



Seminar Nasional Keinsinyuran (SNIP)

Alamat Prosiding: snip.eng.unila.ac.id



Penggunaan Agregat Kasar Berabrasi Tinggi Pada Campuran Beton Aspal (Ac-Wearing Course) Untuk Melayani Lalu Lintas Tinggi Dengan Perbaikan Kondisi Fisik Agregat Dan Variasi Nilai Abrasi Agregat

Masudi^{a,*}, I.Kustiani^b, I.Sukmana^c

^aProgram Profesi Insinyur, Universitas Lampung, Jl. Prof. Sumantri Brojonegoro No.1 Bandar Lampung 35145

^bProgram Profesi Insinyur, Universitas Lampung, Jl. Prof. Sumantri Brojonegoro No.1 Bandar Lampung 3514

^cProgram Profesi Insinyur, Universitas Lampung, Jl. Prof. Sumantri Brojonegoro No.1 Bandar Lampung 35145

INFORMASI ARTIKEL

ABSTRAK

Riwayat artikel:

Diterima 30 Agustus 2021

Direvisi 18 November 2021

Diterbitkan 24 Desember 2021

Kata kunci:

AC-Wearing Course

Abrasi Rendah-Tinggi

Pasta Semen

Pengujian Marshall

Salah satu persyaratan agregat kasar yang harus dipenuhi campuran beton aspal (AC-Wearing Course) adalah nilai abrasi <30%, penggunaan agregat kasar dengan nilai abrasi diatas 30% tidak diperkenankan, karena tingkat keausan dan porositas yang tinggi, akan menyebabkan kinerja campuran beton aspal kurang baik. Penelitian awal dilakukan dengan menyelimuti agregat kasar dengan pasta semen untuk menurunkan nilai abrasi, pada penelitian ini dicoba dengan tiga variasi persentase semen yaitu 5%, 10% dan 15% selanjutnya dicampur dengan agregat kasar berabrasi rendah (+20%), dengan variasi agregat kasar berabrasi rendah berbanding dengan agregat kasar berabrasi tinggi yaitu Variasi I : 60/40, Variasi II : 40/60 dan Variasi III : 20/80 dengan persentase semen setiap variasi 5%, 10% dan 15%. Hasil penelitian menunjukkan semakin besar persentase semen pada penyeloputan agregat kasar akan menurunkan nilai abrasi dan nilai penyerapan agregat. Hasil yang paling optimum pada penelitian ini didapat pada variasi I dengan persentase semen 10%, karena memenuhi semua persyaratan spesifikasi Kementerian Pekerjaan Umum (2011).

1. Pendahuluan

Konstruksi beton aspal (Asphaltic Concrete) merupakan salah satu jenis lapisan permukaan perkerasan lentur yang banyak digunakan saat ini, dimana campuran beton aspal dengan gradasi menerus terdiri dari agregat kasar, agregat halus dan filler sebagai bahan pengisi serta aspal sebagai bahan pengikat. Nilai abrasi agregat kasar untuk campuran beton aspal (AC-Wearing Course) gradasi kasar maksimum 30%, agregat yang bernilai abrasi lebih tinggi dari 30% akan mengakibatkan meningkatnya tingkat kehancuran/keausannya sehingga hal tersebut dapat menimbulkan degradasi dari material agregat tersebut, selain itu material agregat yang bernilai abrasi lebih besar dari 30% pada umumnya memiliki nilai porositas yang cukup tinggi sehingga tingkat penyerapan terhadap aspal dan air akan menjadi lebih tinggi. Kedua hal tersebut akan menyebabkan kekuatan campuran menjadi rendah dan tidak dapat bertahan lama terhadap kerusakan akibat beban lalu lintas dan cuaca.

Pada kenyataannya mencari agregat kasar dengan nilai abrasi kurang dari 30% ternyata semakin sulit didapatkan akibat berkurangnya sumber daya alam, salah satu upaya yang dilakukan dengan memanfaatkan agregat kasar bernilai abrasi tinggi ($\pm 50\%$) sebagai bahan campuran beton aspal yang

digunakan pada lapis permukaan perkerasan (AC-Wearing Course) gradasi kasar untuk melayani lalu lintas tinggi.

