

JURNAL TEKNIK SIPIL

Jurnal Teoretis dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil

Perbandingan Karakteristik Campuran *Cold Paving Hot Mix Asbuton* (CPHMA) yang Dipadatkan Secara Dingin dan Panas

I Nyoman Arya Thanaya

Program Magister Teknik Sipil, Universitas Udayana, Jl. PB. Sudirman, Denpasar 80232
E-mail: aryathanaya@ymail.com

I Wayan Suweda

Program Magister Teknik Sipil, Universitas Udayana, Denpasar 80232
E-mail: Suweda_wayan@yahoo.com

A. A. Adi Sparsa

Program Magister Teknik Sipil, Universitas Udayana, Denpasar 80232
E-mail: gungadi_sparsa@yahoo.com

Abstrak

Cold Paving Hot Mix Asbuton (CPHMA) adalah campuran yang terdiri dari agregat, asbuton butir, bahan peremaja dan bahan tambah lain yang dicampur panas dipadatkan dingin (pada temperatur ruang 30°C). Karakteristik campuran dipengaruhi temperatur pemadatan. Tujuan penelitian ini adalah untuk memperoleh: kadar aspal residu optimum, temperatur pemadatan ideal dan perbandingan karakteristik CPHMA yang dipadatkan secara dingin dan panas. Pemadatan dilakukan pada suhu 30°C, 60°C, 90°C, 120°C, dan 150°C. Diperoleh hasil, kadar aspal residu optimum 7 %; suhu pemadatan ideal 90°C. Pemadatan dibawah suhu 90°C memberikan porositas lebih tinggi berkisar antara (4,86-5,53)% namun masih memenuhi spesifikasi (4-10%). Pemadatan diatas suhu 90°C memberikan porositas antara (2,04-3.0)%, yang lebih rendah dari spesifikasi. CPHMA yang dipadatkan pada suhu ideal 90°C memberikan karakteristik Marshall, cantabro, kekakuan (stiffness), rangkak (creep), dan kelelahan (fatigue) lebih baik dibandingkan dengan CPHMA yang dipadatkan dingin.

Kata-kata Kunci: Karakteristik, CPHMA, dingin, panas.

Abstract

Cold Paving Hot Mix Asbuton (CPHMA) is a mixture that consists of aggregates, asbuton particles, rejuvenating materials and other added materials, which were hot mixed and compacted cold (at ambient temperature 30°C). The characteristics of the mixture were affected by compaction temperatures. The objectives of this study were to obtain: residual optimum asphalt content; ideal compaction temperature and characteristics comparison of CPHMA compacted cold and hot. Compaction were carried out at 30°C, 60°C, 90°C, 120°C and 150°C. It was obtained that the optimum residual asphalt content for CPHMA mixture was 7% and the ideal compaction temperature was 90°C. Compaction at temperature lower than 90°C gave higher porosity, i.e between (4.86-5.53)%, nonetheless still met specification (4-10)%. Compaction at higher than 90°C gave porosity between (2.04-3.0)% which were lower than the specification. CPHMA compacted at ideal 90°C gave better Marshall characteristics, cantabro, stiffness, creep, and fatigue, compared to the cold compacted CPHMA.

Keywords: Characteristics, CPHMA, cold, hot.

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan negara yang memiliki kekayaan berupa aspal alam di pulau Buton Provinsi Sulawesi Tenggara yang biasa disebut dengan asbuton. Jumlah asbuton yang terdapat di Pulau Buton diperkirakan berjumlah 677.247.000 ton (Balitbang PU, 2016). Melihat jumlah asbuton yang melimpah Kementerian PU mengeluarkan peraturan Menteri No. 35/PRT/M/2006 tanggal 27 Desember 2006, yang berisi tentang peningkatan penggunaan asbuton untuk perkerasan jalan di Indonesia.

Berbagai upaya telah dilakukan untuk mengoptimalkan penggunaan asbuton sebagai pekerjaan perkerasan jalan. Salah satu teknologi penggunaan asbuton yang

baru berkembang adalah *Cold Paving Hot Mix Asbuton* (sampai sedang. Menurut Ditjen Bina Marga (2013) CPHMA adalah campuran asbuton yang terdiri dari agregat, asbuton butir, peremaja dan bahan tambah lain yang dicampur panas hampar dingin. CPHMA memiliki keunggulan yaitu dalam penggunaan CPHMA dapat dipadatkan dingin sehingga sangat cocok digunakan untuk daerah yang berada jauh dari lokasi AMP. Tetapi pada aplikasinya dilapangan CPHMA juga memiliki kelemahan dalam *workability* karena campuran yang sudah dingin lebih kaku sehingga lebih susah untuk dipadatkan karenanya mempengaruhi kinerja campuran (Suroso, 2008).

Di Bali penggunaan CPHMA sudah diterapkan pada tahun 2016 di Pulau Nusa Penida. Pada penerapannya di Nusa Penida pemadatan CPHMA tidak menunggu

pada suhu dingin (30°C) untuk mempercepat pengahamparan. Suhu yang digunakan pada saat pemadatan adalah pada suhu 60 °C hal tersebut disebabkan pengaruh suhu sekitar yang panas sehingga penurunan suhu lambat.

Berdasarkan spesifikasi dan aplikasi di lapangan, penulis melakukan penelitian tentang perbandingan karakteristik campuran CPHMA yang dipadatkan dingin dan panas. Untuk pemadatan dingin, dilakukan pada suhu ruang (30°C). Untuk pemadatan suhu dilakukan pada variasi suhu: 60°C, 90°C, 120°C dan 150°C. Suhu 90°C diambil berdasarkan rekomendasi penelitian Firstyan, dkk. (2015). Suhu 120°C adalah kisaran suhu pemadatan di lapangan untuk campuran hot mix. Suhu 150°C merupakan kisaran suhu pemadatan tinggi yang memungkinkan untuk di lakukan. Karakteristik yang akan diuji adalah karakteristik *Marshall*, *Cantabro Abrasion Loss* (CAL), kekakuan (*Indirect Tensile Stiffness Modulus*-ITSM), kelelahan (*fatigue*), dan deformasi/rangkak (*creep*).

Tujuan penelitian ini adalah untuk memperoleh kadar aspal residu optimum, temperatur pemadatan ideal dan perbandingan karakteristik CPHMA yang dipadatkan secara dingin dan panas.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Komponen pembentuk Cold Paving Hot Mix Asbuton (CPHMA)

Komponen pembentuk CPHMA adalah sebagai berikut:

2.1.1 Agregat

Gradasi agregat untuk campuran CPHMA harus sesuai dengan Tabel 1.

