

PENGARUH OIL SLUDGE SEBAGAI SUBSTITUSI ASPAL PEN 60/70 TERHADAP KARAKTERISTIK CAMPURAN ASPAL PORUS

Muhammad Bahtiar¹ dan Miftahul Fauziah²

¹ Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia

Email: muhbahtiar@gmail.com

² Ketua Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia
Email: miftahul.fauziah@uii.ac.id

Abstract : *Types of porous asphalt pavement is still very rarely applied in the field especially in Indonesia. Utilization of waste material of refined oil and gas PT.Pertamina as a mixture of pavement can be an alternative solution in order to increase the value of material commonly called oil sludge. The results showed that the oil sludge affect the physical properties of the asphalt with a penetration index value increasing because of the rising value of penetration and softening point asphalt. Marshall Tests showed that the substitution of oil sludge can be used as road pavement materials only to the extent of substitution of 7.7%. Marshall Quotient value, VITM and VMA decline is not significant, and VFWA increased. Durability in maintaining stability after experiencing immersion in porous asphalt mix as measured by the test results of Retained Strength Index that have increased. The ability to withstand tensile force on porous asphalt mixture as measured by the test results Indirect Tensile Strength is increased but not significantly. The test results show the permeability of porous asphalt mix to be increased with drainage being categorized. Mixed ability withstand collisions with the test results Cantabro increased with increased substitution of oil sludge.*

Keywords : *Porous Asphalt, Oil Sludge, Marshall*

1. PENDAHULUAN

Peningkatan perekonomian Indonesia berkembang begitu pesat, dengan ditandai bertambahnya industri yang ada, yang menyebabkan peningkatan volume transportasi. Pembangunan Infrastruktur harus dilakukan untuk menunjang perkembangan ekonomi tersebut, diantaranya adalah fasilitas jalan raya. Banyak faktor yang dapat mengurangi kinerja jalan, antara lain ialah ketika musim penghujan banyak jalan yang tergenang air. Genangan air yang terjadi berdampak pada transportasi darat dan infrastruktur jalan. Infrastruktur jalan dapat mengalami kerusakan (*distress*) seperti perubahan bentuk permukaan jalan akibat adanya genangan air di atasnya, sehingga material penyusun perkerasan sangat berpengaruh pada kekuatan dan daya tahan perkerasan tersebut terhadap beban lalu lintas.

Jenis perkerasan aspal porus tergolong baru dan masih sangat jarang diaplikasikan di lapangan, terlebih di Indonesia ini masih sangat jarang. Teknik pelapisan permukaan jalan yang sangat inovatif, karena mudah meloloskan air masuk ke lapis atas (*wearing course*) secara vertikal dan horizontal melalui pori-pori udara kapiler atau dengan menggunakan saluran samping dan lapis perkerasannya sebagai sistem drainase. Aspal porus merupakan campuran aspal yang dikembangkan pada konstruksi aspal perkerasan *wearing course* / AC-WC . Bukti aspal porus sangat baik untuk melapisi jalan yaitu sangat efektif untuk meningkatkan keselamatan lalu lintas jalan raya pada kondisi cuaca yang sangat buruk (hujan deras dan licin), mengurangi *hydroplaning* dan mempunyai skid resistance yang baik. Untuk menaikkan stabilitas serta mutu campuran aspal maka dibutuhkan bahan tambah atau semacamnya. Salah satu alternatif adalah

dengan pemanfaatan bahan-bahan lain yang dapat dijadikan sebagai bahan tambah, diantaranya adalah pemanfaatan bahan sisa seperti *oil sludge*.

Pemanfaatan material sisa pengolahan minyak bumi dan gas Pertamina sebagai campuran perkerasan jalan dapat menjadi solusi alternatif dalam meningkatkan nilai guna, terutama bahan yang sulit terurai di dalam tanah. Dengan demikian, *oil sludge* yang merupakan bahan sisa dari pengolahan minyak bumi dapat dimanfaatkan dengan lebih maksimal untuk konstruksi perkerasan jalan. Mulyono dan Legowo (2000) menyatakan pengujian *Marshall* terhadap bahan yang dihasilkan menunjukkan bahwa komposisi lumpur berminyak hingga 5% masih dapat memenuhi persyaratan material jalan. Pada penelitian ini, akan digunakan *oil sludge* sebagai bahan substitusi pada campuran aspal porus.

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah bagaimana sifat fisik aspal dengan substitusi *oil sludge*, serta pengaruh penambahan *oil sludge* pada aspal porus terhadap karakteristik *Marshall*, *Cantabro* dan *Asphalt Flow Down*.

Beberapa tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui sifat fisik aspal akibat substitusi *oil sludge*, serta mengetahui karakteristik *Marshall*, *Cantabro* dan *Asphalt Flow Down* pada campuran aspal porus terhadap substitusi *oil sludge*

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Aspal Porus

Putranto (2011) telah melakukan penelitian Penggunaan Material Galian Dari Desa Koripan, Matesih Untuk Pembuatan Aspal Porous. Penelitian tersebut bertujuan untuk mengetahui nilai karakteristik aspal porus dengan agregat material galian dari Desa Koripan dan membandingkannya dengan nilai karakteristik aspal porous dengan agregat batu pecah Masaran.

Prawiro dan Nugraha (2014) melakukan penelitian yang berjudul Pengaruh

Penggunaan Limbah Beton Sebagai Agregat Kasar Pada Campuran Aspal Porus Dengan Tambahan Gilsonite. Penelitian tersebut bertujuan untuk mengetahui komposisi optimum limbah beton yang digunakan sebagai agregat kasar pada campuran aspal porus dan kadar aspal optimumnya. Adapun metode penelitian yang digunakan yaitu dengan menggunakan standar gradasi Aspal Porus California dan Bina Marga.

