

Studi Karakteristik Marshall Pada Campuran Lapis Aspal Beton (Laston) dengan Bahan Tambah Limbah Kain Nilon

Yusnianti¹⁾, Sufrianto^{2*)}, Hujiyanto³⁾, Syamsuddin⁴⁾

¹⁾Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sulawesi Tenggara

²⁾Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sulawesi Tenggara

³⁾Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sulawesi Tenggara

⁴⁾Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sulawesi Tenggara

*Corresponding author. sufriantosaja@gmail.com

ARTICLE INFO

Keywords:

Asphalt, Volumetric and Marshall Testing, Nylon Fabric.

How to cite:

Yusnianti, Sufrianto, Hujiyanto, Syamsuddin (2023). Studi Karakteristik Marshall Pada Campuran Lapis Aspal Beton (Laston) dengan Bahan Tambah Limbah Kain Nilon.



ABSTRACT

The use of nylon fabric waste as adding material for concrete asphalt layers can be one of the solutions, because it can reduce pollution in the environment. The level of variation in adding nylon fabric waste is 0%, 5%, 10% and 15%. Sample testing as many as 24 test specimens. The purpose of this study is to determine the physical properties of the asphalt with the added material of the nylon fabric waste and to determine the properties of the concrete asphalt layer mixture (Laston) with the added material of the nylon fabric waste. The results of testing the addition of nylon fabric waste levels as added material to the asphalt show that the value of the physical properties of asphalt is penetration, soft point, specific gravity, flame point and fuel point and asphalt ductility meets the standard specifications of the 2018 SNI Marga. As well as the addition of nylon substitution waste a number of asphalt at 5%, 10% and 15% content can affect the nature of concrete asphalt layers (Laston). In variations of 5%, 10% and 15% density value of 2,336 gr/cm, 2,327 gr/cm, 2,343 gr/cm, stability of 1892,4 kg, 2239,0 kg, 1953,6 kg, VMA of 15,9%, 16,2%, 15,6%, VIM of 4,4%, 4,7%, 4,1%, VFB of 73,6%, 70,9%, 74,0%, melting of 3,93 mm, 3,43 mm, 3,02 mm and MQ of 480,1 kg/mm, 652,9 kg/mm, 691,5 kg/mm.

1. Pendahuluan

Aspal adalah material kental berwarna coklat gelap atau hitam dengan kelekatan tinggi yang komponen penyusun terbesarnya adalah bitumen yang berbentuk secara alami maupun dari hasil olahan minyak bumi. Penggunaan aspal biasanya didasarkan pada kondisi lalu lintas dan iklim pada wilayah tersebut. Semakin tinggi penetrasi aspal maka semakin tinggi kekerasan aspal begitu pula sebaliknya (Nur, 2021).

Aspal merupakan salah satu material yang digunakan sebagai bahan perkerasan jalan raya, material ini dipilih karena hasil akhirnya yang baik dan nyaman sebagai perkerasan lentur. salah satu cara untuk mencegah terjadinya kerusakan pada perkerasan jalan akibat beban muatan kendaraan adalah dengan meningkatkan kualitas dan stabilitas perkerasan tersebut.

Seiring meningkatnya beban pada perkerasan jalan, maka bahan lapis keras dituntut lebih mampu meneruskan dan meyebarakan beban yang diterima kemudian meneruskannya dan menyebarkan beban tersebut ke lapis yang berada di bawahnya (Septiawan, 2013). Salah satu usaha untuk dapat meningkatkan kualitas perkerasan lapis aspal beton yang dihasilkan dari campuran aspal dan agregat dapat ditambahkan dengan persentase bahan aditif kedalam aspal seperti poliamida. poliamida merupakan bahan sintetis serba guna yang dapat dibentuk menjadi serat, lembaran, filamen atau bulu. ini pada gilirannya dapat digunakan dalam produksi kain, benang dan pital.

Bahan-bahan limbah atau sisa bahan dari kegiatan produksi pabrik *konveksi* atau sisa penjahitan di lingkungan masyarakat khususnya limbah kain di Kota Kendari semakin hari semakin meningkat dengan seiring meningkatnya kebutuhan dan gaya hidup berpakaian. Apabila penggunaan bahan limbah tersebut tidak dimanfaatkan dengan baik, maka akan menimbulkan pencemaran pada lingkungan.

Limbah kain adalah sisa hasil potongan yang tidak terpakai, kain sulit mengurai di tanah, apabila di bakar mengakibatkan polusi udara hal ini akan menambah parahnya pemanasan global apabila tidak ditangani dengan serius. Bahan limbah ini dapat dimanfaatkan sebagai bahan tambah dalam campuran lapis aspal beton menjadi sebagai salah satu solusi untuk mengurangi jumlah limbah kain itu sendiri. Jenis limbah kain yang digunakan adalah kain nilon yang merupakan hasil produk minyak bumi.