Tabel 1. Gradasi CPHMA

No.	Ukuran Saringan	Gradasi	
		Maksimum 12,5 mm	Maksimum 19 mm
1.	25 mm	-	100
2.	19 mm	100	90 – 100
3.	12,5 mm	90 – 100	
4.	9,5 mm		60 – 80
5.	4,76 mm	45 – 70	35 – 65
6.	2,36 mm	25 – 55	20 – 50
7.	0,300 mm	5 – 20	3 – 20
8.	0,075 mm	2 – 9	2 – 8

Sumber : Ditjen Bina Marga (2015)

2.1.2 Asbuton

Asbuton yang digunakan adalah *Buton Rock Asphalt Macadam* (BRAM) B 50/30 (nilai penetrasi 50, kadar aspal asbuton 30%, yang memiliki ketentuan sesuai pada Tabel 2.

Tabel 2. Ketentuan asbuton BRAM B 50/30

Pengujian	Tipe B 50/30
Sifat Bentuk Asli	
1. Ukuran Butir Asbuton Butir	-
Lolos ayakan 3/8 inci (%)	100
Lolos ayakan No. 4 (%)	-
Lolos ayakan No. 8 (%)	-
2. Kadar Air, %	Mak 2
3. Kadar Bitumen Asbuton, %	25-30
4. Sifat Hasil Ekstraksi	
a. Kelarutan dalam TCE, % berat	Min 99
b. Penetrasi, 25°C, 100 g, 5 detik,	40 – 60
c. Titik Lembek, °C	Min 55
d. Daktilitas pada 25 °C, cm	≥100
e. Berat Jenis	Min 1,0
f. Titik Nyala, °C	Min 232
g. Penurunan Berat (dengan TFOT) ' LOH (%)	≤ 3
h. Penetrasi aspal Asbuton setelah LOH pada, 25°C, 100 g, 5 detik, %	≥ 54

Sumber : Ditjen Bina Marga (2013)

2.1.3 Peremaja/ Modifier

Jenis modifier yang digunakan adalah modifier PH-1000 dengan ketentuan sesuai pada Tabel 3.

Tabel 3. Ketentuan modifier

No	Jenis Pengujian	PH – 1000
1.	Viskositas 60° C; detik cSt	500 – 750 1000 – 1500
2.	Kelarutan dalam TCE; %	Min. 99,5
3.	Titik nyala; ° C	Min. 180
4.	Berat jenis	Min. 0,95
5.	Penurunan berat (TFOT); %	Maks. 4
6.	Kadar parafin lilin ; %	Maks 2

Sumber : Ditjen Bina Marga (2013)

2.2 Spesifikasi sifat campuran CPHMA

Campuran CPHMA dipadatkan dengan alat pemadat *Marshall* sebanyak 2x75 tumbukan yang dipadatkan pada suhu kamar (30°C) dan mengacu pada pedoman pelaksanaan CPHMA sesuai Tabel 4.

Tabel 4. Sifat CPHMA

No	Spesifikasi Sifat Campuran	Syarat
1.	VMA ; %	Min. 16
2.	VFB ; %	Min. 60
3.	VIM ; %	4 – 10
4.	Stabilitas <i>Marshall</i> pada temperatur udara; kg	Min. 500

Sumber : Ditjen Bina Marga (2015)

2.3 Beberapa hasil penelitian CPHMA

Beberapa peneliti telah melakukan penelitian tentang CPHMA. Firstyan, dkk. (2015) melakukan penelitian tentang pengaruh suhu pemadatan terhadap kinerja *Marshall* pada campuran CPHMA menggunakan LGA dan aspal minyak penetrasi 60/70. Dalam penelitian ini bahan yang digunakan berupa asbuton LGA, aspal minyak pen 60/70, agregat dan modifier. Percobaan ini menggunakan dua perlakuan yaitu terhadap suhu pemadatan 25°C, 37,5°C, 50°C, 67,5°C dan penambahan aspal minyak sebesar 5%, 10%, 15%, 20% terhadap kadar aspal campuran. Dari hasil analisis didapatkan suhu pemadatan optimum sebesar 90°C. Berdasarkan nilai suhu optimum dan penambahan aspal minyak optimum diatas diperoleh nilai stabilitas 1468,77 kg, *flow* 3,875 mm, VIM 15,834%, VMA 26,399 %, VFB 41,61%. Dalam penelitian ini penulis menyarankan agar perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai suhu pemadatan optimum atau ideal, dikarenakan suhu pemadatan optimum yang diperoleh dari proses iterasi melebihi batas suhu pemadatan yang diteliti.

Akbariawan, dkk. (2015) melakukan penelitian tentang penggunaan material Madura terhadap kinerja campuran CPHMA. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan material Madura dan suhu pemadatan terhadap kinerja CPHMA. Bahan yang digunakan berupa asbuton Lawele Granular Asbuton (LGA), agregat dan modifier. Percobaan ini menggunakan dua perlakuan yaitu terhadap suhu pemadatan 25°C, 37,5°C, 50°C, 67,5°C dan prosentase agregat Madura terhadap agregat lokal sebesar 0%, 25%, 50%, 75%, 100%. Dari hasil analisis didapatkan suhu pemadatan optimum sebesar 81,748°C. Berdasarkan suhu pemadatan dan proporsi agregat Madura optimum didapatkan nilai stabilitas 1038,19 kg, *flow* 3,943 mm, VIM 19,22%, VMA 29,031 %, VFB 33,311%. Nilai VIM dan VFB tidak memenuhi standar spesifikasi. Dalam penelitian ini penulis menyarankan agar perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai penentuan suhu pemadatan optimum dikarenakan suhu pemadatan optimum atau ideal yang diperoleh dari proses iterasi melebihi batas suhu pemadatan yang diteliti.

Syukur (2016), melakukan penelitian studi laboratorium kuat tarik belah campuran asbuton campur panas hampar dingin. Campuran CPHMA ini menggunakan LGA sebagai bahan pengikat ditambahkan dengan peremaja dingin. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa CPHMA memiliki rata-rata nilai kuat tekan yang cenderung stabil pada umur penyimpanan 4 jam, 3 hari, dan 7 hari yakni sebesar 1.686 Mpa, 1.513 Mpa, 1.633 Mpa. Sedangkan nilai kuat tarik untuk umur penyimpanan 4 jam, 3 hari, dan 7 hari sebesar 0,845 MPa, 0,815 MPa, dan 0,322 Mpa. Penelitian tersebut juga membandingkan capaian modulus *toughness* campuran pada umur penyimpanan 4 jam, 3 hari dan 7 hari sebesar 20446,67 J/m³, 20308,44 J/m³, 7620,67 J/m³. Berdasarkan hasil pengujian CPHMA tersebut memiliki penyimpanan efektif hingga umur 3 hari sebelum dipadatkan.

