



## **TAMBALAN CEPAT MANTAP ASBUTON (TCMA) DENGAN ADITIF BERBASIS AIR**



**Ir. Nono, M.Eng.Sc**

**TAMBALAN CEPAT MANTAP ASBUTON (TCMA)  
DENGAN ADITIF BERBASIS AIR**



# **TAMBALAN CEPAT MANTAP ASBUTON (TCMA) DENGAN ADITIF BERBASIS AIR**

Desember, 2015

Cetakan Ke-1, 2015 (55 halaman)

©Pemegang Hak Cipta Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan dan Jembatan

No. ISBN : .....

Kode Kegiatan : .....

Kode Publikasi : .....

Kata Kunci : Teknologi Bahan Preservasi Perkerasan Lentur

**Penulis:**

**Ir. Nono, M.Eng.Sc**

**Editor:**

**Prof. Dr. Ir. H. R. Anwar Yamin, M.Sc, ME.**

Naskah ini disusun dengan sumber dana APBN Tahun 2015, pada paket pekerjaan Pengembangan Tambalan Cepat Mantap Asbuton (TCMA) dengan aditif berbasis air untuk Preservasi Perkerasan Lentur.

Pandangan yang disampaikan di dalam publikasi ini tidak menggambarkan pandangan dan kebijakan Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, unsur pimpinan, maupun institusi pemerintah lainnya.

Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat tidak menjamin akurasi data yang disampaikan dalam publikasi ini, dan tanggung jawab atas data dan informasi sepenuhnya dipegang oleh penulis.

Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat mendorong percetakan dan memperbanyak informasi secara eksklusif untuk perorangan dan pemanfaatan nonkomersil dengan pemberitahuan yang memadai kepada Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. Pengguna dibatasi dalam menjual kembali, mendistribusikan atau pekerjaan kreatif turunan untuk tujuan komersil tanpa izin tertulis dari Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.

## **Diterbitkan oleh:**

Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat  
Badan Penelitian dan Pengembangan  
Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan dan Jembatan  
Jl. A.H. Nasution No. 264 Ujungberung – Bandung 40293

## **Pemesanan melalui:**

Perpustakaan Puslitbang Jalan dan Jembatan  
[info@pusjatan.pu.go.id](mailto:info@pusjatan.pu.go.id)

## **TENTANG PUSLITBANG JALAN DAN JEMBATAN**

Puslitbang Jalan dan Jembatan (Pusjatan) adalah institusi riset di bawah Badan Litbang Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia. Lembaga ini mendukung Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat dalam menyelenggarakan jalan dengan memastikan keberlanjutan keahlian, pengembangan inovasi dan nilai – nilai baru dalam pengembangan infrastruktur.

Pusjatan memfokuskan kepada penyelenggara jalan di Indonesia, melalui penyelenggaraan litbang terapan untuk menghasilkan inovasi teknologi bidang jalan dan jembatan yang bermuara pada standar, pedoman, dan manual. Selain itu, Pusjatan mengemban misi untuk melakukan advis teknik, pendampingan teknologi, dan alih teknologi yang memungkinkan infrastruktur Indonesia menggunakan teknologi yang tepat guna.

### **KEANGGOTAAN TIM TEKNIS DAN SUB TIM TEKNIS**

#### **TIM TEKNIS :**

1. Prof. Dr. Ir. M. Sjahdanulirwan, M.Sc.
2. Prof. Dr. Ir. Furqon Affandi, M.Sc.
3. Prof. Dr. Ir. H. R. Anwar Yamin, M.Sc, ME.
4. Dr. Djoko Widajat, MSc.
5. Prof. Ir. Lanneke Trisanto, APU
6. Ir. Agus Bari Sailendra. MT
7. Ir. GJW Fernandez
8. Ir. Soedarmanto Darmonegoro

#### **SUB TIM TEKNIS :**

1. Prof. Dr. Ir. H. R. Anwar Yamin, M.Sc, ME.
2. Prof. Dr. Ir. M. Sjahdanulirwan, M.Sc.
3. Prof. Dr. Ir. Furqon Affandi, M.Sc.
4. Dr. Ir. Nyoman Suaryana, M.Sc
5. Dr. Djoko Widajat, M.Sc.
6. Dr. Ir. Siegfried, M.Sc.
7. Ir. Kurniadji, MT.
8. Ir. Nono, M.Eng Sc.

## KATA PENGANTAR

Jalan memiliki peran penting dalam berbagai bidang, baik dalam bidang ekonomi, sosial budaya maupun integrasi nasional suatu negara. Namun sejalan dengan waktu kinerja jalan sudah pasti akan mengalami penurunan kondisi. Kerusakan atau kegagalan perkerasan dapat diakibatkan oleh repetisi beban kendaraan, daya dukung pondasi atau tanah dasar yang lemah, kondisi musim hujan yang panjang, atau kombinasi dari beberapa faktor tersebut. Penundaan penanganan bagian perkerasan yang mengalami kerusakan, seperti halnya kerusakan berupa lobang, maka air dapat dengan mudah masuk ke perkerasan dan apabila terbiarkan lama lapisan struktur perkerasan akan mengalami kejenuhan dan kerusakan yang terjadi akan bertambah berat serta meluas ke sekitarnya. Dengan terjadinya kerusakan maka mengganggu kelancaran perjalanan dan pengguna jalan tidak merasa nyaman serta meningkatkan biaya transportasi.

Untuk itu, pengembangan teknologi tambalan cepat mantap, khususnya tambalan cepat mantap asbuton (TCMA) dengan aditif penggembur berbasis air. Ketersediaan TCMA merupakan sesuatu hal yang sangat penting dan sebagai bagian dari strategi penanganan perkerasan lentur dalam upaya mempertahankan umur layan jalan agar sesuai dengan rencana.

Buku ini berisikan hasil kajian tentang Tambalan Cepat mantap Asbuton (TCMA), baik hasil pengujian di laboratorium maupun hasil uji coba di lapangan.

Bandung, Desember 2015

## DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI.....	ii
DAFTAR TABEL.....	iv
DAFTAR GAMBAR.....	v
1. PENDAHULUAN .....	1
2. KINERJA PERKERASAN BERASPAL .....	2
3. TAMBALAN CAMPURAN BERASPAL SIAP PAKAI YANG SUDAH DIKEMBANGKAN.....	5
3.1. Umum.....	5
3.2. Beberapa produk tambalan siap pakai .....	7
3.3. Bahan tambalan siap pakai hasil kajian Pusat Libang Jalan tahun 2014 .....	10
4. PEMILIHAN CAMPURAN BERASPAL UNTUK BAHAN TAMBALAN .....	12
4.1. Karakteristik bahan tambalan.....	12
4.2. Evaluasi saat produksi, pelaksanaan serta selama pelayanan .....	15
5. ASBUTON DAN SPESIFIKASI TAMBALAN CEPAT MANTAP ASBUTON (TCMA).....	16
5.1. Deposit Asbuton .....	16
5.2. Karakteristik Asbuton .....	17
5.3. Spesifikasi Asbuton.....	19
5.4. Spesifikasi Tambalan Cepat Mantap Asbuton (TCMA).....	20
6. KARAKTERISTIK TAMBALAN CEPAT MANTAP ASBUTON HASIL KAJIAN .....	22
6.1. Hasil kajian di laboratorium.....	22
6.1.1. Sifat Asbuton .....	22
6.1.2. Sifat agregat .....	24
6.1.3. Sifat bahan pengikat.....	24
6.1.4. Gradasi campuran beraspal bahan tambalan .....	26
6.1.5. Sifat aditif penggembur dan sifat campuran beraspal hangat dan panas untuk bahan Tambalan Cepat Mantap Asbuton .....	27
6.2. Uji coba skala kecil di lapangan .....	32
6.2.1. Tambalan cepat mantap asbuton dari campuran hangat dengan PH Tipe 2.....	33
6.2.2. Tambalan Cepat Mantap Asbuton dari campuran hangat dengan PH Tipe 3.....	38
6.3. Hasil pemantauan pada uji coba skala kecil di lapangan .....	44
6.4. Pembahasan .....	50

6.4.1.	Hasil pengujian di laboratorium .....	50
6.4.2.	Uji coba skala kecil di lapangan .....	52
6.4.3.	Hasil penatauan di lapangan .....	52
7.	PENUTUP .....	53
	DAFTAR PUSTAKA.....	54



## DAFTAR TABEL

Tabel 3-1. Jenis bahan pengikat yang digunakan pada beberapa produk tambalan yang siap pakai .....	8
Tabel 3-2. Sifat Marshall campuran beraspal dari beberapa produk tambalan siap pakai.....	9
Tabel 3-3. Gradasi agregat campuran beraspal beberapa produk tambalan siap pakai.....	9
Tabel 3-4. Sifat campuran beraspal bahan tambalan dengan aditif organik.....	11
Tabel 4-1. Karakteristik bahan tambalan.....	13
Tabel 4-2. Indikasi kinerja bahan tambalan dan mekanisme kemungkinan kegagalannya (NCHRP. 2014) .....	15
Tabel 5-1. Hasil uji gradasi mineral asbuton.....	18
Tabel 5-2. Unsur kimia mineral asbuton Kabungka dan Lawele .....	18
Tabel 5-3. Unsur kimia bitumen asbuton Kabungka dan Lawele .....	19
Tabel 5-4. Karakteristik asbuton butir (Kementerian Pekerjaan Umum, 2013) .....	20
Tabel 5-5. Ketentuan gradasi agregat campuran beraspal untuk tambalan NMA 9,5 mm dan 12,5 mm.....	21
Tabel 5-6. Ketentuan sifat campuran beraspal panas untuk bahan tambalan .....	22
Tabel 5-7. Ketentuan campuran beraspal panas hampar dingin (CPHMA).....	22
Tabel 6-1. Sifat asbuton LGA hasil ekstraksi .....	23
Tabel 6-2. Sifat agregat .....	25
Tabel 6-3. Sifat Aspal Pen 60-70.....	25
Tabel 6-4. Sifat peremaja hangat .....	26
Tabel 6-5. Sifat aditif bahan penggembur berbasis air untuk campuran beraspal untuk bahan tambalan cepat mantap asbuton .....	28
Tabel 6-6. Sifat bahan tambalan cepat mantap asbuton dari campuran beraspal hangat dengan aditif berbasis air Tipe A .....	29
Tabel 6-7. Sifat bahan tambalan cepat mantap asbuton dari campuran beraspal panas dengan aditif berbasis air .....	31



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2-1. Indikator terjadinya kerusakan perkerasan .....	3
Gambar 3-1. Gradasi agregat campuran beraspal beberapa produk tambalan siap pakai.....	10
Gambar 3-2. Gradasi agregat campuran untuk tambalan .....	10
Gambar 3-3. Uji coba bahan tambalan dengan di Tol Jagorawi Arah Ciawi/Bogor (Km 7+900).....	11
Gambar 3-4. Uji coba bahan tambalan dengan di Tol Jagorawi Arah Cawang (Km 37+000).....	11
Gambar 3-5. Uji coba bahan tambalan dengan di Jl Prof Eykman (Kota Bandung).....	12
Gambar 3-6. Aplikasi bahan tambalan dengan di Jalan Kota Pekalongan .....	12
Gambar 5-1. Lokasi penambangan asbuton .....	17
Gambar 6-1. Gradasi agregat campuran dengan 10% LGA .....	27
Gambar 6-2. Gradasi agregat campuran dengan 25% LGA .....	27
Gambar 6-3. Stabilitas TCMA dari campuran beraspal panas.....	32
Gambar 6-4. VIM dan Pelelehan dari campuran beraspal panas.....	32
Gambar 6-5. Uji coba TCMA-PH2 di Semarang.....	33
Gambar 6-6. Uji coba TCMA-PH2 di Akses Tol Balaraja Timur arah Jakarta .....	34
Gambar 6-7. Uji coba TCMA-PH2 di Rindam 203 Tangerang .....	35
Gambar 6-8. Uji coba TCMA-PH2 di Arjawinangun (Pantura) Km 19+500 dari Cirebon arah Jakarta.....	36
Gambar 6-9. Uji coba TCMA-PH2 di Cirebon-Losari (Km 26+250 Cirebon).....	37
Gambar 6-10. Uji coba TCMA-PH2 di ruas Majalengka-Sumedang Km 43+850, arah Sumedang.....	38
Gambar 6-11. Uji coba TCMA-PH3 di ruas Sadang-Subang Km 135+000 ....	39
Gambar 6-12. Uji coba TCMA-PH3 di Lokasi-1 Ruas Subang-Lembang Km 153+200 .....	40
Gambar 6-13. Uji coba TCMA-PH3 di Lokasi-2 Ruas Subang-Lembang Km 157+000 .....	41
Gambar 6-14. Uji coba TCMA-PH3 di Lokasi-3 Ruas Subang-Lembang Km 157+010 .....	41
Gambar 6-15. Uji coba TCMA-PH3 di Lokasi-4 Ruas Subang-Lembang Km 49+000 (Km Bandung) .....	42
Gambar 6-16. Uji coba TCMA-PH3 di Km 35+000 arah Cicalengka.....	43
Gambar 6-17. Uji coba TCMA-PH3 di Km 51+000 arah Limbangan .....	44

Gambar 6-18. Hasil uji coba dan pemanatauan TCMA di Arjawinangun (Pantura) Km 19+500.....	46
Gambar 6-19. Hasil uji coba dan pemanatauan TCMA di Cirebon-Losari (Km 26+250 Cirebon).....	47
Gambar 6-20. Hasil uji coba dan pemanatauan TCMA di Sumedang- Majalengka Km 43+850 .....	48
Gambar 6-21. Hasil uji coba dan pemanatauan TCMA di Ruas jalan Cileunyi-Ciawi Km 35+000 .....	49
Gambar 6-22. Hasil uji coba dan pemanatauan TCMA di Ruas jalan Cileunyi-Ciawi Km 51+000 .....	50

# 1. PENDAHULUAN

Jalan memiliki peran penting dalam berbagai bidang, baik dalam bidang ekonomi, sosial budaya maupun integrasi nasional suatu negara. Namun sejalan dengan waktu, kinerja jalan sudah pasti akan mengalami penurunan kondisi. Kerusakan atau kegagalan perkerasan dapat diakibatkan oleh repetisi beban kendaraan, daya dukung pondasi atau tanah dasar yang lemah, kondisi musim hujan yang panjang, atau kombinasi dari beberapa faktor tersebut. Namun dalam banyak kasus, kerusakan perkerasan disebabkan karena intrusi air. Keberadaan air dalam sistem perkerasan pada akhirnya akan menghasilkan awal kerusakan pada perkerasan.

