

## **Pengaruh Penambahan Plastik *High Density Polyethylene* (HDPE) dalam Campuran *Hot Rolled Sheet Wearing Course* (HRS-WC) terhadap Parameter Marshall, Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah**

Effect of High-Density Polyethylene (HDPE) Addition in Hot Rolled Sheet Wearing Course (HRS-WC) Mixture on Marshall Parameters, Compression Strength and Split Tensile Strength

PEPI NEGA AKMUS

### ABSTRACT

In this study, plastics High-Density Polyethylene (HDPE) were used as an additional ingredient of asphalt for HRS-WC mixtures by using a variation of the plastic content of 0%, 2%, 4%, 6% to the asphalt weight. Bitumen content obtained from the optimum bitumen content of 7.5%. The purpose of this research is to examine and to compare the Marshall characteristics, compressive strength and split tensile of HRS-WC mixture. The results showed that the addition of HDPE plastic provide a significant influence on the marshall characteristic, split tensile strength and compressive strength. Asphalt stability with the addition of HDPE by 2%, 4% and 6% compliant with the specifications of marshall stability results respectively amounted to 2589.40 kg, 2257.13 kg and 2385.16 kg.

**Keywords :** HDPE, Marshall test, tensile strength, compression strength.

### PENDAHULUAN

Cuaca di Indonesia yang tidak menentu menyebabkan kerusakan pada perkerasan jalan, diantaranya berupa alur, gelombang dan naiknya aspal ke permukaan. Hal ini disebabkan karena suhu permukaan jalan lebih tinggi daripada titik lembek aspal yang digunakan. Untuk lebih meningkatkan mutu aspal, saat ini ada bermacam-macam bahan tambah yang bisa digunakan, salah satunya adalah polimer plastik *High Density Polyethylene* (HDPE). HDPE memiliki sifat bahan yang lebih kuat, keras, buram dan lebih tahan terhadap suhu tinggi. HDPE diharapkan dapat memberikan daya tahan aspal terhadap suhu tinggi, meningkatkan penetrasi aspal dan meningkatkan kinerja aspal beton.

Tujuan dari penelitian ini adalah mengkaji dan membandingkan karakteristik Marshall, kuat tekan normal dan kuat tarik belah pada campuran *Hot Rolled Sheet Wearing Course* (HRS-WC) dengan menggunakan plastik HDPE sebagai bahan campuran pada aspal,

dengan menggunakan variasi kadar plastik 0%, 2%, 4%, 6% dari berat aspal.

Parameter penting yang ditentukan dalam pengujian *Marshall* adalah beban maksimum yang dapat dipikul oleh benda uji sebelum hancur atau yang biasa disebut *Marshall flow*, serta turunan dari keduanya yang merupakan perbandingan antara *Marshall stability* dengan *Marshall flow* yang disebut *Marshall Quotient*, yang merupakan nilai kekakuan berkembang (*pseudo stiffness*), yang menunjukkan ketahanan campuran terhadap deformasi *permanent*.

Pengujian kuat tekan normal dimodelkan sebagai pemberian gaya vertikal yang mampu diterima oleh lapis perkerasan. Dari pengujian kuat tekan normal akan didapatkan data berupa beban maksimum, tegangan dan regangan. Tegangan dan regangan akan digunakan untuk memperoleh nilai modulus pada lapis perkerasan.

Menurut Anonim (2002) pengujian kuat tarik belah digunakan untuk mengevaluasi ketahanan geser dari komponen struktur yang terbuat dari beton yang menggunakan agregat

ringan. Pada penelitian ini dilakukan pengujian kuat tarik belah yang dimaksudkan untuk mengetahui ketahanan geser dari lapis perkerasan seperti pada beton, karena untuk aspal biasanya digunakan pengujian *Marshall* yang bertujuan untuk mengetahui stabilitas dari perkerasan.

