

NO. Dok. 5972

Copy : 1

D  
678.62.

Fil  
P

## LAPORAN TUGAS AKHIR

### PEMBUATAN ASPAL KARET DENGAN *TRANS-POLYOCTENAMER* SEBAGAI ADITIF DI PUSAT PENELITIAN KARET BOGOR (Desember 2018 - Juni 2019)



DATA BUKU PERPUSTAKAAN	
Tgl. Pengantar	4/12/2021
Nb. Masuk Buku	12/TKP/SB/21

OLEH:

**ILHAM KHOIRUNA FIL'ARD**

**1515007**

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA POLIMER  
POLITEKNIK STMI JAKARTA  
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN R.I.**

**2019**

**LAPORAN TUGAS AKHIR**

**PEMBUATAN ASPAL KARET DENGAN  
*TRANS-POLYOCTENAMER* SEBAGAI ADITIF  
DI PUSAT PENELITIAN KARET BOGOR  
(Desember 2018 - Juni 2019)**

Diajukan sebagai salah satu syarat penyelesaian akademik  
Program Studi Teknik Kimia Polimer pada Politeknik STMI Jakarta



**OLEH:**

**ILHAM KHOIRUNA FIL'ARD**

**1515007**

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA POLIMER  
POLITEKNIK STMI JAKARTA  
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN R.I.  
2019**

**POLITEKNIK STMI JAKARTA  
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN R.I**

**LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING TUGAS  
AKHIR**

**JUDUL TUGAS AKHIR**

**PEMBUATAN ASPAL KARET DENGAN *TRANS-POLYOCTENAMER*  
SEBAGAI ADITIF**

**DISUSUN OLEH :**

**NAMA : Ilham Khoiruna Filard**

**NIM : 1515007**

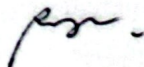
**PROGRAM STUDI : Teknik Kimia Polimer**

Telah diperiksa dan disetujui sebagai salah satu syarat penyelesaian akademik  
Program Studi Teknik Kimia Polimer pada Politeknik STMI Jakarta.

Jakarta, 13 Juni 2019

Menyetujui,

Ketua Program Studi  
Teknik Kimia Polimer



Ir. Roosmariharso, MBA  
NIP. 195405231980031004

Dosen Pembimbing



Fitria Ika Aryanti, S.T., M.Eng  
NIP. 198505112014022001

**POLITEKNIK STMI JAKARTA**  
**KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN R.I.**

**LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI SIDANG TUGAS**  
**AKHIR**

JUDUL TUGAS AKHIR

PEMBUATAN ASPAL KARET DENGAN *TRANS-POLYOCTENAMER*  
SEBAGAI ADITIF

DISUSUN OLEH :

NAMA : Ilham Khoiruna Filard

NIM : 1515007

PROGRAM STUDI : Teknik Kimia Polimer

Telah diuji oleh Tim Penguji Sidang Tugas Akhir Program Studi Teknik Kimia  
Polimer pada Politeknik STMI Jakarta pada hari Rabu, 15 Juli 2019.

Jakarta, Juli 2019

Penguji I

Dr. Ir. Lintong Sopandi H. M.ChE

NIP. 19580322198631002

Penguji II

Ir. Rochmi Widjajanti, M.Eng

NIP. 1956091019432002

Penguji III

Ir. Parulian Leonard Marpaung, M.M

NIP. 195702141985031002

Dosen Pembimbing

Fitria Ika Aryanti, S.T., M.Eng

NIP. 198505112014022001

## LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING TUGAS AKHIR

JUDUL TUGAS AKHIR

PEMBUATAN KOMPON KARET DENGAN *TRANS-POLYOCTENAMER*

SEBAGAI ADITIF

DISUSUN OLEH :

NAMA : Ilham Khoiruna Filard

NIM : 1515007

PROGRAM STUDI : Teknik Kimia Polimer

Bogor, 27 Mei 2019

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Pembimbing



Santi Puspitasari M.Si

## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya Mahasiswa Program Studi Teknik Kimia Polimer, Politeknik STMI Jakarta, Kementerian Perindustrian Republik Indonesia:

Nama : Ilham Khoiruna Filard

NIM : 1515007

Program Studi : Teknik Kimia Polimer

Dengan ini menyatakan bahwa hasil karya Tugas Akhir yang saya buat dengan judul PEMBUATAN ASPAL KARET DENGAN *TRANS-POLYOCTENAMER* SEBAGAI ADITIF

- Dibuat dan diselesaikan sendiri dengan menggunakan literatur hasil kuliah, survei lapangan, bimbingan dengan dosen pembimbing dan pembimbing Tugas Akhir, melalui tanya jawab maupun asistensi serta buku-buku jurnal acuan yang tertera dalam referensi pada karya tulis Tugas Akhir ini.
- Bukan merupakan duplikasi yang sudah dipublikasikan atau yang pernah dipakai untuk mendapatkan gelar sarjana di Universitas/Perguruan Tinggi lain, kecuali pada bagian-bagian tertentu digunakan referensi pendukung untuk melengkapi informasi dan sumber informasi dengan dicantumkan melalui referensi yang semestinya.
- Bukan merupakan karya tulis terjemahan dari kumpulan buku atau jurnal acuan yang tertera dalam referensi pada karya Tugas Akhir Tugas Akhir saya.

Jika terbukti saya tidak memenuhi apa yang telah saya nyatakan seperti apa yang di atas, maka karya Tugas Akhir Tugas Akhir saya ini dibatalkan.

Jakarta, 13 Juni 2019  
Yang Membuat Pernyataan

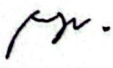
  
Ilham Khoiruna Filard

## LEMBAR BIMBINGAN PENYUSUNAN TUGAS AKHIR


Nama : Ilham Khoiruna Filard  
 NIM : 1515007  
 Judul TA : PEMBUATAN ASPAL KARET DENGAN TRANS-POLYOCTENAMER SEBAGAI ADITIF  
 Pembimbing : Fitria Ika Aryanti S.T., M.Eng

Tanggal	BAB	Keterangan	Paraf
Desember 2018	-	Diskusi tempat Penelitian	f
20 Desember 2018	-	Diskusi tema dan judul Penelitian	f
18 Januari 2019	Kata Pengantar	Pembahasan isi kata pengantar	f
2 April 2019	BAB I	Pembahasan rumusan masalah dan latar belakang Penelitian	f
8 April 2019	BAB II	Pembahasan tinjauan pustaka tentang karet, aspal, zat aktif dan pengujian.	f
26 April 2019	BAB II	Revisi kalimat typo pada tinjauan pustaka	f
9 Mei 2019	BAB III	Pembahasan skema Penelitian	f
17 Mei 2019	BAB IV	Pencantuman bahan serta alat pengujian	f
19 Mei 2019	BAB IV	Pembahasan hasil pengujian titik leleh dan FTIR	f
19 Mei 2019	BAB IV	Diskusi kesimpulan dan saran pengujian	f
23 Mei 2019	BAB IV	Persingkat kesimpulan dan saran	f
24 Mei 2019	-	Diskusikan tentang PPT Perencanaan	f
10 Juni 2019	-	Pengecekan kembali laporan secara menyeluruh	f

Mengetahui,  
Ketua Program Studi  
Teknik Kimia Polimer

  
Ir. Roosmarharso, MBA  
NIP. 195405231980031004

Dosen Pembimbing

  
Fitria Ika Aryanti S.T., M.Eng  
NIP. 198505112014022001



Nomor : /18/ ISJ-IND.7.2/XI/2018  
Lampiran :  
Perihal : Permohonan Penelitian

Jakarta, 02 November 2018

Kepada  
Yth. Bapak/Ibu Pimpinan  
Pusat Penelitian Karet  
Jl. Salak No. 1 Babakan Bogor Tengah Kota  
Bogor Jawa Barat

Dalam rangka menambah wawasan dan mengaplikasikan teori yang didapat Mahasiswa/i di Politeknik STMI Jakarta, Kementerian Perindustrian RI, dengan ini memohon bantuan Bapak/Ibu agar bersedia menerima mereka yang namanya tersebut di bawah ini untuk melakukan Penelitian di Perusahaan/Instansi yang Bapak/Ibu pimpin selama kurang lebih 6 (enam) bulan.

Adapun nama mahasiswa/i yang akan melakukan Penelitian adalah:

No.	Nama	NIM	Kompetensi yang diharapkan
1.	Ilham Khoiruna Fil Ard	1515007	Proses Produksi

Dalam pelaksanaannya kami mengharapkan bantuan bimbingan Bapak/Ibu agar mahasiswa/i kami dapat melakukannya dengan baik. Untuk selanjutnya kompetensi yang diperoleh dari hasil bimbingan Bapak/Ibu akan dipresentasikan dan mudah-mudahan dapat bermanfaat bagi perusahaan

Demikian atas bantuan dan kerjasama Bapak/Ibu, kami ucapkan terima kasih.

Pembantu Direktur I,



**Dr. Ridzky Kramanandita, S.Kom, M.T**

NIP : 19740302 200212 1 001

Tembusan:

1. Direktur STMI;
2. Ka Prodi TKP;
3. Mahasiswa yang bersangkutan;
4. Pertinggal



# PUSAT PENELITIAN KARET

Indonesian Rubber Research Institute

Jl. Salak No. 1 Bogor 16151 Indonesia | Phone : (0251) 8319817 – 8352732 | Fax : (0251) 8324047  
Email : ppkbogor@puslitkaret.co.id; ppkbogor@gmail.com | web : www.puslitkaret.co.id

Bogor, 28 Desember 2018

Nomor : 0931/PPK-Um/XI/2018  
Lampiran : 1(satu) lembar  
Perihal : Ijin Penelitian

Kepada Yth.,  
Pembantu Direktur I  
Sekolah Tinggi Manajemen Industri  
Jl. Letjen Suprpto No. 26  
Cempaka Putih, Jakarta  
Kode Pos 10510

Sehubungan dengan Surat Saudara No. 102,103,118,119/SJ-IND.7.2/X,XI/2018, tanggal 3 Oktober dan 2 November 2018 perihal tersebut di atas, maka kami sampaikan bahwa kami dapat memberikan ijin kepada Mahasiswa/i yang bernama :

No	Nama	NIM
1.	Zkrilla Noviyani	1515049
2.	Anggih Indriani	1515023
3.	Iham Khoiruna Fil Ard	1515007
4.	Resky Victorius Ginting	1515029

Mahasiswa/i tersebut akan ditempatkan di bawah bimbingan Saudara Arief Ramadhan, M.Si. (Peneliti). Selanjutnya kepada mahasiswa/i yang bersangkutan mohon segera menghubungi Penanggungjawab Administrasi Kepegawaian untuk penjelasan lebih lanjut berkaitan dengan ketentuan yang berlaku di Pusat Penelitian Karet.

Atas perhatiannya kami sampaikan terima kasih.

PUSAT PENELITIAN KARET

Pt. Direktur  
  
Dr. Gede Wibawa

Semua surat harus ditujukan langsung kepada Direktur (Please address all letters directly to the Director)

## Balai Penelitian (Research Centre)

- BALAI PENELITIAN SUNGAI PUTIH (Sungai Putih Research Centre)  
Sungai Putih - Galang, Sumatera Utara, P.O.Box 1418 Medan 20021 | Phone : (061) 7980048, Fax : (061) 7980046 | e-mail : balitp@indosat.net.id, www.balitp.com
- BALAI PENELITIAN SEMBANG (Sembang Research Centre)  
Jl. Raya Palembang-2 Balai, Km.27, PO.Box 1127 Palembang 30001, Sumatera Selatan | Phone : (0711) 7431492, 7431468, Fax : (0711) 7431282  
e-mail : bi-swb@nlp.net.id, www.balitsembang.com
- BALAI PENELITIAN GEDAS (Gedas Research Centre)  
A Polimura Km. 4, Kotak Pos 804, Sololga Jawa Tengah | Phone : (0298) 322104, Fax : (0298) 322076 | e-mail : rubbergecas@nda.net.id

## KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini. Penulisan Laporan Tugas Akhir ini dilakukan diajukan sebagai salah satu syarat penyelesaian akademik Program Studi Teknik Kimia Polimer pada Politeknik STMI Jakarta Kementerian Perindustrian RI.

Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan Laporan Tugas Akhir ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

1. Orang tua yang selalu memberikan dukungan moril maupun materil.
2. Bapak Dr. Mustofa, S.T., M.T. selaku Direktur Politeknik STMI Jakarta.
3. Bapak Ir. Roosmariharso, MBA selaku Ketua Program Studi Teknik Kimia Polimer.
4. Ibu Fitria Ika Aryanti, S.T., M.Eng selaku Sekretaris Program Studi Teknik Kimia Polimer. sekaligus dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan dalam penyusunan skripsi ini.
5. Bapak Syaiful Ahsan, S.T., M.T selaku Kepala Laboratorium Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta yang telah mengizinkan untuk melakukan pengujian FTIR di Laboratorium Instrumentasi Politeknik STMI Jakarta.
6. Bapak Arief Ramadhan, M.Si selaku Ketua Tim Penelitian Aspal Karet.
7. Ibu Santi Puspitasari, M.Si selaku Pembimbing di Pusat Penelitian Karet Bogor dalam Tugas Akhir ini.
8. Bapak Asron Ferdian Falaah, S.T selaku pembimbing lapangan.
9. Ibu Ida Nur Apriani, S.S.T., M.Si selaku Laboran Laboratorium Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta yang telah membantu melakukan pengujian FTIR di Laboratorium Instrumentasi Politeknik STMI Jakarta.
10. Ibu Woro Andriani, S.Si yang telah membantu dalam melakukan pengujian titik lembek.

11. Bapak Jaenal, S.T yang membantu dalam pengoperasian alat *Open Mill* dalam proses pembuatan kompon karet.
12. Bapak Aos Kosasih yang membantu dalam pemanasan aspal.
13. Seluruh karyawan dan peneliti Pusat Penelitian Karet yang telah membantu untuk mengerjakan penelitian disana.
14. Seluruh teman-teman angkatan 2015 Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta yang telah memberikan saya motivasi dalam pelaksanaan Tugas Akhir serta dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir ini.

