

Pemanfaatan Pasir Kuarsa dan *Fly Ash* pada Campuran Laston AC-BC

M. Iqbal Herdiansyah Permana¹, Tahadjuddin², Euis Kania Kurniawati,³ (dua nama dalam satu edisi)

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sukabumi, email: Iqbalherdiansyah9@gmail.com

²Dosen Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sukabumi, email: Tahadjuddin@gmail.com

³Dosen Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sukabumi, email: Euiskania@ummi.ac.id

ABSTRAK

Laston AC-BC merupakan salah satu jenis perkerasan lentur dengan campuran aspal keras dan agregat yang bergradasi menerus (*well graded*) yang dihamparkan dan dipadatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu. Jenis agregat yang digunakan terdiri dari agregat kasar, agregat halus dan *filler*, dengan aspal sebagai bahan pengikat. Dalam rangka memanfaatkan material lokal, Kabupaten Sukabumi memiliki ketersediaan bahan agregat lain yang cukup untuk digunakan dalam pembuatan campuran laston ac-bc, salah satunya agregat halus pasir kuarsa yang memiliki kandungan silika yang cukup tinggi. Ketersediaan pasir kuarsa yang cukup banyak maka perlu dilakukan penelitian mengenai pemanfaatan pasir kuarsa sebagai agregat halus dan *fly ash* sebagai *filler* pada laston ac-bc. Dan penelitian menggunakan metoda eksperimen dengan kadar aspal yang digunakan yaitu pada 6%, 6,5%, 7% dan 7,5% untuk kemudian diteliti karakteristik *Marshall* nya. Hasil penelitian ini menunjukkan campuran Laston AC-BC dengan menggunakan pasir kuarsa dan *fly ash* hasil menunjukkan stabilitas dan *flow* nya lebih baik dan lebih unggul peningkatannya dibandingkan dengan yang normal. Itu berarti penggunaan pasir kuarsa dan *fly ash* berpengaruh terhadap campuran Laston AC-BC dan optimum pada campuran 7,5%.

Kata kunci : Pasir Kuarsa, Fly Ash, Laston AC-BC, stabilitas, flow

PENDAHULUAN

Perkerasan laston merupakan salah satu jenis perkerasan jalan yang memiliki stabilitas yang tinggi dan sedikitnya rongga dalam struktur agregatnya. campuran dengan bahan yang kurang baik ataupun faktor beban berlebih dari atas permukaan jalan dapat mengurangi kualitas perkerasan jalan tersebut. Perkembangan ilmu penyelidikan tentang perkerasan jalan saat ini lebih mengarah ke pemanfaatan limbah yang dapat meningkatkan kualitas perkerasan jalan seperti material limbah *fly ash* dari PLTU yang merupakan bahan B3 (Bahan Berbahaya dan

Beracun). Biasanya *filler* yang sering digunakan sebagai bahan perkerasan jalan. Selain abu batu *fly ash* juga memiliki karakteristik yang sama sehingga bisa digunakan sebagai bahan pengganti *filler* abu batu.

Fly ash yang akan digunakan sebagai fillernya berasal dari PLTU Pelabuhan Ratu Sukabumi. Menurut perhitungan empiris yang akan dilakukan Kementerian Negara Lingkungan Hidup (KLH) menyebutkan dari batu bara yang dibakar tiap satu ton

menghasilkan abu batu bara sekitar 850.000 ton/tahun (Arifianto, 2015).

Selain itu beberapa wilayah di Sukabumi memiliki ketersediaan bahan agregat yang cukup untuk digunakan dalam pembuatan campuran laston ac-bc, salah satunya agregat halus pasir kuarsa yang dikelola oleh PT.Sukabumi *Silica Resource* yang menghasilkan 15.000 ton pasir kuarsa/bulan dan memiliki kandungan silika yang cukup tinggi. Melihat potensi pasir kuarsa yang cukup banyak maka material bisa dimanfaatkan sebagai agregat halus pada laston ac-bc.