Suryaman (2009) melakukan penelitian untuk berjudul Pengaruh Penggunaan Limbah Botol Plastik Sebagai Bahan Tambah (*Additive*) Terhadap Karakteristik Beton Aspal. Dalam penelitian tersebut bertujuan untuk mengetahui karakteristik *Marshall* dan pengaruh plastik pada campuran lapis aspal beton (LASTON).

Pada penelitian ini terdapat kesamaan dengan beberapa penelitian terdahulu seperti pada penambahan bahan tambah / substitusi. Dalam penelitian ini juga terdapat perbedaan baik jenis penggunaan maupun bahan yang digunakan, dan penelitian yang dilakukan sebelumnya digunakan pengganti agregat kasar dan juga bahan ikat yang berbeda. Dalam penelitian ini peneliti meneliti tentang perilaku pada aspal porus / aspal berongga dengan substitusi residu aspal / *oil sludge*.

2.2 Karakteristik Aspal Porus

Aspal porus merupakan salah satu jenis campuran beraspal panas yang dapat digunakan sebagai lapis permukaan. Campuran aspal porus merupakan generasi baru dalam perkerasan lentur di Indonesia, yang membolehkan air meresap ke dalam lapisan atas (*wearing course*) baik secara vertikal maupun horizontal. Kondisi ini dimungkinkan karena gradasi yang digunakan memiliki fraksi agregat kasar tidak kurang dari 85% dari volume campuran. Aspal porus merupakan campuran aspal dengan agregat tertentu yang didesain setelah dipadatkan mempunyai pori-pori udara berkisar 20% (Khalid dan Jimenez (1994)). Peningkatan

proporsi agregat kasar dan mengurangi agregat halus dapat meningkatkan nilai rongga dalam campuran. Stabilitas *Marshall* campuran aspal porus lebih rendah dari beton aspal yang menggunakan gradasi rapat, namun meningkat bila menggunakan gradasi terbuka dan fraksi halusnya diperbanyak.

Tabel 1. Ketentuan Campuran Aspal Porus

No	Kriteria Perencanaan	Nilai
1	<i>Cantabro</i> (%)	Maks. 35
2	<i>Asphalt Flow Down</i> (%)	Maks. 0,3
3	<i>VIM</i> (%)	18-25
4	Stabilitas <i>Marshall</i> (kg)	Min. 500
5	Kelelahan <i>Marshall</i> (mm)	2-6
6	Kekakuan <i>Marshall</i> (kg/mm)	Maks. 400
7	Tumbukan Perbidang	50

Sumber: AAPA (2004) dalam Zuliansyah (2015)

Tabel 2 Gradasi Agregat Campuran Aspal Porus

Ukuran	% Berat Yang Lolos	
(mm)	Ag.Maks.10 mm	Ag.Maks.14 mm
19,00	100	100
12,70	100	85-100
9,53	85-100	45-70
4,76	20-45	10-25
2,38	10-20	7-15
1,19	6-14	6-12
0,595	5-10	5-10
0,297	4-8	4-8
0,149	3-7	3-7
0,074	2-5	2-5
Total	100	100
Kadar Aspal	5,0 - 6,5	4,5 - 6,0

Sumber: AAPA (2004) dalam Zuliansyah (2015)

2.3 Karakteristik Oil Sludge

Oil sludge merupakan produk limbah dari proses pengolahan minyak mentah seperti yang dihasilkan dari aktivitas pertambangan, pengangkutan, penyimpanan, dan pemurnian minyak mentah dan dikategorikan sebagai limbah berbahaya dan bersifat racun (toksin) (Hermadi dkk, 2015). Penanganan bahan ini harus sejalan dengan peraturan pemerintah /tentang lingkungan dan memperhatikan biaya yang cukup tinggi. Pada umumnya, *oil-sludge* terdiri dari tiga zat utama, yaitu minyak (*volatile dan non-volatile*), air, dan mineral (bahan sedimen).

2.4 Parameter Marshall Test

Untuk memperoleh lapis perkerasan aspal porus yang baik, maka harus memenuhi karakteristik tertentu. Pengujian *Marshall* adalah pemeriksaan stabilitas dan kelelahan (*flow*), serta analisis kepadatan dan pori dari campuran padat yang terbentuk. Adapun beberapa parameter *Marshall Test* antara lain : stabilitas, (*stability*), kelelahan (*flow*), *MQ* (*Marshall Quotient*), *VITM* (*Void in the Total Mix*), *VFWA* (*Void Filler With Asphalt*), *VMA* (*Void in Mineral Aggregate*), dan kepadatan (*density*).

2.5 Cantabro Test

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan ketahanan benda uji terhadap keausan dengan menggunakan mesin *Los Angeles*. Benda uji yang didiamkan selama 48 jam pada suhu ruang dan minimal 6 (enam) jam sebelum pengujian suhu harus dijaga berada pada suhu ruang.

$$L = \frac{Mo - Mi}{Mo} \times 100\%$$

dengan :

Mo = Berat sebelum diabrasi (gr)

Mi = Berat setelah diabrasi (gr), dan

L = Persentase kehilangan berat (%)

2.6 Asphalt Flow Down Test

Untuk mengetahui kadar aspal maksimum yang dapat tercampur homogen dengan agregat tanpa terjadinya pemisahan aspal, hal ini penting dilakukan agar selama pengangkutan dari *Asphalt Mixing Plant* (AMP) ke lokasi penghamparan tidak terjadi pemisahan aspal maka dilakukan uji *asphalt flow down* (AFD).

$$AFD = \frac{(m3 - m1)}{(m2 - m1)} \times 100\%$$

dengan :

AFD = nilai *asphalt flow down* (%)

m1 = berat cetakan berupa naman (gr)

m2 = berat cetakan beserta campuran beraspal (gr)

m3 = berat cetakan beserta campuran aspal yang melekat pada aluminium foil (gr).