Akhir kata, saya berharap Allah SWT berkenan membalas kebaikan dari semua pihak. Saya sangat berharap Laporan Tugas Akhir ini dapat membawa manfaat pengembangan ilmu bagi setiap pembacanya khususnya untuk saya penulisnya.

Jakarta, Juni 2019

Penulis

## ABSTRAK

Indonesia memiliki kekayaan sumber daya alam yang melimpah salah satu sumber daya alam dihasilkan yaitu karet alam. Di lain hal perkembangan ekonomi memicu bertambahnya lalu lintas, baik dalam hal jumlah, beban, maupun kecepatannya menyebabkan kerusakan jalan dikarenakan mutu aspal yang kurang sesuai untuk penggunaan perkerasan jalan. Karet alam yang merupakan polimer alami berpotensi digunakan sebagai bahan aditif aspal. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan *trans-polyoctenamer* pada nilai titik lembek dan mengetahui gugus fungsi kompon karet pada aspal karet. Pembuatan aspal karet berbasis karet alam SIR 20 dengan 7% kompon karet dari berat aspal. Variasi persentase *trans-polyoctenamer* untuk aspal karet adalah 0%, 3%, 4,5%, dan 6% dari berat kompon karet dan variasi waktu pencampuran selama 4 dan 5 jam. Hasil dari penelitian ini pengaruh penambahan *trans-polyoctenamer* dapat meningkatkan nilai titik lembek dengan nilai titik lembek tertinggi pada sampel C<sub>3</sub> dalam persentase *trans-polyoctenamer* 6% dan waktu pencampuran selama 4 jam. Hasil identifikasi spektrum FTIR kompon karet didapat perubahan gugus fungsi kompon karet pada aspal karet.

**Kata kunci** : aspal karet, kompon karet, *trans-polyoctenamer*, titik lembek, FTIR.

## DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING TUGAS AKHIR .....	iv
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR .....	v
LEMBAR BIMBINGAN PENYUSUNAN TUGAS AKHIR .....	vi
LEMBAR PERMOHONAN PELAKSANAAN TUGAS AKHIR .....	vii
LEMBAR KETERANGAN PENERIMAAN TUGAS AKHIR .....	viii
LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI SIDANG TUGAS AKHIR.....	xi
KATA PENGANTAR .....	x
ABSTRAK .....	xii
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR GAMBAR .....	xvi
DAFTAR SINGKATAN .....	xvii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang Masalah .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah .....	3
1.4 Tujuan Penelitian .....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	4
1.6 Sistematika Tugas Akhir.....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Karet alam.....	5
2.1.1 Jenis Karet alam .....	5
2.1.2 Kompon karet.....	7
2.2 Aspal .....	8
2.2.1 Aspal Murni .....	8
2.2.2 Aspal Modifikasi.....	10
2.3 Zat Aditif.....	12

2.3	Zat Aditif.....	12
2.4	Pengujian .....	15
2.4.1	Titik Lembek.....	15
2.4.2	<i>Fourier Transform Infrared (FTIR)</i> .....	16
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b>		
3.1	Waktu dan Tempat Penelitian .....	19
3.2	Alat dan Bahan.....	19
3.2.1	Alat.....	19
3.2.2	Bahan .....	19
3.3	Variabel Penelitian.....	20
3.3.1	Variabel Tetap.....	20
3.3.2	Variabel Bebas .....	20
3.4	Prosedur Penelitian .....	21
3.4.1	Penimbangan bahan .....	22
3.4.2	Mastikasi .....	22
3.4.3	<i>Mixing I</i> .....	22
3.4.4	Vulkanisasi.....	22
3.4.5	Pembuatan sampel .....	23
3.4.6	<i>Mixing II</i> .....	23
3.5	Tahap Pengujian atau Karakterisasi.....	23
3.5.1	<i>Fourier Transform Infra Red (FTIR)</i> .....	23
3.5.2	Pengujian Titik Lembek .....	24
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>		
4.1	Hasil Pengujian Titik Lembek .....	25
4.2	Hasil Pengujian <i>Fourier Transform Infra Red (FTIR)</i> .....	27
<b>BAB V PENUTUP</b>		
5.1	Kesimpulan .....	30
5.2	Saran .....	30
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>31</b>
<b>LAMPIRAN A</b>		
<b>LAMPIRAN B</b>		

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel II.1</b> Persyaratan Mutu <i>Standard Indonesian Rubber</i> .....	6
<b>Tabel II.2</b> Spesifikasi Aspal Keras Berdasarkan Kelas Penetrasi.....	8
<b>Tabel II.3</b> Standar Pengujian Aspal Murni .....	8
<b>Tabel III.1</b> Variasi Komposisi Aspal dengan Kompon .....	20
<b>Tabel IV.1</b> Hasil Analisis Pengujian Titik Lembek.....	25
<b>Tabel IV.2</b> Hasil Identifikasi Spektrum FTIR pada Kompen Karet.....	28
<b>Tabel IV.3</b> Hasil Identifikasi Spektrum FTIR pada Aspal Karet.....	28

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar II.1</b> Ilustrasi Pencampuran Aspal dan Karet .....	11
<b>Gambar II.2</b> Skema Pembuatan Aspal Plastomer .....	12
<b>Gambar II.3</b> Jalan Aspal Karet Berdasarkan <i>Trans-polyoctenamer</i> .....	13
<b>Gambar II.4</b> Rantai Linear <i>Trans-Polyoctenamer</i> .....	13
<b>Gambar II.5</b> Struktur <i>Crosslinking</i> oleh Sulfur .....	14
<b>Gambar II.6</b> Struktur <i>TMQ</i> .....	15
<b>Gambar II.7</b> Alat Pengujian Titik Lembek .....	16
<b>Gambar II.8</b> Sistem Refleksi ATR-FTIR.....	17
<b>Gambar II.9</b> Sistem Refleksi DRIFT-FTIR.....	18
<b>Gambar III.1</b> Diagram Alir Penelitian.....	21
<b>Gambar IV.1</b> Hasil Pengujian Titik Lembek .....	26
<b>Gambar IV.2</b> Spektrum FTIR kompon karet .....	27
<b>Gambar IV.3</b> Spektrum FTIR Aspal karet .....	27

## DAFTAR SINGKATAN

ASTM	: <i>American Standard Testing And Material</i>
ATR	: <i>Attenuated Total Reflectance</i>
BOKAR	: <i>Bahan Olah Karet</i>
CV	: <i>Constant Viscosity</i>
DRIFT	: <i>Diffuse Reflectance Infrared Fourier Transform</i>
EPDM	: <i>Ethylene Propylene Diene Monomer</i>
FIR	: <i>Far Infrared</i>
FTIR	: <i>Fourier Transform Infrared</i>
ISO	: <i>International Organization for Standardization</i>
LDPE	: <i>Low Density Polyethylene</i>
L	: <i>Light</i>
LoV	: <i>Low Viscosity</i>
Min	: <i>Minimal</i>
MIR	: <i>Mid Infrared</i>
NIR	: <i>Near Infrared</i>
SIR	: <i>Standard Indonesian Rubber</i>
SBS	: <i>Styrene Butadiene Styrene</i>
TOR	: <i>Trans Polyoctenamer</i>
TMQ	: <i>Trimethyl Quinoline</i>
WF	: <i>Whole Field</i>

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang Masalah**

Indonesia adalah negara dengan kekayaan sumber daya alam yang melimpah salah satu sumber daya alam dihasilkan yaitu karet alam. Mayoritas dari produksi karet alam Indonesia diekspor dalam bentuk karet mentah utamanya sebagai SIR 20. Konsumsi karet alam saat ini didominasi untuk pemenuhan kebutuhan pembuatan ban kendaraan (Yuliantari dkk., 2018).

Seiring dengan meningkatnya pertumbuhan penduduk secara terus-menerus, perkembangan ekonomi memicu bertambahnya lalu lintas, baik dalam hal jumlah, beban, maupun kecepatannya. Hal ini menyebabkan kerusakan jalan sering terjadi terutama disebabkan oleh mutu aspal yang kurang sesuai untuk penggunaan perkerasan jalan. Oleh karena itu, diperlukan upaya peningkatan kualitas aspal sehingga dapat menahan beban kendaraan dan deformasi. Salah satu upaya untuk memenuhi kebutuhan tersebut adalah dengan memanfaatkan karet alam (SIR 20) sebagai bahan aditif aspal (Salama, 2010).

Karet alam yang merupakan polimer alami berpotensi digunakan sebagai bahan aditif aspal, namun viskositas yang tinggi pada karet alam fasa padatan tergolong sulit untuk dicampurkan ke dalam aspal. Modifikasi aspal dengan karet merupakan sistem dua campuran yang mengandung karet dan aspal yang berfungsi untuk meningkatkan kinerja aspal antara lain mengurangi deformasi pada perkerasan, meningkatkan ketahanan terhadap retak dan meningkatkan kelekatan aspal terhadap agregat (Suroso, 2007).

Pengujian aspal karet dilakukan terhadap dua parameter utama pengujian aspal polimer, yaitu titik lembek dan penetrasi. Pengujian titik lembek aspal karet dilakukan untuk menentukan ketahanan aspal terhadap deformasi permanen (Prastanto, 2014).

Salama (2010) melakukan penelitian aspal modifikasi polimer dengan pencampuran karet alam berbasis SIR 20 pada persentase 0%, 3%, 5% dan 7% dari berat aspal penetrasi 60. Dalam proses mastikasi menggunakan proses mastikasi dingin karena menggunakan suhu di bawah 100°C. Pembuatan aspal karet dengan mencampurkan SIR 20 ke dalam aspal dilakukan pada suhu 160°C. Suhu 160°C digunakan untuk proses pencampuran agar aspal yang dicampur dengan karet alam tidak rusak karena suhu yang terlalu tinggi dan agar energi yang digunakan untuk proses pencampuran tidak terlalu besar. Hasil dari penelitian tersebut aspal modifikasi yang dihasilkan telah memenuhi syarat mutu untuk aspal pada nilai titik lembek. Titik lembek aspal modifikasi terbaik pada karet alam SIR 20 persentase 7% berdasarkan berat aspal dengan nilai 56,5°C.

Penelitian lainnya oleh Puspitasari dkk., (2018) melakukan uji coba pembuatan aspal karet tanpa *trans-polyoctenamer* dengan kompon karet berbasis SIR 20 pada persentase SIR 20 sebesar 3%, 5%, 7%, dan 9% dari berat aspal penetrasi 60 pada kecepatan variasi pengadukan 1000 rpm, 2000 rpm, 4000 rpm, 6000 rpm, 8000 rpm, dan 10000 rpm. Salah satu penilaian mutu aspal dilakukan dengan pengujian titik lembek. Kesimpulan penelitian tersebut adalah kecepatan pengadukan mesin optimal 6000 rpm dan aspal karet dengan mutu terbaik pada persentase 7% ditinjau dari penurunan penetrasi dan kenaikan nilai titik lembek.

Hongying dkk., (2013) menggunakan zat aditif *trans-polyoctenamer* atau yang disingkat TOR dalam penelitian aspal karet. Penelitian tersebut menggunakan karet jenis *crumb rubber* dan aspal pen 70. Berat *crumb rubber* yang ditambahkan sebesar 15%, 20%, dan 25% dari berat aspal, sedangkan dosis *trans-polyoctenamer* yang ditambahkan masing-masing sebesar 0% dan 4,5%. Hasil titik lembek pada pengujian tersebut meningkat sesuai dengan penambahan *trans-polyoctenamer* yang ditambahkan pada aspal karet, sedangkan penetrasi menurun dengan penambahan persentase *trans-polyoctenamer* pada aspal karet. Selain pengujian titik lembek dilakukan pengujian FTIR pada aspal karet dan didapatkan hasil puncak serapan 3745  $\text{cm}^{-1}$ , 2920 – 2850  $\text{cm}^{-1}$ , 1700 – 1600  $\text{cm}^{-1}$ , 1537  $\text{cm}^{-1}$ , 1454 – 1371  $\text{cm}^{-1}$ , dan 1000 – 700  $\text{cm}^{-1}$  dengan gugus fungsi berurutan –OH, C–H asimetris, C–H simetris, deformasi C=C, deformasi C=O, dan benzen

( $C_6H_5$ ). Puncak serapan gugus aromatik pada  $1537\text{ cm}^{-1}$  terjadi penurunan puncak serapan setelah penambahan *trans-polyoctenamer* dan *crumb rubber* menjadi  $1521\text{ cm}^{-1}$ . Berdasarkan latar belakang permasalahan tersebut, maka dilakukan penelitian mengenai pembuatan aspal karet berbasis karet alam SIR 20 dan *trans-polyoctenamer* sebagai aditif dengan pengujian titik lembek dan gugus fungsi.

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari Tugas Akhir ini adalah:

1. bagaimana pengaruh penambahan *trans-polyoctenamer* pada aspal karet dalam pengujian titik lembek?
2. bagaimana perubahan gugus fungsi kompon karet pada aspal karet?

## 1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dari Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. pembuatan aspal karet menggunakan kompon karet yang berasal dari karet alam berbasis SIR 20.
2. variasi persentase *trans-polyoctenamer* untuk aspal karet adalah 0%, 3%, 4,5%, dan 6% dari berat kompon dengan variasi waktu pencampuran selama 4 jam dan 5 jam.
3. berat aspal yang digunakan sebesar  $\pm 800$  gram.
4. berat kompon sebesar 7% dari berat aspal.
5. temperatur pencampuran kompon karet dengan aspal yaitu  $160\text{ }^\circ\text{C}$  dengan kecepatan 6000 rpm.
6. pengujian titik lembek menggunakan metode SNI 2434:2011.
7. pengujian gugus fungsi dilakukan menggunakan Spektroskopi *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) Nicolet iS10 dengan metode ATR.

## 1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari Tugas Akhir ini adalah untuk:

1. mengetahui pengaruh penambahan *trans-polyoctenamer* pada aspal karet berdasarkan nilai titik lembek, dan
2. mengetahui perubahan gugus fungsi kompon karet pada aspal karet.

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penggunaan karet alam SIR 20 dan *trans-polyoctenamer* dalam pembuatan aspal karet.

