

PENGARUH SUBSTITUSI LUMPUR LAPINDO SEBAGAI FILLER TERHADAP KARAKTERISTIK CAMPURAN ASPAL BETON AC-WC

Haykal Aditya Novendra¹, Qomariah², Armin Naibaho³

Mahasiswa Teknologi Rekayasa Konstruksi Jalan & Jembatan¹, Dosen Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang², Dosen Jurusan Teknik Sipil Politeknik Malang³

Email: haykahnoven321@gmail.com¹, qomariah@polinema.ac.id², ar_naibaho@yahoo.co.id³

ABSTRAK

Lapisan AC-WC (Asphalt Concrete - Wearing Course) dalam konstruksi jalan berfungsi sebagai pelapis permukaan yang menahan beban dan abrasi, penting untuk menghindari kecelakaan akibat tergelincir di jalan basah dan memberikan kenyamanan berkendara. Kontrol ketat terhadap komposisi campuran diperlukan, termasuk pengaturan rongga dengan bahan filler. Limbah lumpur Lapindo dari kebocoran sumur minyak di Porong, Sidoarjo, Jawa Timur sejak 2006 menjadi alternatif pengganti filler dalam campuran aspal karena mengandung silika 50% dan besi oksida 27,70%. Berdasarkan perhitungan Persentase Bitumen gradasi No IV SNI 03-1737-1989, diperoleh nilai tengah 6% lalu dibuat 5 rancangan rencana aspal untuk mencari nilai optimum: 5%, 5,5%, 6%, 6,5%, dan 7%. Konsentrasi optimum 6,03% didapatkan, namun belum memenuhi syarat pada nilai flow dan VIM. Gradasi agregat kasar dan halus serta filler diaplikasikan dengan substitusi semen dan Lumpur Lapindo lolos No. 200 pada variasi konsentrasi filler 0%, 4%, 6%, dan 8%. Rerata stabilitas setelah Uji Marshall pada variasi 0%, 4%, 6%, dan 8% berturut-turut adalah 1264,64 kg, 835,40 kg, 839,14 kg, dan 1200,6 kg, semua memenuhi spesifikasi SNI 03-1737-1989 minimal 800 kg. Rerata nilai flow pada variasi 0%, 4%, 6%, dan 8% berturut-turut adalah 1,23 mm, 2,73 mm, 2,67 mm, dan 2,26 mm. Nilai flow belum memenuhi syarat SNI 03-1737-1989, namun setelah ditambahkan variasi filler lumpur Lapindo, terjadi kenaikan flow pada 4%, 6%, dan 8% dibandingkan variasi 0%. Hasil penelitian ini menyimpulkan bahwa Lumpur Lapindo tidak menguntungkan sebagai filler karena menurunkan nilai stabilitas.

Kata kunci : AC-WC, Filler, lumpur-lapindo, uji marshall

ABSTRACT

The AC-WC (Asphalt Concrete - Wearing Course) layer in road construction serves as a load-bearing and abrasion-resistant surface coating, essential for avoiding slipping accidents on wet roads and providing driving comfort. Strict control of the mix composition is required, including the arrangement of voids with filler materials. Lapindo mud waste from leaking oil wells in Porong, Sidoarjo, East Java since 2006 has become an alternative filler replacement in asphalt mixtures because it contains 50% silica and 27.70% iron oxide. Based on the calculation of Bitumen Percentage gradation No. IV SNI 03-1737-1989, the center value of 6% was obtained and then 5 asphalt design plans were made to find the optimum value: 5%, 5.5%, 6%, 6.5%, and 7%. The optimum concentration of 6.03% was obtained, but it did not meet the requirements for flow and VIM values. Coarse and fine aggregate gradation and filler were applied with cement substitution and Lapindo Mud passed No. 200 at 0%, 4%, 6%, and 8% filler concentration variations. The average stability after Marshall Test at 0%, 4%, 6%, and 8% variations were 1264.64 kg, 835.40 kg, 839.14 kg, and 1200.6 kg respectively, all of which met the SNI 03-1737-1989 specification of at least 800 kg. The average flow values at 0%, 4%, 6%, and 8% variations were 1.23 mm, 2.73 mm, 2.67 mm, and 2.26 mm, respectively. The flow value has not met the requirements of SNI 03-1737-1989. However, after adding Lapindo mud filler variation, there is an increase in flow at 4%, 6%, and 8% compared to 0% variation. The results of this study conclude that Lapindo Mud is not beneficial as a filler because it decreases the stability value.

Keywords: AC-WC, Filler, lapindo mud, Marshall Test

1. PENDAHULUAN

Lapisan aspal beton (LASTON) adalah salah satu jenis campuran aspal yang umum digunakan dalam konstruksi jalan. Laston merupakan singkatan dari "Asphalt Concrete" yang merupakan campuran agregat batu pecah dengan bahan pengikat aspal. Campuran ini digunakan sebagai lapisan permukaan jalan atau lapisan penutup yang menahan beban lalu lintas. Kelebihan ini membuat laston menjadi pilihan yang umum dalam pembangunan jalan raya dan infrastruktur transportasi lainnya karena kemampuannya yang baik dalam menahan beban, ketahanan terhadap cuaca, dan umur pakai yang relatif panjang jika terawat dengan baik.