Kain nilon merupakan salah satu jenis bahan kain yang terbuat dari produk minyak bumi. Nilon dari rangkaian unit yang ditautkan dengan ikatan peptida (ikatan amida) dan sering diistilahkan dengan poliamida (PA). Ikatan peptida adalah jenis ikatan kovalen yang hanya ditemukan dalam molekul protein. Ikatan ini menyatukan asam amino sama untuk menciptakan rantai peptida, yang kemudian bergabung bersama-sama untuk membentuk protein. Molekul protein mengandung karbon, hidrogen, oksigen, nitrogen dan kadang kala sulfur serta fosfor yang dimana kandungan tersebut juga terdapat pada aspal kecuali sulfur. Beberapa sifat dari bahan nilon adalah yaitu sangat kuat, elastis tidak mudah terkikis, mengkilat, mudah dibersihkan, tidak mudah terkoyak atau lecet, tidak mudah rusak karena minyak dan bahan-bahan kimia, lentur daya serat terhadap air rendah (Saleh, 2017).

2. Tinjauan Pustaka

Menurut Sukirman (1992) dalam Saragi (2021) lapisan aspal beton adalah suatu lapisan pada konstruksi jalan yang terdiri dari campuran aspal keras dan agregat, dicampur dalam keadaan panas serta dipadatkan dengan suhu tertentu. Lapisan yang terdiri dari campuran aspal keras (AC) dan agregat yang mempunyai gradasi menerus, dicampur dan dipadatkan pada suhu tertentu. Lapis ini digunakan sebagai lapis permukaan struktural dan lapis pondasi. Lapisan aspal beton (Laston) secara umum digunakan di berbagai negara adalah di rencanakan untuk mendapatkan kepadatan yang tinggi, nilai struktural yang tinggi, dan kadar aspal yang rendah.

Hal ini biasanya menjadikan suatu bahan relatif kaku sehingga konseskuensi ketahanan rendah dan keawetan yang terjadi juga rendah.

Lapis aspal beton (Laston) merupakan satu dari beberapa jenis perkerasan yang umum digunakan dalam perkerasan jalan di Indonesia karena memiliki beberapa keuntungan dalam penggunaannya, yaitu kedap air, stabilitas tinggi sehingga mampu memikul beban besar (Syaharuddin, 2021). Menurut Kurniasari (2018) lapis aspal beton terdiri dari 3 macam

campuran, yaitu laston sebagai lapis aus, laston sebagai lapisan antara dan laston sebagai lapis pondasi.

Menurut Widayanti (2018) sifat-sifat fisik aspal yang sangat mempengaruhi perencanaan, produksi dan kinerja campuran beraspal antara lain:

a. Durabilitas

Sifat-sifat aspal berubah secara signifikan akibat oksidasi dan pengelupasan yang terjadi baik pada saat pencampuran, pengangkutan dan penghamparan campuran beraspal di lapangan. Kemampuan aspal untuk menghambat laju paku disebut durabilitas aspal.

b. Adhesi dan Kohesi

Uji daktilitas aspal adalah uji kuantitatif yang secara tidak langsung dapat digunakan untuk mengetahui kemampuan partikel aspal keras untuk melekat satu sama lain. Aspal keras dengan nilai daktilitas yang rendah adalah aspal yang memiliki kohesi yang kurang baik dibandingkan dengan aspal dengan nilai daktilitas tinggi.

c. Kepekaan Terhadap Temperatur

Seluruh aspal bersifat termoplastik yaitu menjadi lebih keras bila temperatur menurun dan lunak bila temperatur meningkat. Kepekaan aspal untuk berubah sifat akibat perubahan temperatur dikenal sebagai kepekaan aspal terhadap temperatur.

d. Pengerasan dan Penuaan

Proses penuaan karena oksidasi jangka pendek maupun jangka panjang menyebabkan terjadinya pengerasan pada aspal dan selanjutnya dapat meningkatkan kekakuan campuran beraspal sehingga dapat mempengaruhi kinerja campuran.