### **1.6 Sistematika Tugas Akhir**

Sistematika penulisan dari Tugas Akhir ini terdiri dari lima bab, daftar pustaka, lampiran dengan penjelasan antara lain:

#### **BAB I : PENDAHULUAN**

Bab ini berisi penjelasan mengenai latar belakang diadakannya penelitian, rumusan masalah yang akan dibahas, batasan masalah dari penelitian yang akan dilakukan, tujuan dan manfaat dari dilakukannya penelitian ini, serta penjelasan mengenai sistematika penulisan laporan penelitian.

#### **BAB II : TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini berisi tinjauan umum mengenai karet alam, kompon karet, aspal, Aditif, dan pengujian yang dilakukan.

#### **BAB III : METODE PENELITIAN**

Bab ini berisi penjelasan tentang waktu dan tempat penelitian, alat dan bahan yang digunakan, variabel penelitian, prosedur penelitian, tahapan pembuatan kompon karet, aspal karet dan karakterisasi sampel.

#### **BAB IV : HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

Bab ini berisi data hasil pengujian, analisis data yang sudah diolah menjadi grafik dan tabel, serta pembahasan terhadap hasil pengujian dan analisis data.

#### **BAB V : PENUTUP**

Bab ini berisi dua bagian, kesimpulan dan saran yang telah dilakukan berdasarkan hasil yang telah didapat pada bab sebelumnya.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Karet alam

Sesuai dengan namanya karet alam berasal dari alam, yakni terbuat dari getah tanaman karet baik *ficus elastica* maupun *hevea brasiliensis*. Sifat-sifat dari karet alam yaitu daya elastis atau lentingnya sempurna, sangat plastis sehingga mudah di olah, tidak mudah panas, dan tidak mudah retak ( Setiawan dan Andoko, 2008).

Menurut Alfa (1995) karet alam termasuk ke dalam jenis elastomer karena mempunyai sifat deformasi elastis. Dalam suhu ruang dan kondisi normal, karet mempunyai sifat lentur, elastis dan lembek sehingga karet dapat melunak karena deformasi. Komposisi karet alam dipengaruhi oleh komposisi lateks dan cara pengolahan yang digunakan untuk mendapatkan karet alam mentah.

Karet alam memiliki kelebihan dibandingkan dengan karet sintetik, diantaranya memiliki daya elastis sempurna, plastisitas yang baik, sedangkan mempunyai ketahanan kikis yang tinggi setelah vulkanisasi, dan daya tahan yang tinggi terhadap keretakan akibat benturan yang berulang- ulang. Kekurangan karet alam diantaranya tidak tahan oksidasi, ozon, cahaya matahari, serta ketahanan terhadap minyak yang sangat buruk (Arizal, 1994).

##### 2.1.1 Jenis Karet alam

Ada beberapa macam karet alam yang dikenal, diantaranya merupakan jenis karet alam berdasarkan pengolahan dan spesifikasi teknis. Berdasarkan jenis karet alam pengolahan sebagai berikut :

- a. lateks kebun, merupakan getah yang didapat dari kegiatan menyadap pohon karet.
- b. *Sheet* angin, merupakan produk lanjutan lateks kebun yang telah disaring dan digumpalkan menggunakan asam semut dengan kadar kering 90%

- c. *Slab* tipis, merupakan bahan olah karet yang terbuat dari lateks yang sudah digumpalkan dengan asam semut.
- d. *Lump* segar, merupakan bahan olahan karet yang bukan berasal dari gumpalan lateks kebun yang terjadi secara alamiah dalam mangkuk penampung (Setiawan dan Andoko, 2008).

Karet alam berdasarkan jenis spesifikasi teknis menurut SNI 06-1903-2000 adalah karet alam yang diperoleh dengan pengolahan bahan olah karet yang berasal dari getah batang pohon *Hevea Brasiliensis* secara mekanis dengan atau tanpa kimia, serta mutunya ditentukan secara spesifikasi teknis. Setelah direvisi pada SNI 1903:2011 *Standard Indonesian Rubber* adalah karet alam spesifikasi teknis produksi indonesia dengan parameter mutu berpedoman *standar internasional* (ISO). *Standard Indonesian Rubber* (SIR) seperti terlihat pada tabel II.1

**Tabel II.1** Persyaratan Mutu *Standard Indonesian Rubber*

Jenis uji	Satuan	Lateks kebun			
		SIR 3CV	SIR 3L	SIR 3WF	SIR LoV
Kadar kotoran, Maks	%	0,02	0,02	0,02	0,02
Kadar abu, Maks	%	0,50	0,50	0,50	0,50
Kadar Zat Menguap, Maks	%	0,80	0,80	0,80	0,80
Indeks Retensi Plastisitas	%	60	75	75	-
Jenis uji	Satuan	Koagulum segar			
		SIR 5			
Kadar kotoran, Maks	%	0,04			
Kadar abu, Maks	%	0,50			
Kadar Zat Menguap, Maks	%	0,80			
Indeks Retensi Plastisitas	%	70			
Jenis uji	Satuan	Koagulum lapangan			
		SIR 10CV	SIR 10	SIR 20CV	SIR 20
Kadar kotoran, Maks	%	0,08	0,08	0,16	0,16
Kadar abu, Maks	%	0,75	0,75	1,0	1,0
Kadar Zat Menguap, Maks	%	0,80	0,80	0,80	0,80
Indeks Retensi Plastisitas	%	50	50	40	40
Jenis uji		Metode uji			
Kadar kotoran,		ISO 249:1995			
Kadar abu		ISO 247:2006			
Kadar Zat Menguap		ISO 248:2005			
Indeks Retensi Plastisitas		ISO 2930:1995			

Sumber : SNI 1903:2011

Keterangan :

CV : *Constant Viscosity*

LoV : *Low Viscosity*

L : *Light*

WF : *Whole Field*

Minimnya infrastruktur menyebabkan tingginya harga angkut sehingga perlu penyuluhan pencampuran bahan olah karet (bokar) pada petani di Indonesia. Harga karet alam ekspor berkisar US\$ 1,45 per kilogram dan pada tingkat petani hanya Rp 7.000 – 7.500 per kg (Gapkindo, 2019).

### 2.1.2 Kompon karet

Kompon karet adalah campuran karet mentah dengan bahan-bahan kimia yang belum divulkanisasi. Proses pembuatan kompon adalah pencampuran antara karet mentah dengan bahan kimia karet (bahan aditif). Karet untuk kompon terdiri dari dua jenis, yaitu karet alam dan karet sintetis. Bahan kimia yang digunakan untuk meningkatkan sifat fisis karet dalam pembuatan kompon adalah bahan anti degradan, *filler* (bahan pengisi), anti oksidan, bahan pelunak dan bahan kimia lainnya (Hendrawan dan Purboputro, 2015). Dalam proses pembuatan kompon karet dikenal tahap mastikasi, yaitu proses penggilingan karet alam dalam *open mill* yang bertujuan untuk memutuskan rantai molekul karet alam sehingga menjadi lebih lunak (Prastanto, 2014). Pelunakan digolongkan dalam mastikasi dingin jika mastikasi dilakukan pada suhu di bawah 100°C (Amir, 1990). Menurut Abednego (1990), efisiensi mastikasi karet tercapai pada dua zona suhu rendah (misalnya di bawah 60°C) dan pada suhu tinggi (misalnya di atas 140°C), sedangkan pada suhu ±100°C, efisiensi mastikasi lebih rendah.

Menurut Puspitasari dkk., (2018) Sistem vulkanisasi yang digunakan akan berpengaruh pada nilai karakteristik kompon karet. Terdapat dua sistem vulkanisasi yaitu konvensional dan semi efisiensi dengan perbedaan sistem vulkanisasi konvensional akan menghasilkan derajat ikatan silang antar molekul karet yang di jembatan oleh sulfur yang lebih tinggi dibandingkan dengan sistem vulkanisasi semi efisiensi. Meskipun demikian sistem vulkanisasi semi efisiensi memberikan waktu vulkanisasi yang lebih cepat karena pada sistem ini menggunakan komposisi bahan pencepat yang lebih banyak dari pada komposisi bahan pemvulkanisasi.

## 2.2 Aspal

### 2.2.1 Aspal Murni

Aspal adalah bitumen yang diperoleh dari residu pada proses penyulingan minyak bumi (SNI 2434:2011). 70% Penggunaan utama aspal adalah untuk konstruksi jalan, dimana aspal digunakan sebagai bahan perekat atau pengikat yang dicampur dengan partikel agregat untuk membuat beton aspal. Komponen aspal terdiri dari empat senyawa utama, yaitu naphta, fenol, hidrokarbon jenuh, dan *Asphaltenes* (Anja dan Bodo, 2009).

Spesifikasi aspal keras berdasarkan kelas penetrasi (SNI 8135:2015) terlihat pada tabel II.2

**Tabel II.2** Spesifikasi Aspal Keras Berdasarkan Kelas Penetrasi

No	Uraian	Satuan	Kelas Penetrasi				
			40-50	60-70	85-100	120-150	200-300
1	Titik Lembek	°C	Min 50	Min 48	Min 46	-	-
2	Penetrasi	mm	40-50	60-70	85-100	120-150	200-300
3	Daktilitas	cm	>100	>100	Min 100	>100	-
4	Titik Nyala	°C	>232	>232	>232	>218	>177
No	Uraian	Satuan	Metode				
1	Titik Lembek	°C	SNI 2434 : 2011				
2	Penetrasi	mm	SNI 2456 : 2011				
3	Daktilitas	cm	SNI 2432 : 2011				
4	Titik Nyala	°C	SNI 2433 : 2011				

Sumber : SNI 8135:2015

Aspal didefinisikan sebagai material perekat (*cementitious*), berwarna hitam atau coklat tua, dengan unsur utama bitumen. Bitumen adalah zat perekat (*cementitious*) yang dapat diperoleh di alam ataupun sebagai hasil produksi (Permana dan Aschuri, 2009). Standar pengujian aspal murni dapat dilihat pada tabel II.3

**Tabel II.3** Standar Pengujian Aspal murni

Jenis Pengujian	Metode	Persyaratan
Penetrasi	SNI 06-2456 : 2011	50 mm – 70 mm
Titik Lembek	SNI 06 2434 : 2011	30 °C – 80 °C
Daktilitas	SNI 06-2432 : 2011	≥ 100 cm
Titik nyala	SNI 06-2433 : 2011	79 °C – 400 °C

Sumber: Standar Pengujian Aspal, Departemen Pekerjaan Umum, 2011

Berdasarkan standar nasional indonesia (SNI) pengujian aspal murni diantaranya yaitu:

a. Titik Lembek

Titik lembek adalah temperatur pada saat bola baja dengan berat tertentu, mendesak turun lapisan aspal yang tertahan dalam cincin berukuran tertentu, sehingga aspal menyentuh pelat dasar yang terletak di bawah cincin pada jarak 25,4 mm sebagai akibat kecepatan pemanasan tertentu. Secara singkat pengujian yang dilakukan yaitu aspal dituangkan secara merata pada kedua cincin yang terbuat dari bahan kuningan. Kemudian kedua cincin tersebut dipanaskan dengan kenaikan temperatur tertentu (SNI 2434:2011).

b. Penetrasi

Pengujian penetrasi adalah kekerasan yang dinyatakan sebagai kedalaman masuknya jarum penetrasi standar secara vertikal yang dinyatakan dalam satuan 0,1 mm pada kondisi beban, waktu dan temperatur yang diketahui. Fungsi dari pengujian penetrasi adalah untuk mengukur konsistensi aspal. Nilai penetrasi yang tinggi menunjukkan konsistensi aspal yang lebih lunak. Secara ringkas pengujian penetrasi yaitu aspal dipanaskan dan didinginkan pada kondisi sesuai ketentuan kemudian diukur dengan penetrometer pada kondisi tertentu (SNI 2456:2011).

c. Daktilitas

Daktilitas adalah sifat pemuluran aspal yang diukur pada saat putus, dengan peralatan yang digunakan dalam pengujian cetakan daktilitas, bak perendam, daktilometer dan termometer. Ringkasan pengujian yaitu memasukkan cetakan daktilitas berisi aspal kedalam bak perendam pada temperatur 25 °C selama 85 menit sampai dengan 95 menit. Lepaskan aspal dari pelat dasar sisi cetakan kemudian pasangakan ke daktilometer dan jalankan dengan kecepatan 50mm per menit (batas perbedaan 2,5 mm) baca pemuluran saat aspal putus dalam satuan mm (SNI 2432;2011).

d. Titik Nyala

Uji titik nyala dan titik bakar aspal dengan satuan derajat celcius. Peralatan yang digunakan adalah cawan *cleveland*, pelat pemanas, nyala api penguji, termometer, pemanas dan penyangga. Ringkasan pengujian titik nyala dan titik bakar aspal yaitu memasukkan kurang lebih 70 mL aspal ke dalam cawan *cleveland*. Pada awal pemanasan naikan temperatur benda uji dengan cepat

kemudian setelah mendekati titik nyala temperatur, atur kenaikan temperatur menjadi lebih lambat dan konstan. Pada saat itu nyala api pengujian dilewatkan pada cawan *cleveland* hingga diperoleh titik nyala dan titik bakar (SNI 2433:2011).

Menurut Permana dan Aschuri, (2009) aspal murni mempunyai sifat kimia dan fisik sebagai berikut :

a. Sifat Kimia

Aspal mempunyai dua unsur utama yaitu *aspalten*, dan *malten*. *aspalten* merupakan unsur aspal berwarna coklat sampai hitam yang mengandung karbon dan hidrogen dengan perbandingan 1 : 1. Molekul *aspalten* memiliki ukuran 5-30 nano meter. *Malten* adalah unsur kimia yang terdapat di aspal selain *aspalten*. unsur *malten* dapat dibagi lagi menjadi *resin* yang berfungsi sebagai zat pendispersi *aspalten*, dan aromatik sebagai pelarut *aspalten* yang paling dominan di dalam aspal.

b. Sifat Fisik

Sifat fisik aspal sangat berpengaruh terhadap perencanaan, produksi dan kinerja campuran beraspal antara lain adalah pengerasan dan penuaan. Penuaan aspal disebabkan oleh dua faktor utama, yaitu penguapan fraksi minyak ringan yang terkandung dalam aspal dan oksidasi (Penuaan jangka panjang dan jangka pendek). Dua faktor utama penuaan tersebut menyebabkan terjadinya pengerasan pada aspal dan akan meningkatkan kekakuan campuran beraspal sehingga akan mempengaruhi kinerja campuran beraspal. Peningkatan kekakuan tersebut akan meningkatkan ketahanan campuran beraspal terhadap deformasi permanen.

