

Deteksi Kepadatan

by Konteks7 156

Submission date: 03-Mar-2020 08:41AM (UTC+0700)

Submission ID: 1268077135

File name: 156M.pdf (177.27K)

Word count: 2537

Character count: 15433

DETEKSI TINGKAT KEPADATAN LABORATORIUM LASTON MENGUNAKAN ANALISIS GELOMBANG SEISMIC PRIMER (156M)

Sri Atmaja P. Rosyidi¹, Anita Rahmawati² dan Indra Ariani³

¹Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
Jl. Lingkar Selatan, Bantul, 55183 Yogyakarta

¹Email: atmaja.sri@gmail.com, ²Email: anita_ygy@yahoo.com, ³Email: iinani777@gmail.com

ABSTRAK

Marshall adalah pengujian standar yang lazim digunakan di Indonesia untuk menganalisis kepadatan dan menguji kekuatan campuran aspal dalam nilai stabilitas bahan. Namun, pengujian Marshall mempunyai bersifat merusak sehingga menyebabkan pengujian tersebut tidak ekonomis dan tidak efisien karena setiap benda uji hanya menghasilkan satu nilai ukur saja. Dalam penelitian ini dilakukan suatu inovasi baru untuk mengevaluasi kepadatan campuran aspal di laboratorium secara efektif dan tidak merusak yaitu dengan menggunakan teknik pengujian gelombang seismik. Fokus penelitian ini adalah untuk menghasilkan suatu korelasi empirik antara kepadatan campuran aspal terhadap kecepatan gelombang primer (C_p). Sampel campuran aspal dipersiapkan dengan variasi tumbukan yang diberikan antara lain 35x, 50x, 75x dan 100x dengan kadar aspal optimum 6%. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa C_p mampu mendeteksi variasi kepadatan pada campuran Laston. Sebagai tambahan, nilai C_p juga berkorelasi positif dengan kepadatan dan nilai stabilitas Marshall.

Kata kunci: Kepadatan, Marshall, Gelombang Seismik, Kecepatan Gelombang Primer, Stabilitas.

1. PENDAHULUAN

Kepadatan merupakan salah satu faktor penting untuk menghasilkan kinerja perkerasan lentur jalan yang baik. Pekerjaan pemadatan di lapangan yang dilakukan menyebabkan pengurangan kadar rongga material, mengoptimalkan rangka butiran dan meningkatkan kerapatan material (Dubois, dkk., 2010). Kepadatan merupakan tingkat kerapatan (*density*) campuran setelah dipadatkan. Nilai kepadatan dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti gradasi campuran, jenis dan kualitas bahan penyusun, faktor pemadatan termasuk jumlah pemadatan dan temperatur pemadatan, kandungan aspal dan penggunaan bahan tambah (*additive*) dalam campuran. Kepadatan yang tinggi akan meningkatkan kestabilan dan kekuatan campuran serta mengurangi tendensi terjadinya alur-alur bekas roda akibat lalu lintas (Oglesby & Hicks, 1996).

