

INVESTIGASI KARAKTERISTIK TAR TEMPURUNG KELAPA SEBAGAI BAHAN IKAT CAMPURAN BERASPAL

Sigit Wahono¹, Sri Sunarjono², Senja Rum Harnaeni³, Ika Setiyaningsih⁴,

¹Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta

Jl. A. Yani Tromol Pos 1 Pabelan Kartasura 57102 Telp 0271 717417

Email: sigitwahonohd2@gmail.com¹

Abstrak

Aspal yang bersumber dari minyak bumi yang digunakan untuk bahan dasar struktur jalan raya sifatnya adalah terbatas. Tar tempurung kelapa dengan sifat fisik yang menyerupai aspal yang biasa disebut limbah karena memiliki aroma yang menyengat dan sangat lengket. Tar tempurung kelapa ini memiliki nilai penetrasi yang tinggi. Penelitian dengan memodifikasi menambahkan variasi bahan material aspal 60/70 dan kapur, dengan tujuan untuk meningkatkan nilai fisik tar tersebut. Tujuan yang pertama adalah untuk mengetahui karakteristik tar tempurung kelapa, tujuan yang kedua yaitu untuk mengetahui nilai karakteristik tar tempurung kelapa dengan variasi bahan tambah aspal 60/70, tujuan yang ketiga yaitu untuk mengetahui nilai karakteristik tar tempurung kelapa dengan variasi bahan tambah kapur. Dalam penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimen, yaitu dengan menambahkan variasi bahan tambah aspal 60/70 dan kapur dengan tar tempurung kelapa. Metode pengujian yang dilakukan adalah uji penetrasi, uji daktilitas, uji titik lembek, uji titik nyala dan bakar, uji berat jenis, uji kelekatan terhadap agregat, dan uji viskositas-flow (aliran). Adapun cara memodifikasi dalam pengujian tar tempurung kelapa tersebut yang pertama adalah dengan menggunakan variasi bahan tambah aspal 60/70 dengan perbandingan 100:0, 75:25, 50:50, dan 25:75. Modifikasi yang kedua yaitu dengan kapur ukuran biasa dan ukuran nanometer dengan proporsi penambahan kapur 0%, 2%, 4%, 6%, 8%, dan 10%. Nilai dari penelitian tar tempurung kelapa dengan variasi bahan tambah aspal 60/70 pada proporsi 50:50 mengasilkan nilai berat jenis 1,13, kelekatan terhadap agregat 100%. Tar tempurung kelapa dalam keadaan murni dalam pengujian kelekatan terhadap agregat berserta berat jenis memenuhi spesifikasi aspal 60/70 dengan nilai 100% dan 1,17.

Kata kunci: Aspal 60/70; Kapur; Tar Tempurung Kelapa.

Pendahuluan

Aspal minyak atau aspal olahan adalah salah satu bahan yang tidak bisa lepas dari susunan campuran material yang digunakan dalam struktur perkerasan jalan tipe lentur. Aspal merupakan bahan utama yang digunakan untuk mengikat campuran material agregat. Sumber yang menghasilkan aspal minyak atau aspal olahan berasal dari minyak bumi yang berarti sumber dayanya terbatas dan dimasa yang akan datang bisa saja cadangan yang terdapat di dalam perut bumi akan semakin menipis atau bahkan bisa saja habis. Maka dari itu diperlukanya pengembangan dalam melakukan penelitian mengenai bahan pengganti aspal maupun solusi pengurangan dalam pemakaian aspal yang bersumber dari minyak bumi ataupun aspal olahan yang sumber dayanya terbatas dan tidak dapat diperbaharui.