3. METODE PENELITIAN

3.1 Tinjauan Umum

Metode Penelitian merupakan bagian penting guna memperoleh hasil dari upaya penelitian secara keseluruhan. Pada penelitian ini, metode yang digunakan adalah metode penelitian eksperimental kausal baik saat pengambilan data ataupun menganalisis data. Jenis penelitian ini dapat diartikan sebagai sebuah studi objektif, sistematis dan terkontrol untuk memprediksi hasil akhir dari hasil penelitian. Penelitian eksperimental kausal bertujuan untuk menyelidiki hubungan sebab akibat (*cause and effect relationship*) yaitu mempersoalkan adanya variabel bebas dan tidak bebas.

3.2 Langkah-Langkah Penelitian

Urutan penelitian yang dilakukan di laboratorium terdiri dari tiga tahap, penjelasannya adalah sebagai berikut.

1. Pengujian sifat material bahan perkerasan.
2. Pengujian untuk mencari Kadar Aspal Optimum (KAO),
3. Pengujian karakteristik campuran aspal porus dengan variasi kadar *oil sludge* 0%,5%,10%,15%,20% terhadap KAO.

4. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengujian Bahan

Aspal yang digunakan dalam pengujian ini adalah aspal Pertamina pen 60/70 dan agregat kasar dan halus adalah agregat pecah Clereng Kulonproga yang tersedia di Laboratorium Jalan Raya FTSP UII, Yogyakarta.

Tabel 3 Hasil Pengujian Aspal dan *Oil Sludge*

No	Jenis Pengujian	Nilai Persyaratan	Hasil
Pengujian Aspal			
1	Berat Jenis	≥ 1.0	1,09
2	Penetrasi (0,1 mm)	60 – 70	68,5
3	Daktilitas (cm)	≥ 100	165
4	Titik Nyala (°C)	≥ 232	312
5	Kelarutan TCE (%)	≥ 99	99,47

Lanjutan Tabel 3 Hasil Pegujian Aspal dan *Oil Sludge*

No	Jenis Pengujian	Nilai Persyaratan	Hasil
6	Titik Lembek °C	≥ 48	48,1
Pengujian <i>Oil Sludge</i>			
1	Berat Jenis	-	1,11
2	Kelarutan TCE	-	51,95

Tabel 4 Hasil Pengujian Sifat Fisik Agregat

No	Jenis Pnegujian	Nilai Persyaratan	Hasil
Agregat Kasar			
1	Berat Jenis	> 2.5	2,73
2	Penyerapan Agregat Terhadap Air (%)	< 3	0,61
3	Kelekatan Agregat Terhadap Aspal (%)	> 95	99
4	Keausan Agregat	< 40	25,93
Agregat Halus			
1	Berat Jenis	$> 2,5$	2,837
2	Penyerapan Agregat terhadap air	< 3	2,70
3	<i>Sand Equivalent</i>	> 50	71,08

4.2 Karakteristik Aspal dengan *Oil Sludge*

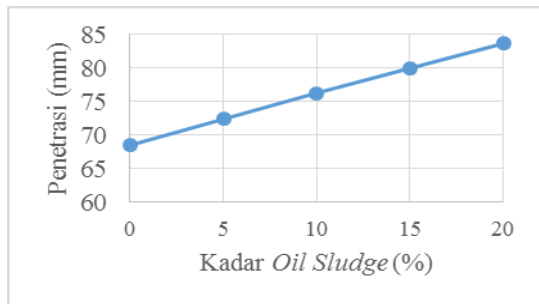
Jenis aspal mempunyai pengaruh yang berbeda terhadap campuran aspal. Pada dasarnya aspal pen 60/70 sangat terpengaruh oleh perbedaan temperatur, oleh karena itu dilakukan pengujian pengujian penetrasi, titik lembek dan indeks penetrasi dilakukan untuk mengetahui karakteristik aspal setelah adanya penambahan *oil sludge*. Berikut merupakan hasil pengujian dari sifat fisik aspal pen 60/70 yang telah disubstitusi *oil sludge* pada Tabel 5 berikut.

Tabel 5 Karakteristik Aspal dengan *Oil Sludge*

Kadar <i>Oil Sludge</i>	Penetrasi	Titik Lembek	Indeks Penetrasi
0	68,5	48,1	-0,945
5	72,4	50,5	-0,156
10	76,3	53,25	0,686
15	80	54,25	1,069
20	83,7	55	1,387

1. Penetrasi

Sifat fisik aspal yang telah disubstitusi pada nilai penetrasi mengalami peningkatan seiring dengan pemanbahan *oil sludge*.

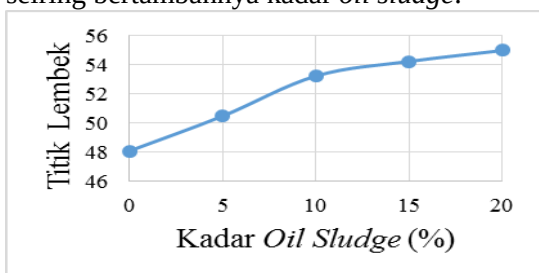


Gambar 1 Hubungan Kadar Oil Sludge dengan Penetrasi

Pengujian penetrasi Aspal pen 60/70 dengan penambahan 0% *oil sludge* menunjukkan nilai sebesar 68,5 mm, dan dengan seiring penambahan *oil sludge* nilai penetrasi semakin besar. Nilai penetrasi tertinggi pada aspal yang telah di substitusi dengan *oil sludge* tertinggi 20% yaitu sebesar 83,7 mm seperti yang tertera pada Gambar 1. *Oil sludge* dapat mengubah nilai penetrasi aspal. Hasil ini memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 untuk aspal pen 60/70 sebelum adanya substitusi *oil sludge* yaitu antara 60 sampai dengan 70 mm.