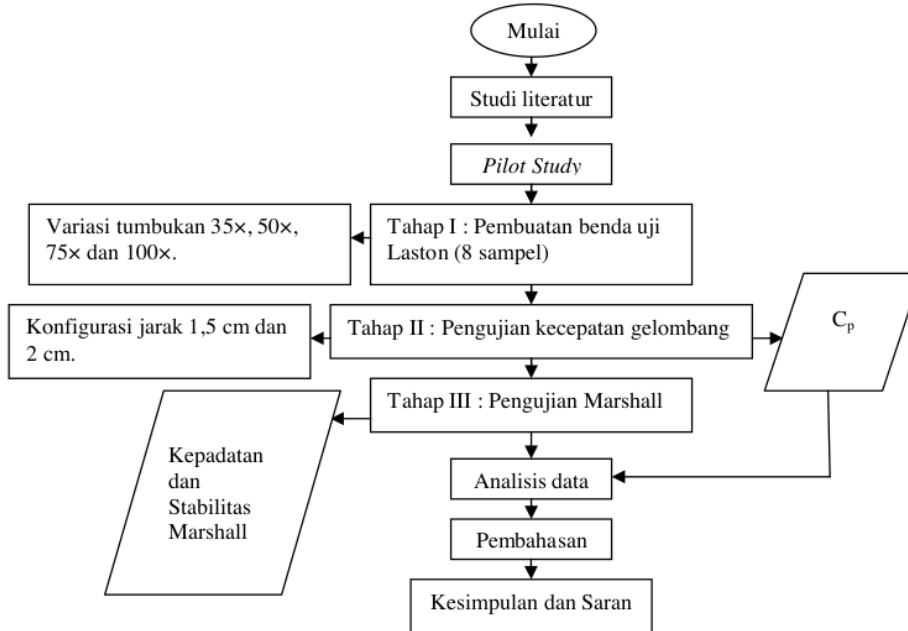
Di Indonesia, metode Marshall telah lazim digunakan untuk menguji kualitas dan kekuatan campuran aspal dalam nilai stabilitas bahan termasuk hubungannya dengan kepadatan material. Dalam prakteknya, setiap satu sampel Marshall hanya dapat menghasilkan satu angka stabilitas saja, dengan demikian pengujian ini memerlukan jumlah sampel yang banyak untuk memperoleh nilai KAO (Kadar Aspal Optimum) maupun pengamatan terhadap perilaku bahan yang lebih reliabel. Oleh itu, pengujian konvensional ini dinilai kurang ekonomis dan efisien karena sifat destruktifnya. Suatu inovasi baru yang mampu mengevaluasi kekuatan campuran aspal di laboratorium secara efektif, tidak mahal dan mudah diperlukan untuk mengatasi kelemahan pengujian Marshall. Dalam penelitian ini dikembangkan suatu pengujian laboratorium berbasis metode sebaran gelombang mekanik, yang merupakan pengembangan dari metode Impact Echo (IE).

Teknik IE merupakan teknik *Non-Destructive Testing* (NDT) yang digunakan untuk mendeteksi cepat rambat gelombang pada material (Sansalone & Mary, 1997). IE adalah metode evaluasi kondisi beton dengan menggunakan suara yang berasal dari pukulan sehingga menyebabkan adanya gelombang tekan yang melalui struktur dan akan dipantulkan bila terdapat retak serta dipantulkan oleh permukaan luar sisi lain tempat terjadinya pengujian (Cahyani dkk., 2011). Dari teknik IE ini, nilai respon frekuensi akan dihasilkan dan selanjutnya digunakan untuk memperoleh nilai kecepatan gelombang primer (C_p). Dalam studi ini, metode ini digunakan untuk mengukur kecepatan gelombang primer (C_p) pada campuran Laston untuk kepadatan yang berbeda-beda. Selain itu, suatu persamaan empirik antara nilai stabilitas Marshall dan C_p turut dihasilkan dari penelitian ini.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian disusun dalam tiga tahapan utama dengan urutan yang terdapat dalam Gambar 1. Persiapan benda uji meliputi persiapan aspal dan agregat dengan berbagai pengujian untuk mengetahui kesesuaian agregat dengan spesifikasi yang ada. Campuran Aspal Beton (Laston) yang digunakan dalam penelitian ini mengikuti spesifikasi R SNI 03-1737-1989. Setelah sampel Laston dihasilkan, dilakukan pengujian seismik untuk menghasilkan kecepatan gelombang tubuh yang merambat pada sampel aspal. Selanjutnya, sampel diuji Marshall untuk memperoleh nilai kepadatan dan stabilitasnya.



Gambar 1. Tahapan Penelitian

Bahan dan Sampel Pengujian

Aspal yang digunakan dalam penelitian ini untuk membuat campuran Laston adalah aspal pen 60/70. Pemeriksaan standar untuk aspal dan agregat dilakukan sesuai dengan prosedur dan spesifikasi yang terdapat pada SNI campuran aspal beton. Agregat yang digunakan adalah agregat kasar dan halus yang berasal dari Kulon Progo. Dalam penelitian ini dievaluasi hubungan antara parameter dari hasil pengujian Marshall dan hasil pengujian gelombang seismik. Faktor utama yang mempengaruhi nilai-nilai Marshall adalah kepadatan, sehingga dilakukan pengujian terhadap benda uji campuran lapis aspal beton (Laston) dengan variasi tumbukan yang diberikan pada saat pembuatan benda uji. Variasi tersebut adalah 35x, 50x, 75x dan 100x. Variasi tumbukan diberikan untuk mendapatkan tingkat kepadatan yang berbeda.

