

## DURABILITAS CAMPURAN ASPAL EMULSI DINGIN DAN HANGAT

**Sigit Kurniawan<sup>1</sup>, Sri Sunarjono<sup>2</sup>, Agus Riyanto<sup>3</sup>, Senja Rum Hernaeni<sup>4</sup>**

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta  
Jl. A. Yani Tromol Pos 1 Pabelan, Kartasura, Surakarta 57102 Telp 0271 717417  
Email: sigitkurniawan555@yahoo.co.id

### Abstrak

Lapisan perkerasan aspal konstruksi jalan pada umumnya menggunakan aspal panas (*hot mix*) baik pada pekerjaan berskala kecil maupun besar. Namun dalam pekerjaan berskala kecil dirasa kurang efisien menggunakan *hot mix* karena *hot mix* tidak dapat diproduksi dalam jumlah kecil. Selain menggunakan *hot mix*, dapat pula menggunakan campuran aspal emulsi dingin (CAED). Namun CAED juga memiliki beberapa kelemahan, CAED memerlukan waktu yang lama untuk meningkatkan kekuatan, memiliki stabilitas yang rendah pada umur awal dan memiliki porositas yang tinggi sehingga kerusakan sebelum mencapai umur rencana. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tingkat durabilitas (keawetan) dengan benda uji yang dilukai campuran aspal emulsi dingin dan hangat terhadap rendaman. Penelitian ini menggunakan variasi benda uji yaitu benda uji tidak dilukai, benda uji dilukai, benda uji dilukai dan dioven 85°C selama 2 Hari, penelitian ini diharapkan sebagai metode pendekatan dalam membuat benda uji yang dilukai dengan adanya kerusakan retak pada lapis permukaan di jalan raya. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan terhadap durabilitas campuran aspal emulsi dingin dan hangat dengan benda uji tidak dilukai, benda uji dilukai, benda uji dilukai dan dioven 85°C dengan lama rendaman 1 hari, 4 hari, 7 hari menyatakan bahwa stabilitas campuran emulsi hangat lebih tinggi daripada campuran emulsi dingin dan nilai durabilitas campuran emulsi dingin lebih kecil dibandingkan dengan campuran emulsi hangat.

**Kata Kunci:** Durabilitas; Aspal Emulsi Dingin, Benda uji rusak

### Pendahuluan

Cara pencampuran bahan perkerasan lentur dibagi menjadi 3 yaitu *hot mix asphalt*, *warm mix asphalt*, dan *cold mix asphalt*. Pada pelaksanaannya campuran yang paling sering digunakan berupa *hot mix asphalt* karena propertis yang baik serta waktu *setting* yang tidak begitu lama namun dalam pelaksanaannya membutuhkan waktu suhu yang tinggi mencapai 140°C yang berdampak pada kebutuhan asupan energi bahan bakar yang besar serta sebanding dengan emisi dan gas pembuangan yang besar pula. Pencampuran secara *cold mix* yang membutuhkan suhu 25°C-32°C bisa menjadi alternatif lain karena dalam pencampurannya hanya menggunakan *concrete mixer* sebagai alat, serta air sebagai pengemulsi dan ditambah bahan aditif. *Cold mix* lebih praktis dan tidak ada gas buang yang dihasilkan. Namun, kekurangannya memerlukan *setting* yang lama dan hanya digunakan untuk skala kecil.

Secara keseluruhan terdapat banyak kekurangan yang terdapat pada *hot mix asphalt* jika digunakan untuk skala kecil salah satunya adalah kebutuhan asupan energi bahan bakar yang besar serta sebanding dengan emisi dan gas pembuangan yang besar. Maka alternatif yang lain menggunakan *cold mix* sebagai pengganti dalam skala kecil. *Cold mix* atau aspal emulsi dingin sendiri memiliki kekuatan yang lebih rendah dibandingkan aspal panas, namun pada penelitian ini akan mencoba variasi aspal dingin dengan campuran hangat dengan tujuan memperoleh kekuatan yang lebih kuat dibandingkan campuran dingin yang standar.

Pada penelitian ini bertujuan membandingkan durabilitas campuran aspal emulsi dingin dan aspal emulsi hangat. Penelitian ini diperlukan untuk memberikan evaluasi mengenai durabilitas campurannya sehingga diharapkan akan memberikan kontribusi dalam pengetahuan tentang campuran aspal emulsi dingin atau hangat yang akan digunakan sebagai perkerasan jalan.