Maka pada penelitian ini akan dikaji bagaimana pengaruh penggunaan pasir kuarsa dan *fly ash* pada campuran laston ac-bc, dengan menetapkan batasan masalah sebagai berikut :

1. Pasir kuarsa diambil dari galian tambang di daerah PT. Sukabumi *Silica Resources* yang berlokasi di Kp. Mekar Alam RT.01 RW.04, Desa Sekarwangi Kecamatan Cibadak Sukabumi-Jawa Barat. PT. Sukabumi *Silica Resources*.
2. Variasi kadar aspal yang digunakan yaitu 6%, 6,5%, 7%, 7,5% dari berat benda uji.
3. *Fly ash* yang digunakan berasal dari PLTU Pelabuhan Ratu.

KAJIAN PUSTAKA

Perkerasan jalan adalah perkerasan yang difungsikan untuk menanggung beban-beban lalu-lintas secara layak dan nyaman. Dasar dan roda kendaraan yang bekerja untuk

Adapun jenis perkerasan jalan sebagai berikut :

1. Konstruksi Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)
Konstruksi perkerasan lentur adalah perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat.
2. Konstruksi Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)
Konstruksi perkerasan kaku adalah perkerasan yang menggunakan semen (*Portland Cement*) sebagai bahan pengikatnya.
3. Konstruksi Perkerasan Komposit (*Composite Pavement*)
Konstruksi Perkerasan komposit adalah perkerasan yang dikombinasikan antara perkerasan lentur dengan perkerasan kaku.

Laston AC-BC

Laston suatu lapisan permukaan atau lapis antara (binder) pada perkerasan jalan yang mampu memberikan sumbangan daya dukung yang terukur serta berfungsi sebagai lapisan kedap air yang dapat melindungi konstruksi dibawahnya (Bina Marga, 1987).

Aspal

Aspal material yang berwujud padat sampai agak padat pada ruang temperatur tertentu, dan berkarakteristik termoplastis. Jadi aspal akan meleleh bila dipanaskan sampai suhu tertentu, dan kembali padat jika suhu turun.

Pasir Kuarsa

Pasir Kuarsa merupakan hasil pelapukan batuan yang mengandung mineral

utama seperti kuarsa dan feldspar. Pasir kuarsa mempunyai komposisi gabungan dari SiO₂, Al₂O₃, CaO, Fe₂O₃, TiO₂, CaO, MgO, dan K₂O yang berwarna putih bening atau warna lain bergantung pada senyawa pengotornya. Pasir silika kebanyakan diproduksi dari batu pasir dan pasir lepas yang hancur. Pasir merupakan produk dari pelapukan mekanik dan kimia dari batuan beku yang melimpah kuarsa dan batuan metamorf seperti gneiss dan kuarsit (*quartz-bearing minerals*).

Fly Ash

Abu Terbang (*fly ash*) adalah limbah yang di dapat dari sisa hasil pembakaran batu bara, yang dialirkan dari ruang pembakaran melalui ketel berupa semburan asap, yang berbentuk partikel halus dan merupakan bahan anorganik yang terbentuk dari perubahan bahan mineral karena proses pembakaran dari proses pembakaran batu bara pada unit pembangkit uap (*boiler*) akan terbentuk dua jenis abu yaitu abu terbang (*fly ash*) dan abu dasar (*bottom ash*) (Umboh, 2014).

Pengujian Marshall

Pengujian Marshall adalah untuk memeriksa dan menentukan stabilitas campuran agregat dan aspal, pada kelelahan plastis (*flow*). Flow diartikan seperti perubahan deformasi atau regangan suatu campuran diawali dari tanpa beban, sampai dengan beban maksimum dinyatakan dalam millimeter. Stabilitas itu sendiri merupakan kemampuan suatu campuran aspal menerima

beban sampai terjadi alir (*flow*) yang dinyatakan dalam kilogram.

Benda uji (campuran agregat dan aspal) dibentuk dengan cara ditumbuknya campuran didalam cetakan (*mold*) berbentuk silinder dengan diameter 10 cm dan tinggi 7,5 cm. penumbuk (*hammer*) yang digunakan mempunyai berat 4,536 kg (10 pound) dan tinggi jatuh 45,7 cm. jumlah pukulan tergantung pada beban rencana lalu-lintas. Misalnya untuk lalu-lintas ringan 35 kali, sedang 50 kali, berat 75 kali. Pengujian ini mengacu (RSNI M-06-2004/ SNI 06-2489-1991).