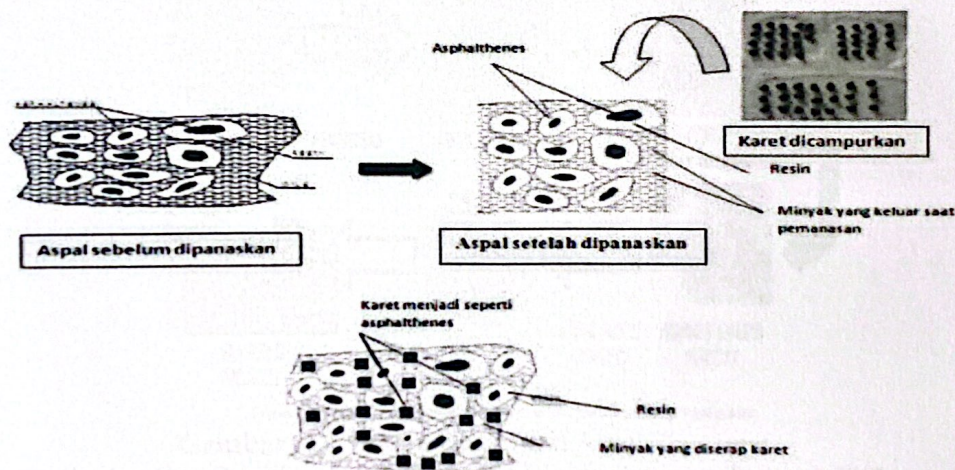
### 2.2.2 Aspal Modifikasi

Berdasarkan (SNI 6749:2008) aspal modifikasi polimer terdiri atas aspal plastomer dan elastomer. Contoh plastomer (plastik) antara lain *polypropylene* dan *polyethylene*, sedangkan elastomer antara lain aspal karet alam dan *styrene butadiene styrene* (SBS). Pengertian dari aspal modifikasi polimer sebagai berikut :

a. Aspal Elastomer

Aspal elastomer adalah campuran antara karet alam atau sintetis dengan aspal sebagai aspal modifikasi polimer. Ilustrasi pencampuran aspal karet seperti

gambar II.1 menurut Salama (2010) semakin tinggi konsentrasi karet dalam aspal, maka nilai titik lebek aspal juga akan meningkat. Hal ini disebabkan karena adanya penambahan partikel karet dalam aspal yang mengisi ruang partikel aspal, sehingga partikel karet tersebut membuat aspal lebih sulit untuk melunak. Semakin tinggi kadar karet dalam aspal, maka semakin banyak partikel karet yang memenuhi ruang-ruang partikel aspal. Hal ini menyebabkan nilai titik lebek aspal modifikasi akan semakin meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi karet. Karet dengan rantai molekul yang pendek atau viskositas rendah relatif lebih mudah terpenetrasi ke dalam pori – pori permukaan, sehingga daya rekatnya dengan aspal relatif lebih kuat.



**Gambar II.1** Ilustrasi Pencampuran Aspal dan Karet  
Sumber: Salama 2010

Aspal yang dipakai memiliki komponen penyusun seperti *asphaltene*, resin dan minyak. Selanjutnya apabila aspal dipanaskan, minyak dari aspal tersebut akan keluar dan aspal mencair. Aspal yang telah mencair ditambahkan karet sebagai bahan aditif. Karet yang dimasukkan akan menyerap minyak yang keluar dari aspal, sehingga fungsi karet menjadi seperti *asphaltene* dalam aspal. Karet menjadi kenyal dan lama – kelamaan bercampur dengan aspal karena proses pemanasan dan pengadukan. Karet alam adalah bahan padat sehingga berfungsi seperti *asphaltene* dalam aspal. Karet tersebut mengisi ruang antar partikel aspal,

sehingga aspal menjadi lebih padat dan lebih sulit untuk melunak (Salama, 2010).

#### b. Aspal Plastomer

Teknologi aspal plastik merupakan campuran beraspal yang mengandung plastik (cacahan kantong plastik / LDPE) sehingga dihasilkan campuran beraspal yang memiliki sifat tahan terhadap deformasi. Penambahan plastik dapat meningkatkan ketahanan campuran beraspal terhadap deformasi dan meningkatkan ketahanan terhadap retak dan juga dapat mengurangi limbah plastik (Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan dan Jembatan, 2019). Skema pembuatan aspal plastomer dapat dilihat pada gambar II.2



**Gambar II.2** Skema Pembuatan Aspal Plastomer

Sumber: Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan dan Jembatan (Pusjatan), 2019

Dari penelitian Suroso (2009) cara pencampuran *dry process* dengan mencampurkan plastik ke dalam agregat yang dipanaskan. Terdapat kekurangan dan kelebihan *dry process* dalam pembuatan aspal plastik. Untuk kelebihannya pencampuran aspal dengan plastik tidak perlu menggunakan alat khusus pengaduk sehingga lebih mudah dan ekonomis, sedangkan kekurangannya parameter homogenisasi tidak terkontrol.

### 2.3 Zat Aditif

#### a. *Trans-Polyoctenamer*

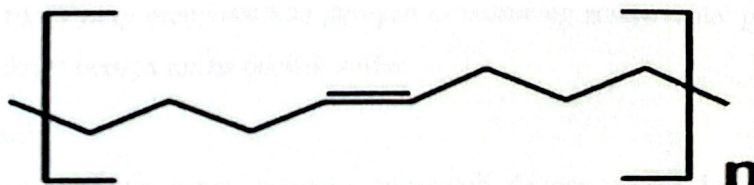
*Trans-Polyoctenamer* mempunyai fungsi yaitu untuk mengurangi kelengketan karet, mengurangi pemanasan berlebih pada karet, dan menguatkan

ikatan molekul karet. Dalam proses pencampuran pada aspal modifikasi polimer *trans-Polyoctenamer* dapat digunakan dua proses yaitu *wet process* atau *dry process* (Evonik Industries, 2007). Pada penelitian yang dilakukan oleh Evonik Industries (2007) didapatkan hasil bahwa penambahan *trans-Polyoctenamer* pada aspal karet berbasis *crumb rubber* dapat mengurangi deformasi jalan aspal pada awal pengaspalan tahun 2000 sampai tahun 2006 yang dapat dilihat pada gambar II.3



**Gambar II.3** Jalan Aspal Karet Berdasarkan *Trans-polyoctenamer*  
Sumber : Evonik Industries, 2007

Menurut Wenig dkk., (1988) Penggunaan terbanyak *trans-polyoctenamer* adalah untuk campuran dengan polimer lain. Karena kompatibilitasnya dengan banyak elastomer, maka banyak digunakan sebagai campuran karet untuk meningkatkan kinerja. Rantai Linear *Trans-Polyoctenamer* dapat dilihat pada gambar II.4

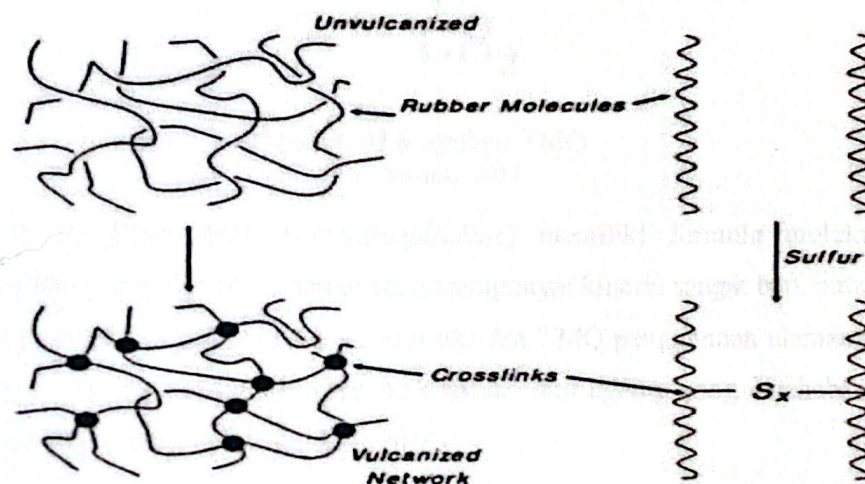


**Gambar II.4** Rantai Linear *Trans-Polyoctenamer*  
Sumber : Evonik industries, 2007

*Trans-Polyoctenamer* atau *trans-polycyclooctene* mempunyai temperatur gelas sebesar  $55^{\circ}\text{C}$ , densitas  $0,91 \text{ g/cm}^3$  (Gonzalez, 2010). *Trans-Polyoctenamer* utamanya mengandung ikatan rangkap yang sangat kristalin pada suhu kamar. *Trans-Polyoctenamer* yang tersedia secara komersial disebut vestanamer (Schneider dan Muller, 1988).

b. Sulfur

Menurut Ciullo dan Hewitt (1999) sulfur akan tetap melakukan reaksi *cross-linking* bahkan tanpa *activator*, selama pemanasan dan waktu yang cukup untuk bereaksi. Dengan menambahkan sulfur 1 hingga 3% akan membuat karet menjadi lunak dan sangat elastis, Sedangkan jika ditambah  $\pm 25\%$  sulfur, maka karet akan menjadi keras (Arifin, 2010). Struktur *crosslinking* oleh sulfur seperti pada gambar II.5



Gambar II.5 Struktur *Crosslinking* oleh Sulfur  
Sumber : Coran, 2013

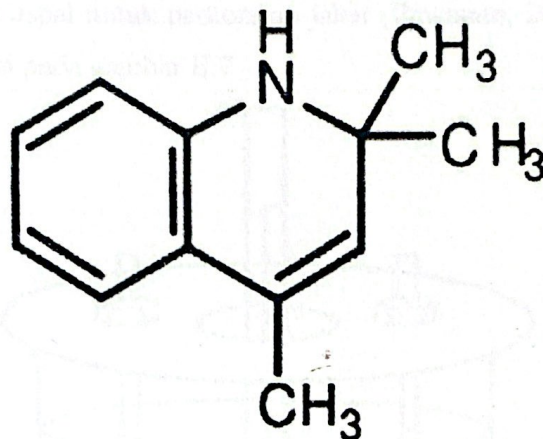
Peran sulfur dalam proses vulkanisasi (Coran, 2013) adalah vulkanisasi merupakan proses yang menghasilkan jaringan *crosslinking* antara rantai polimer. *crosslinking* dapat berupa rantai pendek sulfur.

c. Seng oksida

Seng oksida adalah suatu senyawa anorganik dengan rumus kimia ZnO digunakan sebagai aktivator dan zat aditif yang ditambahkan ke dalam kompon. Pada umumnya dikombinasikan dengan asam stearat dalam pencampuran untuk pembuatan kompon karet (Maspanger dkk., 2016).

d. TMQ (*Trimethyl Quinoline*)

TMQ digunakan sebagai anti oksidan untuk menambah sifat karet agar tahan reaksi oksidasi sehingga umur karet yang digunakan akan lebih lama dan tidak mudah rusak. Struktur dari TMQ seperti pada gambar II.6



Gambar II.6 Struktur TMQ  
Sumber : Yu dkk., 2013

TMQ (2,2,4-trimethyl-1,2-dihydroquinoline) memiliki formula molekul  $C_{12}H_{15}N$  adalah sebuah ketone amine yang mempunyai kinerja sangat baik untuk melindungi karet dari reaksi oksidasi. Anti oksidan TMQ penggunaan utamanya untuk karet alam karena kinerja yang baik untuk *anti-ageing* yang disebabkan oleh pemanasan dan oksigen (Yu dkk., 2013).

e. Asam stearat

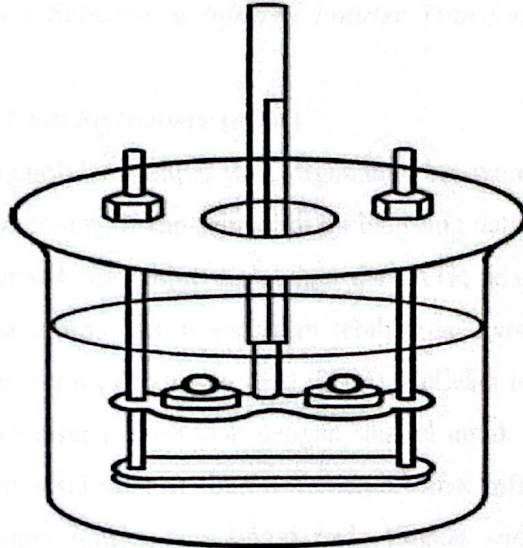
Asam stearat atau asam oktadekanoat, adalah asam lemak jenuh yang mudah diperoleh dari lemak hewani serta minyak. Wujudnya padat pada suhu ruang, dengan rumus kimia  $CH_3(CH_2)_{16}COOH$ . Dalam bidang industri asam stearat dipakai sebagai bahan pembuatan lilin, sabun, plastik, kosmetika, dan untuk melunakkan karet. Titik lebur asam stearat  $69.6^{\circ}C$  dan titik didihnya  $361^{\circ}C$  (Budavari, 1989).

## 2.4 Pengujian

### 2.4.1 Titik Lembek

Pengujian titik lembek berdasarkan metode SNI 2434:2011 dengan acuan metode ASTM D36-95 *Standard test method for softening point of bitumen (ring and ball apparatus)*. Pengujian titik lembek aspal karet dilakukan untuk menentukan ketahanan aspal terhadap deformasi permanen. Titik lembek merupakan pendekatan utama selain penetrasi aspal untuk mengklasifikasikan

kelas dan kualitas aspal untuk perkerasan jalan (Prastanto, 2014). Alat pengujian titik lembek seperti pada gambar II.7



Gambar II.7 Alat Pengujian Titik Lembek  
Sumber : SNI 2434:2011

#### 2.4.2 *Fourier Transform Infrared (FTIR)*

*Fourier Transform Infra Red (FTIR)* dapat digunakan untuk menganalisa senyawa organik dan anorganik. Selain itu, *Fourier Transform Infra Red (FTIR)* juga dapat digunakan untuk analisa kualitatif dengan membandingkan puncak (*peak*) yang dihasilkan sehingga dapat menganalisa gugus fungsi yang terkandung di dalam bahan dan analisa kuantitatif dengan melihat kekuatan absorpsi senyawa pada panjang gelombang tertentu. Keuntungan *Fourier Transform Infra Red (FTIR)* dibanding spektroskopi inframerah diantaranya yaitu lebih cepat karena pengukuran dilakukan secara serentak, memiliki resolusi yang lebih baik, dapat mengukur sampel dalam jumlah yang sangat sedikit, serta mekanik optik yang lebih sederhana (Carlson dan Weisbrode, 2011).

