

**LAPORAN TUGAS AKHIR**  
**PENGARUH PENAMBAHAN *TRANS-POLYOCTENAMER***  
**PADA KARET *MASTERBATCH* NON SULFUR TERHADAP**  
**TITIK LEMBEK DAN PERHITUNGAN RENDEMEN ASPAL**  
**KARET**  
**DI PUSAT PENELITIAN KARET**  
**(November 2018 - Juli 2019)**



DATA BUKU PERPUSTAKAAN	
Tgl Terima	10/08/22
No Induk Buku	562/TKP/58/TA/22

OLEH:

**ANGGIH INDRIANI**

**(1515023)**

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

**SUMBANGAN ALUMNI**

**POLITEKNIK STMI JAKARTA**  
**KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN R.I.**  
**LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING**

JUDUL TUGAS AKHIR:

PENGARUH PENAMBAHAN *TRANS-POLYOCTENAMER* PADA KARET *MASTERBATCH* NON SULFUR TERHADAP TITIK LEMBEK DAN PERHITUNGAN RENDEMEN ASPAL KARET.

DISUSUN OLEH :

NAMA : ANGGIH INDRIANI  
NIM : 1515023  
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, Agustus 2019

Menyetujui:

Ketua Program Studi  
Teknik Kimia Polimer



Ir. Roosmariharso, MBA

NIP: 196405231980031004

Dosen Pembimbing



Ir. Parulian Leonard Marpaung, MM.

NIP: 195609101984032002

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

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

JUDUL PENELITIAN:

PENGARUH PENAMBAHAN *TRANS-POLYOCTENAMER* PADA KARET *MASTERBATCH* NON SULFUR TERHADAP TITIK LEMBEK DAN PERHITUNGAN RENDEMEN ASPAL KARET

DISUSUN OLEH :  
NAMA : ANGGIH INDRIANI  
NIM : 1515023  
PROGRAM STUDI : TEKNIK KIMIA POLIMER

Telah diuji oleh Tim Penguji Sidang Tugas Akhir Program Studi Teknik Kimia Polimer pada Politeknik STMI Jakarta pada hari Senin, 5 Agustus 2019.

Jakarta, Agustus 2019

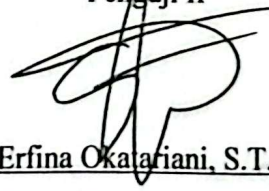
Penguji I



Ir. Rochmi Widjajanti, M.Eng

NIP. 1956091019432002

Penguji II



Dr. Erfina Okatariyani, S.T., M.T

NIP. 198210012014022001

Penguji III



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

NIP. 1958505112014022001

Dosen Pembimbing



Ir. Parulian Leonard Marpaung, MM.

NIP. 1956091019432002

## LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING TUGAS AKHIR

JUDUL PENELITIAN

PENGARUH PENAMBAHAN *TRANS-POLYOCTENAMER* PADA KARET *MASTERBATCH* NON SULFUR TERHADAP TITIK LEMBEK DAN PERHITUNGAN RENDEMEN ASPAL KARET.

DISUSUN OLEH :

NAMA : ANGGIH INDRIANI  
NIM : 1515023  
PROGRAM STUDI : TEKNIK KIMIA POLIMER

Bogor,01-Agustus-2019

Telah diperiksa dan disetujui oleh:  
Pembimbing



Asron Ferdian Falaah. S.T

## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

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

NAMA : ANGGIH INDRIANI

NIM : 1515023

PROGRAM STUDI : TEKNIK KIMIA POLIMER

Dengan ini menyatakan bahwa hasil karya Tugas Akhir ini saya buat dengan judul "Pengaruh Penambahan *Trans-polyoctenamer* pada Karet *Masterbatch* Non Sulfur terhadap Titik Lembek dan Perhitungan Rendemen Aspal Karet", maka:

- 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 mendapat 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 saya.

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

Jakarta, Agustus 2019











Yang Membuat Pernyataan

WILKINAI  
STAMPEK  
SARAF/306746105  
6000  
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN

Anggih Indriani

## LEMBAR BIMBINGAN PENYUSUNAN TUGAS AKHIR

**Nama** : Anggih Indriani  
**NIM** : 1515023  
**Judul Penelitian** : Pengaruh Penambahan *Trans-polyoctenamer* pada Karet *Masterbath* Non Sulfur terhadap Titik Lembek dan Perhitungan Rendemen Aspal Karet  
**Pembimbing** : Ir. Parulian Leonard Marpaung, MM.

Tanggal	BAB	Keterangan	Paraf
5-11-2019		Diskusi Topik dan Tempat Penelitian	
24-01-2019		Bimbingan Proposal	
01-02-2019		ACC Proposal	
04-04-2019		Presentasi Proposal	
15-05-2019	BAB I, II	Bimbingan Pendahuluan dan Tinjauan Pustaka	
20-05-2019	BAB III	Bimbingan Metode Penelitian	
25-06-2019	BAB IV, V	Bimbingan Hasil dan Pembahasan Serta Kesimpulan dan Saran	
01-07-2019		Presentasi Tugas Akhir	
10-07-2019		Revisi Presentasi Tugas Akhir	
12-07-2019		ACC Laporan Tugas Akhir	

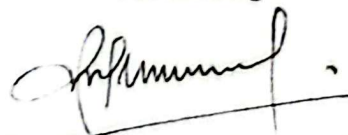
Mengetahui,

Ketua Program Studi  
Teknik Kimia Polimer



Ir. Roosmarharso, MBA  
NIP. 195405231980031004

Pembimbing



Ir. Parulian Leonard Marpaung, MM.  
NIP. 195702141985031002



Nomor : 102 /SJ-IND.7.2/IX/2018  
Lampiran :  
Perihal : **Permohonan Penelitian**

Jakarta, 03 Oktober 2018

Kepada  
Yth. Bapak/Ibu Pimpinan  
Pusat Penelitian Karet  
Jl. Salak No.1 Babakan Bogor Tengah 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.	Anggih Indriani	1515023	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. Sebelok No. 1 Bogor 16115 Indonesia | Phone : (0251) 8319317 - 8302792 | Fax : (0251) 8324047  
Email : ppkborger@ppkriset.co.id; ppkborger@gmail.com | web : www.ppkriset.co.id

Bogor, 28 Desember 2018

Nomor : 0531/PPK-Um/KII/2018  
Lampiran : 1(satu) lembar  
Perihal : Ejin Penelitian

Kepada Yth.,  
Pembantu Direktur I  
Sekolah Tinggi Manajemen Industri  
Jl. Letjen Suprpto No. 25  
Cempaka Putih, Jakarta  
Kode Pos 10510

Sehubungan dengan Surat Saudara No. 102,103,118,119/RSJ-IND.7.2IX.XU/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.	Zikrilla Noviyani	1515049
2.	Anggh Indriani	1515023
3.	Iham Khoiruna Fil Ard	1515007
4.	Pesky Victorius Ginting	1515029

Mahasiswa/i tersebut akan ditempatkan di bawah bimbingan Saudara Arief Pamadhan, 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  
P. Direktur

Dr. Gede Wibawa

Bismillah kami sangat menghormati dan menghargai setiap individu yang berkontribusi dalam kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi.

## Balai Penelitian (Research Centre)

- **BALAI PENELITIAN SUNGAI PUTIH** (Sungai Putih Research Centre)  
Sungai Putih - Gedung Sumatera Utara, P.O.Box 1413 Medan 20101 | Phone (061) 7180548, Fax (061) 7180544 | e-mail : balai@indosat.net.id, www.balipg.com
- **BALAI PENELITIAN SEMERANG** (Semarang Research Centre)  
Jl. Sora Palembang 7 Bala, Km29, P.O.Box 1127 Palembang 29001, Sumatera Selatan | Phone : (0711) 7437479, 7425466, Fax : (0711) 7437283  
Email : bti-sourbng@at.id, www.brilliantbora.com
- **BALAI PENELITIAN GEDAS** (Gedas Research Centre)  
J. Profikus Km 6, Kotak Pos 854, Selatiga Jawa Tengah | Phone (0298) 922354, Fax : (0298) 922378 | e-mail : rbb@gekalindo.net.id,

## KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kehadiran Allah SWT Yang Maha Kuasa karena atas Rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir yang berjudul “Pengaruh Penambahan *Trans-polyoctenamer* pada Karet *Masterbatch* Non Sulfur terhadap Titik Lembek dan Perhitungan Rendemen Aspal Karet”. Adapun maksud dan tujuan penyusunan Laporan Tugas Akhir ini merupakan sebagai salah satu syarat penyelesaian akademik Program Studi Teknik Kimia Polimer pada Politeknik STMI Jakarta Kementerian Perindustrian RI.

Dalam proses penyusunan Laporan Tugas Akhir ini, penulis telah mendapat bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan Laporan Tugas Akhir ini. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada semua pihak yang turut membantu dan mendukung dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir ini kepada :

1. Allah SWT, atas berkat anugerah-Nya kami dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini.
2. Orang tua yang selalu memberikan dukungan moril maupun materil.
3. Dr. Mustofa, S.T, M.T, selaku Direktur Politeknik STMI Jakarta.
4. Bapak Ir. Roosmariharso, MBA selaku Ketua Program Studi Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta.
5. Ibu Fitria Ika Aryanti, S.T., M.Eng, selaku Sekretaris Program Studi Teknik Kimia Polimer.
6. Bapak Ir. Leonard Parulian, M.M selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir ini.
7. Bapak Arief Ramadhan, Msi selaku Ketua Tim Penelitian Aspal Karet.
8. Bapak Asron Ferdian Falaah, S.T selaku pembimbing di Pusat Penelitian Karet Bogor dalam Tugas Akhir/riset ini.