### Metode Penelitian

Penelitian ini bersifat eksperimental yang dilakukan di Laboratorium Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta. Penelitian ini dilakukan demi mengamati kerusakan retak di lapangan dengan mensimulasikan ke laboratorium yaitu dengan melakukan pendekatan membuat benda uji yang dilukai.

Metode untuk membuat benda uji yang dilukai yaitu dengan alat uji dimodifikasi sendiri dan mempunyai ukuran tertentu sehingga dapat merusak benda uji sesuai yang diharapkan. Metode simulasi benda uji dilukai ini

menggunakan alat uji sederhana dan ekonomis yaitu dengan membuat alat uji dari besi yang dikikis berbentuk segitiga sehingga membentuk besi yang tajam dan mudah untuk melukai sebuah benda uji sebagai simulasi kerusakan retak permukaan jalan di lapangan. Alat uji untuk merusak ukurannya dirancang agar masuk ke dalam *mold* benda uji, dalam membuat benda uji yang dirusak yaitu setelah proses pemadatan, kemudian diamkan benda uji (tetap dalam *mold*) hingga suhu benda uji sekitar 20-40°C, setelah mencapai suhu diantara itu lalu masukkan alat uji untuk merusak di tengah-tengah benda uji (dalam *mold*) hingga mendapatkan jarak sisi kiri dan sisi kanan yang sama. Setelah poses perletakan alat uji selesai, kemudian letakkan benda uji (dalam *mold*) yang sudah ada alat uji merusaknya ke meja alat compact kemudian dikunci agar tidak jatuh ketika ditumbuk.

Proses penumbukan yaitu memakai alat penumbuk yang digunakan pada saat proses pemadatan pembuatan campuran (aspal) yaitu dengan cara alat uji yang sudah dalam *mold* dan benda uji siap untuk dirusak tersebut ditumbuk dengan penumbuk dengan tinggi jatuh bebas 45,7cm dan berat 4,54 kg kemudian dijatuhkan/ditumbuk sebanyak 8 kali sehingga menghasilkan kerusakan retakan pada permukaan benda uji dengan bentuk rusak sesuai dengan bentuk alat uji yaitu retak menyudut dengan panjang 9cm, lebar 0,4cm dan pada tumbukan 8 kali sudah mampu merusak benda uji hingga kedalaman 1 cm dari tinggi total benda uji 6,25-7,5, setelah melakukan proses tersebut kemudian keluarkan benda uji dalam *mold* dan mengukur ketinggian disetiap sisi benda uji yang telah dilukai. Metode simulasi ini sebenarnya belum pernah ada sebelumnya, karena ini memakai metode asumsi sebagai proses pendekatan kerusakan retak pada permukaan jalan di lapangan.

## Hasil dan Pembahasan

### 1. Data Sekunder

#### 1.1. Properties Agregat

Data properties agregat kasar dan agregat halus diambil dari laporan penelitian (Nanang Sofa, 2018). Data tersebut dapat dilihat pada Tabel 1 sebagai berikut.

Tabel 1. Data Properties Agregat.

| No | Jenis Pengujian         | Hasil | Syarat | Satuan |
|----|-------------------------|-------|--------|--------|
| 1  | <b>Agregat Kasar</b>    |       |        |        |
| 2  | Berat jenis bulk        | 2.46  | -      | -      |
| 3  | Berat jenis SSD         | 2.51  | -      | -      |
| 4  | Berat jenis semu        | 2.59  | -      | -      |
| 5  | Berat jenis eff         | 2.53  | -      | -      |
|    | Penyerapan              | 2.13  | < 3.0% | (%)    |
| 6  | <b>Agregat Halus</b>    |       |        |        |
| 7  | Berat jenis <i>bulk</i> | 2.4   | -      | -      |
| 8  | Berat jenis <i>SSD</i>  | 2.51  | -      | -      |
| 9  | Berat jenis semu        | 2.71  | -      | -      |
| 10 | Berat jenis eff         | 2.57  | -      | -      |
|    | Penyerapan              | 4.82  | < 5.0% | (%)    |
|    | <b>Filler</b>           |       |        |        |
| 11 | Berat jenis             | 2.67  | -      |        |

(sumber : data sekunder Nanang, 2018)

#### 1.2. Properties Aspal Emulsi

Aspal yang digunakan pada penelitian ini adalah aspal emulsi CSS-1 produksi PT. Aspal Polimer Emulsindo. Data properties aspal dapat dilihat pada Tabel 2 sebagai berikut.