Bahan penyusun campuran lapis aspal beton terdiri atas:

a. Aspal

Aspal adalah komponen utama dalam pembuatan laston. Aspal terbuat dari suatu unsur minyak bumi yang paling kasar tetapi bukan hasil proses utama dalam distilasi minyak bumi. Material ini berwarna hitam kecoklatan bersifat viskoelastis sehingga lunak dan mencair apabila dipanaskan pada suhu tertentu dan mengeras pada suhu rendah sehingga dapat membungkus partikel agregat pada waktu pembuatan campuran aspal beton (Suprayitno, 2019).

b. Agregat Halus

Agregat halus adalah agregat yang melewati saringan No.4 (4,75 mm). Agregat halus juga disebut dengan pasir (pasir kasar dan pasir halus). Agregat halus harus bersih, keras dan bebas dari lempung atau bahan lain yang tidak diinginkan (Arifin, 2007).

c. Agregat Kasar

Agregat kasar adalah agregat yang tertahan pada saringan No.8 atau 2,38 mm. Agregat kasar berupa batu pecah atau kerikil pecah yang bersih, kering, awet, kuat, bersudut dan bebas dari bahan lain yang mengganggu serta mempunyai tekstur permukaan yang kasar dan tidak bulat agar dapat memberikan sifat ikatan yang baik dengan material yang lain (Arifin, 2007).

d. Bahan Pengisi (*Filler*)

Bahan pengisi (*filler*) adalah bahan berbutir halus yang lolos ayakan No. 30 dimana persentase berat butir yang lolos ayakan No. 200 serta bersifat non plastis (Kurniasari, 2018).

e. Bahan Tambah (Kain Nilon)

Kain nilon merupakan salah satu jenis bahan kain yang terbuat dari produk minyak bumi. Nilon dibuat dari rangkaian unit yang ditautkan dengan ikatan peptida (ikatan amida) dan sering diistilahkan dengan poliamida (PA) (Palmer, 2001).

Sifat-sifat penting yang harus dimiliki oleh suatu campuran lapis aspal beton antara lain:

- Stabilitas
- kelelahan (*flow*)

- Rongga terhadap campuran (VIM)
- Rongga antar agregat (VMA)
- Rongga terisi aspal (VFB)
- Marshall Quotient (MQ)

Tabel 1. Ketentuan Sifat-Sifat Campuran Lapis Aspal Beton (Laston)

| Sifat-sifat Campuran | | Laston | | |
|-------------------------------------------------------------------|------|-----------|--------------|---------|
| | | Lapis Aus | Lapis Antara | Fondasi |
| Jumlah tumbukan per bidang | | 75 | | 112 |
| Rasio partikel lolos ayakan 0,075 mm dengan kadar efektif | Min | 0,6 | | |
| | Maks | 1,2 | | |
| Rongga dalam campuran % | Min | 3,0 | | |
| | Maks | 5,0 | | |
| Rongga dalam agregat (VMA) % | Min | 15 | 14 | 13 |
| Rongga terisi aspal % | Min | 65 | 65 | 65 |
| Stabilitas Marshall (kg) | Min | 800 | | 1800 |
| Pelelehan (mm) | Min | 2 | | 3 |
| | Maks | 4 | | 6 |
| Stabilitas Marshall Sisa % setelah perendaman selama 24 jam, 60°C | Min | 90 | | |
| Rongga dalam campuran % pada Kepadatan membal (refusal) | Min | 2 | | |

Sumber: SNI Bina Marga 2018

Uji volumetrik dan Marshall

a Uji Volumetrik Campuran

Pengujian volumetrik adalah pengujian yang menentukan besarnya densitas, *specific gravity* campuran dan porositas dari masing-masing benda uji. Pengujian meliputi pengukuran tinggi, diameter, berat SSD, berat di udara, berat dalam air dari sampel dan berat jenis agregat, *filler* dan aspal. Uji volumetrik campuran terdiri atas:

☑ Berat Jenis agregat kasar

Berat jenis agregat kasar dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Bulk} = A(B-C)$$

$$\text{SSD} = B(B-C)$$

$$\text{APPT} = A(A-C)$$

$$\text{Penyerapan} = (B-A)A \times 100\%$$

Keterangan:

Bulk = Berat jenis curah

SSD = Berat jenis kering permukaan

APPT = Berat jenis semu

A = Berat sample kering oven (gr)

B = Berat sample kering permukaan jenuh (gr)

C = Berat sample kering permukaan jenuh didalam air (gr)

☑ Berat jenis agregat halus dan *filler*

berat jenis agregat halus dan *filler* dengan rumus yaitu:

$$\text{Bulk} = A(B+500-C)$$

$$\text{SSD} = 500(B+500-C)$$

$$\text{APPT} = A(B+A-C)$$

$$\text{Penyerapan} = 500-A A \times 100$$

Keterangan:

Bulk = Berat jenis curah

SSD = Berat jenis kering permukaan

APPT = Berat jenis semu

A = Berat kering (gr)

B = Berat piknometer + berat air (gr)

C = Berat piknometer + berat benda uji + berat air (gr)

U Berat jenis Bulk gabungan (U)

$$U = \frac{100}{(a/B_j a \text{ Bulk}) + (b/B_j b \text{ Bulk}) + (c/B_j c \text{ Bulk}) + (d/B_j d \text{ Bulk})}$$

Keterangan:

U = Bera jenis bulk gabungan

a, b, c, d = Persentase berat dari masing-masing agregat (%)

Bj a, b, c, d Bulk = Berat jenis bulk masing-masing agregat

U Berat jenis Apparent gabungan (App)

$$U = \frac{100}{(a/B_j a \text{ App}) + (b/B_j b \text{ App}) + (c/B_j c \text{ App}) + (d/B_j d \text{ App})}$$

Keterangan:

App = Berat jenis Apparent gabungan

a, b, c, d = Persentase berat dari masing-masing agregat (%)

Bj a, b, c, d App = Berat jenis apparent masing-masing agregat

U Berat jenis efektif (V)

$$V = U + App^2$$

Keterangan:

V = Berat jenis efektif

U = Bera jenis bulk gabungan

App = Berat jenis apparent gabungan

b. Uji Marshall

Pengujian dengan metode dan alat marshall pertama kali di perkenalkan oleh Bruce Marshall, Mississippi State Highway Departemen pada tahun 1948 dan selanjutnya dikembangkan oleh

U.S Corpsof Engineer. Alat marshall merupakan alat tekan yang dilengkapi dengan *proving ring* (cincin penguji) berkapasitas 22,2 kN (5000 ibf) dan *flowmeter*. *Proving ring* digunakan untuk mengukur nilai stabilitas dan flowmeter digunakan untuk mengukur kelelahan plastis atau *flow* (Bancin, 2021). Menurut Putri (2022) karakteristik marshall terdiri atas:

- Stabilitas

Pengujian nilai stabilitas adalah kemampuan lapis perkerasan menerima beban lalu lintas tanpa mengalami perubahan tetap (deformasi permanen) seperti gelombang, alur (*rutting*) aupun *bleeding*.

Nilai stabilitas dapat dihitung dengan

rumus: $S = p \times q$

Keterangan:

S = Nilai stabilitas (kg)

p = Pembacaan arloji stabilitas x kalibrasi alat

q = Angka koreksi tebal benda uji

- Kelelahan (*Flow*)

Pengujian kelelahan (*flow*) adalah besarnya perubahan *vertical* benda uji yang terjadi pada awal pembebanan sehingga stabilitas menurun, yang menunjukkan besarnya perubahan yang terjadi pada lapis perkerasan akibat menahan beban yang diterimanya. Untuk nilai *flow* dapat diketahui dari pembacaan arloji kelelahan (*flowmeter*) pada alat marshall.

- VIM

Adalah volume pori yang masih tersisa setelah campuran beton aspal dipadatkan.

VIM dapat dihitung dengan rumus:

$$VIM = 100 - 100 \times \frac{\text{Kepadatan}}{G_{mm}}$$

Keterangan:

VIM = Rongga udara dalam campuran (%)

G_{mm} = Berat jenis maksimum campuran (gr/cm³)

Kepadatan = Berat jenis bulk campuran padat (gr/cm³)

- Rongga Antar Agregat (VMA)

Rongga antar agregat (VMA) adalah rongga udara antar butir agregat pada suatu perkerasan, termasuk rongga udara dan volume aspal efektif (tidak termasuk volume aspal yang diserap agregat).

VMA dapat dihitung dengan rumus:

$$VMA = 100 - \frac{(\text{Kepadatan} \times (100 - P_b))}{G_{sb}}$$

Keterangan:

VMA = Rongga udara pada material agregat (%)

G_{sb} = Berat jenis bulk agregat (gr/cm³)

Kepadatan = Berat jenis bulk campuran padat (gr/cm³)

P_b = Kadar aspal persen terhadap berat total campuran (%)

- VFB (Rongga Terisi Aspal)

Rongga terisi aspal (VFB) adalah persen rongga yang terdapat diantara partikel agregat (VMA) yang terisi oleh aspal, tidak termasuk aspal yang diserap oleh agregat.

VFB dapat dihitung dengan rumus:

$$VFB = 100 \times \frac{VMA - VIM}{VMA}$$

Keterangan:

VFB = Rongga udara terisi aspal (%)

VMA = Rongga udara pada material agregat (gr/cm³)

VIM = Rongga udara dalam campuran (%)

- Marshall Quotient (MQ)

Marshall quotient adalah perbandingan antara nilai stabilitas dan *flow* (kelelahan). Semakin tinggi nilai marshall quotient (MQ), maka semakin kaku suatu campuran dan semakin rentan campuran tersebut terhadap keretakan.

Marshall Quotient dapat dihitung dengan rumus:

$$MQ = \frac{SM}{F}$$

Keterangan:

MQ = Marshall quotient (kg/mm)

SM = Stabilitas marshall (kg)

F = Flow (mm)

3. Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian ekperimental yang terdiri atas pengujian agregat, pengujian sifat fisik aspal dengan bahan tambah limbah kain nilon dan pengujian sifat-sifat campuran lapis aspal beton dengan bahan tambah limbah kain nilon.