2. Titik Lembek

Hasil pengujian titik lembek pada aspal pen 60/70 menunjukkan nilai sebesar 48,1°C dan nilai titik lembek pada aspal pen 60/70 yang telah disubstitusi mengalami kenaikan seiring bertambahnya kadar *oil sludge*.



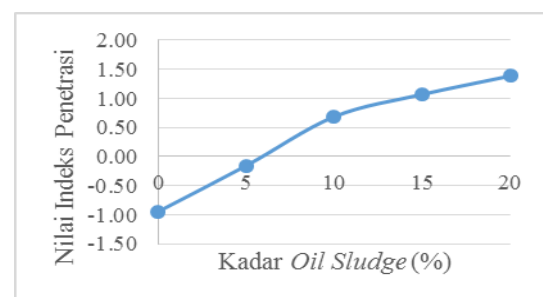
Gambar 2 Hubungan Kadar Oil Sludge dengan Titik Lembek

Nilai tertinggi titik lembek dengan kadar *oil sludge* 20% memiliki nilai yaitu 55°C seperti yang tertera pada Gambar 2.

Kenaikan nilai yang terjadi pada titik lembek tersebut merupakan akibat adanya substitusi *oil sludge* dalam aspal pen 60/70, karena dengan semakin bertambahnya kadar *oil sludge* yang diberikan nilai temperatur aspal saat mulai melembek semakin tinggi, sehingga dapat digunakan sebagai bahan perkerasan jalan karena nantinya akan tidak mudah meleleh pada suhu ekstrimnya. Hasil ini memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 untuk aspal pen 60/70 ataupun yang telah ditambahkan *oil sludge* yaitu $\geq 48^{\circ}\text{C}$.

3. Indeks Penetrasi

Pengujian indeks penetrasi pada aspal pen 60/70 sebesar -0,945 dan nilai indeks penetrasi pada aspal yang disubstitusi *oil sludge* semakin bertambah besar seiring bertambahnya kadar *oil sludge*.

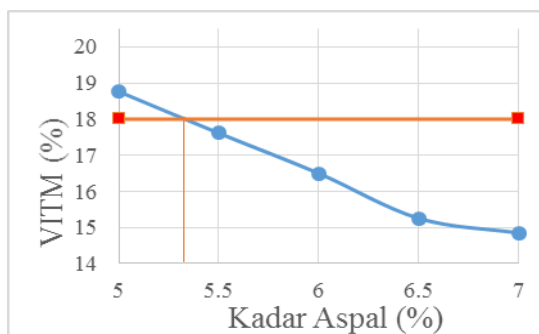


Gambar 3 Hubungan Oil Sludge dengan Nilai Indeks Penetrasi

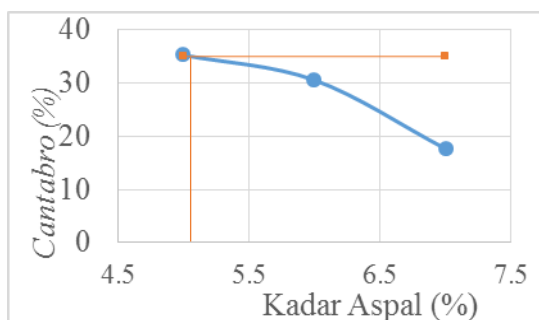
Nilai pada kadar substitusi *oil sludge* tertinggi 20% menunjukkan nilai indeks penetrasi sebesar 1,387 yang dapat dilihat selengkapnya pada Gambar 3. Nilai indeks penetrasi yang semakin besar akan memperkecil resiko deformasi campuran. Pada umumnya sebagian besar nilai indeks penetrasi yang sering digunakan antara -1 dan +1, jika nilai indeks penetrasi semakin kecil maka sifat kepekaan terhadap suhu meningkat dan sebaliknya akan semakin tidak peka jika nilai indeks penetrasi semakin besar. Aspal dengan *oil sludge* menunjukkan ketidakpekaan terhadap suhu karena nilai indeks penetrasi semakin meningkat, seperti halnya *blown asphalt* yang memang dibuat secara khusus agar kepekaan terhadap temperatur kecil.

4.3 Penentuan Kadar Aspal Optimum

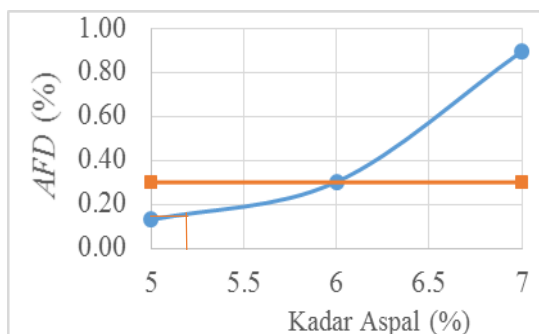
Kadar aspal optimum dihitung berdasarkan kriteria perencanaan dari metode Australia, dengan cara nilai *cantabro loss* 35% diset untuk mendapatkan kadar aspal minimum yaitu 5,06%, kemudian nilai *VITM* 18% diset untuk mendapatkan kadar aspal maksimum yaitu 5,3%. Kadar aspal rata-rata didapat sebesar 5,2% kemudian diplot pada grafik *Asphalt flow down* dan mendapatkan nilai 0,15%. Kadar aspal optimum merupakan penjumlahan nilai kasar aspal rata-rata dengan nilai *asphalt flow down*, sehingga didapat nilai adalah 5,3%. Penentuan nilai kadar aspal optimum dapat dilihat pada Gambar 4, Gambar 5 dan Gambar 6