Tabel 2. Data Properties Aspal Emulsi.

| No                                | PEMERIKSAAN                      | SATUAN | HASIL | MIN  | MAX | METODE           |
|-----------------------------------|----------------------------------|--------|-------|------|-----|------------------|
| <b>TEST DARI EMULSI</b>           |                                  |        |       |      |     |                  |
| 1                                 | Viskositas                       | Detik  | 22    | 20   | 100 | AASHTHO T 59-97* |
| 2                                 | Storage stability 24 jam         | %      | 0.09  | -    | 1   | AASHTHO T 59-97* |
| 3                                 | Sieve test                       | %      | 0.04  | -    | 0.1 | AASHTHO T 59-97* |
| 4                                 | Residu destilasi                 | %      | 57.88 | 57   | -   | AASHTHO T 59-97* |
| <b>TEST RESIDU DARI DESTILASI</b> |                                  |        |       |      |     |                  |
| 1                                 | Penetrasi 25 C,100 gr, 5 detik   | 0.1 mm | 103.3 | 100  | 250 | SNI 2456-2011    |
| 2                                 | Daktalitas                       | cm     | 119.5 | 40   | -   | SNI 2431-1011    |
| 3                                 | Kelaratasn dalam trichlor etylen | %      | 98.06 | 97.5 | -   | AASHTHO T 44-97* |

(sumber : PT. Aspal Polimer Emulsindo)

### 1.3. Berat Jenis dan KARO

Dari hasil data sekunder diatas menunjukkan bahwa kualitas aspal yang telah di periksa telah memenuhi persyaratan yang telah ditentukan. Didalam data sekunder di atas diketahui nilai Kadar Aspal Residu Optimum (KARO) sebesar 7,1% dan berat jenis 2.54 (Nanang Sofa, 2018).

### 2. Pembahasan Pengujian Durabilitas Campuran Emulsi Dingin

Dalam pembahasan ini menganalisis bagaimana benda uji tidak dilukai, benda uji dilukai dan benda uji dilukai dan dioven dengan durasi perendaman terhadap kinerja durabilitas campuran emulsi dingin dilihat dari nilai Indeks Kekuatan Sisa (IKS) dan nilai Indeks Durabilitas Pertama. Hasil pengujian durabilitas dapat dilihat pada Tabel 3 berikut ini.

Tabel 3. Hasil Perhitungan IKS dan IDP

| Sifat<br>Marshall                       | Kondisi<br>Benda Uji              | Lama Perendaman (hari) |      |      |      |
|---|-----------------------------------|------------------------|------|------|------|
|   |                                   | 0                      | 1    | 4    | 7    |
| <b>Indeks Kekuatan Sisa (IKS)</b>       |                                   |                        |      |      |      |
| stabilitas (%)                          | Tidak Dilukai                     | 1204                   | 1085 | 1007 | 933  |
|   | Dilukai                           | 1146                   | 1013 | 947  | 721  |
|   | Dilukai dan Dioven 85°C-<br>2hari | 1075                   | 951  | 835  | 655  |
| IKS (%)                                 | Tidak Dilukai                     |                        | 90   | 84   | 78   |
|   | Dilukai                           |                        | 88   | 83   | 63   |
|   | Dilukai dan Dioven 85°C-<br>2hari |                        | 88   | 78   | 61   |
| <b>Indeks Durabilitas Pertama (IDP)</b> |                                   |                        |      |      |      |
| Kelandaian<br>r (%)                     | Tidak Dilukai                     |                        | 0.41 | 0.50 | 0.59 |
|   | Dilukai                           |                        | 0.49 | 0.57 | 0.84 |
|   | Dilukai dan Dioven 85°C-<br>2hari |                        | 0.48 | 0.63 | 0.86 |
| Kelandaian<br>R (Kg)                    | Tidak Dilukai                     |                        | 4.49 | 5.07 | 5.49 |
|   | Dilukai                           |                        | 4.92 | 5.35 | 6.05 |
|   | Dilukai dan Dioven 85°C-<br>2hari |                        | 4.57 | 5.27 | 5.65 |

Diketahui dari indeks kekuatan sisa pada tabel 3 diatas terjadi penurunan seiring bertambahnya lama rendaman. Hal ini dapat disebabkan karena semakin lama perendaman maka akan semakin banyak air yang masuk pada benda uji (campuran) yang memberikan kesempatan pada air untuk berinfiltrasi (masuk) kedalam struktur campuran perkerasan yang selanjutnya akan memperbesar rongga yang terdapat dalam campuran, sehingga merusak ikatan antara aspal dengan agregat dan juga mengurangi kekuatan yang berbentuk akibat berkurangnya gaya ikat antara aspal dengan agregat sehingga menyebabkan berkurangnya kualitas campuran tersebut.

