

Job Mix Aspal Modif Lapisan AC/WC Pada Proyek Pembangunan Perbaikan Jalan Ir. Sutami – Sribawono

Faishal Ahmad
Teknik Sipil
*) faishalahmad@gmail.com

Abstrak

Jalan merupakan fasilitas umum yang digunakan sebagai jalur lalu lintas transportasi dan merupakan hal penting yang harus diperhatikan agar pengguna jalan dapat berlalu lintas dengan nyaman dan aman. Jalan di Indonesia sebagian besar menggunakan jenis material aspal. Aspal merupakan jenis material bangunan yang familiar karena sering digunakan dalam pembuatan jalan raya. Pengujian dengan alat Marshall dilakukan sesuai dengan prosedur Bina Marga. Pengujian dengan Marshall Test ini dimaksudkan untuk mengetahui karakteristik campuran, menentukan ketahanan atau stabilitas terhadap kelelahan plastis dari campuran aspal. Hubungan antara ketahanan (stabilitas) dan kelelahan plastisitas (flow) adalah berbanding lurus, semakin besar stabilitas, semakin besar pula flownya, dan begitu juga sebaliknya. Campuran aspal dengan jenis lapisan AC/WC dengan kadar aspal optimum sebesar 4.18% memiliki karakteristik yaitu nilai stabilitas sebesar 678.34 kg, nilai flow sebesar 2.7 mm, densitas sebesar 2.310 gr/cm³, dan Marshall Quantity sebesar 253.517 kg/mm. Campuran aspal modif dengan jenis lapisan AC/WC pada pelaksanaan ini tidak sesuai dengan spesifikasi sebagai perkerasan untuk badan jalan karena pada pengujian skala lapangan memiliki nilai stabilitas yang rendah yaitu dibawah 500 kg, sehingga aspal modif dalam penelitian ini hanya dapat digunakan sebagai bahan konstruksi jalan dengan pembebanan rendah.

Kata kunci: Jalan, Aspal, Alat *Marshall*.

PENDAHULUAN

Jalan merupakan fasilitas umum yang digunakan sebagai jalur lalu lintas transportasi dan merupakan hal penting yang harus diperhatikan agar pengguna jalan dapat berlalu lintas dengan nyaman dan aman (Pintoko & L., 2018);(Ristiandi et al., 2018). Jalan di Indonesia sebagian besar menggunakan jenis material aspal. Aspal merupakan jenis material bangunan yang familiar karena sering digunakan dalam pembuatan jalan raya (Lalenoh et al., 2015);(Sarjana et al., 2012).

Jalan raya merupakan fasilitas transportasi darat sesuai dengan UU RI No Tahun 2009 tentang lalu lintas dan Angkutan Jalan yang diundangkan setelah UU No 38 mendefinisikan Jalan adalah seluruh bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi Lalu lintas umum, yang berada pada permukaan tanah, di atas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah dan/atau air, serta di atas permukaan air, kecuali jalan rel dan jalan kabel. Jalan sangat sensitif mengalami kerusakan, banyak faktor yang menyebabkan jalan tersebut rusak (Mutmainnah, 2020);(Fitra Arie Budiawan, 2019);(Phelia, Pramita, Susanto, Widodo, Aditomo, et al., 2021a). Sehingga dalam membangun jalan harus memperhatikan kondisi tanah serta kapasitas atau jenis kendaraan

yang akan melalui jalan tersebut. Ketika membangun jalan tidak sesuai dengan standar yang sudah dibuat maka akan mengalami kerusakan.

Kerusakan yang terjadi memiliki banyak faktor, baik dari faktor alam ataupun faktor kelalaian. Bahkan ketika membangun jalan sudah sesuai dengan standar dan prosedur yang ada tidak menutup kemungkinan akan terjadi kerusakan pada jalan tersebut (Phelia, Pramita, Susanto, Widodo, Aditomo, et al., 2021b);(Phelia, Pramita, Susanto, Widodo, & Tina, 2021). Sehingga diperlukan perawatan pada jalan tersebut. Seperti kerusakan yang terjadi akibat genangan air hujan ataupun faktor lainnya. Jalan Ir. Sutami – Sribawono merupakan jalur utama yang menghubungkan antara daerah Bandar Lampung – Lampung Timur. Ada beberapa titik jalan yang dibangun tidak sesuai dengan standar dan prosedur yang ada, sehingga diperlukan perbaikan jalan tersebut. Perbaikan yang dilakukan mulai dari pemilihan material serta dilakukan pengujian terhadap material yang dipilih dan proses pengaspalan harus sesuai dengan prosedur yang ada (Phelia & Sinia, 2021).

KAJIAN PUSTAKA

Aspal

Aspal didefinisikan sebagai material berwarna hitam atau coklat tua, pada temperature ruang berbentuk padat sampai agak padat. Jika dipanaskan sampai suatutemperatur tertentu aspal dapat berubah menjadi lunak/cair sehingga dapat membungkus partikel agregat pada waktu pembuatan aspal beton atau dapat masuk ke pori-pori yang ada pada penyemprotan / penyiraman pada pelaksanaan macadam atau pelaburan. Jika temperaturnya mulai turun, aspal akan mengeras dan mengikat agregat pada tempatnya (sifat *thermoplastic*) (Adma et al., 2020);(Phelia, Pramita, Misdalena, et al., 2021);(Phelia, Pramita, Misdalena, et al., 2021).

Bahan dasar dari aspal adalah hidrokarbon yang umum disebut sebagai bitumen. Aspal yang umum digunakan saat ini terutama berasal dari salah satu hasil destilasi minyak bumi, dan disamping itu mulai banyak pula digunakan aspal yang berasal dari pulau Buton. Sebagai salah satu material konstruksi perkerasan lentur, aspal merupakan salah satu komponen kecil, umumnya 4%-10% berdasarkan berat atau 10%-15% berdasarkan volume, tetapi merupakan komponen yang relatif mahal (PRATIWI et al., 2021);(Phelia & Damanhuri, 2019);.