9. Bapak Jaenal, S.T yang membantu dalam pengoperasian alat *open mill* dalam proses pembuatan kompon karet.
10. Bapak Aos Kosasih yang membantu dalam pemanasan aspal penetrasi 60.
11. Ibu Woro Andriani, S.Si yang telah membantu dalam melakukan pengujian titik lembek.
12. Bapak Winda Dahri yang menyediakan peralatan penelitian.
13. Seluruh karyawan dan peneliti Pusat Penelitian Karet yang telah membantu untuk mengerjakan penelitian disana.
14. Ulfa, Shofna, Sarifatul, dan Isneny atas persahabatan yang terjalin selama ini.
15. Dian, Erindah, Puteri, Wanda, dan Lita atas pertemanan yang terjalin selama kuliah.
16. Zikrilla, Resky, Ilham, dan seluruh teman-teman seperjuangan di Pusat Penelitian Karet.
17. Seluruh teman-teman Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta angkatan 2015 yang telah memberikan saya motivasi dalam pelaksanaan Tugas Akhir serta dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir ini.
18. Badan Eksekutif Mahasiswa (BEM), Ikatan Mahasiswa Teknik Kimia (IMTEK), dan LDK FOSKOMI atas dukungan dan bantuannya dalam penyelesaian laporan 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, Juli 2019

Penulis

## ABSTRAK

Penggunaan karet alam untuk campuran aspal dapat meningkatkan pertumbuhan ekonomi yaitu dalam pembangunan infrastruktur jalan. Kerusakan yang terjadi pada jalan raya mengakibatkan kualitas aspal buruk. Penambahan *trans-polyoctenamer* dapat meningkatkan kualitas pada aspal. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan *trans-polyoctenamer* pada karet *masterbatch* non sulfur terhadap titik lembek dan perhitungan rendemen aspal karet. Pengujian yang dilakukan adalah titik lembek. Penambahan *trans-polyoctenamer* pada karet *masterbatch* non sulfur divariasikan 0%; 3%; 4,5% dan 6% dalam waktu pencampuran 4 jam dan 5 jam menggunakan *High Shear Homogenizer*. Penelitian ini mendapatkan nilai titik lembek tertinggi pada proses pembuatan aspal karet dengan penambahan *trans-polyoctenamer* 6% yaitu 60°C dalam waktu pencampuran 4 jam dan nilai terendah titik lembek aspal karet yaitu 56°C dengan penambahan *trans-polyoctenamer* 0% dalam waktu pencampuran 5 jam. Sedangkan untuk hasil perhitungan rendemen tertinggi terdapat pada penambahan *trans-polyoctenamer* 6% yaitu 98,3% dalam waktu pencampuran 4 jam dan nilai terendah perhitungan rendemen aspal karet yaitu 94,4% dengan penambahan *trans-polyoctenamer* 0% dalam waktu pencampuran 5 jam. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan *trans-polyoctenamer* dapat meningkatkan nilai titik lembek dan nilai rendemen sehingga aspal karet ini sesuai untuk penggunaan perkerasan jalan.

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

## DAFTAR ISI

LEMBAR JUDUL TUGAS AKHIR.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI SIDANG TUGAS AKHIR.....	iv
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING TUGAS AKHIR.....	v
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	vi
LEMBAR BIMBINGAN PENYUSUNAN TUGAS AKHIR.....	vii
LEMBAR PERMOHONAN PELAKSANAAN TUGAS AKHIR.....	viii
LEMBAR KETERANGAN PENERIMAAN TUGAS AKHIR.....	ix
KATA PENGANTAR.....	x
ABSTRAK.....	xii
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
DAFTAR TABEL.....	xvii
DAFTAR SINGKATAN.....	xviii
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	5
1.6 Sistematika Penulisan.....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>6</b>
2.1 Karet Alam.....	6
2.2 Degradasi Karet.....	7
2.3 Sifat-Sifat Karet Alam.....	7
2.4 Jenis- Jenis Karet Alam.....	8
2.5 Karet Alam SIR-20.....	10
2.6 Aspal.....	13
2.6.1 Jenis-jenis aspal.....	14

2.6.2	Analisa Aspal .....	17
2.7	Kandungan Aspal.....	18
2.8	Kompon Karet .....	19
2.9	Bahan Aditif.....	19
2.10	<i>Masterbatch</i> Non Sulfur .....	23
2.11	Aspal Karet .....	25
2.12	Karakterisasi Titik Lembek Aspal Karet .....	26
2.13	Perhitungan Rendemen Aspal Karet.....	27
<b>BAB III</b>	<b>METODE PENELITIAN .....</b>	<b>28</b>
3.1	Waktu dan Tempat Penelitian.....	28
3.2	Alat dan Bahan .....	28
3.2.1	Alat.....	28
3.2.2	Bahan .....	28
3.3	Variabel Penelitian.....	28
3.3.1	Variabel Tetap.....	28
3.3.2	Variabel Bebas .....	29
3.4	Prosedur Pembuatan Aspal Karet .....	29
3.4.1	Persiapan Bahan.....	29
3.4.2	Penggilingan dan Mastikasi.....	30
3.4.3	Pencampuran I .....	30
3.4.4	Pencampuran II .....	31
3.4.4	Pencampuran III.....	31
3.5	Karakterisasi Sampel .....	33
3.5.1	Pengujian Titik Lembek Aspal Karet .....	33
3.5.2	Perhitungan Rendemen Aspal Karet.....	33
<b>BAB IV</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>35</b>
4.1	Pengaruh Penambahan <i>Trans-polyoctenamer</i> pada Karet <i>Masterbatch</i> Non Sulfur terhadap Titik Lembek Aspal Karet .....	35
4.2	Pengaruh Penambahan <i>Trans-polyoctenamer</i> pada Karet <i>Masterbatch</i> Non Sulfur terhadap Perhitungan Rendemen Aspal Karet .....	36

<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>38</b>
5.1 Kesimpulan.....	38
5.2 Saran.....	38
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>39</b>
<b>LAMPIRAN A</b>	
<b>LAMPIRAN B</b>	
<b>LAMPIRAN C</b>	
<b>LAMPIRAN D</b>	

## DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1	Struktur Kimia Monomer Karet Alam. ....	6
Gambar II.2	Struktur Ruang 1,4 Cis Poliisoprena. ....	6
Gambar II.3	Rantai Linear <i>Trans-polyoctenamer</i> .....	21
Gambar II.4	Struktur TMQ.....	23
Gambar II.5	Reaksi Vulkanisasi Peroksida .....	24
Gambar II.6	Alat Pengujian Titik Lembek. ....	27
Gambar III.1	Prosedur Pembuatan Aspal Karet.....	32
Gambar IV.1	Pengaruh Penambahan <i>Trans-polyoctenamer</i> pada Karet <i>Masterbatch</i> Non Sulfur terhadap Titik Lembek Aspal Karet. ....	35
Gambar IV.2	Pengaruh Penambahan <i>Trans-polyoctenamer</i> pada Karet <i>Masterbatch</i> Non Sulfur terhadap Perhitungan Rendemen Aspal Karet.....	37

## DAFTAR TABEL

Tabel II.1 <i>Standard Indonesian Rubber</i> (SIR) .....	13
Tabel II.2 Standar Pengujian Aspal Murni.....	14
Tabel II.3 Persyaratan Aspal Keras Berdasarkan Penetrasi .....	15
Tabel III.1 Variasi Penelitian .....	29

## DAFTAR SINGKATAN

SIR	: <i>Standard Indonesian Rubber</i>
RSS	: <i>Ribbed Smoked Sheet</i>
SBS	: <i>Styrene Butadiene Styrene</i>
ZnO	: <i>Zinc Oxide</i>
GTR	: <i>Ground Tire Rubber</i>
TMQ	: <i>TriMethyl Quinon</i>
EPDM	: <i>Ethylene Propylene Diene Monomer</i>

## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

Karet alam merupakan komoditas sektor perkebunan yang sangat strategis karena turut berperan penting dalam menggerakkan perekonomian Indonesia. Pada periode mulai tahun 2013 sampai dengan tahun 2017, Kementerian Perdagangan Republik Indonesia menetapkan karet alam menjadi salah satu produk ekspor utama karena dapat meningkatkan devisa yang relatif tinggi dibandingkan produk lainnya. Ekspor karet Indonesia tahun 2017 sebesar 2,99 juta ton dengan nilai mencapai USD 432,4 milyar (Ditjenbun, 2018). Selain itu, karet alam juga menjadi sumber mata pencaharian bagi sekitar 2,23 juta Kepala Keluarga (KK) petani terutama di wilayah pedesaan dan 250 ribu pekerja di sektor perkebunan.

Menurut Ditjenbun (2015) secara umum luas areal perkebunan dan produksi karet di Indonesia menunjukkan kecenderungan peningkatan dengan laju rata-rata sebesar 0,98% dan 5,4% per tahun sejak periode 2017 hingga 2014. Luas areal perkebunan karet di Indonesia mencapai 3,65 juta hektar yang menghasilkan 3,23 juta ton karet kering atau 26,3% produksi karet alam dunia (12,31 juta ton). Kuantitas produksi karet alam yang tinggi tersebut menempatkan Indonesia pada posisi kedua sebagai negara produsen karet alam terbesar dunia setelah Thailand (Indonesia investments, 2019).

Menurut ITRC (*International Tripartite Rubber Council*) harga karet di berbagai pasar komoditas saat ini tidak mencerminkan fundamental pasar yang ada. Harga rendah di bawah biaya produksi yang terus-menerus terjadi secara langsung telah berdampak buruk bagi pendapatan dan kesejahteraan jutaan petani karet dari seluruh negara produsen. Dalam upaya untuk memperbaiki harga karet yang rendah maka pemerintah memperkuat penyerapan karet dalam negeri khususnya dalam infrastruktur. Salah satu program pemerintah untuk meningkatkan pembangunan infrastruktur yang sedang dijalankan adalah penggunaan karet alam untuk campuran aspal (aspal karet).

Pangsa pasar karet hanya dikuasai industri otomotif (Ban, *Spare Part*, dan lain-lain) dan industri karet yang menghasilkan produk untuk keperluan infrastruktur yaitu pembangunan jalan, jembatan, dan pelabuhan. Material yang memungkinkan untuk mengatasi permasalahan kerusakan pada jalan tersebut adalah dengan penambahan *trans-polyoctenamer* pada aspal karet.

Aspal yang dimodifikasi dengan penambahan karet alam telah dikembangkan selama beberapa dekade terakhir. Untuk meningkatkan kinerja pada aspal, umumnya penambahan bahan polimer yang ditambahkan 2-6% dapat meningkatkan hasil ketahanan yang lebih baik terhadap deformasi, mengatasi keretakan-keretakan, dan meningkatkan ketahanan usang dari kerusakan akibat umur sehingga dihasilkan pembangunan jalan yang lebih tahan lama serta juga dapat mengurangi biaya perawatan atau perbaikan jalan (Polacco, 2005).

Pada penelitian Prastanto dkk. (2018) penambahan karet alam dalam aspal pen 60 dalam pembuatan aspal modifikasi polimer (aspal karet) dapat meningkatkan sifat fisik aspal yang diindikasikan dengan bertambahnya nilai titik lembek, penurunan nilai penetrasi dan kenaikan keelastisan setelah pengembalian aspal karet. Karet yang tidak tervulkanisasi lebih mudah terdegradasi akibat panas. Pada pembuatan aspal modifikasi polimer suhu pencampuran sebesar 150°C dalam waktu pencampuran selama 15 menit menggunakan alat *Colloid Mil*, pada penelitian tersebut tidak melakukan perhitungan rendemen.

Di Indonesia pada umumnya pembangunan jalan-jalan raya menggunakan aspal sebagai bahan utamanya. Infrastruktur jalan merupakan wadah untuk terjalinnya interaksi sosial serta mempercepat laju pertumbuhan ekonomi dan budaya. Bila infrastruktur jalan mengalami kerusakan maka akan menyebabkan kurangnya interaksi sosial, memperlambat mobilitas ekonomi, dan menurunkan nilai kebudayaan (Siregar, 2015).