Aspal Beton terbagi menjadi tiga klasifikasi utama, di antaranya Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC) yang berfungsi sebagai lapisan teratas, Asphalt Concrete Binder Course (AC-BC) yang menempati posisi di bawah AC-WC dan paling bawah adalah Asphalt Concrete Base. AC-BC berperan sebagai lapisan penyambung yang memperkuat struktur. Peran masing-masing lapisan memastikan jalan dapat menanggung beban lalu lintas dengan optimal. Seperti peran lapisan AC-BC memberikan kekuatan struktural pada lapisan di bawahnya. Sedangkan lapisan AC-WC berfungsi sebagai pelapis permukaan yang tahan terhadap beban dan abrasi. Lapisan AC-WC harus memiliki koefisien ketahanan selip yang cukup untuk mencegah kendaraan tergelincir dalam cuaca hujan dan permukaan gelinding/slip untuk kenyamanan berkendara.

Lumpur Lapindo, sebagai limbah hasil dari kebocoran sumur minyak di lokasi pengeboran PT. Lapindo Brantas di Porong, Sidoarjo, Jawa Timur, sejak Mei 2006, menjadi fokus bahan alternatif yang menarik untuk bahan campuran aspal. Hal ini mendorong penulis untuk melihat pada potensi pemanfaatan limbah lumpur Lapindo sebagai pengganti filler pada campuran perkerasan jalan raya, terutama dalam komposisi campuran Laston dan HRS. Selain menjadi bahan limbah, lumpur ini bisa menjadi bagian solusi dalam konstruksi jalan raya dengan mempertimbangkan sifat kimia lumpur Lapindo mengandung 50% silika dan besi oksida 27.20% yang baik untuk meningkatkan kekuatan, stabilitas, dan menutup pori pada permukaan aspal wearing course.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Lapisan Aspal Beton (Laston)

Perkerasan jalan adalah struktur yang dibangun di atas permukaan tanah yang telah dipersiapkan untuk mendukung lalu lintas kendaraan. Fungsinya adalah untuk memberikan permukaan yang halus, kuat, dan tahan lama sehingga kendaraan dapat masing melewatinya dengan nyaman dan aman. Perkerasan jalan terdiri dari beberapa lapisan material yang masing memiliki fungsi spesifik untuk

mendistribusikan beban kendaraan dan melindungi lapisan di bawahnya dari kerusakan (Sukirman, 2016) berikut adalah jenis perkerasan jalan.

Karakteristik Laston (AC-WC)

Karakteristik Laston adalah salah satu komponen vital dari perkerasan lentur yang terdapat pada lapisan AC-WC serta lapisan AC-BC. Campuran ini terdiri dari agregat, filler, dan bahan pengikat aspal yang dicampur secara berkelanjutan hingga mencapai batas suhu pencampuran yang telah ditetapkan sesuai spesifikasi (Azka et al., 2023). Lapisan AC-WC menampilkan permukaan kasar yang lebih halus dibandingkan dengan lapisan lainnya, terutama karena campuran aspal AC-WC memiliki gradasi yang terus menerus dan struktur dengan sedikit celah. Keadaan ini menyebabkan lapisan ini lebih sensitif terhadap variasi dan proporsi dalam komposisi campuran, mengakibatkan respons yang lebih besar terhadap perubahan-perubahan tersebut.

a. Stabilitas

Stabilitas Kemampuan perkerasan jalan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur dan bleeding.

b. Durabilitas (keawetan)

Kemampuan beton aspal menerima repetisi beban lalu lintas seperti berat kendaraan dan gesekan antara roda kendaraan dan permukaan jalan, serta menahan keausan akibat pengaruh cuaca iklim, seperti udara, air, atau perubahan temperatur.

c. Fleksibilitas (kelenturan)

Kemampuan beton aspal untuk menyesuaikan diri akibat penurunan (konsolidasi/ settlement) dan pergerakan dari pondasi tanah dasar, tanpa terjadi retak.

d. Tahan terhadap geser

Kemampuan beton aspal menerima lendutan berulang akibat repetisi beban, tanpa terjadinya kelelahan berupa alur dan retak.

e. Tahap terhadap kelelahan (Fatik)

Kemampuan permukaan beton aspal terutama kondisi basah, memeberikan gaya gesek pada roda kendaraan sehingga kendaraan tidak tergelincir ataupun slip.

f. Kedap air

Kemampuan beton aspal untuk tidak dapat dimasuki air ataupun udara ke dalam lapisan beton aspal.

g. Mudah dilaksanakan (workability)

Kemampuan campuran beton aspal untuk mudah dihamparkan dan dipadatkan tingkat kemudahan dalam pelaksanaan, menentukan tingkat efisiensi pekerjaan.

Aggregat

Agregat didefinisikan secara umum sebagai formasi kulit bumi yang keras dan padat. ASTM mendefinisikan agregat

sebagai suatu bahan yang terdiri dari mineral padat, berupa masa berukuran besar ataupun berupa fragmen-fragmen. (Safitri, 2020).

Aspal

Menurut American Society for Testing and Materials (ASTM), aspal merupakan suatu material berwarna coklat tua hingga hitam, berbentuk padat atau semi-padat, yang terdiri dari bitumen-bitumen yang ada di alam atau diperoleh dari residu minyak bumi. Komposisi utama aspal ini terdiri dari hidrokarbon dengan jumlah atom karbon lebih dari 40. Proses alami atau pengolahan minyak bumi merupakan dua cara yang umum untuk mendapatkan aspal.