Agregat

Agregat adalah sekumpulan butir-butir batu pecah atau mineral lainnya berupa agregat hasil alam maupun hasil pengolahan yang digunakan sebagai bahan utama penyusun jalan. Agregat berbentuk pecah akan memiliki gaya gesek dalam yang tinggi dan saling mengunci, sehingga akan menambah kestabilan konstruksi lapis keras guna menghasilkan stabilitas yang tinggi disyaratkan bahwa minimum 40% dari agregat yang tertahan saringan no.4 memiliki paling sedikitnya 1 bidang pecah (Fitri, Yao, et al., 2021);(Fitri et al., 2020);(Fitri, Yao, et al., 2021).

Filler

Filler adalah sekumpulan mineral agregat yang umumnya lolos saringan no.200. *Filler* atau bahan pengisi ini akan mengisi rongga antara partikel agregat kasar dalam rangka mengurangi besarnya rongga, meningkatkan kerapatan dan stabilitas dari massa tersebut. Rongga udara pada agregat kasar diisi dengan partikel yang lolos saringan 200, sehingga

membuat rongga udara lebih kecil dan kerapatan massanya lebih besar (Safuan, 2014);(Pratiwi & Fitri, 2021a);(Abdul Maulud et al., 2021).

Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan merupakan satu konstruksi yang terdiri dari lapisanlapisan yang diletakkan di atas dasar, baik berupa tanah asli maupun tanah timbunan yang telah dipadatkan. Lapisan-lapisan tersebut berfungsi untuk menerima beban lalu lintas dan menyebarkan ke lapis bawahnya (Zhu, Shi, et al., 2021). Bahan yang diterima di tanah dasar tidak boleh melampaui daya dukung tanah dasar yang diijinkan (Fitri et al., 2019);(Pratiwi & Fitri, 2021b).

Perkerasan Lentur Jalan Raya, berdasarkan bahan pengikatnya konstruksi perkerasan jalan dapat dibedakan atas 3 (tiga) macam yaitu:

1. Konstruksi perkerasan lentur (flexible pavements), yaitu perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat.
2. Konstruksi perkerasan kaku (rigid pavements), yaitu perkerasan yang menggunakan semen (Portland cement) sebagai bahan pengikat pelat beton dengan atau tanpa tulangan, diletakkan di atas tanah dasar dengan atau tanpa lapis fondasi bawah.
3. Konstruksi perkerasan komposit yaitu perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur, dapat berupa perkerasan kaku di atas perkerasan lentur ataupun sebaliknya. Untuk konstruksi perkerasan lentur sendiri terdiri atas:
 - Lapis permukaan (surface course), berfungsi sebagai:
 - Lapisan yang memberikan suatu permukaan yang rata dan tidak licin,
 - Lapisan yang mendukung dan menyebarkan beban vertical atau horizontal atau gaya geser dari kendaraan,
 - Lapisan kedap air untuk melindungi badan jalan,
 - Sebagai lapis aus
 - Lapis fondasi atas (base course), berfungsi sebagai:
 - Lapis pendukung lapis permukaan,
 - Pemikul beban vertical dan horizontal,
 - Lapisan peresapan bagi lapis fondasi bawah.
 - Lapis fondasi bawah (sub base course), berfungsi sebagai :
 - Lapisan yang menyebarkan beban roda,
 - Lapisan peresapan,
 - Lapisan pencegah masuknya tanah dasar ke lapis fondasi,
 - Lapisan pertama pada pembuatan struktur perkerasan.
 - Tanah dasar (*sub grade*), tanah dasar merupakan tanah asli, permukaan tanah galian yang dipadatkan dan merupakan permukaan dasar untuk peletakan bagian-bagian perkerasan lainnya.

Karakteristik Perkerasan

Stabilitas lapis perkerasan jalan adalah kemampuan lapisan perkerasan menerima beban lalu lintas tanpa mengalami perubahan bentuk seperti gelombang, alur, maupun bleeding yang diakibatkan oleh pembebanan (Tan et al., 2021);(Yao et al., 2021);(Shi et al., 2021).

Bahan Susun Campuran Aspal

Bahan susun perkerasan aspal adalah aspal, agregat kasar, agregat halus, dan *filler*. Berikut penjelasan masing-masing bahan penyusun campuran aspal beton:

1. Aspal

Aspal merupakan bahan pembentuk lapis permukaan dari perkerasan lentur maupun perkerasan komposit. Aspal juga digunakan sebagai bahan pengikat dalam stabilisasi tanah dasar atau lapis pondasi. Aspal adalah material hasil penyaringan minyak mentah dan merupakan hasil dari industri perminyakan. Aspal merupakan material untuk perekat, yang berwarna coklat gelap sampai hitam, dengan unsur pokok yang dominan adalah bitumen. Hidrokarbon merupakan bahan dasar utama dari aspal yang sering disebut bitumen ini (Fitri, Chen, et al., 2021);(Fitri, Rossi, et al., 2021);(Fitri, Maulud, et al., 2021).

Aspal yang dibentuk dari banyak molekul hidrokarbon ini mempunyai komposisi kimia yang bermacam-macam. Pembentukan koloid aspal bergantung pada sifat kimia dan persen dari molekul hidrokarbon, serta hubungan satu dengan yang lain. Ter (tar) diperoleh dari kondensasi destilasi yang dihasilkan dari destilasi destruktif bahan organik seperti batu bara dan kayu (Fitri et al., 2011);(Zhu, Tan, et al., 2021);(Pratiwi et al., 2020). ASTM mendefinisikan ter sebagai material bitumen berwarna coklat atau hitam, yang mempunyai konsistensi cair atau semipadat, dimana bahan pembentuk utamanya bitumen yang diperoleh selama kondensasi dalam destilasi yang bersifat merusak dari batu bara, minyak, kayu, dan bahan organik lain. Menurut asal terjadinya, aspal dapat dibagi menjadi dua kelompok, yaitu:

a. Aspal alam

Aspal alam adalah aspal yang diperoleh langsung dari alam. Aspal buatan adalah aspal yang dibuat dengan cara memproses residu hasil destilasi minyak bumi.

b. Aspal buatan Aspal buatan dapat dibedakan menjadi:

- Aspal minyak yang berasal dari penyulingan minyak bumi
- Ter (tar) yang berasal dari penyulingan batu bara. Aspal pada temperatur rendah akan menjadi benda padat atau semipadat, sedangkan aspal pada temperatur tinggi akan melunak.

