

## **PENGARUH PENAMBAHAN ABU TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT (TKKS) TERHADAP NILAI PENETRASI INDEKS ASPAL PERTAMINA PEN.60/70**

**Alfian Saleh**

Program Studi Teknik Sipil Universitas Lancang Kuning  
Jalan Yos Sudarso Km. 8 Rumbai Pekanbaru  
E-mail : [alfian.saleh@unilak.ac.id](mailto:alfian.saleh@unilak.ac.id)

**Muthia Anggraini**

Program Studi Teknik Sipil Universitas Lancang Kuning  
Jalan Yos Sudarso Km. 8 Rumbai Pekanbaru  
E-mail : [muthia@unilak.ac.id](mailto:muthia@unilak.ac.id)

### **Abstrak**

Pemeriksaan dilakukan dengan cara mengumpulkan data dari serangkaian pengujian karakteristik aspal. Kemudian dilakukan analisis dan pembahasan. Pengambilan abu TKKS didapat dari TKKS yang baru diambil dan dibakar menjadi abu yang lolos saringan #200. Dalam pemeriksaan dilakukan dengan empat tahap. Tahap I untuk mencari karakteristik aspal 60/70. Tahap II untuk mencari kadar aspal optimum pada aspal 60/70. Tahap II untuk mencari kadar abu TKKS optimum dengan variasi kadar abu TKKS 0,0%, 1,0%, 2,0%, 3,0%, dan 4,0% terhadap kadar aspal optimum, sehingga didapat kadar abu TKKS optimum 1,5% terhadap kadar aspal optimum. Tahap III dilakukan pengujian penetrasi dan titik lembek aspal dengan penambahan abu TKKS kadar optimum sebesar 1,5% untuk mendapatkan nilai *penetration index* (PI). Tahap IV yaitu menganalisis nilai PI tanpa penambahan abu TKKS dan dengan penambahan abu TKKS. Sehingga dari hasil PI didapat abu TKKS bisa dimanfaatkan sebagai bahan tambah untuk campuran beton aspal walaupun mengalami penurunan nilai durabilitas namun masih dalam batas yang ditentukan 75% ini disebabkan karena pada pengujian penetrasi dan titik lembek aspal dengan penambahan abu TKKS kadar optimum mengalami penurunan yang menandakan aspal tersebut menjadi keras dan rentan terhadap perubahan temperatur karena abu TKKS banyak mengandung K<sub>2</sub>O yang bersifat mudah teroksidasi dan peka terhadap perubahan temperatur.

**Kata Kunci :** Abu TKKS, *Additive*, *Penetration Index*

### ***Abstract***

*Experimental research was conducted by collecting data from a series of characteristics of Marshall's research in the laboratory, as well as analysis and discussion. TKKS obtained from the newly captured and burned to ashes that pass sieve # 200. This research was conducted with four stages. Phase I to find properties of asphalt. Phase II to find the optimum content TKKS ash, variation of ash content 0,0%, 1,0%, 2,0%, 3,0% and 4,0% of the optimum asphalt content, in order to get an optimum content TKKS ash is 1,5% of the optimum asphalt content. Phase III to find penetration and softening point with additive TKKS ash optimum 1,5% to find penetration index (PI). Phase IV to*

*analyse PI without additive and with additive. Find conducted penetration testing and softening point of asphalt with the addition of TKKS ash optimum content of 1,5% to obtain the PI. So the result of research is TKKS ash can be used as an additive to asphalt concrete durability despite impaired but still within the limits specified 75% is due to the penetration and softening point testing of asphalt with the addition of TKKS ash levels decrease, indicating the optimum experience asphalt becomes harder and susceptible to temperature changes because contains a lot TKKS ash is K<sub>2</sub>O have characteristics easily oxidized and susceptible to changes in temperature.*

**Keywords :** *TKKS ash, Additive, Penetration Index*

## **A. PENDAHULUAN**

Aspal merupakan salah satu bahan utama dalam perencanaan struktur jalan terutama pada perkerasan lentur. Dengan menggunakan komposisi aspal yang sesuai dengan campuran maka akan didapat lapisan struktur yang baik. Perkerasan yang baik harus mempunyai ketebalan yang cukup sehingga mampu menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar, kedap terhadap air, memiliki kekakuan yang cukup untuk memikul beban yang bekerja tanpa menimbulkan deformasi yang berarti (Sukirman S., 1999). Berdasarkan jenis Aspal yang beredar di Indonesia adalah aspal berasal dari Pertamina dengan nilai penetrasinya 60/70 dan sesuai dengan kondisi suhu dan iklim Indonesia. Namun aspal murni Pen 60/70 ini secara propertis memiliki tingkat kelenturan yang dapat dikatakan tidak stabil untuk itu perlu adanya penambahan zat tambah (*additive*) bagi aspal agar sifat dan karakteristik aspal yang diinginkan dapat tercapai.