## METODE PENELITIAN

### Tahapan Penelitian

#### 1. Tahap persiapan

Persiapan bahan meliputi kegiatan pengadaan bahan yang akan digunakan dalam penelitian. Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain agregat kasar, agregat halus, aspal dan plastik *High Density Polyethylene* (HDPE). Agregat kasar dan halus didapatkan dari toko material, sedangkan HDPE didapatkan dari pabrik plastik di Solo, Jawa Tengah. Alat-alat yang digunakan untuk pengujian agregat kasar, agregat halus, aspal dan biji plastik, serta alat uji *Marshall* harus dalam kondisi bersih, baik dan terkalibrasi.

#### 2. Pengujian bahan

Bahan-bahan yang digunakan terlebih dahulu dilakukan pengujian sesuai dengan metode pengujian yang digunakan. Pengujian plastik HDPE meliputi berat jenis, suhu, dan kehilangan berat.

#### 3. Perencanaan campuran

Gradasi agregat yang digunakan untuk campuran HRS-WC diambil dari gradasi tengah spesifikasi HRS-WC (Anonim, 2010). Kadar aspal yang digunakan berdasarkan nilai kadar aspal optimum sebanyak 7,5% dari total campuran agregat. Plastik HDPE sebanyak 2%, 4% dan 6% dari berat total Aspal.

#### 4. Pembuatan benda uji

Untuk setiap variasi kadar HDPE dibuat dua (2) benda uji.

Langkah-langkah pembuatan benda uji adalah sebagai berikut:

- a. Biji plastik HDPE dipanaskan secara terpisah sebanyak 2%, 4% dan 6% dari berat aspal dan dipanaskan hingga mencair minimal 15 menit.
- b. Aspal dicampur dengan plastik HDPE yang telah mencair dan diaduk hingga *homogen*.

- c. Agregat dipanaskan sampai dengan suhu 160° C.
- d. Aspal dicampur dengan agregat kemudian diaduk sampai agregat terselimuti oleh aspal.
- e. Setelah itu dimasukkan ke dalam *mold* hingga suhunya mencapai 140°.
- f. *Mold* diletakkan pada alas penumbuk kemudian sisi atas *mold* dikunci. Setelah itu ditumbuk sebanyak 2x75 kali pukulan.
- g. Sampel dikeluarkan dari *mold* dengan menggunakan *ejector*, lalu diberi nomor sampel.

#### 5. Pengujian sampel

- a. Sampel dibersihkan dari kotoran-kotoran yang menempel.
- b. Pada masing-masing benda uji diberi tanda pengenal.
- c. Tinggi dan diameter benda uji diukur dengan ketelitian 0,1 mm.
- d. Sampel ditimbang.
- e. Sampel direndam dalam air kira-kira 24 jam pada suhu ruang.
- f. Sampel ditimbang dalam air untuk mendapatkan isi.
- g. Sampel ditimbang pada kondisi kering permukaan jenuh.

#### 6. Pengujian benda uji dengan menggunakan alat uji *Marshall*. Alat *Marshall* merupakan alat tekan yang dilengkapi dengan :

- a. *proving ring* (cincin penguji) berkapasitas 22,2 kN (5000 lbf), untuk mengukur nilai stabilitas.
- b. *flow-meter*, untuk mengukur kelelahan plastis atau *flow*

#### 7. Pengujian benda uji dengan menggunakan alat uji kuat tekan normal dan kuat tarik belah dengan mengacu pada Anonim (2002). Pengujian ini, dimensi benda uji diukur berupa data tinggi serta luasan dalam satuan mm. Setelah itu benda uji diinput ke mesin uji dan diletakkan sesuai dengan proporsinya kemudian benda uji diberikan beban.

### Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di tiga tempat, yakni untuk pengujian biji plastik dilakukan di Laboratorium Teknologi Pengolahan Dan Pangan, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Institut Pertanian (Instiper), pengujian

agregat dan aspal dilakukan di Laboratorium Bahan Perkerasan Jalan, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, serta pengujian Marshall dilakukan di Laboratorium Transportasi, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada.