Tar merupakan fraksi berat dalam sisa hasil destilasi yang mencair pada saat dilewatkan pada pendinginan. Tar yang dihasilkan pada proses destilasi yaitu tar yang sudah berbentuk seperti cairan mengental dan lengket. Secara kasat mata sifat fisik tar antara lain cairan yang berwarna hitam pekat dan mempunyai aroma yang menyengat (Brown, S, 1990). *Fly ash* merupakan bahan padat yang tidak mudah larut dan tidak mudah menguap. Sifat dari *fly ash* merupakan limbah pembakaran batubara yang dapat digunakan sebagai bahan campuran bitumen karena kemampuannya untuk meningkatkan nilai penetrasi dan perubahan suhu pada saat pengujian titik nyala dan bakar (Ledo, Driamedia. 2015).

Dalam beberapa penelitian sebelumnya yang sudah dilakukan dengan tujuan untuk meminimalkan penggunaan bahan aspal yang bersifat tidak bisa diperbaharui. Bahan utama yang digunakan bersumber dari tar tempurung kelapa yang digunakan sebagai bahan penelitian pengganti aspal. Tar sendiri diperoleh dari hasil penyulingan tempurung kelapa. Secara fisik tar memiliki sifat yang sama yaitu berwarna hitam dan lekat, akan tetapi tekstur dari tar sendiri lebih lunak dan mempunyai nilai penetrasi tinggi dibandingkan dengan aspal minyak pada umumnya, berdasarkan pada penelitian yang sudah pernah dilakukan perlu adanya bahan tambah untuk meningkatkan sifat fisik dari tar.

Bahan dan Metode Penelitian

Bahan pada penelitian ini terdiri dari tar tempurung kelapa yang digunakan dalam penelitian ini adalah hasil penyulingan dari pembakaran tempurung kelapa yang diperoleh dari CV. SINAR ARANG dari wilayah kabupaten Karanganyar, aspal minyak penetrasi 60/70, dan kapur padam.

Metode penelitian terdiri dari beberapa tahap antara lain: Tahap Persiapan dengan mempersiapkan material yang akan digunakan dalam penelitian, peralatan yang digunakan dan form penelitian untuk mencatat hasil data penelitian. Metode penelitian ini menggunakan metode eksperimen yaitu metode yang dilakukan dengan mengadakan percobaan hingga didapat hasil yang sesuai dengan yang diharapkan. Metode penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Dalam penelitian ini terdapat beberapa tahapan penelitian untuk mengetahui proses dan hasil dalam penelitian. Beberapa dari tahapan penelitian tersebut adalah sebagai berikut : 1 set alat uji penetrasi, 1 set alat uji berat jenis, 1 set alat uji titik lembek, 1 set alat uji titik nyala dan titik bakar, 1 set alat uji daktilitas, 1 set alat uji kelekatan terhadap agregat, 1 set alat uji kehilangan berat, 1 set alat uji viskositas flow. Tahap selanjutnya yaitu pengujian aspal 60/70, pengujian tar murni, pengujian tar ditambah dengan variasi bahan tambah aspal 60/70, dan pengujian tar ditambah dengan variasi bahan tambah kapur biasa dan kapur mikrometer. Pengujian yang dilakukan meliputi uji penetrasi, uji berat jenis, uji titik lembek, uji titik nyala dan titik bakar, uji daktilitas, uji kelekatan terhadap agregat, uji kehilangan berat, dan uji viskositas.

Tahap analisis dan pembahasan data diperoleh data-data hasil penelitian. Data tersebut kemudian dianalisis untuk menjawab masalah, tujuan dan manfaat penelitian. Tahap kesimpulan dan saran didapatkan berdasarkan analisis dan pembahasan yang diperoleh data tahapan sebelumnya. Tahap selanjutnya yaitu membuat saran berdasar seluruh rangkaian pengujian yang dilakukan.