Indonesia sebagai salah satu negara kepulauan dan terletak di wilayah khatulistiwa dengan suhu tropis membuat negara ini menghasilkan banyak kekayaan alam hayati antara lain yaitu hasil perkebunan kelapa sawit, ini dapat dilihat bahwa Indonesia merupakan negara produksi terbesar kelapa sawit di dunia.

Selama ini produksi kelapa sawit hanya buah kelapa sawitnya saja yang dimanfaatkan untuk pembuatan minyak kelapa sawit sedangkan pada Tandan Buah Segar (TBS) kelapa sawit selain bijinya juga menghasilkan Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS). Pemanfaatan TKKS selama ini belum maksimal karena hanya dipakai sebagai mulsa yang ditebarkan di lapangan setelah dibakar. Limbah padat TKKS ini jumlahnya cukup besar yaitu sekitar 6 (enam) juta ton tiap tahunnya tercatat pada tahun 2004 (Ditjen PPHP Deptan, 2006). Untuk itu pemanfaatan limbah abu TKKS ini dapat dijadikan bahan tambah dalam perkerasan lentur dan dapat mempengaruhi karakteristik aspal yang dalam hal ini pada titik penetrasi dan titik lembek.

## **B. TINJAUAN PUSTAKA**

### **1. Aspal**

Sifat-sifat dominan aspal yang mempengaruhi perilaku lapis perkerasan; Sifat termoplastis dan kepekaan temperatur yaitu aspal merupakan material termoplastis (lebih keras jika temperatur berkurang dan akan lunak jika temperatur bertambah), yang konsistensinya berubah bergantung temperturnya. Kepekaan terhadap temperatur penting untuk diketahui. Aspal yang memiliki kepekaan temperatur terlalu tinggi tidaklah diharapkan, mengingat viskositasnya pada suhu 140°C - 160°C dapat

sangat rendah, sehingga menyebabkan kesulitan dalam pencampuran dan pemadatan; Sifat *durability*, sifat *durability* aspal didasarkan pada daya tahan terhadap perubahan sifat apabila mengalami proses pelaksanaan konstruksi, pengaruh cuaca, dan akibat beban lalu lintas. Sifat utama *durability* adalah daya tahan aspal terhadap proses pengerasan; Adhesi dan kohesi, adhesi merupakan kemampuan aspal untuk mengikat agregat sehingga dihasilkan ikatan yang baik antara agregat dengan aspal. Kohesi adalah kemampuan aspal untuk tetap memepertahankan agregat tetap ditempatnya setelah terjadi peningkatan (Sukirman S.,1999).

## 2. Bahan Tambah (*Additive*)

Untuk mendapatkan mutu campuran perkerasan jalan yang baik maka dibutuhkan upaya memodifikasi perkerasan dengan cara menambahkan bahan tambah (*additive*) dalam perkerasan jalan. Penggunaan bahan tambah (*additive*) ini salah satu solusi untuk mengurangi frekuensi pemeliharaan yang diperlukan atas situasi kepadatan lalu lintas dan untuk meningkatkan durabilitas jalan. Salah satu tugas utama dari bahan tambah (*additive*) adalah untuk meningkatkan ketahanan aspal terhadap deformasi permanen pada temperatur tinggi, tanpa mempengaruhi sifat-sifat aspal pada suhu tertentu (Brown S., 1990). Sebagai bahan tambah dalam campuran perkerasan, digunakan Abu Tandan kosong Kelapa Sawit (TKKS) dengan kadar 0,0%, 1,0%, 2,0%, 3,0%, dan 4,0% terhadap berat kadar aspal optimum. Abu Tandan kosong Kelapa Sawit (TKKS) ini dianggap mempunyai daya ikat yang kuat yang diharapkan dapat memperkuat campuran aspal.