### Presentasi Hasil

Data yang diperoleh dari hasil pengujian Marshall yang menjadi dasar perhitungan adalah stabilitas, *flow*, *VIM*, *VMA*, *VFA* dan *QM*. Nilai stabilitas, *flow* dan *QM* didapatkan dari pengujian menggunakan alat uji Marshall, sedangkan, *VIM*, *VMA* dan *VFA* ditentukan melalui penimbangan benda uji dan perhitungan (berat kering, berat kering permukaan dan berat dalam air). Dari hasil analisis pengujian kuat tarik belah akan dibuatkan grafik hubungan antara variasi kadar plastik HDPE dengan kuat tarik belah dan untuk hasil pengujian kuat tekan akan dibuatkan grafik hubungan antara kadar plastik HDPE dengan kuat tekan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

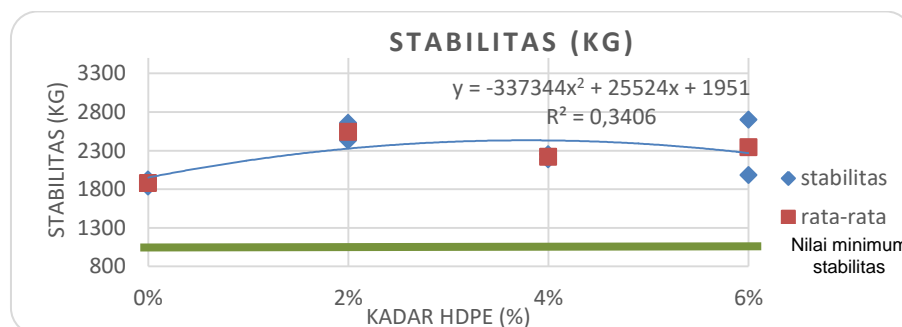
### 1. Stabilitas

Nilai stabilitas merupakan ukuran kemampuan campuran untuk memikul beban lalu lintas sampai terjadi kelelahan plastis. Stabilitas perkerasan yang terlalu tinggi dengan nilai *flow* yang terlalu rendah menyebabkan lapisan keras terlalu kaku sehingga mudah mengalami retak-retak pada saat menerima beban. Sebaliknya akibat stabilitas yang rendah, lapis keras akan mudah mengalami *rutting* oleh beban lalu lintas ataupun distorsi akibat perubahan *subgrade*. Hasil pengujian ditampilkan pada Gambar 1. Dari nilai stabilitas mengalami peningkatan sampai batas optimum pada kadar plastik 4,1%. Selanjutnya

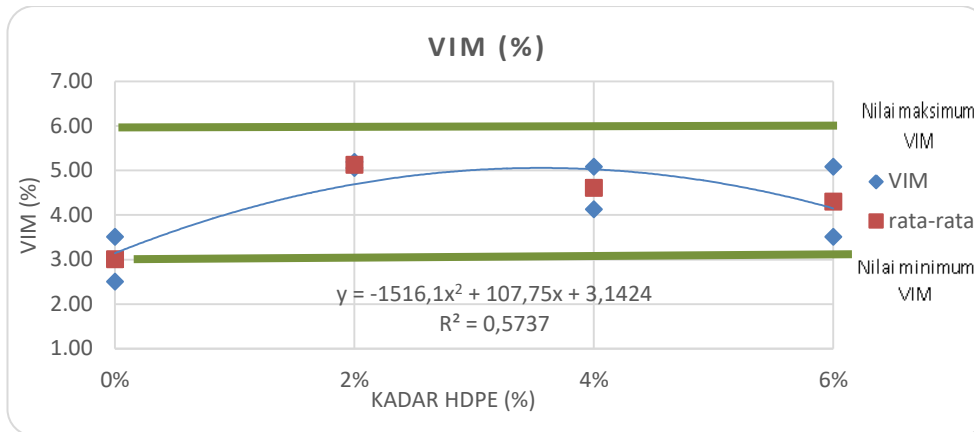
penambahan kadar plastik akan membuat semakin berkurangnya proporsi agregat dalam campuran dan semakin besar rongga antar agregat yang terisi oleh aspal yang mengakibatkan *film* aspal semakin tebal, sehingga mengakibatkan berkurangnya *internal friction* dan turunya nilai stabilitas. Nilai rata-rata stabilitas tertinggi menggunakan 2% HDPE sebesar 2542,50 kg, sedangkan nilai terendah menggunakan 0% HDPE sebesar 1879,00 kg. Menurut Anonim (2010), persyaratan minimal nilai stabilitas sebesar 800 kg, sehingga semua campuran tersebut memenuhi syarat minimal untuk stabilitas.