Umumnya kerusakan yang terjadi pada jalan-jalan raya yang dilalui, di sebabkan oleh truk-truk besar yang mengangkut beban berlebihan dengan waktu pembebanan relatif lama. Sehingga jalan mengalami deformasi (perubahan bentuk) dan timbul keretakan-keretakan. Ketahanan aspal sangat di pengaruhi oleh adanya air, karena air bisa melonggarkan ikatan antara agregat dengan aspal.

Bentuk kerusakan jalan raya karena pengaruh air adalah lubang. Sekali lubang terbentuk maka air akan tertampung di dalamnya sehingga dalam hitungan minggu lubang yang semula kecil dapat membesar dengan cepat. Ketahanan aspal jalan juga dipengaruhi oleh suhu pada suhu tinggi aspal akan bergeser dan bergerak. Selain itu, pada suhu dingin aspal menjadi sangat rapuh dan cenderung mengalami keretakan (Ritonga, 2017).

Campuran aspal dan karet dalam bentuk SIR (*Standard Indonesian Rubber*) 20 lebih diutamakan, karena SIR 20 merupakan produk ekspor Indonesia yang ketersediaannya cukup banyak. Pemakaian SIR 20 pada campuran aspal karet diharapkan dapat menyerap produk karet dalam negeri karena bahan baku SIR 20 umumnya lebih banyak dihasilkan ditingkat petani.

Pada penelitian ini campuran aspal dan karet akan ditambahkan salah satu bahan aditif untuk meningkatkan kualitas aspal karet yaitu *trans-polyoctenamer*. Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Prastanto dkk. (2018) dilakukan uji coba pembuatan aspal karet tanpa *trans-polyoctenamer* dengan kompon karet berbasis SIR 20 pada persentase SIR 20 sebesar 3%; 5%; 7%, dan 9% dengan 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 titik lembek.

Berdasarkan penelitian Hongying dkk. (2013) 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%. Kesimpulan penelitian tersebut adalah nilai titik lembek pada pengujian tersebut meningkat sesuai dengan penambahan *trans-polyoctenamer*.

Penelitian kali ini ingin mengetahui pengaruh penambahan *trans-polyoctenamer* pada karet *masterbatch* non sulfur terhadap pengujian titik lembek dan perhitungan rendemen aspal karet. Dengan memanfaatkan karet SIR 20 dan

aspal pen 60 dalam proses pembuatan aspal karet. Sehingga dapat meningkatkan kualitas aspal pada perkerasan jalan.

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh penambahan *trans-polyoctenamer* pada karet *masterbatch* non sulfur terhadap titik lembek aspal karet?
2. Bagaimana pengaruh penambahan *trans-polyoctenamer* pada karet *masterbatch* non sulfur terhadap perhitungan rendemen aspal karet?

## 1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dari Tugas Akhir ini adalah:

1. Karet alam yang digunakan adalah SIR 20.
2. Bahan aditif yang digunakan adalah *Zinc Oxide* (ZnO) dan asam stearat yang berfungsi sebagai aktivator (penggiat).
3. Rasio massa antara aspal penetrasi 60 dengan campuran karet *masterbatch* non sulfur adalah 20:80 sedangkan variasi persentase *trans-polyoctenamer* untuk aspal karet adalah 0%; 3%; 4,5% dan 6% dari berat kompon.
4. Berat aspal yang digunakan sebesar  $\pm 800$  gram dan berat kompon sebesar 7% dari berat aspal.
5. Waktu pencampuran dalam pembuatan aspal karet selama 4 jam dan 5 jam.
6. Waktu pencampuran kompon karet dengan aspal di *kneader* selama 20 menit dengan kecepatan 28 rpm.
7. Temperatur pencampuran pada karet *masterbatch* non sulfur dengan aspal yaitu 160°C dengan kecepatan 6000 rpm.
8. Aspal yang digunakan adalah aspal penetrasi 60.
9. Pengujian yang dilakukan adalah titik lembek menggunakan metode SNI 2434:2011.

## 1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk:

1. Mengetahui pengaruh penambahan *trans-polyoctenamer* pada karet *masterbatch* non sulfur terhadap titik lembek aspal karet.

2. Mengetahui pengaruh penambahan *trans-polyoctenamer* pada karet *masterbatch* non sulfur terhadap perhitungan rendemen aspal karet.

### 1.5 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi tambahan mengenai pengaruh penambahan *trans-polyoctenamer* pada karet *masterbatch* non sulfur terhadap titik leleh dan perhitungan rendemen aspal karet.

### 1.6 Sistematika Penulisan

#### 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 proposal 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, pembuatan karet *masterbatch* non sulfur 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 table serta pembahasan terhadap hasil pengujian dan analisi 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

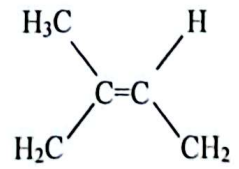
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Karet Alam

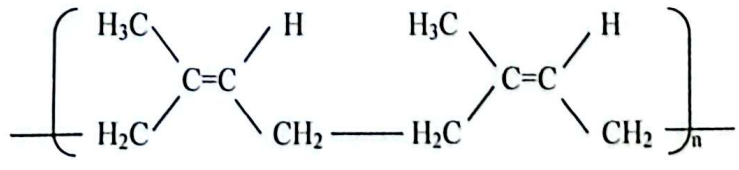
Karet alam adalah polimer yang berasal dari pohon *Hevea brasiliensis* yang tumbuh di hutan Amazondi Brazil (Rahman, 2005). Bahan penyusun karet alam utama adalah getah pohon karet. Hingga saat ini, tanaman tersebut sudah dibudidayakan di Asia Tenggara yang menjadi penghasil karet utama di dunia.

Struktur karet alam merupakan rantai linear isoprena (C<sub>5</sub>H<sub>8</sub>) yang memiliki berat molekul rata-ratanya tersebar antara 10.000 sampai 40.000 (Arizal, 1994).

Rantai poliisoprena membentuk konfigurasi cis dengan susunan ruang yang teratur sehingga rumus kimianya adalah 1,4 *cis* poliisoprena. Karet yang memiliki susunan ruang teratur akan bersifat kenyal (elastis). Struktur kimia monomer karet alam dan struktur ruang 1,4 *cis* poliisoprena dapat dilihat pada Gambar II.1 dan Gambar II.2



Gambar II.1 Struktur Kimia Monomer Karet Alam  
Sumber: Cowd, 1991.



Gambar II.2 Struktur ruang 1,4 *cis* poliisop  
Sumber: Rahman, 2005.

Karet alam adalah salah satu bahan penting yang digunakan secara luas dalam aplikasi teknik. Banyak sifat-sifat karet alam yang dapat memberikan keuntungan atau kemudahan dalam proses pembuatan dan penggunaannya,

baik dalam bentuk karet maupun karet kompon dalam bentuk vulkanisat. Penggunaannya terutama disebabkan oleh elastisitas dan kemudahan proses pembuatannya.

## 2.2 Degradasi Karet

Degradasi karet merupakan proses pendegradasian polimer dengan cara menghilangkan kesatuan monomer secara bertahap dalam reaksi. Degradasi molekul karet dilakukan untuk memperoleh karet dengan bobot molekul rendah yang ditandai dengan rendahnya *viscositas mooney* (Salama, 2010).

Degradasi karet secara mekanis terjadi melalui proses perlakuan pelunakan (mastikasi). Mastikasi adalah proses pelunakkan (plastisasi) elastomer sebagai langkah untuk proses pencampuran dengan tujuan agar bahan kimia yang ditambahkan dapat tercampur secara merata. Pemutusan rantai molekul oleh tenaga mekanik akan menghasilkan radikal-radikal bebas yang akan mengikat oksigen dari udara, sehingga terbentuk molekul-molekul yang stabil. Mastikasi karet alam menyebabkan degradasi molekul sehingga berat molekulnya kira-kira menjadi sepersepuluh dari berat molekul semula (Alam, 2005).

Degradasi karet alam (SIR 20) yang dilakukan meliputi persiapan bahan, penggilingan dengan *two roll mill* (mastikasi), penambahan bahan kimia, dan pengujian. Pelunakan digolongkan dalam mastikasi dingin jika mastikasi dilakukan pada suhu di bawah 100°C (Alam, 2005).

Proses penggilingan SIR 20 merupakan proses perlakuan awal atau pendahuluan untuk melunakkan karet hingga mudah bercampur satu sama lain. Pelunakan ini diakibatkan oleh pemutusan rantai molekul polimer sehingga diperoleh bobot molekul yang lebih rendah. Pada karet alam pemutusan terjadi pada ikatan karbon pada rantai utama (*back bone*) yaitu  $-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$ .

## 2.3 Sifat-Sifat Karet Alam

Perbedaan karet dengan polimer lainnya, tampak nyata pada sifat karet yang fleksibel dan elastis. Sifat-sifat ini memberi pemahaman bahwa karet

alam adalah suatu bahan semi cairan alamiah atau suatu cairan dengan kekentalan yang sangat tinggi. Namun, karet alam harus dimastikasi untuk memutus rantai molekulnya agar menjadi lebih pendek. Proses mastikasi ini dilakukan untuk mengurangi kekerasan atau viskositas karet alam. Oleh karena itu, akan memudahkan proses produksi karet kompon ketika penambahan bahan-bahan pendukung.

Menurut Rahman (2005) karet alam termasuk ke dalam jenis elastomer karena mempunyai sifat-sifat sebagai berikut:

1. Deformasi elastis dalam suhu ruang dan kondisi normal.
2. Kelengketan elastis.
3. Daya aus dan lentingnya sempurna.
4. Fleksibilitas pada suhu rendah.
5. Tidak tahan terhadap panas, ozon, dan sinar matahari.
6. Ketahanan terhadap minyak, minyak tanah, dan pelarut hidrokarbon kurang baik.
7. Memiliki ketahanan gesek dan robek yang tinggi.
8. Mudah di proses dan di produksi.
9. Kekerasan dapat di atur dari yang lembut menjadi keras (ebonit).
10. Kemampuan untuk mengisolasi listrik atau bersifat konduktif.
11. Menyerap atau merendam suara.

#### 2.4 Jenis- Jenis Karet Alam

Ada beberapa macam bahan olah karet alam yang dikenal, di antaranya merupakan jenis karet alam berdasarkan pengolahan dan spesifikasi teknis. Karet alam diperoleh dengan cara penyadapan pohon *Hevea brasiliensis*. Karet alam memiliki berbagai keunggulan dibandingkan karet sintetis seperti elastisitas, daya redam getaran, sifat lekuk lentur (*flex cracking*), dan umur kelelahan (*fatigue*). Menurut Riko (2015) hingga saat ini karet alam di produksi dalam berbagai jenis, yakni lateks pekat atau lateks kebun, karet *sheet* asap, karet remah (*crumb rubber*), karet siap olah (*tire rubber*), dan karet reklamasi (*reclimed rubber*).