Peralatan Pengujian

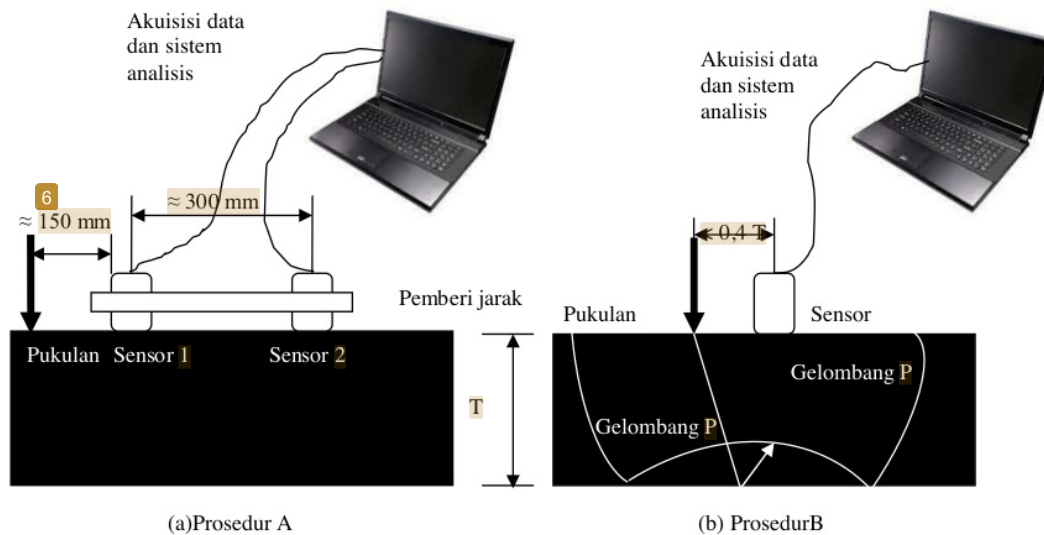
Dalam penelitian ini peralatan yang digunakan dalam pengukuran spektrum gelombang permukaan terdiri dari pembangkit gelombang (*source*), sensor dan alat penganalisis spektrum yaitu *Harmonie* dBFA 32. Susunan peralatan dapat dilihat pada Gambar 2. Dengan rangkaian alat tersebut disusun konfigurasi pengukuran sesuai dengan konfigurasi metode IE dengan modifikasi pada jarak antar sensor terhadap sumber gelombang yang bertujuan untuk mendapatkan kualitas data gelombang yang baik dengan berbagai variasi telak sensor dan sumber gelombang pada benda uji.



Gambar 2. Alat uji teknik sebaran gelombang

Modifikasi Metode Impact Echo

Berdasarkan ASTM C-1383, IE terdiri dari dua prosedur pengujian, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3. Data gelombang dari sensor 1 yang terdekat dengan sumber, kemudian dianalisis FFT menggunakan perangkat lunak autosignal untuk mendapatkan nilai frekuensi maksimal masing-masing pengujian.

Gambar 3. Konfigurasi *Impact Echo* yang digunakan dalam penelitian ini

Dari spektrum tenaga auto (*auto spectrum*) akan diketahui nilai maksimum frekuensi tiap gelombang yang digunakan sesuai dengan prosedur pengujian dalam ASTM C-1383. Berdasarkan prosedur tersebut, ada dua hasil pengujian yang dapat dianalisis berdasarkan waktu dan frekuensinya. C_p dihitung dengan menggunakan analisis frekuensi yang dirumuskan sebagai berikut:

$$C_{pp} = f \times 2T \quad (1)$$

$$C_p = C_{pp} / 0,96 \quad (2)$$

dengan C_{pp}/C_p = kecepatan gelombang P (m/s), T = kedalaman (m), F = frekuensi (Hz).

Salah satu hal yang perlu diperhatikan dalam menggunakan metode IE adalah jarak antara sumber gelombang dengan sensor. Aktas (2007) menjelaskan bahwa jika jarak terlalu besar, respon tidak terdeteksi dominan oleh C_p , dan Persamaan 1 dan 2 tidak akan berlaku. Jika jarak terlalu kecil, respon akan didominasi oleh gelombang Rayleigh yang ada dipermukaan.