### 2. Void In the Mix (VIM)

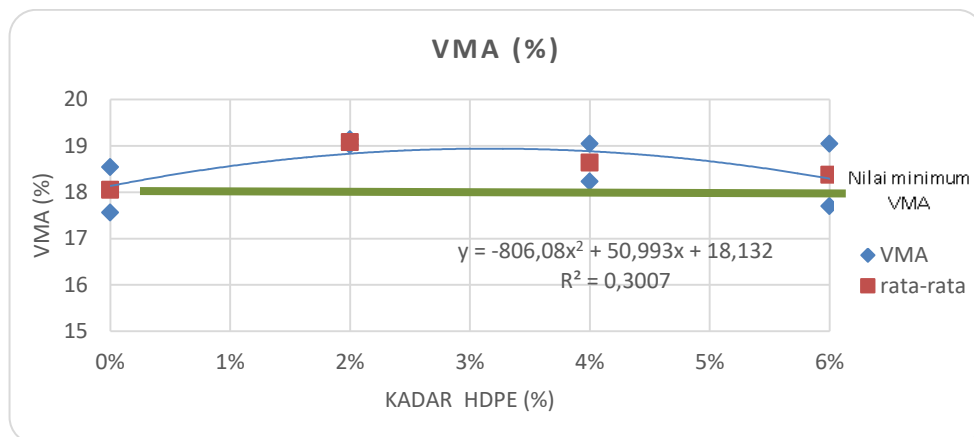
Nilai VIM menunjukkan persentase banyaknya rongga dalam suatu campuran. Nilai VIM berpengaruh terhadap durabilitas, dimana semakin besar nilai VIM menunjukkan campuran bersifat porous. Proses ini mengakibatkan udara dan air mudah masuk ke dalam lapis perkerasan sehingga berakibat meningkatnya proses oksidasi yang dapat mempercepat penuaan aspal/keras, *cracking*, dan *stripping* (lepasnya ikatan antara agregat dan aspal). Dari Gambar 2 terlihat bahwa penambahan plastik HDPE dalam campuran HRS-WC mampu memperbaiki sifat aspal dalam mengisi rongga-rongga dalam campuran. Semakin banyak penggunaan polimer plastik HDPE sebagai bahan tambah aspal mengakibatkan ikatan-ikatan aspal dalam campuran menjadi semakin kuat dan seluruh agregat yang diselimuti aspal dapat mengisi ruang dalam campuran lebih baik, sehingga jumlah persentase rongga dalam campuran semakin kecil. Nilai VIM terus meningkat sampai batas optimum yaitu pada kadar 3,5 % HDPE. Selanjutnya semakin bertambahnya kadar plastik yang digunakan nilai VIM menurun tetapi masih memenuhi persyaratan yang ditetapkan oleh SNI 2010 revisi 2, yaitu 3-6 %.



GAMBAR 1. Nilai stabilitas untuk masing-masing campuran



GAMBAR 2. Nilai VIM untuk masing-masing campuran



GAMBAR 3. Nilai VMA untuk masing-masing campuran

### 3. Void in the Mineral Aggregate (VMA)

VMA merupakan persentase rongga yang ada diantara butir agregat dalam campuran beton aspal yang dinyatakan dalam %. Nilai VMA atau yang lebih dikenal dengan rongga dalam agregat merupakan salah satu parameter penting dalam rancangan campuran aspal, karena pengaruhnya terhadap ketahanan dari campuran aspal. Dari Gambar 3 terlihat bahwa penambahan HDPE pada campuran HRS-WC cenderung mengalami peningkatan sampai batas optimum yang didapat pada kadar 3.3% HDPE. Semakin bertambahnya kadar HDPE akan mengalami penurunan yang disebabkan karena rongga antar agregat yang mengecil. Hal ini disebabkan karena berat jenis campuran yang meningkat serta campuran aspal dan plastik yang semakin mengental, sehingga menurunkan nilai VMA.

