

## Analisis Kinerja Campuran Panas *Open Graded Friction Course* (OGFC) Menggunakan Asbuton Murni Dengan *Modifier Elvaloy* (PG 82)

**Siti Nuriskha Amalia**

Program Studi Magister Sistem dan Teknik Jalan Raya, Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan,  
Institut Teknologi Bandung, E-mail: nuriskhamalia@gmail.com

**Eri Susanto Hariyadi**

Program Studi Magister Sistem dan Teknik Jalan Raya, Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan,  
Institut Teknologi Bandung, E-mail: erisdi@yahoo.com

**Nasuhi Zain**

Program Studi Magister Sistem dan Teknik Jalan Raya, Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan,  
Institut Teknologi Bandung, E-mail: nasuhi@itb.ac.id

### Abstrak

Penelitian ini bertujuan mengevaluasi kinerja campuran *Open Graded Friction Course* (OGFC) menggunakan Asbuton murni yang dimodifikasi dengan polimer Elvaloy (PG-82). Fokus penelitian adalah menganalisis karakteristik aspal dan menilai ketahanan campuran terhadap kerusakan fungsional (*raveling*) serta kerusakan struktural (*rutting* dan *fatigue*). Pengujian dilakukan dengan standar ASTM D7064/D7064M-08 untuk menentukan kadar aspal optimum melalui uji VIM, Cantabro, dan *draindown*. Selanjutnya dilakukan uji *Indirect Tensile Fatigue Test* (ITFT) dan *Hamburg Wheel Tracking Device* (HWTd).

Hasil pengujian menunjukkan nilai  $G^*/\sin\delta$  meningkat dari 77,5°C menjadi 84,5°C, menandakan ketahanan terhadap deformasi yang lebih baik. Suhu pencampuran dan pemadatan menurun, sehingga meningkatkan *workability*. Campuran memenuhi syarat terhadap *raveling* dan memiliki stabilitas dinamis tinggi (37526 lintasan/mm), melampaui spesifikasi Bina Marga. Namun, nilai *fatigue* masih rendah dengan umur lelah 25.186 siklus pada 250 kPa dan 3.375 siklus pada 400 kPa. Hal ini menunjukkan campuran unggul dalam ketahanan deformasi tetapi belum sepenuhnya memenuhi kriteria perkerasan struktural.

Penelitian ini merekomendasikan pengembangan lebih lanjut campuran OGFC Asbuton - Elvaloy tidak hanya berfungsi sebagai lapis fungsional, tetapi juga memiliki potensi untuk dikembangkan menjadi lapis perkerasan struktural yang kinerjanya dapat dibandingkan dengan spesifikasi Bina Marga (2018) pada perkerasan AC-WC dan SMA.

**Kata-kata Kunci:** Asbuton murni, Elvaloy, OGFC, VIM, Cantabro, asphalt *draindown*, *fatigue*, HWTd, *rutting*, stabilitas dinamis.

### Abstract

This study aims to evaluate the performance of *Open Graded Friction Course* (OGFC) mixtures using Asbuton Murni modified with Elvaloy polymer (PG 82). The research focuses on analyzing asphalt binder characteristics and assessing the resistance of the mixture to functional distress (*raveling*) and structural distress (*rutting* and *fatigue*). The optimum asphalt content was determined in accordance with ASTM D7064/D7064M-08 through Void in Mix (VIM), Cantabro Loss, and *draindown* tests. Furthermore, the mixture performance was evaluated using *Indirect Tensile Fatigue Test* (ITFT) and *Hamburg Wheel Tracking Device* (HWTd) tests.

The test results indicate that the  $G^*/\sin\delta$  value increased from 77.5 °C to 84.5 °C, signifying improved resistance to permanent deformation. In addition, the mixing and compaction temperatures decreased, thereby enhancing the *workability* of the mixture. The OGFC Asbuton-Elvaloy mixture satisfied the requirements for *raveling* resistance and exhibited a high dynamic stability of 37,526 passes/mm, exceeding the specifications of Bina Marga. However, the *fatigue* performance remained relatively low, with *fatigue* lives of 25,186 cycles at 250 kPa and 3,375 cycles at 400 kPa.

\* Penulis Korespondensi: nuriskhamalia@gmail.com

*These findings demonstrate that the OGFC Asbuton–Elvaloy mixture performs well in terms of resistance to permanent deformation but has not yet fully met the criteria for a structural pavement layer. Therefore, this study recommends further development of the OGFC Asbuton–Elvaloy mixture so that it may function not only as a functional layer, but also has the potential to be developed as a structural pavement layer, with performance comparable to Bina Marga (2018) specifications for AC-WC and SMA pavements..*

**Keywords:** *Asbuton murni, Elvaloy, OGFC, VIM, Cantabro, asphalt draindown, fatigue, HWTD, rutting, dynamic stability.*

## 1. Pendahuluan

Banjir merupakan salah satu masalah yang dihadapi di beberapa kawasan perkotaan. Banjir adalah dimana air tidak dapat tertampung pada saluran sehingga meluap ke daerah permukaan (Suripin, 2004). Air yang mengalir dan menggenang di atas permukaan perkerasan dapat mengakibatkan kerusakan jalan berupa menurunnya kinerja perkerasan dan terjadinya *hydroplaning*. Salah satu cara agar mengurangi dampak banjir pada permukaan perkerasan yaitu menggunakan aspal pori atau yang saat ini lebih dikenal dengan OGFC (*Open Graded Friction Course*). OGFC adalah tipe khusus dari campuran aspal panas pada permukaan aspal digunakan untuk mengurangi *hydroplaning* dan potensi tergelincir, Dimana fungsi campuran menyediakan lapisan kering yang memungkinkan air permukaan untuk melalui perkerasan (ASTM, 2013). Manfaat campuran panas OGFC antara lain menghilangkan air permukaan perkerasan, menyerap kebisingan lalu lintas, meningkatkan ketahanan gesekan.

Beberapa penelitian telah mencoba memperbaiki kinerja campuran OGFC dengan penggunaan aspal modifikasi. Dengan penggunaan aspal modifikasi diharapkan dapat menjadikan campuran OGFC yang memiliki beragam manfaat namun terbatas pada durabilitas dan stabilitas yang kurang. Salah satu modifikasi yang memiliki kekuatan dalam peningkatan kinerja campuran aspal yaitu *ELVALOY* yang merupakan reaktif terpolimer yang bekerja secara kimia dengan molekul aspal, membentuk jaringan elastis yang meningkatkan kekakuan, ketahanan deformasi, dan daya tahan terhadap efek lingkungan seperti air dan suhu tinggi. Studi terdahulu (Alex Christopher, 2023) menunjukkan bahwa polimer *plastomer* (misalnya *RET*) memberikan kekakuan dan ketahanan deformasi yang lebih tinggi dibandingkan *elastomer* seperti SBS, namun butuh kajian lebih lanjut terhadap efektivitas pada campuran OGFC dan interaksinya dengan Asbuton.