Data analog gelombang dari kedua sensor disalurkan melalui unit akuisisi data dalam digital kepada komputer untuk dilakukan proses analisis spektrum. Sebelumnya telah dibahas tentang penganalisis spektrum yang dilengkapi

Material

dengan FFT yang dalam penelitian ini digunakan tampilan spektrum tenaga auto . Hasil dari rekaman gelombang yang disalurkan oleh unit akuisisi 01dB ke komputer selanjutnya dianalisis FFT dengan menggunakan perangkat lunak *autosignal* untuk mendapatkan nilai frekuensi maksimal masing-masing pengujian. Adapun hasil pembacaan nilai maksimum frekuensi terdapat pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai maksimum frekuensi

Variasi Tumbukan	Konfigurasi Jarak (cm)	Frekuensi (Hz)	Tebal (m)
35	1,5	15.375	0,068
	2	16.652	
50	1,5	17.950	0,0654
	2	18.425	
75	1,5	19.602	0,065
	2	20.877	
100	1,5	21.675	0,0634
	2	24.127	

Analisis Statistik

Penelitian ini terdiri dari dua tahap uji analisis statistik, antara lain uji korelasi dan uji *t-student*. Uji korelasi digunakan untuk mengetahui korelasi pada uji parametrik dengan menggunakan Persamaan 3.

$$r = \frac{n \sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{[n \sum X^2 - (\sum X)^2][n \sum Y^2 - (\sum Y)^2]}} \quad (3)$$

dengan n = banyaknya sampel, X = variabel independen (prediktor) dan Y = variabel dependen (outcome).

Setelah koefisien korelasi diketahui, nilai r dapat digunakan untuk membuktikan hipotesis yang telah dibuat. Adapun Persamaan yang digunakan sesuai dengan Persamaan 4.

$$t = \frac{r \sqrt{(n-2)}}{\sqrt{(1-r^2)}} \quad (4)$$

dengan t = pengujian koefisien korelasi (t_{hitung}), r = koefisien korelasi dan n = jumlah data.

Hasil t_{hitung} kemudian dibandingkan dengan t_{tabel} dengan ketentuan bahwa:

- H_0 diterima jika, $t_{hitung} \leq t_{tabel(\alpha, n-2)}$,
- H_a diterima jika, $t_{hitung} > t_{tabel(\alpha, n-2)}$.

Nilai α merupakan tingkat kepercayaan yang diasumsi, kemudian digunakan untuk menentukan t_{tabel} dengan menggunakan nilai α dan nilai derajat kebebasan (dk) (Persamaan 5) sesuai Tabel *T-student*.

$$dk = n - 2 \quad (5)$$

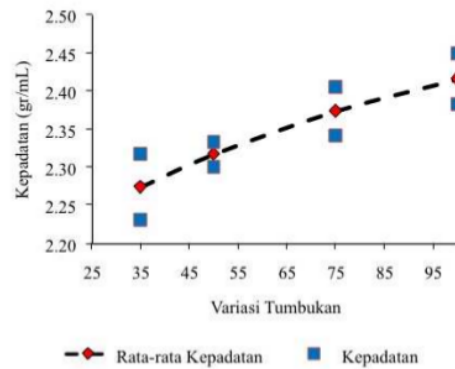
dengan n = jumlah data.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

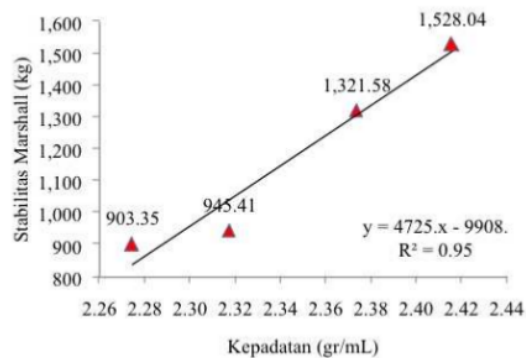
Kepadatan dan Stabilitas Marshall

Peningkatan jumlah tumbukan pada campuran aspal akan mempengaruhi nilai kepadatan dan volume rongga yang ada dalam campuran tersebut. Semakin besar jumlah tumbukan maka akan diperoleh nilai kepadatan campuran aspal semakin tinggi. Hal ini dikarenakan oleh bertambahnya jumlah tumbukan yang mengakibatkan butir-butir agregat akan bergeser menyesuaikan kedudukannya yang kemudian saling mengisi rongga di antara butir agregat yang ada. Karena pengaruh pergeseran agregat yang saling mengisi rongga-rongga pada campuran aspal sehingga rongga di antara butir agregat yang terisi aspal (VFA) semakin besar dan memperkecil nilai volume rongga di antara agregat (VMA). Dengan nilai VMA yang semakin kecil maka mengakibatkan nilai VIM yang tersisa juga semakin