Hasil dan Pembahasan

Hasil Pengujian aspal 60/70 sebagai variasi bahan tambah dan tar murni dapat dilihat di Tabel 1 dibawah ini :

Tabel 1. Hasil Pengujian Aspal 60/70 dan Tar Murni

No	Jenis Pengujian	Satuan	Persyaratan	Aspal 60/70	Keterangan	Tar Murni	Keterangan
1	Penetrasi 25°C	mm	60-79	64,67	Memenuhi	207,40	Tidak Memenuhi
2	Titik Lembek	°C	50-58	52,33	Memenuhi	25,00	Tidak Memenuhi
3	Titik Nyala	°C	Min 200	362,33	Memenuhi	101,67	Tidak Memenuhi
4	Titik Bakar	°C	-	431,33	Memenuhi	112,33	Tidak Memenuhi
5	Daktilitas	cm	Min 100	130,33	Memenuhi	13,67	Tidak Memenuhi
6	Kelekatan	%	Min 95	100,00	Memenuhi	100,00	Memenuhi
7	Berat Jenis	-	Min 1,0	1,07	Memenuhi	1,17	Memenuhi
8	Kehilangan Berat	%	Mak 0,8	0,23	Memenuhi	9,67	Tidak Memenuhi
9	Viskositas-Flow	gr/dt	-	8,00	Pemanasan 140°	8,33	Pemasaan 80°

(Sumber : Hasil Penelitian)

Tabel 1. yang direpresentasikan menunjukkan bahwa nilai yang didapat pada material aspal pen 60/70 dari pengujian penetrasi, pengujian titik lembek, pengujian titik nyala dan bakar, pengujian daktilitas, pengujian kelekatan, pengujian berat jenis, dan pengujian kehilangan berat jenis yang dilakukan nilainya memenuhi persyaratan yang sudah ditentukan, dengan demikian material tersebut sudah sesuai dengan standar aspal pen 60/70 dan material ini nantinya akan digunakan sebagai variasi bahan tambah campuran tar tempurung kelapa. Uji viskositas-flow (aliran) aspal dipanaskan pada suhu 140°, berdasarkan pada suhu pemanasan untuk campuran agregat. Tar murni menunjukkan hasil yang secara keseluruhan belum memenuhi persyaratan, pengujian kelekatan dan pengujian berat jenis yang memenuhi persyaratan, dengan demikian perlunya ada perbaikan material untuk mencapai hasil yang mendekati atau memenuhi persyaratan dengan menambahkan variasi bahan tambah, dalam penelitian ini menggunakan variasi bahan tambah aspal 60/70 dan kapur. Uji viskositas-flow (aliran) tar murni ini dipanaskan pada suhu 80°, dibawah nilai titik bakar guna menghindari kerusakan material.

Analisis Karakteristik Tar dengan Variasi Bahan Tambah Aspal 60/70

Hasil analisis karakteristik tar dengan variasi bahan tambah aspal 60/70 dapat dilihat pada Tabel 2 dibawah ini :

Tabel 2. Hasil Pengujian Tar dengan Variasi Bahan Tambah Aspal 60/70

No	Jenis Pengujian	Satuan	Persyaratan	Perbandingan Campuran Tar : Aspal 60/70			Keterangan
				75;25	50;50	75;25	
1	Penetrasi 25°C	mm	60-79	162,07	149,73	105,93	Tidak Memenuhi

No	Jenis Pengujian	Satuan	Persyaratan	Perbandingan Campuran Tar : Aspal 60/70			Keterangan
				75;25	50;50	75;25	
2	Titik Lembek	°C	50-58	36,67	42,67	46,00	Tidak Memenuhi
3	Titik Nyala	°C	Min 200	116,00	130,33	145,67	Tidak Memenuhi
4	Titik Bakar	°C	-	125,67	161,67	171,33	Tidak Memenuhi
5	Daktilitas	cm	Min 100	15,33	19,33	58,33	Tidak Memenuhi
6	Kelekatan	%	Min 95	100,00	100,00	100,00	Memenuhi
7	Berat Jenis	-	Min 1,0	1,06	1,13	1,16	Memenuhi
8	Kehilangan Berat	%	Mak 0,8	4,33	5,33	9,00	Tidak Memenuhi
9	Viskositas-Flow	gr/dt	-	1,96	1,71	1,63	Pemanasan 80°