Disamping itu, OGFC dengan modifikasi polimer diharapkan dapat meningkatkan nilai modulus resilien, ketahanan terhadap *stripping*, serta memperpanjang umur Lelah (*fatigue*). Suaryana Nyoman, et al. 2018, Asbuton murni adalah bitumen yang diperoleh dari proses ekstraksi penuh (full extraction) Asbuton, yaitu proses pemisahan hampir

seluruh bitumen dari mineral asbuton sehingga dihasilkan bahan pengikat dengan tingkat kemurnian tinggi ( $\geq 99\%$  kelarutan dalam trichloroethylene). Asbuton murni memiliki nilai penetrasi lebih rendah dibandingkan aspal minyak Pen 60, tetapi titik lembek lebih tinggi, yang menunjukkan karakter aspal yang lebih kaku dan lebih tahan terhadap temperatur tinggi. Hingga saat ini penelitian mengenai campuran OGFC menggunakan Asbuton Murni dengan penambahan ELVALOY masih sangat terbatas, baik dari kajian laboratorium maupun aplikasi di lapangan. Penelitian ini bermaksud untuk mengevaluasi kinerja campuran OGFC dengan menggunakan Asbuton Murni sebagai bahan pengikat dan penambahan modifier ELVALOY setara PG-82 yang dilakukan melalui beberapa pengujian laboratorium dalam hal ketahanan campuran terhadap kerusakan akibat *raveling*, *rutting*, dan kelelahan (*fatigue*). Sehingga diharapkan penelitian ini dapat memberikan gambaran penggunaan OGFC sebagai perkerasan yang memiliki ketahanan terhadap kerusakan fungsional dan kerusakan struktural sehingga dapat meningkatkan *service life* dan mengurangi biaya pemeliharaan.

## 2. Tinjauan Pustaka dan Metode Penelitian

### 2.1. Asbuton murni

Asbuton merupakan salah satu aspal alam yang berada di Indonesia tepatnya di Pulau Buton, Sulewesi Tenggara. Kandungan dalam asbuton yaitu aspal dan mineral bercampur menjadi satu kesatuan dengan kandungan aspal (bitumen) sekitar 15-30% dan mineral 70-85% (Sidiq et al., 2013).

Affandi Furqon, 2018 menyatakan Asbuton Murni memiliki sifat yang baik, dari hasil pengujian fisik berupa penetrasi, titik lembek, kelarutan, daktilitas, kehilangan berat dengan Thin Film Oven test, serta penetrasi index yang tinggi dibanding dengan aspal minyak konvensional. Sehingga asbuton murni sangat cocok untuk lalu lintas berat dan daerah dengan temperatur tinggi seperti Indonesia.

### 2.2. Modifier Elvaloy

*Elvaloy* merupakan salah satu polimer jenis elastomer. *Elvaloy* dengan teknologi *Reactive Ethylen Terpolimer* (RET) sehingga tidak terdapat pemisahan atau endapan antara aspal dengan polimer karena reaksi yang terjadi secara kimia.

Dow Chemical Company (2019), dalam dokumennya mengatakan beberapa keunggulan yang dimiliki oleh *Elvaloy RET* antara lain:

- Proses penggunaan efisien: waktu pencampuran singkat, dapat dipadatkan dan dicampurkan lebih rendah 30 °C dari SBS, suhu penyimpanan lebih rendah dari SBS;
- Memenuhi/ melampaui spesifikasi: memberikan ketahanan pada suhu panas/dingin yang tinggi, ketahanan terhadap retak lelah, ketahanan terhadap pengupasan;
- Berkelanjutan: memungkinkan penggunaan plastik daur ulang, karet ban atau plastik dalam menambah fleksibilitas.
- Memiliki nilai lebih baik: ketersediaan stabil, biaya pemeliharaan rendah, modal investasi rendah.

### 2.3. Pengujian aspal

Penelitian dilaksanakan pada skala laboratorium dengan pengujian karakteristik Aspal dengan menggunakan Spesifikasi Khusus Campuran Beraspal Panas Asbuton Murni SKh-1.6.29 Direktorat Jenderal Bina Marga Kementerian PU serta menggunakan alat *Dynamic Shear Rheometer* (DSR). Benda uji dipadatkan menggunakan *Superpave Gyratory Compactor* (SGC) sebanyak 50 girasi. Agregat berasal dari *quarry* di Jawa Barat, Aspal menggunakan Asbuton Murni (PG-70) berasal dari PT. Kartika Prima Abadi dan *modifier Elvaloy* berasal dari PT. Jaya Trade Indonesia.

### 2.4. Pengujian KAO

Pengujian KAO menggunakan 5 kadar aspal 5,5%-7,5% masing-masing dilakukan pengujian VIM, *Cantabro* Abrasion, dan Asphalt Draindown standar pengujian menggunakan ASTM D7064/D7064M – 08. Pengujian VIM dilaksanakan untuk mengetahui rongga udara yang ada pada campuran, nilai yang disyaratkan pada pengujian VIM  $\geq 18\%$ . Nilai ini berfungsi agar air dapat dengan mudah melalui rongga dalam campuran untuk segera keluar. Pengujian *Cantabro Abrasion* dengan melakukan pengujian pada campuran yang dimasukkan ke dalam alat los Angeles dan diputar sebanyak 300 tanpa menggunakan bola baja. Pengujian ini guna

melihat ketahanan campuran terhadap keausan dan tumbukan. Nilai maksimal yang disyaratkan yaitu 20%. Pengujian *Asphalt Draindown* dilakukan dengan meletakkan campuran di dalam jaring kemudian dipanaskan dengan suhu pencampuran selama  $\pm 30$  menit. Aspal yang turun menggambarkan kondisi *draindown* pada campuran dengan nilai yang disyaratkan maksimal sebesar 0,3%. Sebelum penentuan KAO dilaksanakan pemilihan gradasi dengan menggunakan 3 gradasi. Gradasi dipilih berdasarkan rentang yang berada antara ukuran yang disyaratkan dengan persen lolos sebagai berikut:

### 2.5. Pengujian ITFT

Pengujian ITFT dilaksanakan menggunakan alat UTM dengan *British Standard* EN 12697:24 – 2012 Annex E. Stress level dilakukan pada 250 kPa, 500 kPa, dan 750 kPa, namun pada pembacaan 500 kPa benda uji mengalami kerusakan, sehingga menggunakan benda uji 250 kPa dan 400 kPa. Dari pengujian ini didapatkan nilai *cycle number* yang menggambarkan *fatigue life* pada benda uji dengan pembebanan siklik. Pengujian dilakukan pada initial strain antara 100  $\mu\text{m}$  – 400  $\mu\text{m}$ . Nilai *fatigue life* yang diuji antara  $1^3 - 1^6$  per aplikasi beban.

### 2.6. Pengujian HWT

Pengujian alat HWT digunakan untuk mengevaluasi kinerja campuran beraspal panas dalam hal ini campuran OGFC dapat dilihat resistensi terhadap (*rutting*) serta sensitivitas terhadap kelembapan. Pengujian dilaksanakan pada campuran yang telah dipadatkan dan terendam dan dilaksanakan menggunakan roda yang bergulir bolak balik. Pemadatan campuran dengan menggunakan *superpave gyratory compactor* (SGC) dengan diameter 255 mm atau 300 mm atau menggunakan slab yang dipotong dan dengan ketinggian 600 mm.