Perkerasan beraspal dengan rongga udara yang tinggi dapat mengalami penuaan lebih cepat karena dengan masuknya air dapat juga membawa oksigen terlarut sehingga dapat mempercepat penuaan. Penuaan mengakibatkan bahan pengikat menjadi lebih getas, sehingga akhirnya akibat beban lalu lintas akan mengalami pelepasan butir dan berlubang. Pembentukan lubang dimulai pada bagian perkerasan yang lemah dan pengaruh beban berat karena lalu lintas menyebabkan perkerasan mengalami bending/defleksi berlebihan, yang pada gilirannya menyebabkan retak. Setelah bagian perkerasan retak, air dapat dengan mudah masuk ke perkerasan dan secara bertahap lapisan struktur perkerasan akan mengalami kejenuhan dan akhirnya struktur perkerasan tidak dapat mendukung beban berat lagi.

Dengan pelaksanaan pemeliharaan yang cepat dan tepat waktu maka lapisan konstruksi di bawah perkerasan jalan dapat segera terlindungi dari pengaruh air. Jenis pemeliharaan pada badan jalan yang umumnya dilakukan untuk mereduksi dampak dari pengaruh air ini adalah melakukan penambalan lubang. Bahan tambalan untuk pemeliharaan reaktif yang diharapkan, yaitu yang cepat mengeras dan mudah dalam aplikasinya.

Selama ini, keluhan di lapangan pada kondisi musim hujan tersebut pada umumnya campuran beraspal produk dalam negeri untuk tambalan hanya mampu bertahan selama 3 sampai 7 hari saja. Sedangkan produk luar harganya sangat tinggi, sampai 10 kali harga campuran beraspal panas biasa. Saat ini, terdapat beberapa teknologi bahan tambalan yang sudah dikomersialisasi di luar negeri seperti Performix Perm Patch QPR 2000, SuitKote dan WesPro.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut di atas, Puslitbang Jalan dan Jembatan telah mengembangkan Campuran Tambalan Cepat Mantap

Menggunakan Aditif Organik pada Tahun 2012 dan aplikasinya telah dilaksanakan pada Tahun 2014. Berdasarkan hasil penelitian dapat bertahan sampai lebih dari satu tahun (Nono, 2014). Saat ini campuran tersebut sedang dalam proses dan komersialisasi. Namun demikian, campuran tersebut masih berpotensi untuk dikembangkan agar lebih berkualitas dan lebih murah serta ramah lingkungan. Salah satu pengembangan yang telah dilakukan dengan mengganti aditif yang digunakan, yaitu dari aditif organik menjadi aditif berbasis air. Dengan proses tertentu, aditif berbasis air tersebut akan berperan sebagai pengganti pelarut organik agar campuran tidak menggumpal dalam kemasan dan dapat dihampar secara dingin.

Pengembangan lainnya dari tambalan cepat mantap yang telah dilakukan adalah menggunakan Asbuton Lawele. Tambalan hasil pengembangan ini selanjutnya disebut Tambalan Cepat Mantap Asbuton (TCMA). Pembuatannya TCMA dilakukan melalui proses pencampuran hangat (temperatur 120 °C – 125 °C) dengan bahan pengikat aspal cair modifikasi. Dengan menggunakan asbuton, aditif berbasis air dan temperatur yang tidak begitu tinggi, TCMA yang dihasilkan lebih murah serta ramah lingkungan.

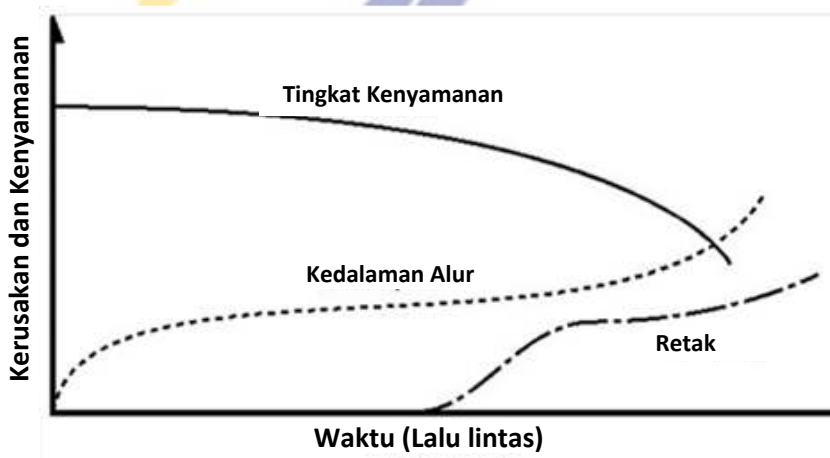
## **2. KINERJA PERKERASAN BERASPAL**

Kinerja perkerasan dapat dihubungkan dengan kemampuan perkerasan untuk melayani lalu lintas dalam jangka waktu tertentu, dari hari pertama pada saat struktur perkerasan dibuka untuk lalu lintas, struktur perkerasan akan mengalami kerusakan struktural secara progresif. Hal ini menyebabkan penurunan kinerja struktur perkerasan dalam menahan beban lalu lintas selama umur rencananya. Oleh karena itu agar kinerja struktur perkerasan tetap terjaga, berbagai rehabilitasi seperti rekonstruksi atau perbaikan struktural perlu dilakukan sebelum umur rencananya tercapai (AASHTO, 1993).

Secara umum terdapat dua jenis kegagalan perkerasan jalan, yaitu fungsional dan struktural. Kedua kegagalan ini berhubungan erat dengan penurunan kinerja perkerasan. Kegagalan fungsional adalah kegagalan struktur perkerasan dalam menahan beban lalu lintas, namun kegagalan ini menyebabkan timbulnya rasa tidak nyaman dan tidak aman pada pengguna jalan. Kegagalan ini tergantung pada tingkat kekasaran atau ketidakrataan lapisan permukaan. Kegagalan struktural, menunjukkan adanya kerusakan pada satu atau lebih komponen yang membuat struktur perkerasan tidak mampu untuk menahan beban lalu-lintas yang

lewat di atas lapisan permukaan. Dalam perkerasan lentur, kegagalan ini timbul karena adanya faktor kelelahan/ fatigue pada permukaan aspal, proses konsolidasi, keretakan di lapisan subgrade (tanah dasar) atau kinerja tidak cukup baik di lapisan pondai bawah, pondasi, dan permukaan, sebagai akibat dari rendahnya kualitas bahan konstruksi (AASHTO, 1993).

Kinerja perkerasan biasanya diukur secara tidak langsung dengan menilai kenyamanan (*riding quality*), jenis kerusakan struktur tersebut, seperti kedalaman alur dan retak permukaan (Wirtgen, 2004). Gambar 2-1 menunjukkan bagaimana tiga fitur ini biasanya berhubungan dengan perjalanan waktu dan efek kumulatif dari beban lalu lintas. Tahapan kerusakan perkerasan seperti disebabkan oleh kombinasi antara faktor lingkungan dan beban lalu lintas dibahas di bawah.



Gambar 2-1. Indikator terjadinya kerusakan perkerasan  
(Sumber: Wirtgen. 2004)

#### Faktor lingkungan

Faktor lingkungan yang sebagian besar mengakibatkan terjadinya retak yang dimulai dari permukaan. Penyumbang utama fenomena ini adalah radiasi ultraviolet dari sinar matahari yang mengakibatkan penuaan (pengerasan) aspal. Dengan pengerasan aspal sehingga elastisitasnya berkurang yang mengakibatkan terjadinya retak ketika permukaan perkerasan pada kondisi dingin. Setelah kinerja permukaan perkerasan telah hilang karena retak, perkerasan cenderung memburuk semakin meningkat karena masuknya air.

### Pengaruh lalu lintas

Beban lalu lintas dapat menyebabkan terjadinya alur pada jejak roda dan retak pada struktur perkerasan. Setiap kendaraan yang menggunakan jalan menyebabkan struktur perkerasan secara lambat mengalami deformasi. Deformasi yang disebabkan oleh kendaraan ringan adalah sangat kecil sehingga tidak signifikan, sementara kendaraan berat menyebabkan deformasi relatif besar. Makin banyak kendaraan memiliki efek kumulatif yang secara bertahap menyebabkan deformasi permanen dan atau kelelahan retak. Sumbu beban kendaraan yang berlebih mempercepat kerusakan pada struktur perkerasan.

Penurunan kondisi pada struktur perkerasan disebabkan oleh dua mekanisme yang berbeda, yaitu:

- ✓ Deformasi permanen yang disebabkan oleh densifikasi, di mana tekanan beban berulang menyebabkan individu partikel dalam lapisan perkerasan bergerak lebih dekat atau rapat, yang mengakibatkan hilangnya rongga. Dalam material berbutir, kehilangan rongga menyebabkan peningkatan kekuatan (bahan padat lebih kuat), tapi sebaliknya pada campuran beraspal. Penurunan kadar rongga pada campuran beraspal tidak hanya menyebabkan rutting di jejak roda, tetapi memungkinkan aspal mulai bertindak sebagai pelumas, menciptakan media untuk tekanan hidrolik yang akan dihasilkan dari beban roda. Hal ini menyebabkan perpindahan lateral (pergeseran), atau mendorong sepanjang tepi jejak roda; dan
- ✓ Retak leleh pada material berpengikat, dimana retak ini mulai dari bagian bawah lapisan beraspal dimana beban roda kendaraan menyebabkan terjadinya regangan tarik maksimum pada tebi bawah lapis beraspal, selanjutnya merambat ke permukaan perkerasan. Deformasi permanen dari lapisan yang terletak di bawah lapis beraspal memperburuk kondisi ini, karena semakin meningkatkan regangan tarik pada lapis beraspal yang diakibatkan oleh beban roda.

Lapis permukaan adalah perkerasan yang bersentuhan langsung dengan lalu lintas dan lingkungan. Lapis permukaan berfungsi untuk melindungi lapis fondasi dan tanah dasar, memberikan keawetan (durabilitas) dan kedap air.

Lalu lintas mempengaruhi lapis permukaan dalam dua cara, yaitu:

- ✓ Tekanan disampaikan di permukaan dengan beban roda yang terutama di bidang vertikal, tetapi komponen horisontal menjadi

signifikan di tikungan, pada daerah turunan dan di mana kendaraan mengerem. Karakteristik kekuatan bahan yang digunakan dalam lapis permukaan harus mampu menahan semua tekanan tersebut tanpa retak atau deformasi; dan

- ✓ Pengaruh gesekan roda kendaraan, khususnya ketika menikung, cenderung mengikis permukaan, sehingga dapat terjadi pengausan yang berpengaruh terhadap pengurangan ketahanan gesekan (*skid resistance*) dari lapis permukaan. Lapis permukaan menjadi licin saat basah dan bisa berbahaya.

Pengaruh lingkungan terhadap lapis permukaan dapat dibagi menjadi dua, yaitu pengaruh termal dan radiasi ultraviolet. Oleh karena itu, lapis permukaan perlu memiliki sifat sebagai berikut:

- ✓ Elastisitas dan tidak peka akibat perubahan temperatur; dan
- ✓ Daya tahan yang baik terhadap radiasi ultraviolet tanpa penuaan dini.

Pada umumnya ada dua faktor yang hampir selalu terjadinya kerusakan lubang pada permukaan perkerasan, yaitu air dan lalu lintas. Lalu lintas berat atau faktor-faktor lain dapat membuat retak, yang memungkinkan air untuk meresap ke dalam dasar jalan aspal sehingga daya dukung perkerasan menjadi lemah. Ketika perkerasan atau lapis pondasi dan atau tanah dasar tidak dapat mendukung beban lalu lintas kerusakan perkerasan berkembang menjadi kerusakan berupa lubang.

### **3. TAMBALAN CAMPURAN BERASPAL SIAP PAKAI YANG SUDAH DIKEMBANGKAN**

#### **3.1. Umum**

Campuran beraspal untuk tambalan adalah kombinasi dari bahan pengikat (aspal) dan agregat yang memiliki karakteristik khusus yang diperlukan untuk mengisi/menutup lubang pada perkerasan (Ali Maher and Nenad Gucunski, 2001).

Ada berbagai jenis campuran beraspal untuk bahan tambalan, namun umumnya jenis campuran ini dapat dibagi tiga kelompok, yaitu berdasarkan proses pencampuran dan temperatur pemadatan. Kelompok dari campuran tersebut adalah sebagai berikut:

- a) Kelompok campuran panas; Tambalan campuran panas (*Hot Placed Patching Mixture*): Kelompok ini adalah campuran

beraspal untuk bahan tambalan yang biasanya menggunakan aspal keras dan agregat dengan gradasi menerus. Jenis campuran ini digunakan selagi panas, biasanya segera setelah diproduksi. Campuran ini memiliki kualitas tertinggi dari semua jenis campuran beraspal untuk tambalan dan memiliki karakteristik daya tahan yang sama dengan campuran beraspal panas yang digunakan untuk lapis permukaan perkerasan.

- b) Kelompok kombinasi campuran panas-dingin; Tambalan campuran panas hampar dingin (*Hot Mixed-Cold Placed Patching Mixtures*): Jenis campuran beraspal ini adalah menggunakan bahan pengikat aspal cair (*cutback asphalt*) dan agregatnya dikeringkan melalui pemanasan di AMP (*Asphalt Mixing Plant*). Jenis campuran beraspal ini digunakan dingin dari *stockpile* dan bisa diterapkan dalam segala cuaca.
- c) Kelompok campuran dingin; Tambalan campuran dingin (*Cold Mixed-Cold Placed Patching Mixtures*): Jenis campuran beraspal ini terdiri dari bahan pengikat aspal emulsi dan agregatnya tidak dipanaskan. Campuran beraspal ini dapat digunakan pada musim apapun, namun memiliki kualitas terendah dari semua jenis campuran beraspal untuk tambalan.

Berdasarkan pengalaman selama ini jenis-jenis penggunaan sebagai bahan tambalan, baik dari campuran beraspal panas maupun dari campuran beraspal dingin aspal cair *cutback asphalt*) dan campuran beraspal dingin aspal emulsi, ditemukan beberapa kendala, yaitu:

- a) Penambalan dengan menggunakan campuran beraspal panas, baik yang pencampurannya dilakukan di AMP ataupun yang dipanaskan di lapangan secara manual (digoreng) tidak efektif. Ketidak efektifan ini dikarenakan waktu pelaksanaan penambalan dibatasi oleh temperatur campuran beraspal atau temperatur aspal yang harus masih dalam keadaan panas, padahal umumnya penambalan berupa spot-spot kecil dengan lokasi saling berjauhan sehingga campuran cenderung sudah dingin terlebih dahulu sebelum digunakan.