Lumpur Lapindo

Terletak di Sidoarjo, Jawa Timur, bencana Lumpur Lapindo dimulai pada Mei 2006 ketika sumur gas milik Lapindo Brantas Inc. yang sedang dioperasikan secara tidak sengaja mengalami kebocoran. Kebocoran ini menyebabkan keluarnya lumpur panas, gas, dan air dari dalam bumi yang terus menerus hingga sekarang, Tabel 1 menampilkan sifat kimia dari Lumpur Lapindo.

Tabel 1. Hasil XRF lumpur Lapindo (Rahmayanti et al., 2020)

| Kandungan | Konsentrasi (%) |
|--------------------------------|-----------------|
| SiO ₂ | 50.00 |
| Al ₂ O ₃ | 06.00 |
| SO ₃ | 0,083 |
| K ₂ O | 02.46 |
| CaO | 08.59 |
| TiO ₂ | 02.02 |
| V ₂ O ₅ | 00.10 |
| MnO | 00.44 |
| Fe ₂ O ₃ | 27.70 |

Lumpur Lapindo memiliki sifat kimia yang sama dengan semen yaitu 50% silika 0,083% sulfur, dan 27,70% besi oksida ke tiga kandungan ini ada pada semen.

PARAMETER MARSHALL

Parameter marshall merupakan metode yang paling banyak digunakan untuk mengevaluasi campuran dan sifat-sifat campuran beraspal

Stabilitas

Stabilitas adalah salah satu indikator utama dari kemampuan campuran aspal untuk menahan beban lalu lintas

yang diberikan oleh kendaraan. Campuran aspal yang memiliki stabilitas tinggi akan cenderung lebih tahan terhadap deformasi permanen atau retak, memberikan kekuatan struktural yang baik pada perkerasan jalan. Pengukuran stabilitas dalam pengujian aspal membantu dalam mengevaluasi kualitas dan kinerja campuran aspal, memastikan bahwa campuran tersebut mampu menahan beban lalu lintas yang diberikan tanpa mengalami kerusakan atau deformasi yang signifikan (Irianto et al., 2020).

Flow

Flow aspal adalah salah satu parameter penting dalam pengujian campuran aspal yang mengukur kemampuan deformasi atau pergerakan campuran aspal ketika dikenakan tekanan yang terkendali. Flow mengacu pada besarnya pergerakan horizontal (atau penyebaran) dari campuran aspal ketika dikenai beban tekanan standar pada suhu tertentu. Pengukuran flow memberikan gambaran tentang kemampuan campuran aspal untuk menyesuaikan diri dengan beban lalu lintas yang terjadi pada permukaan jalan (Irianto et al., 2020). Sebuah nilai flow yang optimal menunjukkan bahwa campuran aspal mampu mengalami deformasi yang terkontrol tanpa mengalami retakan atau kerusakan.

VMA (Voids in Mineral Aggregate)

Voids In Mineral Aggregate (VMA) merupakan parameter penting dalam pengujian campuran aspal yang mengukur volume total ruang pori yang terdapat di antara butiran agregat mineral dalam campuran aspal. VMA dihitung sebagai persentase dari volume kosong atau ruang pori terhadap total volume campuran aspal (Anas et al., 2021). Ini mencakup ruang kosong di antara butiran agregat dan area yang tidak terisi oleh aspal dalam campuran. Semakin tinggi nilai VMA, semakin besar ruang pori yang ada di antara butiran agregat. Ini bisa mengakibatkan kurangnya kepadatan, kurangnya kekuatan, dan daya tahan yang kurang terhadap air atau deformasi pada campuran aspal.

VFA (Voids Filled with Asphalt)

VFA dalam pengujian aspal merujuk pada Voids Filled with Asphalt (Ruang Poros Terisi Aspal). Ini adalah salah satu parameter penting yang digunakan untuk mengevaluasi campuran aspal. VFA mengukur persentase volume dari ruang pori yang terisi oleh aspal dalam campuran aspal (Anas et al., 2021). VFA menggambarkan seberapa baik ruang pori di antara butiran agregat dalam campuran telah diisi oleh bahan pengikat, yaitu aspal.

VIM (Void in Mixture Aggregate)

Void in Mixture (VIM) pada campuran aspal mengacu pada persentase volume ruang pori yang ada di antara butiran agregat dalam campuran aspal yang tidak terisi oleh bahan

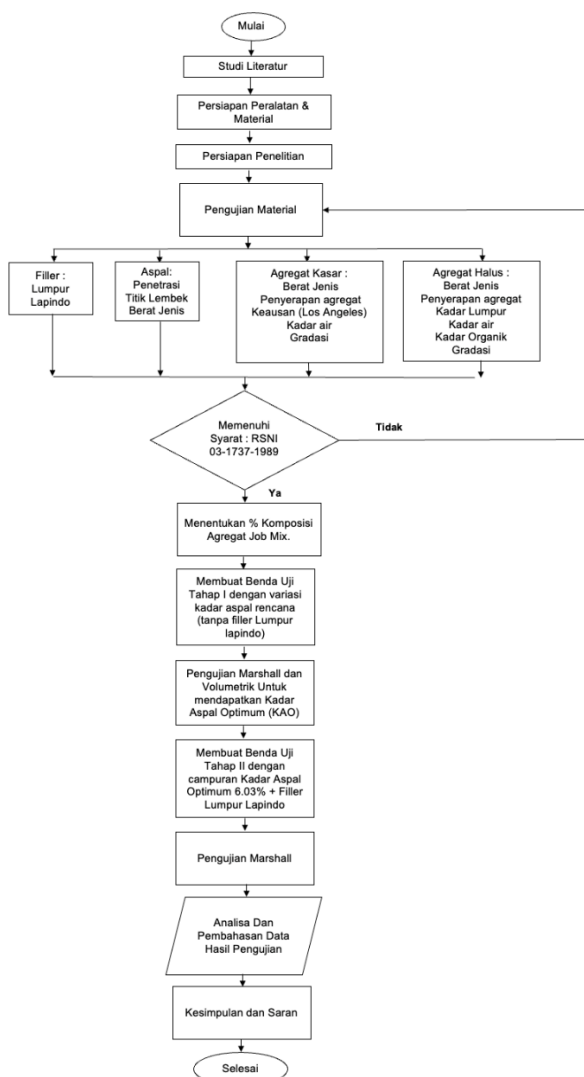
pengikat, biasanya aspal. VIM merupakan parameter penting dalam pengujian campuran aspal yang memperhitungkan ruang kosong di dalam campuran, yang tidak terisi oleh bahan pengikat (Anas et al., 2021).