Adapun jenis pengujian yang dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut: Pemeriksaan agregat meliputi uji keausan agregat kasar dengan mesin abrasi *Los Angeles*, uji berat jenis dan penyerapan air agregat kasar dan agregat halus, uji analisa saringan agregat kasar dan agregat halus, uji lolos saringan #200. Pemeriksaan sifat fisik aspal dengan bahan tambah limbah kain nilon meliputi penetrasi aspal, titik lembek aspal, beras jenis aspal, titik nyala dan titik bakar aspal, daktalitas aspal. pemeriksaan sifat campuran lapis aspal beton dengan bahan tambah limbah kain nilon yang terdiri dari stabilitas, kelelahan (*flow*), rongga terhadap campuran (VIM), rongga dalam agregat (VMA), rongga terisi aspal (VFB) dan marshall quotient (MQ). Penambahan limbah kain nilon terhadap campuran lapis aspal beton (laston) dengan kadar variasi 0%, 5%, 10% dan 15% dengan sampel pengujian sebanyak 24 benda uji.

4. Hasil dan Pembahasan

A. Pemeriksaan Bahan

1. Pengujian Agregat Kasar Dan Agregat Halus

Hasil pemeriksaan agregat kasar dan agregat halus dilakukan untuk menentukan kualitas agregat memenuhi standar spesifikasi. Hasil penelitian tersaji pada tabel 2 berikut.

Tabel 2. Hasil Pemeriksaan Agregat

| Jenis Pengujian | Persyaratan | | Hasil |
|----------------------------------------------------------|-------------|-----|-------|
| | Min | Max | |
| Agregat Kasar | | | |
| Berat jenis dan Penyerapan CA 1-2 | | | |
| - Bulk | - | - | 2,672 |
| - App | - | - | 2,729 |
| -Absorbsi | - | 3 | 0,790 |
| - Abrasi | - | 40 | 34,40 |
| Agregat Halus | | | |
| Berat jenis dan Penyerapan FA | | | |
| - Bulk | - | - | 2,560 |
| - App | - | - | 2,694 |
| -Absorbsi | - | 3 | 1,948 |
| - Jumlah Bahan dalam Agregat yang lolos saringan No. 200 | - | 10 | 19,7 |

2. Pengujian Sifat Fisik Aspal dengan Bahan Tambah Limbah Kain Nilon

Hasil pemeriksaan aspal dengan bahan tambah limbah kain nilon dilakukan untuk menentukan kualitas aspal memenuhi standar yang ditentukan. hasil penelitian dapat disajikan dalam tabel 3 berikut.

Tabel 3. Hasil pengujian sifat fisik aspal dengan bahan tambah limbah kain nilon

| Jenis Pengujian | Persyaratan | Hasil |
|-----------------------------|-------------|-------|
| Penetrasi | 60 – 70 | 66 |
| Titik lembek | ≥ 48 | 51,03 |
| Beras jenis | ≥ 1,0 | 1,05 |
| Titik nyala dan titik bakar | ≥ 232 | 330 |
| Daktalitas | ≥ 100 | 150 |

3. Hasil Pengujian Sifat-Sifat Campuran Lapis Aspal Beton

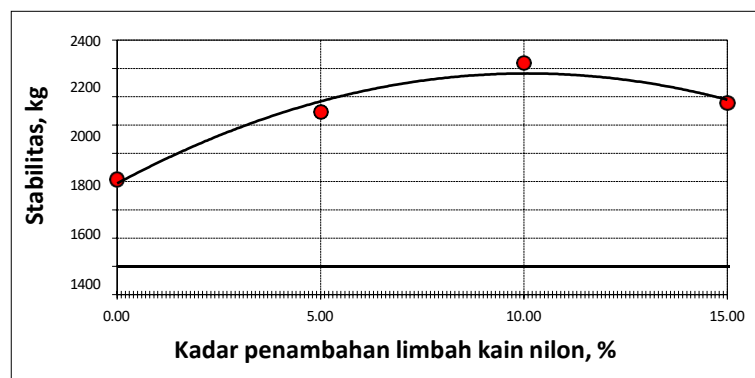
Pengujian sifat-sifat campuran lapis aspal beton dengan bahan tambah limbah kain nilon dilakukan dengan pengujian Test Marshall meliputi stabilitas, Rongga Dalam Agregat (VMA), Rongga Terhadap Campuran (VIM), Rongga Terisi Aspal (VFB), Kelelehan (Flow), Marshall Quotient (MQ). Hasil pengujian dapat disajikan dalam tabel 4 berikut.