Dari hasil-hasil studi diatas khususnya temperatur pemadatan yang baik, diperoleh dari hasil analisis dan iterasi. Karena itu penulis memandang perlu untuk

dilakukan penelitian dengan pengujian langsung karakteristik CPHMA dengan pada temperatur ruang dan variasi temperatur pemadatan untuk hasilnya dikaji lebih lanjut.

2.4 Pengujian *cantabro*

Pengujian *cantabro* dilakukan untuk mengetahui kekuatan pelekatan agregat dan aspal. Nilai *cantabro* ditentukan dari kehilangan berat suatu campuran setelah diuji dengan mesin *Los Angeles* sebanyak 300 putaran dengan kecepatan 30-33 rpm pada suhu ruang, tanpa bola baja. Nilai *cantabro* dapat dihitung dengan rumus:

$$CAL = \left(\frac{m_o - m_i}{m_o} \right) \times 100\% \quad (1)$$

dimana :

CAL = *cantabro abrasion loss* (%)

M_o = berat benda uji semula (gr)

M_i = berat benda uji setelah 300 putaran (gr)

2.5 Pengujian kekakuan (*stiffness*)

Kekakuan (*stiffness*) yang dimaksud disini adalah *Indirect Tensile Stiffness Modulus* (ITSM) pada suhu 20°C, dimana sampel diberi beban dinamis pada rentang regangan tertentu (kondisi elastis linier) dengan konfigurasi uji seperti pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Konfigurasi uji ITSM

Pengujian ITSM dihitung dengan rumus dan *set up parameters* sesuai ketentuan dalam *British Standard* (BS EN 12607-26:2012):

$$E = \frac{F \times (v + 0.27)}{(z \times h)} \quad (2)$$

$$E' = E \times (1 - 0.322 \times (\log(E) - 1.82) \times (0.60 - k)) \quad (3)$$

dimana :

E = nilai ITSM dalam MPa

F = beban vertikal puncak dalam Newton (N)

Z = deformasi horizontal (mm)

v = *poisson's ratio* (0.35)

h = tebal sampel (mm)

E' = nilai ITSM dalam Mpa, yang sudah disesuaikan dengan load faktor 0,60

K = faktor *load area*.

2.6 Pengujian kelelahan (*fatigue*)

Fatigue merupakan fenomena keretakan akibat beban yang diulang. Pengujian dilakukan dengan membebani sampel sampai runtuh, dengan konfigurasi seperti pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Konfigurasi uji kelelahan (*fatigue*)

Pengujian *fatigue* dilakukan pada suhu 20°C. Pengujian *fatigue* dilakukan minimal pada tiga tekanan (*stress*) yang berbeda. Parameter uji dapat dihitung dengan **Persamaan 4, 5, dan 6**, dengan *set up parameters* sesuai ketentuan dalam *British Standard* (BS EN 12697-24:2012):

$$\sigma = \frac{2F}{\pi \times t \times \Omega} \quad (4)$$

$$\varepsilon = \left(\frac{2\Delta H}{\Omega} \right) \times \left[\frac{1+3\nu}{4+\pi \times \nu - \pi} \right] \quad (5)$$

$$S_{mix} = \frac{\sigma}{\varepsilon} (1+3\nu) \quad (6)$$

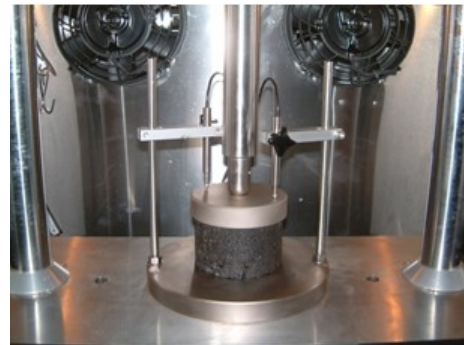
dimana :

- s = tekanan tarik horizontal pada bagian pusat sampel (MPa)
- F = beban dalam Newton (N)
- t = tebal sampel (mm)
- Ω = diameter sampel (mm)
- ΔH = deformasi horizontal (mm)
- ε = regangan horizontal dalam mikron per meter ($\mu\text{m}/\text{m}$)
- ν = Poisson's ratio
- S_{mix} = stiffness modulus /ITSM (MPa)

2.7 Pengujian ketahanan deformasi/rangkak (*creep*)

Ketahanan deformasi sangat dipengaruhi oleh kekakuan suatu campuran. Sampel diberi beban dinamis dan

deformasinya direkam, dengan konfigurasi seperti pada **Gambar 3**.



Gambar 3. Konfigurasi uji rangkak (*creep*)

Temperatur pengujian dilakukan pada suhu 40°C. Parameter uji dihitung dengan **Persamaan 7 dan 8**, dengan *set up parameters* sesuai ketentuan dalam *British Standard* (BS EN 12697-25:2005):

$$\varepsilon_n = \left(\frac{h_o - h_n}{h_o} \right) \quad (7)$$

dimana :

- ε_n = regangan axial kumulatif pada n aplikasi beban (*microstrain*)
- h_o = tinggi sampel rata-rata sebelum diberi beban awal (*pre load*) (mm)
- h_n = tinggi sampel rata-rata setelah diberi n beban (mm)

$$E_n = \frac{\sigma}{\varepsilon_n} \quad (8)$$

dimana :

- E_n = modulus kekakuan rangkak (*creep stiffness modulus*) pada aplikasi n beban (MPa)
- σ = tekanan (kPa)

Nilai kemiringan kurva rangkak dinamis dapat dilihat pada grafik antara regangan dengan jumlah pengulangan beban yang berada pada daerah *secondary stage* (daerah linier sebelum runtuh) yang persamaan liniernya didapat dengan menggunakan *linear trend line*, yang bentuk persamaannya :

$$y = ax + b \quad (9)$$

dimana a adalah kemiringan garis linier, yang dapat dikelompokkan sesuai pada **Tabel 5**, dimana nilai kemiringan tertentu akan cocok untuk beban lalu lintas (*equivalent standard axle-ESA*) tertentu.