- b) Penambalan dengan menggunakan campuran beraspal dingin aspal cair, meskipun pelaksanaannya tidak dibatasi oleh temperatur campuran karena pelaksanaannya dilakukan pada temperatur udara sehingga dari segi waktu cukup efektif untuk digunakan sebagai bahan tambalan, namun dilihat dari segi kekuatan, campuran beraspal dingin aspal cair memiliki kekuatan awal yang jauh lebih rendah dari campuran beraspal panas. Kekuatan awal campuran beraspal dingin aspal cair rendah karena adanya pelarut yang penguapannya tidak dapat segera sehingga menyebabkan aspal lunak dalam waktu yang relatif lama sampai umur satu bulan aspal dalam campuran beraspal cair masih lunak.
- c) Penambalan dengan menggunakan campuran beraspal dingin aspal emulsi relatif efektif karena pelaksanaannya secara dingin dan memiliki kekuatan awal yang relatif cukup kuat karena aspal dalam campuran beraspal dingin aspal emulsi cukup keras (nilai penetrasi di bawah 100 dmm). Namun campuran beraspal dingin aspal emulsi tidak dapat disimpan lama karena akan menggumpal sehingga menyulitkan saat pelaksanaan penambalan.

Untuk meningkatkan efektifitas tambalan, diperlukan suatu campuran beraspal yang dapat dilakukan pada temperatur dingin namun dengan kekuatan awal yang lebih tinggi dari campuran beraspal dingin, baik dengan aspal cair maupun dengan aspal emulsi, sehingga hasil penanganan dapat segera dilaksanakan serta dengan kekuatan yang memadai untuk menahan beban kendaraan.

### **3.2. Beberapa produk tambalan siap pakai**

Penggunaan bahan tambalan untuk penutupan kerusakan berupa lubang di negara yang sudah maju sudah banyak menggunakan bahan tambalan berupa campuran beraspal yang siap pakai. Beberapa jenis bahan tambalan yang sudah digunakan adalah seperti dengan merk dagang IAR, Performix, Perma Patch, QPR 2000, SuitKote, UPM, WesPro (Ali Maher and Nenad Gucunski, 2001).

Jenis bahan pengikat yang digunakan pada beberapa produk tambalan siap pakai berdasarkan US Army (2000) adalah

menggunakan aspal cair (*cutback*) kecuali untuk produk WesPro menggunakan aspal emulsi (lihat Tabel 3-1).

Tabel 3-1. Jenis bahan pengikat yang digunakan pada beberapa produk tambalan yang siap pakai

Produk Tambalan	Kemasan	Tipe bahan pengikat
Instant Road Repair	5-gal buckets	Cutback
UPM Summer Grade	50-lb bags	Cutback
UPM Warm Summer Grade	50-lb bags	Cutback
Quality Pavement Repair (QPR®)	50-lb bags	Cutback
EZ-Street®	50-lb bags	Cutback
EZ-Street® Hybrid	50-lb bags	Cutback
Wespro	5-gal buckets	Emulsion

Walaupun hanya digunakan sebagai tambalan, bahan tambalan harus memiliki kekuatan yang memadai. Kekuatan ini dapat diketahui dengan melakukan pengujian Marshall. Namun demikian, pengujian Marshall dengan benda uji yang disiapkan dengan pemadatan bahan tambalan dingin tidak dapat diuji karena sampel yang disiapkan umumnya runtuh setelah dikeluarkan dari cetakan dan sebelum pengujian (Ali Maher and Nenad Gucunski, 2001).

Menurut SHRP-H-353 yang dicuplik oleh Ali Maher and Nenad Gucunski (2001), untuk pengujian stabilitas Marshall harus mensimulasikan kondisi lapangan setelah beberapa bulan dilalui lalu lintas. Bahan harus dikondisikan sebelum pengujian dengan menempatkan bahan ke dalam oven selama semalam pada temperatur 135 °C. Bahan tersebut kemudian dipadatkan panas, dengan menggunakan 75 pukulan pada setiap sisi dan dibiarkan dingin dalam cetakan. Sampel ini kemudian dikeluarkan dan diuji.

Pada Tabel 3-2 disajikan parameter Marshall dari beberapa produk bahan tambalan siap pakai yang telah digunakan. Pada Tabel 3-2 terlihat bahwa pada umumnya bahan tambalan siap pakai tersebut memiliki nilai stabilitas Marshall adalah sekitar 500 kg. Untuk yang merk IAR memiliki nilai stabilitas terendah (328 kg), sedangkan yang tertinggi adalah WesPro, yaitu sebesar 1.013 kg dengan nilai pelelehan terendah (1,16 mm).

Tabel 3-2. Sifat Marshall campuran beraspal dari beberapa produk tambalan siap pakai

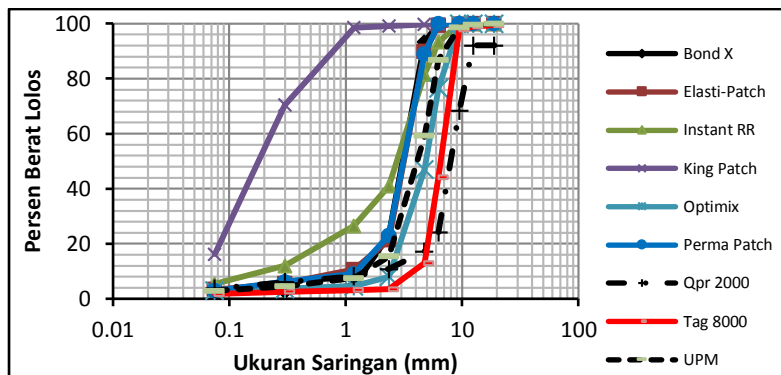
Produk Tambalan	Stabilitas Marshall		Pelelehan (mm)
	(N)	(kg)	
IAR	3220,4	328,4	1,33
Performix	4938,2	503,6	1,87
PermaPatch	6528,8	665,8	1,38
QPR 2000	5472,8	558,1	1,40
SuitKote	4752,2	484,6	1,42
UPM	4952,4	505,0	1,20
WesPro	9937,3	1013,4	1,16

Sumber: Ali Maher and Nenad Gucunski (2001)

Bila mengacu pada Marcus Berlin, E.I.T. and Elizabeth Hunt, P.E. (2001) bahwa gradasi agregat campuran beraspal bahan tambalan dari beberapa produk adalah seperti disajikan pada Tabel 3-3 dan Gambar 3-1. Pada Tabel 3-3 dan Gambar 3-1 terlihat bahwa pada umumnya gradasi agregat campuran beraspal bahan tambalan merupakan gradasi halus dan satu ukuran (*single size*) atau mendekati gradasi *Stone Matrix Asphalt* (SMA). Padahal campuran dengan gradasi halus cocok untuk lubang dangkal, karena tambalan dapat dihampar tipis untuk membantu mencegah pelepasan butir (*raveling*) sekitar tepi lubang. Untuk penambalan yang dalam lebih cocok menggunakan bahan tambalan dengan campuran yang kasar karena dapat memberikan daya tahan ekstra.

Tabel 3-3. Gradasi agregat campuran beraspal beberapa produk tambalan siap pakai

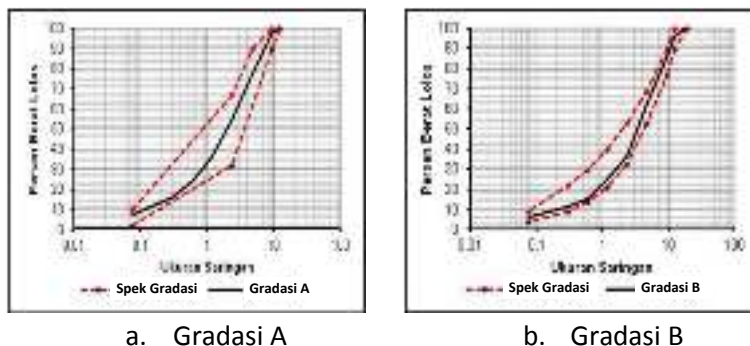
Ukuran Saringan (mm)	Persen Berat Lolos Saringan Untuk Produk Tambalan:								
	Bond X	Elasti-Patch	Instant RR	King Patch	Optimix	Perma Patch	Qpr 2000	Tag 8000	UPM
19,0	100	100	100	100	100	100	92	99,4	100
12,5	100	100	100	100	100	100	92	98,9	99,6
9,5	100	99,8	99,9	100	100	100	68,3	97,9	98,6
6,3	100	99,3	93,3	99,7	76,4	99,9	24,2	44,2	86,8
4,76	93,3	89,8	81,6	99,7	47,1	88,9	17,2	13	59,2
2,36	23	21,4	41	99,1	8	23	10,8	3,5	15,4
1,18	4,7	10,6	26,5	98,5	4,6	9,1	8,2	3,2	7,5
0,30	2,7	5,6	12	70,4	3,7	6,2	6,1	2,6	4,5
0,075	2,7	3,4	5,4	16,3	3,1	3	3,8	1,7	2,9



Gambar 3-1. Gradasi agregat campuran beraspal beberapa produk tambalan siap pakai

### 3.3. Bahan tambalan siap pakai hasil kajian Pusat Libang Jalan tahun 2014

Bahan campuran beraspal panas untuk bahan tambalan dikembangkan dengan menggunakan 2 (dua) tipe gradasi (lihat Gambar 3-2) dan jenis aspal yang digunakan adalah aspal Pen 60 dan aditif penggembur adalah aditif organik. Adapun sifat Marshall campuran beraspal panas dengan 2 tipe gradasi dan aspal tersebut yang ditumbuk dengan 2 x 75 tumbukan sebagaimana yang diberikan pada Tabel 3-4 dan memenuhi persyaratan kekuatan yang disyaratkan oleh Asphalt Institute MS-14.



Gambar 3-2. Gradasi agregat campuran untuk tambalan

Untuk menjamin ke dua campuran tersebut tidak menggumpal dan dapat dipadatkan dimasa yang akan datang maka pada ke dua campuran tersebut ditambahkan aditif. Penambahan aditif tersebut dilakukan dengan proporsi tertentu serta jumlahnya

sama untuk kedua campuran. Kemudian setiap campuran beraspal yang sudah diberi aditif tersebut dimasukkan dalam kemasan (kantong) yang kedap untuk kemudian dapat dipakai sewaktu-waktu bila diperlukan.

Tabel 3-4. Sifat campuran beraspal bahan tambalan dengan aditif organik

Sifat Campuran pada Temperatur ± 30 °C	Karakteristik Campuran		Persyaratan pada 25 °C (Asphalt Institute MS-14)
	Untuk Gradasi:		
	A	B	
1. Stabilitas, kg	520	730	Min. 250
2. Pelelehan, mm	4,7	4,3	2-4

Tambalan siap pakai yang cepat mantap tersebut di atas telah diuji cobakan dan diaplikasikan pada tahun 2014 oleh Pusjatan di lapangan pada 3 lokasi, yaitu di jalan Tol Jagorawi (lihat Gambar 3-3 dan 3-4), di jalan Prof. Eykman Kota Bandung (lihat Gambar 3-5) dan ruas jalan di Kota Pekalongan (lihat Gambar 3-6).

Tipe bahan tambalan siap pakai yang diaplikasikan di ruas Tol Jagorawi adalah bahan tambalan dengan gradasi B, sedangkan yang diaplikasikan di jalan Pemkot Bandung dan Pemkot Pekalongan adalah bahan tambalan dengan gradasi A.



Gambar 3-3. Uji coba bahan tambalan dengan di Tol Jagorawi Arah Ciawi/Bogor (Km 7+900)



Gambar 3-4. Uji coba bahan tambalan dengan di Tol Jagorawi Arah Cawang (Km 37+000)



Gambar 3-5. Uji coba bahan tambalan dengan di Jl Prof Eykman (Kota Bandung)



Gambar 3-6. Aplikasi bahan tambalan dengan di Jalan Kota Pekalongan

Berdasarkan hasil pengamatan selama proses aplikasi penambalan tidak ditemukan hal-hal yang tidak diharapkan pada tambalan tersebut. Hal ini dapat dilihat dengan tidak terjadinya segregasi, tingkat kegemburan baik yang ditunjukkan dengan mudahnya waktu penghamparan dan pemadatan.

## 4. PEMILIHAN CAMPURAN BERASPAL UNTUK BAHAN TAMBALAN

### 4.1. Karakteristik bahan tambalan

Kemudahan kerja pada semua cuaca menjadi perhatian utama dalam pelaksanaan pemeliharaan. Bahan tambalan harus lunak dan lentur untuk penanganannya mudah. Bahan tambalan yang disimpan harus dapat diterapkan setelah beberapa bulan tersimpan (Texas DOT, 1999).

Kesulitan dalam merancang persediaan campuran beraspal untuk bahan tambalan adalah sifat bahan yang diperlukan dalam penimbunan dan daya tahan (durabilitas) yang kontradiksi. Misalnya, bahan tambalan harus dapat dikeluarkan dengan mudah dari *stockpile* dan dimuat ke truk. Setelah di lapangan,

bahan harus mudah untuk disekop, ditempatkan, dan ditebar ke dalam lubang. Ringkasan kontradiksi tersebut disajikan pada Tabel 4-1 (Marcus Berlin, E.I.T. and Elizabeth Hunt, P.E., 2001)

Tabel 4-1. Karakteristik bahan tambalan

Sifat	Parameter	Workabilitas	Durabilitas
Gradasi	Gradasi Terbuka	Baik	Jelek
	Gradasi Menerus	Jelek	Baik
Bentuk agregat	Pecah	Workabilitas Jelek	Durabilitas Baik
	Bulat	Workabilitas Baik	Durabilitas Jelek
Kekentalan Aspal	Kekentalan Rendah	Baik (Baik Untuk Disimpan)	Jelek
	Kekentalan Tinggi	Jelek	Baik
Ukuran Agregat	Gradasi Kasar/Besar	Jelek	Baik Dengan Kondisi Ideal
	<i>Finer Mix P#4 &amp; retained on #16</i>	Baik	Baik Bila Tebal < 76 mm (3")
Gradasi	Satu Ukuran	Baik ( <i>Effective Cure</i> )	
Anti Pengelupasan			Baik Bila Kompatibel

Sumber: Kandhal, P.S. and D.B. Mellott. (1981)

Pada Tabel 4-1 terlihat bahwa tipe gradasi terbuka memiliki kemudahan kerja lebih tinggi akan tetapi durabilitas rendah. Hal ini berbanding terbalik dengan gradasi yang menerus. Untuk ukuran agregat yang besar atau bergradasi kasar memiliki kemudahan kerja yang rendah dibandingkan dengan ukuran agregat yang kecil yang memiliki ukuran agregat lolos saringan No. 4 dan tertahan No. 16. Penggunaan agregat pecah memiliki kemudahan kerja yang rendah dibandingkan agregat, namun penggunaan agregat pecah memberikan durabilitas yang tinggi. Selain itu, bilamana aspal yang digunakan untuk campuran memiliki kekentalan yang rendah atau penetrasi tinggi maka kemudahan kerjanya tinggi tetapi durabilitasnya rendah. Hal demikian berbanding terbalik dengan penggunaan aspal yang memiliki kekentalan yang tinggi atau penetrasi rendah.