Penelitian terdahulu tentang agregat kasar berabrasi tinggi pernah dilakukan sebelumnya oleh Chamdani, penelitian yang dilakukannya mengenai penggunaan agregat kualitas rendah pada berbagai kadar aspal terhadap karakteristik campuran Split Mastic Asphalt (SMA). Selain itu Kusni, meneliti pengaruh penggunaan agregat kasar yang mempunyai nilai abrasi lebih tinggi dari 40% terhadap perilaku beton aspal, penelitian ini untuk mengetahui pengaruh penggunaan agregat kasar yang bernilai abrasi lebih besar dari 40% pada campuran beton aspal (Kusni, 1997).

Peneliti lain adalah Zabidi Anshari, yang meneliti tentang penggunaan agregat kasar berabrasi tinggi (+50%) yang diselaputi pasta semen pada campuran beton aspal (AC-Wearing Course) (Anshari, 2003). Hal yang sama juga dilakukan oleh Helsan Zulkifli, meneliti pengaruh penggunaan agregat kasar berabrasi tinggi (+50%) pada campuran beton aspal (AC-Wearing Course) (Zulkifli, 2003). Kemudian Wan Taufik, meneliti pengaruh penggunaan agregat kasar bernilai abrasi tinggi ($\pm 50\%$) yang divariasi dengan agregat kasar bernilai abrasi

*Penulis korespondensi.

E-mail: yudhimas02@gmail.com

<40% pada campuran beton aspal (AC-Wearing Course) (Taufik, 2003).

Penelitian tentang agregat kasar berabrasi tinggi (+50%) yang diperbaiki kondisi fisiknya dengan diselaputi pasta semen dan dicampur dengan agregat kasar berabrasi rendah (+20%) untuk campuran beton aspal (AC-Wearing Course) untuk melayani lalu lintas tinggi (>1 juta ESA) belum dilakukan peneliti sebelumnya, oleh sebab itu dilakukan penelitian dengan judul "Penggunaan agregat kasar berabrasi tinggi pada campuran beton aspal (AC-Wearing Course) untuk melayani lalu lintas tinggi dengan perbaikan kondisi fisik agregat dan variasi nilai abrasi agregat".

Studi ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh agregat kasar berabrasi tinggi ($\pm 50\%$) yang diperbaiki kondisi fisiknya dengan diselaputi pasta semen terhadap nilai abrasi agregat kasar dan nilai penyerapan agregat kasar dan meneliti serta menganalisis kinerja campuran beton aspal (AC-Wearing Course) yang menggunakan agregat kasar berabrasi tinggi ($\pm 50\%$) yang diperbaiki kondisi fisiknya dengan pasta semen dan divariasi dengan agregat kasar bernilai abrasi rendah ($\pm 20\%$) pada kadar aspal optimum terhadap indeks stabilitas dengan pengujian perendaman, kepadatan optimum dengan pengujian kepadatan mutlak (refusal density) dan batas kekuatan hancur/keausan dengan pengujian contabro.

2. Metodologi

Pada penelitian ini bahan yang digunakan adalah aspal AC 60/70 produksi Pertamina, agregat kasar berabrasi tinggi ($\pm 50\%$) yang berasal dari Daerah Merak, agregat kasar berabrasi rendah ($\pm 20\%$) dan agregat halus serta filler (abu batu) berasal dari Sungai Lematang Kabupaten Lahat Sumatera Selatan.

Tahapan penelitian yang dilakukan meliputi :

1. Persiapan bahan dan alat uji (Despa, 2021).
Persiapan agregat kasar berabrasi tinggi $\pm 50\%$, agregat kasar berabrasi rendah $\pm 20\%$, agregat halus, aspal dan persiapan peralatan pengujian marshall test, contabro test, abrasi test.
2. Pemeriksaan bahan tahap pertama (Martinus, 2020).
Pemeriksaan terhadap bahan susun campuran perkerasan (agregat dan aspal) dilakukan untuk mendapatkan karakteristiknya.
3. Penyelaputan agregat kasar dengan pasta semen.
Penyelaputan pasta semen pada agregat kasar dilaksanakan dengan variasi persentase semen terhadap berat agregat kasar yang mempunyai nilai abrasi $\pm 50\%$, dengan tiga variasi persentase semen yaitu 5%, 10% dan 15%.
4. Persentase variasi nilai abrasi dan semen.
Variasi nilai abrasi agregat kasar dan variasi persentase semen dapat dilihat pada Tabel berikut :
Tabel 1. Variasi Nilai Abrasi Agregat dan Persentase Semen.
5. Pemeriksaan bahan tahap kedua
Pengujian bahan tahap kedua dilakukan pada agregat kasar berabrasi tinggi yang telah diselaputi dengan pasta semen pada semua variasi persentase semen yaitu 5%, 10% dan 15%.
6. Perancangan benda uji (Rohmalia, 2021).
Benda uji pada penelitian ini dirancang menurut spesifikasi gradasi agregat gabungan Kementerian Pekerjaan Umum (2011), rancangan jumlah benda uji sebanyak 270 benda uji terdiri dari pengujian penentuan kadar aspal optimum