MQ (Marshall Quotient)

Marshall Quotient adalah salah satu parameter yang digunakan dalam pengujian kualitas campuran aspal. Ini merupakan perbandingan antara stabilitas (kekuatan maksimal yang dibawa oleh spesimen aspal sebelum mencapai kegagalan) dengan flow (deformasi maksimal yang terjadi pada spesimen aspal saat mencapai stabilitas maksimum).

3. METODE PENELITIAN

Adapun tahapan diagram alir yang dilakukan dalam penelitian dengan judul Pengaruh Substitusi Lumpur Lapindo Sebagai Filler Terhadap Karakteristik Campuran Aspal Beton AC-WC sebagai Berikut.



Gambar 1. Flow chart penelitian penambahan filler lumpur Lapindo pada ac-wc

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari pengujian sifat fisik agregat dan aspal untuk membuat campuran laston AC – WC memenuhi persyaratan dan spesifikasi yang ditentukan. Untuk pengujian Penetrasi Aspal diperoleh nilai 69,95 mm, untuk hasil pengujian berat jenis aspal diperoleh nilai 1,03 gr/cc, dan untuk pengujian titik lembek diperoleh nilai 48°C. Sedangkan untuk pengujian berat jenis bulk dan penyerapan agregat kasar diperoleh nilai 2,83 gram/cm³ dan untuk penyerapan diperoleh nilai 2,27 %, pengujian kadar air agregat kasar diperoleh nilai 1,57%, pengujian kekerasan agregat kasar diperoleh nilai 4,157%, pengujian keausan agregat kasar diperoleh nilai 16,16%. Untuk pengujian berat jenis dan penyerapan pasir Lumajang diperoleh nilai 2,69 gram/cm³ dan untuk penyerapan pasir Lumajang diperoleh nilai 0,74, pengujian kadar air pasir Lumajang diperoleh nilai 1,66%, dan untuk pengujian kadar organik pasir Lumajang diperoleh nilai 0,181%. Sedangkan untuk pengujian berat jenis Lumpur Lapindo diperoleh nilai berat jenis 2,31 gram/cm³.

HASIL PENGUJIAN MARSHALL UNTUK MENENTUKAN KADAR ASPAL OPTIMUM (KAO)

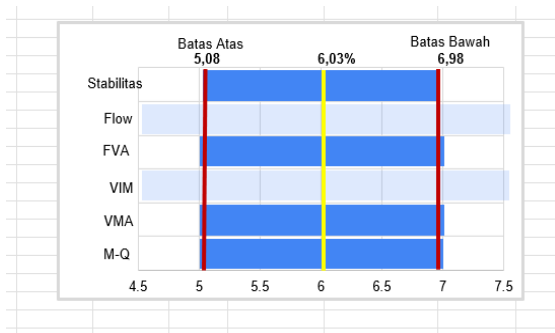
Nilai kadar aspal optimum (KAO) diperoleh melalui pengujian parameter marshall yang meliputi nilai-nilai stabilitas, flow, VIM, VMA, VFA, dan MQ. Variasi Kadar aspal yang digunakan untuk penelitian ini adalah 5%, 5,5%, 6%, 6,5%, dan 7%.

Tabel 2 Hasil Pengujian Menentukan Kadar Aspal Optimum (KAO)

Tabel 2. Hasil Pengujian Marshall benda Uji Normal

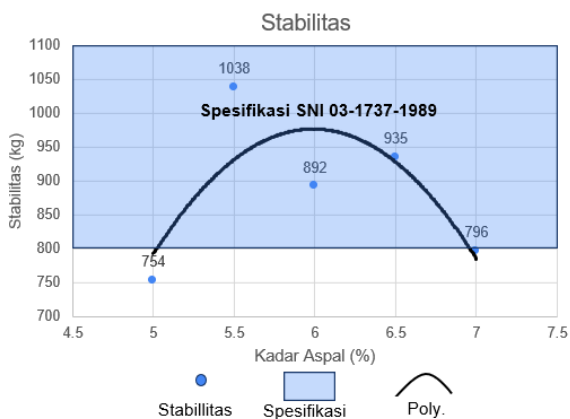
| Aspal | Stabilitas | Flow | VMA | VFA | VIM | MQ |
|------------------------------|---------------|---------|---------|---------|-----------|----------------|
| 5% | 754 | 2,56 | 16,33 | 84,37 | 2,54 | 328,97 |
| 5,5% | 1038 | 1,75 | 16,44 | 89,45 | 1,73 | 639,50 |
| 6% | 892 | 2,55 | 16,98 | 91,58 | 1,43 | 380,96 |
| 6,5% | 935 | 2,48 | 17,70 | 93,99 | 1,08 | 394,59 |
| 7% | 796 | 2,46 | 18,38 | 95,48 | 0,83 | 331,80 |
| Spesifikasi SNI 03-1737-1989 | Min.800 kg/mm | Min 3mm | Min 15% | Min 65% | 3,5 – 5,5 | Min. 250 kg/mm |

Untuk penentuan nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) dilihat dari nilai rata-rata stabilitas, flow, MQ, VIM, VMA, dan VFA yang telah memenuhi spesifikasi SNI 03-1737 1989 untuk campuran AC-WC dan ditentukan dengan diambil kadar aspal yang paling ideal dari batas atas kadar aspal 5,08% sampai kadar aspal batas bawah 6,98%.