Berdasarkan data indeks durabilitas pertama pada tabel 3 diatas, dinyatakan bahwa nilai IDP (r) /rata-rata kehilangan kekuatan sisa selama satu jam yang dinyatakan dalam (%) semakin bertambah seiring dengan pertambahan durasi rendaman. Hal ini dikarenakan semakin lama perendaman maka semakin banyak juga air yang masuk melalui rongga dalam campuran sehingga akan mempengaruhi kualitas dari campuran tersebut, dengan ini masing-masing variasi benda uji campuran emulsi dingin mengalami kehilangan kekuatan semakin besar seiring dengan lamanya perendaman.

### 3. Pembahasan Pengujian Durabilitas Campuran Emulsi Hangat

Dalam pembahasan ini menganalisis bagaimana benda uji tidak dilukai, benda uji dilukai dan benda uji dilukai dan dioven dengan durasi perendaman terhadap kinerja durabilitas campuran emulsi dingin dilihat dari nilai Indeks Kekuatan Sisa (IKS) dan nilai Indeks Durabilitas Pertama (IDP). Hasil pengujian durabilitas dapat dilihat pada Tabel 4 berikut ini.

Tabel.4 hasil Perhitungan IKS dan IDP.

| Sifat Marshall                          | Kondisi Benda Uji             | Lama Perendaman (hari) |      |      |      |
|---|-------------------------------|------------------------|------|------|------|
|   |                               | 0                      | 1    | 4    | 7    |
| <b>Indeks Kekuatan Sisa (IKS)</b>       |                               |                        |      |      |      |
| stabilitas (%)                          | Tidak Dilukai                 | 1329                   | 1206 | 1135 | 1072 |
|   | Dilukai                       | 1203                   | 1090 | 1000 | 760  |
|   | Dilukai dan Dioven 85°C-2hari | 1203                   | 1051 | 933  | 724  |
| IKS (%)                                 | Tidak Dilukai                 |                        | 91   | 85   | 81   |
|   | Dilukai                       |                        | 91   | 83   | 63   |
|   | Dilukai dan Dioven 85°C-2hari |                        | 89   | 79   | 62   |
| <b>Indeks Durabilitas Pertama (IDP)</b> |                               |                        |      |      |      |
| Kelandaian r (%)                        | Tidak Dilukai                 |                        | 0.39 | 0.46 | 0.53 |
|   | Dilukai                       |                        | 0.39 | 0.49 | 0.77 |
|   | Dilukai dan Dioven 85°C-2hari |                        | 0.45 | 0.59 | 0.83 |
| Kelandaian R (Kg)                       | Tidak Dilukai                 |                        | 4.66 | 5.23 | 5.64 |
|   | Dilukai                       |                        | 4.26 | 4.95 | 5.86 |
|   | Dilukai dan Dioven 85°C-2hari |                        | 4.69 | 5.46 | 6.02 |

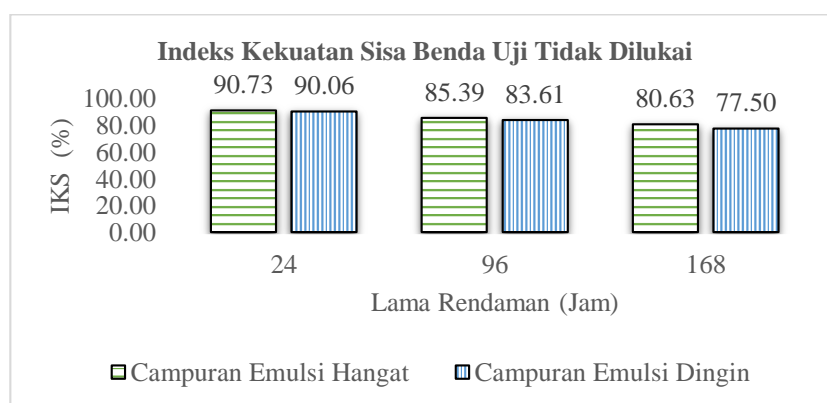
Diketahui dari indeks kekuatan sisa pada gambar.6 terjadi penurunan seiring bertambahnya lama rendaman. Hal ini dapat disebabkan karena semakin lama perendaman maka akan semakin banyak air yang masuk pada benda uji (campuran) yang memberikan kesempatan pada air untuk berinfiltrasi (masuk) kedalam struktur campuran perkerasan yang selanjutnya akan memperbesar rongga yang terdapat dalam campuran, sehingga merusak ikatan antara aspal dengan agregat dan juga mengurangi kekuatan yang berbentuk akibat berkurangnya gaya ikat antara aspal dengan agregat sehingga menyebabkan berkurangnya kualitas campuran tersebut.