## 3. Abu Tandan Kosong Kelapa Sawit (Abu TKKS)

Abu Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) dapat diperoleh dari sisa pembakaran boiler di pabrik minyak kelapa sawit. Adapun komposisi kimia yang dikandungnya yaitu Kalium (K), Silika (Si), Kalsium (Ca), Magnesium (Mg), Natrium (Na), Besi/Ferrum (Fe), Mangan (Mn), Tembaga/Curum (Cu), CO<sub>3</sub> dan CHO<sub>3</sub> (Fauzi,2006).

Darmoko dan Sutarta (2006) menyatakan bahwa dalam kompos TKKS terdapat beberapa kandungan nutrisi penting bagi tanaman. Kandungan nutrisi dalam kompos TKKS dapat disajikan pada Tabel 1 dan Tabel 2.

**Tabel 1.** Kandungan Nutrisi dalam Kompos TKKS

| Parameter     | Nilai (%) |
|---------------|-----------|
| Air           | 45 - 50   |
| Abu           | 12,60     |
| N             | 2 - 3     |
| C             | 35,10     |
| P             | 0,2 - 0,4 |
| K             | 4 - 6     |
| Ca            | 1 - 2     |
| Mg            | 0,8 - 1,0 |
| C/N           | 15,03     |
| Bahan Organik | >50       |

(Sumber : Darmoko dan Sutarta, 2006)

**Tabel 2.** Hasil Analisis Kandungan Bahan Organik dalam TKKS

| Komponen     | Komposisi (% Berat Basah) |
|--------------|---------------------------|
| Selulose     | 41,4                      |
| Hemiselulose | 22                        |
| Lignin       | 18,3                      |
| Abu          | 10,1                      |
| Air          | 8,2                       |

(Sumber : Astuti LY., Venny AN., 2009)

#### 4. Kepekaan Aspal Terhadap Temperatur

Terdapat tiga pendekatan untuk mengungkapkan kondisi kepekaan temperatur aspal antara lain yaitu metode *Penetration Index* (PI) oleh Peiffer dan Van Doormaal. PI ditentukan berdasarkan penetrasi dan titik lembek aspal. Nilai PI ini dapat dihitung dengan rumus dibawah ini (Brown S., 1990).

$$PI = \frac{1952 - 500 \log pen - 20 SP}{50 \log pen - SP - 120}$$

Keterangan :

- PI = *Penetration Index*
- pen = Nilai penetrasi aspal
- SP = Titik lembek aspal

Semakin rendah nilai PI, semakin peka suatu aspal terhadap temperatur. Aspal Keras (AC) pada umumnya memiliki nilai PI antara +1 sampai -1. Aspal jenis *airblown* yang telah dikurangi sifat kepekaan temperaturnya dapat memiliki PI cukup tinggi. Aspal semen yang memiliki PI kurang dari -2 sangat peka terhadap temperatur dan biasanya menampakkan sifat getas (*brittle*) pada suhu rendah, serta mudah retak pada musim dingin (Brown S.,1990).

### C. METODOLOGI PENELITIAN

#### 1. Tempat dan Waktu Pengujian

Lokasi pengujian dilakukan di Laboratorium Jalan Raya yang sudah berstandar SNI dan dilakukan secara eksperimental kausal baik saat pengambilan data ataupun menganalisis data. Jenis pengujian ini dapat diartikan sebagai sebuah studi yang objektif, sistematis dan terkontrol untuk memprediksi hasil akhir. Pengujian eksperimental kausal bertujuan untuk menyelidiki hubungan sebab akibat (*cause and effect relationship*) yaitu mempersoalkan adanya variabel bebas dan tidak bebas. Variabel bebas yang dimaksudkan adalah persentase volume abu Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) sedangkan variabel tidak bebas adalah karakteristik spesifikasi aspal Pen. 60/70 yang sudah ditentukan. Hasilnya dibandingkan dan dipaparkan dalam bentuk suatu penulisan dilengkapi dengan data-data hasil pengujian.