sebanyak 135 buah benda uji, pengujian perendaman standar sebanyak 27 buah benda uji, pengujian perendaman 24 jam sebanyak 27 benda uji, perendaman 48 jam sebanyak 27 buah benda uji, pengujian kepadatan mutlak sebanyak 27 buah benda uji dan pengujian contabro 27 benda uji.

7. Pembuatan benda uji
Untuk membuat benda uji campuran perkerasan aspal diperlukan 1200 gr agregat yang terdiri dari agregat kasar yang mempunyai nilai abrasi $\pm 50\%$ diselaputi dengan pasta semen dan agregat kasar yang mempunyai nilai abrasi $\pm 20\%$ tanpa diselaputi pasta semen, agregat halus, dan bahan pengisi (filler) dengan perbandingan sesuai rancangan campuran.
8. Pengujian benda uji.
 - Pengujian untuk menentukan kadar aspal optimum, dengan variasi kadar aspal 5%, 5,5%, 6%, 6,5% dan 7%.
 - Pengujian-pengujian pada kadar aspal optimum, meliputi uji perendaman, uji kepadatan mutlak (refusal density), dan Cantabro menggunakan mesin abrasi Los Angeles tanpa bola-bola baja dengan 300 kali putaran.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Bahan Susun Campuran Beton Aspal.1

Campuran beton aspal pada penelitian ini menggunakan bahan-bahan terdiri dari aspal AC 60/70 produksi Pertamina, agregat kasar dengan nilai abrasi tinggi $\pm 50\%$ dari Daerah Merak, agregat kasar dengan nilai abrasi rendah $\pm 20\%$ dari sungai Lematang Kabupaten Lahat, agregat halus dan bahan pengisi (filler) dari sungai Lematang Kabupaten Lahat, semen portland yang digunakan semen Baturaja. Variasi nilai abrasi agregat dan persentase semen yaitu variasi I 60/40, variasi II 40/60 dan variasi III 20/80 dengan persentase semen 5%, 10% dan 15% pada setiap variasi,

Pengujian sifat-sifat fisik bahan susun campuran agregat kasar, menunjukkan nilai abrasi agregat kasar yang berasal dari sungai Lematang Kabupaten Lahat 22,34% memenuhi persyaratan dalam spesifikasi Kementerian Pekerjaan Umum (2011) yaitu maksimum 30% dan agregat kasar yang berasal dari daerah Merak yang tidak diselaputi dengan pasta semen yaitu 50,77% lebih tinggi dari yang dipersyaratkan dalam spesifikasi, nilai abrasi agregat kasar yang berasal dari daerah Merak setelah diselaputi pasta semen dengan persentase semen 5% sebesar 48,09%, persentase semen 10% sebesar 46,22%, persentase semen 15% sebesar 44,22% masih lebih tinggi dari yang dipersyaratkan dalam spesifikasi Kementerian Pekerjaan Umum (2011) yaitu maksimum 30%.

Agregat yang berabrasi tinggi, pada umumnya mempunyai tingkat penyerapan (absorpsi) yang tinggi, nilai penyerapan agregat kasar yang tidak diselaputi pasta semen sebesar 2,32%, sedangkan nilai penyerapan agregat diselaputi pasta semen dengan persentase semen 5%, 10% dan 15% berturut turut sebesar 2,232%, 1,967% dan 1,834%. Nilai-nilai tersebut menunjukkan bahwa semakin tinggi persentase semen maka tingkat penyerapannya akan semakin berkurang. Hal ini disebabkan karena pasta semen akan menutupi pori agregat. Perbedaan nilai penyerapan tersebut akan berpengaruh pada nilai-nilai berat jenis (bulk, apparent, efektif) agregat kasar maupun agregat campuran yang pada akhirnya akan berpengaruh pada karakteristik properties Marshall campuran. *Pengamatan gambar*