Berdasarkan data indeks durabilitas pertama pada Gambar.7 diatas, terlihat bahwa nilai IDP (r) /rata-rata kehilangan kekuatan sisa selama satu jam yang dinyatakan dalam (%) semakin bertambah seiring dengan pertambahan durasi rendaman. Hal ini dikarenakan semakin lama perendaman maka semakin banyak juga air yang masuk melalui rongga dalam campuran sehingga akan mempengaruhi kualitas dari campuran tersebut, dengan ini masing-masing variasi benda uji campuran emulsi dingin mengalami kehilangan kekuatan semakin besar seiring dengan lamanya perendaman.

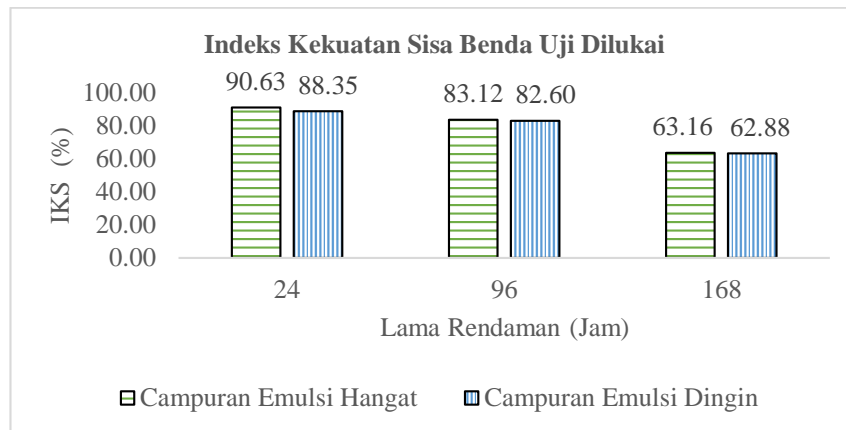
### 4. Perbandingan Campuran Emulsi Dingin dan Emulsi Hangat

#### 4.1. Indeks Kekuatan Sisa (IKS)

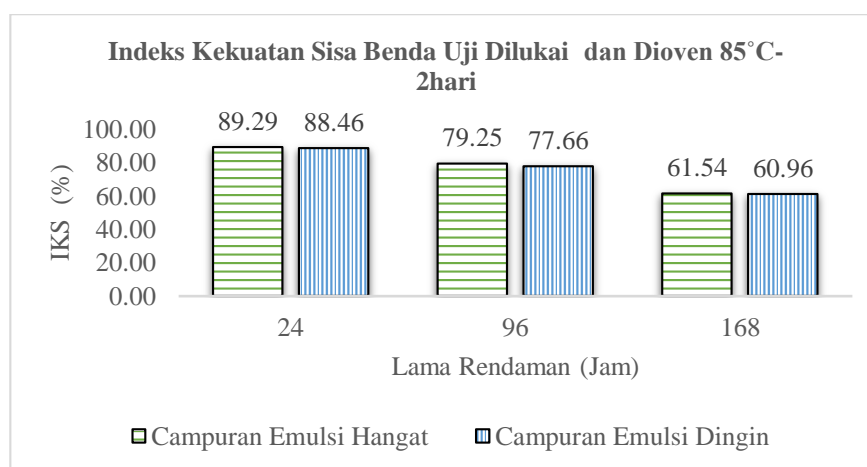
Perbandingan Nilai Indeks Kekuatan Sisa (%) kedua campuran dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar.1 Diagram Hubungan IKS Dengan Durasi Rendaman Benda Uji Tidak Dilukai Campuran Emulsi Dingin dan emulsi Hangat



Gambar.2 Hubungan IKS Dengan Durasi Rendaman Benda Uji Dilukai Campuran Emulsi Dingin dan Hangat