Mengingat tantangan dalam merancang campuran beraspal untuk penambalan lubang, maka karakteristik penting dari campuran beraspal yang diharapkan untuk bahan tambalan antara lain adalah sebagai berikut (Kandhal, P.S. and D.B. Mellott. 1981):



- Stabilitas  
 Agar tambalan tahan terhadap pergeseran oleh lalu lintas. Stabilitas dapat berhubungan dengan karakteristik bahan campuran beraspal untuk tambalan. Sebagai contoh, gradasi agregat campuran yang lebih baik maka campuran lebih stabil. Stabilitas juga akan meningkat ketika agregat yang digunakan memiliki tekstur permukaan kasar dan bersudut (agregat pecah). Sifat bahan dapat mempengaruhi kekompakan campuran dan memberikan kontribusi juga terhadap stabilitas campuran.
- Kelekatan  
 Tambalan akan menyatu mengikuti seluruh tepi lubang. Kelekatan dipengaruhi oleh temperatur campuran dan aspal. Biasanya bahan campuran beraspal panas memiliki adhesi yang memuaskan ketika masih panas, sedangkan campuran dingin tidak memiliki kelekatan yang memadai.
- Resistensi terhadap pengaruh air  
 Untuk menjaga aspal lepas dari agregat. Campuran tambalan kurang tahan air ketika kurang padat. Sifat ini juga dipengaruhi oleh aspal dan jenis agregat.
- Daya tahan (durabilitas)  
 Agar tambalan memiliki ketahanan yang memuaskan terhadap disintegrasi. Dalam hal daya tahan, bahan campuran panas dengan aplikasi penambalan panas adalah yang memiliki daya tahan yang terbaik. Bahan tambalan dari campuran dingin dan diaplikasikan dingin tidak memiliki daya tahan tinggi
- Kekesatan  
 Harus sama dengan permukaan perkerasan di mana tambalan ditempatkan
- Kemudahan pengerjaan  
 Untuk memungkinkan bahan tambalan dengan mudah disekop dan dibentuk. Faktor yang paling penting yang mempengaruhi kemudahan kerja adalah temperatur karena merupakan kontrol terhadap kekerasan aspal. Aspal dengan kekentalan rendah dapat digunakan untuk meningkatkan kemudahan kerja dari campuran



- Kemampuan penyimpanan  
Agar campuran dapat ditimbun/disimpan tanpa pengerasan berlebihan atau mengalirnya bahan pengikat dari agregat

#### 4.2. Evaluasi saat produksi, pelaksanaan serta selama pelayanan

Berdasarkan NCHRP (2014), untuk bahan pertimbangan dalam meningkatkan kualitas bahan tambalan yang sesuai dengan yang diharapkan adalah dengan mengevaluasi indikasi atau gejala yang terjadi pada saat penyimpanan, selama pelaksanaan dan pelayanan. Berdasarkan indikasi yang terjadi maka dapat diperkirakan solusi untuk meningkatkan kualitas bahan tambalan yang akan diproduksi, yaitu seperti disajikan pada Tabel 4-2.

Tabel 4-2. Indikasi kinerja bahan tambalan dan mekanisme kemungkinan kegagalannya (NCHRP. 2014)

Indikasi/Gejala	Mekanisme Kegagalan
<b>Selama Penyimpanan</b>	
Workabilitas rendah	Aspal terlalu kaku; agregat halus berlebihan atau agregat kotor; campuran terlalu kasar atau terlalu halus
Pengaliran aspal	Aspal terlalu lunak; penimbunan atau pencampuran pada temperatur tinggi
Pengelupasan	Lapisan aspal tidak memadai selama pencampuran; agregat dingin atau basah
Campuran menggumpal	Aspal mengeras dini ( <i>premature</i> )
Kaku pada cuaca dingin	aspal rentan terhadap temperatur dengan signifikan; agregat halus berlebihan atau agregat kotor; campuran terlalu kasar atau terlalu halus
<b>Selama Pelaksanaan</b>	
Workabilitas rendah	Aspal terlalu kaku; agregat halus berlebihan atau agregat kotor; campuran terlalu kasar atau terlalu halus
Stabilitas rendah	Aspal terlalu lunak atau berlebihan; ketidakcukupan rongga dalam mineral agregat; kualitas agregat tidak baik
Lunak berlebihan	Aspal terlalu lunak

Tabel 4-2. Indikasi kinerja bahan tambalan dan mekanisme kemungkinan kegagalannya (NCHRP. 2014), lanjutan

Indikasi/Gejala	Mekanisme Kegagalan
<b>Selama Pelayanan</b>	
Sungkur ( <i>shoving &amp; pushing</i> )	Pemadatan tidak baik; aspal terlalu lunak atau berlebihan; aspal rentan terhadap temperatur dengan signifikan; campuran terkontaminasi; tingkat pengikatan lambat; kerusakan kelembaban; ketidakcukupan void dalam mineral agregat; <i>interlock</i> agregat tidak baik
Remuk ( <i>dishing</i> )	Kurang padat
Pelepasan butir	Pemadatan buruk; aspal terlalu lunak; kohesi campuran kurang baik; <i>interlock</i> agregat rendah; penyerapan aspal oleh agregat rendah; kerusakan kelembaban; agregat halus berlebihan atau agregat kotor; campuran terlalu kasar atau terlalu halus
Kekesatan rendah	Bahan pengikat berlebihan; agregat tidak tahan selip; gradasi terlalu rapat
Penyusutan atau kurangnya pelekatan pada tepi lubang	Adhesi rendah; tidak menggunakan lapis perekat atau campuran tidak merekat sendiri; persiapan pada lubang tidak baik

## 5. ASBUTON DAN SPESIFIKASI TAMBALAN CEPAT MANTAP ASBUTON (TCMA)

### 5.1. Deposit Asbuton

Asbuton atau aspal alam batu buton dari pulau Buton Sulawesi Tenggara merupakan salah satu sumber daya alam di Indonesia yang memiliki potensi yang sangat besar. Asbuton yang berbentuk batuan (*rock asphalt*) campuran batu kapur, pasir, dan bitumen. Asbuton memiliki defosit terbesar di dunia dibandingkan dengan aspal alam negara lain. Untuk itu, asbuton merupakan anugerah yang luar biasa dan bila dimanfaatkan dengan optimal dapat meningkatkan kesejahteraan rakyat Indonesia. Namun pemanfaatan asbuton tidak mudah diperlukan inovasi dan usaha keras dari seluruh komponen bangsa ini. Pemanfaatan asbuton sudah dimulai sejak jaman penjajahan hingga sekarang serta sudah dilakukan oleh banyak pihak, tetapi hasilnya masih belum sesuai harapan. Padahal bila penggunaan asbuton dapat dilakukan

dengan optimal maka akan berdampak positif bagi negara dan daerah, yaitu diantaranya:

- a. Dapat menghemat devisa negara dari penggunaan import aspal minyak
- b. Dapat mengantisipasi kemungkinan menurunnya produksi aspal minyak dalam negeri di masa yang akan datang
- c. Dapat digunakan sebagai bahan tambah untuk meningkatkan mutu aspal produk dalam negeri
- d. Dapat membuka lapangan kerja baru, khususnya bagi masyarakat di Pulau Buton

Dari sekian banyak lokasi deposit Asbuton, baru lokasi penambangan Kabungka saja yang telah ditambang dan dimanfaatkan, daerah lokasi penambangan lainnya seperti daerah Lawele, baru dalam tahap eksplorasi dan sedikit pemanfaatannya. Sejak tahun dua ribuan, barulah deposit Asbuton dari Lawele ditambang, dan penambangan untuk kedua sumber dilakukan dengan cara penambangan terbuka, seperti diilustrasikan pada Gambar 5-1.



a. Lokasi di Kabungka



b. Lokasi di Lawele

Gambar 5-1. Lokasi penambangan asbuton

## 5.2. Karakteristik Asbuton

Dalam Asbuton terdapat dua jenis unsur utama, yaitu bitumen dan mineral. Kadar bitumen asbuton bervariasi antara 10% sampai dengan 50% dengan lokasi tersebar dari Teluk Sampolawa sampai dengan Teluk Lawele sepanjang 75 km dengan lebar 27 km (Dairi, 1992). Dalam pemanfaatannya untuk pekerjaan peraspalan, kedua jenis unsur tersebut akan sangat dominan mempengaruhi kinerja campuran beraspal. Hasil ekstraksi Asbuton dari Kabungka dan Lawele, yaitu gradasi mineral serta sifat kimia mineral dan

aspalnya sebagaimana diperlihatkan pada Tabel 5-1 sampai Tabel 5-3.

Pada Tabel 5-1 terlihat bahwa ukuran mineral asbuton dari kedua sumber setelah diekstraksi ukuran butirnya halus tetapi dengan tingkat kehalusan yang berbeda. Mineral asbuton dari Kabungka memiliki ukuran butir maksimum 0,30 mm, sedangkan ukuran butir maksimum untuk mineral asbuton Lawele adalah 2,36 mm.

Tabel 5-1. Hasil uji gradasi mineral asbuton

Ukuran Saringan		Lolos saringan (%)	
ASTM	mm	Asbuton dari Kabungka	Asbuton dari Lawele
No.8	2,36	100	100
No.30	0,60	100	99,1
No.50	0,30	100	89,1
No.100	0,150	95,6	49,3
No.200	0,075	4,5	32,2

Sumber: Kusnianti N. (2002)

Tabel 5-2. Unsur kimia mineral asbuton Kabungka dan Lawele

Senyawa	Hasil uji kimia mineral	
	Asbuton dari kabungka	Asbuton dari Lawele
CaCO <sub>3</sub>	86,66	72,90
MgCO <sub>3</sub>	1,43	1,28
CaSO <sub>4</sub>	1,11	1,94
CaS	0,36	0,52
H <sub>2</sub> O	0,99	2,94
SiO <sub>2</sub>	5,64	17,06
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,52	2,31
Residu	0,96	1,05

Sumber: Kusnianti N. (2002)

Tabel 5-3. Unsur kimia bitumen asbuton Kabungka dan Lawele

Senyawa	Hasil uji kimia mineral	
	Asbuton dari kabungka	Asbuton dari Lawele
Nitrogen (N),%	29,04	30,08
Acidafins (A1), %	9,33	6,60
Acidafins (A2), %	12,98	8,43
Parafin (P), %	11,23	8,86
Parameter Maltene	1,50	2,06
Nitrogen/Parafin, N/P	2,41	3,28
Kandungan Asphaltene, %	39,45	46,92

Sumber: Kusnianti N. (2002)

Dari Tabel 5-2 terlihat bahwa sifat kimia mineral asbuton dari kedua sumber memiliki  $\text{CaCO}_3$  tinggi, Kandungan  $\text{CaCO}_3$  mineral asbuton dari Kabungka lebih tinggi dari yang dari Lawele, namun demikian mineral asbuton dari Lawele mengandung silika ( $\text{SiO}_2$ ) lebih tinggi. Pengaruh kandungan  $\text{CaCO}_3$  yang tinggi memberikan nilai tambah ketahanan terhadap pengelupasan. Dengan demikian penggunaan asbuton dari Kabungka pada campuran beraspal akan meningkatkan daya tahan campuran beraspal terhadap pengaruh air.

Berdasarkan Tabel 5-3, komposisi kimia bitumen Asbuton dari kedua daerah deposit memiliki senyawa *Nitrogen base* yang tinggi dan parameter malten baik. Hal ini mengindikasikan Asbuton memiliki pelekatan yang baik dengan agregat dan keawetan yang cukup. Namun dilihat dari karakteristik lainnya Asbuton dari deposit Lawele mempunyai sifat aspal yang lebih lunak dibandingkan dengan Asbuton dari deposit Kabungka.

### 5.3. Spesifikasi Asbuton

Sesuai Surat Edaran Menteri Pekerjaan Umum No. 10/SE/M/2013 bahwa asbuton butir yang dapat digunakan, baik pada campuran beraspal panas maupun campuran beraspal hangat, adalah asbuton butir yang sudah diolah yang memenuhi spesifikasi tertentu. Asbuton olahan tersebut adalah terdiri atas 3 kelas atau tipe, yaitu:

- Tipe B 5/20; Penetrasi bitumen asbuton  $\leq 15$  dmm dan Kadar bitumen antara (18-22)%

- Tipe B 30/25; Penetrasi bitumen asbuton antara (25-35) dmm dan Kadar bitumen antara (23-27)%
- Tipe B 50/30; Penetrasi bitumen asbuton antara (40-60) dmm dan Kadar bitumen antara (25-30)%

Ketentuan karakteristik untuk ke tiga tipe asbuton butir tersebut disajikan pada Tabel 5.4.