Gambar 4 Nilai VITM untuk Penentuan KAO



Gambar 5 Nilai Cantabro untuk Penentuan KAO



Gambar 6 Nilai AFD untuk Penentuan KAO

4.4 Karakteristik Marshall

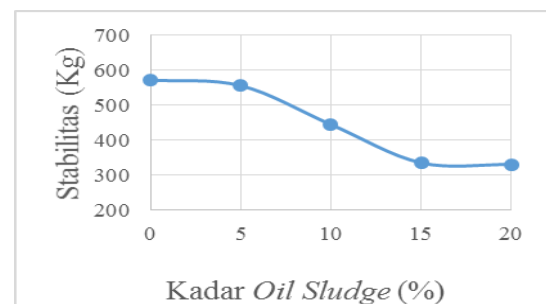
Setelah dilakukan penelitian dengan cara mengganti aspal pen 60/70 dengan *oil sludge* pada kadar tertentu yang digunakan pada campuran Porus terlihat bahwa perilaku campuran aspal porus mengalami perubahan.

Tabel 6 Rekap Hasil Pengujian Aspal Porus

Oil Sludge	0%	5%	10%	15%	20%	Spesi fikasi
Stabilitas	572	556	445	336	331	>500
Flow	3,98	3,48	2,78	2,57	2,55	2 – 6
MQ	172	160	159	131	129	<400
VITM	18,9	19,0	18,6	18,0	17,9	18-25
VFWA	32,9	34,6	35,3	36,2	36,4	-
VMA	29,0	29,0	28,7	28,2	28,0	-
Density	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	-
Cantabro	34,2	34,9	34,4	29,4	17,3	>35
AFD	0,11	0,15	0,11	0,14	0,09	>0,3

1. Stabilitas

Penurunan nilai stabilitas dari hasil pengujian campuran perkerasan aspal yang telah disubstitusi *oil sludge* memiliki kemampuan menahan beban yang lebih rendah dari sebelum adanya substitusi seperti yang dapat dilihat pada Gambar 7 berikut.



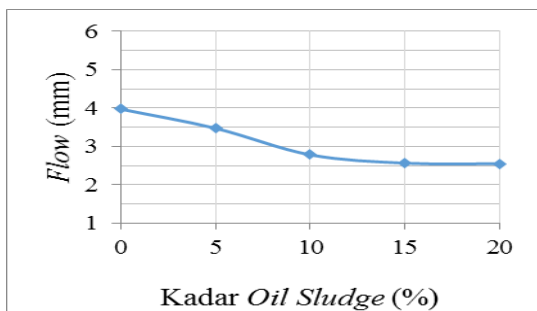
Gambar 7 Hubungan Kadar Oil Sludge dengan Stabilitas

Hal ini disebabkan karena nilai penetrasi aspal yang telah disubstitusi *oil sludge* memiliki nilai yang lebih tinggi (lentur) sehingga kekuatan campuran dalam menerima beban memiliki nilai yang lebih rendah dari sebelum adanya substitusi *oil sludge*. Dengan makin bertambahnya kadar substitusi *oil sludge* pada proporsi berat yang sama, campuran dengan substitusi *oil*

sludge tidak dapat mempertahankan ikatan agregat agar tetap pada posisinya sehingga terjadi penurunan nilai stabilitas. Dari hasil pengujian dilaboratorium, didapatkan nilai Stabilitas paling tinggi pada campuran aspal porus pada kondisi normal 0% sebesar 572,54 kg serta dengan substitusi *oil sludge* nilai stabilitas terbesar yang didapat adalah pada kadar 5% yaitu sebesar 556,63 kg, dan nilai stabilitas terendah campuran dengan kadar substitusi *oil sludge* 20% sebesar 331,50 kg. Dari nilai stabilitas yang didapat dari pengujian tersebut, maka sebagian campuran dengan substitusi *oil sludge* memenuhi persyaratan stabilitas AAPA (2004) minimal 500 (kg) yaitu pada kadar 0% dan 5%.

2. Flow

Kadar substitusi *oil sludge* semakin tinggi akan menurunkan nilai *flow* seperti yang dapat dilihat pada Gambar 8 berikut.



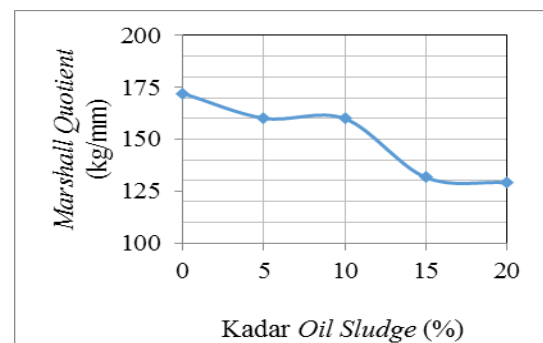
Gambar 8 Hubungan Kadar Oil Sludge dengan Flow

Penurunan nilai *flow* disebabkan *oil sludge* memiliki nilai penetrasi yang lebih besar dari pada aspal pen 60/70, sehingga pada berat yang sama pada campuran dengan substitusi *oil sludge* menjadi lebih getas dan mudah retak bila ada pembebanan. Dengan meningkatnya proporsi kadar *oil sludge* maka semakin lentur kondisi campuran perkerasan tersebut, sehingga aspal pen 60/70 dengan substitusi *oil sludge* tidak dapat mempertahankan posisi ikatan antar agregat yang menghasilkan penurunan nilai *flow*. Dari hasil pengujian dilaboratorium, didapatkan nilai Flow paling tinggi pada substitusi kadar 5% yaitu sebesar 3,98 mm, dan nilai Flow substitusi 20% *oil sludge* sebesar 2,55 mm. Berdasarkan AAPA

(2004), nilai *flow* untuk aspal porus yaitu >2 mm dan < 6 mm, maka nilai *flow* semua kadar *oil sludge* tetap memenuhi persyaratan AAPA (2004).