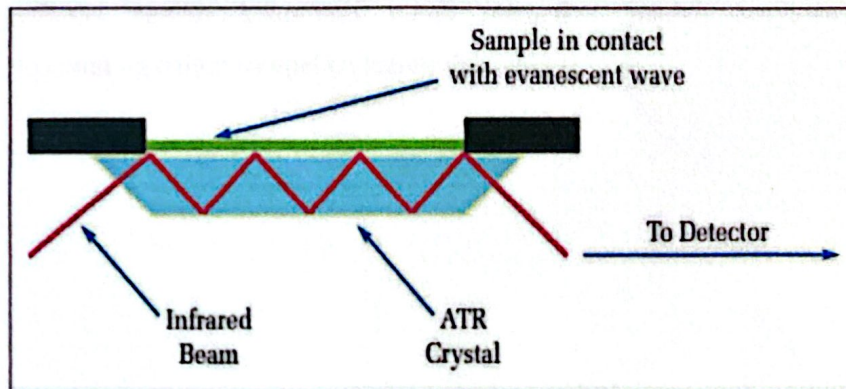
Berdasarkan wilayah dari spektra inframerah dibagi menjadi 3 yaitu (Gauglitz dan Vodinh, 2003) :

- a. *Far-infrared (FIR)* :  $<400 \text{ cm}^{-1}$
- b. *Mid-infrared (MIR)* :  $4000-400 \text{ cm}^{-1}$
- c. *Near-infrared (NIR)* :  $12500 - 4000 \text{ cm}^{-1}$

Terdapat dua teknik pengukuran sampel yang umum digunakan dalam pengukuran spektrum menggunakan FTIR yaitu *Attenuated Total Reflectance* (ATR) dan *Diffuse Reflectance Infrared Fourier Transform* (DRIFT) (Beasley dkk., 2014).

a. *Attenuated Total Reflectance* (ATR)

Teknik pengambilan sampel yang digunakan bersama dengan spektroskopi inframerah yang memungkinkan sampel di uji langsung dalam keadaan padat atau cair tanpa persiapan lebih lanjut. Kelebihan dari ATR adalah persiapan sampel yang tidak terlalu rumit, variasi spektrum lebih lebar karena persiapan sampel yang tidak terlalu rumit (Thompson dkk., 2009). Refleksi total yang dipantulkan pada kristal ketika laser bersentuhan dengan sampel untuk mengukur perubahan yang terjadi secara total dengan sinar inframerah. Sinar inframerah diarahkan ke kristal optik dengan indeks bias tinggi pada tingkat sudut tertentu. Refleksi internal ini menciptakan gelombang cepat yang memantul pada kristal yang di letakan sampel (*Perkin Elmer Life and Analytical Sciences*, 2007). Sistem refleksi ATR dapat dilihat pada gambar II.8



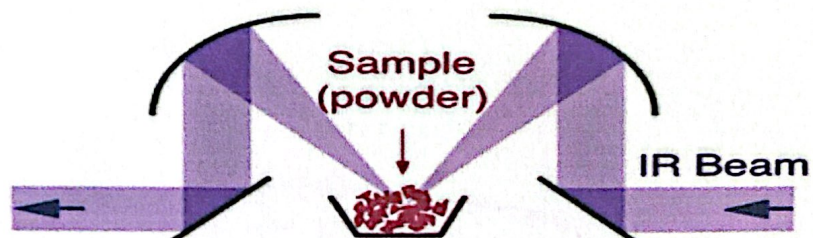
**Gambar II.8** Sistem Refleksi ATR-FTIR

Sumber : *PerkinElmer Life and Analytical Sciences*, 2007

b. *Diffuse Reflectance Infrared Fourier Transform* (DRIFT)

DRIFT adalah teknik spektroskopi inframerah yang digunakan pada sampel bubuk. Pada prinsipnya sama seperti teknik FTIR hanya perbedaan terletak pada penggunaan pada sampel untuk partikel kecil (Settle, 1997). Radiasi inframerah yang telah mencapai permukaan sampel akan ada dua proses yang dapat terjadi

yaitu sinar diserap oleh sampel dan langsung dipantulkan kembali atau sinar yang diserap sampel dapat dipantulkan berulang-ulang (Anbalagan, 2010). Sistem refleksi DRIFT dapat dilihat pada gambar II.9



**Gambar II.9** Sistem Refleksi DRIFT-FTIR

Sumber : Zaera, 2014

Prinsip kerja teknik DRIFTS yaitu sinar inframerah akan dipantulkan menggunakan cermin parabola kemudian sinar tersebut akan terserap oleh sampel dan terpantul kembali pada cermin (Zaera, 2014). Spektrometri DRIFT dapat langsung dianalisis dalam bentuk bubuk dan digunakan sebagai analisa kuantitatif untuk mengukur jumlah senyawa yang terkandung dalam sampel (Accardo dkk., 2014).

## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Pembuatan aspal karet dan pengujian titik lembek ini dilakukan di Laboratorium Pusat Penelitian Karet Bogor, Jalan Salak No.1, Bogor 16151 dan uji gugus fungsi kompon karet dan aspal karet di Laboratorium Instrumentasi Politeknik STMI Jakarta di Jalan Letjend Soeprapto No. 26, Cempaka Putih-Jakarta Pusat 10510. Penelitian dilakukan pada bulan Desember 2018 s.d Juni 2019.

#### 3.2 Alat dan Bahan

##### 3.2.1 Alat

- |                                |                                    |
|--------------------------------|------------------------------------|
| 1. <i>Open Mill</i>            | 13. Timbangan + timbangan analitik |
| 2. Gunting                     | 14. FTIR Nicolet iS10              |
| 3. <i>Drum</i>                 | 15. Spatula logam                  |
| 4. <i>Beaker glass 1000 ml</i> | 16. <i>High Shear Homogenizer</i>  |
| 5. Sarung Tangan dan Masker    | 17. <i>Thermocouple</i>            |
| 6. Ember                       | 18. Pisau                          |
| 7. Kompor Listrik              | 19. Kuas                           |
| 8. Termometer                  | 21. Alat penguji Titik lembek      |
| 9. <i>Magnetic stirrer</i>     | 22. Kompor Gas                     |
| 10. Pengaduk kaca              |                                    |
| 11. Kipas Angin                |                                    |

##### 3.2.2 Bahan

- |                                       |                 |
|---------------------------------------|-----------------|
| 1. Sulfur                             | 6. Asam stearat |
| 2. <i>Trans-polyoctenamer</i>         | 7. Aspal Pen 60 |
| 3. Karet alam SIR 20                  | 8. Aquades      |
| 4. Seng oksida                        | 9. Oli          |
| 5. TMQ ( <i>Trimethyl Quinoline</i> ) |                 |

### 3.3 Variabel Penelitian

#### 3.3.1 Variabel Tetap

Variabel tetap merupakan variabel yang tidak berubah selama penelitian berlangsung. Variabel tetap dalam penelitian ini sebagai berikut :

- Berat : 7% kompon karet dari berat aspal
- Suhu : 160°C pada pencampuran aspal dengan kompon
- Kecepatan : 6000 rpm untuk pencampuran kompon dan aspal dengan alat *High Shear Homogenizer*

#### 3.3.2 Variabel Bebas

Variabel bebas merupakan variabel yang di variasikan pada tiap penelitian agar didapat hasil yang diinginkan. Variabel bebas memiliki fungsi utama sebagai acuan untuk mengetahui pengaruhnya terhadap variabel lain. Pada penelitian ini variabel bebas yang ditetapkan adalah waktu pencampuran dan dosis persentasi *trans-polyoctenamer* untuk pembuatan aspal karet seperti pada tabel III.1

**Tabel III.1** Variasi Komposisi Aspal dengan kompon

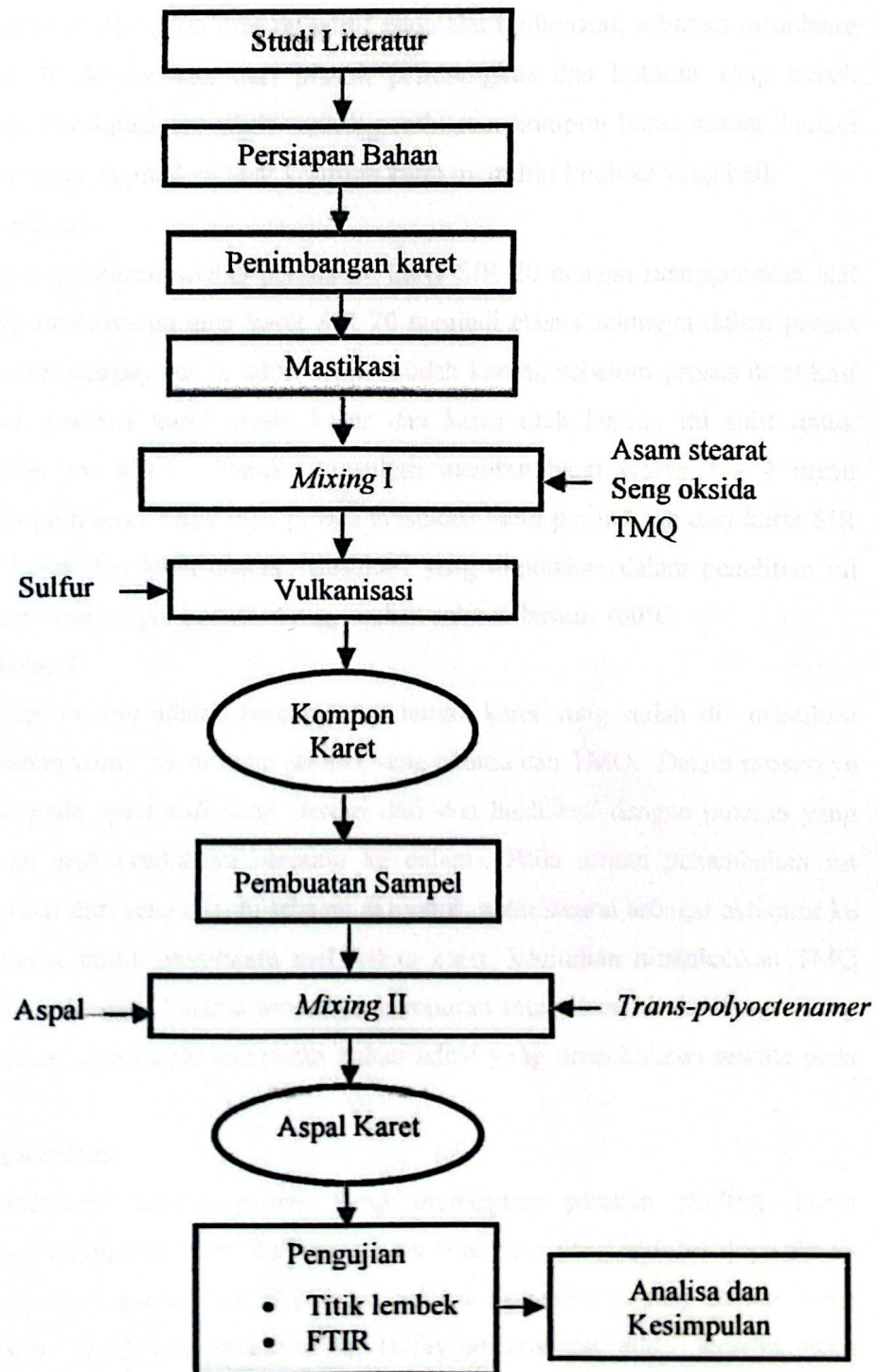
Sampel	Waktu Pencampuran	Berat Aspal	Berat Kompon	<i>trans-polyoctenamer</i>	
				Persentase	Berat
C <sub>0</sub>	4 Jam	888,4 g	62,19 g	0 %	0 g
C <sub>1</sub>	4 Jam	890,8 g	62,36 g	3 %	1,87 g
C <sub>2</sub>	4 Jam	874,1 g	61,19 g	4,5 %	2,75 g
C <sub>3</sub>	4 Jam	882,7 g	61,79 g	6 %	3,71 g
C <sub>4</sub>	5 Jam	836,8 g	58,58 g	0 %	0 g
C <sub>5</sub>	5 Jam	886,3 g	62,04 g	3 %	1,86 g
C <sub>6</sub>	5 Jam	884,3 g	61,90 g	4,5 %	2,79 g
C <sub>7</sub>	5 Jam	885,7 g	62,00 g	6 %	3,72 g

Pada penelitian ini memiliki dua variabel bebas yaitu waktu dan dosis. Waktu pencampuran dibagi dua variasi yaitu pada waktu pencampuran 4 dan 5 jam, sedangkan penambahan *trans-polyoctenamer* dibagi masing-masing waktu empat variasi yaitu dosis 0%, 3%, 4,5%, dan 6% *trans-polyoctenamer* berdasarkan berat kompon.

Pembagian persentase dosis *trans-polyoctenamer* bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari *trans-polyoctenamer* yang ditambahkan pada aspal karet berbasis karet SIR 20, sedangkan waktu pencampuran divariasikan untuk mengetahui pengaruh dari proses pencampuran.

### 3.4 Prosedur Penelitian

Gambar III.1 memperlihatkan prosedur penelitian yang digambarkan dalam diagram proses keseluruhan penelitian.



Gambar III.1 Diagram Alir Penelitian

### 3.4.1 Penimbangan bahan

Proses pembuatan aspal modifikasi polimer dimulai dengan pembuatan kompon karet. Pada tahap pertama persiapkan bahan dan lalu ditimbang karet SIR 20 dengan berat 917 gram dan zat aditif pada alat timbangan, sebelum ditimbang karet SIR 20 dibersihkan dari plastik pembungkus dan kotoran yang masih menempel. Formulasi zat aditif untuk pembuatan kompon harus sesuai dengan berat karet yang digunakan agar kompon karet memiliki kualitas yang baik.