Nilai rata-rata VMA tertinggi terjadi pada campuran HRS-WC menggunakan 2% HDPE sebesar 19,08%, sedangkan nilai VMA terendah terjadi pada campuran HDPE 0% sebesar 18,05%. Menurut SNI 2010 (revisi 2), hasil VMA yang diperoleh memenuhi

spesifikasi yang disyaratkan yakni sebesar 18%.

### 4. Void Filled with Asphalt (VFA)

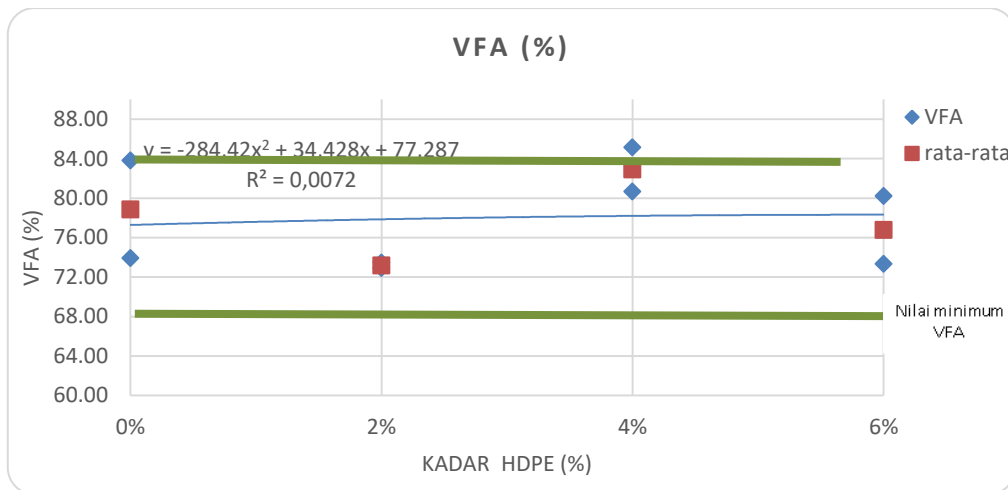
Nilai VFA sangat dipengaruhi oleh penggunaan jumlah kadar aspal. Nilai VFA yang besar berarti semakin banyak rongga udara yang terisi aspal sehingga kedekatan campuran terhadap air dan udara akan semakin tinggi tetapi dengan nilai VFA yang terlalu tinggi akan menyebabkan lapis keras mudah mengalami *bleeding*. Dari Gambar 4 diketahui bahwa semakin bertambahnya kadar HDPE yang digunakan maka semakin tinggi nilai VFA. Nilai rata-rata VFA tertinggi terjadi pada campuran menggunakan 4% HDPE sebesar 83,90%, sedangkan nilai VFA terendah terjadi pada campuran menggunakan 2% HDPE sebesar 73,17%. Semua benda uji memenuhi spesifikasi minimum yang disyaratkan SNI 2010 (revisi 2) yaitu sebesar 68 mm. Hal ini menunjukkan pada campuran plastik HDPE dapat menghalangi aspal dalam mengisi rongga-rongga yang ada karena disebabkan mengentalnya aspal bila dicampurkan dengan plastik.