3. MQ

Nilai stabilitas dan *flow* yang semakin menurun juga akan menurunkan nilai MQ seperti yang dapat dilihat pada Gambar 9 berikut.

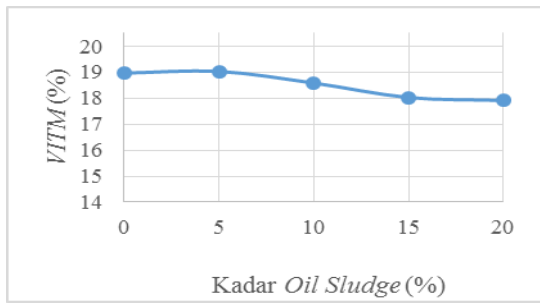


Gambar 9 Hubungan Kadar Oil Sludge dengan MQ

Nilai MQ semakin menurun dikarenakan nilai stabilitas dan *flow* sama-sama mengalami penurunan. Campuran dengan nilai stabilitas yang rendah dan *flow* yang rendah memiliki sifat stabil dan cenderung dapat mempertahankan bentuk yang sesuai dengan kapasitasnya. Dari hasil pengujian dilaboratorium, didapatkan nilai Marshall Quotient awal paling tinggi pada campuran yang belum disubstitusi *oil sludge* 0% yaitu sebesar 172,17 mm, tetapi seiring dengan bertambahnya kadar *oil sludge* nilai MQ semakin menurun, nilai Marshall Quotient pada kadar tertinggi campuran dengan *oil sludge* 20% yaitu 129,11 mm. Hal ini disebabkan penurunan nilai Stabilitas dan penurunan nilai *flow*.

4. VITM

Rongga yang tersedia dari campuran aspal porus cukup besar dan dengan adanya substitusi *oil sludge* nilai rongga tersebut mengalami penurunan bertambahnya kadar *oil sludge* yang digunakan, seperti yang dapat dilihat pada Gambar 10.

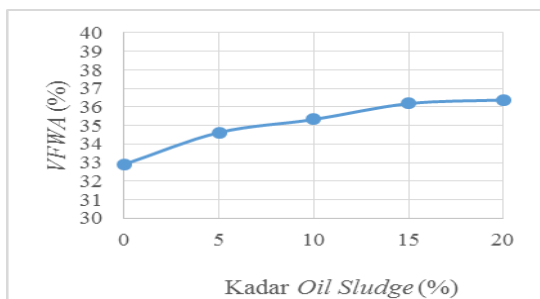


Gambar 10 Hubungan Kadar Oil Sludge dengan VITM

Nilai VITM juga mengalami penurunan hal ini disebabkan karena aspal yang telah disubstitusi dengan *oil sludge* memiliki sifat yang lebih encer dibandingkan dengan aspal Pen 60/70 dan memiliki kadar mineral yang tinggi yaitu 48,05% dari kadar *oil sludge*, sehingga menyebabkan pencampuran aspal dengan agregat lebih mudah tetapi pelapisan aspal pada agregat cenderung tipis dan mineral yang terkandung dapat mengisi rongga menjadi lebih kecil. Semakin besar kadar *oil sludge* semakin banyak pula volume yang terisi oleh aspal yang telah disubstitusi maka menjadi semakin rapat (rongga semakin kecil). Dari hasil pengujian dilaboratorium, didapatkan nilai VITM paling tinggi pada campuran yang disubstitusi *oil sludge* 5% yaitu sebesar 19,03% dan dengan seiring bertambahnya kadar *oil sludge* nilai VITM semakin menurun, nilai VITM pada kadar *oil sludge* tertinggi campuran 20% yaitu 17,91%.

5. VFWA

Nilai VFWA meningkat dengan adanya kadar *oil sludge* yang bertambah seperti yang dapat dilihat pada Gambar 11 tersebut.

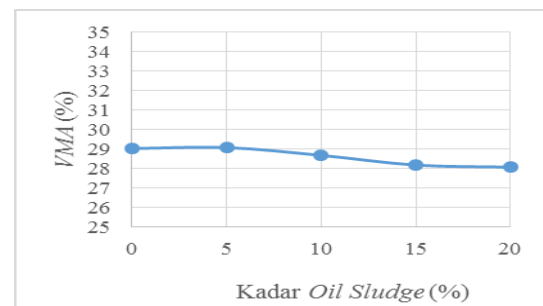


Gambar 11 Hubungan Kadar Oil Sludge dengan VFWA

Nilai VFWA mengalami peningkatan hal ini disebabkan karena aspal yang telah disubstitusi *oil sludge* memiliki sifat yang lebih encer, sehingga semakin besar kadar substitusi aspal semakin banyak volume aspal yang mengisi rongga dalam campuran sehingga campuran menjadi semakin rapat (VITM rendah), sehingga VFWA semakin meningkat. Dari hasil pengujian dilaboratorium, didapatkan nilai VFWA paling tinggi pada campuran dengan substitusi *oil sludge* 20%, yaitu sebesar 36,38%, dan nilai VFWA paling rendah campuran dengan 5% yaitu sebesar 32,90%.