(Sumber : Hasil Penelitian)

Tabel 2 yang direpresentasikan pada pengujian ini dilakukan pencampuran dari dua material yang berbeda yaitu tar tempurung kelapa dengan aspal 60/70. Pencampuran ini dilakukan untuk eksperimen material baru untuk percobaan dalam memperbaiki kualitas dar tar itu sendiri maka dipilihlah variasi bahan campuran aspal 60/70 yang sudah disyaratkan oleh Bina Marga. Perbandingan campuran antara tar dan aspal dipilih tiga variasi dengan menggunakan nilai perbandingan, dapat dilihat pada tabel 2 diatas. dengan hasil pengujian yang telah dilakukan masih terdapat pengujian yang belum memenuhi persyaratan diantaranya pengujian penetrasi yang masih tinggi nilainya yang berarti memiliki nilai kuat tekan yang rendah. Titik lembek yang masih dibawah persyaratan yang mendekati nilai persyaratan adalah perbandingan 25:75 (25 untuk tar dan 75 untuk aspal). Titik nyala dan bakar yang masih dibawah persyaratan juga sangat mempengaruhi jika nantinya akan digunakan untuk jenis campuran *hot mix* dan mungkin lebih sesuai untuk campuran jenis *cold mix*. Nilai daktilitas yang masih rendah juga kurang baik untuk menahan daya tarik yang mungkin akan terjadi pada konstruksi jalan. Nilai kehilangan berat yang masih tinggi untuk campuran ini dan kurang baik untuk pemanasan yang berulang dalam durasi yang lama. Adapun nilai pengujian yang memenuhi persyaratan diantaranya adalah pengujian kelekatan dan pengujian berat jenis. Sehingga masih perlu adanya pengembangan lebih lanjut dengan variasi bahan tambah yang lebih baik atau bahan yang memiliki nilai elastis dan plastis yang sangat baik untuk memperbaiki karakteristik tar tempurung kelapa dengan variasi bahan tambah aspal ini dengan hasil pengujian yang mendekati ataupun memenuhi persyaratan.

Analisis Karakteristik Tar dengan Variasi Bahan Tambah Kapur dan Kapur Lolos Saringan No 400

Hasil analisis ksrskteristik tar dengan variasi bahan tambah kapur dapat dilihat pada Tabel 3 dibawah ini:

Tabel 3. Hasil Pengujian Tar dengan Variasi Bahan Tambah Kapur

No	Jenis Pengujian	Satuan	Persyaratan	Penambahan Campuran Tar + Kapur					Keterangan
				2%	4%	6%	8%	10%	
1	Penetrasi 25°C	mm	60-79	4,33	0,00	0,00	0,00	0,00	Tidak Memenuhi
2	Titik Lembek	°C	50-58	30,67	33,67	36,33	38,67	40,33	Tidak Memenuhi
3	Titik Nyala	°C	Min 200	106,33	110,67	115,33	120,33	125,33	Tidak Memenuhi
4	Titik Bakar	°C	-	116,00	120,67	125,33	130,33	134,67	Tidak Memenuhi
5	Daktilitas	cm	Min 100	2,33	0,00	0,00	0,00	0,00	Tidak Memenuhi
6	Kelekatan	%	Min 95	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	Memenuhi
7	Berat Jenis	-	Min 1,0	1,09	1,11	1,14	1,20	1,30	Memenuhi
8	Kehilangan Berat	%	Mak 0,8	6,00	10,00	12,33	14,00	20,33	Tidak Memenuhi
9	Viskositas-Flow	gr/dt	-	0,99	0,71	0,60	0,55	0,47	Pemanasan 80°

(Sumber : Hasil Penelitian)