Pada saat pemeliharaan perkerasan jalan aspal yang dibutuhkan harus cukup air untuk menyelimuti agregat dengan aspal, maka untuk membuat aspal menjadi cair dilakukan beberapa cara yaitu:

a. Memanaskan

b. Melarutkan dalam larutan minyak yang disebut aspal cutback

c. Mengkombinasikan dengan air yang disebut emulsi aspal Aspal keras adalah semen aspal yang dalam penggunaannya dipanaskan lebih dulu hingga menjadi cair sampai suhu tertentu, dan berbentuk padat pada suhu ruang sekitar 25-30°C.

Aspal pada lapis perkerasan jalan berfungsi sebagai bahan ikat antar butiran agregat agar terbentuk material yang padat, sehingga dapat memberikan kekuatan dan ketahanan campuran dalam mendukung beban kendaraan. Aspal dibutuhkan dalam jumlah tertentu untuk mengikat partikel-partikel agregat, mengisi rongga antar agregat. Kadar aspal yang rendah dalam campuran akan mengurangi keawetan, kelenturan, kekuatan, kedap terhadap air, dan mengurangi workability. Namun, bila aspal terlalu banyak juga akan mengakibatkan stabilitas dan kekakuan campuran yang rendah.

Agregat Kasar

Agregat kasar yaitu batuan yang tertahan saringan no. 8 (diameter 2,38 mm). Dalam pelaksanaan pengujian campuran aspal, agregat yang digunakan harus dari sumber dan jenis yang sama (Fitri, Shubhi, et al., 2021);(Neneng et al., 2021);. Agregat kasar harus

terdiri dari batu pecah atau kerikil pecah yang bersih, kering, kuat, awet dan bebas dari bahan lain yang mengganggu serta memenuhi persyaratan sebagai berikut :

- a. Keausan pada 500 putaran (PB.0206-76 Manual Pemeriksaan Bahan Jalan) : maksimum 40%.
- b. Kelekatan dengan aspal (PB.0205-76 MPBJ) : Minimum 95%.
- c. Jumlah berat butiran tertahan saringan No. 4 yang mempunyai paling sedikit dua bidang pecah (visual) : Minimum 50% (khusus untuk kerikil pecah).
- d. Indeks kepipihan/kelonjongan butir tertahan 9,5 mm atau 3/8" (British Standards - 812) : Maksimum 25%.
- e. Penyerapan air (PB.0202-76 MPPBJ) : Maksimum 3%.
- f. Berat jenis curah (bulk) (PB.0202-76 MPBJ) : Minimum 2,5 (khusus untuk terak).
- g. Bagian yang lunak (AASHTO T-189) : Maksimum 5%.

Agregat halus Menurut SNI 03-1737-1989, agregat halus yaitu batuan yang lolos saringan no. 8 (diameter 2,38 mm) dan tertahan saringan no. 200 (diameter 0,075 mm). Agregat halus harus terdiri dari pasir alam atau pasir buatan atau pasir terak atau gabungan daripada bahan-bahan tersebut.

Agregat halus harus bersih, kering, kuat, bebas dari gumpalan-gumpalan lempung dan bahan-bahan lain yang mengganggu serta terdiri dari butir-butir yang bersudut tajam dan mempunyai permukaan yang kasar (Pramita & Sari, 2020);(Pramita & Lestari, 2017). Agregat halus yang berasal dari batu kapur pecah hanya boleh digunakan apabila dicampur dengan 9 pasir alam dalam perbandingan yang sama kecuali apabila pengalaman telah menunjukkan bukti bahwa bahan tersebut tidak mudah licin oleh lalu lintas. Agregat halus yang berasal dari hasil pemecahan batu, harus berasal dari batuan induk yang memenuhi persyaratan agregat kasar (Pramita, 2019);(F. Lestari, 2020);(F. Lestari et al., 2021a). Agregat halus harus mempunyai ekuivalen pasir minimum 50% (AASHTO T 176).

Gradasi Agregat

Gradasi dan bentuk partikel agregat merupakan hal yang paling penting dalam campuran beraspal, karena akan memberikan kontribusi kinerja dari perkerasan aspal (F. Lestari & Aldino, 2020);(F. Lestari & Puspaningrum, 2021). Gradasi menunjukkan kombinasi ukuran butiran dari volume agregat tertentu. Terdapat beberapa kategori gradasi butiran yaitu:

1. Gradasi baik (well graded)
Gradasi baik yaitu gradasi butiran yang bervariasi, campuran butirannya dari yang terbesar sampai terkecil, sehingga menghasilkan campuran yang padat dengan stabilitas tinggi. Gradasi yang baik dan bentuk butiran yang bergerigi/tidak beraturan, mempunyai tahanan geser yang tinggi.
2. Gradasi terbuka (open graded) Gradasi terbuka yaitu gradasi butiran yang variasi ukuran butirannya tidak mempunyai satu atau lebih ukuran butiran tertentu. Umumnya, butiran bergradasi terbuka mempunyai butiran kasar yang lebih banyak, sehingga menghasilkan rongga yang besar pula. Agregat bergradasi terbuka menghasilkan beton aspal yang tahan terhadap penggelinciran (kasar).
3. Gradasi senjang (gap graded) Gradasi senjang yaitu gradasi butiran yang ukuran tengahnya dibuang, sehingga menghasilkan rongga yang cukup besar. Ukuran rongga yang cukup besar memungkinkan aspal lebih banyak masuk ke dalam campuran. Perbedaan gradasi senjang dengan gradasi terbuka yaitu gradasi senjang mempunyai butiran kasar yang lebih sedikit sehingga bila dicampur aspal akan berkelakuan seperti adukan semen.

4. Gradasi seragam (uniform graded) Gradasi seragam yaitu gradasi butiran yang ukuran butirannya seragam atau hampir sama. 12 Gradasi agregat dapat diperoleh menggunakan set saringan dengan urutan nomor saringan yang runtut dari atas ke bawah

Metode Pengujian Marshall

Pengujian dengan alat *Marshall* dilakukan sesuai dengan prosedur Bina Marga. Pengujian dengan *Marshall Test* ini dimaksudkan untuk mengetahui karakteristik campuran, menentukan ketahanan atau stabilitas terhadap kelelahan plastis dari campuran aspal. Hubungan antara ketahanan (stabilitas) dan kelelahan plastisitas (*flow*) adalah berbanding lurus, semakin besar stabilitas, semakin besar pula *flow*-nya, dan begitu juga sebaliknya (LESTARI, 2018);(Kusuma & Lestari, 2021a);(F. P. A. Lestari et al., 2018).