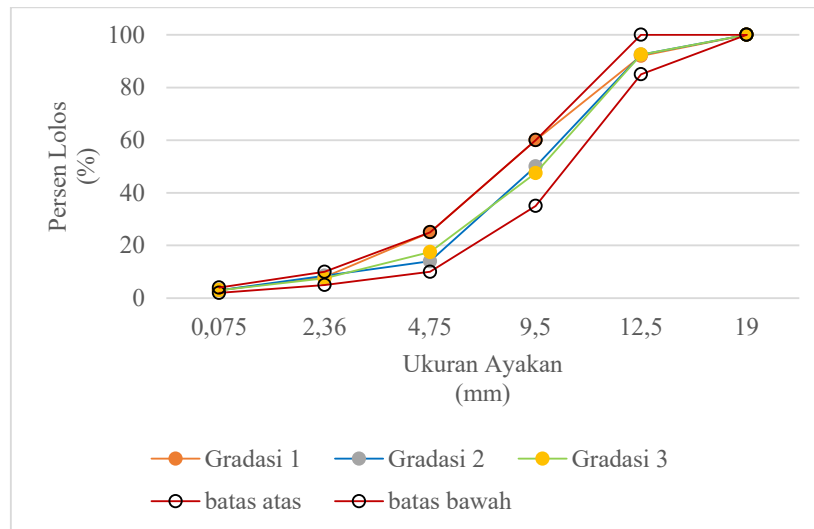
HWT menggerakkan roda baja berdiameter 203,2 mm dan lebar 47 mm di atas benda uji dengan beban roda sebesar  $705 \pm 4,5$  N. Roda berbolak-balik di atas benda uji sebanyak 50 lintasan per menit dan kecepatan roda sekitar 0,305 m/s perangkat akan berhenti ketika telah melakukan 10.000 lintasan.

Tabel 1. Persen Lolos Pemilihan Gradasi

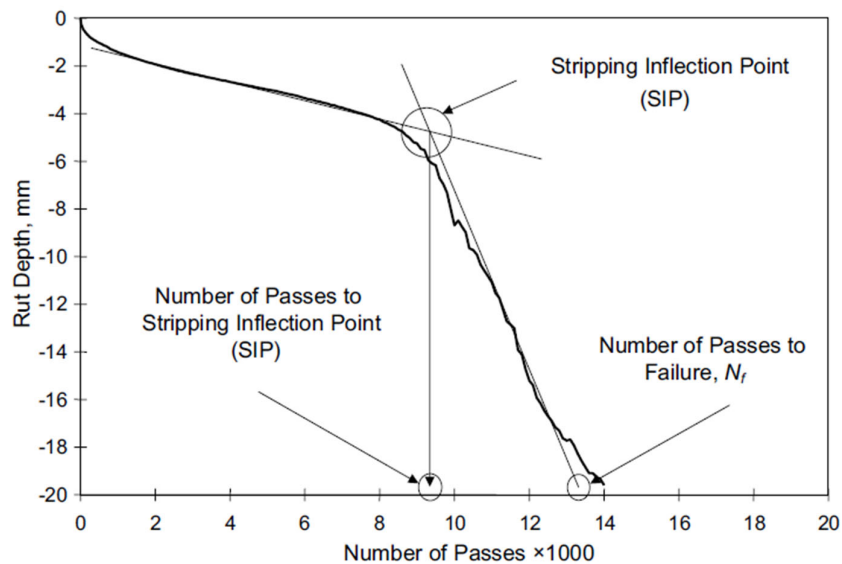
| Ukuran Ayakan |      | Standar |   | Persen Lolos (%) |           |           |
|---------------|------|---------|---|------------------|-----------|-----------|
| ASTM          | (mm) |         |   | Gradasi 1        | Gradasi 2 | Gradasi 3 |
| 3/4"          | 19   | 100     | - | 100              | 100       | 100       |
| 1/2"          | 12.5 | 85      | - | 92               | 92.5      | 92.5      |
| 3/8"          | 9.5  | 35      | - | 60               | 50        | 47.5      |
| No. 4         | 4.75 | 10      | - | 25               | 14        | 17.5      |

Tabel 1. Persen Lolos Pemilihan Gradasi (Lanjutan)

|         |       |   |   |    |   |     |     |
|---------|-------|---|---|----|---|-----|-----|
| No. 8   | 2.36  | 5 | - | 10 | 8 | 8.5 | 7.5 |
| No. 200 | 0.075 | 2 | - | 4  | 3 | 3   | 3   |



Gambar 1. Proporsi Gradasi



Gambar 2. Grafik Hamburg dengan parameter tes (SIP) (AASHTO T 324-04)

Perhitungan *Stripping Inflection Point* (SIP)

$$\frac{\text{Intercept (second portion)} - \text{intercept (first portion)}}{\text{Slope (first portion)} - \text{slope (second portion)}} \quad (1)$$

*Stripping Inflection Point* (SIP) terjadi ketika kegagalan akibat kedalaman alur adalah kedalaman maksimum yang diizinkan dalam pengujian.

Pengujian ini juga dapat melihat bagaimana benda uji yang terendam oleh air dengan suhu sekitar 60 °C dan diberikan beban roda yang berjalan dapat mempertahankan bentuknya dan tidak terjadi ravelling.

Terdapat 3 fase pada pengujian HWTd, yaitu fase Post compacting terjadi ketika benda uji mengalami

pemadatan sebelum masuk ke dalam fase creeping, biasanya post compacting terjadi pada 1000 lintasan pertama. Selanjutnya fase creeping kondisi dimana campuran yang diuji menunjukkan deformasi plastis yang konstan. Pada fase ini grafik kedalaman alur mengalami kelandaian terhadap jumlah lintasan yang terjadi. Dan yang terakhir yaitu fase stripping, dimana terjadi peningkatan nilai dari kedalaman alur terhadap jumlah lintasan. Fase ini juga ditandai dengan terlihatnya deformasi permanen pada benda uji dan bahkan terlihat pelepasan antara agregat dan aspal.

### 3. Hasil dan Analisis

#### 3.1. Data Hasil Karakteristik Aspal

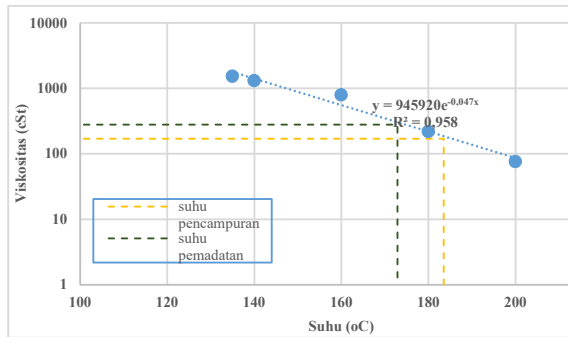
Pengujian karakteristik aspal dilakukan pada asbuton murni (PG-70) yang ditambahkan dengan modifier ELVALOY sebanyak 1% yang menghasilkan aspal modifikasi setara PG-82. Dengan menggunakan spesifikasi khusus campuran beraspal panas asbuton murni SKh-1.6.29 didapatkan hasil sebagai berikut:

**Tabel 2. Hasil Pengujian Karakteristik Asbuton PG-70 dan PG-82**

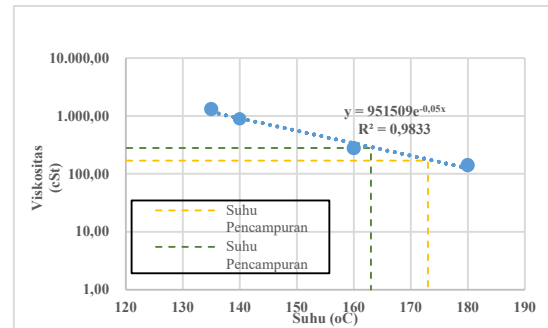
| No.                                                                                  | Pengujian                                                                                                                     | Metode Pengujian | PG-70       |                 | PG-82       |                 |
|--------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-------------|-----------------|-------------|-----------------|
|                                                                                      |                                                                                                                               |                  | Syarat      | Hasil Pengujian | Syarat      | Hasil Pengujian |
| 1                                                                                    | Temperatur yang menghasilkan Geser Dinamis ( $G^*/\sin\delta$ ) pada osilasi 10 rad/s minimum 1,0 kPa, ( $^{\circ}\text{C}$ ) | SNI 06-6442-2000 | 70          | 77,5            | 82          | 84,5            |
| 2                                                                                    | Titik Nyala ( $^{\circ}\text{C}$ )                                                                                            | SNI 2433:2011    | $\geq 230$  | 257             | $\geq 230$  | 230             |
| 3                                                                                    | Viskositas pada $135^{\circ}\text{C}$ (cSt)                                                                                   | SNI 06-6441-2000 | $\leq 3000$ | 1.526,6         | $\leq 3000$ | 1.313,6         |
| 4                                                                                    | Penetrasi pada $25^{\circ}\text{C}$ , 100 g, 5 detik (0,1 mm)                                                                 | SNI 2456:2011    | Dilaporkan  | 40,4            | Dilaporkan  | 37,5            |
| 5                                                                                    | Titik Lembek ( $^{\circ}\text{C}$ )                                                                                           | SNI 2434:2011    | Dilaporkan  | 61,25           | Dilaporkan  | 61              |
| 6                                                                                    | Daktilitas pada $25^{\circ}\text{C}$ , 5 cm/menit (cm)                                                                        | SNI 2434:2011    | -           | >100            | -           | 30              |
| 7                                                                                    | Kelarutan dalam <i>Trichloroethylene</i> (%)                                                                                  | SNI 2438:2015    | $\geq 99$   | 99,84           | $\geq 99$   | 99,01           |
| <b>Pengujian Residu Hasil TFOT (SNI-06-2440-1991) atau RTFOT (SNI-03-6835-2002):</b> |                                                                                                                               |                  |             |                 |             |                 |
| 9                                                                                    | Berat yang Hilang (%)                                                                                                         | SNI-06-2441-1991 | $\leq 1,0$  | 0,038           | $\leq 1,0$  | 0,066           |
| 10                                                                                   | Temperatur yang menghasilkan Geser Dinamis ( $G^*/\sin\delta$ ) pada osilasi 10 rad/s minimum 2,2 kPa, ( $^{\circ}\text{C}$ ) | SNI 06-6442-2000 | 70          | 75,4            | 82          | 82,5            |
| 11                                                                                   | Penetrasi pada $25^{\circ}\text{C}$ , 100 g, 5 detik (%)                                                                      | SNI 2456:2011    | -           | 30,7            | -           | 22,7            |
| 12                                                                                   | Daktilitas pada $25^{\circ}\text{C}$ , 5 cm/menit (cm)                                                                        | SNI 2432:2011    | -           | >100            | -           | 12              |

Dari hasil pengujian nilai geser dinamis meningkat dari 77,5  $^{\circ}\text{C}$  menjadi 84,5  $^{\circ}\text{C}$ , selain itu nilai penetrasi menurun baik pada kondisi *original binder* maupun TFOT hal ini menunjukkan menunjukan bahwa aspal menjadi lebih kaku dan tahan terhadap deformasi sangat cocok untuk digunakan pada kondisi iklim tropis dengan suhu yang tinggi seperti Indonesia. Penambahan *elvaloy* menyebabkan nilai daktilitas yang kecil menunjukkan bahwa aspal PG-82 tersebut sangat kaku.

Pengujian viskositas menggunakan *saybolt furol viscometer* Suhu yang digunakan pada pengujian ini yaitu pada 135, 145, 160, dan 180  $^{\circ}\text{C}$  pada Asbuton murni PG-70 suhu pengujian ditambah pada suhu 200  $^{\circ}\text{C}$ . Suhu pencampuran dilaksanakan pada saat viskositas  $170\pm 20$  cSt, sedangkan suhu pencampuran pada viskositas  $280\pm 30$  cSt, hasil pengujian didapatkan :



**Gambar 3. Grafik Pengujian Viskositas Asbuton Murni (PG-70)**



**Gambar 4. Grafik Pengujian Viskositas Asbuton Elvaloy (PG-82)**

**Tabel 3. Suhu Pencampuran dan Pematatan**

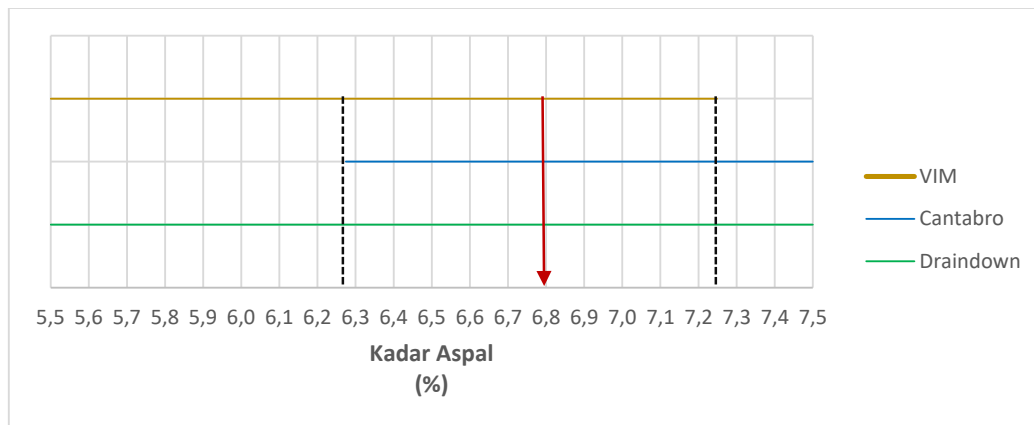
| Uraian      | Viskositas (cSt) | Suhu                  |                         |
|-------------|------------------|-----------------------|-------------------------|
|             |                  | Asbuton Murni (PG-70) | Asbuton Elvaloy (PG-82) |
| Pencampuran | 170              | 186                   | 173                     |
| Pematatan   | 280              | 175                   | 163                     |

Dari hasil pengujian didapatkan bahwa terjadi penurunan suhu baik suhu pencampuran ke suhu pematatan sekitar  $\pm 13$  °C. Tidak seperti SBS, *elvaloy* memiliki ikatan secara kimia reaktif dengan komponen polar aspal sehingga tidak membutuhkan suhu yang tinggi dalam bereaksi dengan aspal.