Tabel 4. Hasil Pengujian Sifat Campuran Lapis Aspal Beton

| Parameter | Kadar Variasi Limbah Kain Nilon | | | | Spesifikasi |
|--------------------------------|---------------------------------|--------|-------|--------|---------------|
| | 0% | 5% | 10% | 15% | |
| Stabilitas | 1411,5 | 1892,4 | 2239 | 1953,6 | Min 800 kg |
| Rongga Dalam Agregat (VMA) | 16,4 | 15,9 | 16,2 | 15,6 | Min 15% |
| Rongga Terhadap Campuran (VIM) | 5 | 4,4 | 4,7 | 4,1 | 3% - 5% |
| Rongga Terisi Aspal (VFB) | 69,7 | 73,6 | 70,9 | 74 | Min 65% |
| Kelelehan (Flow) | 3,23 | 3,93 | 3,43 | 3,02 | 2 mm – 4 mm |
| Marshall Quotient (MQ) | 438,4 | 480,1 | 652,9 | 691,5 | Min 250 kg/mm |

a. Stabilitas

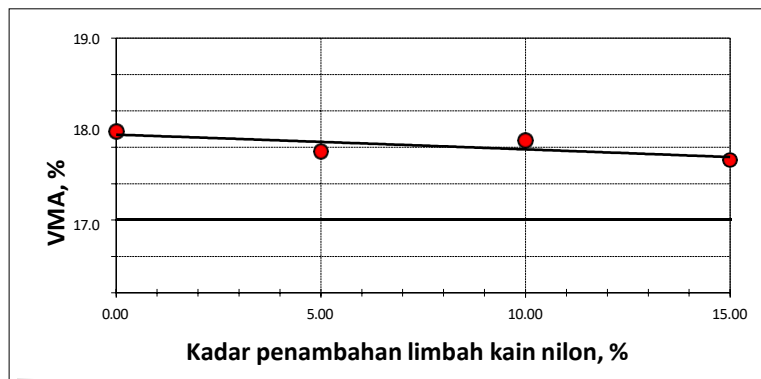
Nilai stabilitas digunakan sebagai ukuran kemampuan campuran untuk menahan deformasi akibat beban lalu lintas. Dari gambar 1 terlihat nilai stabilitas tertinggi terdapat pada campuran aspal dengan kadar variasi 10% yaitu dengan nilai 2239,0 kg dan 15% dengan nilai 1953,6 kg. Nilai stabilitas terendah terdapat pada campuran aspal dengan kadar variasi 5% yaitu dengan nilai 1892,4 kg.



Gambar 1. Grafik Hubungan Kadar Aspal Penambahan Limbah Kain Nilon dengan Stabilitas

b. Rongga Dalam Agregat (VMA)

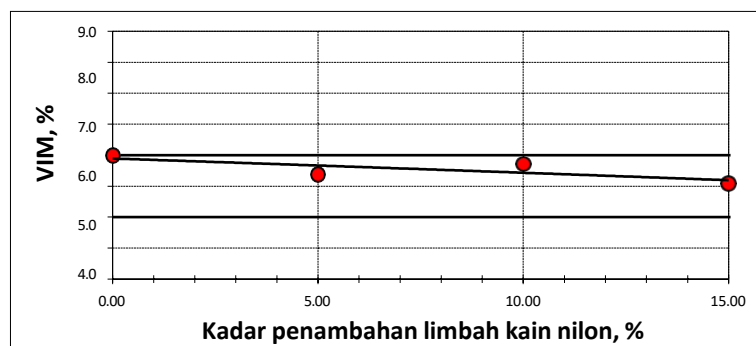
Nilai VMA menunjukkan persentase volume rongga yang terdapat diantara partikel agregat campuran beraspal. Dari gambar 2 terlihat nilai VMA mengalami kenaikan dan penurunan, pada kadar penambahan limbah kain nilon dengan 10% menjadi nilai tertinggi dengan nilai 16,2% dan nilai dengan penambahan limbah kain nilon 5% mengalami penurunan dengan nilai 15,9% dan 15% dengan nilai 15,6%.



Gambar 2. Grafik Hubungan Kadar Aspal Penambahan Limbah Kain Nilon dengan Rongga Dalam Agregat (VMA)

c. Rongga Terhadap Campuran (VIM)