Tabel 5. Kemiringan minimum *dynamic creep*

Suhu (°C)	Beban >10 ⁶ ESA (lalu lintas ringan)	Beban 5x10 ⁵ sd 10 ⁶ ESA (lalu lintas sedang)	Beban < 5 x 10 ⁵ ESA (lalu lintas berat)
> 30	< 0.5	0.5	> 3 – 6
20 – 30	< 1	1 – 6	> 6 – 10
10 – 20	< 2	2 – 10	-

Sumber : Alderson (1995) dalam Thanaya (2015)

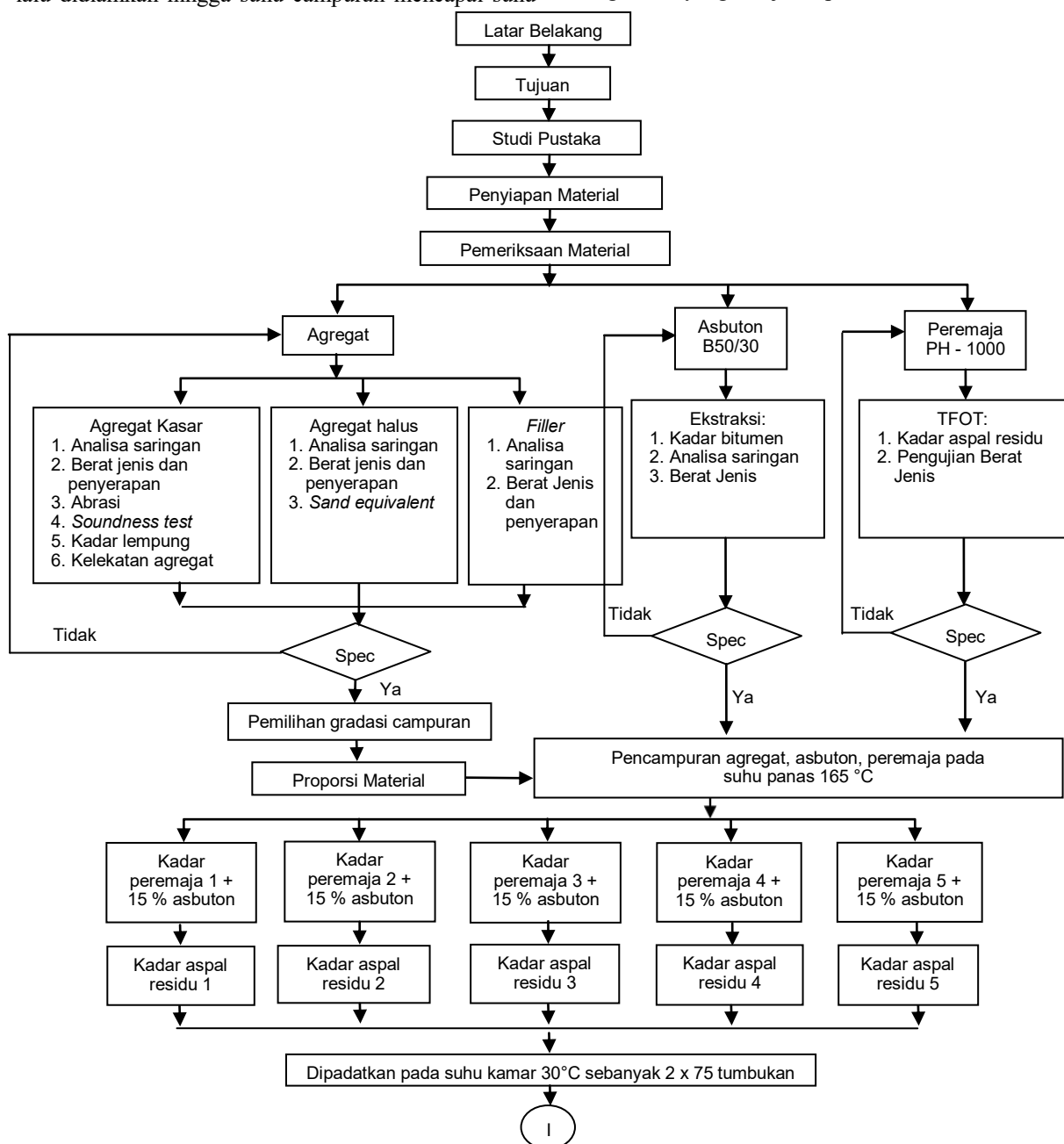
3. Metode

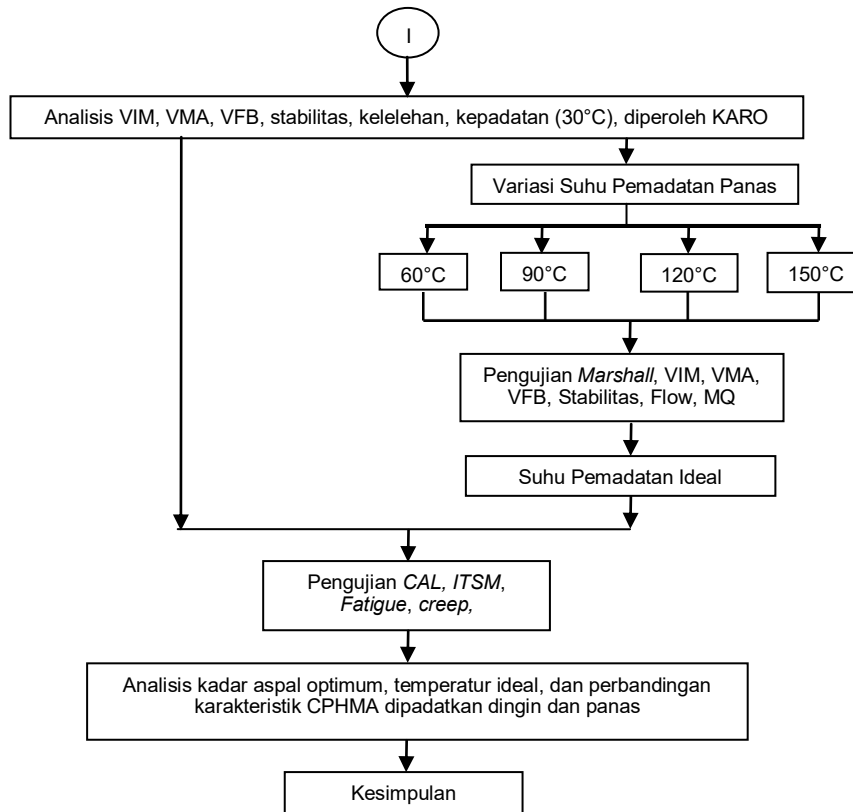
Penelitian ini diawali dengan menyusun latar belakang, tujuan, studi pustaka, penyiapan dan pengujian material. Untuk memproduksi campuran CPHMA, agregat yang telah memenuhi spesifikasi, dicampur sehingga sesuai dengan gradasi campuran CPHMA. Agregat disiapkan dengan cara proporsional yaitu dengan memproporsikan berdasarkan gradasi ideal spesifikasi CPHMA (Ditjen Bina Marga, 2015). Asbuton yang dipakai adalah *Buton Rock Asphalt Macadam (BRAM) B 50/30* (nilai penetrasi 50, kadar aspal asbuton untuk campuran CPHMA ini adalah 15 % terhadap berat agregat. Penggunaan peremaja divariasikan sehingga memperoleh kadar aspal residu dalam campuran 6-8 %. Proses pencampuran dilakukan dalam keadaan panas. Agregat dan modifiier dipanaskan lalu dicampur dengan asbuton yang dingin. Setelah masing-masing material tercampur lalu didiamkan hingga suhu campuran mencapai suhu