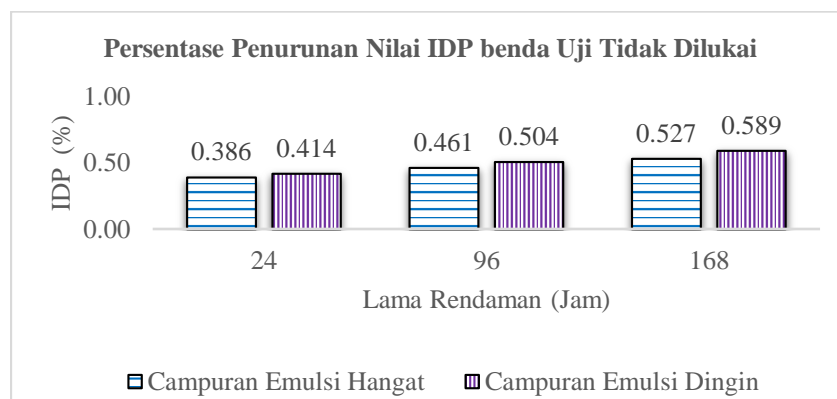


Gambar. 3 Diagram Hubungan IKS Dengan Durasi Rendaman Benda Uji Dilukai dan Dioven 85°C-2Hari Campuran Emulsi Dingin dan emulsi Hangat

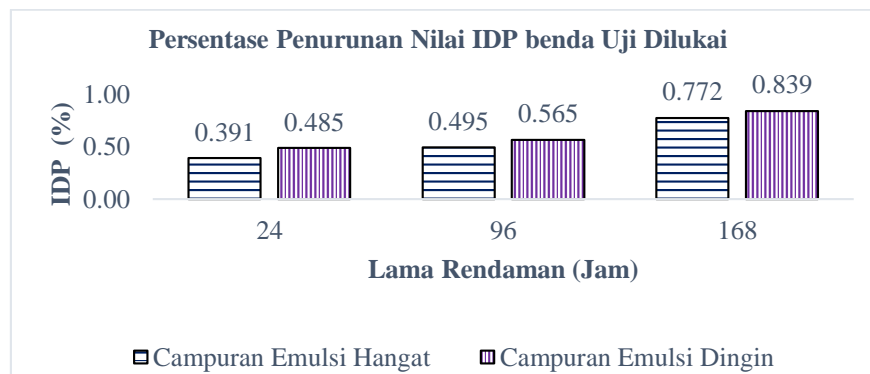
Berdasarkan data campuran emulsi dingin dan hangat pada Gambar 1,2,dan 3 menjelaskan bahwa persentase kekuatan sisa dengan benda uji dilukai, tidak dilukai, dan doven dilukai pada kedua campuran mengalami penurunan seiring bertambahnya lama rendaman. Penurunan campuran dingin lebih signifikan dibandingkan campuran emulsi hangat. Dengan ini dapat disimpulkan untuk campuran emulsi hangat lebih unggul daripada campuran emulsi dingin dalam segi kadar aspal dan kemampuan pada saat perendaman sehingga kemampuan aspal dalam mengikat agregat lebih baik dan dapat mengisi rongga dalam campuran tersebut.

**4.2. Indeks Durabilitas Pertama**

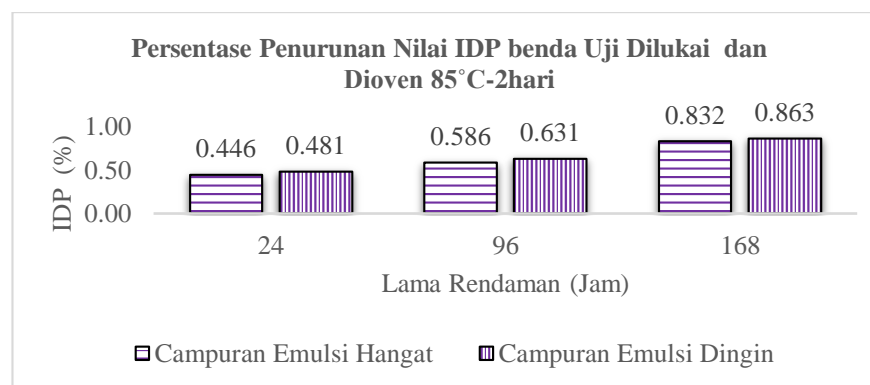
Perbandingan Nilai Indeks Kekuatan Sisa (%) kedua campuran dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar.4. Hubungan IDP Dengan Durasi Rendaman Benda Uji Tidak Dilukai Campuran Emulsi Dingin dan Hangat