## 2. Bahan dan Alat

Pemeriksaan dilakukan di laboratorium sehingga memerlukan alat-alat di Laboratorium khususnya alat untuk menentukan propertis aspal. Adapun alat yang digunakan sebagai berikut:

- a. Penetrasi pada suhu 25°C (0,1 mm) : SNI 06-2456-1991
- b. Viskositas 135°C (ceni Stokes) : AASHTO T201-03
- c. Titik lembek (°C) : SNI 06-2434-1991
- d. Daktilitas pada 25°C, (cm) : SNI 06-2432-1991
- e. Titik nyala (°C) : SNI 06-2433-1991
- f. Kelarutan dalam *Trichloroethylene* (%) : AASHTO T44-03
- g. Berat jenis (gr/cc) : SNI 06-2442-1991
- h. Stabilitas penyimpanan (°C) : ASTM D5976 part 6.1
- i. Keelastisan setelah pengembalian (°C) : ASTM T301-98

## 3. Prosedur Pengujian

Cara mengambil data pengujian dari laboratorium yang berupa :

- a. Data propertis aspal yaitu: berat jenis aspal; daktilitas aspal; titik nyala dan titik bakar aspal; titik lembek aspal; kelarutan dalam TCE, penetrasi aspal
- b. Mencari kadar optimum Abu Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) sebagai zat *additive* terhadap Kadar Aspal Optimum (KAO) dari rumus  $Pb = 0,035 F1 + 0,045 F2 + 0,18 F3 + K$
- c. Menentukan kadar optimum penambahan Abu Tandan Kosong Kelapa Sawit
- d. Mencari nilai Penetrasi Indeks dengan penambahan kadar optimum Abu TKKS sebagai zat *Additive* dari persentase Kadar Aspal Optimum (KAO) yang didapatkan.
- e. Membandingkan nilai Penetrasi Indeks pada aspal tanpa ditambah abu TKKS dengan aspal penambahan zat abu TKKS

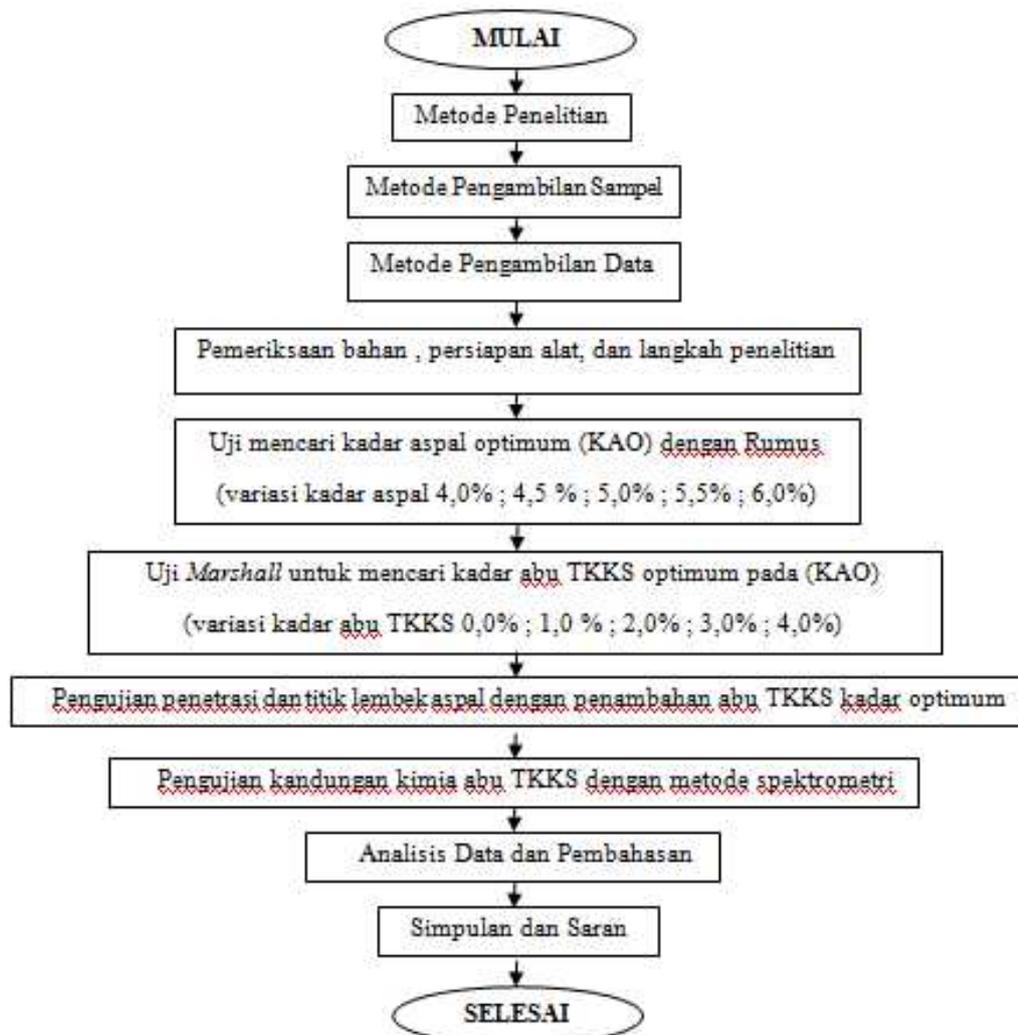
Data-data yang didapat akan dianalisis menjadi sebuah kesimpulan sifat karakteristik aspal dengan penambahan abu Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) sebagai zat *additive*.