3.2 Pengujian Campuran Beton Aspal

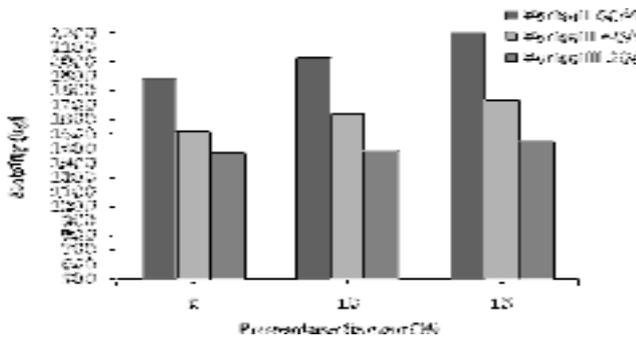
Pengujian Marshall pada ketiga variasi nilai abrasi agregat kasar dan variasi kadar semen untuk berbagai kadar aspal, dengan mengacu spesifikasi campuran beton aspal (AC- Wearing Course) Kementerian Pekerjaan Umum (2011), diperoleh kadar aspal optimum yang dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai kadar aspal optimum untuk masing masing variasi.

| No | Pengujian | Variasi I 60/40 | | | Variasi II 40/60 | | | Variasi III 20/80 | | |
|----|---------------------|-----------------|----------|----------|------------------|----------|----------|-------------------|----------|----------|
| | | PC 5% | P C 10 % | P C 15 % | PC 5% | P C 10 % | P C 15 % | PC 5% | P C 10 % | P C 15 % |
| 1 | Kadar Aspal Optimum | 6.34 | 6.16 | 6.06 | 6.74 | 6.75 | 6.74 | 6.82 | 6.74 | 6.9 |

Dari tabel 2 terlihat bahwa kadar aspal optimum untuk variasi I lebih rendah dari kadar aspal optimum variasi II dan III, hal ini disebabkan pada variasi I tingkat penyerapan aspal oleh agregat lebih rendah, sehingga kebutuhan aspal menjadi lebih sedikit.

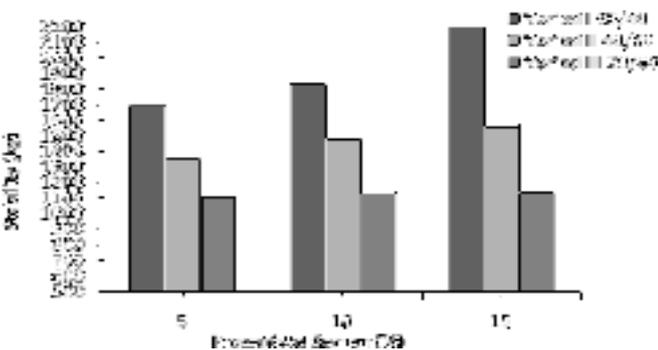
Hubungan antara nilai stabilitas dengan ketiga variasi nilai abrasi agregat kasar dan variasi penyelaupan persentase semen, ditunjukkan pada gambar 1.



Persentase Semen (%)

Gambar 1. Hubungan stabilitas dengan variasi persentase semen dan variasi nilai abrasi agregat kasar pada penyelaupan agregat kasar pada perendaman standar.

Dari gambar 1, besarnya nilai stabilitas variasi I lebih tinggi dari nilai stabilitas variasi II dan III, dengan persentase agregat kasar berabrasi rendah lebih banyak akan meningkatkan nilai stabilitas. Meningkatnya nilai stabilitas disebabkan semakin banyak prosentase agregat kasar berabrasi rendah akan

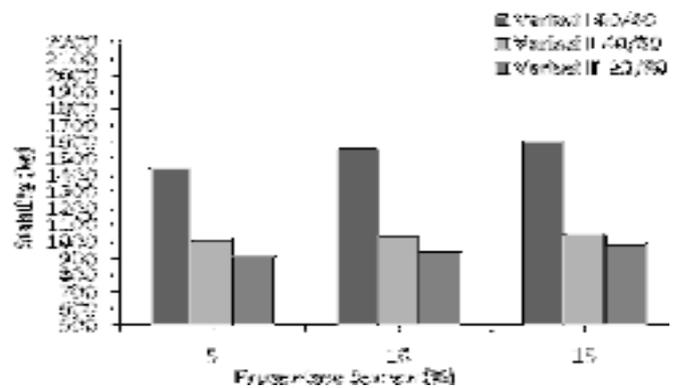


menurunkan nilai penyerapan aspal oleh agregat, sehingga kekuatan campuran beton aspal meningkat.