### 3.2. Data Hasil Penentuan KAO

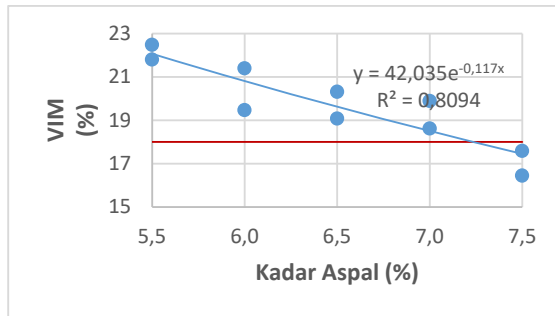
Penentuan KAO dilaksanakan dengan beberapa pengujian antara lain pengujian VIM, *cantabro*

*abrasion*, dan *Asphalt Draindown*. Masing – masing pengujian kemudian diplot kedalam 1 grafik yang saling berpotongan. Penentuan kadar aspal optimum (KAO) merupakan perpotongan dari garis yang memenuhi spesifikasi yang disyaratkan. Dalam ASTM D7064/D7064M – 08 mengisyaratkan nilai dari VIM, *Cantabro Loss Abrasion*, dan *Draindown* yang telah dijelaskan sebelumnya. Dari hasil pengujian didapatkan nilai KAO yang digambarkan seperti di bawah ini:

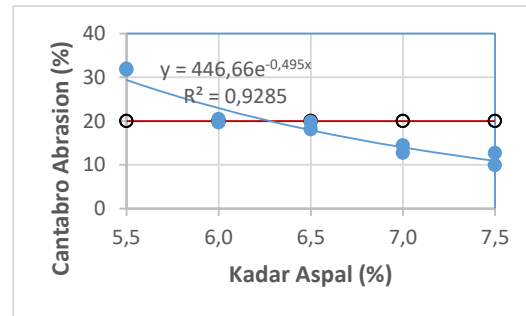


**Gambar 5. Penentuan Nilai KAO**

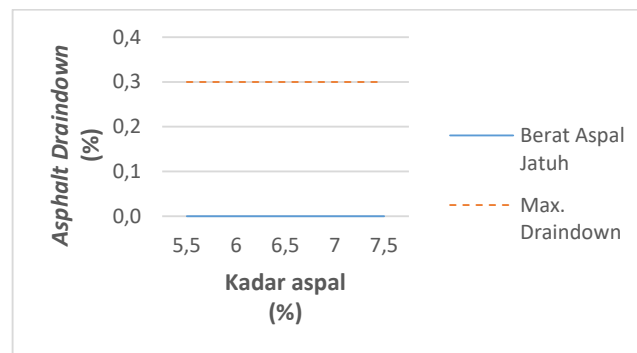
Grafik VIM, *Cantabro Abrasion*, dan *Asphalt Draindown* masing – masing digambarkan di bawah ini:



Gambar 6. Grafik Hasil Pengujian VIM



Gambar 7. Grafik Pengujian Cantabro



Gambar 8. Grafik Pengujian Draindown

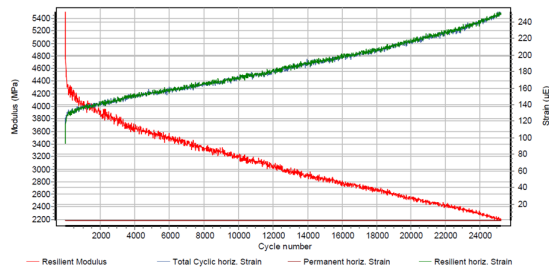
Dari gambar di atas nilai KAO didapatkan pada kadar aspal 6,8%, dimana nilai VIM maksimal pada kadar aspal 7,25%, nilai Cantabro Abrasion pada kadar aspal 6,27% dan Draindown memenuhi seluruh kriteria kadar aspal. Adapun nilai pada kadar aspal 6,8% yaitu VIM sebesar 19,06%, Cantabro Abrasion 15,72%, dan Asphalt Draindown sebesar 0%. Dari pengujian terhadap campuran OGFC dengan menggunakan Asbuton Elvaloy PG-82 didapatkan bahwa kadar aspal memenuhi ketiga kriteria yaitu pada kadar aspal 6,8%.

### 3.3. Data Hasil ITFT

*Fatigue life* belum memiliki nilai standar yang diperoleh sehingga perkerasan dapat dikatakan sebagai perkerasan struktural. Pada penelitian ini, hasil dari *fatigue* yang diperoleh dari pengujian laboratorium dengan menggunakan campuran OGFC PG-82 dibandingkan dengan penelitian terdahulu dengan campuran pada perkerasan struktural. Dari hasil pengujian ITFT didapatkan nilai *initial modulus*, *initial strain*, serta *cycle number* yang terlihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 4. Hasil Pengujian ITFT

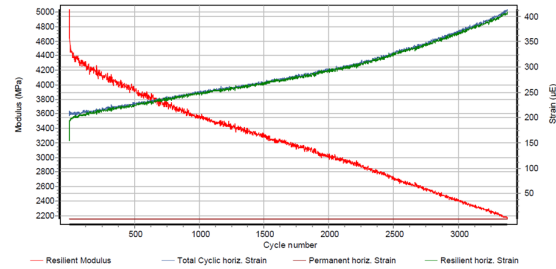
| Stress Level (kPa) | Initial Resilient Strain (μE) | Term. Resilient Strain (μE) | Initial Resilient Modulus (Mpa) | Term. Resilient Modulus (Mpa) |
|--------------------|-------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|-------------------------------|
| 250                | 127.5                         | 255                         | 4323.8                          | 2161.9                        |
| 400                | 204.3                         | 408.6                       | 4315.2                          | 2157.6                        |



**Gambar 9. Hasil Pengujian Fatigue Stress Control 250 kPa**

Pada stress level 250 kPa menunjukkan jumlah *cycle* yang didapatkan sebesar 25186, sedangkan pada stress level 400 kPa jumlah lintasan menurun drastis yaitu sebanyak 3375 *cycle*. Perlu dilakukan uji tambahan pada beberapa Tingkat *stress level* untuk meningkatkan akurasi dari nilai hubungan antara *stress level* dengan *fatigue live* sehingga dapat menggambarkan kekuatan dari campuran aspal ini terhadap *stress control*.

Nugroho Martien (2017) melakukan pengujian *fatigue* pada campuran ACWC menggunakan aspal modifikasi Pen 60/70 dengan EVA menggunakan *Indirect Tensile Fatigue Test* (ITFT) pada *stress level* 500 kPa, 600 kPa, dan 700 kPa. Didapatkan *Nf* (repetisi beban maksimal) dari pembacaan alat yaitu 10401 *cycle* pada *stress level* 500 kPa, 6841 *cycle* pada 600 kPa, serta 1371 *cycle* pada 700 kPa. Selain itu pada tesis S. Marcolowey, 2023 melakukan pengujian dengan campuran SMA menggunakan