kecil, sehingga nilai stabilitas menjadi meningkat. Hasil yang diperoleh digambarkan seperti yang terdapat pada Gambar 4 dan Gambar 5.



Gambar 4. Hubungan antara kepadatan dan variasi tumbukan



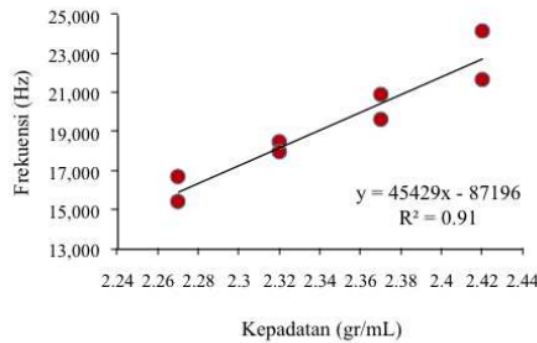
Gambar 5. Hubungan antara kepadatan dan stabilitas Marshall

Analisis Frekuensi

Sebelumnya telah dijelaskan bahwa kepadatan berpengaruh terhadap nilai VIM yang dihasilkan. Seiring bertambahnya jumlah tumbukan, nilai VIM yang semakin mengecil menyebabkan nilai ketebalan yang diperoleh masing-masing variasi juga semakin mengecil. Seperti penilaian yang dilakukan oleh Aktas (2007) dijelaskan bahwa nilai maksimum frekuensi yang diperoleh dari analisis FFT dipengaruhi oleh ketebalan benda uji.

Meningkatnya nilai frekuensi seiring dengan semakin kecil ketebalan yang terdapat pada benda uji karena jumlah tumbukan yang semakin banyak, maka hubungan antara kepadatan dengan frekuensi dapat diketahui. Gambar 6 menunjukkan hubungan kepadatan dan frekuensi yang diperoleh dari analisis FFT.

Material

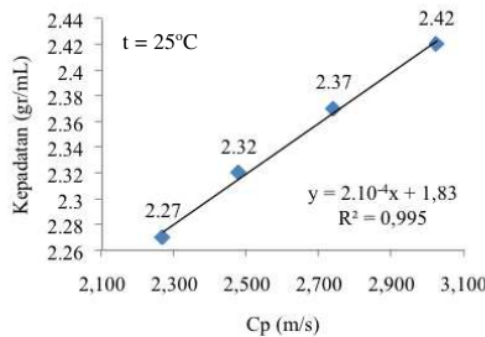


Gambar 6. Hubungan kepadatan dan frekuensi

Nilai frekuensi yang diperoleh kemudian digunakan untuk menghitung kecepatan gelombang primer (C_p). Perhitungan dilakukan dengan metode IE, dengan ketebalan benda uji (T) dan C_{pp} yang merupakan parameter untuk mengetahui nilai C_p selain nilai frekuensi (f), seperti yang ditunjukkan pada Persamaan (2) dan (3). Adapun hasil perhitungan C_p terdapat pada Tabel 2. Dari Tabel 2 dapat dibuat grafik hubungan antara kepadatan dan kecepatan gelombang primer (C_p) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7.