Tabel 4. Hasil Pengujian Tar dengan Variasi Bahan Tambah Kapur

No	Jenis Pengujian	Satuan	Persyaratan	Penambahan Campuran Tar + Kapur Lolos Saringan No 400					Keterangan
				2%	4%	6%	8%	10%	
1	Penetrasi 25°C	mm	60-79	6,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Tidak Memenuhi
2	Titik Lembek	°C	50-58	30,00	32,67	34,67	37,00	40,33	Tidak Memenuhi
3	Titik Nyala	°C	Min 200	107,33	111,67	116,33	121,33	126,33	Tidak Memenuhi
4	Titik Bakar	°C	-	117,00	121,67	126,33	131,33	135,67	Tidak Memenuhi
5	Daktilitas	cm	Min 100	2,67	0,00	0,00	0,00	0,00	Tidak Memenuhi
6	Kelekatan	%	Min 95	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	Memenuhi
7	Berat Jenis	-	Min 1,0	1,04	1,11	1,12	1,15	1,18	Memenuhi
8	Kehilangan Berat	%	Mak 0,8	5,67	10,33	12,00	14,33	23,00	Tidak Memenuhi

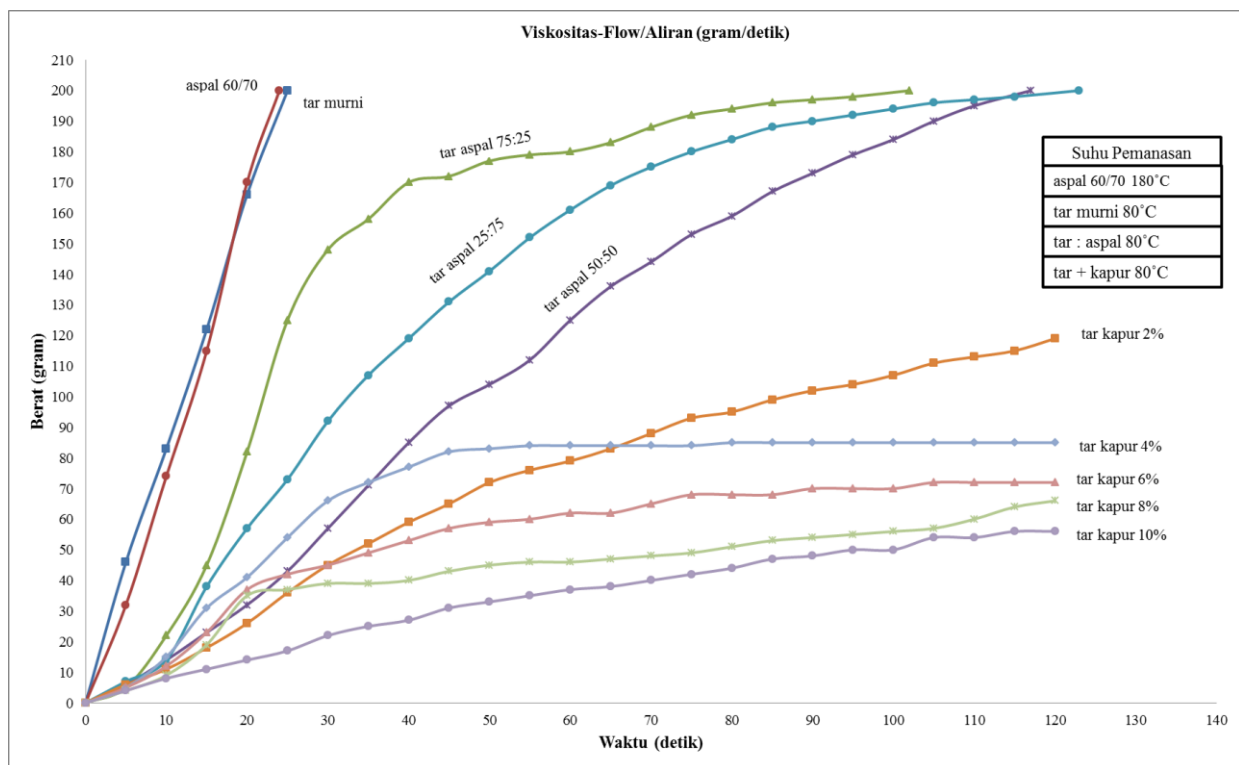
9	Viskositas-Flow	gr/dt	-	1,00	0,73	0,62	0,56	0,49	-
---	-----------------	-------	---	------	------	------	------	------	---