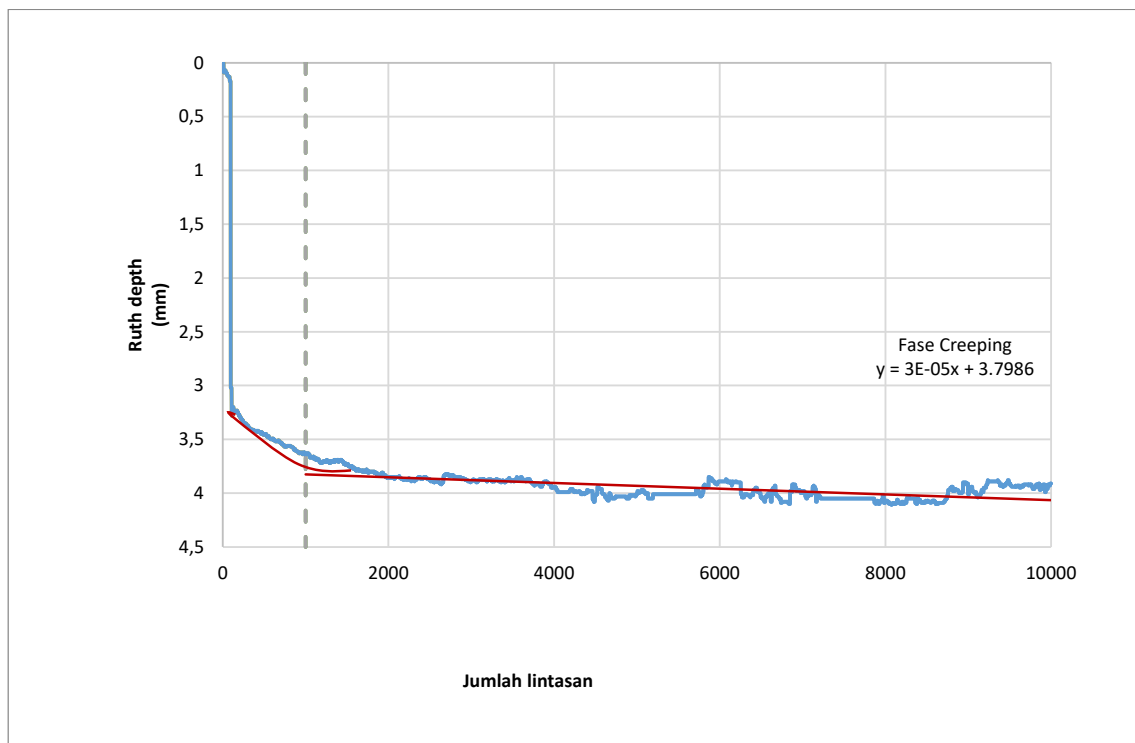
**Gambar 10. Hasil Pengujian Fatigue Stress Control 400 kPa**

Asbuton Murni dan aspal modifikasi Asbuton PET 6% didapatkan Asbuton Murni pada 400 kPa yaitu 8674 *cycle*, pada 500 kPa yaitu 4098 *cycle*, dan pada 600 kPa adalah 1384 *cycle*. Sedangkan untuk aspal modifikasi Asbuton PET 6% didapatkan pada *stress level* 400 kPa yaitu 19313 *cycle*, 500 kPa yaitu 5573, serta 600 kPa yaitu 2419 *cycle*.

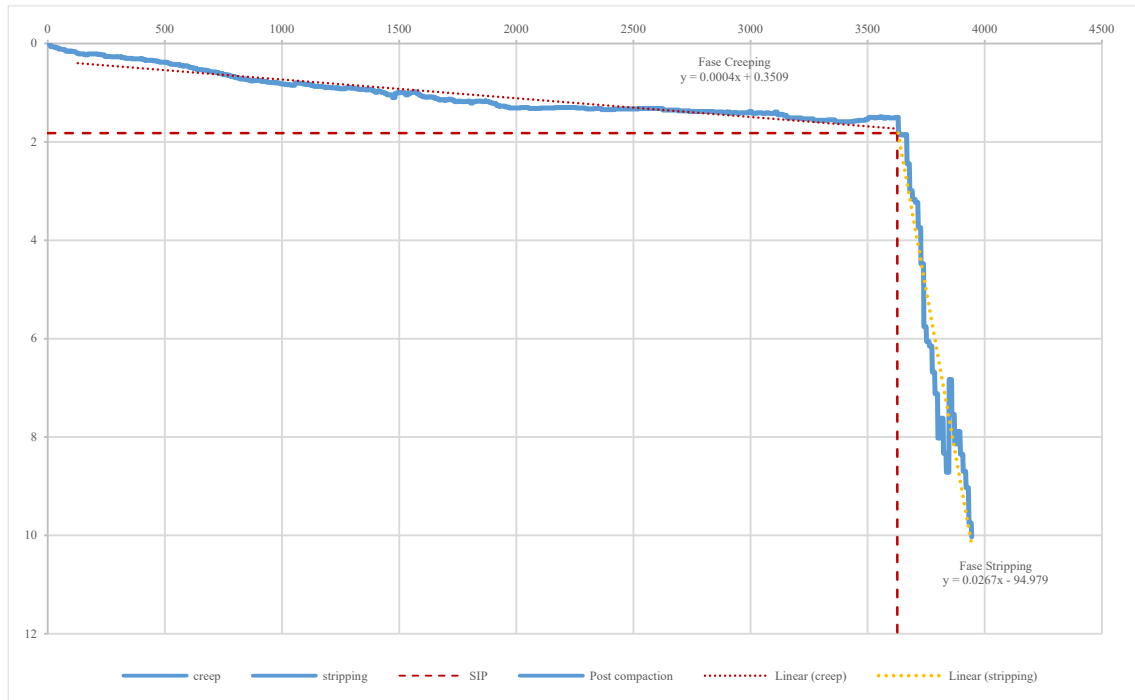
Dari nilai yang dihasilkan pada pengujian ITFT jurnal di atas baik pada campuran ACWC modifikasi maupun pada campuran SMA modifikasi, nilai *fatigue life* pada campuran OGFC PG-82 masih jauh nilainya dan ketahanan terhadap *fatigue* masih kurang baik karena pada *stress level* 400 kPa didapatkan hanya 3375 *cycle*.

### 3.4. Data Hasil HWT

Pengujian dilaksanakan dengan 2 kondisi yaitu kondisi kering dan kondisi terendam. Dari hasil pengujian didapatkan grafik sebagai berikut:



**Gambar 11. Grafik Hamburg Test terhadap benda uji kondisi kering**



Gambar 12. Grafik Hamburg Test terhadap benda uji kondisi terendam

Pengujian pada kondisi kering tidak menunjukkan adanya stripping karena pada saat pengujian benda uji mengalami *post compacting* pada 0 – 1000 lintasan pertama dimana masih mengalami proses pemadatan dari tekanan ban yang melintas berulang. Sedangkan pada kondisi creep didapatkan grafik linier ( $y = 3E-05x + 3,7986$ ) dimana nilai slope sebesar 0,00003 dan nilai *intercept* sebesar 3,798640 dengan rutting maksimum sebesar 4,06 mm. Pada pengujian kondisi kering maksimal lintasan yang digunakan dalam pengujian sebanyak 10.000 passing sehingga belum terlihat kondisi *stripping* yang terjadi. Kondisi pengujian dengan perendaman air dan suhu 60 °C didapatkan benda uji mengalami 3 (tiga) fase, dari *post compacting*, fase *creeping*, dan fase *stripping*. Pada post compacting terjadi pada lintasan 0 – 126 dengan kedalaman maksimum 0.19 mm, selanjutnya fase *creeping* terjadi pada lintasan 126 – 3.626 dengan kedalaman maksimum 1,73 mm, dan fase *stripping* ketika benda uji sudah menunjukkan peningkatan kedalaman alur yang sangat tinggi yaitu pada lintasan 3.626 – 3.944 dengan maksimum kedalaman alur adalah 10,19 mm. Dari data pengujian didapatkan nilai *Stripping Inflection Point (SIP)* untuk kondisi terendam sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Slope Creeping } (S_1) &= 0,000381 \\ \text{Intercept Creeping } (I_1) &= 0,350941 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Slope Stripping } (S_2) &= 0,026667 \\ \text{RD} &= (d_2 - d_1) / (t_2 - t_1) \end{aligned}$$

$$\text{Intercept Stripping } (I_2) = -94,9792$$

$$SIP = \frac{(I_2 - I_1)}{(S_1 - S_2)}$$

$$SIP = \frac{((-94,9792) - 0,350941)}{(0,000381 - 0,026667)} = 3.266,66 \approx 3.267$$