5. Kelelahan (*flow*)

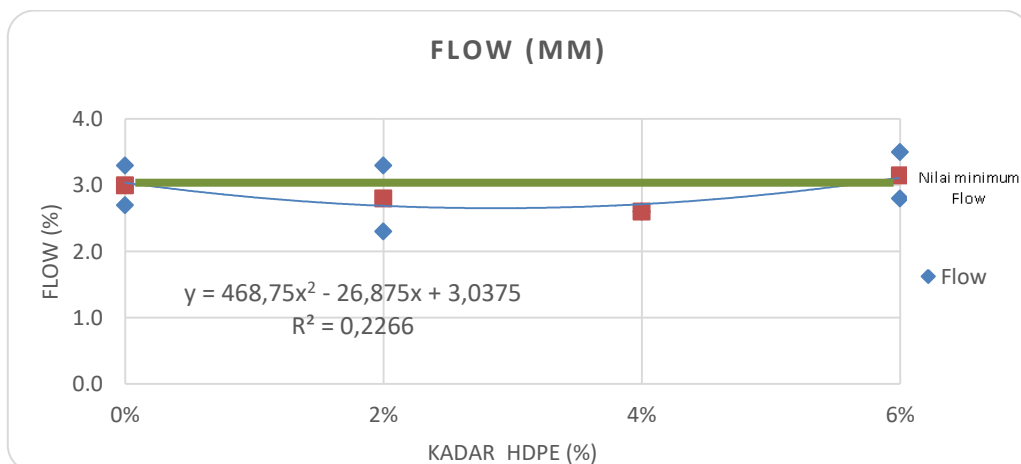
Kelelahan menunjukkan besarnya deformasi dari campuran akibat beban yang bekerja pada perkerasan. Nilai rata-rata kelelahan tertinggi terjadi pada HRS-WC dengan campuran 6% HDPE yakni sebesar 3,15mm, sedangkan nilai kelelahan terendah terjadi pada campuran HRS-WC menggunakan 4% HDPE yakni sebesar 2,6mm. Sesuai persyaratan yang ditetapkan SNI 2010 (revisi 2), maka nilai terendah tidak boleh lebih kecil dari 3mm. Campuran dengan nilai *flow* lebih kecil dari 2 mm mengakibatkan campuran menjadi kaku sehingga perkerasan mudah menjadi retak. Hasil pengujian kelelahan pada campuran aspal tersebut yang memenuhi syarat pada kadar plastik 6% (Gambar 5).

6. Marshall Quotient

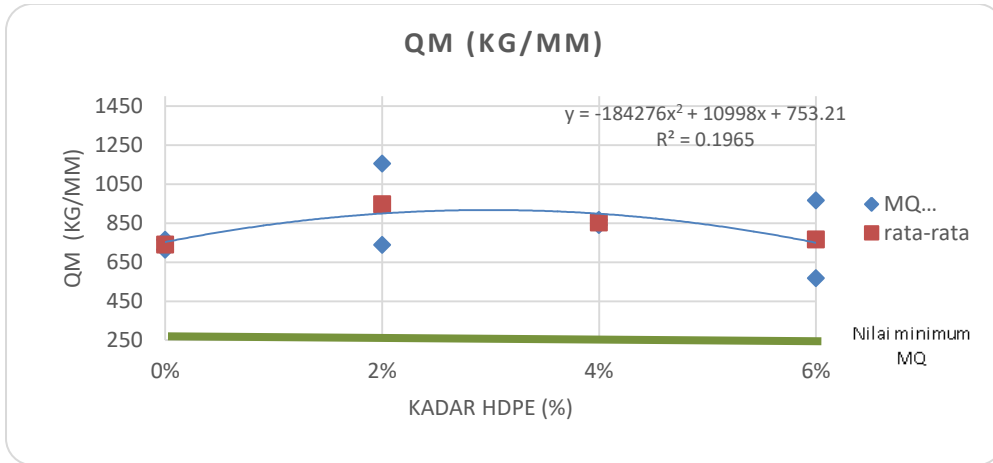
MQ dihitung sebagai rasio dari stabilitas terhadap kelelahan yang digunakan sebagai indikator kekakuan campuran. Semakin tinggi nilai MQ suatu campuran, maka semakin kaku, akan mengakibatkan mudahnya terjadi retakan. Sebaliknya jika nilai MQ terlalu kecil menunjukkan terlalu plastis yang berakibat mudah mengalami deformasi. Dari Gambar 6 dapat dilihat bahwa nilai MQ meningkat sampai nilai optimum yang didapat pada kadar HDPE 3%. Kemudian seiring bertambahnya kadar HDPE nilai MQ mengalami penurunan akibat stabilitas yang rendah disertai dengan *flow* yang tinggi, maka perkerasan menjadi plastis sehingga mudah mengalami deformasi. Menurut Anonim (2010), untuk berbagai variasi penggunaan HDPE memenuhi syarat yang ditetapkan yaitu lebih dari 250 kg/mm.