### 3.4.2 Mastikasi

Proses mastikasi adalah pelunakan karet SIR 20 dengan menggunakan alat *open mill*, untuk tujuan agar karet SIR 20 menjadi elastis sehingga dalam proses pencampuran dengan bahan aditif lebih mudah karena sebelum proses mastikasi permukaan padatan karet masih kasar dan keras oleh karena itu sulit untuk penambahan zat aditif. Untuk mastikasi membutuhkan waktu 3 - 4 menit sedangkan parameter selesainya proses mastikasi yaitu permukaan dari karet SIR 20 tidak kasar dan lebih elastis. Mastikasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah mastikasi dingin karena menggunakan suhu di bawah 100°C.

### 3.4.3 *Mixing I*

Proses *mixing* adalah percampuran antara karet yang sudah di mastikasi dengan bahan aditif yaitu asam stearat, seng oksida dan TMQ. Dalam prosesnya dilakukan pada *open mill* yang terdiri dari dua buah *roll* dengan putaran yang berlawanan arah (keduanya berputar ke dalam). Pada urutan penambahan zat aditif dimulai dari seng oksida sebagai aktivator, asam stearat sebagai aktivator ke dua sekaligus untuk membantu melunakan karet, kemudian ditambahkan TMQ sebagai anti oksidasi. Selama proses pencampuran setiap 1 menit dipotong miring menggunakan pisau agar campuran bahan aditif yang ditambahkan merata pada karet.

### 3.4.4 Vulkanisasi

Vulkanisasi adalah proses yang memegang peranan penting dalam pembentukan kompon karet. Pada proses ini sifat karet yang pada awalnya plastis berubah menjadi elastis dan lebih kuat. Setelah penambahan seng oksida, asam stearat, dan TMQ lalu ditambahkan sulfur sebagai zat aditif terakhir yang

ditambahkan. Gesekan antara karet dengan 2 buah *roll* pada *open mill* menghasilkan panas untuk membantu reaksi vulkanisasi.

#### 3.4.5 Pembuatan sampel

Aspal dan kompon dibuat delapan sampel dengan masing-masing diberi kode pada kaleng C<sub>0</sub>, C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub>, C<sub>4</sub>, C<sub>5</sub>, C<sub>6</sub> dan C<sub>7</sub> menggunakan spidol. Aspal ditimbang di dalam kaleng dengan berat ±800 gram. Kompon yang sudah jadi ditimbang dengan berat 7% dari berat aspal dan *trans-polyoctenamer* ditimbang dengan berat 3%, 4,5%, dan 6% dari berat kompon. Setelah kompon karet ditimbang, kemudian dipotong kecil dengan ukuran <6 mm agar pencampuran dengan aspal lebih mudah.

#### 3.4.6 *Mixing* II

Sebelum melakukan proses *mixing* II, dilakukan *trial* dengan waktu pencampuran selama 3 jam. Setelah dilakukan *trial* dan dievaluasi hasil pencampuran tidak sempurna oleh karena itu digunakan waktu pencampuran 4 dan 5 jam. Langkah awal proses *mixing* II yaitu oli bekas kendaraan dimasukan ke dalam panci hingga ½ volume dari panci yang digunakan sebagai perantara agar pemanasan merata pada sampel dengan alat pemanas kompor listrik. Kemudian masukkan kaleng berisi aspal padat ke dalam panci hingga mencair pada 160°C, untuk mengontrol suhu agar tetap konstan menggunakan *thermocouple* pada oli yang dipanaskan. Setelah aspal telah mencair pada 160°C kompon yang sudah dipotong kecil dimasukkan ke dalam aspal pada keadaan alat *high shear homogenizer* berputar dengan kecepatan 6000 rpm. Setelah semua kompon karet dimasukkan pada aspal tambahkan *trans-polyoctenamer*.

### 3.5 Tahap Pengujian atau Karakterisasi

#### 3.5.1 *Fourier Transform Infra Red* (FTIR)

Pengujian hasil aspal karet dengan FTIR adalah untuk menganalisa dan membandingkan gugus fungsi yang terkandung di dalam aspal karet dengan kompon karet. Pengujian dilakukan dengan menggunakan sampel C<sub>3</sub> dan C<sub>0</sub> dengan dosis persentase *trans-polyoctenamer* berurutan sebesar 6% dan 0% dalam waktu pengadukan 4 jam. Jenis FTIR yang digunakan adalah FTIR Nicolet iS10 yang dilakukan di Laboratorium Instrumentasi Teknik Kimia Polimer

Prosedur pengujian dengan FTIR sebagai berikut :

1. Sambungkan kabel alat instrumen dengan sumber listrik.
2. Hidupkan instrument FTIR dengan menekan tombol *power on* dan tunggu hingga selesai.
3. Hidupkan perangkat komputer, kemudian klik *icon Spectrum*.
4. Lakukan terlebih dahulu pemindaian *background* untuk menghilangkan hasil pemindaian lingkungan pada saat pemindaian sampel dengan cara mengklik *collect background*, sebelum melakukan pemindaian sampel.
5. Setelah sampel dipreparasi letakan pada tempat sampel, kemudian putar penahan sampel hingga berbunyi klik dan lakukan pemindaian sampel dengan cara mengklik *collect sample*, tunggu hingga proses pemindaian selesai.
6. Klik *Find Peaks* agar dapat menentukan puncak spektrum lalu klik *replace* dan klik *Print* kemudian beri nama *file* sebelum menyimpan.
7. Klik *Analyst*, lalu pilih interpretasi lalu klik *Print* untuk menyimpan.
8. Klik *Search* lalu klik *Print* untuk menyimpan, sebelum menyimpan pastikan format *file* benar.

### 3.5.2 Pengujian Titik Lembek

Pengujian titik lembek memakai metode SNI 2434:2011 yaitu cara uji titik lembek dengan alat cincin dan bola (*ring and ball*). Secara singkat pengujian ini dilakukan dengan menuangkan aspal cair ke dalam cincin berbahan kuningan dan direndam di dalam *beaker glass* berisi aquades dengan pemanasan hingga bola diatas cincin jatuh ke permukaan. Bila ada perbandingan antara 2 temperatur pada saat bola baja yang diselimuti aspal jatuh pelat dasar terdapat melebihi 1°C, maka akan diulang pengujian titik lembek.

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Hasil Pengujian Titik Lembek

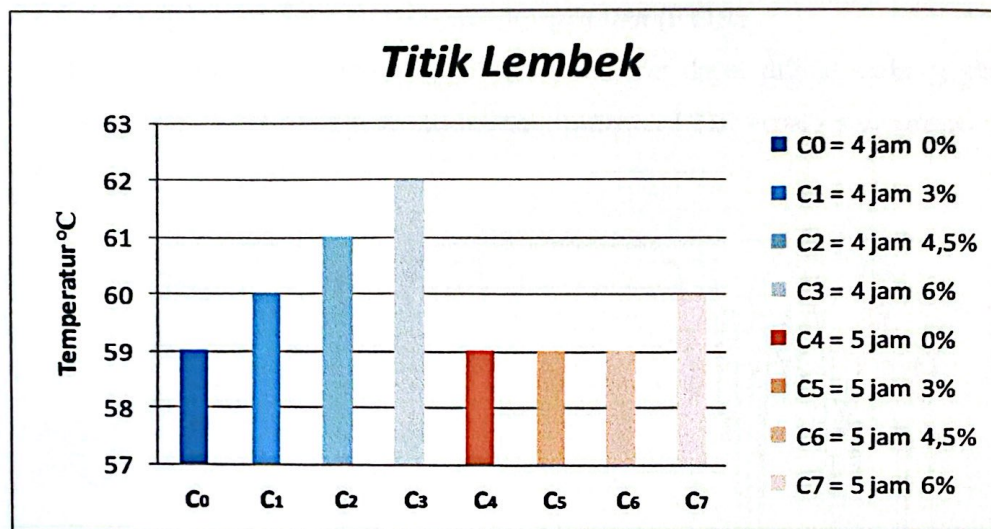
Titik lembek adalah suhu pada saat bola baja dengan berat tertentu, turun terhadap suatu lapisan aspal dalam cincin berukuran tertentu, sehingga aspal tersebut menyentuh plat dasar yang terletak dibawah cincin pada tinggi tertentu, akibat pemanasan tertentu. Hasil dari pengujian titik lembek dapat dilihat pada tabel IV.1 dan gambar IV.1

Tabel IV.1 Hasil Analisis Pengujian Titik Lembek

Kode	Waktu	Dosis%	Titik Lembek		Hasil	SNI 2434:2011
			Bola 1	Bola 2		
C <sub>0</sub>	4 Jam	0	59°C	59°C	59°C	Sesuai
C <sub>1</sub>	4 Jam	3	60°C	60°C	60°C	Sesuai
C <sub>2</sub>	4 Jam	4,5	61°C	61°C	61°C	Sesuai
C <sub>3</sub>	4 Jam	6	62°C	62°C	62°C	Sesuai
C <sub>4</sub>	5 Jam	0	59°C	59°C	59°C	Sesuai
C <sub>5</sub>	5 Jam	3	59°C	59°C	59°C	Sesuai
C <sub>6</sub>	5 Jam	4,5	59°C	59°C	59°C	Sesuai
C <sub>7</sub>	5 Jam	6	60°C	60°C	60°C	Sesuai

Dari hasil olah data pada tabel IV.1 *trans-polyoctenamer* memperlihatkan pengaruh terhadap sifat titik lembek aspal yang telah dicampur kompon karet dapat meningkatkan nilai titik lembek pada semua sampel dalam variasi waktu 4 jam , sedangkan pada variasi waktu 5 jam tidak memiliki pengaruh hanya persentase 6% saja yang mengalami kenaikan sedangkan persentase 4,5% dan 3% tidak mengalami kenaikan nilai titik lembek.

Pada aspal murni, alat *high shear homogenizer* berputar stabil dengan kecepatan 6000 rpm setelah penambahan kompon karet kecepatan menjadi turun dan aspal lebih kental serta lengket akibat dari penambahan kompon karet. Setelah penambahan *trans-polyoctenamer* kecepatan alat stabil kembali serta kekentalan aspal berkurang dan tidak terlalu lengket seperti sebelum penambahan *trans-polyoctenamer*.



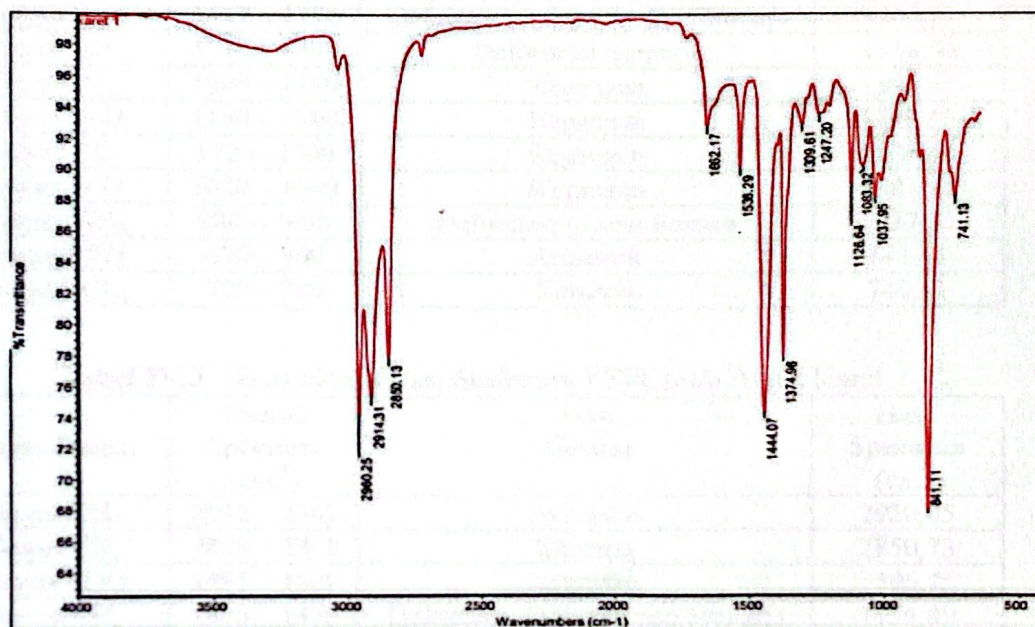
**Gambar IV.1.** Hasil Pengujian Titik Lembek

Gambar IV.1 memperlihatkan nilai tertinggi titik leleh sebesar 62°C dari sampel C<sub>3</sub> dengan dosis persentase *trans-polyoctenamer* sebesar 6% dalam waktu pengadukan 4 jam, sedangkan nilai terendah titik leleh sebesar 59°C dari sampel C<sub>0</sub>, C<sub>4</sub>, C<sub>5</sub>, C<sub>6</sub> dengan dosis persentase *trans-polyoctenamer* berurutan sebesar 0%, 0%, 3% dan 4,5% dengan waktu pengadukan 4 dan 5 jam. *Trans-polyoctenamer* yang ditambahkan pada pencampuran aspal dengan kompon karet hanya dapat meningkatkan nilai titik leleh pada waktu pengadukan 4 jam, sedangkan waktu 5 jam tidak memiliki kenaikan nilai titik leleh berdasarkan perbandingan dengan aspal karet tanpa *trans-polyoctenamer*, hanya dosis 6% yang memiliki kenaikan sebesar 60°C.