Alat HWTD setiap menit dapat melaju sebanyak 50 lintasan, sehingga dalam mencari rentang waktu awal dan waktu akhir pada perhitungan stabilitas dinamis dengan membagi jumlah lintasan yang dilalui dengan 50 lintasan. Laju deformasi (RD) dihitung berdasarkan kedalaman alur pada waktu awal dan waktu akhir pada fase creep dan fase stripping dengan rumus sebagai berikut:

Dimana,

RD = Laju Deformasi (mm/menit);

d1 = kedalaman alur 1 (mm);

d2 = kedalaman alur 2 (mm);

t1 = waktu awal (menit);

t2 = waktu akhir (menit).

Sedangkan stabilitas dinamis (DS) dihitung berdasarkan nilai RD dibagi dengan 50, karena jumlah lintasan yang dilalui per menit sebanyak 50 lintasan. Nilai stabilitas deformasi merupakan nilai yang berada pada fase creep. Sehingga didapat nilai RD dan nilai DS sebagai berikut:

Tabel 5. Perhitungan laju deformasi (RD)

| Kondisi              | Rentang |         |            |            | RD         |
|----------------------|---------|---------|------------|------------|------------|
|                      | d1 (mm) | d2 (mm) | t1 (menit) | t2 (menit) | (mm/menit) |
| Kering (Creep)       | 3.82    | 4.06    | 20         | 200        | 0.0013     |
| Terendam (Creep)     | 0.40    | 1.59    | 2.56       | 65.24      | 0.0190     |
| Terendam (Stripping) | 1.59    | 10.19   | 65.24      | 78.88      | 0.6306     |

Dari hasil perhitungan laju deformasi terlihat bahwa nilai kedalaman per menit yang dihasilkan sangat kecil khususnya pada kondisi kering yaitu sebesar

0,0013 mm/menit sedangkan pada kondisi terendam nilai yang dihasilkan adalah 0,0190 mm/menit.

Tabel 6. Perhitungan Stabilitas Dinamis

| Kondisi  | Rentang    |           | RD   |      | DS            |
|----------|------------|-----------|------|------|---------------|
|          | Waktu      | Lintasan  | d1   | d2   | (lintasan/mm) |
| Kering   | 2-3 jam    | 6000-9000 | 3,82 | 4,06 | 0,0013        |
| Terendam | 3-65 menit | 128-3626  | 0,40 | 1,59 | 0,0190        |

Dari hasil perhitungan stabilitas dinamis pada kondisi kering dan kondisi terendam terlihat bahwa kondisi kering memiliki nilai stabilitas sebesar 37526 lintasan/mm sedangkan pada kondisi terendam memiliki nilai stabilitas sebesar 2625 lintasan/mm. berdasarkan nilai di atas perkerasan OGFC (PG-82) dalam penelitian ini telah memenuhi spesifikasi stabilitas dinamis sesuai dengan spesifikasi Bina Marga 2018 rev-2 untuk aspal AC mod sebesar lebih dari 2500 lintasan/mm. Hal ini mengindikasikan bahwa campuran ini memiliki potensi kekuatan struktural karena mampu menunjukkan ketahanan terhadap deformasi permanen.

#### 4. Kesimpulan

Dari penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

1. Penambahan Elvaloy 1% pada Asbuton murni meningkatkan kelas kinerja aspal semula PG-70 menjadi setara PG-82 yang memperlihatkan ketahanan terhadap suhu yang tinggi. Suhu pencampuran dan pemadatan turun >10 oC menjadi 173 oC dan 163 oC, serta menurunkan viskositas sehingga memperbaiki workability serta ketahanan terhadap deformasi permanen. Nilai daktilitas menurun dari >100 cm (Asbuton murni PG-70) menjadi 30 cm pada kondisi original binder dan 12 cm pada kondisi TFOT (Asbuton Elvaloy PG-82) hal ini menunjukkan peningkatan kekakuan dan kecenderungan getas.
2. Kinerja kelelahan campuran OGFC Asbuton

*Elvaloy* masih rendah, dengan umur kelelahan 25186 siklus pada 250 kPa dan 3375 siklus pada 400 kPa. Dibandingkan penelitian terdahulu menggunakan Asbuton murni, terjadi peningkatan *fatigue life*, namun campuran ini belum mendekati nilai dari perkerasan struktural yang dibandingkan terhadap penelitian terdahulu pada ACWC EVA dan SMA Asbuton murni.

3. Ketahanan deformasi permanen (*rutting*) sangat baik dengan nilai stabilitas dinamis mencapai 37526 lintasan/mm (kering) dan 2625 lintasan/mm (terendam), melebihi ambang 2500 lintasan/mm yang dijadikan acuan spesifikasi Bina Marga (AC Mod), menandakan kemampuan campuran menahan pembentukan alur di bawah beban berulang.
4. Dari perbandingan terhadap spesifikasi Bina Marga 2018 dan penelitian terdahulu pada ACWC dan SMA, OGFC dengan Asbuton-Elvaloy menunjukkan potensi untuk memberikan kontribusi struktural, meskipun saat ini perannya masih dominan sebagai lapis fungsional.

#### 5. Daftar Pustaka

- AASHTO T 324. *The American Association of State Highway and Transportation Officials Standard*
- EN 12697-24:2012 Annex E, *Bituminous mixtures. Test methods for hot mix asphalt Resistance to fatigue*