Densitas

Density menunjukkan derajat kepadatan suatu campuran setelah dipadatkan. *Density* diperlakukan pada lapisan permukaan sehingga lapisan ini dapat menahan perubahan suhu akibat cuaca ataupun gesekan kendaraan. Nilai *density* dipengaruhi oleh kualitas bahan penyusunnya, pelaksanaan pemadatan, temperatur pemadatan, jumlah tumbukannya, berat jenis agregat dan kadar aspal.

$$Density = \frac{\text{berat kering benda uji (gr)}}{\text{volume benda uji (cm}^3\text{)}} \dots\dots(1)$$

Pengujian kelelahan (*flow*)

Flow menyatakan nilai perubahan atau deformasi yang terjadi pada lapis keras disebabkan menahan beban yang diterima pada saat awal pembebanan hingga pembebanan maksimum. *Flow* dipengaruhi oleh gradasi agregat, kadar aspal, suhu, serta pemadatan.

Volume pori dalam agregat campuran (VMA)

Void in the Mineral Aggregate (VMA) memperlihatkan persentase rongga antara butiran agregat, termasuk didalamnya yaitu rongga terisi udara dan rongga yang terisi aspal efektif. Faktor-faktor yang mempengaruhi VMA yaitu jumlah tumbukan, gradasi agregat dan kadar aspal.

VMA = 100 % dari volume bulk beton aspal padat

Keterangan:

VMA = volume pori antara agregat di dalam beton aspal padat

Gmb = berat jenis *bulk* dari beton aspal padat

Ps = kadar agregat, % terhadap berat beton aspal padat

Gsb = berat jenis *bulk* dari agregat pembentuk beton aspal padat

Volume pori dalam beton aspal padat (VIM)

Void In Mix (VIM) menunjukkan tingkat kedekatan suatu campuran. Nilai VIM yang tinggi menunjukkan campuran banyak terdapat rongga sehingga campuran kurang kedap terhadap air dan udara. Hal ini dapat menyebabkan kerusakan pada lapisan perkerasan. Nilai VIM yang rendah mengakibatkan nilai kekakuan campuran menjadi tinggi, besarnya nilai VIM dipengaruhi oleh kadar aspal, cara pemadatan dan gradasi agregat.

$$VIM = 100 \times \frac{G_{mm} - G_{mb}}{G_{mm}} \dots\dots\dots(2)$$

Volume pori antara butir agregat terisi aspal (VFA)

Void Filled Ashpalt (VFA) menyatakan persentase rongga yang dapat terisi aspal dan menunjukkan keawetan campuran. Nilai VFA yang terlalu besar akan mengakibatkan *bleeding* dan bila nilai VFA kecil campuran akan semakin kecil dan aspal dalam campuran teroksidasi dengan udara dan keawetan campuran akan berkurang.

$$VFB = \frac{100 \times (VMA - VIM)}{VMA} \dots\dots\dots(3)$$

VFA = volume pori antara butir agregat yang terisi aspal = % dari VMA

VMA = volume pori antara agregat di dalam beton aspal padat, % dari volume *bulk* beton aspal padat

VIM = volume pori dalam beton aspal padat, % dari volume *bulk* beton aspal padat

Stabilitas

Nilai stabilitas ditunjukan dari seberapa besarnya kemampuan perkerasan menahan beban tanpa terjadi perubahan bentuk/ deformasi. Semakin padat campuran maka akan semakin kuat nilai stabilitasnya.