Berdasarkan jenis bahan pengolahan sebagai berikut.

- a. Lateks pekat atau lateks kebun, merupakan getah yang di dapat dari kegiatan menyadap pohon karet. Lateks pekat diolah langsung dari lateks kebun melalui proses pemekatan yang umumnya diproses secara sentrifugasi. Pada proses ini mengalami penurunan kadar air yang kondisi awalnya terdapat 70% menjadi 40-45%. Lateks pekat banyak digunakan untuk bahan baku pembuatan sarung tangan, benang karet, balon, dan produk jadi lateks lainnya. Mutu lateks pekat dapat dibedakan berdasarkan analisis kimia antara lain kualitas kadar karet kering NaOH serta nitrogen
- b. Karet *Sheet* asap atau dikenal *Ribbed Smoked Sheet* (RSS), merupakan proses menggumpalkan lateks kebun dengan asam semut kemudian digiling menjadi lembaran (Hendra, 2013).
- c. Karet reklim (*reclimed rubber*) merupakan karet yang diolah kembali dari produk-produk karet bekas terutama ban-ban mobil bekas (Arizal, 1994). Karet reklim biasanya digunakan sebagai bahan campuran, karena mudah mengambil bentuk dalam acuan serta daya lekat yang dimilikinya juga baik. Pemakaian reklim memungkinkan pelunakkan (mastikasi) dan pencampuran yang lebih cepat. Produk yang dihasilkan juga lebih kokoh dan lebih tahan lama dipakai. Kelemahan karet reklim adalah kurang kenyal dan kurang tahan gesekan sesuai dengan sifatnya sebagai karet daur ulang. Oleh karena itu karet reklim kurang baik digunakan untuk membuat ban (Wijaya, 2014).
- d. *Tire rubber* merupakan barang setengah jadi dari karet alam sehingga dapat langsung dipakai oleh konsumen, baik untuk pembuatan ban atau barang yang menggunakan bahan baku karet alam lainnya. *Tire rubber* memiliki beberapa kelebihan dibandingkan karet konvensional. Ban atau produk-produk karet lain jika menggunakan *tire rubber* sebagai bahan bakunya memiliki mutu yang lebih baik dibandingkan jika menggunakan bahan baku karet konvensional. Jenis karet ini memiliki daya campur yang baik sehingga mudah digabung dengan karet sintetis

(Wijaya, 2014).

- e. Karet remah (*crumb rubber*) digolongkan sebagai karet spesifikasi teknis. Penilaian mutunya tidak dilakukan secara visual tetapi dapat dilakukan dengan cara sifat fisika dan kimia seperti kadar abu, kadar nitrogen, kadar kotoran, dan kadar nitrogen. Karet remah dikenal dengan nama SIR (*Standard Indonesian Rubber*). Karet SIR adalah karet bongkah (karet remah).

## 2.5 Karet Alam SIR-20

Standar mutu karet bongkah Indonesia tercantum dalam Standar Indonesia Rubber (SIR). *Standard Indonesian Rubber (SIR) 20* adalah karet alam yang diperoleh dengan pengolahan bahan olah karet yang berasal dari getah pohon karet (*Hevea brasiliensis*) secara mekanis dengan penggumpalan secara alamiah atau menggunakan bahan kimia dengan mutu akhir yang ditentukan berdasarkan spesifikasi teknis (Setyamidjaya, 1993).

Pada proses pengolahan lateks menjadi SIR, bahan baku lateks dari kebun ditimbang kemudian dimasukkan ke dalam bak penggumpalan. Bahan penggumpal dimasukkan ke dalam bak penggumpalan sambil diaduk hingga merata. Setelah lateks menggumpal dengan sempurna, tahap selanjutnya adalah pemotongan untuk mempermudah proses penggilingan. Lateks yang telah menggumpal sempurna disebut dengan slab.

Slab kemudian digiling sampai menjadi lembaran (*crepe*) dengan tujuan untuk mengeluarkan sebagian besar kandungan air dan menyeragamkan mutu. *Crepe* kemudian ditiriskan pada tahap *predrying* selama 10-14 hari untuk penuntasan uap air yang ada di dalam *crepe* dengan sistem gantung dengan tujuan untuk menghindari terbentuknya bintik-bintik putih (*white spot*). Lembaran *crepe* diremahkan dengan *schredder* kemudian disusun di dalam troli.

Kepadatan remahan di dalam troli harus dijaga sedemikian rupa sehingga sirkulasi udara panas di antara celah-celah remahan dapat mengalir sempurna pada saat proses pengeringan. Karet remah (*crumb rubber*) dengan kadar air 15-20% di dalam troli dimasukkan ke dalam alat pengering teknis

(*drier*). *Drier* dilengkapi dengan *burner* sebagai tempat pemanasan udara dan *blower* untuk menghembuskan udara panas ke troli yang telah berisi karet remah. Sirkulasi udara panas pada karet remah berlangsung selama proses pengeringan sehingga air akan menguap dari karet remah. Pengaturan suhu udara panas selama proses pengeringan sangat penting dikontrol untuk menghasilkan mutu SIR yang baik. Beberapa pengaruh buruk terhadap mutu SIR akibat proses pengeringan yang kurang baik antara lain adanya *virgin rubber* yaitu terdapatnya bagian-bagian yang kurang kering (tidak masak) sehingga menjadi bagian yang mudah ditumbuhi jamur dan mengakibatkan kadar nitrogen di dalam SIR menjadi tinggi. Suhu pengeringan pada proses pengolahan SIR umumnya berkisar antara 100-120°C. Pengemasan karet remah SIR dilakukan dengan sistem *pallet* dengan menggunakan kayu sebagai rangka *pallet*. Karet remah kering terlebih dahulu didinginkan hingga suhu kamar kemudian ditimbang sebanyak 33,33 kg dan di *press* hingga terbentuk *bale* berukuran 570×380 mm. Setiap bandela dibungkus dengan plastik polietilen dengan ketebalan 0,05 mm dan titik leleh maksimum 108°C dan berwarna transparan. Setiap *pallet* diisi 30 bandela dan pembungkus bandela di dalam *pallet* digunakan plastik polietilen dengan ketebalan 0,10-0,15 mm. Pada setiap bandela dibuat pita yang terbuat dari plastik bertuliskan jenis SIR yang dihasilkan dan pada setiap *pallet* dimuat informasi jenis mutu SIR, kode perusahaan penghasil serta kode perdagangan, dan negara tujuan (Hidayoko dan Wulandra, 2014).

Perbedaan SIR 5, SIR 10, dan SIR 20 adalah pada standar spesifikasi mutu kadar kotoran, kadar abu, dan kadar zat menguap yang sesuai dengan Standar Indonesia Rubber (SIR). Adanya kotoran didalam karet yang relatif tinggi dapat mengurangi sifat dinamika yang unggul dari vulkanisat karet alam antara lain kalor timbul dan ketahanan retak lenturnya. Tingginya kadar abu dapat disebabkan beberapa faktor seperti tanah yang mengandung kalsium tinggi dan musim gugur (dimana daun akan membusuk). Kadar abu ini dapat tinggi akibat perlakuan yang tidak dianjurkan misalnya penggumpalan lateks dengan menggunakan ammonium sulfat mengakibatkan

kadar abu karet kering tinggi. Selain itu adanya zat yang mudah menguap di dalam karet selain dapat menyebabkan bau busuk memudahkan tumbuhnya jamur yang dapat menimbulkan kesulitan pada waktu mencampurkan bahan-bahan kimia ke dalam karet pada waktu pembuatan kompon tersebut terutama untuk pencampuran *carbon black* pada suhu rendah.

Menurut Salama (2010) karet SIR 20 memiliki spesifikasi mutu lainnya sebagai berikut:

1. Plastisitas awal ( $P_0$ ), dimaksudkan untuk mengetahui panjang rantai molekul karet dari pembentukan atau pemutusan ikatan silang dalam rantai molekul karet.
2. *Plasticity Retention Index* (PRI), dimaksudkan untuk mengetahui daya tahan karet terhadap degradasi oleh oksidasi yang terjadi selama proses pengeringan pada suhu tinggi yang dipengaruhi oleh perimbangan senyawa pro-oksidan dan anti-oksidan dalam karet.
3. *Viscositas Mooney* (VM), yaitu untuk mengetahui panjang rantai molekul serta derajat pengikatan silang dalam rantai molekul karet, yang dipengaruhi oleh waktu penyimpanan (*storage hardening*).
4. Kadar nitrogen, yaitu untuk mengetahui jumlah zat-zat yang mengandung nitrogen dari senyawa protein dan turunannya dalam karet mentah.

Di pasaran, sekitar 99% karet alam diperoleh dalam bentuk karet padat dan sisanya dalam bentuk lateks pekat. Berdasarkan bahan bakunya karet padat dibedakan menjadi dua yaitu karet padat yang dibuat dari lateks kebun dan karet padat yang dibuat dari lum. Lum adalah lateks yang telah menggumpal pada saat penyadapan. Contoh karet padat yang dibuat dari lateks kebun adalah *Ribbed Smoked Sheet (RSS)*, *pale crepe*, dan *Standard Indonesian Rubber 3 Constant Viscosity (SIR 3 CV)*. Sedangkan contoh karet padat yang dibuat dari lum adalah *Brown crepe*, SIR 10, dan SIR 20.

SIR 20 termasuk karet dengan mutu yang relatif rendah dibandingkan dengan SIR 5 dan SIR 3. Bahan baku karet ini berasal dari lum mangkok,

skrep, lum tanah, krep mutu rendah, maupun lump yang menempel pada batang pohon. Mutu yang rendah ini menyebabkan harganya murah.

**Tabel II. 1 Standard Indonesian Rubber (SIR)**

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
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			
Kadar abu		ISO 247			
Kadar Zat Menguap		ISO 248			

Sumber: SNI 1903:2011.

Keterangan:

SIR 3CV (*constant viscosity*)

SIR Lo V (*low viscosity*)

SIR 3L (*light*)

SIR 10CV (*constant viscosity*)

SIR 3WF (*whole field*)

SIR 20CV (*low viscosity*)

## 2.6 Aspal

Aspal (bitumen) adalah suatu bahan yang bersifat sebagai perekat (*cementitious*) agregat dan mempunyai bentuk padat atau setengah padat berwarna hitam sampai coklat gelap yang dapat meleleh apabila dipanaskan. Aspal tersusun dari sebagian besar bitumen yang terdapat dalam bentuk padat atau setengah padat dari alam atau hasil pemurnian minyak bumi atau merupakan campuran dari bahan bitumen dengan minyak bumi atau derivatnya (Wijaya, 2014).