Tabel 2. Hasil kecepatan gelombang primer (C_p)

Variasi Tumbukan	Konfigurasi Jarak (cm)	Frekuensi (Hz)	Ketebalan (m)	Kepadatan (gr/mL)	C _{pp} (m/s)	C _p (m/s)	Rata-rata C _p (m/s)
35	1,5	15.375	0,068	2,27	2.091,00	2.178,13	2.268,58
	2	16.652			2.264,67	2.359,03	
50	1,5	17.950	0,0654	2,32	2.347,86	2.445,69	2.478,05
	2	18.425			2.409,99	2.510,41	
75	1,5	19.602	0,065	2,37	2.548,26	2.654,44	2.740,77
	2	20.877			2.714,01	2.827,09	
100	1,5	21.675	0,0634	2,42	2.748,39	2.862,91	3.024,84
	2	24.127			3.186,77	3.186,77	



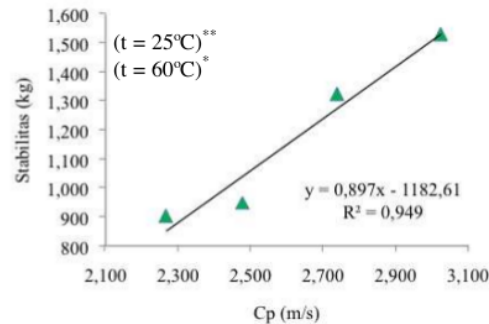
Gambar 7. Hubungan C_p dan kepadatan

Nilai rata-rata C_p yang dihasilkan menunjukkan bahwa kepadatan, frekuensi dan C_p saling berhubungan. Gambar 7 menunjukkan bahwa kecepatan gelombang primer mampu mendeteksi tingkat kepadatan pada campuran aspal Laston. Hal tersebut ditunjukkan dari nilai C_p yang berkorelasi positif terhadap kepadatan. Kemudian hubungan empirik antara kepadatan dan C_p ditunjukkan dalam persamaan:

$$\gamma = 2,0 \cdot 10^{-4} C_p + 1,83 \quad (t = 25^\circ\text{C}) \quad (6)$$

dengan γ = kepadatan (gr/mL) dan C_p = kecepatan gelombang primer (m/s)

Sebelumnya nilai stabilitas Marshall juga memiliki hubungan yang kuat dengan kepadatan, sehingga hubungan antara C_p dan stabilitas marshall dapat diketahui untuk menghasilkan persamaan empirik dari hasil penelitian ini, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Hubungan C_p dan stabilitas Marshall

Gambar 8 menunjukkan bahwa stabilitas dan C_p memiliki hubungan yang kuat dari nilai regresi (r) sebesar 0.846 dan diperoleh juga persamaan empirik dari kedua parameter tersebut yaitu:

$$M^* = 0,897 C_p^{**} - 1182,61 \quad (7)$$

dengan M = stabilitas Marshall (kg), C_p = kecepatan gelombang primer (m/s), * = t (60°C) dan ** = t (25°C)

Validasi Statistik

Dengan menggunakan Persamaan 3, nilai koefisien korelasi (r) antara kepadatan dan C_p diperoleh sebesar 0,995. Nilai r tersebut berarti menunjukkan bahwa kepadatan dan C_p memiliki korelasi yang sangat kuat atau sempurna.

Terkait dengan nilai r yang telah diperoleh, maka uji hipotesis dapat dilakukan dengan ketentuan sebagai berikut:

1. H_0 : kecepatan gelombang primer tidak berpengaruh terhadap tingkat kepadatan campuran laston.
2. H_1 : kecepatan gelombang primer berpengaruh terhadap tingkat kepadatan campuran laston.

Dengan menggunakan analisis t -student (Persamaan 4), maka diperoleh nilai $t_{hitung} = 12,549$. Selanjutnya dengan $\alpha = 0,05$ dan $dk = 2$, sesuai tabel t -student, nilai t_{tabel} sebesar 2,920. Nilai $t_{hitung} > t_{tabel}$ menunjukkan bahwa H_0 ditolak. Berdasarkan analisis ini disimpulkan hipotesis dapat diterima. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa kecepatan gelombang primer (C_p) berkorelasi positif terhadap kepadatan campuran Laston.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, analisis dan pembahasan yang dilakukan pada campuran Laston untuk mengetahui hubungan kepadatan terhadap kecepatan gelombang primer, maka dapat diambil kesimpulan antara lain:

1. Kecepatan gelombang primer (C_p) yang diperoleh pada campuran laston dengan variasi tumbukan 35x, 50x, 75x dan 100x berturut-turut adalah 2268,58 m/s; 2578,05 m/s; 2740,77 m/s dan 3024,84 m/s.
2. Dibandingkan dengan nilai kepadatan yang meningkat seiring penambahan jumlah tumbukan, nilai C_p juga semakin meningkat, sehingga nilai C_p berkorelasi positif terhadap kepadatan. Kemudian hubungan empirik antara kepadatan dan kecepatan gelombang primer ditunjukkan dalam persamaan:

$$\gamma = 2,0 \cdot 10^{-4} C_p + 1,83 \quad (t = 25^\circ\text{C})$$

dengan,

γ = kepadatan (gr/mL)