6. VMA

Nilai VMA yang didapat dengan adanya substitusi *oil sludge* ditunjukkan pada Gambar 12 berikut.

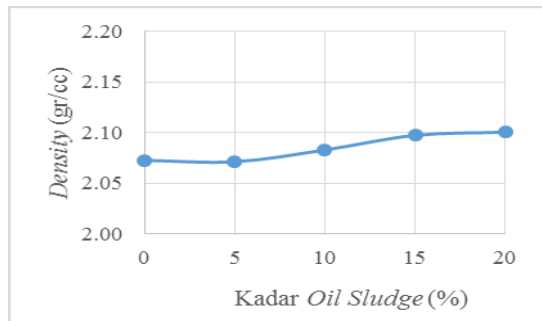


Gambar 12 Hubungan Kadar Oil Sludge dengan VMA

Penurunan nilai VMA terjadi karena aspal yang telah disubstitusi dengan *oil sludge* memiliki nilai penetrasi yang lebih besar dan kadar mineral yang tinggi sehingga aspal yang telah disubstitusi lebih encer dan mengandung banyak mineral, semakin besar kadar substitusi *oil sludge* semakin banyak pula mineral yang dapat mengisi rongga dalam campuran sehingga menjadi semakin rapat (rongga semakin kecil) dan jarak antar mineral agregat menjadi semakin rendah (VMA menurun). Dari hasil pengujian dilaboratorium, didapatkan nilai VMA paling tinggi pada campuran dengan substitusi *oil sludge* 5%, yaitu sebesar 29,09 %, dan Nilai VMA campuran dengan substitusi *oil sludge* 20% paling rendah yaitu sebesar 28,09%.

7. Density

Penambahan *oil sludge* mampu menaikkan *density* campuran perkerasan aspal porus seperti yang ditunjukkan pada Gambar 13 tersebut.

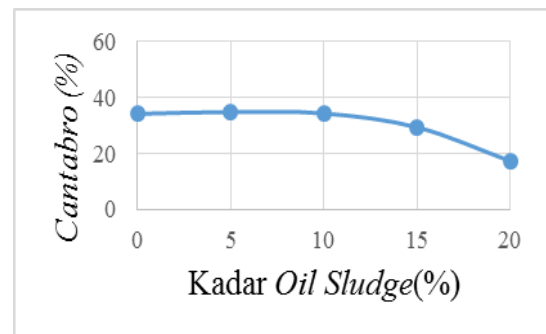


Gambar 13 Hubungan Kadar Oil Sludge dengan Density

Hasil *density* menunjukkan peningkatan, hal ini disebabkan oleh berat jenis *oil sludge* yang lebih rendah serta sifat dari aspal yang telah disubstitusi *oil sludge* memiliki nilai penetrasi yang lebih tinggi dan memiliki kadar mineral yang cukup tinggi, sehingga pada berat yang sama volume dengan substitusi *oil sludge* yang lebih besar akan menghasilkan campuran yang lebih rapat. Semakin besar substitusi *oil sludge* maka aspal yang telah disubstitusi semakin lebih cair dan mengandung mineral dapat mengisi rongga dalam campuran sehingga campuran menjadi semakin rapat (rongga semakin kecil). Dari hasil pengujian di laboratorium, didapatkan nilai *density* paling tinggi pada kadar *oil sludge* 20%, yaitu sebesar 2,10 gr/cc, serta nilai *density* terendah dengan *oil sludge* 0% paling rendah yaitu sebesar 2,07 gr/cc

4.5 Karakteristik Cantabro

Untuk mengetahui ketahanan terhadap benturan campuran aspal porus maka dilakukan pengujian *cantabro* dan menghasilkan ketahanan yang semakin baik seperti ditunjukkan pada Gambar 14 berikut.

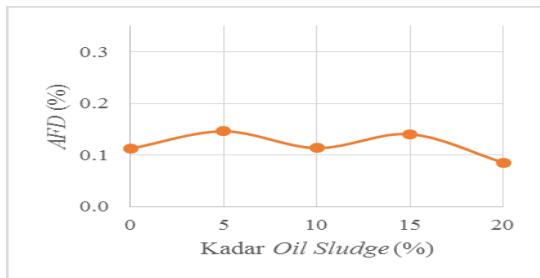


Gambar 14 Hubungan Kadar Oil Sludge dengan Cantabro

Penurunan pada hasil pengujian *Cantabro* menunjukkan bahwa ketahanan campuran terhadap benturan cenderung meningkat, ini disebabkan kehilangan berat pada campuran yang semakin kecil dengan persentase penambahan substitusi *oil sludge*. Hal ini dipengaruhi oleh nilai penetrasi aspal yang telah disubstitusi lebih besar dan kandungan mineral *oil sludge* sehingga cenderung lebih mudah dalam pemadatan sehingga ketahannya terhadap benturan semakin besar. Selain itu juga nilai *VFWA* yang semakin meningkat seiring bertambahnya kadar *oil sludge* juga mempengaruhi penurunan pada nilai *Cantabro* karena rongga yang terselimuti oleh aspal semakin meningkat yang disebabkan oleh aspal yang telah disubstitusi dapat semakin mengisi rongga yang dalam campuran. Nilai *Cantabro* paling tinggi terdapat pada campuran Porus dengan kadar *oil sludge* 0% yaitu sebesar 34,22%, sedangkan nilai paling rendah terdapat pada campuran aspal porus dengan kadar *oil sludge* 20% yaitu sebesar 17,32%.