Gambar.5. Diagram Hubungan IDP Dengan Durasi Rendaman Benda Uji Dilukai Campuran Emulsi Dingin dan Emulsi Hangat



Gambar.6. Diagram Hubungan IDP Dengan Durasi Rendaman Benda Uji Dilukai dan Dioven 85°C-2Hari Campuran Emulsi Dingin dan emulsi Hangat

Berdasarkan data indeks durabilitas pertama pada Gambar 4,5,6 menunjukkan bahwa nilai “r” positif yang berarti bahwa kedua campuran mengalami penurunan nilai stabilitas atau kekuatan seiring dengan lama perendaman yang dilakukan. Nilai “r” sendiri didefinisikan sebagai rata-rata besarnya kehilangan kekuatan selama satu jam dinyatakan dalam (%), yang berarti bahwa nilai sensitivitas campuran aspal terhadap durasi perendaman. Penurunan dari masing-masing benda uji campuran emulsi dingin lebih tinggi dibandingkan dengan campuran emulsi hangat dengan ini berarti kehilangan kekuatan campuran emulsi dingin lebih banyak dibandingkan campuran emulsi hangat artinya campuran emulsi hangat memiliki kekuatan/ketahanan yang lebih baik dibandingkan campuran emulsi dingin.

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan pada penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Pengaruh durasi rendaman pada suhu kamar menggunakan air terhadap Campuran Emulsi Dingin pada benda uji tidak dilukai, benda uji dilukai, dan benda uji dioven 85°C-2 hari menunjukkan bahwa hasil mengalami penurunan yang signifikan. Semakin lama perendaman maka semakin besar pula kehilangan kekuatan pada campuran selain itu semakin lama perendaman baik benda uji dilukai, tidak dilukai, maupun dioven dilukai maka hasil yang didapatkan akan semakin menurun durabilitasnya.
2. Pengaruh durasi rendaman pada suhu kamar menggunakan air tawar terhadap Campuran Emulsi Hangat pada benda uji tidak dilukai, benda uji dilukai, dan benda uji dioven 85°C-2 hari menunjukkan bahwa hasil mengalami penurunan yang signifikan. Semakin lama perendaman maka semakin besar pula kehilangan kekuatan pada campuran selain itu semakin lama perendaman baik benda uji dilukai, tidak dilukai, maupun dioven dilukai maka hasil yang didapatkan akan semakin menurun durabilitasnya.
3. Campuran emulsi hangat menghasilkan stabilitas yang lebih tinggi dibandingkan campuran emulsi dingin selain itu kehilangan kekuatan pada campuran emulsi hangat lebih kecil dibandingkan campuran emulsi dingin, hal ini dikarenakan pada campuran emulsi hangat memiliki kelekatan yang lebih tinggi karena pencampuran aspal menggunakan suhu yang lebih tinggi dibandingkan campuran emulsi dingin, sehingga campuran emulsi hangat memiliki pori pori atau rongga lebih sedikit sehingga air lebih sulit untuk masuk kedalam. Hal ini dapat

disimpulkan bahwa campuran emulsi hangat memiliki tingkat keawetan yang lebih baik dibandingkan campuran emulsi dingin.

### Ucapan Terima Kasih

Puji Syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat serta hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Tidak lupa penulis juga mengucapkan terima kasih kepada kedua orang tua saya, kakak saya, dan teman-teman semuanya yang telah membantu menyelesaikan naskah publikasi dan tugas akhir ini.