Jadi semakin besar stabilitasnya maka aspal akan semakin mampu menahan beban, demikian juga sebaliknya. Dan jika *flow* semakin tinggi maka aspal semakin mampu menahan beban. Dari hasil pengamatan pada pengujian *Marshall* kemudian dibuat grafik hubungan antara presentase kadar aspal dengan presentase rongga terisi aspal (VMA), presentase rongga dalam campuran (VIM), kelelahan (*flow*), stabilitas, dan perbandingan antara stabilitas dan kelelahan (MQ) (Prasetio et al., 2020);(F. Lestari et al., 2021b);(F. Lestari et al., 2018).

VMA (Void in Mineral Agregate)

VMA merupakan persen rongga terhadap agregat dan dinyatakan dalam bilangan bulat. VMA dan VIM merupakan indikator dari durabilitas.

VIM (Void in the Mix)

VIM menunjukkan presentase rongga dalam campuran. Semakin tinggi VIM menunjukkan semakin besar rongga dalam campuran sehingga campuran bersifat porus.

Kelelahan

Kelelahan adalah deformasi vertikal yang terjadi mulai awal pembebanan sampai kondisi stabilitas menurun, yang menunjukkan besarnya deformasi yang terjadi pada lapis perkerasan akibat menahan beban yang diterimanya (Setiawan et al., 2017);(F. Lestari, 2015);(Kusuma & Lestari, 2021b). Nilai *flow* dipengaruhi oleh kadar aspal, viskositas aspal, gradasi agregat, jumlah dan temperatur pemadatan. Stabilitas merupakan kemampuan lapis perkerasan menerima beban lalu lintas tanpa mengalami perubahan bentuk tetap (deformasi permanen) seperti gelombang.

MQ (Marshall Quotient)

Nilai MQ menyatakan sifat kekakuan suatu campuran. Jika nilai MQ terlalu tinggi maka campuran akan cenderung terlalu kaku dan 15 muda retak. Jika nilai MQ terlalu rendah maka perkerasan menjadi terlalu lentur dan cenderung kurang stabil (Bertarina & Bertarina, 2014).

Stabilitas

Nilai dari stabilitas benda uji didapatkan dari pembacaan arloji stabilitas saat pengujian dengan alat marshall. Nilai yang ditunjukkan pada arloji perlu dikonversi terhadap alat marshall.

Kelelahan (flow)

Nilai kelelahan ditunjukkan oleh jarum arloji pembacaan kelelahan pada alat marshall. Nilai kelelahan didapat dari hasil mengurangi rerata diameter awal benda uji sebelum pengujian dengan rerata diameter benda uji setelah pengujian.

VIM (Void In the Mix)

Rongga udara dalam campuran (VIM) 3 – 5% sesuai dengan spesifikasi Bina Marga 2010. VIM terdiri dari ruang udara diantara partikel agregat yang terlapisi aspal.

VMA (Void in Mineral Agregate)

VMA adalah rongga diantara partikel agregat pada suatu perkerasan termasuk rongga udara dan volume aspal efektif (tidak termasuk volume aspal yang diserap agregat).

VFA (Void Filled with Asphalt)

Rongga terisi aspal (VFA) adalah persenn rongga yang terdapat diantara partikel agregat (VMA) yang terisi oleh aspal, tidak termasuk 21 aspal yang diserao oleh agregat

METODE PENELITIAN

Metode Pengujian Marshall

Pengujian dengan alat Marshall dilakukan sesuai dengan prosedur Bina Marga. Pengujian dengan Marshall Test ini dimaksudkan untuk mengetahui karakteristik campuran, menentukan ketahanan atau stabilitas terhadap kelelahan plastis dari campuran aspal. Hubungan antara ketahanan (stabilitas) dan kelelahan plastisitas (flow) adalah berbanding lurus, semakin besar stabilitas, semakin besar pula flownya, dan begitu juga sebaliknya.

Penyusunan laporan ini didasarkan pada :

1. Pengamatan langsung di lapangan mengenai pelaksanaan pekerjaan.
2. Penjelasan dari pembimbing lapangan.
3. Pengarahan dan konsultasi dengan dosen pembimbing kerja praktik.
4. Data-data berupa hasil pengujian.
5. Pemotretan pada setiap tahap pekerjaan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Job Mix Formula

Job mix dapat diartikan sebagai campuran kerja. Sehingga job mix formula adalah formula yang digunakan sebagai acuan dalam membuat sebuah campuran kerja dan sudah sesuai serta memenuhi persyaratan standar yang ada. Sebelum pekerjaan akan dilaksanakan di proyek pembangunan jalan maka job mix yang ada harus sudah sesuai dengan kriteria standar yang dibutuhkan. Pada pelaksanaan PKL (Praktik Kerja Lapangan) di PT. Prima Mix yang sedang melakukan proyek rehabilitasi jalan Ir. Sutami menggunakan aspal modif dengan jenis lapisan AC/WC (Asphalt Concrete Wearing Course). AC/WC merupakan salah satu lapisan beton (LASTON) sebagai lapisan aus. Jalan yang akan direhabilitas merupakan jalan dengan tingkat deformasi yang tinggi karena merupakan jalur kendaraan industri.