(Sumber : Hasil Penelitian)

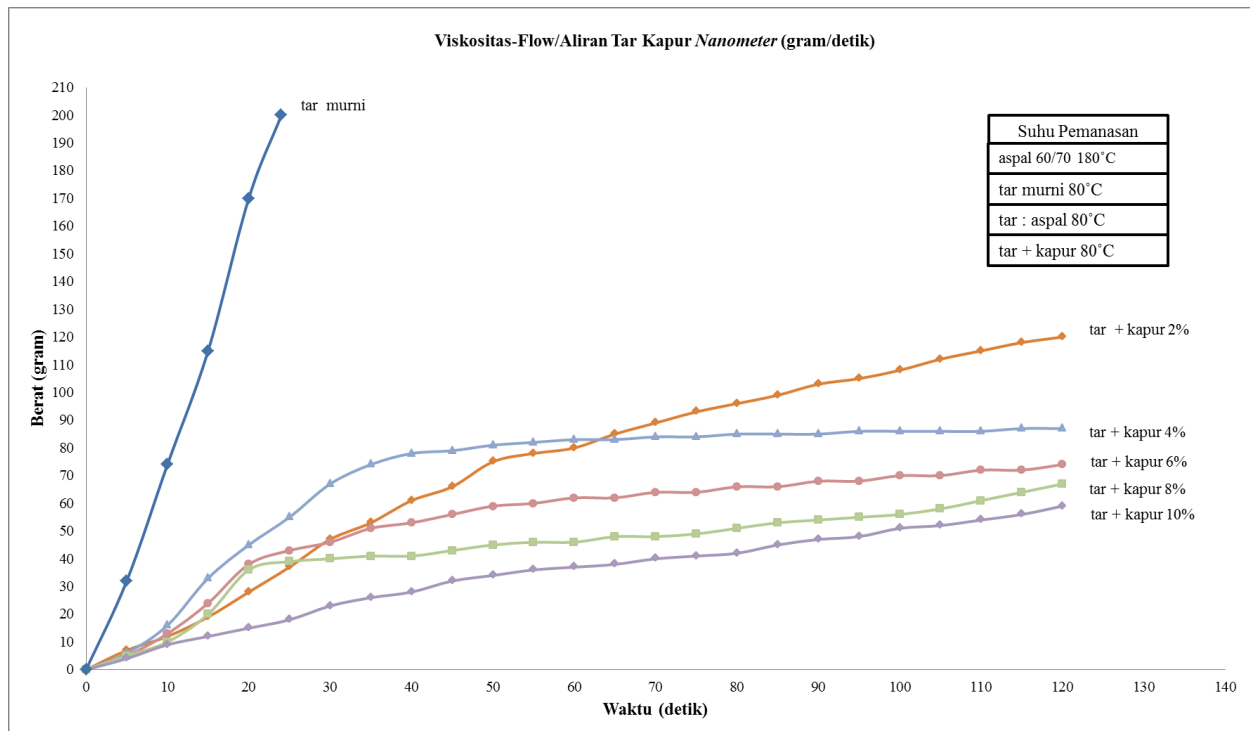
Tabel 3 dan 4 yang direpresentasikan diatas dapat disimpulkan bahawa karakteristik tar dengan variasi bahan campuran kapur biasa dan kapur lolos saringan no 400 dilihat dari nilai penetrasi cukup rendah, dan bahkan mencapai angka 0 (nol) hal ini dikarenakan kapur memiliki nilai reaksi tersendiri ketika dicampurkan dengan tar dengan suhu pengujian 25°C tar akan lebih dahulu mengeras, dengan demikian jenis campuran ini kurang baik untuk kontruksi jalan tipe lentur. Titik lembek yang belum memenuhi persyaratan juga bepengaruh ketika material ditempatkan pada suatu titik yang memeiliki temperatur yang rendah dan titik lembek yang rendah temperatur yang dibutuhkan dalam pencampuran dengan agregat dalam pematatan harusah lebih rendah. Untuk nilai titik nyala dan bakar yang masih dibawah persyaratan alangkah lebih baiknya dengan menggunakan metode campuran *cold mix* dikarenakan suhu yang terlalu tinggi akan mengakibatkan material rusak karena terbakar. Pengujian pada daktilitas sangatlah kurang baik dari nilai pada tabel diatas, hal ini dikarenakan pada material kapur tidak memiliki nili elastisitas sama sekali, jadi dalam campuran material ini tidak baik untuk daya dukung elastis. Nilai kehilangan berat yang cukup tigggi sangat kurang baik jika nantinya material akan dipanaskan berulang ulang, untuk lebih baiknya digunakan dalam satu kali pemanasan ketika digunkan untuk pencampuran dengan agregat. Karakteristik tar dengan variasi bahan tambah kapur biasa dan kapur lolos saringan no 400 yang memenuhi persyaratan hanyalah pengujian kelekatan dan berat jenis. Sehingga masih perlu adanya pengembangan lebih lanjut dengan variasi bahan tambah yang lebih baik atau bahan yang memiliki nilia elastis dann plastis yang sangat baik untuk memperbaiki karakteristik tar tempurung kelapa dengan variasi bahan tambah aspal ini dengan hasil pengujian yang mendekati ataupun memenuhi persyaratan.