Tabel 5-4. Karakteristik asbuton butir (Kementerian Pekerjaan Umum, 2013)

Sifat-sifat Asbuton Butir	Metode Pengujian	Tipe B 5/20	Tipe B 30/25	Tipe B 50/30
<b>Sifat Bentuk Asli</b>				
- Ukuran butir asbuton butir				
✓ Lolos Ayakan 3/8 inci (9,5 mm); %	SNI 03-4142-1996			100
✓ Lolos Ayakan No 4 (4,75 mm); %	SNI 03-4142-1996		100	
✓ Lolos Ayakan No 8 (2,36 mm); %	SNI 03-4142-1996	100		
-Kadar air; %	SNI 2490;2008	Mak 2	Mak 2	Mak 2
-Kadar bitumen asbuton; %	SNI 03-3640-1994			
<b>Sifat Hasil Ekstraksi</b>				
-Kelarutan dalam TCE; % berat	RSNI M 04-2004	Min 99	Min 99	Min 99
-Penetrasi bitumen asbuton pada 25 °C, 100 g, 5 detik; dmm	SNI 2456:2011	≤15		
-Titik Lembek; °C	SNI 2434:2011	-		
-Daktilitas pada 25°C; cm	SNI 2432:2011	-		
-Berat jenis	SNI 2441:2011	-		
-Titik Nyala; °C	SNI 2433:2011	-		Min 232
-Penurunan Berat (dengan TFOT); LOH (%)	SNI 06-2440-1991	-		
-Penetrasi aspal asbuton setelah LOH pada 25 °C, 100 g, 5 detik; % terhadap penetrasi awal	SNI 2456:2011	-		

#### 5.4. Spesifikasi Tambalan Cepat Mantap Asbuton (TCMA)

Untuk tujuan pengembangan teknologi bahan tambalan siap pakai yang menggunakan asbuton Lawele dan aditif pengembur yang berbasis air, bahan acuan untuk pengujian campuran beraspal sebagai bahan tambalan siap pakai adalah:

- Sifat agregat dan aspal keras yang digunakan mengacu pada Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan Tahun 2010

Revisi-3 (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2014), sedangkan untuk aspal cair mengacu SNI 4799:2008 (Spesifikasi aspal cair tipe penguapan sedang) atau ASTM D2026/D2026M-97 (Spesifikasi aspal cair tipe penguapan lambat).

- Gradasi agregat untuk bahan tambalan mengacu pada Tabel 5-5 , Gradasi 1 dengan ukuran agregat nominal maksimum (NMAS) 9,5 mm dan Gradasi 2 untuk NMAS 12,5 mm.
- Ketentuan campuran beraspal panas mengacu pada Tabel 5-6 (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2014) dan untuk campuran beraspal dengan aspal cair mengacu Tabel 5-7.
- Persiapan benda uji untuk pengujian Marshall mengacu pada ASTM D6926-10 dan pengujian parameter Marshall sesuai ASTM D6927-06
- Ketentuan campuran beraspal dingin atau bahan tambalan yang dipadatkan pada temperatur ruang maka ketentuan campurannya mengacu pada Asphalt Institute's MS-14 (1989).

Tabel 5-5. Ketentuan gradasi agregat campuran beraspal untuk tambalan NMAS 9,5 mm dan 12,5 mm

Ukuran Saringan		Spesifikasi Persen berat lolos			
		Gradasi 1 (NMAS 9,5 mm <sup>1</sup> )		Gradasi 2 (NMAS 12,5 mm <sup>2</sup> )	
3/4"	19 mm			100	100
1/2"	12,5 mm	100	100	90	100
3/8"	9,5 mm	90	100	77	90
No.4	4,75 mm		90	53	69
No.8	2,36 mm	32	67	33	53
No.16	1,18 mm			21	40
No.30	0,6 mm			14	30
No. 50	0,3 mm			9	22
No. 200	0,075 mm	2	10	4	9

Keterangan: <sup>1</sup> AASTHO M323-12

<sup>2</sup> Direktorat Jenderal Bina Marga (2014)

NMAS (Nominal Maximum Aggregate Size)

Tabel 5-6. Ketentuan sifat campuran beraspal panas untuk bahan tambalan

Sifat Campuran	Persyaratan <sup>1</sup>
1. Rongga terisi aspal (VFB); %	Min. 65
2. Rongga udara dalam campuran (VIM); %	3-5
3. Rongga di antara agregat (VMA); %	Min. 15
4. Stabilitas Marshall, kg	Min 800
5. Pelelehan, mm	2-4

Keterangan:<sup>1</sup> Direktorat Jenderal Bina Marga (2014)

Tabel 5-7. Ketentuan campuran beraspal panas hampar dingin (CPHMA)

Sifat campuran	Persyaratan <sup>1</sup>
Rongga di antara agregat (VMA); %	Min. 16
Rongga terisi aspal (VFB); %	Min. 60
Rongga udara dalam campuran (VIM); %	4 -- 10
Stabilitas Marshall pada temperatur udara; kg	Min. 500
Stabilitas sisa setelah perendaman selama 1 x 24 jam pada temperatur udara; %	Min. 60

Keterangan:<sup>1</sup> . Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (2015)

## 6. KARAKTERISTIK TAMBALAN CEPAT MANTAP ASBUTON HASIL KAJIAN

### 6.1. Hasil kajian di laboratorium

#### 6.1.1. Sifat Asbuton

Jenis asbuton yang digunakan untuk kajian bahan tambalan cepat mantap adalah asbuton yang ada di pasaran, yaitu jenis asbuton dengan kandungan bitumen yang lunak dari sumber Lawele atau yang dikenal LGA (Lawele Granural Asphalt). Data Asbuton LGA hasil pengadaan diuji analisa saringan 100% lolos saringan 3/8 inci (9,5 mm), sedangkan data hasil ekstraksi disajikan pada Tabel 6-1.



Tabel 6-1. Sifat asbuton LGA hasil ekstraksi

No	Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Hasil Pengujian
1	Kadar aspal; %	SNI 03-3640-1994	26,76
2	Kadar air; %	SNI-2490-2008	2,0
3	Analisa saringan; % berat lolos	SNI 03-6822-2002	
	1/2"		100
	3/8"		100
	No. 4		100
	No. 8		99,67
	No. 16		99,37
	No. 30		99,00
	No. 50		94,56
	No. 100		70,55
	No. 200		49,47
4	Berat jenis mineral		2,52
Sifat Bitumen Hasil Ekstraksi			
1	Penetrasi; dmm	SNI 2456 : 2011	105,6
2	Titik lembek; °C	SNI 2434 : 2011	47,9
3	Daktilitas; cm	SNI 2432 : 2011	>140
4	Berat jenis	SNI 2441 : 2011	1,050
5	Titik nyala; °C	SNI 2433 : 2011	190
6	Viskositas kinematis pada 135 °C; cSt	SNI 7729:2011	388,8
Sifat Bitumen Setelah Kehilangan Berat (Thin Film Oven Test, TFOT)			
1	Penurunan berat; % semula	SNI 06-2440-1991	2,882
2	Penetrasi Setelah TFOT; dmm	SNI 2456 : 2011	40
3	Titik lembek Setelah TFOT; °C	SNI 2434 : 2011	55,6
4	Daktilitas Setelah TFOT; cm	SNI 2432 : 2011	>140
5	Viskositas kinematis pada 135 °C setelah TFOT; cSt	SNI 7729:2011	691,9

Berdasarkan data pada Tabel 6-1, terlihat bahwa kadar bitumen Asbuton LGA masuk Tipe B 50/30 (lihat Tabel 5-4) namun memiliki nilai Penetrasi tinggi (105,6 dmm) dan Titik Nyala yang lebih rendah, yaitu 190 °C (< 232 °C). Hasil pengujian TFOT terdapat perubahan sifat bitumen yang cukup mencolok yang

ditunjukkan dengan nilai penetrasi mengalami penurunan menjadi 40 dmm (sekitar 60% nilai semula). Data tersebut sejalan dengan terjadinya kehilangan berat yang tinggi (2,882%). Ukuran mineral Asbuton LGA hasil ekstraksi sangat halus, yaitu yang lolos saringan No. 200 sebanyak 49,47%. Untuk itu, penggunaanya dalam campuran beraspal sangat terbatas (maksimum sekitar 15%) karena sesuai spesifikasi gradasi agregat campuran beraspal untuk tambalan NMAS 9,5 mm dan 12,5 mm pada Tabel 5-5 berturut-turut yang lolos saringan No. 200 yang diijinkan adalah 2-10% dan 4-9%.

Memperhatikan data di atas, untuk pembuatan bahan tambalan cepat mantap asbuton (TCMA) selain campuran beraspal panas juga dipertimbangkan campuran beraspal hangat serta penggunaan Asbuton LGA yang lebih banyak sehingga perlu dikaji menggunakan gradasi agregat campurannya, yaitu perlu dikaji kinerjanya, di laboratorium maupun di lapangan.

#### **6.1.2. Sifat agregat**

Agregat yang digunakan untuk bahan tambalan cepat mantap asbuton (TCMA) adalah agregat yang bersumber dari Jawa Barat dengan sifat fisik agregat memenuhi persyaratan, yaitu seperti disajikan pada Tabel 6-2.

#### **6.1.3. Sifat bahan pengikat**

Bahan pengikat untuk campuran beraspal panas serta campuran beraspal hangat (untuk pembuatan Peremaja Hangat, PH) menggunakan aspal keras Pen 60-70. Sifat fisik aspal Pen 60-70 seperti disajikan pada Tabel 6-3. Berdasarkan hasil pengujian diperoleh bahwa aspal Pen 60-70 memenuhi persyaratan. Adapun sifat fisik PH untuk campuran hangat yang dibuat dari aspal Pen 60-70 dengan dicampur dengan bahan khusus adalah disajikan pada Tabel 6-4.

Tabel 6-2. Sifat agregat

No	Jenis pengujian	Jenis pengujian	
		Agregat Sedang	Agregat Halus
1	Abrasi; %	26,91	-
2	Setara Pasir; %	-	55,0
3	Berat jenis		
	<i>bulk</i>	2,503	2,498
	<i>SSD</i>	2,579	2,506
	<i>apparent</i>	2,707	2,519
4	Penyerapan; %	2,979	0,341
5	Angularitas Halus; %	-	45,86
6	Angularitas Kasar; %	100/100	-
7	Kelekatan; %	95 +	-
8	Partikel Pipih dan Lonjong; %	15,7	-
9	Analisa saringan; % berat lolos		
	1/2"	100	100
	3/8"	99,22	100
	No. 4	20,27	94,36
	No. 8	4,15	67,11
	No. 16	2,20	48,55
	No. 30	2,01	36,26
	No. 50	1,94	27,41
	No. 100	1,83	20,29
	No. 200	1,57	14,83

Tabel 6-3. Sifat Aspal Pen 60-70

No.	Jenis Pengujian	Hasil Pengujian	Spesifikasi
1.	Penetrasi pada 25 °C, 100 g, 5 detik; dmm	66	60 - 70
2.	Viskositas pada 135 °C; cSt	380,4	≥ 300
3.	Viskositas pada 60 °C; Pa.s	211,1	160-240
4.	Titik lembek; °C	48,4	≥ 48
5.	Daktilitas pada 25 °C, 5 cm / menit; cm	>140	≥ 100
6.	Titik nyala (COC); °C	287	≥ 232
7.	Kelarutan dalam C <sub>2</sub> HCl <sub>3</sub> ; %	99,8323	≥ 99
8.	Berat jenis	1,039	≥ 1,0
9.	Kehilangan berat (TFOT); %	0,0376	≤ 0,8
10.	Penetrasi setelah TFOT; %	80,6	≥ 54
11.	Daktilitas setelah TFOT; cm	>140	≥ 100
12.	Viskositas pada 60 °C setelah TFO; Pa.s	233,6	≤ 800

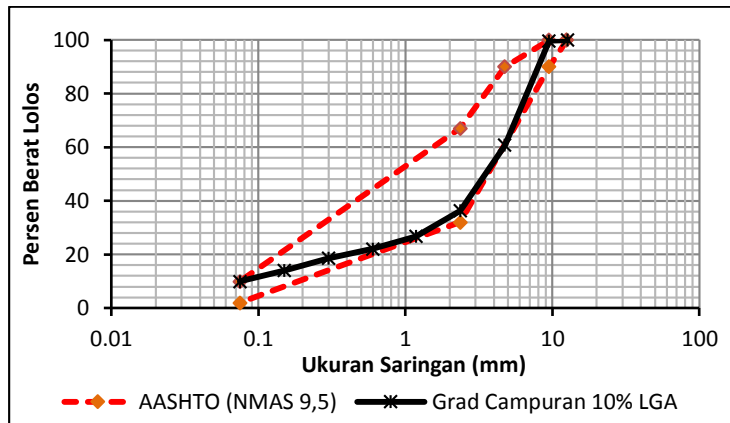
Tabel 6-4. Sifat peremaja hangat

No.	Jenis Pengujian	Hasil Pengujian PH		
		Tipe 1	Tipe 2	Tipe 3
1.	Viskositas pada 25 °C; cSt	Putus-putus	Putus-putus	Putus-putus
	Viskositas pada 60 °C; cSt	165,2	190,8	335,4
2.	Penyulingan :			
	Sulingan pada 190 °C; ml	-	-	-
	225 °C; ml	-	-	-
	260 °C; ml	-	-	-
	315 °C; ml	7	1	-
	360 °C; ml	30	19	8,74
	Kadar residu; % Isi	86,1	92,1	95,63
3.	Titik nyala (COC); °C	115	135	145
4.	Berat jenis	0,958	0,959	0,9835
5.	Penetrasi; dmm	-	-	-
6.	Daktilitas; cm	-	-	-
7.	Viskositas residu pada 60 °C; cSt	643,8	534	545,9

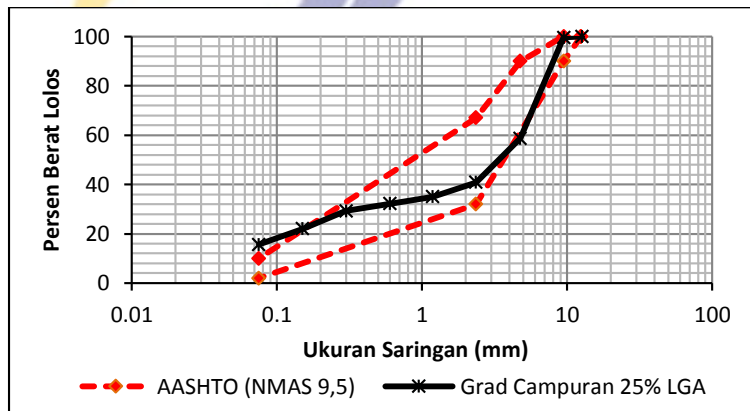
Dari ketiga tipe peremaja hangat yang telah dibuat serta diuji seperti pada Tabel 6-4, terlihat bahwa peremaja Tipe 1 memiliki titik nyala rendah (115 °C), sedangkan untuk Tipe 2 dan Tipe 3 memiliki titik nyala di atas 130 °C. Berhubung target temperatur pencampuran untuk campuran hangat antara (120-125)°C maka berdasarkan data tersebut, peremaja hangat Tipe 2 dan Tipe 3 dapat digunakan.