Marshall Quotient (MQ)

Marshall Quotient (MQ) merupakan hasil bagi *Marshall* antara stabilitas dengan *flow*. Nilai *Marshall Quotient* memberikan nilai fleksibilitas campuran dan juga dipengaruhi oleh nilai stabilitas, *flow*, gradasi agregat, daya lekat, kadar aspal, viskositas

aspal, tekstur permukaan dan suhu pemadatan.

$$MQ = \frac{MS}{MF} \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan :

- MQ = Marshall Quotient, (kg/mm)
- MS = Marshall Stability (kg)
- MF = Flow Marshall, (mm)

METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah metode studi eksperimen atau *trial mix* dengan melakukan percobaan secara langsung di laboratorium. Kegiatan penelitian diawali dengan Pengujian material penyusun laston ac-bc :

- a. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air agregat halus dan agregat kasar.
- b. Pemeriksaan analisis saringan agregat halus dan agregat kasar.
- c. Pemeriksaan kadar air agregat halus dan agregat kasar.
- d. Pengujian aspal penetrasi, daktilitas, titik lembek, berat jenis aspal keras

Kemudian dilakukan perencanaan *mix design* sebagai dasar pembuatan benda uji perawatan dilakukan sebelum tahap pengujian.

Mix Design Laston AC-BC

Setelah semua pemeriksaan agregat memenuhi spesifikasi, langkah selanjutnya yaitu melakukan rancangan campuran (*mix design*) untuk mendapatkan komposisi agregat kasar agregat sedang agregat halus *filler* dan kadar aspal optimum. Bahan-bahan yang digunakan dalam campuran benda uji yaitu agregat kasar, agregat halus dan *filler*.

Agregat dan *filler* ditimbang sesuai ukurannya berdasarkan gradasi yang diinginkan. Berat total agregat campuran adalah berat agregat yang dapat menghasilkan satu benda uji padat setinggi 6,35 cm dengan diameter 10,2 cm. Umumnya berat agregat campuran adalah ± 1200 gram.

Tabel 1. Spesifikasi Proporsi Gradasi Agregat untuk Campuran Aspal

ASTM	Ukuran Ayakan (mm)	% Berat yang lolos	
		Gradasi Halus	Gradasi Kasar
		AC-BC	AC-BC
1 1/2''	37,5		
1''	25	100	100
3/4''	19	90-100	90-100
1/2''	12,5	73-90	71-90
3/8''	9,5	61-79	58-80
No. 4	4,75	47-67	37-56
No. 8	2,36	34,6-49	23-34,6
No. 16	1,18	28,3-38	15-22,3
No. 30	0,6	20,7-28	10-16,7
No. 50	0,3	13,7-20	7-13,7
No. 100	0,15	4-13	5-11
No. 200	0,075	4-8	4-8

(Sumber : *Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Divisi 6 Perkerasan jalan*)

Tabel 2. Benda uji untuk pengujian Marshall

No	Uraian	Jumlah benda uji
1	LN6	3

2	LN6,5	3
3	LN7	3
4	LN7,5	3
5	LPKFA6	3
6	LPKFA6,5	3
7	LPKFA7	3
8	LPKFA7,5	3

Berat Jenis Curah	2.50	2.50
Berat Jenis Jenuh Kering Permukaan	2.53	2.52
Berat Jenis Semu	2.57	2.54
Penyerapan Air	1.14%	0.56%

HASIL DAN PEMBAHASAN
Pemeriksaan Agregat Kasar dan Agregat Halus

Pengujian terhadap pasir kuarsa dan kerikil yang dilakukan pada penelitian ini meliputi pengujian analisis saringan, kadar air, berat jenis dan penyerapan air.

Tabel 3. Hasil Pengujian kerikil

Jenis Pengujian	Hasil
Kadar Air	1.56%
Berat Jenis Curah	2.52
Berat Jenis Jenuh Kering Permukaan	2.58
Berat Jenis Semu	2.67
Penyerapan Air	2.24%

Tabel 4. Hasil Pengujian Pasir Kuarsa dan Pasir Pasang

Jenis Pengujian	Hasil	
	Pasir Kuarsa	Pasir Pasang
Modulus Kehalusan	3.65	3.70
Kadar Air	1.15%	1,33 %

Uji Marshall Untuk Nilai KAO

Pengujian ini bertujuan untuk mencari kadar aspal optimum (KAO). Setelah didapatkan nilai Pb, maka dilakukan pengujian pada beberapa variasi kadar aspal dengan Pb sebagai acuannya. Dapat dilihat di tabel 4 dan 5. Pengujian Marshall ini dilakukan terhadap parameter *Density*, *Void In Mineral Aggregate* (VMA), *Void In Mix* (VIM), *Void Filled Ashpalt* (VFA), *Stablitiy*, *Flow* dan *Marshall Quotient* (MQ) sesuai dengan spesifikasi yang disyaratkan. Pengujian *Marshall* ini dilakukan pada campuran Laston Normal AC-BC.