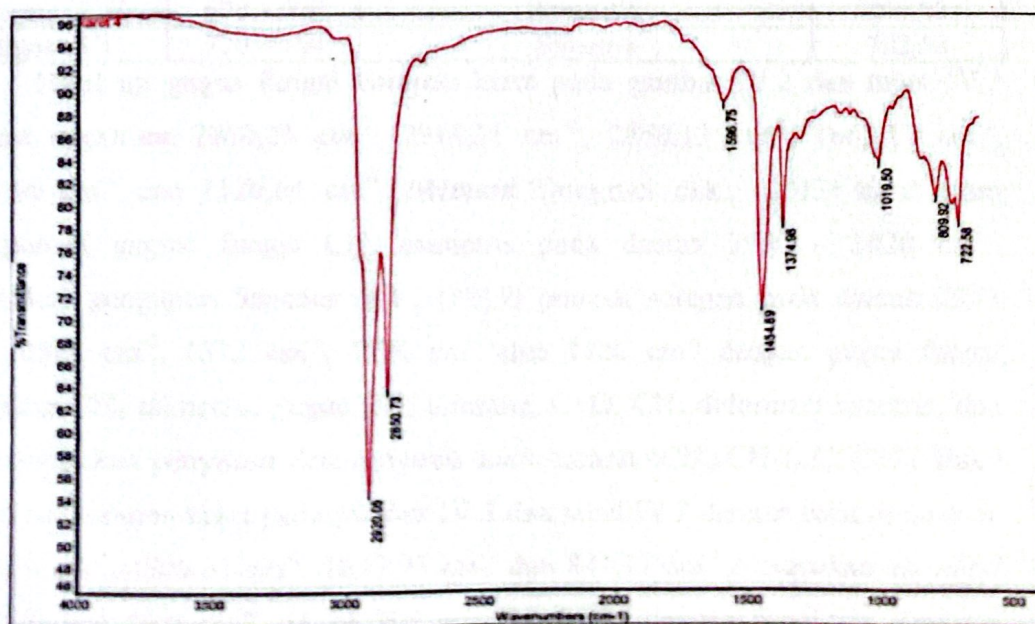
Aspal karet yang tidak memiliki kenaikan nilai titik leleh dapat disebabkan oleh beberapa faktor seperti pemanasan dan waktu dalam pencampuran aspal dengan *trans-polyoctenamer*. Pemanasan sampel yang lebih lama, akan memutuskan ikatan molekul pada karet yang bercampur dengan aspal sehingga aspal karet pada pencampuran waktu 5 jam tidak mengalami kenaikan nilai titik leleh meskipun dengan variasi dosis *trans-polyoctenamer* yang ditambahkan. Oleh karena itu hanya sampel pada waktu pencampuran 4 jam yang meningkat berdasarkan dosis *trans-polyoctenamer* yang ditambahkan.

#### 4.2 Hasil Pengujian *Fourier Transform Infra Red (FTIR)*

Hasil identifikasi spektrum FTIR kompon karet dapat dilihat pada gambar IV.2 dan tabel IV.2, sedangkan identifikasi spektrum FTIR aspal karet sampel C<sub>3</sub> pada gambar IV.3 dan tabel IV.3



Gambar IV.2. Spektrum FTIR kompon karet



Tabel IV.2 Hasil Identifikasi Spektrum FTIR pada Kompon Karet

Gugus Fungsi	Daerah Spektrum (cm <sup>-1</sup> )	Jenis Getaran	Hasil Spektrum (cm <sup>-1</sup> )
Gugus CH <sub>3</sub>	2950 – 3020	Asimetris	2960,25
Gugus CH <sub>2</sub>	2910 – 2960	Asimetris	2914,31
Gugus CH <sub>2</sub>	2840 – 2860	Simetris	2850,13
Gugus C=O	1625 – 1700	Amida	1662,17
Gugus N=O	1450 – 1600	Organik Nitrat	1538,29
Gugus CH <sub>2</sub>	1440 – 1470	Deformasi Asimetris dan Simetris	1444,07
Gugus CH <sub>3</sub>	1370 – 1390	Deformasi Simetris	1374,96
Gugus CF <sub>3</sub>	1300 – 1380	Regangan	1309,61
Gugus P=O	1140 – 1300	Regangan	1247,20
Gugus CF <sub>2</sub>	1120 – 1300	Regangan	1126,64
Gugus S=O	1040 – 1070	Regangan	1083,32
Gugus C <sub>6</sub> H <sub>5</sub>	980 – 1040	Deformasi Cincin Benzen	1037,95
Gugus CCH	670 – 900	Aromatik	841,11
Gugus CCL <sub>2</sub>	720 – 780	Simetris	741,13

Tabel IV.3. Hasil Identifikasi Spektrum FTIR pada Aspal Karet

Gugus Fungsi	Daerah Spektrum (cm <sup>-1</sup> )	Jenis Getaran	Hasil Spektrum (cm <sup>-1</sup> )
Gugus CH <sub>2</sub>	2910 – 2960	Asimetris	2920,05
Gugus CH <sub>2</sub>	2840 – 2860	Simetris	2850,73
Gugus COO	1595 – 1600	Asimetris	1596,75
Gugus CH <sub>2</sub>	1450 – 1470	Deformasi Asimetris dan Simetris	1454,89
Gugus CH <sub>3</sub>	1370 – 1390	Deformasi Simetris	1374,98
Gugus C <sub>6</sub> H <sub>5</sub>	980 – 1040	Deformasi Cincin Benzen	1019,50
Gugus CCH	670 – 900	Aromatik	809,92
Gugus CCL <sub>2</sub>	720 – 780	Simetris	722,58

Hasil uji gugus fungsi kompon karet pada gambar IV.2 dan tabel IV.2 didapat spektrum 2960,25 cm<sup>-1</sup>, 2914,31 cm<sup>-1</sup>, 2850,13 cm<sup>-1</sup>, 1662,17 cm<sup>-1</sup>, 1374,96 cm<sup>-1</sup> dan 1126,64 cm<sup>-1</sup>. Menurut Dongmei dkk., (2013) karet alam mempunyai gugusi fungsi CH<sub>3</sub> asimetris pada daerah 2950 – 3020 cm<sup>-1</sup>, sedangkan pengujian Sanches dkk., (2015) puncak serapan pada daerah 2933 cm<sup>-1</sup>, 2864 cm<sup>-1</sup>, 1372 cm<sup>-1</sup>, 1776 cm<sup>-1</sup> dan 1126 cm<sup>-1</sup> dengan gugus fungsi berurutan CH<sub>2</sub> asimetris, gugus CH<sub>2</sub> simetris, C=O, CH<sub>3</sub> deformasi simetris, dan CF<sub>2</sub> merupakan penyusun dari senyawa asam stearat (CH<sub>3</sub>(CH<sub>2</sub>)<sub>16</sub>COOH). Hasil Spektrum kompon karet pada gambar IV.2 dan tabel IV.2 dengan puncak serapan 1538,29 cm<sup>-1</sup>, 1309,61 cm<sup>-1</sup>, 1037,95 cm<sup>-1</sup> dan 841,11 cm<sup>-1</sup> merupakan zat aditif TMQ dengan formula C<sub>12</sub>H<sub>15</sub>N. Hal tersebut sesuai dengan penelitian Budiarto

(2013) dimana TMQ mempunyai puncak serapan  $1450 - 1600 \text{ cm}^{-1}$ ,  $1300 - 1380 \text{ cm}^{-1}$ ,  $980 - 1040 \text{ cm}^{-1}$  dan  $670 - 900 \text{ cm}^{-1}$  pada gugus fungsi berurutan  $\text{N}=\text{O}$ ,  $\text{CF}_3$ ,  $\text{C}_6\text{H}_5$  dan  $\text{CCH}$ . Spektrum kompon karet pada gambar IV.2 dan tabel IV.2 dengan puncak serapan  $1126,64 \text{ cm}^{-1}$  dan  $1083,32 \text{ cm}^{-1}$  merupakan bahan sulfur dengan gugus penyusun  $\text{P}=\text{O}$  dan  $\text{S}=\text{O}$ , hal tersebut juga sesuai dengan penelitian Hampton dkk., (2010) yaitu sulfur mempunyai puncak serapan pada daerah  $1140 - 1300 \text{ cm}^{-1}$  dan  $1140 - 1300 \text{ cm}^{-1}$ . Hasil spektrum aspal karet pada gambar IV.3 dan tabel IV.3 terdapat puncak serapan  $841,11 \text{ cm}^{-1}$  dan  $741,13 \text{ cm}^{-1}$  yang mempunyai gugus fungsi aromatik cincin benzen  $\text{C}_6\text{H}_5$  dan  $\text{CCL}_2$ . Menurut Li dkk., (2019) aspal murni mempunyai gugus fungsi aromatik cincin benzen  $\text{C}_6\text{H}_5$  dan  $\text{CCL}_2$  dengan puncak serapan  $980 - 1040 \text{ cm}^{-1}$  dan  $720 - 780 \text{ cm}^{-1}$ .

Polimer yang mengandung fosforus ( $\text{P}=\text{O}$ ) dapat meningkatkan ketahanan api dan berfungsi sebagai penghambat api pada saat vulkanisasi pada karet alam (Derouet dkk., 1994). Pada spektrum kompon karet didapat gugus fungsi yang hilang pada aspal karet yaitu  $\text{C}=\text{O}$ ,  $\text{N}=\text{O}$ ,  $\text{CF}_3$ ,  $\text{P}=\text{O}$ ,  $\text{CF}_2$ , dan  $\text{S}=\text{O}$ , sedangkan gugus fungsi kompon yang masih terdapat pada aspal karet yaitu  $\text{CH}_2$  asimetris,  $\text{CH}_2$  simetris,  $\text{CH}_2$  deformasi simetris dan asimetris,  $\text{CH}_3$  deformasi simetris,  $\text{C}_6\text{H}_5$ ,  $\text{CCH}$ , dan  $\text{CCL}_2$ . Berdasarkan penelitian Sanches dkk., (2015) suhu dapat mempengaruhi hilangnya gugus fungsi zat aditif pada karet EPDM (*Ethylene Propylene Diene Monomer*) dimana gugus fungsi benzen TMQ suhu  $473 \text{ }^\circ\text{C}$  hilang pada TMQ suhu  $362 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Pada gugus fungsi aromatik  $\text{CCH}$  kompon karet terjadi penurunan signifikan pada puncak serapan  $841,11 \text{ cm}^{-1}$  menjadi  $809,92 \text{ cm}^{-1}$  pada campuran aspal karet dengan *trans-polyoctenamer*. Hal ini sesuai dengan penelitian Hongying dkk., (2013) *trans-polyoctenamer* yang ditambahkan pada aspal karet mempengaruhi puncak serapan gugus fungsi aromatik benzen, dimana adanya penurunan nilai spektrum serapan gugus fungsi aromatik benzen  $1538 \text{ cm}^{-1}$  menjadi  $1521 \text{ cm}^{-1}$  setelah penambahan *trans-polyoctenamer* pada aspal karet. Gelombang dengan bentuk yang sama tetapi nilai puncaknya berbeda menyebabkan perbedaan getaran asimetris dan simetris terjadi pada gugus fungsi (Hongying dkk., 2013).

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil yaitu:

1. Nilai titik lembek mengalami peningkatan berdasarkan perbandingan aspal karet tanpa *trans-polyoctenamer* pada waktu 4 jam dengan nilai titik lembek tertinggi pada sampel C<sub>3</sub> dalam persentase *trans-polyoctenamer* 6% dengan nilai 62°C, sedangkan waktu 5 jam terdapat sampel dengan nilai titik lembek yang konstan sebesar 59°C yaitu C<sub>0</sub>, C<sub>4</sub>, C<sub>5</sub>, C<sub>6</sub> dengan dosis persentase *trans-polyoctenamer* berurutan sebesar 0% 0%, 3%, 4,5% dalam pencampuran 5 jam.
2. Pencampuran aspal dan kompon karet dengan aditif *trans-polyoctenamer* mempengaruhi gugus fungsi. Pada spektrum kompon karet didapat gugus fungsi yang hilang pada aspal karet yaitu C=O, N=O, CF<sub>3</sub>, P=O, CF<sub>2</sub>, dan S=O, sedangkan gugus fungsi kompon yang masih terdapat pada aspal karet yaitu CH<sub>2</sub> asimetris, CH<sub>2</sub> simetris, CH<sub>2</sub> deformasi simetris dan asimetris, CH<sub>3</sub> deformasi simetris, C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>, CCH, dan CCL<sub>2</sub>. Pada gugus fungsi aromatik CCH kompon karet terjadi penurunan pada puncak serapan 841,11 cm<sup>-1</sup> menjadi 809,92 cm<sup>-1</sup> pada campuran aspal karet dengan *trans-polyoctenamer*.

#### 5.2 Saran

Beberapa saran untuk pengembangan penelitian ini:

1. *Trans-polyoctenamer* yang ditambahkan pada aspal karet dapat mengurangi kelengketan tetapi dalam metode pembuatan masih perlu dilakukan modifikasi metode lainnya.
2. Perlu dilakukan penelitian lainnya untuk mengetahui pengaruh waktu pencampuran aspal dan kompon karet terhadap hasil aspal karet.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abednego, J.G., "Pembuatan Kompon Karet", Pusat Penelitian Teknologi Karet, Bogor, 1990.
- Accardo, G., Cioffi, R., Colangelo, F., Angelo R., Stefano, L.D., Paglietti, F., "Diffuse Reflectance Infrared Fourier Transform Spectroscopy for the Determination of Asbestos Species in Bulk Building Materials", Italia, 2014.
- Alfa, A.A., "Analisis Vulkanisat Karet Menggunakan Thermogravimetry Analyzer (TGA)", Tidak dipublikasikan, Bogor, 1995.
- Amir, E., "*Teori Mastikasi Karet*", Balai Penelitian Teknologi Karet, Bogor, 1990.
- Anja, S., Bodo, W., "Asphalt and Bitumen", Ullmann's Encyclopedia of Chemistry Industri, 2009.
- Anbalagan, G., Sivakumar, G., Prabakaran, A.R., Gunasekaranc, S., "Spectroscopic Characterization of Natural Chrysotile", Vibrational Spectroscopy, Vol.25, India, 2010.
- Arifin, R., "Pengaruh Sulfur Terhadap Kekerasan Karet untuk Bahan Pembuatan Compound Rol Karet Pengupas Gabah", Skripsi, Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2010.
- Arizal, R., "Pengetahuan Dasar Mengenai Karet Alam dan Sintetik", Balai Penelitian Teknologi Karet, Bogor, 1994.
- Badan Standarisasi Nasional, "Spesifikasi Aspal Keras Berdasarkan Kelas Penetrasi", SNI 8135:2015, 2015.
- Badan Standarisasi Nasional, "Cara Uji Titik Lembek Aspal dengan Alat Cincin dan Bola (Ring and Ball)", SNI 2434:2011, 2011.
- Badan Standarisasi Nasional, "Cara Uji Titik Nyala dan Titik Bakar Aspal dengan Alat Cleveland Open Cup", SNI 2433:2011, 2011.
- Badan Standarisasi Nasional, "Cara Uji Daktilitas Aspal", SNI 2432:2011, 2011.