#### 6.1.4. Gradasi campuran beraspal bahan tambalan

Gradasi agregat campuran dengan gradasi agregat kedua fraksi (lihat Tabel 5-5) dan gradasi mineral Asbuton LGA (Tabel 6-1), diperoleh proporsi maksimum LGA sebanyak 10%, Agregat Halus sebanyak 44% dan agregat kasar sebanyak 46% terhadap total berat agregat (lihat Gambar 6-1). Pada campuran beraspal hangat akan dikaji menggunakan asbuton LGA sebanyak 25% dengan proporsi Agregat Halus sebanyak 25% dan agregat kasar sebanyak 50%, dan gradasi campurannya seperti disajikan pada Gambar 6-2.



Gambar 6-1. Gradasi agregat campuran dengan 10% LGA



Gambar 6-2. Gradasi agregat campuran dengan 25% LGA

#### 6.1.5. Sifat aditif penggembur dan sifat campuran beraspal hangat dan panas untuk bahan Tambalan Cepat Mantap Asbuton

- Sifat aditif bahan penggembur campuran beraspal bahan Tambalan Cepat Mantap Asbuton

Campuran beraspal yang siap pakai harus tetap gembur dan memiliki kelekatan dengan memperlambat penuaan aspal (selama periode waktu tertentu). Untuk itu, dengan penambahan aditif diharapkan memiliki kemudahan kerja pada saat penghamparan serta pemadatan di lapangan. Aditif

bahan penggembur yang berbasis air untuk TCMA dari campuran beraspal hangat yaitu Tipe A dan Tipe B untuk TCMA dari campuran beraspal panas. Sifat fisik kedua aditif tersebut disajikan pada Tabel 6-5.

Tabel 6-5. Sifat aditif bahan penggembur berbasis air untuk campuran beraspal untuk bahan tambalan cepat mantap asbuton

No.	Jenis Pengujian	Hasil Pengujian	
		Tipe A*	Tipe B**
1.	Viskositas pada 25 °C; detik	46	70
	Viskositas pada 50 °C; detik	18	25
2.	Penyulingan :		
	Sulingan pada 80 °C	13	13
	90 °C; ml	26	26
	100 °C; ml	39	39
	102 °C; ml	52	52
	128 °C; ml	63	54
	260 °C; ml	65	59
	▪ Kadar residu; % isi	64,40	64,65
	▪ Kadar minyak; % isi	2,5	2,5
	▪ Kadar air; % isi	33,1	32,85
3.	Berat jenis	0,966	0,9906
4.	Viskositas residu pada 60 °C; cSt	308,5	285,90
Keterangan:			
*) Aditif bahan penggembur yang berbasis air untuk TCMA dari campuran beraspal hangat dan panas			
**) Aditif bahan penggembur yang berbasis air untuk TCMA dari campuran beraspal panas			

Pada Tabel 6-5 terlihat kedua aditif yang dibuat berupa aspal emulsi mengikat lambat dengan kekentalan yang rendah dan kandungan air sekitar 33% untuk Tipe A dan 32,8 untuk Tipe B. Kandungan air tersebut adalah terhadap berat total aditif dan proporsi air merupakan proporsi terbanyak.

- **Sifat bahan TCMA dari campuran beraspal hangat**

Campuran beraspal untuk tambalan yang telah dilakukan dari campuran beraspal hangat sebagaimana disampaikan di atas, campuran beraspal untuk TCMA dengan aditif berbasis air menggunakan gradasi agregat campuran sesuai Gambar 6-2.

Dalam pembuatan campuran beraspal hangat, temperatur pencampurannya sekitar 120 °C dengan bahan pengikat PH Tipe 2 dan Tipe 3. Aditif pengembur berbasis air yang ditambahkan adalah Tipe A sebanyak 0,5% terhadap berat campuran beraspal. Sifat campuran beraspal yang menggunakan ke dua tipe peremaja dan aditif pengembur Tipe A tersebut setelah disimpan dalam kantong selama 1 minggu kemudian diuji dengan alat Marshall. Rangkuman data sifat campuran beraspal TCMA yang dipadatkan pada temperatur ruang ( $\pm 27$  °C) tersebut disajikan pada Tabel 6-6. Pada Tabel 6-6 terlihat bahwa sifat campuran beraspal TCMA dengan PH Tipe 3 memenuhi persyaratan sesuai spesifikasi *Cold Paving Hot Mix Asphalt* (CPHMA), yaitu dengan nilai stabilitas Marshall sebesar 580 kg. Sifat campuran beraspal TCMA dengan PH Tipe 2 persyaratan volumetriknya memenuhi persyaratan kecuali nilai stabilitas Marshall-nya lebih rendah dari spesifikasi (<580 kg). Hal demikian kemungkinan pengaruh viskositas PH Tipe 2 lebih rendah dari pada PH Tipe 3.

Tabel 6-6. Sifat bahan tambalan cepat mantap asbuton dari campuran beraspal hangat dengan aditif berbasis air Tipe A

No.	Jenis Pengujian	Hasil Pengujian Sifat Campuran TCMA Dengan Aditif Tipe A dan PH		Spesifikasi <sup>1</sup>
		Tipe 2	Tipe 3	
1.	Jumlah tumbukan	2 x 75	2 x 75	2 x 75
2.	Kepadatan; ton/m <sup>3</sup>	1.966	1.990	-
3.	Kadar Aspal Total, %	7,0	7,0	-
4.	Rongga di antara agregat (VMA); %	19,22	18,46	Min. 16
5.	Rongga terisi aspal, (VFB); %	72,82	73,52	Min. 60
6.	Rongga udara dalam campuran (VIM); %	7,95	7,54	2-8
7.	Stabilitas Marshall pada temperatur udara; kg	407	580	Min. 500
8.	Pelelehan; mm	4,06	4,19	-
9.	Stabilitas sisa setelah perendaman dalam air pada 25 °C selama 1x24 jam, (%)	79,7	75,3	Min. 60

Keterangan: <sup>1</sup> Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (2015)

- **Sifat bahan tambalan cepat mantap asbuton dari campuran beraspal panas**

Campuran beraspal untuk TCMA dicoba juga dibuat dari campuran beraspal panas dengan menggunakan asbuton butir sebanyak 10 % dan 25% atau sesuai Gambar 6-1 dan 6-2. Aditif berbasis air yang digunakan terdiri atas 2 tipe, yaitu Tipe A dan Tipe B. Bahan pengikat yang digunakan Aspal Pen 60-70.

Proses pembuatan TCMA dari campuran beraspal panas adalah setelah proses campuran beraspal panas asbuton selesai dan campuran tersebut telah memiliki temperatur sekitar 80 °C, kemudian aditif pengembur berbasis air dituangkan ke campuran beraspal tersebut dan dicampurkan hingga merata. Proporsi aditif pengembur berbasis air yang ditambahkan adalah sebanyak 1,0%; 1,5%; dan 2,0% terhadap berat campuran beraspal, baik untuk Tipe A maupun yang Tipe B. Langkah berikutnya dimasukkan ke dalam kemasan.

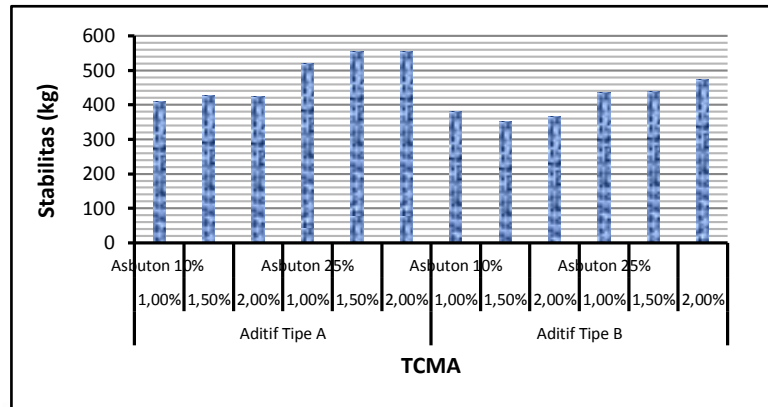
Sifat campuran beraspal TCMA dari campuran beraspal panas yang menggunakan ke dua tipe aditif pengembur tersebut setelah disimpan dalam kantong selama 1 minggu kemudian diuji dengan alat Marshall. Rangkuman data sifat campuran beraspal TCMA dari campuran beraspal panas dengan variasi proporsi aditif yang dipadatkan pada temperatur ruang ( $\pm 27$  °C) disajikan pada Tabel 6.7 dan Gambar 6-3 serta Gambar 6-4. Pada Tabel 6-7 dan Gambar 4-3 serta Gambar 6-4 terlihat bahwa sifat campuran beraspal TCMA dari campuran beraspal panas dengan asbuton 25% dan aditif Tipe A dengan proporsi 1%; 1,5%; dan 2% memenuhi persyaratan sesuai spesifikasi CPHMA, yaitu dengan nilai stabilitas Marshall > 500 kg, sedangkan yang menggunakan dengan asbuton 10% stabilitasnya < 500 kg. Untuk TCMA dengan menggunakan aditif pengembur Tipe B seluruhnya memiliki nilai stabilitas lebih kecil dari yang disyaratkan meskipun volumetriknya memenuhi persyaratan.



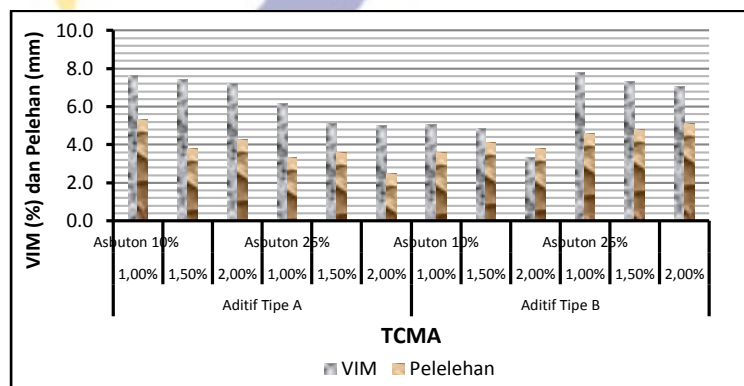
Tabel 6-7. Sifat bahan tambalan cepat mantap asbuton dari campuran beraspal panas dengan aditif berbasis air

No.	Jenis Pengujian	Hasil Pengujian Sifat Campuran TCMA Dari HMA Dengan Aditif:												Spesifikasi*
		Tipe A						Tipe B						
		1,0%	1,5%	2,0%	1,0%	1,5%	2,0%	1,0%	1,5%	2,0%	1,0%	1,5%	2,0%	
		Asbuton 10%			Asbuton 25%			Asbuton 10%			Asbuton 25%			
1.	Jumlah tumbukan	2 x 75												2 x 75
2.	Kadar Aspal Total, %	5,7	5,7	5,7	7,0	7,0	7,0	5,7	5,7	5,7	7,0	7,0	7,0	-
3.	Kepadatan; ton/m <sup>3</sup>	1,952	1,973	2,012	1,872	1,847	1,876	2,030	2,031	2,062	1,833	1,867	1,903	-
4.	Rongga di antara agregat (VMA); %	33,15	32,98	32,86	30,21	29,42	29,36	27,39	27,21	26,06	33,34	32,78	32,62	Min. 16
5.	Rongga terisi aspal, (VFB); %	76,97	77,57	77,99	79,60	82,65	82,87	81,49	82,22	87,19	76,63	77,71	78,29	Min. 60
6.	Rongga udara dalam campuran (VIM); %	7,63	7,40	7,23	6,16	5,11	5,03	5,07	4,84	3,34	7,79	7,31	7,08	2-8
7.	Stabilitas Marshall pada temperatur ruang; kg	410	426	425	519	555	555	382	351	366	435	439	473	Min. 500
8.	Pelelehan; mm	5,3	3,8	4,3	3,3	3,6	2,5	3,6	4,1	3,8	4,6	4,8	5,1	-
9.	Stabilitas sisa setelah perendaman dalam air pada 25 °C selama 1x24 jam, (%)	79,7	75,5	77,9	76,6	80,6	82,7	81,5	82,2	81,2	76,6	77,7	76,3	Min. 60

Keterangan: \*) Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (2015)



Gambar 6-3. Stabilitas TCMA dari campuran beraspal panas



Gambar 6-4. VIM dan Pelelehan dari campuran beraspal panas

## 6.2. Uji coba skala kecil di lapangan

Berdasarkan hasil kajian di Laboratorium, selanjutnya melakukan uji coba skala kecil di lapangan untuk mengetahui keandalan bahan beraspal TCMA pengaruh lalu lintas dan faktor lingkungan. TCMA yang dibuat dari campuran hangat dengan PH Tipe 2 (TCMA-PH 2) diuji coba pada 3 lokasi, sedangkan TCMA-PH 3 diuji coba pada 3 lokasi. Gambaran pelaksanaan uji coba di sajikan berikut ini.