Tabel 5. Pengujian Marshall untuk mencari nilai KAO

No	Kriteria	Satuan	Kadar Aspal (%)							
			L6,0		L6,5		L7,0		L7,5	
			Normal	PKFA	Normal	PKFA	Normal	PKFA	Normal	PKFA
1	Density	gr/cc	2,288	2,328	2,239	2,242	2,196	2,23	2,269	2,279
2	VMA	%	13,96	12,45	16,25	16,14	18,29	16,9	16,04	15,68
3	VIM	%	5,18	3,62	7,02	7,08	8,52	7,82	4,53	4,37
4	VFA	%	62,88	70,93	56,82	56,14	53,41	53,7	71,77	72,17
5	Stabilitas	Kg	2956,3	3089,9	2841,2	2981,1	3015,61	3146,6	3246,6	3341
6	Flow	Mm	3,0	3,1	2,9	3,0	3,0	3,1	3,1	3,1
7	MQ	kg/mm	976,151	984,9	970,77	982,98	1017	1015,5	1058,7	1068,0

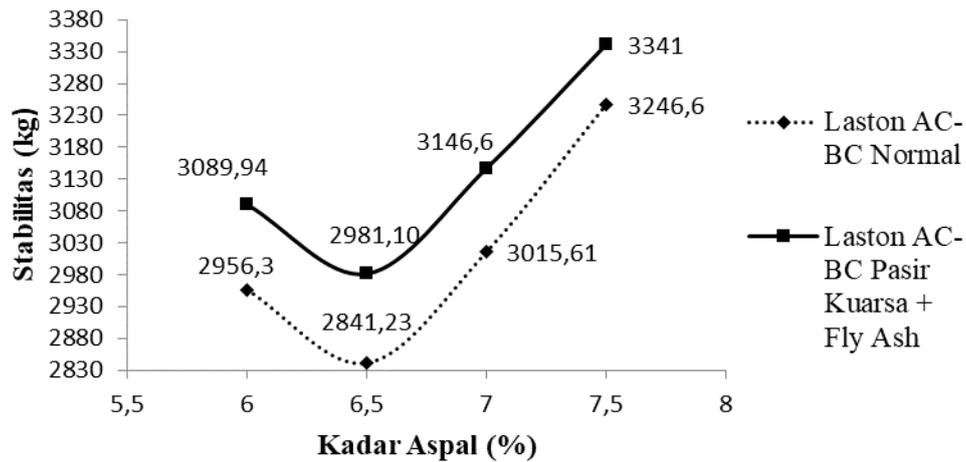
Tabel 6. Penentuan Kadar Aspal Optimum Campuran AC-BC

No	Kriteria	Spesifikasi	Kadar Aspal (%)							
			L6		L6,5		L7,0		L7,5	
			Normal	PK+FA	Normal	PK+FA	Normal	PK+FA	Normal	PK+FA
1	Density	-	√	√	√	√	√	√	√	√
2	VMA	Min 14	-	-	√	√	√	√	√	√
3	VIM	3,0 – 5,0	-	√	-	-	-	-	√	√
4	VFA	> 63	-	√	-	-	-	-	√	√
5	Stabilitas	Min 800	√	√	√	√	√	√	√	√
6	Flow	Min 3	√	√	√	√	√	√	√	√
7	MQ	Min 250	√	√	√	√	√	√	√	√

Stabilitas

Perkerasan jalan sangat dituntut untuk memiliki stabilitas yang tinggi, stabilitas terjadi dari hasil gesekan antar butir dan kemampuan aspal beton mempertahankan ikatannya. *Stabilitas* merupakan gambaran kemampuan suatu

campuran beraspal untuk menerima beban lalu lintas tanpa mengalami perubahan bentuk tetap (Deformasi Permanen) seperti alur, gelombang ataupun *bleeding*. Diperlihatkan di gambar 1.