## 4. Analisis Data

Secara umum analisis data dapat diuraikan sebagai berikut : melakukan analisis terhadap sifat-sifat fisik aspal, apabila telah memenuhi spesifikasi Bina Marga dilanjutkan dengan mencari Kadar Aspal Optimum dengan menggunakan rumus  $Pb = 0,035 F1 + 0,045 F2 + 0,18 F3 + K$  ; kemudian melakukan penambahan persentase penambahan abu TKKS dengan penambahan 0,5; 1,0 dan 1,5 sehingga didapat nilai penambahan optimum yaitu 1,5% dari nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) setelah itu dilakukan pengujian penetrasi dan titik lembek aspal dengan penambahan abu TKKS sebesar 1,5 % dari KAO untuk mencari nilai Penetrasi Indeks (PI) kemudian dianalisis dengan menggunakan rumus dan kemudian dapat menyimpulkan hasil pengujian yaitu karakteristik aspal dengan penambahan abu TKKS.

## 5. Bagan Alir

Bagan alir merupakan penjelasan secara singkat mengenai tahapan-tahapan dalam menjalankan serangkaian pengujian. Penjelasan secara singkat metodologi penelitian ini terdapat pada Gambar 1.



Gambar 1. Bagan Alir

## D. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Data Hasil Pemeriksaan Aspal Pen.60/70

Dari hasil pengujian laboratorium yang didapat dari hasil pemeriksaan aspal Pen.60/70 yaitu sebagai berikut:

**Tabel 3.** Persyaratan dan Hasil Pemeriksaan AC 60-70

| Jenis<br>Pemeriksaan/Pengujian | Syarat    |      | Hasil | Satuan |
|--------------------------------|-----------|------|-------|--------|
|                                | Min       | Max  |       |        |
| Penetrasi                      | 60        | 79   | 62,2  | 0,1 mm |
| Titik lembek                   | 48°C      | 58°C | 50    | °C     |
| Titik nyala                    | 200°C     | -    | 330   | °C     |
| Kelarutan TCE                  | 99% berat | -    | 99    | %berat |
| Daktilitas                     | 100 cm    | -    | 165   | Cm     |
| Berat jenis                    | 1         | -    | 1,01  | -      |

Dari hasil pengujian bahan-bahan di atas menunjukkan bahwa bahan-bahan yang akan digunakan telah memenuhi persyaratan sebagai bahan perkerasan.

## 2. Hasil Pengujian Aspal dengan Penambahan Abu Tandan Kosong Kelapa Sawit Pada Kadar Optimum Sebesar 1,5%

Aspal yang digunakan adalah aspal keras AC 60/70 yang diproduksi oleh PT. Pertamina, Cilacap dan bahan *additive* yang digunakan merupakan Abu Tandan Kosong Kelapa Sawit yang berasal dari Kabupaten Pelalawan Provinsi Riau yang dibakar dan disaring dengan saringan lolos saringan #200. Dari hasil pemeriksaan di Laboratorium Jalan Raya, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia diperoleh data-data pemeriksaan yang tercantum pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Hasil Pengujian Aspal dengan penambahan Abu Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) Optimum sebesar 1,5%

| Jenis<br>Pemeriksaan/Pengujian | Syarat |      | Hasil | Satuan |
|--------------------------------|--------|------|-------|--------|
|                                | Min    | Max  |       |        |
| Penetrasi                      | 60     | 79   | 56,4  | 0,1 mm |
| Titik lembek                   | 48°C   | 58°C | 44    | °C     |