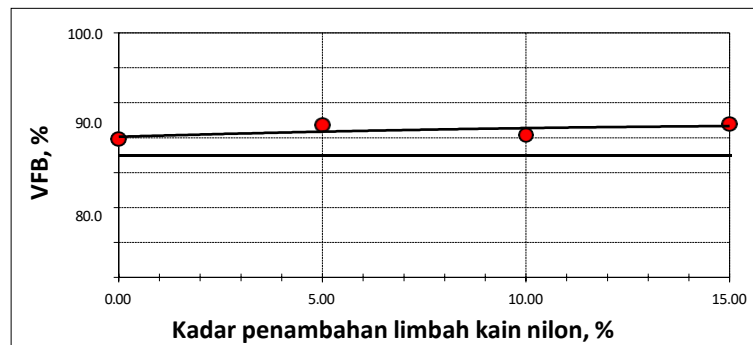
Nilai VIM menunjukkan persentase rongga dalam campuran. Dari gambar 3 terlihat nilai VIM mengalami kenaikan dan penurunan. Nilai VIM tertinggi terdapat pada campuran aspal dengan kadar variasi 10% dengan nilai 4,7% dan nilai VIM terendah terdapat pada campuran aspal dengan kadar variasi 15% dengan nilai 4,1%.



Gambar 3. Grafik Hubungan Kadar Aspal Penambahan Limbah Kain Nilon dengan Rongga Terhadap Campuran (VIM)

d. Rongga Terisi Aspal (VFB)

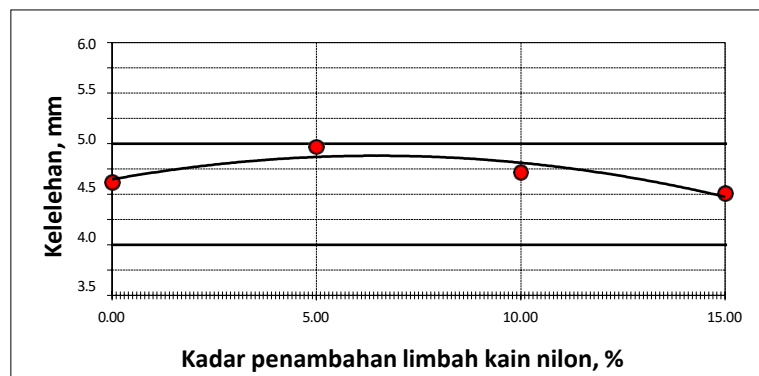
Nilai VFB menunjukkan persentase rongga yang terdapat diantar partikel agregat yang terisi aspal. Dari gambar 4 terlihat nilai VFB mengalami kenaikan dan penurunan. Nilai VFB tertinggi terdapat pada campuran aspal dengan kadar variasi 15% dengan nilai 74,0% dan 5% dengan nilai 73,6%, nilai VFB terendah terdapat pada campuran aspal dengan kadar variasi 10% dengan nilai 70,9%.



Gambar 4. Grafik Hubungan Kadar Aspal Penambahan Limbah Kain Nilon dengan Rongga Terisi Aspal (VFB)

e. Kelelahan (*Flow*)

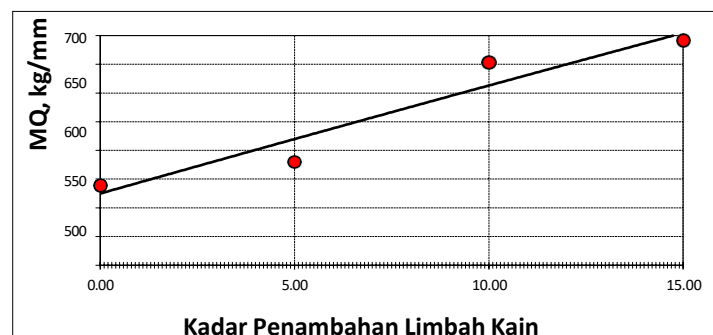
Kelelahan menunjukkan deformasi akibat pembebanan. nilai ini langsung dapat dibaca dari pembacaan arloji saat pengujian marshall. Gambar 4 terlihat dari kadar variasi 5%, 10% dan 15% menunjukkan bahwasemakin tinggi penambahan kadar limbah kain nilon pada aspal maka nilai kelelahan (*flow*) mengalami penurunan.



Gambar 5. Grafik Hubungan Kadar Aspal Penambahan Limbah Kain Nilon dengan Kelelahan (*Flow*)

F. Marshall Quotient (MQ)

Nilai MQ merupakan perbandingan dari nilai stabilitas dan kelelahan. Gambar 5 terlihat adanya peningkatan nilai marshall quotient (MQ) dengan penambahan kadar limbah kain nilon 5%, 10% dan 15% dengan nilai 480,1 kg/mm, 652,9 kg/mm dan 691,5 kg/mm mengalami kenaikan dalam hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi penambahan kadar variasi kain nilon pada aspal maka nilai marshall quotient juga akan meningkat.



Gambar 6. Grafik Hubungan Kadar Aspal Penambahan Limbah Kain Nilon Dengan Marshall Quotient (MQ)

5. Kesimpulan

Penambahan kadar limbah kain nilon sebagai bahan tambah pada aspal menunjukkan bahwa nilai sifat fisik aspal yaitu penetrasi, titik lembek, berat jenis, titik nyala dan titik bakar dan daktilitas memenuhi standar spesifikasi SNI Bina Marga 2018.