Gambar 2. Grafik Kadar Aspal Terpilih Benda Uji Normal

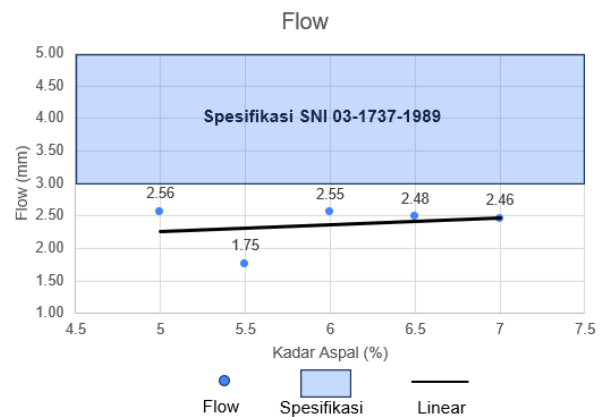
Menunjukkan bahwa nilai karakteristik marshall stabilitas, flow, MQ, VMA, VFA dominan memenuhi syarat yang sudah ditentukan dari Spesifikasi SNI 03-1737-1989. Sehingga kadar aspal terpilih yang didapatkan dari pengujian ini adalah 6,03%.



Gambar 3. Grafik Flow Benda Uji Normal

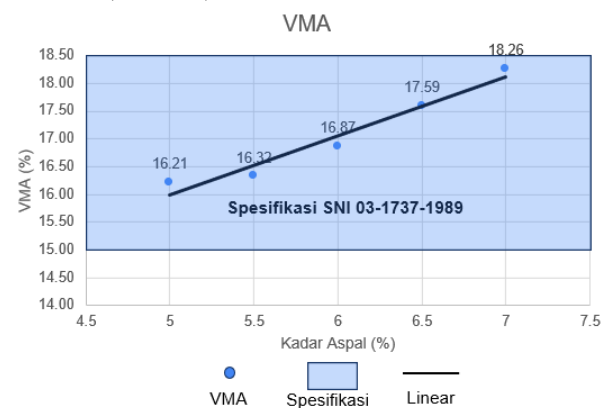
Hasil stabilitas dari pengujian benda uji normal dengan menggunakan kadar aspal 5%, 5,5%, 6%, 6,5%, 7%. dapat dilihat bahwa pada variasi kadar aspal 5%, nilai flow mengalami penurunan, namun kemudian meningkat dengan bertambahnya kadar aspal. Secara keseluruhan, nilai flow dari pengujian ini tidak memenuhi persyaratan SNI 03-1737-1989 (Min. 3,0)

menunjukkan bahwa nilai stabilitas pada variasi 5% tidak memenuhi syarat, kemudian meningkat pada kadar aspal 5,5%, pada 6% mengalami penurunan seperti pada Gambar 2, kemudian stabilitas naik pada 6,5% naik, dan pada 7% menurun dengan peningkatan kadar aspal. Meskipun begitu, semua nilai stabilitas dalam pengujian ini yang memenuhi spesifikasi SNI 03-1737-1989 ada pada variasi 5,5%,6%,6,5%, minimal 800 kg.



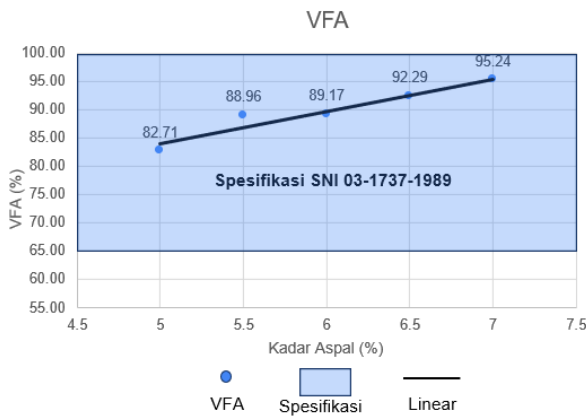
Gambar 4. Grafik Flow Benda Uji Normal

dapat dilihat bahwa pada variasi kadar aspal 5%, nilai flow mengalami penurunan, namun kemudian meningkat dengan bertambahnya kadar aspal. Secara keseluruhan, nilai flow dari pengujian ini tidak memenuhi persyaratan SNI 03-1737-1989 (Min. 3,0).