C_p = kecepatan gelombang primer (m/s)

3. Dari dua jenis pengujian yang dilakukan yaitu uji Marshall dan teknik sebaran gelombang, hubungan empirik antara parameter nilai stabilitas dan kecepatan gelombang ditunjukkan dalam persamaan :

$$M^* = 0,897 C_p^{**} - 1182,61$$

dengan,

M = stabilitas Marshall (kg)

C_p = kecepatan gelombang primer (m/s)

* = t (60°C)

** = t (25°C)

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM. Standard Test Method for ³ Measuring the P-Wave Speed and the thickness of Concrete Plates Using the Impact Echo Method, 1999, AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM C-1383). West Con⁵ohocken.
- Aktas, B. C. (2007). *Determining The Thickness Of Concrete Pavements using The Impact Echo Test Method*. Universitas Teknik Middle East.
- Cahyani, D. E. (2011). *Studi Numerik Pada Beton Yang Rusak Menggunakan Metode Impact Echo (Pengetesan ² Non-Destructive)*. Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Prasarana Wilayah.
- Dubois, V., Roche, C.D.L., Burban, O. (2010). "Influence of the Compaction Process on the Air Void Homogeneity of Asphalt Mixtures Samples". *Construction and Building Materials*, Vol. 26, 885-897.
- Og⁴sbys, C. and Hicks, R. (1996). *Teknik Jalan Raya*. Penerbit Erlangga, Jakarta.
- R SNI 03-1737-1989. *Tata Cara Pelaksanaan Lapis Aspal Beton (Laston) untuk Jalan Raya*. Pusjatan, Balitbang, Bandung.
- Sansalone and Mary J. (⁷1997). 'Impact Echo: The complete Story'. *ACI Structural Journal*, no.94-S71 I, November-Desember.

Deteksi Kepadatan

ORIGINALITY REPORT

9%

SIMILARITY INDEX

%

INTERNET SOURCES

9%

PUBLICATIONS

%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

- 1** Setiono, , and Rintis Hadiani. "Analysis of Rainfall-runoff Neuron Input Model with Artificial Neural Network for Simulation for Availability of Discharge at Bah Bolon Watershed", *Procedia Engineering*, 2015. **5%**

Publication
 - 2** D. Lo Presti, N. A. Hassan, G. Airey, A. Collop. "Fundamental characterisation of reclaimed asphalts: the importance of testing homogeneous specimens", *Road Materials and Pavement Design*, 2013. **1%**

Publication
 - 3** Denys Breysse. "Chapter 2 Presentation of common non destructive techniques", Springer Science and Business Media LLC, 2012. **1%**

Publication
 - 4** Ary Setyawan, Budi Widiharjo, Djumari. "Selecting the Best Materials Compositions of Resin Based Bioasphalt", *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2017. **1%**

Publication
-

5

K. Sivasubramanian, K. P. Jaya, M. Neelamegam. "Virtual Edge Extension Technique to Reduce the Edge Effect in Impact-Echo Method", Journal of Performance of Constructed Facilities, 2016

Publication

6

Carino, Nicholas. "Stress Wave Propagation", Handbook on Nondestructive Testing of Concrete Second Edition, 2003.

Publication

7

Carino, Nicholas J.. "The Impact-Echo Method: An Overview", Structures 2001, 2001.

Publication

8

Dilek, U.. "Condition assessment of concrete structures", Failure distress and repair of concrete structures, 2009.

Publication

9

Paulo V. Peixoto, Marcius A.P. Klem, Marilene F. Brito, Valéria D. Cerqueira, Ticiane N. França. "Aspectos toxicológico, clínico-patológico e ultraestrutural das intoxicações iatrogênica e experimental por vitamina D em coelhos", Pesquisa Veterinária Brasileira, 2010

Publication

<1%

<1%

<1%

<1%

<1%

Exclude quotes Off

Exclude bibliography Off

Exclude matches Off