ruang (30°C) kemudian dipadatkan 2x75 tumbukan *Marshall*. Kadar Aspal Residu Optimum (KARO) diperoleh setelah menghitung kandungan aspal yang diperoleh dari ekstraksi asbuton dan peremaja optimum. Setelah memperoleh KARO pada CPHMA, dibuat campuran CPHMA dengan KARO yang dipadatkan dengan kondisi panas pada suhu 60°C, 90°C, 120°C, dan 150°C. Dari keempat variasi suhu pemadatan panas tersebut diperoleh suhu pemadatan ideal yang memenuhi spesifikasi CPHMA.

CPHMA yang dipadatkan pada suhu ruang dan suhu ideal diuji kekakuan (*stiffness*), rangkakan (*creep*) dan kelelahan (*fatigue*), menggunakan alat *Dynapave Universal Testing Machine 30 (UTM30)*. Hasilnya dibandingkan kemudian dianalisis.

Secara lebih detail penelitian dilaksanakan sesuai dengan bagan alir yang disajikan pada **Gambar 4**.





Gambar 4. Bagan alir penelitian

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Pengujian material

Hasil pengujian material memenuhi spesifikasi seperti yang tertuang dalam Tabel 6.

Tabel 6. Hasil pengujian material

No.	Pengujian	Nilai	Spesifikasi
Agregat Kasar			
1.	Berat Jenis		
	<i>Bulk</i>	2.540	-
	SSD	2.572	-
	<i>Apparent</i>	2.625	-
2.	Penyerapan (%)	1.28	Mak. 3%
3.	Keausan Agregat (%)	31.9	Mak. 40%
4.	<i>Soundness Test</i> (%)	5.76	Mak. 12%
5.	Kadar Lumpur / Lempung (%)	0.18	Mak. 1%
6.	Kelekatan Agregat (%)	97.5	Min. 95%
Agregat Halus			
7.	Berat Jenis		
	<i>Bulk</i>	2.539	-
	SSD	2.575	-
	<i>Apparent</i>	2.635	-
8.	Penyerapan (%)	1.441	Mak. 3%

Tabel 6 (lanjutan). Hasil pengujian material

9.	<i>Sand Equivalent</i> (%)	95	Min. 60%
10.	Perbedaan berat jenis	0.001	Mak. 0.2
Filler			
11.	Berat Jenis		
	<i>Bulk</i>	2.641	-
	SSD	2.672	-
	<i>Apparent</i>	2.726	-
12.	Penyerapan (%)	1.174	Mak. 3%
Asbuton BRAM 50/30			
13.	Kadar Bitumen (%)	25	25-30
14.	Berat Jenis Mineral	1.744	
Modifier / Peremaja			
15.	Kehilangan Berat (%)	4	Mak. 4%
16.	Berat Jenis	1.01	

4.2 Kadar aspal residu optimum (KARO)

Hubungan variasi kadar aspal dan karakteristik *Marshall* untuk masing-masing kadar aspal residu tertuang pada Tabel 7. Rentang kadar aspal dimana karakteristik *Marshall* memenuhi spesifikasi yang ditentukan digambarkan dengan dengan *bar chart* pada Gambar 5. Dari rentang kadar aspal residu tersebut ditentukan rentang yang mewakili secara berimbang, dimana ditentukan kadar aspal residu optimum untuk campuran CPHMA adalah 7%.

Tabel 7. Karakteristik CPHMA terhadap variasi kadar aspal

Karakteristik	Kadar Aspal (%)					Spesifikasi
	6	6,5	7	7,5	8	
Kepadatan (gr/cm ³)	2,038	2,081	2,123	2,143	2,139	
Stabilitas (kg)	499,8	578,3	616,7	611,3	575,8	Min. 500
Flow (mm)	3,2	3,4	3,5	3,6	3,77	
VIM (%)	10,47	7,97	5,46	3,98	3,49	4 – 10
VMA (%)	21,14	19,90	18,70	18,40	18,96	Min. 16
VFB (%)	50,47	59,96	70,78	78,38	81,60	Min. 60

Karakteristik Marshall	Rentang kadar aspal residu yang memenuhi spesifikasi (%)				
	6	6,5	7	7,5	8
Stabilitas (Kg)	■	■	■	■	■
VIM (%)	■	■	■	■	■
VMA (%)	■	■	■	■	■
VFB (%)	■	■	■	■	■

KARO 7%

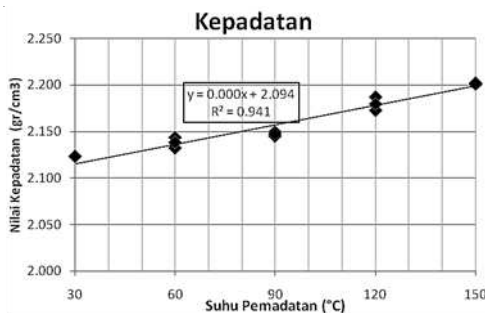
Gambar 5. Bar chart untuk menentukan kadar aspal (residu) optimum 7 %

4.3 Variasi suhu pemadatan

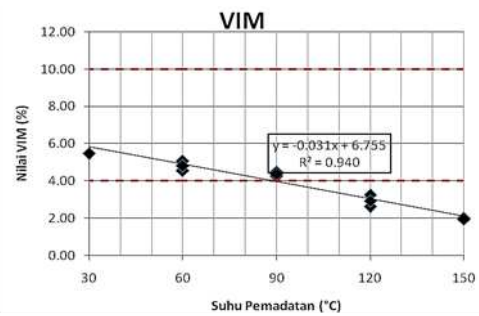
Variasi suhu pemadatan panas untuk campuran CPHMA diambil variasi pada suhu 60 °C, 90 °C, 120 °C, 150 °C. Karakteristik CPHMA pada masing-masing suhu pemadatan terangkum pada **Tabel 8** dan dituangkan dalam bentuk grafik seperti pada **Gambar 6**, yang dilengkapi garis spesifikasi.