- Badan Standarisasi Nasional, "Cara Uji Penetrasi Aspal", SNI 2456:2011, 2011.
- Badan Standarisasi Nasional, "Karet Spesifikasi Teknis", SNI 1903:2011, 2011.
- Badan Standarisasi Nasional, "Spesifikasi Lapis Tipis Aspal Pasir", SNI 6749:2008, 2008.
- Badan Standarisasi Nasional, "Standard Indonesian Rubber (SIR)", SNI 06-1903-2000, 2000.
- Beasley, M.M., Bartelink, E.J., Taylor, L., Miller, R.M., "Comparison of Transmission FTIR, ATR, and DRIFT Spectra Implications for Assessment of Bone Bioapatite Diagenesis", *Journal of Archaeological Science, California*, 2014.
- Budiarto, "The Effect of Antioxidant Concentration of N-isopropyl-Nphenyl-p-phenylenediamine, and 2,2,4-trimethyl-1,2- dihydroquinoline and Mixing Time of Physical Properties, Thermal Properties, Mechanical Properties and Microstructure on Natural Rubber Compound", *International Conference on Chemistry, Jakarta*, 2017.
- Budavari, S., "The Merck Index an Encyclopedia of Chemicals, Drugs, and Biologicals" New Jersey, 1989.
- Carlson, C.S., Weisbrode S.E., "Pathologic Basis of Vetenary Diseases", Elsevier, 5.p.920-71, 2011.
- Ciullo, P.A., Hewitt, N., "The Rubber Formulary 1st Edition", Amerika Serikat, 1999.
- Coran, A.Y., "The Science and Technology of Rubber (Fourth Edition)", Academic Press, Amerika Serikat, 2013.
- Derouet, D., Radhakrishnan, N., Brosse, J.C., Boccacelo, G., "Phosphorus Modification of Epoxidized Liquid Natural Rubber to Improve Flame Resistance of Vulcanized Rubbers", *Journal of Applied Polymer Science, Vol. 52, 1309-1316*, 1994.
- Dongmei, C., Huafeng, S., Wei, Y., Baochen, H., "Fourier Transform Infrared Spectral Analysis of Polyisoprene of a Different Microstructure", *International Journal of Polymer Science, China*, 2013.
- Evonik Industries, "Vestanamer & Ground Tire Rubber (GTR)", Jerman, 2007.
- Gaughlitz, G., dan Vodinh, T., "Handbook of Spectroscopy", WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, 2003.

- Gapkindo, "Berita karet maret 2019", <https://www.gapkindo.org/berita-karet/450-berita-karet-maret-2019>, Diakses tanggal 24 Mei 2019.
- Gonzalez, M.N., "Rheology and Engineering Parameters of Bitumen Modified with Polyolefins, Elastomers and Reactive Polymers", Berlin, 2010.
- Hampton, C., Demoin, D., Glaser, R.E., "Vibrational Spectroscopy Tutorial: Sulfur and Phosphorus", Missouri University of Science and Technology, Missouri, 2010.
- Hendrawan, M.A., Purboputro, P.I., "Studi Karakteristik Sifat Mekanik Kompon Karet dengan Variasi Komposisi Sulfur dan Carbon Black Sebagai Bahan Dasar Ban Luar", Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2015.
- Hongying, L., Zhijun, C., Wen, W., Hainian, W., "Investigation of The Rheological Modification Mechanism of Crumb Rubber Modified Asphalt (CRMA) Containing TOR Additive", Elsevier Applied Science, Chang'an University, 2013.
- Li, Z., Zhuo, R., Zhao, Y., Cao, Q., Qin, W., "Discriminating Wavenumbers Selection of ATR-FTIR Spectra for Identifying Graded Asphalt", Elsevier Applied Science, China, 2019.
- Maspanger, D.R., Budianto, E., Pusptasari, S., "Pengaruh Rasio Karet Alam Terdeproteinisasi dengan Monomer Vinil Terhadap Karakteristik Karet Alam Termoplastik", Pusat Penelitian Karet, Bogor, 2016.
- Permana, R., Aschuri, I., "Studi Sifat-Sifat Reologi Aspal yang Dimodifikasi Limbah Tas Plastik", Institut Teknologi Nasional, Bandung, 2009.
- Perkin Elmer Life and Analytical Sciences, "Technical Note FTIR Spectroscopy", Amerika Serikat, 2007.
- Prastanto, H., "Depolimerisasi Karet Alam Secara Mekanis untuk Bahan Aditif Aspal", *Jurnal Penelitian Karet* 32 (1), 81 - 87, 2014.
- Puspitasari, S., Falaah, A.F., Ramadhan, A., Prastanto, H., Firdaus, Y., "Studi Kinerja Kompon Karet Alam Tanpa Bahan Pengisi Sebagai Bahan Pemodifikasi Aspal Panas", *Jurnal Penelitian Karet* 36 (2), 157 - 164, 2018.
- Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan dan Jembatan, "Teknologi Aspal Plastik", [http://www.pusjatan.pu.go.id/index.php/produk/litbang\\_detail/teknologi-aspal-plastik](http://www.pusjatan.pu.go.id/index.php/produk/litbang_detail/teknologi-aspal-plastik), Diakses tanggal 14 Mei 2019.

- Sanches, N.B., Cassu, S.N., Durta, R.C.L., "TG/FT-IR Characterization of Additives Typically Employed in EPDM Formulations", Brazil, 2015.
- Salama, H., "Studi Pemanfaatan Karet Alam (SIR 20) yang Didegradasi Secara Mekanis untuk Bahan Aditif Aspal Modifikasi", Skripsi, Institut Pertanian Bogor, 2010.
- Schneider, W.A., Muller, M.F., "Crystallinity of Trans-Polyoctenamer: Characterization and Influence of Sample History", *Journal of Molecular Catalysis*, 46:395-403, 1988.
- Settle, F.A., "Handbook of Instrumental Techniques for Analytical Chemistry", New Jersey, 1997.
- Setiawan, D.H., Andoko, A., "Petunjuk Lengkap Budi Daya Karet", Agromedia Pustaka, 2008.
- Suroso, T.W., "Peningkatan Kinerja Campuran Beraspal dengan Karet Alam dan Karet Sintetis", *Jurnal Jalan Jembatan* 24(1) : 14-25, 2007.
- Suroso, T.W., "Pengaruh Penambahan Plastik LDPE (Low Density Poly Ethilen) dengan Cara Basah dan Cara Kering Terhadap Kinerja Campuran Beraspal", *Jurnal Jalan dan Jembatan*, Vol.25, No.2, 2009.
- Thompson, T.J.U., Gauthier, M., Islam, M., "The Application of a New Method of Fourier Transform Infrared Spectroscopy to The Analysis of Burned Bone", *Journal of Archaeological Science*, 36(3): 910-914, TESSIDE University, 2009.
- Wenig, W., Fiedel, H.W., Petermann, J., "The Microstructure of Trans-Polyoctenamer", *Colloid & Polymer, Sci* 266:227-234, Hamburg, 1988.
- Yuliantari, R., Irianty, R.S., Bahruddin, "Modifikasi Aspal Konvensional Penetrasi 60/70 Menggunakan Lateks Kebun dengan Variasi Konsentrasi dan Kadar Karet Kering Lateks", Universitas Riau, 2018.
- Yu, L., Qingyu, G., Lianxin, L., Shuting, L., "Investigated on the Rubber Antioxidant 2,2,4-Trimethyl-1,2-dihydroquinoline Polymer", *Asian Journal of Chemistry, China*, 2013.
- Zaera, F., "New Advances in The Use of Infrared Absorption Spectroscopy for The Characterization of Heterogeneous Catalytic Reactions", *Chem. Soc. Rev.*, 43(22), 7624-7663, 2014.

**LAMPIRAN A**  
**GAMBAR ALAT DAN BAHAN**



Gambar A.1. Sulfur



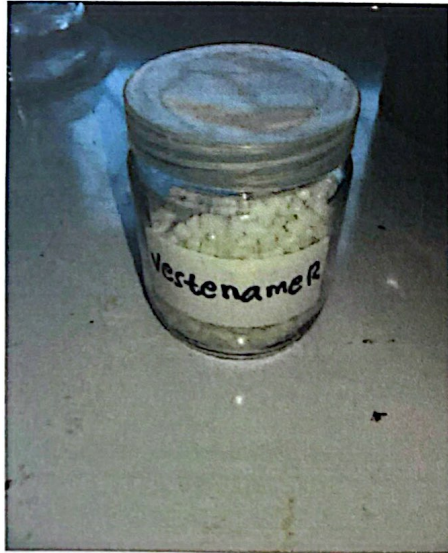
Gambar A.2. Seng oksida



Gambar A.3. Asam Stearat



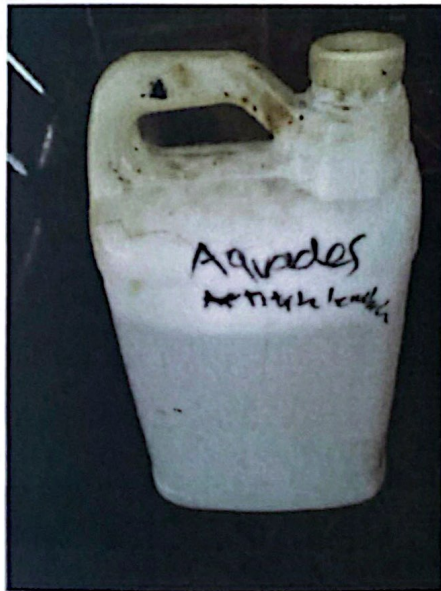
Gambar A.4. TMQ



Gambar A.5. *Trans-polyoctenamer*



Gambar A.6. Karet Alam SIR 20



Gambar A.7. Aquades



Gambar A.8. Aspal Pen 60



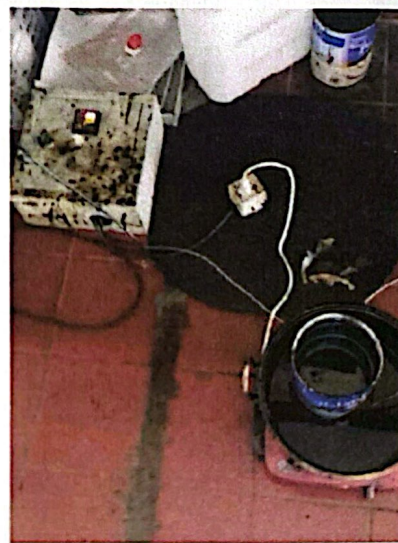
Gambar A.9. Alat Pengujian FTIR Nicolet iS10



Gambar A.10. *High Shear Homogenizer* tipe AE 300 LH



Gambar A.11. *Magnetic Stirrer* dan Alat Pengujian Titik lembek



Gambar A.12. *Thermocouple* dan Kompor Listrik dengan Panci

**LAMPIRAN B**  
**GAMBAR PROSES PENELITIAN**



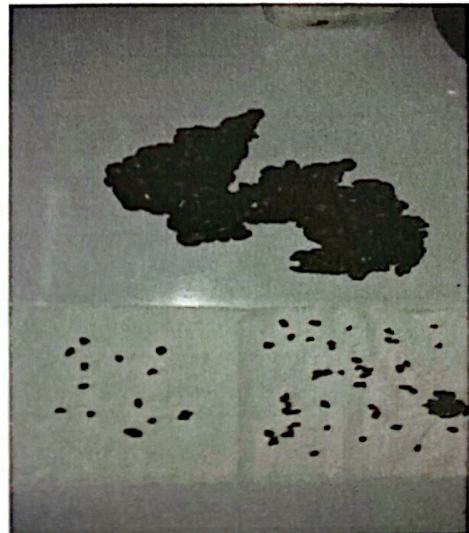
**Gambar B.1. Pembagian Sampel Aspal Murni**



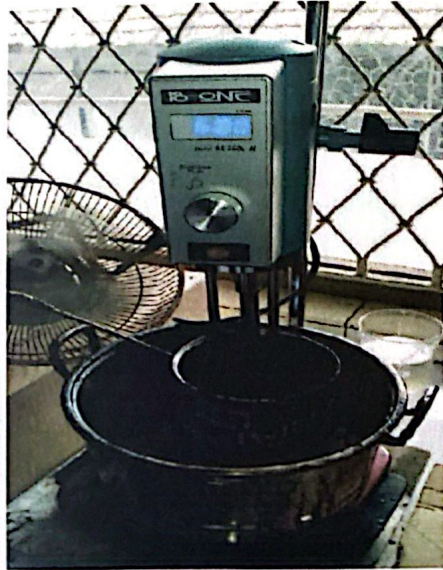
**Gambar B.2. Penggilingan Kompon dengan *Open Mill***



**Gambar B.3. Kompon Karet Sebelum Dipotong**



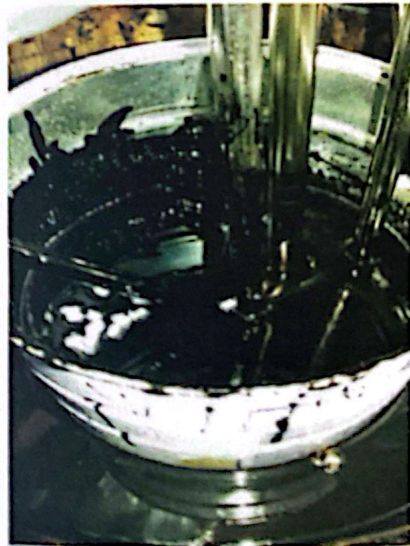
**Gambar B.4. Kompon Karet Sesudah Dipotong**



Gambar B.5 Pencampuran  
Kompon dan Aspal dengan *High  
Shear Homogenizer*



Gambar B.6. Kompon Karet  
Sebagian Menyatu dengan Aspal



Gambar B.7. Penambahan  
*Trans-Polyoctenamer* pada  
Kompon Telah Tercampur dengan  
Aspal



Gambar B.8. Sampel Aspal  
Karet