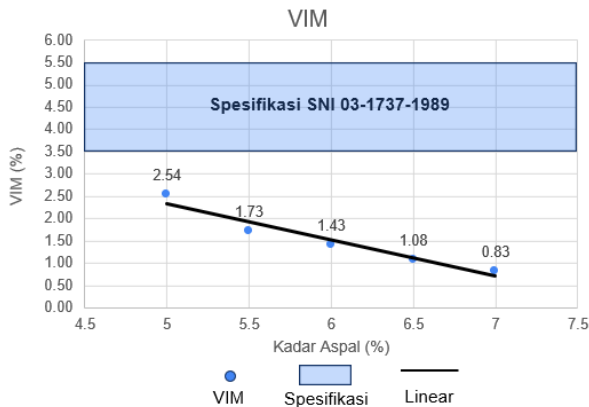
Gambar 5. Grafik VMA Benda Uji Normal

menunjukkan bahwa nilai VMA (Void in Mineral Aggregate) meningkat seiring dengan bertambahnya variasi kadar aspal, Dalam pengujian ini, nilai VMA untuk kadar aspal 5% - 7% memenuhi spesifikasi SNI 03-1737-1989, yaitu minimum 15%.



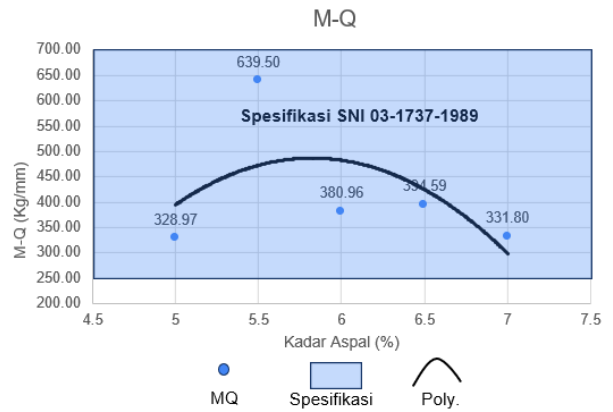
Gambar 6. Grafik VFA Benda Uji Normal

menunjukkan bahwa nilai VFA (Void Filled with Asphalt) meningkat seiring dengan bertambahnya variasi kadar aspal. Semua nilai VFA dalam pengujian ini berada di atas batas minimum spesifikasi SNI 03-1737-1989, yaitu Minimum 65%.



Gambar 7. Grafik VIM Benda Uji Normal

grafik VIM (Void in Mix) menunjukkan bahwa peningkatan kadar aspal menyebabkan penurunan nilai VIM. Ini terjadi karena aspal dapat mengisi lebih banyak rongga dalam campuran, sehingga campuran menjadi lebih padat dengan jumlah rongga yang lebih kecil. Semua nilai VIM pada berbagai kadar aspal dalam pengujian ini berada di bawah batas minimum, yang berarti tidak memenuhi spesifikasi SNI 03-1737-1989 sebesar 3% - 5%.



Gambar 8. Grafik MQ Benda Uji Normal

Berdasarkan Gambar 4.7, nilai MQ meningkat signifikan di kadar aspal 5,5%, namun nilai MQ menurun di 6% dan naik di 6,5% lalu turun di 7%. Nilai MQ yang diperoleh dalam pengujian ini berada di atas batas maksimum yang disyaratkan oleh SNI, yaitu 250.

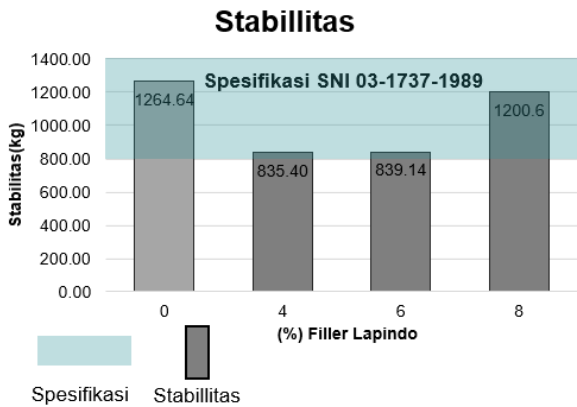
HASIL PENGUJIAN MARSHALL BENDA UJI KAO DENGAN VARIASI FILLER LUMPUR LAPINDO

Hasil pengujian benda uji dengan menggunakan kadar aspal terpilih 6,03% dengan substitusi filler lumpur Lapindo dengan variasi filler 0%, 4%, 6%, 8%.

Tabel 3. Hasil Pengujian Marshall benda Uji Lumpur Lapindo

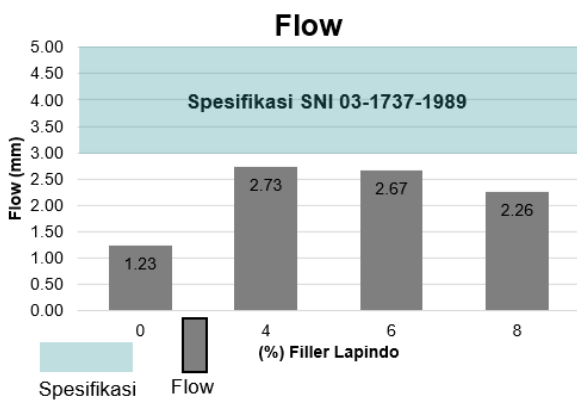
| Variasi | Stabilitas | Flow | VFA | VIM | VMA | M-Q |
|-------------|---------------|---------|---------|--------------|---------|---------------|
| 0% | 1193,95 | 1,23 | 88,87 | 1,71 | 15,38 | 1193,95 |
| 4% | 835,40 | 2,73 | 88,97 | 1,79 | 16,32 | 350,34 |
| 6% | 839,14 | 2,67 | 92,32 | 1,11 | 14,48 | 335,19 |
| 8% | 1200,6 | 2,26 | 91,98 | 1,28 | 15,76 | 537,18 |
| Spesifikasi | Min 800 kg/mm | Min 3mm | Min 65% | Min 3,5-5,5% | Min 15% | Min 250 kg/mm |

Hasil stabilitas dari pengujian benda uji dengan menggunakan kadar aspal terpilih 6,03% dengan substitusi filler lumpur Lapindo dengan variasi kadar 0%, 4%, 6%, 8%.