### 6.2.1. Tambalan cepat mantap asbuton dari campuran hangat dengan PH Tipe 2

#### 1) Di Semarang pada tanggal 26 Agustus 2015

Kondisi perkerasan eksisting telah mengalami pelepasan butir dan sedikit mengalami penurunan sehingga metoda penanganannya dengan melakukan perataan. Permukaan perkerasan dibersihkan dan diberi lapis perekat (*tack coat*) jenis emulsi. Tahap berikutnya pelaksanaan pemasangan lapis perata dengan TCMA-PH 2 dan pemadatan dilakukan dengan *Stamper*. Gambar pelaksanaan pemasangan lapis perata disajikan pada Gambar 6-5.



a. Penghamparan TCMA-PH2

b. Hasil pemadatan

Gambar 6-5. Uji coba TCMA-PH2 di Semarang

#### 2) Di Balaraja Timur pada tanggal 30 Agustus 2015

Kondisi Perkerasan eksisting pada akses Tol Balaraja Timur sudah mengalami penuaan dan sudah terjadi retak-retak serta ditemukan ada lubang. Penanganan yang dilakukan adalah penambalan lubang. Aplikasi penambalan lubang dimulai dengan memotong bagian tepi lubang dan membentuk persegi empat, kemudian dibersihkan serta diberi lapis perekat jenis emulsi. Setelah lapis perekat *setting*, selanjutnya lubang yang telah disiapkan ditutup dengan TCMA-PH 2 dengan volume gembur 1,20-1,25 kali volume lubang. Pemadatan TCMA dilakukan dengan alat *Stamper* dengan jumlah lintasan kurang lebih 6 lintasan. Gambar pelaksanaan penambalan lubang disajikan pada Gambar 6-6.



a. Kerusakan lubang



b. Pemasangan lapis perekat



c. Pemadatan TCMA-PH2

Gambar 6-6. Uji coba TCMA-PH2 di Akses Tol Balaraja Timur arah Jakarta

### 3) Di Rindam 203 Tangerang pada tanggal 30 Agustus 2015

Kondisi eksisting perkerasan di lingkungan Rindam 203 Tangerang ditemukan ada 2 lokasi yang mengalami penurunan. Metoda penanganan pada lokasi 1 yang perkerasan beraspalnya mengalami retak-retak adalah lapisan perkerasan beraspal dibongkar dan bagian fondasinya diperbaiki dengan melakukan pemadatan ulang. Setelah lapis fondasi dipadatkan kemudian diberi lapis perekat dari jenis emulsi, dan setelah lapis perekat *setting* kemudian dihampar TCMA-PH 2 satu lapis yang berfungsi sebagai lapis permukaan beraspal baru. Pemadatan TCMA sekitar 8 lintasan dengan tebal padat sekitar 4 cm. Gambar pelaksanaan pemasangan lapis permukaan beraspal dengan TCMA-PH2 disajikan pada Gambar 6-7a. Perkerasan eksisting pada lokasi 2 mengalami penurunan namun lapisan aspalnya masih baik maka penanganan pada lokasi tersebut menggunakan metoda perataan. Permukaan aspal eksisting dibersihkan dari debu

dan kotoran kemudian disiram lapis perekat tersebut *setting* kemudian beri hamparan TCMA yang berfungsi sebagai lapis perata dengan pemadatan TCMA sekitar 8 lintasan. Gambar pelaksanaan perataan permukaan perkerasan dengan TCMA pada lokasi 2 disajikan pada Gambar 6-7b.



a. Pembongkaran



b. Pemasangan TCMA-PH2



c. Pemadatan



d. Hasil pelaksanaan

#### 1) Lokasi-1



a. Pembersihan dan pemasangan lapis perata



b. Pemasangan TCMA-PH2

#### 2) Lokasi-2

Gambar 6-7. Uji coba TCMA-PH2 di Rindam 203 Tangerang

4) Di Arjawinangun (Pantura) Km 19+500 Cirebon pada tanggal 10 September 2015

Kondisi perkerasan eksisting pada lokasi Km 19+500 Arjawinangun-Cirebon telah mengalami penurunan dan lapisan aspalnya terkelupas (deliminasi). Untuk mengatasi kerusakan yang terjadi maka digunakan metoda penutupan daerah yang deliminasi dan sekaligus pemasangan lapis perata. Tahapan kegiatan penanganan mencakup pembersihan perkerasan eksisting yang mengalami kerusakan dari material yang lepas dan kotoran. Kemudian diberi lapis perekat dengan emulsi hingga merata dan setelah lapis perekat tersebut *setting* selanjutnya dihampar TCMA-PH 2 sebagai bahan penutupan yang deliminasi dan sebagai lapis perata untuk memperbaiki elevasi. Aplikasi TCMA tersebut dengan pemadatan sekitar 8 lintasan dan gambaran pelaksanaannya disajikan pada Gambar 6-8.



a. Pembersihan



b. Pemasangan lapis perata dengan TCMA-PH2



c. Pemadatan TCMA-PH2



d. Hasil pemadatan TCMA-PH2



e. Pembukaan untuk lalu lintas

Gambar 6-8. Uji coba TCMA-PH2 di Arjawinangun (Pantura) Km 19+500 dari Cirebon arah Jakarta

5) Di ruas jalan Cirebon-Losari (Km 26+250 Cirebon) pada tanggal 10 September 2015

Kondisi perkerasan eksisting ruas jalan Cirebon-Losari pada umumnya masih bagus, namun hanya ada sedikit kerusakan berupa lubang pada Km 26+250 (dari Cirebon). Dalam upaya untuk melihat keandalan TCMA pada ruas jalan yang berlalu lintas berat dan sekaligus untuk menangani kerusakan tersebut dilakukan penambalan lubang dengan TCMA. Aplikasi penambalan lubang tidak dimulai dengan memotong bagian tepi lubang, namun langsung pembersihan dari material lepas serta kotoran lainnya serta diberi lapis perekat jenis emulsi. Setelah lapis perekat tersebut *setting*, selanjutnya lubang yang telah disiapkan ditutup dengan TCMA dengan volume gembur 1,20-1,25 kali volume lubang. Pemadatan TCMA dilakukan dengan alat *Stamper* dengan jumlah lintasan kurang lebih 6 lintasan. Gambar pelaksanaan penambalan lubang disajikan pada Gambar 6-9.



a. Pembentukan dan pemasangan lapis perekat



b. Penghamparan dan pemadatan TCMA-PH2

Gambar 6-9. Uji coba TCMA-PH2 di Cirebon-Losari (Km 26+250 Cirebon)

6) Di Majalengka Km 43+850 pada tanggal 10 September 2015

Kondisi eksisting perkerasan ruas jalan Sumedang-Cirebon umumnya masih relatif baik, namun pada daerah Majalengka, yaitu pada Km 43+850 ditemukan lokasi yang mengalami retak buaya yang disertai penurunan atau kerusakannya cukup berat. Untuk melihat ketahanan TCMA yang diaplikasikan pada daerah yang mengalami kerusakan cukup berat maka penanganan yang dipilih adalah dengan hanya melakukan pemberian lapis perata sebagai penanganan yang



bersifat sementara. Tahapan penanganannya mencakup pembersihan permukaan perkerasan eksisting dari kotoran dan debu, kemudian disiram lapis perekat dan setelah lapis perekat tersebut *setting* selanjutnya diberi hamparan TCMA yang berfungsi sebagai lapis perata dengan pemadatan TCMA sekitar 8 lintasan. Gambaran pelaksanaan perataan permukaan perkerasan eksisting disajikan pada Gambar 6-10.



c. Pembersihan



d. Penghamparan dan pemadatan TCMA-PH2

Gambar 6-10. Uji coba TCMA-PH2 di ruas Majalengka-Sumedang Km 43+850, arah Sumedang

### 6.2.2. Tambalan Cepat Mantap Asbuton dari campuran hangat dengan PH Tipe 3

#### 1) Di Ruas jalan Sadang-Subang pada tanggal 18 September 2015

Perkerasan eksisting ruas jalan Sadang-Subang pada umumnya masih relatif baik, namun pada Km 135+000 ditemukan daerah yang mengalami penurunan dengan kedalaman sekitar 4 cm. Upaya penanganan kerusakan dilakukan dengan perataan dengan TCMA-PH 3. Tahapan penanganan mencakup pembersihan permukaan perkerasan eksisting dari kotoran dan debu kemudian disiram lapis perekat dan setelah lapis perekat tersebut *setting*, kemudian diberi hamparan TCMA. Pemadatan perataan dengan TCMA sekitar 8 lintasan dan gambaran pelaksanaannya disajikan pada Gambar 6-11.





a. Pemeberian lapis perekat



b. Penghamparan TCMA-PH3



c. Pemadatan



d. Hasil pemadatan

Gambar 6-11. Uji coba TCMA-PH3 di ruas Sadang-Subang Km 135+000

## 2) Di Ruas jalan Subang-Lembang

### a. Di Ruas Subang-Lembang Km 153+200

Kondisi perkerasan eksisting ruas Sadang-Lembang, khususnya antara Subang sampai dengan Km 155+000 pada umumnya masih relatif baik, namun pada Km 153+200 arah Subang ditemukan daerah yang mengalami penurunan pada bagian tepi perkerasan, yaitu sepanjang 6 meter dengan kedalaman penurunan maksimum sekitar 5 cm. Upaya penanganan kerusakan dilakukan dengan perataan dengan TCMA-PH 3. Tahapan penanganan mencakup pembersihan permukaan perkerasan eksisting dari kotoran dan debu kemudian disiram lapis perekat, dan setelah perekat *setting* kemudian diberi hamparan TCMA. Pemadatan perataan dengan TCMA sekitar 8 lintasan dan gambaran pelaksanaannya disajikan pada Gambar 6-12.



a. Pembersihan



b. Pemberian lapis perekat



c. Pemadatan TCMA-PH3

Gambar 6-12. Uji coba TCMA-PH3 di Lokasi-1 Ruas Subang-Lembang Km 153+200

- b. Di ruas jalan Subang-Lembang Km 157+000, Km 157+010 (Km Jakarta) dan Km 49+000 (Km Bandung) Kondisi perkerasan eksisting ruas Sadang-Lembang dari Km 155+000 ke arah Lembang pada umumnya lapis permukaan beraspal sudah mengalami penuaan sehingga permukaannya kering, mengalami pelepasan butiran halus serta sudah ditemukannya beberapa kerusakan berupa lubang. Aplikasi penambalan lubang tidak dimulai dengan memotong bagian tepi lubang, namun langsung pembersihan dari material lepas serta kotoran lainnya serta diberi lapis perekat jenis emulsi. Setelah lapis perekat *setting*, selanjutnya lubang yang telah disiapkan ditutup dengan TCMA dengan volume gembur 1,20-1,25 kali volume lubang. Pemadatan TCMA dilakukan dengan alat *Stamper* dengan jumlah lintasan kurang lebih 6 lintasan. Gambar pelaksanaan penambalan lubang pada Km 157+000 disajikan pada Gambar 6-13, pada Km 157+010 disajikan pada Gambar 6-14 dan penambalan lubang pada Km 49+000 (Km Bandung) disajikan pada Gambar 6-15.



a. Pembersihan lubang dan pemberian lapis perekat



b. Pengisian TCMA-PH3



c. Pemadatan TCMA-PH3



d. Hasil penutupan lubang dengan TCMA-PH3

Gambar 6-13. Uji coba TCMA-PH3 di Lokasi-2 Ruas Subang-Lembang Km 157+000



a. Pembersihan lubang



b. Pemberian lapis perekat



c. Hasil penutupan lubang dengan TCMA-PH3

Gambar 6-14. Uji coba TCMA-PH3 di Lokasi-3 Ruas Subang-Lembang Km 157+010



a. Pembersihan lubang



b. Pemberian lapis perekat dan pengisian TCMA-PH3



c. Pemadatan TCMA-PH3



d. Hasil penutupan lubang dengan TCMA-PH3

Gambar 6-15. Uji coba TCMA-PH3 di Lokasi-4 Ruas Subang-Lembang Km 49+000 (Km Bandung)

3) Di ruas jalan Nasional Cileunyi-Ciawi pada tanggal 24 September 2015

Pada umumnya perkerasan eksisting ruas Cileunyi-Ciawi masih baik, namun demikian masih ditemukan beberapa lokasi yang mengalami kerusakan.

a. Di Km 35+000 arah Cicalengka

Pada perkerasan eksisting ruas Cileunyi-Ciawi, yaitu di Km 35+000 arah Cicalengka/Limbangan pada daerah batas lajur tengah dan lajur lambat ditemukan *spot* yang mengalami penurunan disertai retak-retak (lihat Gambar 6-16). Penanganan yang dilakukan dengan campuran TCMA-PH 3, yaitu dengan melakukan penutupan retak dengan perataan atau sekaligus dengan perbaikan elevasi. Tahapan penanganan mencakup pembersihan permukaan perkerasan eksisting dari kotoran dan debu kemudian disiram lapis perekat, dan setelah lapis perekat *setting* selanjutnya diberi hamparan TCMA-PH 3.

Pemadatan perataan dengan TCMA sekitar 8 lintasan dan gambaran pelaksanaannya disajikan pada Gambar 6-16.



a. Pembersihan



b. Pemberian lapis perekat



c. Pemasangan lapis perata dan pemadatan TCMA-3PH3



d. Pemadatan TCMA-3PH3

Gambar 6-16. Uji coba TCMA-3PH3 di Km 35+000 arah Cicalengka

b. Di Km 51+00 arah Limbangan

Pada perkerasan eksisting ruas Cileunyi-Ciawi Km 51+000 arah Limbangan ditemukan ada daerah yang badan jalannya mengalami penurunan dan terjadi retak memanjang sejajar sumbu jalan. Penanganan yang dilakukan pada daerah ini, yaitu dengan penutupan celah retakan dan sekaligus melakukan perataan untuk perbaikan elevasi dengan campuran TCMA-PH 3. Tahapan penanganan mencakup pembersihan celah retakan dan permukaan perkerasan eksisting dari kotoran dan debu. Selanjutnya disiram lapis perekat, baik pada celah retakan maupun permukaan perkerasan eksisting yang akan diberi lapis perata. Setelah lapis perekat *setting*, kemudian pengisian celah retakan dengan campuran TCMA dan dipadatkan. Tahap

berikutnya pelaksanaan lapis perata dengan menghampar campuran TCMA-PH 3. Pemadatan lapis perata sekitar 8 lintasan dan gambaran pelaksanaannya disajikan pada Gambar 6-17.



a. Pembersihan



b. Pemberian lapis perekat



c. Pemasangan lapis perata



d. Hasil pemadatan TCMA-PH3

Gambar 6-17. Uji coba TCMA-PH3 di Km 51+000 arah Limbangan

### 6.3. Hasil pemantauan pada uji coba skala kecil di lapangan

Untuk mengetahui keandalan TCMA yang dibuat dari campuran beraspal hangat dengan menggunakan aditif penggembur berbasis air dari pengaruh lingkungan dan beban lalu lintas, maka telah dilakukan pemantauan ke lokasi uji coba di lapangan. Berdasarkan hasil pemantauan yang dilaksanakan pada tanggal 29 Oktober 2015 terdapat beberapa lokasi yang sudah diberi lapis tambahan (overlay), yaitu pada:

- 1) Akses Tol Balaraja Timur uji coba TCMA-PH 2 tanggal 30 Agustus 2015 berumur 2 bulan
- 2) Ruas jalan Sadang-Subang uji coba TCMA-PH 3 tanggal 18 September 2015 berumur 1,5 bulan
- 3) Ruas jalan Subang-Lembang Km 153+200 uji coba TCMA-PH 3 tanggal 18 September 2015 berumur 1,5 bulan
- 4) Ruas jalan Subang-Lembang Km 157+000 uji coba TCMA-PH 3 tanggal 18 September 2015 berumur 1,5 bulan
- 5) Ruas jalan Subang-Lembang Km 157+010 uji coba TCMA-PH 3 tanggal 18 September 2015 berumur 1,5 bulan
- 6) Ruas jalan Subang-Lembang Km 49+000 (Km Bandung) uji coba TCMA-PH 3 tanggal 18 September 2015 berumur 1,5 bulan