GAMBAR 4. Nilai VFA untuk masing-masing campuran



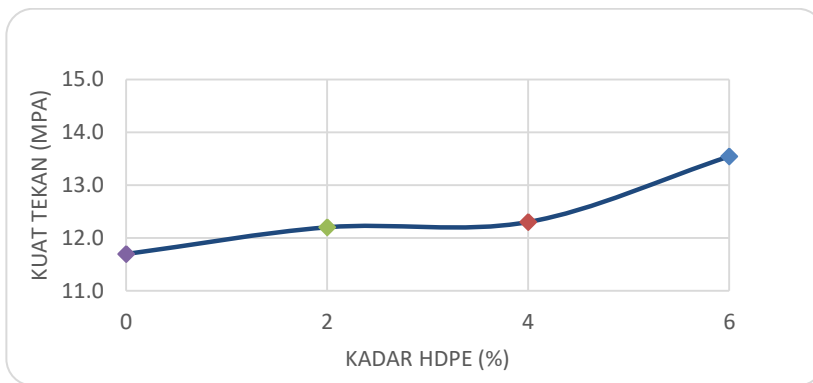
GAMBAR 5. Nilai kelelahan untuk masing-masing campuran



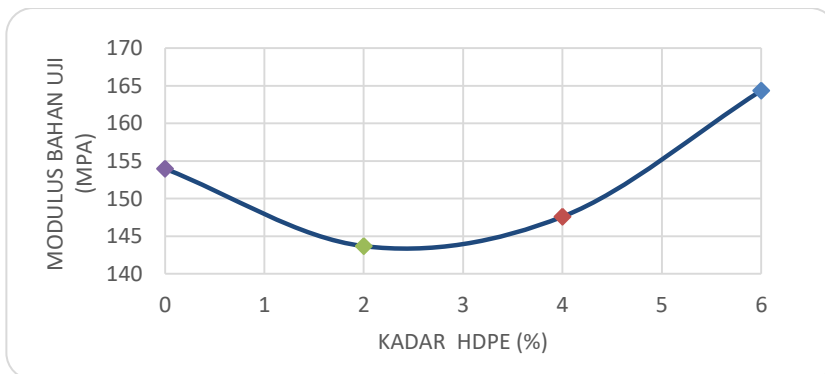
GAMBAR 6. Nilai Quotient Marshall (QM) untuk masing-masing campuran

TABEL 1. Nilai Kuat Tarik Belah dan Nilai Kuat Tekan Normal

Kadar HDPE (%)	Kuat Tarik Belah (KPa)	Kuat Tekan (MPa)	Modulus Elastisitas (KPa)	Modulus Pengujian (MPa)
0	1210,7	11,7	153,97	15,41
2	1075,1	12,3	143,68	14,00
4	1126,2	12,2	147,59	13,05
6	1444,1	13,5	164,35	20,87



GAMBAR 7. Hubungan antara Kadar HDPE dengan Kuat Tarik Belah



GAMBAR 8. Hubungan antara Kadar HDPE dengan Modulus elastisitas

## 7. Modulus

Nilai modulus didapat dari perbandingan antara tegangan dan regangan yang dihasilkan dari pengujian kuat tarik belah. Tabel 1 menunjukkan nilai kuat tarik belah mengalami kenaikan hingga penambahan kadar 6% HDPE dengan nilai sebesar 1444,1 KPa dan diperoleh nilai modulus sebesar 20,87 MPa. Dari hasil penelitian belum didapatkan nilai optimum dari kuat tarik belah. Hal ini dikarenakan kurangnya variasi kadar HDPE sehingga yang didapatkan hanya nilai tertinggi saja.