Persentase Semen (%)

Gambar 2. Hubungan stabilitas dengan variasi persentase semen dan variasi nilai abrasi agregat kasar pada penyelaupan agregat kasar pada perendaman 24 jam.

Dari gambar 2, besarnya nilai stabilitas variasi I lebih tinggi dari nilai stabilitas variasi II dan III, besarnya nilai stabilitas dengan persentase semen 15% lebih tinggi dari nilai stabilitas persentase semen 5% dan 10% untuk ketiga variasi, dengan penggunaan persentase semen yang lebih tinggi akan meningkatkan nilai stabilitas.



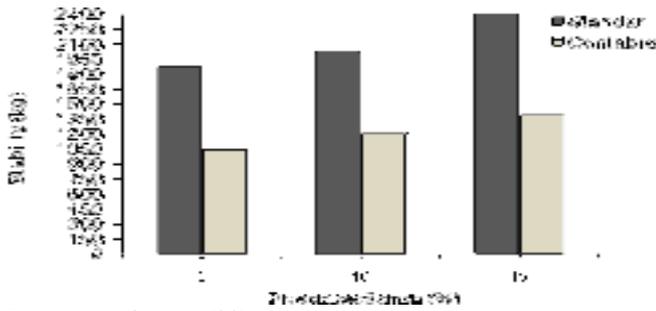
Persentase Semen (%)

Gambar 3. Hubungan stabilitas dengan variasi persentase semen dan variasi nilai abrasi agregat kasar pada penyelaupan agregat kasar pada perendaman 48 jam.

Dari gambar 1, gambar 2 dan gambar 3, besarnya nilai stabilitas variasi I, II dan III pada perendaman standar lebih tinggi dari stabilitas perendaman 24 jam, 48 jam, dengan adanya perendaman yang lebih lama akan menurunkan nilai stabilitas untuk ketiga variasi. Tingginya nilai stabilitas dengan persentase semen 15% pada ketiga variasi disebabkan penyelimutan agregat dengan kadar semen yang lebih besar akan mengurangi nilai penyerapan aspal oleh agregat, sehingga kekuatan campuran beton aspal meningkat.

Tingkat durabilitas atau keawetan suatu campuran beton aspal adalah tingkat ketahanan campuran beton aspal saat direndam selama 24 jam pada suhu 60°C, yang mengindikasikan kemampuan suatu campuran aspal dalam menahan kerusakan yang disebabkan oleh pengaruh air dan suhu. Besarnya tingkat durabilitas campuran beton aspal ditunjukkan dengan nilai indeks stabilitas Marshall sisa (*Index of Retained Marshall Stability*) yang merupakan perbandingan antara nilai stabilitas pada perendaman 24 jam dan 48 jam dengan nilai stabilitas pada perendaman 0,5 jam (standar) pada suhu 60°C.

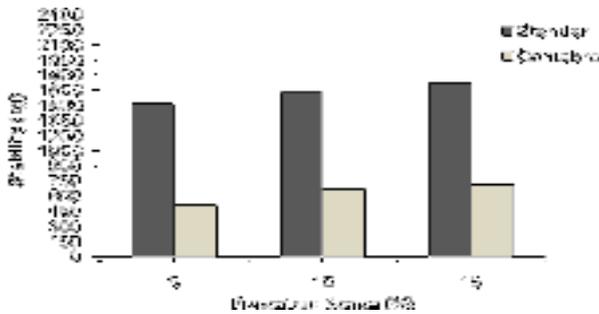
Nilai stabilitas setelah dilakukan pengujian *Cantabro* menunjukkan besarnya kemampuan campuran beton aspal menahan beban maksimum setelah pengujian *Cantabro* yang dilakukan dengan pengujian Marshall. Tujuan pengujian ini adalah untuk mengetahui stabilitas sisa dari masing-masing variasi persentase semen.



Persentase Semen (%)

Gambar 4. Hubungan stabilitas standar dengan stabilitas setelah pengujian *Cantabro* pada variasi I pada berbagai variasi persentase semen.