Tabel 8. Karakteristik CPHMA terhadap variasi suhu pemadatan

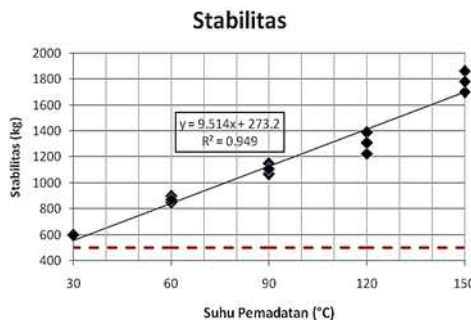
Karakteristik Campuran	Suhu Pemadatan (°C)					Spesifikasi
	30	60	90	120	150	
Kepadatan (gr/cm ³)	2,123	2,138	2,147	2,180	2,201	-
Stabilitas (kg)	616,7	875,00	1.108,8	1.308,8	1782,68	Min. 500
Flow (mm)	3,50	2,90	2,55	2,35	2,05	-
VIM (%)	5,53	4,86	4,45	3,00	2,04	4 - 10
VMA (%)	18,70	18,13	17,77	16,53	15,70	Min. 16
VFB (%)	70,46	73,19	74,98	81,86	87,00	Min. 60



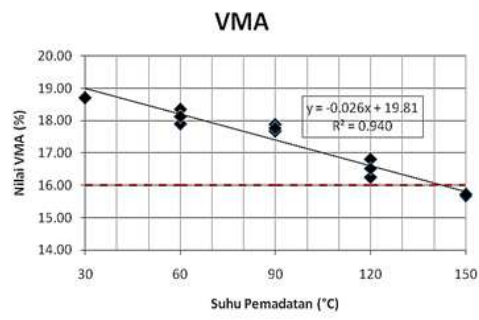
(a)



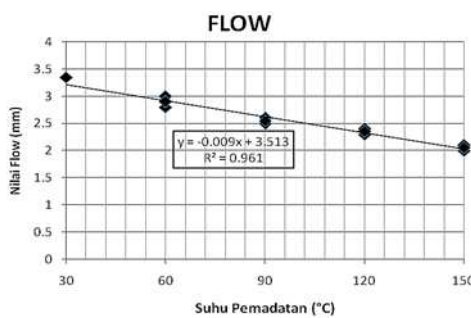
(b)



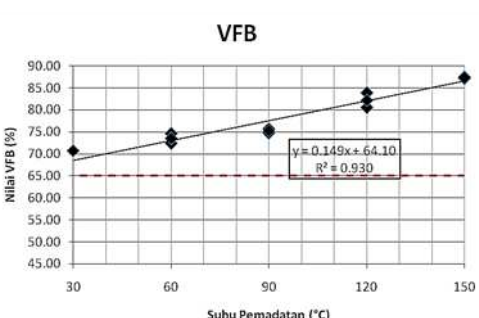
(c)



(d)



(e)



(f)

Gambar 6. Pengaruh suhu pemadatan terhadap karakteristik campuran

Berdasarkan **Gambar 6** dapat dijelaskan bahwa suhu pemadatan CPHMA mempengaruhi kepadatan campuran CPHMA. Semakin tinggi suhu pemadatan maka kepadatan campuran semakin tinggi hal tersebut disebabkan karena pada suhu tinggi pemadatan lebih mudah dilaksanakan sedangkan pada suhu rendah campuran susah dipadatkan karena campuran lebih kaku. Untuk nilai VIM suhu pemadatan memenuhi syarat pada suhu 30°C sampai dengan suhu 90°C. Untuk suhu pemadatan diatas 90°C tidak memenuhi syarat karena nilai VIM minimum (**Gambar 6b**) dibatasi yaitu 4 %. Apabila nilai VIM terlalu kecil maka pada saat temperatur lapangan panas aspal mengembang ditambah dengan pemadatan oleh beban kendaraan lalu lintas mengakibatkan rongga campuran semakin sempit ini mengakibatkan perkerasan tidak stabil dan mudah terjadi deformasi. Pada saat bersamaan aspal mendesak keluar sehingga menyembul kepermukaan dimana aspal berperan seperti pelumas sehingga jalan menjadi tidak stabil. Berdasarkan data tersebut maka diperoleh suhu pemadatan CPHMA maksimum adalah 90°C.

4.4 Pengujian Cantabro Abrasion Loss (CAL)

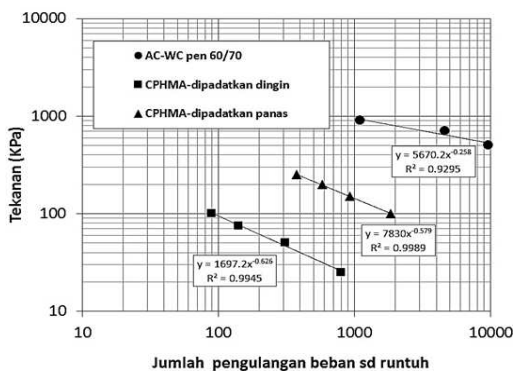
Berdasarkan pengujian CAL diperoleh nilai abrasi untuk campuran CPHMA yang dipadatkan dingin adalah sebesar 10,04 %, dan untuk CPHMA yang dipadatkan panas adalah 0,17 %. Hal ini disebabkan karena CPHMA yang dipadatkan panas lebih tahan terhadap abrasi karena CPHMA yang dipadatkan panas lebih padat. Nilai ini lebih kecil dari nilai keausan maksimal 16% untuk pengujian keausan pada suhu ruang 30°C (Hamzah, dkk., 2010)

4.5 Pengujian kekakuan (ITSM)

Berdasarkan pengujian ITSM diperoleh nilai kekakuan campuran CPHMA yang dipadatkan dingin adalah sebesar 152 MPa dan kekakuan campuran CPHMA yang dipadatkan dingin adalah sebesar 320 MPa. Hal tersebut disebabkan karena campuran CPHMA yang dipadatkan panas lebih padat sehingga campuran lebih kaku.