Aspal memiliki beberapa kelemahan, di antaranya seperti mengalami deformasi (perubahan bentuk) permanen disebabkan adanya tekanan terlalu berat oleh muatan truk yang berlebihan dan tingginya frekuensi lalu lintas kendaraan di jalan raya. Keretakan-keretakan maupun kerusakan dapat juga disebabkan karena tererosi akibat kikisan air, ini semua terjadi pada campuran

skrep, lum tanah, krep mutu rendah, maupun lump yang menempel pada batang pohon. Mutu yang rendah ini menyebabkan harganya murah.

**Tabel II. 1 Standard Indonesian Rubber (SIR)**

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
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				
Kadar abu	ISO 247				
Kadar Zat Menguap	ISO 248				

Sumber: SNI 1903:2011.

Keterangan:

SIR 3CV (*constant viscosity*)

SIR Lo V (*low viscosity*)

SIR 3L (*light*)

SIR 10CV (*constant viscosity*)

SIR 3WF (*whole field*)

SIR 20CV (*low viscosity*)

## 2.6 Aspal

Aspal (bitumen) adalah suatu bahan yang bersifat sebagai perekat (*cementitious*) agregat dan mempunyai bentuk padat atau setengah padat berwarna hitam sampai coklat gelap yang dapat meleleh apabila dipanaskan. Aspal tersusun dari sebagian besar bitumen yang terdapat dalam bentuk padat atau setengah padat dari alam atau hasil pemurnian minyak bumi atau merupakan campuran dari bahan bitumen dengan minyak bumi atau derivatnya (Wijaya, 2014).

Aspal memiliki beberapa kelemahan, di antaranya seperti mengalami deformasi (perubahan bentuk) permanen disebabkan adanya tekanan terlalu berat oleh muatan truk yang berlebihan dan tingginya frekuensi lalu lintas kendaraan di jalan raya. Keretakan-keretakan maupun kerusakan dapat juga disebabkan karena tererosi akibat kikisan air, ini semua terjadi pada campuran

aspal. Alternatif yang dapat digunakan untuk mengatasi masalah-masalah tersebut yaitu dengan meningkatkan sifat fisik dan mekanik aspal. Salah satunya dengan aspal karet. Belakangan ini penelitian aspal yang dikombinasikan dengan bahan seperti karet telah banyak dipublikasikan dan pola ini sangat memungkinkan untuk membuat aspal khususnya untuk jalan raya di Indonesia (Sukirman, 2003).

### 2.6.1 Jenis-jenis aspal

#### a. Aspal Alam/Aspal Murni

Aspal Alam/Aspal Murni yaitu material aspal tambang yang berasal dari alam (Sukirman, 1999).

Aspal Murni di bagi menjadi 2 yaitu:

1. Aspal Buton (asbuton) adalah aspal batuan dimana di dapatkan dari endapan alamiah batu kapur yang dipadatkan dengan bahan-bahan berbitumen. Asbuton berasal dari pulau Buton (Sulawesi Tenggara) mengandung kira-kira 30% bahan bitumen, 65% bahan mineral, dan 5% bahan penyusun lainnya. Aspal ini umumnya membuat permukaan jalan yang sangat tahan lama dan stabil. Tetapi kebutuhan transportasi yang tinggi membuat aspal jenis ini hanya ada pada daerah-daerah tertentu saja (Suprpto, 2004).

**Tabel II.2** Standar Pengujian Aspal murni

Jenis Pengujian	Metode	Persyaratan
Penetrasi	SNI 06-2456 : 2011	60 mm -70 mm
Titik Lembek	SNI 06 2434 : 2011	30 °C – 80 °C
Daktilitas	SNI 06-2432 : 2011	≥100 cm
Berat jenis	SNI 06-2433 : 2011	≥232 gr/cc

Sumber: Standar Pengujian Aspal, Departemen Pekerjaan Umum, 2011.

#### 2. Aspal Penetrasi

Aspal merupakan bahan pengikat agrerat yang mutu dan jumlahnya sangat menentukan dalam keberhasilan suatu campuran beraspal. Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan penetrasi bitumen keras atau lembek (*solid atau semisolid*) dengan memasukkan jarum penetrasi ukuran, beban, dan waktu tertentu ke dalam bitumen pada suhu tertentu.

Aspal yang digunakan adalah aspal penetrasi 60, dimana 60 menunjukkan bahwa jarum pada pengujian penetrasi yang masuk ke dalam beban seberat 100 gram pada temperatur 25°C dalam waktu 5 detik (Saodang, 2005). Penetrasi 60 biasa disebut sebagai *grade* pada penjualan aspal minyak bumi yang dijual oleh Pertamina. Aspal pen 60 merupakan jenis aspal keras yang sering digunakan di Indonesia untuk pembentuk lapisan perkerasan jalan. Aspal pen 60 sesuai diaplikasikan pada kondisi beban dan cuaca di wilayah tropis yang cenderung panas (Prastanto dkk., 2018). Semakin tinggi nilai yang ditunjukkan dari jarum tersebut maka menunjukkan bahwa aspal tersebut memiliki titik leleh yang tinggi sehingga mudah cair dan ketinggian rusak yang tinggi untuk mencapai kesetabilan campuran aspal dengan agregat terutama pada iklim panas seperti di Indonesia (SNI 2434:2011). Karena aspal cenderung mencair pada suhu yang tinggi begitu juga sebaliknya. Semakin rendah angka penetrasi aspal maka akan semakin keras wujud aspal akibatnya semakin susah cara penanganannya karena diperlukan suhu lebih tinggi agar aspal menjadi lunak atau cair.

Persyaratan aspal keras berdasarkan penetrasi 60 telah diatur dalam RSNI S-01-2003 yang menunjukkan nilai spesifikasi aspal berdasarkan penetrasi. Tabel spesifikasi aspal berdasarkan penetrasi ditunjukkan pada tabel II.3 dan gambar aspal penetrasi ditunjukkan pada gambar II.3

Tabel II.3 Persyaratan Aspal Keras Berdasarkan Penetrasi

No	Sifat-sifat	Metoda	Pen. 60/70	
			Min	Max
1	Penetrasi (25°C, 100 gr, 5 detik), mm	SNI 06-2456-1991	60	79
2	Titik lembek ( <i>ring and ball test</i> ), °C	SNI 06-2434-1991	48	58
3	Titik nyala ( <i>cleveland open cup</i> ), °C	SNI 06-2433-1991	200	0
4	Kehilangan berat (163°C, 5 jam), % berat	SNI 06-2440-1991	-	0,8
5	Kelarutan (CCl <sub>4</sub> ), % berat	ASTM-D2042	99	-
6	Daktalitas (25 °C, 5 cm per menit), cm	SNI 06-2432-1991	100	-
7	Berat jenis (25 °C), gr/cm <sup>3</sup>	SNI 06-2488-1991	1	-

Sumber: Standar Nasional Indonesia No. 1737-1989-F, 2010.

#### b. Modifikasi Aspal

Aspal yang telah dimodifikasi dengan pencampuran aspal alam dan polimer. Aspal modifikasi mulai diperkenalkan di luar negeri dari 15 tahun lalu. Dengan maksud mencegah retak saat musim dingin, mencegah deformasi plastis pada beban yang berat di musim panas, dan diharapkan tahan terhadap antioksidan. Di Indonesia pada tahun 1995 Konferensi Regional Teknik Jalan (KRTJ) di Padang, produksi lokal digelar tahun 1996 di Jalan Tol Simatupang berupa lapis tipis diatas perkerasan beton semen dengan hasil mencapai umur lebih dari 12 tahun (aspal, lateks, dan selulosa).

Aspal Pertamina pen 60/70 memiliki kelengketan yang rendah karena kandungan nitrogennya yang sangat kecil. Hal ini menyebabkan *hotmix* di sebagian besar perkerasan beraspal di Indonesia mutunya sangat rendah akibat dari repetisi beban yang berulang-ulang. Temperatur permukaan jalan yang tinggi dan pengaruh air yang merembes di antara aspal dan batuan juga merupakan penyebab terjadinya kerusakan pada perkerasan jalan (Edison, 2010).

Salah satu bentuk modifikasi yang dapat dilakukan adalah dengan menambahkan material lain sebagai bahan aditif. Penggunaan bahan aditif aspal merupakan bagian dari klasifikasi jenis aspal *modifier* yang berunsur dari jenis karet.

Menurut Edison (2010) tujuan aspal modifikasi dengan polimer adalah:

1. Sifat-sifat aspal alami yang kurang tahan terhadap keadaan iklim sekitar yang sering membuat aspal lembab dan mudah rusak.
2. Aspal pada temperatur rendah tidak rapuh/getas sehingga mengurangi potensi terjadinya retak (*cracking*).
3. Aspal pada temperatur tinggi lebih stabil sehingga potensi terjadinya alur (*rutting*) pada perkerasan beraspal dapat dikurangi.
4. Mengurangi viskositas pada temperatur penghamparan sehingga dicapai kemudahan pelaksanaan penghamparan sekaligus pematatannya.
5. Meningkatkan stabilitas dan kekuatan campuran beraspal.
6. Meningkatkan ketahanan terhadap abrasi.

7. Meningkatkan ketahanan lelah (*fatigue*) campuran beraspal.
8. Meningkatkan daya tahan oksidasi dan penuaan campuran
9. Mengurangi ketebalan lapisan.
10. Memudahkan biaya sistem pelapisan.
11. Tidak tahan terhadap genangan air sehingga memerlukan drainase yang baik untuk mempercepat proses pengurangan jumlah genangan di aspal.
12. Mencari sifat aspal yang baru, contohnya aspal yang fleksibel (untuk jalan-jalan yang memiliki tanah yang labil dan selalu bergerak).
13. Meningkatkan ketahanan usang.

### 2.6.2 Analisa Aspal

Penganalisaan pada aspal dapat dilihat dari segi sifat fisik, karakteristik, dan fungsi aspal dalam kontuksi perkerasan jalan pada aspal itu sendiri. Bahan aspal dalam perkerasan pembangunan mempunyai fungsi sebagai bahan perekat batuan baik agregat maupun filler menjadikan hal yang sangat penting untuk kemampuannya terhadap kelengketan, titik lembek, dan kelenturannya (Edison, 2010).

Aspal merupakan bahan pengikat atau matriks yang menyatukan semua agregat dalam pembuatan jalan raya. Menurut Ritonga dan Irfandi (2016) menyatakan bahwa karakteristik campuran aspal yang harus dimiliki aspal yaitu:

#### 1. Stabilitas

Stabilitas aspal beton dimaksudkan agar perkerasan mampu mendukung beban lalu lintas tanpa mengalami perubahan bentuk. Stabilitas campuran diperoleh dari gaya gesekan antar partikel (*internal friction*), gaya penguncian (*interlocking*), dan gaya adhesi yang baik antara batuan dan aspal. Gaya-gaya tersebut dipengaruhi oleh kekerasan permukaan batuan, ukuran gradasi, bentuk butiran, kadar aspal, dan tingkat kepadatan campuran.