1. Komponen Material
Komponen material campuran aspal di Lab

Tabel 1. Tabel Komposisi Material

Bahan	Berat Kebutuhan	Perbandingan Berat	Komposisi Material
	(gr)		(By Weight)
	a	$b = a/W1$	$c = b \times 100\%$
Agregat	1010.02	0.91	91.82 %
Aspal	45.98	0.0418	4.18%
Filler	44	0.04	4%
BeratTotal (W1)	1100		100%

2. Berat Jenis

Agregat : 2.36 (gram/cm³)

Aspal : 1.0035 (gram/cm³)

Filler (Semen) : 2.92 (gram/cm³)

3. Komposisi dalam volume

Agregat : Aspal : Filler (Semen)

$\frac{91.82}{2.39}$: $\frac{4.18}{1.0035}$: $\frac{4}{2.92}$

38.906 : 4.044 : 1.6

40 : 4 : 2

4. Hasil Uji Marshal

a. Hasil uji marshal lapangan

Tabel 2. Hasil uji marshal lapangan

Kode Sampel	Volume	Berat Kering	Berat Dalam Air	SSD	density	Flow	Stabilitas Terkoreksi	MQ
	Cm ³	gr	gr	gr	gr/cm ³	mm	kg	Kg/mm
A	410.9	941.3	530.7	941.6	2.291	6	121.572	20.262
B	455.8	1031.2	575.8	1031.6	2.262	4	221.66	55.415
C	453.8	1043.6	590.3	1044.1	2.299	4	191.552	47.888
Rata-rata					2.284	4.7	178.261	41.188
A	460.4	1030.5	570.4	1030.8	2.238	3.9	178.1715	45.685
B	460.4	1020.4	560.3	1020.7	2.216	3.7	186.309	50.354
C	451.5	1024.3	573.2	1024.7	2.269	4	197.752	49.438
Rata-rata					2.241	3.9	187.411	48.492
A	469.6	1035.6	567.5	1037.1	2.205	4	184.18	46.045
B	413.3	950.4	537.6	950.9	2.299	5.9	131.900	22.356
C	461.6	1024.6	563.5	1025.1	2.219	3.9	210.038	53.856
Rata-rata					2.241	4.6	175.373	40.662
A	411.5	945.7	534.6	946.1	2.298	5.9	127.641	21.634
B	461.7	1029.8	568.5	1030.2	2.230	4	196.344	49.086
C	465.2	1032.5	567.9	1033.1	2.219	3.8	194.096	51.078
Rata-rata					2.249	4.6	172.694	40.599
A	461.9	1031.6	570.2	1032.1	2.233	3.9	183.965	46.965
B	459.6	1024.8	565.7	1025.3	2.229	4	198.104	49.526
C	455.4	1015.4	560.4	1015.8	2.229	3.6	182.102	50.584
Rata-rata					2.230	3.8	188.057	49.025

Berikut ini cara perhitungan yang ada didalam tabel marshal :

Volume : SSD-BDA

Density : BK/Volume

Stabilitas Terkoreksi : MQ

Flow Dari data diatas didapatkan rata-rata sebagai berikut :

Density : 2.249 gr/cm³

Flow : 4.32 mm Stabilitas

Terkoreksi : 180.359 kg

b. Hasil uji marshal laboratorium

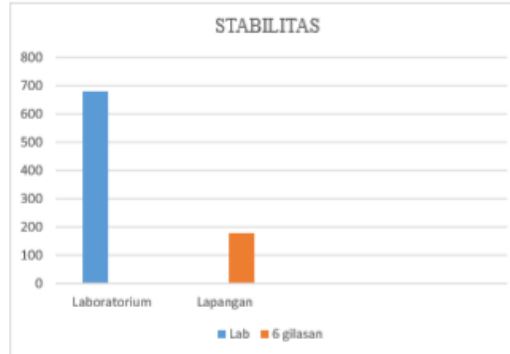
Tabel 3. Hasil uji marshal lab

Kode Sampel	Volume	Berat Kering	Berat Dalam Air	SSD	density	Flow	Stabilitas Terkoreksi	MQ
	Cm ³	gr	gr	gr	gr/cm ³	mm	kg	Kg/mm
A	506.9	1167.4	661.0	1167.9	2.303	2.51	643.978	256.565
B	506.6	1170.8	664.7	1171.3	2.311	2.72	681.164	250.428
C	506.1	1172.5	666.8	1172.9	2.317	2.8	709.878	253.528
Rata-rata					2.310	2.7	678.34	253.517

5. Perbandingan Lab dan Lapangan

a. Perbandingan Stabilitas

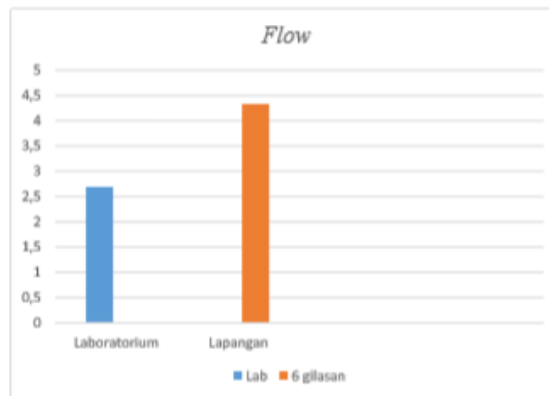
Stabilitas adalah kemampuan campuran aspal dalam menahan deformasi akibat beban yang bekerja, tanpa mengalami deformasi yang permanen. Berdasarkan gambar di atas skala lab dengan lapangan didapat nilai stabilitas di Lab. Sebesar 678.34 kg sedangkan nilai stabilitas lapangan 180.359 kg. Campuran aspal skala lapangan lebih rendah karena jumlah pemadatan yang belum tepat.



Gambar 1. Perbandingan Stabilitas

b. Perbandingan Flow

Flow adalah keadaan perubahan bentuk suatu campuran akibat suatu beban sampai batas runtuh. Nilai flow menunjukkan tingkat kelenturan atau kekakuan campuran.

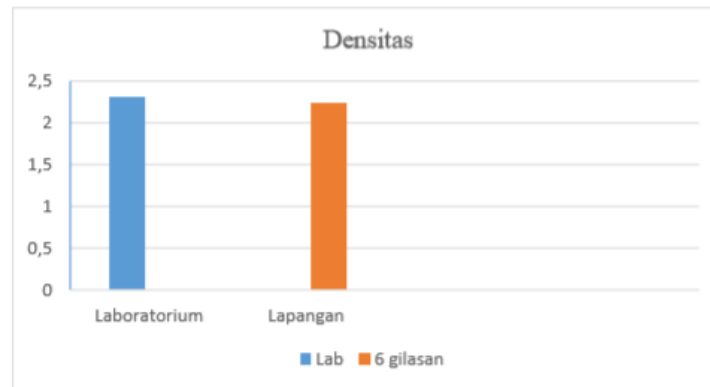


Gambar 2. Perbandingan Flow

Berdasarkan gambar perbandingan flow skala Lab. Didapat nilai sebesar 2.7 mm, sedangkan skala lapangan 4.32 mm. Untuk range flow yang sesuai standar yaitu 2-4 mm. Dapat diartikan flow skala lab lebih terkontrol dibandingkan skala lapangan.

c. Perbandingan Densitas

Perbandingan antara berat dengan volume disebut densitas. Berikut ini merupakan perbandingan nilai densitas di lab dengan lapangan



Gambar 3. Perbandingan Densitas.