### Daftar Pustaka

- Akbar, S.J.,Wesli., 2012. Stabilitas Lapis Aspal Beton AC-WC Menggunakan Abu Sekam Padi. *Teras Jurnal. Volume 2. No 4.* Aceh : Jurusan Teknik Sipil Universitas Malikulsaleh.
- Alexander, Kevin. 2016. Analisa karakteristik Dan Aplikasi Campuran Aspal Emulsi Dingin Dengan spesifikasi Campuran Aspal Panas. *Jurnal Dimensi Pratama Teknik Sipil.*
- Anonim, 2016, *Modul Praktikum Bahan Perkerasan.* Surakarta: Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Bagus, I. Gusti. 2015. Analisis Penggunaan Reclaimed Ashpalt Pavement (RAP) sebagai Bahan Campuran Aspal Dingin Bergradasi Terbuka Dengan Menggunakan Aspal emulsi Jenis Kationik. Fakultas Teknik Sipil Institut Sepuluh November. Surabaya.
- Balqis, Putri. 2014. “Karakteristik Campuran Aspal Emulsi Dingin Menggunakan Agregat Gradasi Rapat Tipe IV Tanpa dan Dengan Tundaan Pemadatan 12 Jam Dengan Variasi Aditif Semen 1%”. Aceh : Jurusan Teknik Sipil Universitas Malikulsaleh.
- Bina Marga. 2010. Spesifikasi Umum Revisi 3. Jakarta: Direktorat Jendral Bina Marga.
- Christianto, T. Nurcholis. *Proses Ekstraksi Asbuton dengan Pelarut Pertasol.* Seminar Nasional Teknik Kimia Soebardjo Brotohardjono IX 2012.
- Emrizal, 2009, *Pemanfaatan Material Daur Ulang Aspal Beton Untuk Material Aspal Beton Campuran Dingin Memakai Aspal Emulsi.* Tesis. Surakarta:MTSPP UNS.
- Hartanto, A, 2016. *Analisis Karakteristik Campuran Aspal Emulsi Dingin Dan Perbandingan Nilai Stabilitas Aspal Emulsi Dingin Dengan Laston.* Tugas Akhir Universitas Kristen Petra. Surabaya.
- Haryono, L. W. L. 2018. “Analisis Properties Marshall dan ITS pada Campuran RAP Hangat menggunakan Bahan Aspal Emulsi” *Skripsi.* Surakarta: Laporan Penelitian, Fakultas Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Johar, Ating Ratna. 2018. “Analisis Properties Marshall dan ITS Campuran Hangat RAP Aspal Emulsi Menggunakan Bahan Tambah EPOXY” *Skripsi.* Surakarta : Laporan Penelitian, Fakultas Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Mardhatila, A., Muis, Z.A., 2013. Kajian Metode Perencanaan Struktur Perkerasan Daur Ulang. *Jurnal Teknik Sipil. Volume 2. No.1.* Medan : Universitas Sumatera Utara.
- Maulana, Nanang S. 2018. ”Perbandingan Propertis Marshall dan ITS Campuran Aspal Emulsi Menggunakan Bahan RAP dan Fresh Aggregate” *Skripsi.* Surakarta : Laporan Penelitian, Fakultas Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- MPW-RI (Ministry of Public Works Republic of Indonesia). 1990. *Paving Specifications Utilizing Bitumen Emulsions.* Jakarta-Indonesia.
- Mulizar, Rosalina. 2013. “Karakteristik Campuran Aspal Emulsi Bergradasi Rapat. *Majalah Ilmiah BISSOTEK*”, Vol. 8, No. 1. Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Lhokseumawe.
- Renhard, F. M. 2017. Karakteristik Campuran Aspal Emulsi Dingin Dengan Penggunaan Plastik Bekas Sebagai Pengganti Sebagian Agregat. *Jurnal Ilmiah Elektronik.* Fakultas Teknik Universitas Udayana. Denpasar.
- Ridho, M. 2012. *Karakteristik Campuran Aspal Dan Agregat ( Mix – 01 )* Sumatera Barat : Universitas Andalas.
- Sukirman Silvia (1999), *Perkerasan Lentur Jalan Raya,* Nova, Bandung.
- Sukirman, Silvia. *Beton aspal campuran panas,* Jakarta,2010.
- Thanaya, I. N. A. 2010. “Analisis Karakteristik Campuran Aspal Emulsi Dingin (CAED) yang mempergunakan Agregat dari Bekas Bongkahan Bangunan” *Skripsi.* Bali: Laporan Penelitian, Fakultas Teknik Sipil Universitas Udayana.
- Wikarga, Gede. 2017. Analisis Karakteristik Campuran Aspal Emulsi Dingin (CAED) Dengan Epoxy Sebagai Bahan Tambah. *Jurnal Spektran. Vol. 5, No. 2.* Magister Teknik Sipil Universitas Udayana.
- Zurni, Rahmi.2015. Pengaruh Penggunaan Polimer Elvaloy Terhadap Nilai Indek Kekuatan Sisa Pada Campuran Material Perkrasan Daur Ulang. *Jurnal Itenas Rekayasa. No.1.* Institut Teknologi Nasional.