#### 2. Durabilitas

Agar perkerasan jalan mempunyai daya tahan terhadap cuaca dan beban lalu lintas yang bekerja. Faktor-faktor yang mendukung durabilitas meliputi kadar aspal yang tinggi, gradasi yang rapat, dan tingkat kepadatan yang

sempurna.

### 3. Fleksibilitas

Kemampuan beton aspal untuk menyesuaikan diri akibat penurunan fondasi atau tanah dasar tanpa terjadi retak. Fleksibilitas perkerasan dapat dicapai dengan menggunakan gradasi yang relatif terbuka dan penambahan kadar aspal tertentu sehingga dapat menambah ketahanan terhadap pembebanan.

### 4. *Fatigue resistance*

Kemampuan beton aspal menerima lendutan berulang akibat repetisi beban lalu lintas tanpa terjadinya kelelahan berupa alur dan retak. Hal ini dapat dicapai jika menggunakan kadar aspal yang tinggi.

### 5. *Skid resistance* (kekesatan)

Kemampuan permukaan beton aspal memberikan gaya gesek pada roda kendaraan sehingga kendaraan tidak tergelincir atau slip terutama pada kondisi basah.

### 6. *Impermeabilitas* (kedap air)

Kemampuan beton aspal untuk tidak dapat dimasuki air ataupun udara ke dalam lapisan beton aspal. Jumlah rongga yang tersisa setelah beton aspal dipadatkan dapat menjadi indikator kekedapan campuran.

### 7. *Workability*

Kemampuan campuran beton aspal untuk mudah dihamparkan dan dipadatkan. Faktor yang mempengaruhi adalah viskositas aspal, kepekaan terhadap temperatur, dan gradasi serta kondisi agrerat.

## 2.7 Kandungan Aspal

Menurut wijaya (2014) secara kualitatif aspal terdiri dari senyawa *asphaltenes* dan *maltenes*. Sedangkan secara kuantitatif *asphaltenes* merupakan campuran kompleks dari hidrokarbon, terdiri dari cincin aromatik kental dan senyawa *heteroaromatic* yang mengandung belerang. Ada juga amina dan amida, senyawa oksigen (keton, fenol atau asam karboksilat), nikel dan vanadium. Aspal merupakan senyawa kompleks dimana bahan utamanya disusun oleh hidrokarbon dan atom-atom N, S, dan O dalam jumlah yang

kecil. Dimana unsur-unsur yang terkandung dalam bitumen, antara lain: Karbon (82-88%), Hidrogen (8-11%), Sulfur (0-6%), Oksigen (0-1,5%), dan Nitrogen (0-1%).

## 2.8 Kompon Karet

Pencampuran karet mentah dengan bahan-bahan kimia disebut kompon karet. Pada penyusunan formulasi kompon yang terpenting adalah menentukan jenis atau campuran karet mentah. Lalu ditentukan jenis bahan pengisi (*filler*). Setelah itu ditentukan sistem vulkanisasi, kombinasi vulkanisator, bahan pencepat, dan bahan penggiat. Kemudian ditentukan bahan kimia tambahan yang diperlukan sesuai dengan kebutuhan jenis proses selanjutnya dan barang yang akan dibuat. Tujuan penambahan bahan kimia ke dalam karet mentah yaitu:

- a. Memudahkan proses produksi kompon karet.
- b. Menghambat kerusakan struktur kompon karet.
- c. Menghasilkan kompon karet sesuai standar mutu produk.
- d. Memiliki ketahanan terhadap cuaca, ozon, dan cahaya matahari.
- e. Menambah ketahanan retak pada permukaan kompon karet.

Pembuatan kompon dilakukan dengan cara pencampuran karet dengan bahan kimia di dalam mesin pencampur (*kneader machine*). Jika pembentukan kompon karet dilakukan di dalam mesin pembentuk (*injection machine*). Pada pembuatan kompon karet terdapat tiga faktor yang perlu diperhatikan yaitu sifat kompon, karakteristik pengolahan, dan biaya produksi (Abednego, 1994).

## 2.9 Bahan Aditif

Menurut Suprpto (2004) semakin meningkatnya beban perkerasan menuntut bahan lapis keras yang lebih baik dalam arti lebih mampu meneruskan dan menyebarkan beban ke lapis yang ada dibawahnya. Untuk itu salah satu usaha yang dilakukan adalah meningkatkan kualitas aspal dengan menambahkan bahan aditif. Dengan tambahan aditif tersebut karakteristik aspal sebagai bahan ikat akan lebih baik antara lain:

1. Viskositas meningkat.
2. Tingkat keplastisan meningkat (rentang anatar titik lembek).
3. Kohesi bitumen meningkat.
4. Ketahanan terhadap deformasi permanen meningkat.
5. Ketahanan terhadap kelelahan pada suhu rendah meningkat.
6. Kerentanan bitumen terhadap panas menurun.
7. Proses oksidasi bitumen menurun.
8. Memudahkan pengerjaan pada proses pembuatan barang karet.
9. Memungkinkan kompon karet tervulkanisasi.
10. Membuat barang jadi karet yang memiliki sifat fisik sesuai dengan kebutuhan pemakaian.

Sebagai bahan aditif pada proses pencampuran aspal modifikasi polimer dari bahan ban bekas, hasil aspal modifikasi yang didapatkan mempunyai keuntungan yaitu:

1. Proses pencampurannya mudah.
2. Tidak mudah rusak pada suhu rendah.
3. Dapat mengurangi bau selama proses pencampuran.
4. Dapat mengurangi keretakan.
5. Biaya konstruksi jalan yang rendah (perkilometer).
6. Jalan memiliki umur yang lama.

Bahan aditif yang digunakan dalam pembuatan aspal karet antara lain:

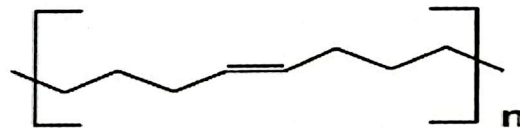
a. *Trans-polyoctenamer*

*Trans-polyoctenamer* yang tersedia secara komersial disebut vestenamer. Wujud *trans-polyoctenamer* berwarna putih bergranula. *Trans-polyoctenamer* adalah polimer methatetis dari cyclooctene dengan ikatan ganda trans-isomer, terdiri dari makromolekul linier dan siklik (Ming dan Jeong, 2013). Rasio *cis/trans* yang menentukan tingkat kristalinitas *polyoctenamer* dikendalikan oleh kondisi polimerisasi (Ming dan Jeong, 2013). Secara umum, konsentrasi ikatan rangkap trans yang lebih tinggi menghasilkan kristalinitas yang lebih tinggi dan dengan demikian titik leleh

(*melting point*) yang lebih tinggi (Ming dan Jeong, 2013). Kristalinitas bersifat reversibel secara termal.

*Trans-Polyoctenamer* (vestanamer) memiliki ciri- ciri seperti kristalin yang tinggi, berat molekul yang rendah, temperatur titik leleh yang rendah, nilai viscositas yang rendah dari temperatur lelehnya, dan sifat kompatibilitas yang baik terhadap beberapa jenis karet. Sehingga dapat memperbaiki kinerja kompon karet (Ming dan Jeong, 2013).

*Trans-Polyoctenamer* (vestanamer) mempunyai fungsi yaitu mengurangi kelengketan karet, mengurangi pemanasan berlebih pada karet, menguatkan ikatan molekul karet, mengurangi bau, dan memudahkan dalam pencampuran *Ground Tire Rubber* (Evonik Industries, 2007).



**Gambar II.3** Rantai Linear *Trans-Polyoctenamer*

Sumber : Vestanamer & Ground Tire Rubber, Evonik Industries, 2007.

b. *Zinc Oxide* (ZnO)

*Zinc Oxide* (ZnO) merupakan senyawa anorganik dengan bentuk fisik berupa bubuk putih yang tidak larut dalam air. Penyimpanan ZnO dalam suatu ruangan tertutup terhindar dari pancaran cahaya matahari pada suhu ruangan dan diletakkan pada tempat yang kering.

ZnO telah banyak digunakan secara luas pada beberapa aplikasi seperti farmasi, kosmetik, makanan, karet, plastik, dan lain-lain (Morkoc dan Ozgur, 2009). Pada pembuatan kompon ZnO berperan sebagai aktivator/penggiat. Penggiat berguna menggiatkan proses vulkanisasi yang berjalan sangat lambat jika hanya menggunakan belerang/sulfur. Partikel ZnO dapat meningkatkan efektivitas sulfur pada sistem vulkanisasi di karet oleh lebih dari 60% dan dengan demikian bersama-sama dengan asam stearat yang memainkan peran penting dalam sistem vulkanisasi (Kaldack, 2011).

Penggunaan ZnO pada produk karet ini ramah lingkungan dan mengurangi biaya produksi pada pembuatan produk jadi karet.

Dalam sistem vulkanisasi dengan bahan pencepat bahan ini berfungsi secara efisien tanpa adanya bahan pengaktif. Penggiat yang paling umum digunakan adalah kombinasi ZnO dengan asam stearat. Tapi, dalam sistem kompon karet kloropen atau sejenis lainnya ZnO akan berfungsi sebagai bahan pemvulkanisasi sedangkan asam stearat sebagai bahan anti lengket (*anti-roll-sticking*).

### c. TMQ

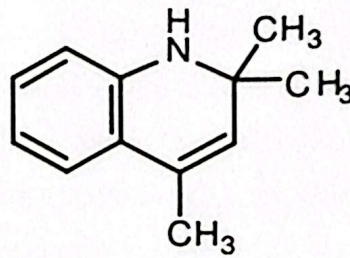
TMQ digunakan sebagai antioksidan untuk menambah sifat karet agar tahan terhadap reaksi oksidasi sehingga umur karet yang digunakan akan lebih lama dan tidak rusak.

Wujud TMQ berwarna coklat bergranula. 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 (Liu dkk., 2013).

Penambahan antioksidan pada kompon karet akan menghambat kerusakan karet karena udara ( $O_2$ ), sinar matahari, dan ozon. Karet tanpa antioksidan akan mudah teroksidasi sehingga menjadi lunak kemudian lengket dan akhirnya menjadi keras dan retak-retak (*aging*). Contoh bahan antioksidan adalah *waxes* dan *phenol* dipakai terutama untuk mencegah proses *aging* yang disebabkan oleh sinar matahari dan ozon (Victor, 2014).

Pemakaian antioksidan harus memenuhi beberapa syarat antara lain:

1. Mudah terdispersi pada seluruh bagian karet.
2. Inert terhadap hasil-hasil vulkanisasi pada setiap jenis tegangan.
3. Inert terhadap hasil-hasil vulkanisasi pada setiap jenis regangan.
4. Tidak mempunyai pengaruh terhadap warna hasil vulkanisasi.
5. Dapat dipakai untuk barang-barang yang berwarna muda atau putih.
6. Pemakaian sesuai dengan jenis barang jadi karet yang akan di buat.