Hasil pemantauan yang dilaksanakan pada tanggal 29 Desember 2015 terdapat beberapa lokasi yang masih dapat dievaluasi, yaitu:

- 1) Di ruas jalan Palimanan-Jatibarang (Arjawinangun-Pantura) Km 19+500 TCMA-PH 2 uji coba tanggal 30 Agustus 2015

Kondisi TCMA-PH 2 pada pelaksanaan penutupan perkerasan yang mengalami deliminasi dan perataan permukaan perkerasan yang mengalami penurunan, terpantau masih relatif baik meskipun bagian tepi perkerasan eksisting mengalami pergeseran ke arah bahu jalan. Kedalaman alur yang terjadi selama 4 bulan masih sekitar 6 mm dan secara visual tekstur permukaannya masih kasar. Memperhatikan contoh inti dari campuran TCMA masih cukup baik dengan tingkat kepadatan sebesar 105% terhadap kepadatan laboratorium (lihat Gambar 6-18). Umur TCMA-PH 2 sampai dengan waktu pemantauan sudah berumur 3 bulan.





a. Foto saat uji coba

b. Foto pemantauan

Gambar 6-18. Hasil uji coba dan pemantauan TCMA di Arjawinangun (Pantura) Km 19+500

**2) Di ruas jalan Cirebon-Losari Km 26+250 Cirebon TCMA-PH 2 uji coba tanggal 30 Agustus 2015**

Umur TCMA-PH 2 di Cirebon-Losari Km 26+250 (Km Cirebon) pada penambalan lubang sampai dengan waktu pemantauan sudah berumur 3 bulan. Seperti disajikan pada Gambar 6-19, kondisi TCMA-PH 2 meskipun sudah ada sedikit aspal sudah naik pada permukaan namun kondisinya masih baik dan elevasi permukaannya rata dengan elevasi permukaan perkerasan sekitarnya.





a. Foto saat uji coba

b. Foto pemantauan

Gambar 6-19. Hasil uji coba dan pemantauan TCMA di Cirebon-Losari (Km 26+250 Cirebon)

3) Di ruas jalan Sumedang-Majalengka Km 43+850 TCMA-PH 2 uji coba tanggal 30 Agustus 2015

Pelaksanaan uji coba pada ruas jalan Sumedang-Majalengka adalah penanganan sementara berupa perataan permukaan pada daerah yang mengalami retak struktural yang disertai penurunan. Hasil pemantauan seperti disajikan pada Gambar 6-20 terlihat bahwa permukaan TCMA sudah mengalami penurunan sekitar 1 cm. Namun demikian dari tekstur permukaannya masih baik belum terlihat terjadinya pelepasan butir dan retakan, padahal di bagian sisi dalam pada bagian perkerasan eksisting sudah muncul retakan. Memperhatikan hasil core drill campuran TCMA-PH 2 memiliki tingkat kepadatan sebesar 104% terhadap kepadatan laboratorium. Umur TCMA sampai dengan waktu pemantauan sudah berumur 3 bulan.



a. Foto saat uji coba

b. Foto pemantauan

Gambar 6-20. Hasil uji coba dan pemanatauan TCMA di Sumedang-Majalengka Km 43+850

4) Di ruas jalan Cileunyi-Ciawi Km 35+000 uji coba TCMA-PH 3 tanggal 24 September 2015

Pelaksanaan TCMA-PH 3 pada lokasi ini adalah penutupan retak halus dan perataan permukaan perkerasan yang mengalami penurunan di ruas jalan Cileunyi-Ciawi Km 35+000. Umur TCMA sampai dengan waktu pemantauan sudah berumur 2 bulan dan kondisinya masih baik. Kedalaman alur yang terjadi masih di bawah 5 mm dan secara visual tekstur permukaannya masih kasar serta bila memperhatikan benda uji dari contoh inti campuran TCMA masih cukup baik dengan tingkat kepadatan sebesar 102% terhadap kepadatan laboratorium (lihat Gambar 6-21).



a. Foto saat uji coba

b. Foto pemantauan

Gambar 6-21. Hasil uji coba dan pemanatauan TCMA di Ruas jalan Cileunyi-Ciawi Km 35+000

5) Di ruas jalan Cileunyi-Ciawi Km 51+000 uji coba TCMA-PH 3 tanggal 24 September 2015

Kerusakan yang terjadi pada ruas jalan ini adalah terjadi retak memanjang dan mengalami penurunan. Untuk menguji bahan TCMA maka pada lokasi tersebut dilakukan penanganan sementara berupa pengisian celah retakan disertai dengan perataan permukaan perkerasan.

Hasil pemantauan seperti disajikan pada Gambar 6-22 terlihat bahwa TCMA kondisinya masih baik, yaitu belum terlihat terjadinya pelepasan butir dan retakan serta kedalaman alur yang terjadi masih sekitar 5 mm. Namun retakan pada perkerasan eksisting muncul lagi pada bagian tengah. Hasil pemantauan dan pengambilan contoh inti dari lapangan, diperoleh bahwa campuran TCMA masih cukup baik dengan tingkat kepadatan sebesar 103% terhadap kepadatan laboratorium. Umur TCMA sampai dengan waktu pemantauan adalah sekitar 2 bulan.



a. Foto saat uji coba

b. Foto pemantauan

Gambar 6-22. Hasil uji coba dan pemanatauan TCMA di Ruas jalan Cileunyi-Ciawi Km 51+000

## 6.4. Pembahasan

### 6.4.1. Hasil pengujian di laboratorium

Berdasarkan hasil pengujian bahan dan campuran beraspal bahan tambalan dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Asbuton yang digunakan adalah asbuton yang ada di pasaran, yaitu jenis asbuton dengan kandungan bitumen yang lunak (berasal dari sumber Lawele) atau yang dikenal LGA (Lawele Granural Asphalt). Sifat asbuton ini belum ada spesifikasinya karena apabila membandingkan terhadap ketentuan sesuai Surat Edaran Menteri Pekerjaan Umum No. 10/SE/M/2013 asbuton yang ada tersebut memiliki nilai Penetrasi tinggi (sekitar 105,6 dmm).

- 2) Agregat yang digunakan memiliki sifat fisik memenuhi persyaratan.
- 3) Sifat aspal Pen 60-70, baik untuk bahan pengikat campuran beraspal panas sebagai bahan dasar TCMA maupun untuk pembuatan peremaja hangat (PH) sebagai bahan pengikat campuran beraspal hangat untuk TCMA memenuhi persyaratan.
- 4) Tambalan cepat mantap Asbuton (TCMA) dari campuran beraspal hangat.
  - a. Untuk membuat campuran beraspal hangat dengan target temperatur pencampuran antara (120-125)°C maka diperlukan peremaja hangat (PH) dan berdasarkan hasil pengujian PH Tipe 2 dan Tipe 3 dapat digunakan karena memiliki titik nyala di atas temperatur pencampuran, yaitu berturut-turut 135 °C dan 145 °C.
  - b. Sifat aditif bahan penggembur berbasis air untuk TCMA dari campuran beraspal hangat dan dari campuran beraspal panas termasuk bahan yang lambat mantap/mengeras dengan komposisi kandungan airnya yang dominan dibandingkan bahan lainnya, yaitu aditif bahan penggembur berbasis air Tipe A sekitar 33% dan untuk Tipe B sekitar 32,85%.
  - c. Bahan tambalan campuran beraspal hangat yang menggunakan bahan pengikat PH Tipe 3 dengan aditif penggembur Tipe A yang ditambahkan sebanyak 0,5% terhadap berat campuran beraspal memenuhi persyaratan sesuai spesifikasi CPHMA, yaitu dengan nilai stabilitas Marshall sebesar 580 kg. Sedangkan sifat Bahan tambalan campuran beraspal hangat yang menggunakan bahan pengikat PH Tipe 2 dengan aditif penggembur Tipe A volumetriknya memenuhi persyaratan kecuali nilai stabilitas Marshall-nya lebih rendah dari spesifikasi. Hal demikian kemungkinan pengaruh viskositas PH Tipe 2 lebih rendah dari pada PH Tipe 3 sehingga proses pemantapannya lebih lambat.
  - d. Sifat bahan tambalan campuran beraspal panas yang menggunakan asbuton sebanyak 25% dan aditif

penggembur Tipe A dengan proporsi 1%, 1,5% dan 2% adalah memenuhi persyaratan, baik volumetriknya maupun nilai stabilitas Marshall ( $> 500$  kg). Adapun untuk TCMA dengan menggunakan aditif penggembur Tipe B seluruhnya memiliki nilai stabilitas Marshall lebih kecil dari yang disyaratkan meskipun volumetriknya memenuhi persyaratan.

#### **6.4.2. Uji coba skala kecil di lapangan**

Sesuai hasil kajian di Laboratorium, selanjutnya melakukan uji coba skala kecil di lapangan untuk mengetahui keandalan TCMA pengaruh lalu lintas.

Uji coba yang telah dilaksanakan, yaitu TCMA dari campuran hangat dengan PH Tipe 2 dan dengan PH Tipe 3 yang dihampar dingin. Masing-masing TCMA dari campuran hangat tersebut diuji coba pada beberapa lokasi sebagai berikut:

- a. TCMA dengan PH 2 telah diuji coba pada 3 lokasi, yaitu Semarang, Rindam 203 Tangerang dan Balaraja Timur dan sekitar Cirebon.
- b. TCMA dengan PH 3 diuji coba pada 3 lokasi mencakup ruas jalan Sadang-Subang, ruas jalan Subang-Lembang dan ruas jalan Cileunyi-Ciawi.

#### **6.4.3. Hasil penatauan di lapangan**

Hasil uji coba TCMA yang telah dilaksanakan di lapangan ternyata tidak dapat dievaluasi seluruhnya karena terdapat beberapa lokasi pada saat pemantauan sudah di pasang lapis tambahan (*overlay*). Adapun lokasi uji coba yang masih terdapat di lapangan adalah sebanyak 5 lokasi dan kondisi TCMA dengan 2 jenis peremaja hangat serta aditif penggembur berbasis air pada umur 2 sampai 3 bulan masih baik. Hal demikian dengan tidak ditemukan adanya yang mengalami pelepasan butir, retak dan kedalaman alurnya masih kecil rata-rata di bawah 6 mm dan tingkat kepadatan campuran TCMA berdasarkan contoh inti yang diambil dari lapangan berkisar antara 102-105% terhadap kepadatan laboratorium.

## 7. PENUTUP

Asbuton yang merupakan salah satu sumber daya alam di Indonesia defosit terbesar di dunia dapat dimanfaatkan secara optimal sebagai bahan jalan, yaitu sebagai bahan tambalan cepat mantap. Dengan tersedianya teknologi TCMA diarpkan dapat dimanfaatkan dengan optimal oleh pengelola jalan di Pemerintahan Pusat dan Daerah untuk mengatasi permasalahan yang terjadi pada perkerasan jalan, terutama untuk pemeliharaan jalan beraspal berupa penambalan lobang. Keuntungan lainnya dengan dengan pemanfaatan asbuton ini diantaranya adalah dapat menghemat devisa negara dan dapat membuka lapangan kerja baru.



## DAFTAR PUSTAKA

- Ali Maher and Nenad Gucunski. 2001. *Evaluation of Pothole Patching Materials*. Dept. of Civil & Environmental Engineering Center for Advanced Infrastructure & Transportation (CAIT) Rutgers, The State University Piscataway, NJ 08854-8014
- American Society for Testing and Material. 2012. *Standard Test Method for Marshall Stability and Flow of Bituminous Mixtures*. ASTM D6927-06. 2011 Annual Book of ASTM Standards. West Conshohocken, PA: ASTM International
- American Society for Testing and Material. 2012. *Standard Specification for Cutback Asphalt SlowCuring Type*. ASTM D2026/D2026M-97. 2011 Annual Book of ASTM Standards. West Conshohocken, PA: ASTM International
- ASSTHO. 1993. *Guide for Design of Pavement Structures 1993*. American Association of State Highway Transportation Officials, Washington, D.C.
- Badan Standar Nasional. 2008. *Spesifikasi aspal cair tipe pengapukan sedang*, SNI 4799:2008, Jakarta
- Dairi, G. 1992. *Review Pemanfaatan Asbuton sebagai Bahan Perkerasan Jalan, (Review of Asbuton as Roads materials)* Reserach Report. Bandung: Institute of Road Engineering
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 2014. *Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan Tahun 2010 Revisi 3*. Jakarta
- Kandhal, P.S. and D.B. Mellott. 1981. *Rational Approach to Design of Bituminous Stockpile Patching Mixtures*. TRB, Transportation Research Record 821
- Kementerian Pekerjaan Umum. 2013. *Surat Edaran Menteri Pekerjaan Umum No. 10/SE/M/2013 Tentang Pedoman Spesifikasi Teknis Campuran Beraspal Dengan Asbuton*. Jakarta
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. 2015. *Surat Edaran Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat No. 28/SE/M/2015 Tentang Pedoman Pelaksanaan Asbuton Campuran Panas Hampar Dingin (CPHMA)*. Jakarta
- Kusnianti, Neni. 2002. *Laboratory evaluation of Lawele Buton Natural Asphalt*. Master thesis Institut Teknologi Bandung
- Marcus Berlin, E.I.T. and Elizabeth Hunt, P.E. 2001. *Asphalt Concrete Patching*



- Material Evaluation Interim Report SR 548*. Oregon Department of Transportation Research Group. U.S.A.
- NCHRP.2014. *Pavement Patching Practices*. National Cooperative Highway Research Program Synthesis 463, Transportation Research Board. Washington, D.C.
- Nono. 2014. *Aplikasi Teknologi Tambalan Cepat mantap*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan dan Jembatan, Bandung
- The Asphalt Institute's. 1989. *Asphalt Cold Mix Manual* , Manual Series No. 14, Third Edition, The Asphalt Institute. Washington, D.C.
- The Asphalt Institute's. 2009. *Asphalt in Pavement Preservation and Maintenance*, Manual Series 16 (MS-16) Fourth Edition. The Asphalt Institute. Washington, D.C.
- US Army. 2010. *Certification Tests on Cold Patch Asphalt Repair Materials for Use in Airfield Pavements*, Geotechnical and Structures Laboratory. Engineering Research and Development centre US Army Corpsof Engineers

## FOTO BAHAN COVER DEPAN