- 12697-24:2012, B. E. (2012). *Bituminous mixtures — Test methods for Hot Mix Asphalt*. BSI Standards.
- AASHTO, T. 3.-0. (2007). *Hamburg Wheel-Track Testing of Compacted*. American Association of State Highway and Transportation Officials.
- Aditya Martien Nugroho, A. S. (2017). Analisis Fatigue Pada Wearing Course Menggunakan Metode Classical Fatigue. *e-Jurnal MATRIKS TEKNIK SIPIL*, 959-966.
- Affandi, Furqon. 2018. "HASIL PEMURNIAN ASBUTON LAWELE SEBAGAI BAHAN PADA CAMPURAN BERASPAL UNTUK PERKERASAN JALAN". *Jurnal Jalan Jembatan* 23 (3):23.
- Andriansyah. (2023). Analisis Kinerja Campuran Aspal Panas *Open Graded Friction Course* (OGFC) Menggunakan Aspal Modifikasi dan Asbuton Murni.
- ASTM. (2008). *D7064/D7064M – 08 Standard Practice for Open-Graded Friction Course (OGFC) Mix Design*. West Conshohocken: ASTM International.
- Barksdale, R. (1993). *The Aggregate Handbook*. Washington DC.: National Stone Association.
- Bina Marga. (2022). *Spesifikasi Khusus Campuran Beraspal Panas Asbuton Murni SKh-1.6.29*.
- Bradley J. Putman, P. (2012). *EVALUATION OF OPEN-GRADED FRICTION COURSES: Contruction, Maintenance, and Performance*. Columbia: US Department of Transportation.
- Cahya, A. N. (2015). Analisis Kinerja Campuran Aspal Porus Menggunakan Aspal Pen 60/70 Dan Aspal Modifikasi Polimer Elvaloy. *Jurnmal Teknik ITB*, 10.
- Cheng, H. (2022). Fatigue test setups and analysis methods for asphalt mixture: A state-of-the-art review. *Journal of Road Engineering*, 279-308.
- Company, T. D. (2019). *How can chemistry improve our roads?* The Dow Chemical Company.
- Cristopher, A. (2023). Analisis Kinerja Laboratorium Campuran Beraspal Laston Lapis Aus (AC-WC) yang Menggunakan Aspal Modifikasi Polimer PG-82. *JTS*.
- H Nakanishi, M. O. (2019). Mix design and application of porous asphalt pavement using Japanese technology. *IOP Conference Series: Materials* (p. 12). Montreal, Canada: PURPOSE-LED PUBLISHING tm.
- Herndon, D. A. (2016). Investigation of Los Angeles value and alternate aggregate gradations in OGFC mixtures. *Construction and Building Materials* 110, 8.
- Jun Chen, P. a. (2015). Permeability Loss of Open-Graded Friction Course Mixtures due to Deformation-Related and Particle-Related Clogging: Understanding from a Laboratory Investigation. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 7.
- M323-13, A. (n.d.). *Superpave Volumetric Mix Design*. AASHTO.
- Maggiore, C. (2014). A comparison of different test and analysis methods for asphalt fatigue. 284.
- Suaryana, N., Susanto, I., Ronny, Y., dan Sembayang, I. R. (2018). Evaluasi kinerja campuran beraspal dengan bitumen hasil ekstraksi penuh dari Asbuton. *Media Komunikasi Teknik Sipil*, Vol. 24 No. 1, hal. 62–70.
- Simanungkalit, M. (2023). Pengaruh Penggunaan Asbuton Murni Dan Asbuton Modifikasi Polyethylene Terephthalate (Pet) Dalam Kinerja Campuran Stone Matrix Asphalt (SMA).
- SNI-8426:2017. (2017). *Spesifikasi aspal setara kelas kinerja*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Suripin. 2004. *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Yogyakarta: ANDI
- 12697-24:2012, B. E. (2012). *Bituminous mixtures — Test methods for Hot Mix Asphalt*. BSI Standards.
- AASHTO, T. 3.-0. (2007). *Hamburg Wheel-Track Testing of Compacted*. American Association of State Highway and Transportation Officials.
- Aditya Martien Nugroho, A. S. (2017). ANALISIS FATIGUE PADA WEARING COURSE MENGGUNAKAN METODE CLASSICAL FATIGUE. *e-Jurnal MATRIKS TEKNIK SIPIL*, 959-966.
- Andriyansyah. (2023). Analisis Kinerja Campuran Panas Open Graded Friction Course (OGFC) Menggunakan Aspal Modifikasi Polimer dan Asbuton Murni.
- ASTM. (2008). *D7064/D7064M – 08 Standard Practice for Open-Graded Friction Course*

- (OGFC) Mix Design. West Conshohocken: ASTM International.
- Barksdale, R. (1993). *The Aggregate Handbook*. Washington DC.: National Stone Association.
- Bina Marga. (2022). Spesifikasi Khusus Campuran Beraspal Panas Asbuton Murni SKh-1.6.29.
- Bradley J. Putman, P. (2012). *EVALUATION OF OPEN-GRADED FRICTION COURSES: Construction, Maintenance, and Performance*. Columbia: US Department of Transportation.
- Cahya, A. N. (2015). *ANALISIS KINERJA CAMPURAN ASPAL PORUS MENGGUNAKAN ASPAL PEN 60/70 DAN ASPAL MODIFIKASI POLIMER ELVALOY*. Jurnal Teknik ITB, 10.
- Cheng, H. (2022). Fatigue test setups and analysis methods for asphalt mixture: A state-of-the-art review. *Journal of Road Engineering*, 279-308.
- Company, T. D. (2019). How can chemistry improve our roads? The Dow Chemical Company.
- Cristopher, A. (2023). Analisis Kinerja Laboratorium Campuran Beraspal Laston Lapis Aus (AC-WC) yang Menggunakan Aspal Modifikasi Polimer PG-82. JTS.
- H Nakanishi, M. O. (2019). Mix design and application of porous asphalt pavement using Japanese technology. *IOP Conference Series: Materials* (p. 12). Montreal, Canada: PURPOSE-LED PUBLISHING tm.
- Herndon, D. A. (2016). Investigation of Los Angeles value and alternate aggregate gradations in OGFC mixtures. *Construction and Building Materials* 110, 8.
- Jun Chen, P. a. (2015). Permeability Loss of Open-Graded Friction Course Mixtures due to Deformation-Related and Particle-Related Clogging: Understanding from a Laboratory Investigation. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 7.
- M323-13, A. (n.d.). *Superpave Volumetric Mix Design*. AASHTO.
- Maggiore, C. (2014). A comparison of different test and analysis methods for asphalt fatigue. 284.
- S. Mayuni, S. P. (2022). Performance of OGFC Using West. Road and Airfield Pavement Technology, 9.
- Shakir Al-Busaltan, R. A.-Y.-J. (2020). Durability assessment of open-graded friction course using a sustainable polymer. *International Journal of Pavement Research and Technology*, 9.
- Simanungkalit, M. (2023). Pengaruh Penggunaan Asbuton Murni Dan Asbuton Modifikasi Polyethylene Terephthalate (Pet) Dalam Kinerja Campuran Stone Matrix Asphalt (SMA).
- SNI-8426:2017. (2017). Spesifikasi aspal setara kelas kinerja. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Sudarsanan, N. (2022). A critical review of the fatigue life prediction of asphalt mixtures and pavements. *journal of traffic and transportation engineering (english edition)*, 28.
- Xiao, F. (2015). Aggregate gradations on moisture and rutting resistances of open graded friction course mixtures. *Construction and Building Materials* 85, 9.
- Xue, Y. (2024). Road performance and mechanism of Hot in-place recycling asphalt mixture modified by direct-to-plant SBS. *Construction and Building Materials* 416, 16.
- Zhang, J. (2021). Evaluation of open-grade friction course (OGFC) mixtures with high content SBS polymer modified asphalt. *Construction and Building Materials* 270, 9.
- Zhu, X., Wang, Y., Miljković, M., Li, R., & Hao, G. (2023). Effects of polymer structure on the physicochemical and performance-related properties of SBS-modified asphalt binders subjected to short-term aging. *Construction and Building Materials* 411, 17.