Analisis Viskositas-Flow

Hasil analisis viskositas-flow aspal 60/70 dengan suhu pemanasan 140°, tar murni dengan suhu pemanasan 80°, tar dengan variasi bahan tambah aspal 60/70 suhu pemanasan 80°, tar dengan variasi bahan tambah kapur biasa dan kapur lolos saringan no 400 dengan suhu pemanasan 80° dapat dilihat pada gambar grafik dibawah ini :



Gambar 1 Grafik Viskositas-Flow Hubungan antara Masa dan Waktu



Gambar 2 Grafik Viskositas-Flow Hubungan antara Masa dan Waktu

Gambar grafik 1 dan 2 diatas pengujian viskositas-flow dengan suhu 140°C yang dilakukan pada aspal pen 60/70 yang terjadi yaitu aliran yang mengalir pada pengujian viskositas mengalir cepat ini dikarenakan faktor material dengan suhu pemanasan tinggi dan menjadikan material lebih cair dari sebelumnya, dan suhu material tar tempurung kelapa yang dipanaskan pada suhu 80°C juga mengalami hal yang sama dengan aspal, akan tetapi tar lebih cair dengan suhu pemanasan lebih rendah dari suhu pemanasan aspal dan waktu yang dibutuhkan juga lebih cepat. Untuk campuran tar dan aspal mengalami penurunan aliran disetiap penambahan jumlah aspal, dengan demikian semakin banyak kandungan aspal semakin tinggi pula tingkat kekentalan yang terjadi di material campuran tar dan aspal. Kemudian untuk campuran tar dengan kapur biasa maupun kapur lolos saringan no 400 juga mengalami tingkat kekentalan yang semakin meningkat dari setiap perseny, dan terjadi pada puncak tingkat kekentalan yang sangat tinggi terjadi pada campuran dengan prosentase 10%. Dengan demikian nilai viskositas-flow aliran atau kekentalan disetiap material mengalami perubahan sesuai dengan komposisi yang telah ditentukan.

Kesimpulan

Karakteristik tar tempurung kelapa belum bisa memenuhi dari semua persyaratan yang telah ditentukan, dari semua pengujian yang dilakukan hanya terdapat dua pengujian yang memenuhi persyaratan yaitu pengujian kelekatan dan berat jenis.