**Gambar II.4** Struktur TMQ

Sumber: Yu, L., *et al*, 2013.

d. Asam Stearat

Asam stearat atau asam oktadekanoat adalah asam lemak jenuh yang mudah diperoleh dari lemak hewani. Wujud asam stearat berwarna kuning granula. Dengan rumus kimia  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$ .

Asam lemak ini merupakan asam lemak jenuh, wujudnya padat pada suhu ruang. Asam stearat diproses dengan memperlakukan lemak hewan dengan air pada suhu dan tekanan tinggi. Asam ini dapat pula diperoleh dari hidrogenasi minyak nabati.

Asam stearat lazim digunakan sebagai aktivator dalam sistem vulkanisasi belerang. Selain itu asam stearat dapat berfungsi sebagai *processing aid* untuk mempermudah penggilingan dan pelepasan komponen dan alat-alat pengolahan. Dalam bidang industri asam stearat dipakai sebagai bahan pembuatan lilin, sabun, plastik, kosmetika, dan untuk melunakkan karet. Titik lebur asam stearat  $69,6^\circ\text{C}$  dan titik didihnya  $361^\circ\text{C}$  (Budavari, 1989).

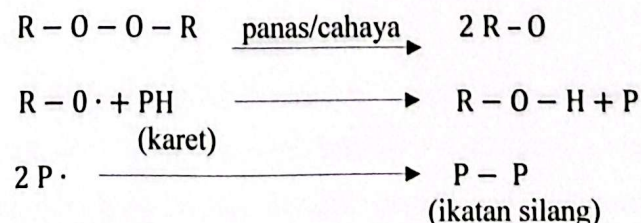
### 2.10 Masterbatch Non Sulfur

*Masterbatch* Non Sulfur adalah bahan campuran aspal dan komponen karet sebagai bahan utama sebelum dicampurkan ke dalam alat yang bernama *Kneader*. Dalam pembuatannya tidak ditambahkan sulfur, maka dinamakan *masterbatch* non sulfur. Hal ini mengakibatkan karet *masterbatch* non sulfur tidak mengalami proses vulkanisasi. Vulkanisasi merupakan suatu proses pembentukan jaringan tiga dimensi (*Crosslinking*) pada struktur molekul karet sehingga karet berubah sifat dari termoplastik menjadi stabil terhadap

panas dengan perbaikan pada sifat-sifat elastisitasnya (Suparto dan Santosa, 2005). Vulkanisasi disebut juga *cure* adalah suatu proses mengaplikasikan tekanan dan panas kepada campuran elastomer dan bahan kimia untuk menurunkan plastisitas dan meningkatkan elastisitas. Pemilihan vulkanisasi adalah kunci dari keseluruhan teknologi karet walau kadar barang yang terlibat dalam proses vulkanisasi tidak lebih dari 0,5-5% dari berat keseluruhan campuran, namun proses memegang peranan penting dalam pembentukan sifat fisika dan sifat kimia yang dikehendaki. Berlangsungnya proses vulkanisasi ditandai dengan meningkatkan viskositas. Viskositas akan terus meningkat hingga vulkanisasi sempurna. Alat yang digunakan untuk mencatat parameter vulkanisasi adalah *curemeter* atau rheometer. Proses perubahan (vulkanisasi) yang dilakukan terjadi dalam waktu yang lama. Usaha untuk mempersingkat waktu berhasil ditemukan dengan penambahan oksida logam, bahan pencepat, dan asam lemak ke dalam campuran karet dan belerang. Terbukti dapat memperpendek waktu pemanasan pada suhu yang sama. Selain vulkanisasi dengan belerang, vulkanisasi dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut:

1. Vulkanisasi menggunakan Peroksida

Menurut Honggokusomo (1994) karet yang tidak memiliki ikatan tak jenuh tidak dapat di vulkanisasi dengan sulfur. Ikatan peroksida pada senyawa organik peroksida dapat putus secara homolitik oleh panas menghasilkan radikal bebas, dan radikal bebas ini menarik atom hidrogen pada posisi  $\alpha$ -metilen atau ikatan rangkap dari molekul karet terbentuk makro radikal bebas karet. Dua makro radikal bebas membentuk ikatan silang karbon-karbon. Reaksi vulkanisasi peroksida dapat dilihat pada Gambar II.5



**Gambar II.5** Reaksi Vulkanisasi Peroksida

Sumber: Honggokusumo, 1994.

Reaksi tersebut menghasilkan suatu jaringan yang solid dan relatif sederhana dibandingkan dengan reaksi vulkanisasi yang lain. Beberapa hal yang menjadi pembatas dalam penggunaannya diantaranya adalah:

- a. Mahal
- b. Tidak tahan terhadap penyimpanan
- c. Bau peroksida kurang menyenangkan

Vulkanisasi peroksida digunakan pada karet silikon, EPDM, Poliakrilat (misalnya Vamac), poliuretan, dan sering digunakan juga untuk karet tak jenuh. Ikatan-ikatan yang terbentuk tahan terhadap suhu tinggi tetapi ketahanan letih rendah.

## 2. Vulkanisasi menggunakan oksida logam

Bahan pemvulkanisasi untuk sistem oksida logam ini adalah ZnO yang akan bereaksi dengan klorida. Dari mekanisme reaksi tersebut akan diperoleh ikatan silang tipe eter. Penggunaan MgO yang dikombinasikan dengan ZnO berperan sebagai penerima keasaman dan retarder vulkanisasi sehingga dapat mengurangi resiko matang sebelum waktunya (*scorchy*). Pada umumnya dalam sistem vulkanisasi oksida logam ini digunakan bahan pencepat tiourea (Suprpto dan Santosa, 2005).

## 3. Vulkanisasi dengan senyawa organik tertentu

Termasuk di dalam sistem ini khususnya adalah sistem vulkanisasi menggunakan senyawa amina, quinon, sabun asam lemak, resin, dan diuretan. Metode vulkanisasi ini sangat sedikit digunakan dibanding dua sistem terdahulu, umumnya sistem ini digunakan untuk sejumlah terbatas elastomer terutama jenis yang sangat khusus yang total konsumsinya hanya sekitar 1,4% dari total konsumsi karet dunia (Suprpto dan Santosa, 2005).

### 2.11 Aspal Karet

Aspal karet adalah aspal yang di hasilkan dengan menambahkan karet ke dalamnya. Karet alam yang dicampurkan ke dalam aspal panas akan terdispersi, reaksi kimia terbentuk dengan bagian cair bitumen yang menyebabkan kadar *asphaltene* naik. Sehingga aspal menjadi lebih kental dan keras akan tetapi masih elastis. Sifat dari aspal karet yaitu memiliki titik leleh

yang tinggi, memiliki fleksibilitas yang tinggi, serta memiliki kerekatan yang baik sehingga lebih baik dibandingkan dengan aspal biasa.

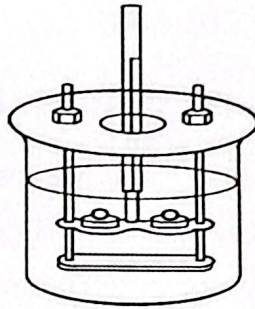
Keunggulan Aspal Karet:

1. Dapat meningkatkan ketahanan aspal pada temperatur.
2. Dapat meningkatkan ketahanan campuran beraspal terhadap deformasi.
3. Meningkatkan ketahanan lelah pada campuran beraspal.
4. Mengurangi terjadinya pelepasan butir.
5. Pemanfaatan modifier alam lokal.
6. Meningkatkan konsumsi pemakaian karet alam dalam negeri.

### 2.12 Karakterisasi Titik Lembek Aspal Karet

Karakterisasi titik lembek aspal karet adalah karakterisasi yang dilakukan dengan menggunakan alat uji *ring and ball*. 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)*. Titik Lembek adalah titik untuk mengetahui pada suhu berapa aspal keras menjadi lembek dengan cara melihat 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 dibawah cincin akibat kecepatan pemanasan tertentu. 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). Syarat titik lembek berkisar antara 50°C sampai dengan 58°C.

Aspal dengan penetrasi yang sama belum tentu memiliki titik lembek yang sama, semakin tinggi nilai titik lembek semakin baik fungsi aspal tersebut dalam pengaplikasiannya di jalan raya. Aspal sebagai bahan viskoelastis tanpa penentuan titik lembek yang tepat secara perlahan menjadi kurang viskos dan encer bila temperatur meningkat. Untuk alasan ini, maka pengujian titik lembek harus diuji dengan cara uji yang baku.



**Gambar II.6** Alat Pengujian Titik Lembek  
Sumber: SNI 2434:2011.

### 2.13 Perhitungan Rendemen Aspal Karet

Perhitungan rendemen bertujuan untuk mengetahui pengaruh suhu dan waktu dengan adanya penambahan bahan aditif *trans-polyoctenamer*. Selain itu, untuk mengetahui berapa banyak aspal polimer yang tersisa pada kaleng sebelum dipindah. Semakin tinggi persentase rendemen maka sisa aspal modifikasi polimer yang ada dalam wadah semakin sedikit. Rendemen aspal karet adalah perbandingan jumlah (kuantitas) yang dihasilkan dari proses pembuatan aspal sebelumnya.

$$\text{Rendemen} = \frac{\text{Berat Aspal Karet Akhir} - \text{Berat Kaleng Kosong Akhir}}{\text{Berat Aspal Karet Awal} - \text{Berat Kaleng Kosong Awal}} \times 100\%$$

## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan di laboratorium Pusat Penelitian Karet. Yang terletak di Jalan Salak No.1 Babakan, Kecamatan Bogor Tengah, Kota Bogor, Jawa Barat 16151. Penelitian dimulai dengan studi literatur pada bulan November 2018 kemudian pembuatan aspal karet pada bulan Januari sampai April 2019 dan penyelesaian laporan tugas akhir sampai bulan Juli.