Penambahan limbah kain nilon substitusi sejumlah aspal pada kadar 5%, 10% dan 15% dapat mempengaruhi sifat campuran lapis aspal beton (laston). Pada Kadar variasi 5%, 10% dan 15% nilai kepadatan sebesar 2,336 gr/cm³, 2,327 gr/cm³, 2,343 gr/cm³, VMA sebesar 15,9%, 16,2%, 15,6%, VIM sebesar 4,4%, 4,7%, 4,1%, VFB sebesar 73,6%, 70,9%, 74,0%, stabilitas sebesar 1892,4 kg, 2239,0 kg, 1953,6 kg, *flow* sebesar 3,93 mm, 3,43 mm, 3,02 mm dan MQ sebesar 480,1 kg/mm, 652,9 kg/mm, 691,5 kg/mm. Pada penelitian ini penambahan limbah kain nilon terhadap sifat-sifat campuran lapis aspal beton (laston) dengan kadar variasi 5%, 10% dan 15% memenuhi standar spesifikasi SNI Bina Marga 2018.

Referensi

- Arifin, S., Kasan, M., Pradani, N. 2007. Pengaruh Nilai Abrasi Agregat Terhadap Karakteristik Beton Aspal, *Jurnal SMARTek*, Vol 5 (1). PP: 1 – 11.
- Bancin, E.D.L., Lubis, K., Mahd, N. 2021. Pengaruh Penggunaan Tanah Merah Sebagai Filler Pada Campuran Aspal Ac-Bc Terhadap Nilai Marshall, *Journal of Civil Engineering Building and Transportation*, Vol 5 (1). PP:17-25.
- Kurniasari, F.D., Saleh, S.M., Sugiato, S. 2018. Pengaruh Filler Abu Ampas Tebu (Aat) Dengan Bahan Pengikat Aspal Pen 60/70 Pada Campuran Laston Ac-Wc, *Jurnal Arsip Teknik Sipil dan Perencanaan (JARSP)*, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh, Vol1 (4). PP: 69-78.
- Nur, N.K., Mahyuddin., Bachtiar, E., dkk. 2021. Perancangan Perkerasan Jalan, Yayasan Kita Menulis, Medan.
- Palmer, R. J. 2001. Polyamides, *Plastics. Encyclopedia Of Polymer Science and Technology*. Putri, L.R., Widiastuti, M., Alkas, M.J. 2022. Pengaruh Penggunaan Crumb Rubber Dengan Material Senoni Dan Filler Batu Senoni Terhadap Nilai Karakteristik Marshall Asphalt Concrete–Binder Course (Ac-Bc), *Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Sipil*, Universitas Mulawarman, Vol 6 (1). PP: 21-29.
- Saleh, A., Yulistia, E., Rambe, F.R. 2017. Purifikasi Biogas Berdasarkan Perbedaan Mesh Kain Nilon Dan Laju Alir Biogas, *Jurnal Teknik Kimia*, Universitas Sriwiaya, Vol 2 (2). PP: 137-145.
- Saragi, Y.R., Sinaga, A.J. 2021. Analisis Lapisan Aspal Beton (Ac-Bc) Dengan Penambahan Limbah Kaleng Minuman Ditinjau Dari Karakteristik Marshall Dan Uji Penetrasi, *Jurnal Teknik Sipil*, Universitas HKBP Nommensen Medan, Vol1 (1). PP: 49-58.
- Septiawan, T. D. 2013. Pengaruh Penggunaan Bahan Tambah Serbuk Karet Ban Pada Campuran Lapis Aspal Beton, *Jurnal Rekayasa Sipil*, Vol 1 (1). PP: 9-17.

Suprayitno., Mudjanarko, S.W. 2019. Studi Analisis Uji Marshall Pada Pembuatan Campuran Aspal Plastik Jenis Hdpe, *Jurnal Spirit Pro Patria*, Vol5 (2).

Syahrudin., Hafram, S.M., Alifuddin, A. 2021. Pengaruh Variasi Slag Nikel Sebagai BahanTambah Agregat Halus Pada Campuran Lapisan Aspal Beton, *Jurnal Teknik Sipil*, Universitas Muslim Indonesia, Vol 6 (2). PP: 101-107.

Widayanti, A., Soemitro, R.A.A., Ekaputri, J.J., Suprayitno, H. 2018. Kinerja Campuran Aspal Beton Dengan Reclaimed Asphalt Pavement Dari Jalan Nasional Di Provinsi JawaTimur, *Jurnal Manajemen AsetInfrastruktur dan Fasilitas*, Surabaya, Vol 2 (1). PP: 35-43.