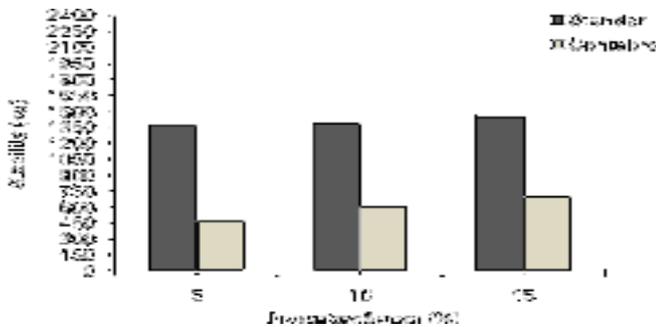
Dari gambar 4, menunjukkan nilai stabilitas setelah pengujian *Cantabro* pada variasi persentase semen 15% lebih tinggi dari persentase semen 5% dan 10%, hal ini menunjukkan bahwa kemampuan campuran beton aspal menahan beban maksimum pada persentase semen 15% lebih tinggi dari persentase semen 5% dan persentase semen 10%, dan memenuhi spesifikasi yang disyaratkan sebesar minimum 800 kg.



Persentase Semen (%)

Gambar 5. Hubungan stabilitas standar dengan stabilitas setelah pengujian *Cantabro* pada variasi II pada berbagai variasi persentase semen.

Dari gambar 5, menunjukkan nilai stabilitas setelah pengujian *Cantabro* pada ketiga variasi prosentase semen berada dibawah spesifikasi, hal ini menunjukkan bahwa campuran beton aspal tidak mampu menahan beban maksimum lalu lintas, sebagai akibat dari persentase penggunaan agregat kasar berabrasi tinggi lebih banyak.

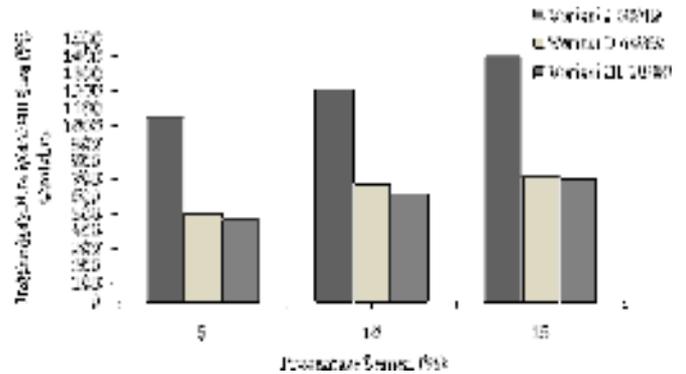


Persentase Semen (%)

Gambar 6. Hubungan stabilitas standar dengan stabilitas setelah pengujian *Cantabro* pada variasi III pada berbagai variasi persentase semen.

Dari gambar 6, menunjukkan nilai stabilitas setelah pengujian *Cantabro* pada ketiga variasi kadar semen berada dibawah spesifikasi kementerian Pekerjaan Umum (2011) yang disyaratkan sebesar minimum 800 kg, hal ini menunjukkan bahwa campuran beton aspal tidak mampu menahan beban maksimum lalu lintas, sebagai akibat dari persentase penggunaan agregat kasar berabrasi tinggi lebih banyak.

Besarnya persentase indeks stabilitas (*stability*) sisa setelah pengujian *Cantabro* dapat dilihat pada gambar 7.



Persentase Semen (%)

Gambar 7. Hubungan indeks stabilitas sisa setelah pengujian *Cantabro* untuk ketiga variasi nilai abrasi agregat kasar dan variasi persentase semen.

Dari gambar 7, menunjukkan nilai indeks stabilitas setelah pengujian *Cantabro* pada variasi I lebih tinggi dari variasi II dan III, hal ini menunjukkan bahwa variasi I lebih tahan terhadap pengaruh beban maksimum karena persentase nilai stabilitas setelah pengujian *Cantabro* dibandingkan dengan nilai stabilitas standar mempunyai nilai yang paling tinggi.

Pada studi ini, secara keseluruhan hasil penelitian dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 3. Rekapitulasi hasil penelitian campuran beton aspal.