Berdasarkan gambar diatas nilai densitas lab lebih besar dibandingkan lapangan yaitu nilai densitas lab 2.310 gr/cm³ dan nilai densitas lapangan 2.249 gr/cm³. Untuk nilai kuantitas densitas yang digunakan yaitu :

Maximal : 99 %

Minimal : 98%

Untuk mengetahui apakah nilai densitas sesuai dengan ketentuan maka:

$$\begin{aligned}\frac{\omega \text{ lapangan}}{\omega \text{ Lab}} \times 100 \% &= \frac{2.249}{2.310} \times 100\% \\ &= 98.35 \% \\ &= 98 \% \text{ (Spesifikasi)}\end{aligned}$$

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dan analisis data yang telah dilakukan dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

- Campuran aspal dengan jenis lapisan AC/WC dengan kadar aspal optimum sebesar 4.18% memiliki karakteristik yaitu nilai stabilitas sebesar 678.34 kg, nilai flow sebesar 2.7 mm, densitas sebesar 2.310 gr/cm³, dan Marshall Quantity sebesar 253.517 kg/mm.
- Campuran aspal modif bergradasi seragam dengan kadar aspal optimum 4.18 didapat perbandingan campuran dalam skala volume untuk penghamparan di lapangan yaitu :
Agregat : Aspal : Filler
40 : 4 : 2
- Untuk pengaruh nilai stabilitas, flow, dan densitas terhadap aspal modif dengan jenis lapisan AC/WC dengan 6 gilasan didapat :
 - Jumlah gilasan mempengaruhi nilai stabilitas, dengan perbandingan campuran aspal modif skala lab dengan di lapangan didapat nilai stabilitas aspal di lab sebesar 678.34 kg dan campuran aspal skala lapangan 180.359 kg untuk 6 gilasan. Campuran aspal modif skala lapangan lebih rendah karena jumlah pemadatan yang belum tepat.
 - Nilai densitas untuk aspal modif skala lab sebesar 2.310 gr/cm³, sedangkan skala lapangan sebesar 2.249 gr/cm³ untuk 6 gilasan. Untuk nilai densitas yang dimiliki yaitu 98% sudah dapat dikatakan sesuai dengan kuantitas karena masuk dalam nilai yang digunakan yaitu minimal 98% dan maksimal 99%.
 - Nilai flow skala lab 2.7 mm, sedangkan lapangan 4.32 mm. Untuk nilai flow lapangan tidak sesuai dengan spesifikasi yaitu dengan range 2 – 4 mm, diakibatkan metode pemadatan yang tidak sesuai dengan prosedur.

- d. Campuran aspal modif dengan jenis lapisan AC/WC pada pelaksanaan ini tidak sesuai dengan spesifikasi sebagai perkerasan untuk badan jalan karena pada pengujian skala lapangan memiliki nilai stabilitas yang rendah yaitu dibawah 500 kg, sehingga aspal modif dalam penelitian ini hanya dapat digunakan sebagai bahan konstruksi jalan dengan pembebanan rendah.

REFERENSI

- Abdul Maulud, K. N., Fitri, A., Wan Mohtar, W. H. M., Wan Mohd Jaafar, W. S., Zuhairi, N. Z., & Kamarudin, M. K. A. (2021). A study of spatial and water quality index during dry and rainy seasons at Kelantan River Basin, Peninsular Malaysia. *Arabian Journal of Geosciences*, 14(2). <https://doi.org/10.1007/s12517-020-06382-8>
- Adma, N. A. A., Ahmad, F., & Phelia, A. (2020). EVALUASI DAYA DUKUNG TIANG PANCANG PADA PEMBANGUNAN JETTY. *Jurnal Teknik Sipil*, 1(1), 7–14.
- Bertarina, & Bertarina, W. A. (2014). ANALISIS KEBUTUHAN RUANG PARKIR (STUDI KASUS PADA AREA PARKIR ICT UNIVERSITAS TEKNOKRAT INDONESIA). *Transportasi Publik Dan Aksesibilitas Masyarakat Perkotaan*, 9(02), 17.
- Fitra Arie Budiawan. (2019). *Desain Interaksi Aplikasi Platform Traveller Menggunakan Pendekatan Design Thinking*.
- Fitri, A., Chen, H., Yao, L., Zheng, K., Susarman, Rossi, F., & Yin, Y. (2021). Evaluation of the Groundsill's stability at downstream of "Citorek" Bridge in Cimadur River, Banten Province. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 880(1), 012029. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/880/1/012029>
- Fitri, A., Hasan, Z. A., & Ghani, A. A. (2011). *Determining the Effectiveness of Harapan Lake as Flood Retention Pond in Flood Mitigation Effort Determining the Effectiveness of Harapan Lake as Flood Retention Pond in Flood Mitigation Effort. November 2014*.
- Fitri, A., Hashim, R., Abolfathi, S., & Maulud, K. N. A. (2019). Dynamics of sediment transport and erosion-deposition patterns in the locality of a detached low-crested breakwater on a cohesive coast. *Water (Switzerland)*, 11(8). <https://doi.org/10.3390/w11081721>
- Fitri, A., Maulud, K. N. A., Pratiwi, D., Phelia, A., Rossi, F., & Zuhairi, N. Z. (2020). Trend Of Water Quality Status In Kelantan River Downstream, Peninsular Malaysia. *Jurnal Rekayasa Sipil (JRS-Unand)*, 16(3), 178–184.
- Fitri, A., Maulud, K. N. A., Rossi, F., Dewantoro, F., Harsanto, P., & Zuhairi, N. Z. (2021). Spatial and Temporal Distribution of Dissolved Oxygen and Suspended Sediment in Kelantan River Basin. *4th International Conference on Sustainable Innovation 2020–Technology, Engineering and Agriculture (ICoSITEA 2020)*, 51–54.
- Fitri, A., Rossi, F., Suwarni, E., & Rosmalasari, D. (2021). *Pelatihan Pembuatan Video Pembelajaran Bagi Guru MA Matha ' ul Anwar Lampung Pada Masa Pandemi COVID-19*. 2(3), 189–196. <https://doi.org/10.23960/jpkmt.v2i3.50>
- Fitri, A., Shubhi, M., Hadie, N., Agustina, A., Pratiwi, D., Pramita, G., & Ali, S. H. R. (2021). *Analyses of flood peak discharge in Cimadur river basin , Banten Province , Indonesia*. 08006, 0–5.
- Fitri, A., Yao, L., Pratiwi, D., Phelia, A., Susarman, Dewantoro, F., Safitri, D., & Maulud, K. N. A. (2021). Effectiveness of a groundsill structure in reducing scouring problem at Cimadur River, Banten Province. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 880(1), 012026. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/880/1/012026>
- Kusuma, C. E., & Lestari, F. (2021a). Perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang Proyek Penambahan Line Conveyor Batubara. *Jurnal Teknik Sipil*, 02(01), 44–50.