Karakteristik tar tempurung kelapa dengan variasi bahan tambah aspal pen 60/70 dengan cara perbandingan tar dengan aspal (75:25, 50:50, 25:75), secara keseluruhan pengujian belum memenuhi persyaratan, hanya ada dua pengujian yang memenuhi persyaratan, yaitu pengujian kelekatan dan berat jenis.

Karakteristik tar tempurung kelapa dengan variasi bahan tambah kapur biasa dan kapur lolos saringan no 400 dengan cara menambahkan prosentase kapur kedalam tar dengan variasi prosentase 0%, 2%, 4%, 6%, 8%, dan 10%, dari semua pengujian belum memenuhi persyaratan, hanya ada dua pengujian yang memenuhi persyaratan, yaitu pengujian kelekatan dan berat jenis. Akan tetapi dari keseluruhan pengujian yang dilakukan pada variasi kapur ini terdapat perbedaan hasil antara campuran kapur biasa dengan kapur nanometer, hal ini dipengaruhi oleh partikel kapur nanometer yang lebih lembut dan halus sehingga untuk pencampuran dengan tar bisa lebih baik dan lebih homogen meskipun secara nilai tidak berbeda secara signifikan.

Saran

Pemanasan dan konsistensi dalam suhu pembuatan benda uji dan penuangan harus sangat diperhatikan, karena hal ini sangat berpengaruh terhadap nilai dari pengujian yang akan dilakukan.

Variasi bahan yang baik digunakan hendaknya memiliki sifat plastis dan elastis secara baik, sehingga bisa memperbaiki kualitas tar dari segi kuat tari maupun kuat tekan, agar didapatkan nilai yang memenuhi persyaratan pengujian.

Proses pencampuran bahan sangatlah berpengaruh terhadap benda uji, maka aduklah bahan dengan baik gunakanlah alat *mixer* yang baik juga guna mendapatkan hasil yang sempurna dan homogen antara pencampuran bahan.

Ucapan Terimakasih

Terimakasih diucapkan penulis kepada CV. Sinar Arang, dosen pembimbing dan pihak-pihak yang terlibat dalam proses penelitian.

Daftar Pustaka

- Astuti, W. W. (2015). *Analisis Pengaruh Bahan Tambah Kapur Terhadap Karakteristik RAP (Reclaimed Asphalt Pavement)*. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Brown, S. (1990). *The Shell Bitumen*. United Kingdom: University of Nottingham.
- Girard. (1992). *properties and utilization of tar*. Conservation and Recycling 54: Resources.
- Hasibuan, A. W. (2015). *Karakteristik Hasil Destilasi Tar Tempurung Kelapa dengan Modifikasi Penambahan Crumb Rubber Ditinjau dari Spesifikasi Aspal Keras*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Ledo, D. I. (2015). *Karakteristik Tar Hasil Destilasi Tempurung Kelapa dengan Modifikasi Penambahan Fly Ash dan Lem Dibandingkan dengan Aspal Minyak Produk Pertamina*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Luqmana, D. (2017). *Investigasi Sifat Aspal RAP (Reclaimed Asphalt Pavement) Atifisial Menggunakan Bahan Tambah Filler*. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Peralta, J. (2014). *Recombination of Asphalt with Bio-Asphalt: Binder Formulation and Asphalt Mixes Application*. USA: Department of Civil, Construction and Environmental Engineering, Iowa State University, Ames, Iowa.
- Prastya, A. (2015). *Karakteristik Tar Hasil Destilasi Tempurung Kelapa dan Ditambah Lem Fox Ditinjau dari Spesifikasi Aspal Minyak Produk Pertamina*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Raspati, A. (2015). *Karakteristik Tar Hasil Destilasi Tempurung Kelapa Dengan Modifikasi Penambahan Asbuton Emulsi Ditinjau Dari Spesifikasi Aspal Produk Pertamina*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Utomo, H. B. (2012). *Sifat bioaspal hasil pengolahan cangkang kelapa sawit*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.