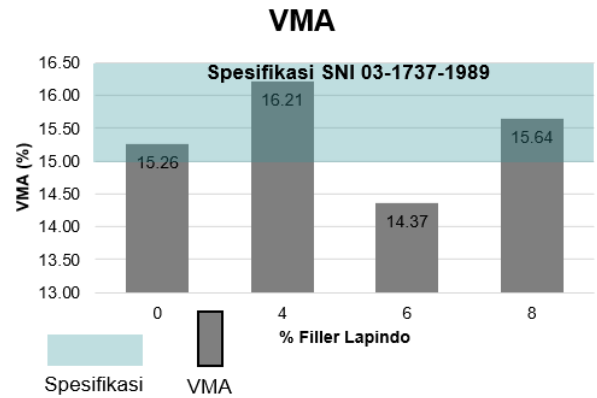
Gambar 9. Grafik Stabilitas Benda Uji Substitusi Filler Lumpur Lapindo

nilai stabilitas mengalami penurunan pada variasi substitusi Filler 4% sebesar 835,40 kg dan 6% substitusi Filler Lumpur Lapindo 839,14 kg, Variasi 8% meningkat sebesar 1200,6 kg. Namun jika dilihat dari kondisi normal 0% dengan nilai 1264,64 kg nilai stabilitas pada kondisi Substitusi Filler Lumpur Lapindo 4% dan 6% mengalami penurunan dan mengalami peningkatan Kembali pada penambahan Lumpur Lapindo 8% dengan nilai stabilitas 1200,6 kg.



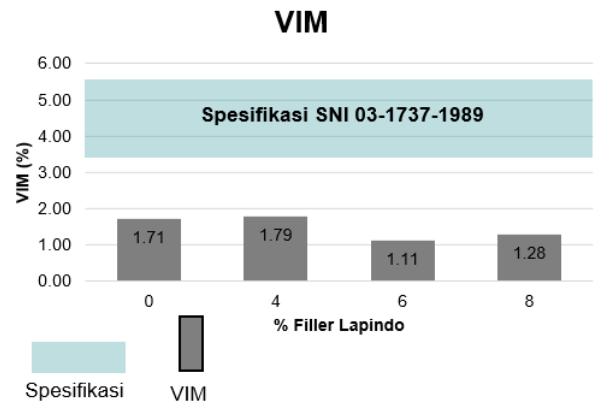
Gambar 10. Grafik Flow Benda Uji Substitusi Filler Lumpur Lapindo

menunjukkan nilai parameter Flow terus mengalami peningkatan, namun keseluruhan nilai Flow tidak berada pada batas spesifikasi 03-1737-1989 yaitu sebesar 3 mm – 5 mm. Nilai flow nilai tertinggi pada kadar substitusi Filler dengan Lumpur Lapindo 4% sebesar 2,73 mm pada kadar substitusi Filler dengan Lumpur Lapindo 6% sebesar 2,67 mm kemudian pada kadar substitusi Filler dengan Lumpur Lapindo 8% sebesar 2,26 mm sedangkan nilai flow terendah terdapat pada kadar substitusi normal 0% sebesar 1.23 mm.



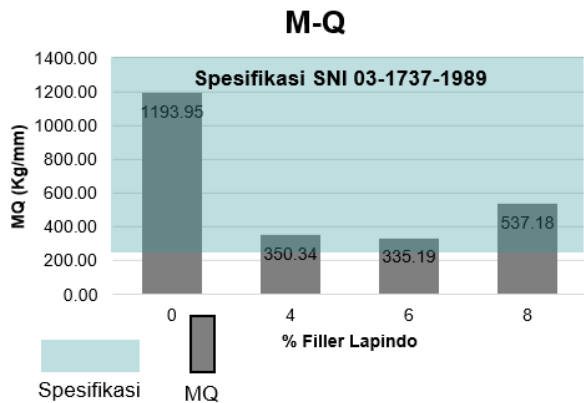
Gambar 11. Grafik VMA Benda Uji Substitusi Filler Lumpur Lapindo

hubungan kadar substitusi Lumpur Lapindo terhadap VMA mengalami kenaikan pada persentase 4% & 8%. Nilai parameter VMA dengan penambahan Filler Lumpur Lapindo 4% sebesar 16,26%, penambahan Filler Lumpur Lapindo 6% menurun sebesar 14,37% dan kadar Filler Lumpur Lapindo 8% meningkat lagi sebesar 15,64%.



Gambar 12. Grafik VIM Benda Uji Substitusi Filler Lumpur Lapindo

hubungan antara kadar substitusi filler dengan Lumpur Lapindo terhadap nilai VIM dari kondisi normal tanpa campuran Lumpur Lapindo 0% sebesar 1,71% substitusi filler dengan Lumpur Lapindo 4% mengalami peningkatan nilai VIM sebesar 1,79%. Pada kadar substitusi filler dengan Lumpur Lapindo 6% sebesar 1,11% dan substitusi filler dengan Lumpur Lapindo 8% sebesar 1.28% mengalami penurunan, yang artinya seiring dengan bertambahnya penambahan Lumpur Lapindo nilai VIM akan menurun.