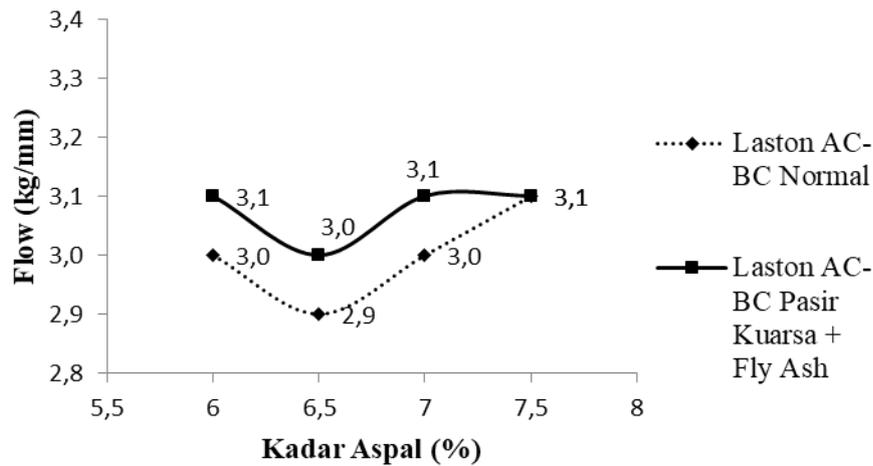
Gambar 1. Hasil Uji Stabilitas Laston AC-BC

Pengujian didapat nilai *stabilitas* pada campuran Laston AC-BC PK+FA dan Laston normal mengalami penurunan dimulai pada kadar aspal 6,5% nilai *stabilitas* sebesar 2981,10 kg untuk Laston AC-BC PK+FA dan 2841,23 kg untuk Laston Normal kemudian naik pada kadar aspal 7% dengan nilai sebesar 3015,61 kg untuk Laston AC-BC Normal dan 3146,6 kg untuk Laston AC-BC PK+FA naik hingga kadar aspal 7,5% sebesar 3341 kg untuk Laston PK+FA kg dan 3246,6 untuk Laston Normal. Nilai perbandingan *stabilitas* antara kedua campuran penurunan terjadi di kadar yang sama di kadar aspal 6,5% *stabilitas* mengalami penurunan. Hal ini disebabkan oleh rongga antar butiran tidak terisi oleh agregat secara keseluruhan dan terjadi

bleeding tapi untuk dikadar 7% sampai 7,5% kedua campuran mengalami kenaikan tetapi campuran Laston AC-BC PK+FA diunggulkan dan hasilnya lebih baik dibandingkan dengan campuran Laston AC-BC Normal.

Flow

Flow (kelelahan) adalah besarnya *deformasi* vertikal yang terjadi mulai awal pembebanan sampai kondisi dimana kestabilan menurun. Kelelahan merupakan indikator terhadap kelenturan atau perubahan bentuk plastis campuran beraspal yang diakibatkan oleh beban. Tingkat kelelahan campuran dipengaruhi oleh kadar aspal, temperatur dan *visikositas*. Nilai kelelahan (*flow*) yang diperoleh dari hasil penelitian ini diperlihatkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Hasil Uji Flow Laston AC-BC

Gambar 2 menggambarkan bahwa nilai *Flow* kadar aspal 6% sampai 6,5% untuk Laston AC-BC dan Laston AC-BC Pasir Kuarsa + *Fly Ash* mengalami penurunan. Hal ini disebabkan dalam campurannya menjadi kaku karena jumlah aspal yang sedikit sehingga perkerasan mudah retak. Tetapi pada kadar 7% sampai 7,5% untuk Laston AC-BC Normal mengalami kenaikan karena jumlah aspalnya cukup banyak meningkatkan campuran menjadi plastis. Untuk Laston AC-BC Pasir Kuarsa + *Fly Ash* pada kada 7% sampai 7,5% tidak mengalami penurunan ataupun kenaikan karena aspalnya cukup untuk digunakan sebagai campuran.