Pada penelitian ini, hasil dari nilai kuat tekan digunakan untuk mengetahui kemampuan lapisan perkerasan tersebut untuk menahan beban vertikal yang diberikan oleh mesin uji kuat tekan. Semakin banyak kadar HDPE digunakan dalam campuran, semakin tinggi nilai kuat tekannya. Sebagai contoh untuk beban yang diberikan secara vertikal berada pada campuran 6% kadar HDPE dari berat aspal dengan nilai kuat tekan sebesar 13,5 MPa. Nilai ini lebih tinggi dibandingkan dengan nilai kuat tekan campuran tanpa menggunakan HDPE. Nilai terus meningkat seiring bertambahnya kadar HDPE yang digunakan dalam campuran.

Nilai modulus bahan uji yang merupakan perbandingan antara tegangan dan regangan yang dihasilkan dari pengujian kuat tekan, didapat nilai yang tertinggi dicapai pada campuran 6% penambahan kadar *High density polyethylene* (HDPE) dari berat aspal dengan nilai sebesar 164,35 MPa. Sedangkan nilai modulus terendah dicapai pada campuran 2% *High density polyethylene* (HDPE) dari aspal normal yakni sebesar 143,68 MPa.

## KESIMPULAN

1. Nilai stabilitas untuk seluruh campuran aspal modifikasi polimer 2%, 4% dan 6% memenuhi spesifikasi nilai stabilitas campuran HRS-WC, yaitu sebesar minimum 800 kg. Nilai stabilitas mencapai optimum pada kadar plastik 4,1%.
2. Nilai VIM untuk seluruh campuran aspal dengan penambahan kadar plastik HDPE sebesar 2%, 4% dan 6%, memenuhi persyaratan sebesar 3-6%. Nilai VIM mencapai optimum pada kadar plastik 3,5%

3. Nilai-nilai VMA dengan penambahan plastik HDPE pada campuran HRS-WC menghasilkan nilai yang memenuhi persyaratan spesifikasi, minimum 18%. Nilai VMA mempunyai optimum pada kadar plastik 3,3%
4. Nilai VFA untuk semua campuran aspal dengan kadar plastik HDPE memenuhi persyaratan spesifikasi yaitu minimum 68%, nilai VFA mencapai optimum pada kadar plastik 4%.
5. Hasil pengujian kelelahan pada seluruh campuran aspal yang memenuhi syarat adalah pada kadar plastik 6%.
6. Nilai MQ untuk seluruh campuran aspal dengan penambahan HDPE memenuhi persyaratan, yaitu minimal 250 kg/mm. MQ mencapai nilai optimum pada kadar HDPE 3%
7. Nilai modulus yang didapatkan dari hasil pengujian kuat tarik dan kuat tekan normal sangatlah kecil. Nilai modulus elastisitas pada perkerasan jalan berkisar antara 1000-1500 MPa, sehingga nilai modulus dari hasil pengujian kuat tarik belah dan kuat tekan normal tidak bisa dikatakan modulus elastisitas tetapi disebut modulus bahan uji.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim (1989). *SNI 03-1737-1989, Tata Cara Pelaksanaan Lapis Aspal Beton Untuk Jalan Raya*, Pusjatan-Balitbang PU.
- Anonim (2002). *SNI 03-2491-2002, Metode Pengujian Kuat Tarik Belah Beton*, Pustran-Balitbang PU.
- Anonim (2010). *Spesifikasi Umum 2010 (revisi 2)*, Kementerian Pekerjaan Umum, Direktorat Jenderal Bina Marga.

---

## PENULIS:

Pepi Nega Akmus

Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Jalan Lingkar Selatan, Tamantirto, Kasihan, Bantul 55183.