina Marga 2010. Hal ini menunjukkan bahwa pengaruh air terhadap nilai VITM campuran sangat berbahaya. Hal ini juga menunjukkan bahwa pengaruh air lebih pada infiltrasinya yang mengakibatkan terbentuknya rongga yang nantinya akan diisi udara bila air telah menguap.

Kenaikan nilai VMA akibat air juga mempengaruhi penurunan nilai VFWA secara signifikan. Seperti kasus nilai VITM, semua nilai VFWA benda uji yang disiram air tidak memenuhi syarat spesifikasi Bina Marga 2010 karena lebih rendah dari 65%.

Berdasarkan hasil pembahasan diatas maka pengaruh air terhadap nilai volumetrik campuran ACWC yang disiram air sangat signifikan berbahaya dan menyebabkan tidak memenuhi syarat spesifikasi Bina Marga 2010. Semakin lama waktu penyiraman air, atau jumlah lintasan penyiraman semakin banyak, menyebabkan jumlah air yang meresap kedalam campuran bertambah, sehingga membentuk rongga air didalam campuran. Hal ini menyebabkan nilai VMA dan VITM semakin naik, sedangkan nilai VFWA semakin turun.

Pengaruh Air Terhadap Nilai Stabilitas dan Flow Campuran

Berdasarkan data Tabel 4, lama siraman air berakibat nilai stabilitas turun, sebaliknya nilai *flow* (kelelahan) menjadi bertambah tinggi. Namun demikian nilai stabilitas dan *flow* semua benda uji campuran yang terkena air tetap memenuhi syarat spesifikasi Bina Marga 2010. Sebaliknya nilai *Marshall Quotient* (MQ) yang merupakan rasio nilai stabilitas dan nilai *flow* semua benda uji yang disiram air tidak memenuhi syarat spesifikasi Bina Marga 2010 karena lebih rendah dari angka 250.

Hasil analisis di atas menunjukkan bahwa sungguhpun penurunan nilai stabilitas dan kenaikan nilai *flow* akibat penyiraman air masih didalam batas aman menurut spesifikasi Bina Marga 2010, namun nilai MQ campuran sudah keluar dari batas aman spesifikasi. Sehingga pengaruh air terhadap kinerja campuran cukup membahayakan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pembahasan maka dapat disimpulkan hal-hal berikut ini:

- Penyiraman air ke permukaan campuran saat proses pemadatan menyebabkan penurunan suhu pemadatan secara signifikan, yaitu sebesar 18°C, 23°C, dan 35°C masing-masing untuk penyiraman air selama 15, 30, dan 45 lintasan.
- Penyiraman air menyebabkan nilai kepadatan campuran turun namun tidak sampai pada tingkat beresiko.
- Pengaruh air terhadap nilai volumetrik campuran ACWC sangat signifikan berbahaya dan menyebabkan nilai VITM dan VFWA tidak memenuhi syarat spesifikasi Bina Marga 2010.
- Sungguhpun penurunan nilai stabilitas dan kenaikan nilai *flow* akibat penyiraman air masih didalam batas aman menurut spesifikasi Bina Marga 2010, namun nilai MQ campuran sudah keluar dari batas aman spesifikasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, M.Z. dkk. 2008. Pengaruh Kandungan Air Hujan Terhadap Nilai Karakteristik Marshall dan Indeks Kekuatan Sisa (IKS) Campuran Lapisan Aspal Beton. Jurnal ISSN 1978-5658 Vol.2, No. 1, 2008
- Kementrian Pekerjaan Umum. 2010. Spesifikasi Umum 2010. Direktorat Jendral Bina Marga.
- Kurniawan, A.D. 2009. Pembuatan Desain Alat Pemadat Skala Laboratorium Untuk Bahan Campuran Aspal. Skripsi. Surakarta: Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Wahyudi, M. 2000. Evaluasi Teknik Pemadatan Dan Faktor-Faktor Yang berpengaruh Terhadap Karakteristik Campuran Aspal Berbatuan Besar. Mataram: Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mataram
- Sukirman, S. 2003, *Beton Aspal Campuran Panas*. Jakarta: Granit
- Suprpto, 2004. *Bahan dan Struktur Jalan Raya*; edisi II. Yogyakarta: Biro Penerbit KMTS FT UGM
- Suroso, T.W. 2008. Faktor-Faktor Penyebab Kerusakan Dini Pada Perkerasan Jalan. Jurnal Jalan-Jembatan vol. 25 no. 3 (Des. 2008), halaman 272-290.
- Widiasmoro, W. 2012. Studi Prosedur Pemadatan Material *Asphalt Concrete* Menggunakan Alat Pemadat *Roller Slab*. Skripsi. Surakarta: Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.