4.6 Pengujian kelelahan (fatigue)

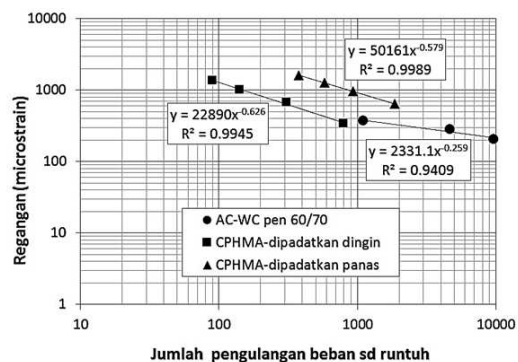
Hasil uji *fatigue* dituangkan berupa grafik seperti pada **Gambar 7, 8 dan 9**. Sebagai pembanding digunakan



Gambar 7. Hubungan jumlah pengulangan beban dengan tekanan

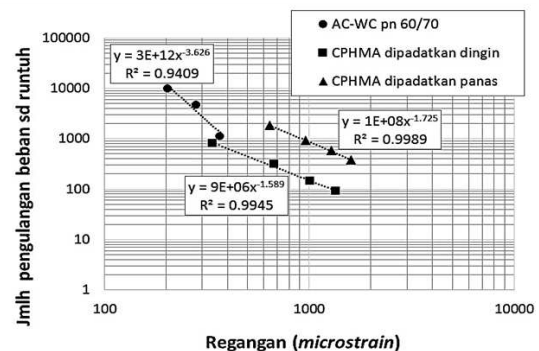
data campuran AC-WC pen 60/70 (Thanaya, dkk., 2015). **Gambar 7** menunjukkan data, yang bila garisnya diperpanjang maka pada tekanan tertentu, sampel yang lebih kuat akan runtuh pada pengulangan pembebanan yang lebih tinggi. Diperoleh hasil, sampel yang lebih lemah sampai yang terkuat berturut-turut adalah sampel CPHMA dipadatkan dingin, panas, dan AC-WC pen 60/70.

Untuk hubungan jumlah pengulangan beban sampai runtuh dan regangan, sesuai data pada **Gambar 8**, apabila garis regresi diperpanjang ke arah sumbu x hingga pembebanan mencapai satu juta (10⁶) kali dengan persamaan regresi, maka campuran CPHMA yang dipadatkan panas mampu menahan regangan 19,07 *microstrain* (με), dan untuk campuran CPHMA yang dipadatkan dingin hanya mampu menahan regangan hingga 4,36 *microstrain* (με), sedangkan untuk campuran AC-WC pen 60/70 mampu menahan regangan paling besar yaitu 73,71 *microstrain* (με).



Gambar 8. Hubungan jumlah pengulangan beban dengan regangan

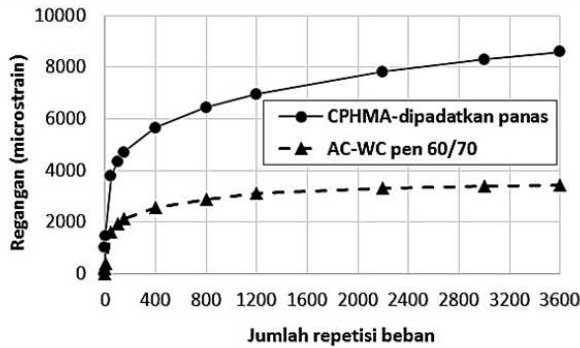
Bila hubungan regangan dan jumlah pengulangan beban sampai runtuh sesuai data pada **Gambar 9** garis regresinya diperpanjang ke arah sumbu y dengan menggunakan persamaan terkait hingga regangan sekitar 100 *microstrain* (sebagai standar desain regangan perkerasan), maka untuk campuran CPHMA yang dipadatkan panas diperlukan jumlah pengulangan beban sebanyak 36.307 kali dan untuk campuran CPHMA yang dipadatkan dingin jumlah pengulangan beban sebanyak 6.226 kali sedangkan campuran AC-WC pen 60/70 memerlukan pengulangan pembebanan paling banyak yaitu 172.631 kali.



Gambar 9. Hubungan regangan dengan jumlah pengulangan beban

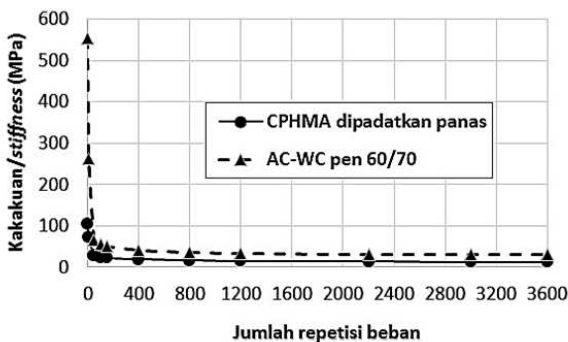
4.7 Pengujian rangkak (creep)

Pada pengujian *creep*, campuran CPHMA yang dipadatkan dingin tidak dapat diuji karena sudah mengalami keruntuhan sebelum pengulangan beban 3600 kali. Karena itu hasil uji CPHMA yang dipadatkan panas, dibandingkan juga dengan campuran AC-WC pen 60/70 (Thanaya, dkk., 2015). Hasil uji *creep* tertuang pada Gambar 10 dan Gambar 11.



Gambar 10. Grafik regangan rangkak dinamis

Berdasarkan Gambar 10 campuran CPHMA yang dipadatkan panas memiliki nilai deformasi yang lebih besar jika dibandingkan dengan campuran AC-WC pen 60/70, hal tersebut disebabkan karena kepadatan campuran CPHMA lebih rendah. Gambar 11 menunjukkan kekakuan rangkak dinamis campuran AC-WC pen 60/70 lebih besar jika dibandingkan campuran CPHMA yang dipadatkan panas. Hal tersebut sejalan dengan regangan rangkak dinamis Gambar 10 (menggunakan Persamaan 8).