KESIMPULAN

Pada campuran Laston AC-BC penggunaan pasir kuarsa dan *fly ash* hasil dari stabilitas dan *flow* nya lebih baik dan lebih unggul peningkatannya dibandingkan dengan yang normal. Itu berarti penggunaan pasir kuarsa dan *fly ash* berpengaruh terhadap campuran Laston AC-BC.

DAFTAR PUSTAKA

Arifin, M. Z., Sadillah, M., & Wicaksono, A. (2018). Pengaruh Penggunaan Abu Terbang Batubara Sebagai Bahan Pengisi Terhadap Modulus Resilien Beton Aspal Lapis Aus. *Jurnal Hpji* Vol. 4 No. 1, 59-66.

Ramadhan, G. B., & Suparma, L. B. (2018). Pengaruh Penggunaan Pasir Kuarsa Pada Laston AC-WC Sebagai Pengganti Agregat Halus. *Jurnal Hpji* Vol. 4 No. 2, 91-104.

Adi, A. S. (2017). Penggunaan Abu Batu Bara Hasil Pembakaran Ashpalt Mixing Plant (AMP) Sebagai Bahan Campuran Lapis Aspal Beton (Laston). *Jurnal Teknologi Mineral Dan Batubara* Volume 13, Nomor 1, 31-44.

Purnomo, D., Supiyan, & Desriantomy. (2017). Pemanfaatan Fly Ash (Limbah Batu Bara) Sebagai Tambahan Filler Pada Campuran Ashpalt Concrete-Binder Course (AC-BC). *Jurnal Proteksi (Proyeksi Teknik Sipil)* Volume 3, Nomor 2, 198-205.

- As, I. (N.D.). Kajian Aplikasi Pasir Kuarsa Sebagai Campuran Lapis Pondasi Pasir Aspal Emulsi (The Study Application Of Quart Sand As A Mixed Sand Ashpalt Emulsion Base). Jurnal Jalan – Jembatan, Volume 28 No. 2, 97-110.
- Rosyad, F. (2017). Analisis Pengaruh Kehalusan Abu Terbang (Flyash) Terhadap Stabilitas Dan Kepadatan Campuran Beton Aspal (AC-WC). Jurnal Penelitian Dan Kajian Bidang Teknik Sipil Volume: 6 Nomor 1, 43-50.
- Yanti, G., Megasari, S. W., & Rahmat, H. (2017). Karakteristik Marshall Pada Campuran Campuran AC-BC Dengan Penambahan Bahan Pengisi (Filler) Fly Ash. Jurnal Rab Construction Research Volume 2 No 1, 158-165.
- SNI-2456:2011. "Cara Uji Penetrasi Aspal". Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.
- SNI-2432:2011."Cara Uji Daktilitas Aspal". Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.
- SNI-2434:2011. "Cara Uji Titik Lembek Aspal Dengan Alat Cincin Dan Bola (Ring And Ball)". Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.
- SNI-2441:2011. "Cara Uji Berat Jenis Aspal Keras". Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.
- SNI-2489-1991. "Pengujian Campuran Beraspal Dengan Alat Marshall". Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.
- Departemen Pekerjaan Umum, 2010, Revisi 3, Rancangan Spesifikasi Umum Bidang Jalan Dan Jembatan Divisi VI Perkerasan Beraspal.
- Geost, F. (2016, Februari 14). Pengertian, Asal, Dan Pemanfaatan Pasir Silika. Retrieved November 10, 2018, From Geologinesia:
[https://www/geologinesia.com](https://www.geologinesia.com)
- (2018). Jalan Aspal Atau Beton Retrieved Desember 15, 2018, From Kumparan :
<http://m.kumparan.com/amp/pijak-indonesia/mending-jalan-aspal-atau-beton>
- Perkerasan Lentur Retrieved Maret 17, 2019, From Wikipedia:
http://id.m.wikipedia.org/wikipedia.org/wiki/Perkerasan_lentur&ved