Gambar 13. Grafik MQ Benda Uji Substitusi Filler Lumpur Lapindo

Marshall Quotient Benda Uji substitusi lumpur Lapindo mendapatkan hasil sebesar 1193,95 kg/mm mengalami peningkatan hingga 4,7 kali dibandingkan dengan spesifikasi yang diisyaratkan SNI 03-1737-1989. Dapat dilihat bahwa campuran memenuhi syarat spesifikasi yaitu nilai MQ minimal 250 kg/mm.

KESIMPULAN

1. Dari penelitian ini dapat diambil kesimpulan bahwa Penelitian Substitusi Filler Lumpur Lapindo Dengan Semen yang telah dilakukan didapatkan nilai Stabilitas dan Flow Pada Variasi 4% (835,40 kg/mm, 2,73 mm), 6% (839,14 kg/mm, 2,67 mm), 8% (1200,6 kg/mm, 2,26 mm) yang mana pada penelitian ini tidak didapatkan kadar filler optimum. Sedangkan, penelitian yang telah dilakukan oleh (Jaelani et al., 2019) Lumpur Lapindo kombinasi Abu batu nilai Stabilitas & Flow sebagai berikut 30% (1096,83 kg/mm, 4,2 mm), 40% (1078,71 kg/mm, 4,70 mm), 50% (1029,79 kg/mm, 4,82 mm), 60% (935,44 kg/mm, 4,77 mm) Kadar Filler Optimum ditemukan 26,50%. Dengan demikian, penggunaan substitusi filler lumpur lapindo dan semen, memberikan dampak yang berbeda yaitu menghasilkan nilai stabilitas dan flow yang lebih kecil dibandingkan dengan penggunaan filler lumpur lapindo dengan abu batu.
2. Hasil Pengujian bahan Agregat kasar, Agregat halus, Filler dan Aspal semua memenuhi spesifikasi.
3. Setelah dilakukan Pengujian Sifat Fisik Material lalu dilanjutkan merancang Job Mix kemudian melakukan pengujian Marshall dan Volumetrik didapat Hasil Karakteristik Marshall meliputi stabilitas, VMA, VFA, dan Marshall Quotient memenuhi standar dengan batas bawah 5,08% dan batas atas 6,98% sehingga didapatkan kadar aspal terpilih sebesar 6,03%.
4. Persentase paling optimal yaitu di 0% karena nilai stabilitas lebih tinggi daripada 4%,6%,8%, Penggunaan

Substitusi Lumpur Lapindo tidak menguntungkan karena menurunkan nilai stabilitas jika dibawah Variasi 8%.

SARAN

1. Penelitian selanjutnya gunakan variasi Substitusi Lumpur Lapindo 8% - 30 %.
2. Harap teliti dan hati-hati pada saat perancangan job mix pada saat tahap penimbangan kebutuhan agregat.
3. Penelitian selanjutnya gunakan Semen Gresik dengan Substitusi Filler menggunakan Lumpur Lapindo dari Desa Jatirejo, Kecamatan Porong, Sidoarjo, Jawa Timur.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Winarno, B., Budi, K. C., Sumargono, Candra, A. I., Muslimin, S., & Sudjati. (2020). Pengaruh Abu Batu Sebagai Filler Terhadap Kinerja Aspal Beton AC-WC Pada Test Marshall. *Jurnal CIVILA*, 5(2), 468–475. <http://www.jurnalteknik.unisla.ac.id/index.php/CVL/article/view/493>
- [2] Jaelani, A., Imananto, E. I., & Agus, P. (2019). Studi Penelitian Pemanfaatan Lumpur Lapindo Sebagai Filler Kombinasi Abu Batu Pada Beton Aspal (Ac- Wc). *Jurnal Sondir*, 1, 20–27. <http://eprints.itn.ac.id/1983/>
- [3] Sasongko, R. N. (2023). Perbandingan Penggunaan Filler Semen dengan Filler Kapur Pada Karakteristik Campuran AC-WC akibat pengaruh masa perendaman air. *Jurnal Civil Engineering Study*, 3(01), 103–114. <https://doi.org/10.34001/10.34001/ces.03012023.12>
- [4] Sukirman, S. (2016). Beton Aspal Campuran Panas. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53, Issue 9).
- [5] Anas, M. N., Siswanto, H., Rahardjo, B., & Taufikurrahman. (2021). Analysis of Asphalt Concrete Wearing Course made with Asphalt Polyurethane Modifier. *Journal of Physics: Conference Series*, 1858(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1858/1/012044>
- [6] Azka, C. N., Rani, H. A., & Katami, T. M. R. (2023). Characteristic of Asphalt Mixture using Fly Ash and Bottom Ash Substitution in Reducing Environment Pollution. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1140(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1140/1/012018>

- [7] Behbahani, H., & Salehfard, R. (2021). A Review of Studies on Asphalt Fine Aggregate Matrix. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 46(11), 10289–10312. <https://doi.org/10.1007/s13369-021-05479-w>
- [8] Nofrianto, H., Wahab, W., Syofian, N., & Wardi, S. (2021). Kajian Bahan Pengisi (Filler) Pada Campuran Panas Aspal Agregat (AC-BC). *Menara Ilmu*, XV(01), 56–66. <https://jurnal.umsb.ac.id/index.php/menarailmu/article/view/2381>
- [9] Safitri, N. A. (2020). Tinjauan Pustaka Tinjauan Pustaka. In *Convention Center Di Kota Tegal* (Issue 938).