- Kusuma, C. E., & Lestari, F. (2021b). PERHITUNGAN DAYA DUKUNG TIANG PANCANG PROYEK PENAMBAHAN LINE CONVEYOR BATUBARA UNIT PELAKSANAAN PEMBANGKITAN SEBALANG. *Jurnal Teknik Sipil*, 2(01), 44–50.
- Lalenoh, R. H., Sendow, T. K., & Jansen, F. (2015). Analisa Kapasitas Ruas Jalan Sam Ratulangi Dengan Metode Mkji 1997 Dan Pkji 2014. *Jurnal Sipil Statik*, 3(11), 737–746.
- Lestari, F. (2015). *Studi Karakteristik Perilaku Perjalanan Siswa SMA Negeri di Kota Bandar Lampung*.
- Lestari, F. (2020). Identifikasi Fasilitas Pejalan Kaki Di Kota Bandar Lampung. *JICE (Journal of Infrastructural in Civil Engineering)*, 1(01), 27–32.
- LESTARI, F. (2018). *KOMPARASI PEMBANGUNAN KERETA CEPAT INDONESIA MENGGUNAKAN PENGALAMAN KERETA CEPAT NEGARA LAIN DARI SUDUT PANDANG EKONOMI*. UNIVERSITAS LAMPUNG.
- Lestari, F., & Aldino, A. A. (2020). Pemilihan Moda Dan Preferensi Angkutan Umum Khusus Perempuan Di Kota Bandar Lampung. *Jurnal Teknik Sipil: Rancang Bangun*, 6(2), 57–62.
- Lestari, F. P. A., Pane, E. S., Suprpto, Y. K., & Purnomo, M. H. (2018). Wavelet based-analysis of alpha rhythm on eeg signal. *2018 International Conference on Information and Communications Technology (ICOIACT)*, 719–723.
- Lestari, F., Purba, A., & Zakaria, A. (2018). Komparasi Pembangunan Kereta Cepat di Indonesia Dengan Kereta Cepat di Negara Lain dari Sudut Pandang Ekonomi. *Prosiding Semnas SINTA FT UNILA Vol. 1 Tahun 2018*, 1(1), 266–272.
- Lestari, F., & Puspaningrum, S. (2021). *Pengembangan Denah Sekolah untuk Peningkatan Nilai Akreditasi pada SMA Tunas Mekar Indonesia*. 2(2), 1–10.
- Lestari, F., Susanto, T., & Kastamto, K. (2021a). Pemanenan Air Hujan Sebagai Penyediaan Air Bersih Pada Era New Normal Di Kelurahan Susunan Baru. *SELAPARANG Jurnal Pengabdian Masyarakat Berkemajuan*, 4(2), 427. <https://doi.org/10.31764/jpmb.v4i2.4447>
- Lestari, F., Susanto, T., & Kastamto, K. (2021b). PEMANENAN AIR HUJAN SEBAGAI PENYEDIAAN AIR BERSIH PADA ERA NEW NORMAL DI KELURAHAN SUSUNAN BARU. *SELAPARANG Jurnal Pengabdian Masyarakat Berkemajuan*, 4(2), 427–434.
- Mutmainnah, S. (2020). Pemilihan Moda Transportasi Kereta Api Menuju Pelabuhan Bakauheni. *JICE (Journal of Infrastructural in Civil Engineering)*, 1(01), 33. <https://doi.org/10.33365/jice.v1i01.854>
- Neneng, N., Puspaningrum, A. S., Lestari, F., & Pratiwi, D. (2021). SMA Tunas Mekar Indonesia Tangguh Bencana. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Indonesia*, 1(6), 335–342. <https://doi.org/10.52436/1.jpmi.61>
- Phelia, A., & Damanhuri, E. (2019). *Kajian Evaluasi Tpa Dan Analisis Biaya Manfaat Sistem Pengelolaan Sampah Di Tpa (Studi Kasus TPA Bakung Kota Bandar LPhelia, A., & Damanhuri, E. (2019). Kajian Evaluasi Tpa Dan Analisis Biaya Manfaat Sistem Pengelolaan Sampah Di Tpa (Studi Kasus TPA Bakun.*
- Phelia, A., Pramita, G., Misdalena, F., & Kunci, K. (2021). *JURNAL PENGABDIAN KEPADA Pemanfaatan Limbah Minyak Jelantah Menjadi Sabun Sebagai Upaya Pengendalian Limbah Domestik Masa Pandemi Covid-19*. 1(3), 181–187.
- Phelia, A., Pramita, G., Susanto, T., Widodo, A., Aditomo, R., Indonesia, U. T., Za, J., Alam, P., Ratu, L., Kedaton, K., & Lampung, K. B. (2021a). *JURNAL CEMERLANG : Pengabdian pada Masyarakat PENINGKATAN PENGETAHUAN ANIMASI VIDEO*