4.6 Karakteristik Asphalt Flow Down

Pengujian yang dilakukan mendapatkan hubungan antara kadar *oil sludge* dengan nilai *AFD* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 15 berikut.



Gambar 15 Hubungan Kadar Oil Sludge dengan AFD

Penurunan pada hasil pengujian *Asphalt Flow Down* menunjukkan bahwa pemisahan antara aspal dengan agregat semakin menurun seiring bertambahnya kadar *oil sludge*, dengan adanya substitusi aspal pengikatan yang terjadi terhadap agregat oleh aspal lebih baik seiring bertambahnya substitusi aspal. Hasil dari uji *Asphalt Flow Down* didapat nilai pemisahan aspal terhadap penambahan persentase kadar *oil sludge* pada proporsi 0% yaitu sebesar 0,11%, kadar *oil sludge* 5% sebesar 0,15%, kadar *oil sludge* 10% sebesar 0,11%, kadar *oil sludge* 15% sebesar 0,14%, dan kadar *oil sludge* 20% sebesar 0,09%. AAPA (2004) mensyaratkan batas nilai *Asphalt Flow Down* pada aspal porus sebesar maksimal 0,3%, karena pada batas tersebut campuran memiliki homogenitas pada kadar aspal tertentu yang dapat tercampur baik pada campuran aspal porus.

5 SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan perhitungan dari karakteristik campuran Aspal Porus dengan substitusi Aspal Pen 60/70 dengan Residu Aspal /Oil Sludge maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Sifat fisik aspal menjadi meningkat seiring bertambahnya *oil sludge* yang digunakan. Nilai *Penetration index (PI)* menunjukkan bahwa seiring bertambahnya kadar *oil sludge* nilai *PI* semakin besar. Nilai *PI* tertinggi pada kadar *oil sludge* 20% yaitu sebesar 1,387 yang berarti bahwa semakin tinggi kadar

oil sludge maka semakin tidak peka terhadap perubahan temperatur.

2. Residu Aspal / *Oil Sludge* layak dan dapat digunakan sebagai substitusi sampai kadar tertinggi 7,7%. Nilai stabilitas tertinggi dicapai pada campuran dengan kadar *oil sludge* 5% yaitu sebesar 556,63 kg dengan *flow* 3,48 mm. Meskipun mengalami perubahan dalam karakteristik *Marshall* pada nilai stabilitas dan *flow* mengalami perubahan yang signifikan, namun pada nilai *VITM*, *VFWA*, *VMA*, *MQ*, dan *density* menunjukkan perubahan ini tidak signifikan.
3. Nilai persen kehilangan berat / *Cantabro* menurun seiring dengan penambahan substitusi *oil sludge*. Dengan nilai *cantabro* terendah yaitu sebesar 17,32% pada kadar *oil sludge* 20%, meskipun demikian peningkatan yang ditunjukkan cukup besar tetapi tidak signifikan.

5.2 Saran

Merujuk pada hasil penelitian campuran Aspal Porus maka penulis memberikan saran sebagai berikut.

1. Perlu adanya penelitian terkait nilai IRS atau *Marshall* perendaman, karena menunjukkan peningkatan yang baik.
2. Penggunaan *Oil Sludge* dapat digunakan sebagai bahan perkerasan untuk meningkatkan nilai guna sampai batas kadar maksimal 7,7%.

DAFTAR PUSTAKA

- Australian Asphalt Pavement Association, 2004, *National Asphalt Specification*, AAPA Technology Committee, Australia.
- Bina Marga, 2010, *Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan*, Direktorat Bina Teknik, Jakarta
- Hermadi. Madi, Yohanes Ronny, dan Anwar Yamin, 2015. *Pemanfaatan Oil-Sludge Sebagai Bahan Peremaja Buton Rock Asphalt Untuk Campuran Dingin (Utilization Of Oil-Sludge As A Rejuvenator Of Buton Rock Asphalt For*

- Cold Mix). *Jurnal Jalan-Jembatan*, 2015, 32.1: 44-53.
- Khalid, H. & Perez Jimenez, F.K.,1994. Performances Assessment of Spanish and British Porous Asphalts. In Cabrera, J.G. & Dixon, J.R. (eds). *Performance and Durability of Bituminous Materials, Proceeding of Symposium*, University of Leeds, London.
- Mulyono, R.M, Desrina dan Evita H. Legowo. 2000. "Pemanfaatan Limbah Lumpur Berminyak (Oily-sludge) Melalui Proses Solidifikasi dengan Aspal Buton untuk Pembuatan Material Jalan", *Lembar Publikasi Lentigos Vol 34 No.3/2000*. Hal.38 - 45.
- Prawiro, Bangun & Pasca, Nugraha, 2014, Pengaruh Penggunaan Limbah Beton Sebagai Agregat Kasar Pada Campuran Aspal Porus Dengan Tambahan Gilsonite, *Tugas Akhir*, Universitas Brawijaya, Malang.
- Putranto, Rizky Eka. 2011. Penggunaan Material Galian Dari Desa Koripan, Matesih Untuk Pembuatan Aspal Porous, *Tugas Akhir*, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Suryaman. F, 2009, Pengaruh Penggunaan Limbah Botol Plastik Sebagai Bahan Tambah (Additive) Terhadap Karakteristik Beton Aspal, *Tugas Akhir*, Universitas Atma Jaya, Yogyakarta.
- Zuliansyah, 2015, Pengaruh Penggunaan Rubberized Asphalt Terhadap Karakteristik Campuran Aspal Porus, *Tugas Akhir*, Universitas Sumatera Utara, Medan.