Setelah dilakukan pengujian aspal yang dicampur dengan Abu Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) dengan kadar optimum sebesar 1,5% maka hasil pengujian penetrasinya mengalami penurunan yang awalnya tanpa dicampur dengan abu TKKS yaitu 62,2 mm turun menjadi 56,4 mm setelah dicampur dengan abu TKKS. Pada pemeriksaan titik lembeknya yaitu 50°C tanpa dicampur abu TKKS mengalami penurunan menjadi 44°C setelah dicampur abu TKKS. Ini disebabkan karena abu TKKS mengandung  $K_2O$  (Kalium Oksida) yang sifatnya mudah teroksidasi dengan udara dan suhu.

## 3. Hasil Pengujian Kandungan Abu Tandan Kosong Kelapa Sawit Dengan Metode Spektrometri / FTIR

Pengujian kandungan dalam abu Tandan Kosong Kelapa Sawit ini dilakukan dengan pengujian Spektrometri/FTIR yang dilakukan di Laboratorium Instrumentasi Terpadu dan diperoleh hasil yang tercantum pada Tabel 5 dan Tabel 6.

**Tabel 5.** Hasil Pengujian Kandungan Kimia Abu TKKS

| Komponen                      | Nilai (%) |
|-------------------------------|-----------|
| K <sub>2</sub> O              | 30 - 40%  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | 7%        |
| CaO                           | 9%        |
| MgO                           | 3%        |

**Tabel 6.** Hasil Pengujian Kandungan Unsur Hara Mikro Abu TKKS

| Unsur Hara Mikro | Nilai (ppm) |
|------------------|-------------|
| Fe               | 1.200       |
| Mn               | 1.00        |
| Zn               | 40          |
| Cu               | 100         |

Berdasarkan hasil pengujian abu Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) dengan metode Spektrometri/FTIR dapat dinyatakan bahwa unsur yang paling banyak terkandung dalam abu TKKS adalah K<sub>2</sub>O (Kalium Oksida) yang sifatnya mudah teroksidasi, sehingga aspal yang sudah ditambahkan abu TKKS ini akan menjadi lebih keras yang membuat nilai viskositas aspal meningkat sehingga daya tahan aspal dalam mempertahankan sifat asalnya akibat pengaruh cuaca selama masa pelayanannya menjadi menurun. Namun lebih tahan terhadap deformasi, ini terlihat pada nilai stabilitas yang terus naik dan *flow* menurun seiring dengan penambahan kadar abu TKKS sehingga abu TKKS ini sifatnya mendekati Formaldehyde, 37 wt.% *solution of water* dan potassium nitrate 99,999%.

#### 4. Hasil Pengujian Penetration Index (PI) Aspal dengan dan Tanpa Abu Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS)

Nilai PI ini dapat dihitung dari hasil pengujian penetrasi dan titik lembek aspal dengan dan tanpa penambahan abu TKKS optimum sebesar 1,5%. Perhitungannya sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 PI_{\text{non additive}} &= \frac{1952 - 500 \log 62,2 - 20,50}{50 \log 62,2 - 50 - 120} \\
 &= -0,686
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 PI_{\text{additive}} &= \frac{1952 - 500 \log 56,4 - 20,44}{50 \log 56,4 - 44 - 120} \\
 &= -2,569
 \end{aligned}$$

Dari hasil *Penetration Index* (PI) diatas dapat dilihat pada Tabel 7.

**Tabel 7.** Hasil *Penetration Index* (PI) Dengan dan Tanpa Abu TKKS Optimum

| Jenis Pemeriksaan/Pengujian | Tanpa <i>additive</i> | Penambahan <i>additive</i> |
|-----------------------------|-----------------------|----------------------------|
| Penetrasi (mm)              | 62,2                  | 56,4                       |
| Titik lembek (°C)           | 50                    | 44                         |
| Penetrasi Indeks (PI)       | -0,686                | -2,569                     |

Kepekaan terhadap temperatur penting untuk diketahui karena menunjukkan nilai konsistensi aspal. Aspal yang memiliki kepekaan temperatur terlalu tinggi tidak diharapkan, mengingat viskositasnya sangat rendah pada temperatur 140°C-160°C menyebabkan kesulitan dalam pencampuran dan pemadatan. Sebaliknya aspal yang memiliki kepekaan terhadap temperatur yang terlalu rendah kurang cocok digunakan pada daerah yang memiliki temperatur rata-rata tinggi. Salah satu cara menentukannya yaitu dengan cara menghitung *Penetration Index* (PI).