- DAN ROBOTIK DALAM PENERAPAN PROJECT BASE LEARNING DI SMA IT BAITUL JANNAH*. 4(1), 98–108.
- Phelia, A., Pramita, G., Susanto, T., Widodo, A., Aditomo, R., Indonesia, U. T., Za, J., Alam, P., Ratu, L., Kedaton, K., & Lampung, K. B. (2021b). *JURNAL CEMERLANG : Pengabdian pada Masyarakat PENINGKATAN PENGETAHUAN ANIMASI VIDEO DAN ROBOTIK DALAM PENERAPAN PROJECT BASE LEARNING DI SMA IT BAITUL JANNAH* *JURNAL CEMERLANG: Pengabdian pada Masyarakat pembelajaran yang terbaru untuk meningkatkan kreati*. 4(1), 98–108.
- Phelia, A., Pramita, G., Susanto, T., Widodo, A., & Tina, A. (2021). *IMPLEMENTASI PROJECT BASE LEARNING DENGAN KONSEP ECO-GREEN DI*. 5, 670–675.
- Phelia, A., & Sinia, R. O. (2021). Skenario Pengembangan Fasilitas Sistem Pengolahan Sampah Dengan Pendekatan Cost Benefit Analysis Di Kelurahan Kedamaian Kota Bandar Lampung. *Jurnal Serambi Engineering*, 6(1).
- Pintoko, B. M., & L., K. M. (2018). Analisis Sentimen Jasa Transportasi Online pada Twitter Menggunakan Metode Naive Bayes Classifier. *E-Proceeding of Engineering*, 5(3), 8121–8130.
- Pramita, G. (2019). *Studi Pengaruh Ruang Henti Khusus (RHK) Sepeda Motor Terhadap Arus Jenuh di Pendekat Simpang Bersinyal*. UNIVERSITAS LAMPUNG.
- Pramita, G., & Lestari, F. (2017). *Analisis Kinerja Persimpangan Bersinyal di Kota Bandar Lampung pada Masa Pandemi Covid -19*. 19.
- Pramita, G., & Sari, N. (2020). STUDI WAKTU PELAYANAN KAPAL DI DERMAGA I PELABUHAN BAKAUHENI. *JICE (Journal of Infrastructural in Civil Engineering)*, 1(01), 14–18.
- Prasetyo, A., Pangestu, A., Defrindo, Y., & Lestari, F. (2020). RENCANA PEMBANGUNAN SANITASI BERBASIS LINGKUNGAN DI DESA DADISARI KABUPATEN TANGGAMUS. *Jurnal Teknik Sipil*, 1(1), 26–32.
- Pratiwi, D., & Fitri, A. (2021a). Analisis Potensial Penjalaran Gelombang Tsunami di Pesisir Barat Lampung, Indonesia. *Jurnal Teknik Sipil ITP*, 8(1), 29–37. <https://doi.org/10.21063/JTS.2021.V801.05>
- Pratiwi, D., & Fitri, A. (2021b). Analisis Potensial Penjalaran Gelombang Tsunami di Pesisir Barat Lampung, Indonesia. *Jurnal Teknik Sipil*, 8(1), 29–37.
- PRATIWI, D., FITRI, A., PHELIA, A., ADMA, N. A., & KASTAMTO. (2021). *ANALISIS OF URBAN FLOOD USING SYNTHETIC UNIT HYDROGAPH (SUH) AND FLOOD MITIGATION STRATEGIES ANLONG WAY HALIM RIVER*. 07015.
- Pratiwi, D., Sinia, R. O., & Fitri, A. (2020). PENINGKATAN PENGETAHUAN MASYARAKAT TERHADAP DRAINASE BERPORUS YANG DIFUNGSIKAN SEBAGAI TEMPAT PERESAPAN AIR HUJAN. *Journal of Social Sciences and Technology for Community Service (JSSTCS)*, 1(2).
- Ristiandi, B., Suyono, R. S., & Ym, S. (2018). *ANALISIS DAMPAK AKTIVITAS SEKOLAH TERHADAP KINERJA RUAS JALAN (Studi Kasus Yayasan Pendidikan Kalimantan SD – SMP – SMA Katolik Santu Petrus Jalan Karel Satsuit Tubun No . 3 Pontianak)*. 3, 1–11. <https://jurnal.untan.ac.id/index.php/JMHMS/article/view/27550>
- Safuan, A. P. (2014). *REVITALISASI INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH PADA BEBERAPA TEMPAT PEMBUANGAN AKHIR SAMPAH DI PROVINSI LAMPUNG*.
- Sarjana, P. P., Transportasi, T. P., & Hasanuddin, U. (2012). *ANALISIS PENGEMBANGAN JARINGAN JALAN GUNA MENUNJANG KOTA TERPADU MANDIRI AIR TERANG*. 62–122.
- Setiawan, R., Lestari, F., & Pratiwi, D. (2017). PENGARUH SULFAT PADA KEKUATAN BETON YANG MENGGUNAKAN LIMBAH BATU BARA SEBAGAI BAHAN

- PENGGANTI SEMEN. *Jurnal Teknik Sipil*, 8(2), 1093–1098.
- Shi, S., Tao, X., Chen, X., Chen, H., Fitri, A., & Yang, X. (2021). Evaluation of urban water security based on DPSIR model. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 880(1), 012023. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/880/1/012023>
- Tan, L., Zhu, X., Liu, X., Wan, Y., Fitri, A., & Melinda, S. (2021). A case study on water price calculation of key projects at Fenglinwan irrigation areas in JiangXi Province, China. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 880(1), 012019. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/880/1/012019>
- Yao, L., Ye, X., Huang, X., Zheng, K., Fitri, A., & Lestari, F. (2021). Numerical simulation of hydraulic performance with free overfall flow. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 880(1), 012028. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/880/1/012028>
- Zhu, X., Shi, S., Si, J., Fitri, A., Pratiwi, D., & Agustina, A. (2021). Numerical simulation of hydraulic optimization for regulating tank in pumping station. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 880(1), 012020. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/880/1/012020>
- Zhu, X., Tan, L., Si, J., Shi, S., Yu, K., & Fitri, A. (2021). Numerical study on percolation and dam slope's stability of impermeable wall composed by clay and concrete for earth-rock dam. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 880(1), 012022. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/880/1/012022>