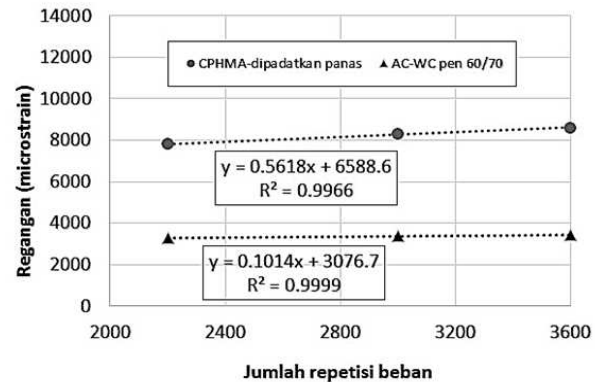


Gambar 11. Grafik kekakuan rangkak dinamis

4.8 Kemiringan rangkak dinamis (dynamic creep slope)

Kajian kemiringan rangkak dinamis dilakukan pada bagian regangan yang memberikan hubungan linear (*secondary stage*) antara beban berulang dan regangan yang terjadi pada beban berulang 2200, 3000, 3600 pada Gambar 10, yang digambarkan lagi pada Gambar 12. Campuran CPHMA yang dipadatkan panas memiliki *slope* 0,561 yang lebih besar jika dibandingkan campuran AC-WC pen 60/70 yang memiliki *slope* 0,101 yang artinya campuran AC-WC pen 60/70 memiliki ketahanan deformasi yang lebih baik, sehingga campuran CPHMA yang dipadatkan

panas cocok untuk lalu lintas sedang, sedangkan AC-WC Pen 60/70 cocok untuk lalu lintas beban berat (sesuai Tabel 5).



Gambar 12. Kemiringan rangkak (creep) dinamis

4.9 Resume hasil pengujian

Dari hasil dan pembahasan, dapat diresumekan sebagai berikut:

1. Untuk CPHMA yang dipadatkan dingin (pd suhu 30°C) memberikan karakteristik Marshall yang memenuhi spesifikasi. Uji *Cantabro Abrasion Loss (CAL)*, *Indirect Tensile Stiffness Modulus (ITSM)*, *fatigue*, dan *creep*, memberi hasil: nilai CAL 10,04 %, ITSM 152 MPa, repetisi beban pada 100 µε 6.226 kali, regangan pada repetisi beban 1 juta (10⁶) kali 4,36 µε dan untuk *creep* CPHMA dipadatkan dingin tidak dapat diuji karena sudah runtuh sebelum 3600 kali, mengindikasikan cocok untuk lalu lintas ringan.
2. Untuk CPHMA yang dipadatkan panas (pada suhu pemadatan ideal 90°C) memberi nilai karakteristik Marshall yang lebih baik. Untuk uji lanjutan ada suhu ini memberi nilai CAL 0,17 %, ITSM 320 MPa, repetisi beban pada 100 µε 36.307 kali, regangan pada repetisi beban 1 juta (10⁶) kali 19,07 µε, nilai kemiringan kurva rangkak 0,561 dan CPHMA dipadatkan panas cocok digunakan untuk lalu lintas sedang.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Pada penelitian ini dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Temperatur ideal untuk pemadatan CPHMA yang diteliti adalah 90°C. Pemadatan dibawah suhu 90°C memberikan porositas lebih tinggi berkisar antara (4,86-5,53)% namun masih memenuhi spesifikasi (4-10%). Pemadatan diatas suhu 90°C memberikan porositas antara (2,04-3,0)%, yang lebih rendah dari spesifikasi.
2. CPHMA yang dipadatkan pada suhu ideal 90°C memberikan karakteristik *Marshall*, *cantabro*,

kekakuan (*stiffness*), rangkak (*creep*), dan kelelahan (*fatigue*) lebih baik dibandingkan dengan CPHMA yang dipadatkan dingin (pada suhu ruang 30°C).

5.2 Saran

Walaupun pemadatan pada suhu ruang 30°C memberi hasil uji memenuhi spesifikasi, namun untuk memperoleh hasil yang lebih optimal, disarankan CPHMA dipadatkan pada temperatur ideal 90 °C. Untuk itu penyiapan campuran dan mobilisasi ke lapangan perlu dipersiapkan dengan baik.

Daftar Pustaka

- Akbariawan, R., Fadiansyah, R., Djakfar, L., Bowoputro, H., 2015, *Penggunaan Material Lokal Madura Terhadap Kinerja Campuran CPHMA*. Malang: Universitas Brawijaya Fakultas Teknik.
- Alderson, A., 1995, *Gyropac and Matta Training Course*, Australian: Australian Road Research Board Ltd.
- Balitbang PU, 2016, <http://litbang.pu.go.id/litbang/product/asbuton-aspal-buton> Diakses: 20 Juli 2016.
- British Standard, 2005, *Bituminous mixtures – Test methods for hot mix asphalt, Part 25: Cyclic compression test*, BS EN 12697-25:2005.
- British Standard, 2012, *Bituminous mixtures – Test methods for hot mix asphalt, Part 26: Stiffness*, BS EN 12697-26:2012.
- British Standard, 2012, *Bituminous mixtures-Test methods for hot mix asphalt, Part 24: Resistance to fatigue*, BS EN 12697-24:2012.
- Ditjen Bina Marga, 2013, *Spesifikasi Khusus Interim Seksi 6.3 Asbuton Campuran Panas Hampar Dingin CPHMA*, Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum.
- Ditjen Bina Marga, 2015, *Pedoman Pelaksanaan Asbuton Campuran Panas Hampar Dingin Cold Pavement Hot Mix Asbuton, CPHMA*, Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Firstyan, F., Bagus, G., Djakfar, L., Bowoputro, H., 2015, *Pengaruh Suhu Pemadatan Terhadap Kinerja Marshall pada campuran CPHMA menggunakan LGA dan Aspal Minyak Penetrasi 60/70*, Malang: Universitas Brawijaya Fakultas Teknik.
- Hamzah, M.O., Hasan, M.R.M., Che Wan, C.N., and Abdullah, N.H.A., 2010, Comparative Study on Performance of Malaysian Porous Asphalt Mixes Incorporating Conventional and Modified Binders, *Journal of Applied Sciences* 10(20), pp 2403-2410, 2010, <http://www.h-a-d.hr/pubfile.php?id=619>, diakses 26/02/2017
- Menteri Pekerjaan Umum, 2006, *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor : 35/Prt/M/2006 Tentang Peningkatan Pemanfaatan Aspal Buton Untuk Pemeliharaan Dan Pembangunan Jalan*.
- Suroso, T.W., 2008, *Faktor - faktor Penyebab Kerusakan Dini Pada Perkerasan Jalan*.
- Syukur, A., 2016, *Studi Laboratorium Kuat Tarik Belah Campuran Asbuton Campur Panas Hampar Dingin*. Makassar: Universitas Hasanuddin Fakultas Teknik.
- Thanaya, I N.A., Purbanto, I G.R., Nugraha, I N.S., 2015, *Studi Karakteristik Campuran Aspal Beton Lapis Aus (AC-WC) Menggunakan Aspal Penetrasi 60/70 Dengan Penambahan Lateks*. Laporan Akhir Penelitian Hibah Unggulan Program Studi, Universitas Udayana.