Dari nilai *Penetration Index* (PI) yang didapat, nilai PI tanpa penambahan abu TKKS sebesar -0,686 dan nilai PI dengan penambahan abu TKKS optimum sebesar -2,569, sehingga dapat disimpulkan bahwa penambahan abu TKKS akan membuat aspal menjadi semakin peka terhadap temperatur. Hal ini disebabkan abu TKKS banyak mengandung K<sub>2</sub>O (Kalium Oksida) yang mempunyai sifat peka terhadap temperatur yang akibatnya tingkat durabilitas akan menurun dan potensi terjadinya *bleeding* lebih besar.

## E. KESIMPULAN

Dari hasil pembahasan dan tujuan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Penambahan abu TKKS optimum yang didapatkan yaitu sebesar 1,5% dari besar Kadar Aspal Optimum (KAO) yang didapatkan.
2. Berdasarkan pengujian Spektrometri/FTIR abu TKKS memiliki kandungan 30-40% K<sub>2</sub>O, 7% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 9% CaO, 3% MgO dan selain itu juga mengandung unsur hara mikro yaitu 1.200 ppm Fe, 1.00 ppm Mn, 40 ppm Zn dan 100 ppm Cu. Dari hasil tersebut unsur yang paling banyak terkandung dalam abu TKKS adalah K<sub>2</sub>O (Kalium Oksida) yang bersifat mudah teroksidasi dan peka terhadap temperatur.
3. Dari nilai *Penetration Index* (PI) yang didapat bahwa nilai PI mengalami penurunan dengan penambahan abu TKKS yaitu sebesar -0,686 untuk nilai PI tanpa penambahan abu TKKS turun menjadi -2,569 untuk nilai PI dengan penambahan abu TKKS optimum, sehingga menjadi semakin peka terhadap temperatur yang akibatnya tingkat durabilitas akan menurun dan potensi terjadinya *bleeding* lebih besar.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agus R., 1977, *Teknik Jalan dan Transportasi*, Jakarta.
- American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), 1986, *Mineral Filler for Bituminous Paving Mixture*, Washington DC.
- Arifin, Maulana, 1997, *Analisis Penggunaan Limbah Busa Lateks sebagai Additif Terhadap Karakteristik Marshall dan Permeabilitas Beton Aspal (Tugas Akhir)*, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Astuti L.Y., Ningtyas, V.A., 2009, *Pemanfaatan Tandan Kosong Kelapa Sawit Sisa Media Jamur Sebagai Pupuk Organik dengan Penambahan Aktivator Efektif Microorganism EM-4 (Tugas Akhir)*, Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya.
- Atkins H.N., 1997, *Highway Materials, Soils, and Concretes*, Prentice Hall Inc, New Jersey.
- Brown S., 1990, *The Shell Bitumen Handbook*, University of Nottingham, UK.
- Departemen Pekerjaan Umum Dirjen Bina Marga, 1987, *Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton Untuk Jalan Raya SKBI-2.4.26.1987*, Penerbit Yayasan Penerbit PU, Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum Dirjen Bina Marga, 2006, *Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton Untuk Jalan Raya*, Penerbit Yayasan Penerbit PU, Jakarta.
- Darmoko, Sutarta, 2006, *Pemanfaatan Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit. (Tugas Akhir)*, Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Direktorat Jenderal Perkebunan, 2006, *Pedoman Pengelolaan Limbah Industri Kelapa Sawit*, Ditjen PPHP Departemen Pertanian, Jakarta.
- Kaban, Yuliandra, 2006, *Pengaruh Limbah Batu Baterai Terhadap Karakteristik Marshall pada Beton Aspal. (Tugas Akhir)*, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Laboratorium Jalan Raya, 2010, *Buku Petunjuk Praktikum Bahan Perkerasan*, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Sukirman S., 1999, *Perkerasan Lentur Jalan Raya*, Nova, Bandung.