Keterangan :

*) = Departemen Pekerjaan Umum, 1987

**) = Kementerian Pekerjaan Umum, 2011

***) = European Standard Draft Test Method PrEN 12697-17

Pada tabel 3, menunjukkan hasil yang paling optimum didapat pada variasi nilai abrasi agregat kasar 60/40 yaitu variasi I dengan persentase semen sebesar 10%, sedangkan variasi lainnya tidak dapat digunakan sebagai resep campuran beton aspal (AC-Wearing Course) gradasi kasar untuk melayani lalu lintas tinggi

4. Kesimpulan

Kesimpulan yang didapat dari penulisan artikel ini adalah perbaikan kondisi fisik agregat kasar berabrasi tinggi ($\pm 50\%$), semakin banyak persentase semen yang menyelaputi agregat kasar akan menghasilkan nilai abrasi yang semakin rendah dan nilai penyerapan agregat kasar akan semakin berkurang. Kinerja campuran beton aspal (AC-Wearing Course) hasil yang paling optimum diperoleh pada variasi I 60/40 dengan persentase semen sebesar 10%, karena memenuhi semua spesifikasi Kementerian Pekerjaan Umum (2011). Nilai stabilitas campuran pada indeks perendaman (IP) selama 24 jam dan 48 jam dengan suhu 60°C , menunjukkan penggunaan persentase agregat kasar berabrasi rendah dan persentase semen lebih banyak dapat meningkatkan indeks stabilitas Marshall. Kepadatan optimum campuran beton aspal (AC-Wearing Course) dengan persentase agregat kasar berabrasi rendah dan persentase semen yang semakin banyak memberikan nilai Voids in the Mix (VIM) yang semakin turun sehingga campuran semakin kedap air dan udara. Batas kekuatan hancur/keausan akibat pengaruh impact (tumbukan/pembebanan) pada campuran beton aspal (AC-Wearing Course) dengan metode Cantabro test, hasil yang paling optimum dengan nilai stabilitas yang paling tinggi didapat pada variasi I dengan persentase semen 5% karena memenuhi spesifikasi Kementerian Pekerjaan Umum (2011).

Ucapan terima kasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Prof. Dr. Ir. Suharno, M.Sc. Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung;
2. Dr. Eng. Ir. Dikpride Despa, S.T., M.T., IPM., ASEAN Eng. selaku Ketua Program Studi Program Profesi Insinyur Fakultas Teknik Universitas Lampung;
3. Ir. Ika Kustiani, S.T., M.Eng., Sc., Ph.D., IPM. selaku Dosen Pembimbing I;
4. Ir. Irza Sukmana, S.T., M.T., Ph.D., IPU. selaku Dosen Pembimbing 2;
5. Lien Marlia, ST., MT., Selaku Kepala Balai Pelaksanaan Jalan Nasional Lampung.

Daftar pustaka

- Anshari, Z., Penggunaan agregat berabrasi tinggi (+50%) yang diselaputi pasta semen pada campuran beton aspal (AC-Wearing Course). Tesis, FT UGM, Yogyakarta. (2003)
- Despa, D., Nama, G. F., Septiana, T., & Saputra, M. B. (2021). Audit Energi Listrik Berbasis Hasil Pengukuran Dan Monitoring Besaran Listrik Pada Gedung A Fakultas Teknik Unila. *Electrician*, 15(1), 33-38.
- Martinus and Suudi, Ahmad and Putra, Rahmat Dendi and Muhammad, Meizano Ardhi (2020) Pengembangan Wahana Ukur Kecepatan Arus Aliran Sungai. *Barometer*, 5 (1). Pp. 220-223. Issn 1979-889x
- Rohmalia, N., Nama, G. F., & Purwasih, N. (2021). Dashboard Monitoring Atmospheric Corrosion Sensor in Material Metal Using Laravel Framework. *Journal of Engineering and Scientific Research*, 3(1), 1-6.
- Kementerian Pekerjaan Umum, Spesifikasi Teknis 2010 (Revisi 1) Yayasan Badan Penerbit PU. (2011)
- Kusni, Pengaruh Penggunaan agregat Kasar Yang Mempunyai Nilai Abrasi Lebih Besar dari 40 % Terhadap Perilaku Beton Aspal, Tugas akhir, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, UGM, Yogyakarta. (1997)
- Taufik, W. Pengaruh penggunaan agregat kasar bernilai abrasi tinggi ($\pm 50\%$) yang divariasikan dengan agregat kasar

bernilai abrasi $<40\%$ pada campuran beton aspal (ac-wearing course), Tesis, FT UGM, Yogyakarta. (2003).

Zulkifli, H. , Pengaruh penggunaan agregat kasar berabrasi tinggi (+50%) pada campuran beton aspal (AC-Wearing Course), Tesis, FT UGM, Yogyakarta. (2003).