#### 3.2 Alat dan Bahan

##### 3.2.1 Alat

1. Timbangan Digital
2. *Open Mill Machine*
3. *Cutting Machine*
4. *High Shear Homogenizer*
5. Kompor Gas
6. *Beaker Glass* 600 mL
7. *Electrical Heater*
8. Termometer
9. Sarung Tangan
10. Masker
11. *Kneader Machine*
12. Kaleng susu bekas berat 800 gram
13. Kaleng bekas berat 4000 gram
14. Gunting
15. Alat Penguji Titik Lembek
16. *Thermostat*

##### 3.2.2 Bahan

1. Karet SIR 20
2. Aspal Pen 60
3. *Aquadest*
4. *TriMethylQuinon* (TMQ)
5. Oli
6. *Stearic Acid*
7. *Zink Oxide* (ZnO)
8. *Trans-polyoctenamer*

#### 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:

- a. Berat : 7% karet *masterbatch* dari  $\pm 800$  g berat aspal kaleng
- b. Suhu : 160°C pada pencampuran aspal dengan kompon

- c. Kecepatan : 6000 rpm pada alat *High Shear Homogenizer*
- d. Massa : 800 gram

### 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 waktu pencampuran dan konsentrasi *trans-polyoctanamer* untuk pembuatan aspal karet adalah formulasi aspal karet. Variasi penelitian dapat dilihat dari Tabel III.1

Tabel III.1 Variasi Penelitian

Kode Sampel	<i>Trans-polyoctenamer</i> (%)	Waktu Pencampuran (Jam)
NS <sub>0</sub>	0	4
NS <sub>1</sub>	3	4
NS <sub>2</sub>	4,5	4
NS <sub>3</sub>	6	4
NS <sub>4</sub>	0	5
NS <sub>5</sub>	3	5
NS <sub>6</sub>	4,5	5
NS <sub>7</sub>	6	5

Keterangan: NS= Non Sulfur

### 3.4 Prosedur Pembuatan Aspal Karet

Prosedur pembuatan aspal karet memiliki beberapa tahapan. Tahapan yang dilakukan adalah persiapan bahan, penggilingan dan mastikasi, pencampuran I, pencampuran II, dan pencampuran III.

#### 3.4.1 Persiapan Bahan

Proses pembuatan aspal karet di mulai dengan persiapan bahan, yaitu dengan memanaskan aspal pen 60 menggunakan kompor. Lalu setelah cair dipindahkan ke dalam kaleng bekas dan di timbang  $\pm 800$  gram untuk proses pencampuran pada *high shear homogenizer* dan 4000 gram aspal untuk proses pencampuran pada *kneader machine* untuk proses pembuatan *masterbatch*. Setelah itu, karet SIR 20 di potong menggunakan *cutting machine* untuk proses pembuatan kompon karet serta bahan-bahan lain seperti: Asam Sterat, ZnO,

TMQ, dan *trans-polyoctenamer* di timbang sesuai dengan tiap formulasi pembuatan kompon karet yang sudah ditentukan dan di timbang menggunakan timbangan.

#### 3.4.2 Penggilingan dan Mastikasi

Setelah bahan siap, maka karet SIR 20 yang sudah di timbang akan di giling dengan alat *open mill* hingga berbentuk sebuah lembaran. Waktu yang di lakukan pada saat penggilingan  $\pm 10$  menit, dimana pada saat itu terjadi proses mastikasi (pelunakkan).

Proses mastikasi (pelunakan) karet SIR 20 dengan menggunakan alat *open mill* agar karet SIR 20 menjadi elastis sehingga dalam proses pencampuran dengan bahan *additive* lebih mudah. Dalam prosesnya juga menghasilkan panas karena adanya gesekan antara *roll* dan karet SIR 20.

#### 3.4.3 Pencampuran I

Pada proses ini di lakukan pencampuran antara karet yang sudah di mastikasi dengan bahan *additive* yaitu *Zinc Oxide* (ZnO), Asam Stearat, TMQ, dan *Trans-polyoctanamer*. Dalam prosesnya dilakukan pada *open mill* yang terdiri dari 2 buah *roll* dengan putaran yang berlawanan arah (keduanya berputar ke dalam). Proses penambahan bahan *additive* dilakukan setelah proses mastikasi, tujuan penambahan bahan *additive* agar karet yang digunakan memiliki sifat yang diinginkan. Fungsi dan macam-macam bahan additive yang digunakan sebagai berikut:

##### 1. *Zinc Oxide* (ZnO)

Digunakan sebagai aktivator (penggiat) yang ditambahkan ke dalam kompon sehingga mempersingkat waktu dan menurunkan suhu pencampuran, selain itu juga sebagai bahan pembantu pelunakkan dalam proses mastikasi.

##### 2. Asam Stearat

Digunakan sebagai pelunak kompon karet dan sebagai bahan pengaktif dalam kinerja TMQ. Oleh karena itu ditambahkan saat mastikasi selesai dengan parameter permukaan karet sudah tidak bergelombang, selain itu TMQ digunakan sebagai penambah sifat kompon untuk tahan rekasi oksidasi sehingga umur karet yang digunakan akan lebih lama dan tidak rusak.

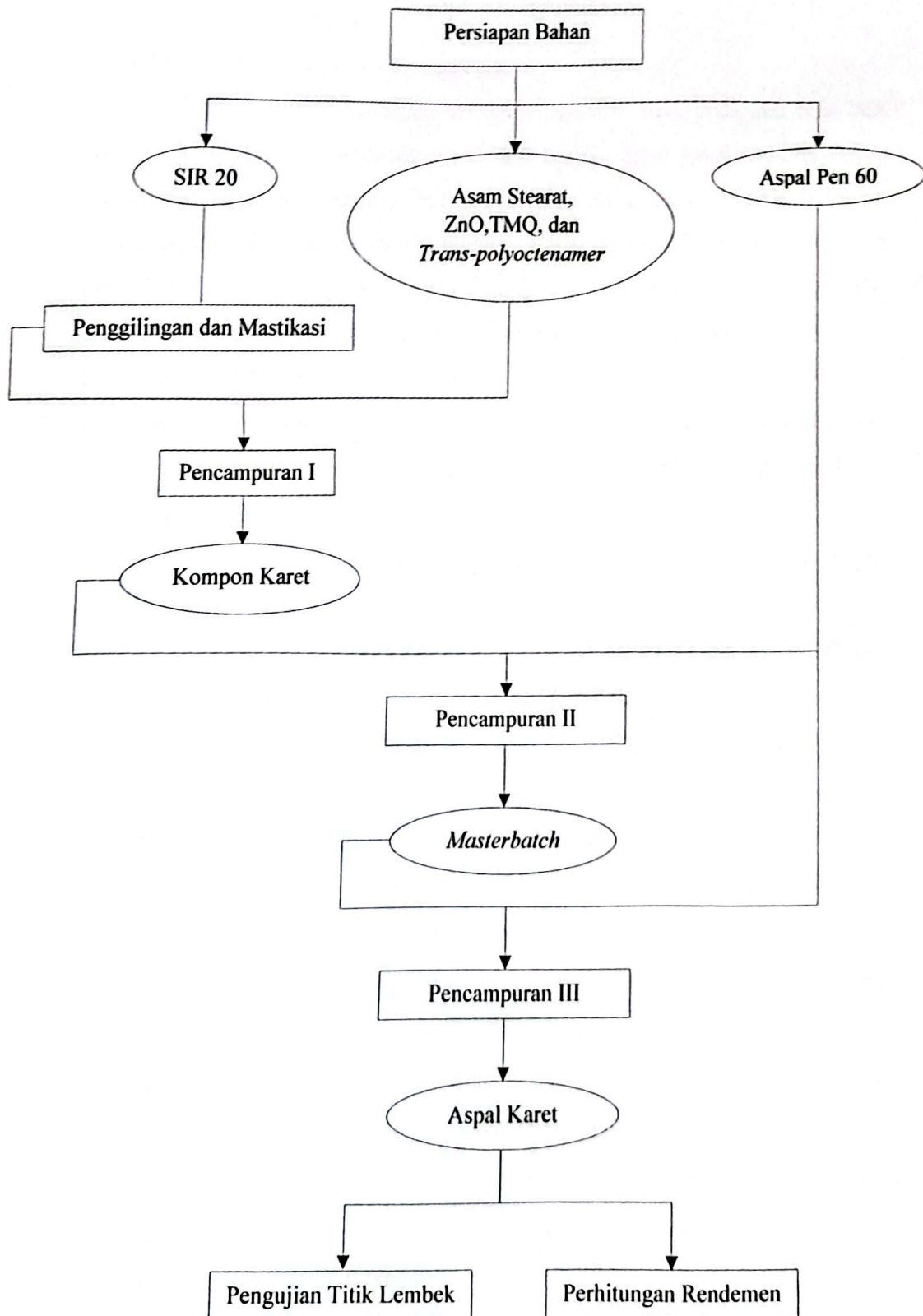
Pencampuran bahan baku dan pembentukan kompon karet merupakan tahap awal dalam proses pembuatan aspal karet. Pembuatan kompon karet dilakukan dengan bahan aditif di dalam mesin pencampur. Kompon karet di buat pada alat *open mill* atau pada mesin pencampur tertutup untuk meratakan semua bahan bahan sehingga menjadi homogen. Proses ini terjadi  $\pm 15$  menit dalam kecepatan 28 rpm.

#### 3.4.4 Pencampuran II

Kompon karet yang sudah dipotong-potong hingga menjadi potongan-potongan yang lebih kecil menggunakan *cutting machine* dimasukkan ke dalam *kneader machine*. Sebelumnya, tunggu *kneader machine* panas  $\pm 30$  menit untuk memasukkan aspal pen 60 yang sudah dipanaskan dengan berat 4.000 gram beserta kompon karet dengan berat 16.000 gram. Kemudian tunggu selama 20 menit agar bahan tersebut merata secara homogen. Lalu angkat dan terbentuk bongkahan kompon karet yang disebut juga sebagai *masterbatch* non sulfur.

#### 3.4.4 Pencampuran III

*Masterbatch* non sulfur yang sudah ditimbang dengan berat 56 gram atau 7% dari berat aspal dalam kaleng dipotong-potong hingga menjadi potongan-potongan yang lebih kecil. Kemudian dimasukkan ke dalam kaleng yang sudah berisi aspal dengan berat  $\pm 800$  gram kaleng dipanaskan menggunakan kompor listrik dengan perantara wadah yang berisi oli yang nantinya kaleng aspal dimasukkan ke dalam wadah tersebut dengan suhu  $160^{\circ}\text{C}$  menggunakan alat *thermocouple* untuk mengontrol agar suhu tetap konstan. Alat khusus *High Shear Homogenizer* digunakan sebagai alat pencampur agar aspal dengan karet *masterbatch* dapat tercampur dengan homogen dengan *setting* kecepatan 6000 rpm. Proses pencampuran dilakukan selama 4 jam dan 5 jam dan potongan-potongan kecil dari *masterbatch* dimasukkan ke dalam kaleng yang sudah berisi aspal pada saat alat *High Shear Homogenizer* berputar saat suhu mencapai  $160^{\circ}\text{C}$ . Dalam waktu 2 jam aspal dengan *masterbatch* non sulfur mulai homogen. Selanjutnya tunggu dengan variasi yang sudah di tentukan. Gambar III.1 menunjukkan prosedur pembuatan aspal karet.



Gambar III.1 Prosedur Pembuatan Aspal Karet

### 3.5 Karakterisasi Sampel

#### 3.5.1 Pengujian Titik Lembek Aspal Karet

Titik lembek pada pengujian ini dilihat apabila suhu pada saat bola baja dengan berat tertentu, mendesak turun dari lapisan aspal yang tertahan dalam cincin. Sehingga aspal tersebut menyentuh pelat dasar yang terlelak di bawah cincin pada ketinggian tertentu, sebagai akibat kecepatan pemanasan. Pada pengujian titik lembek yang dilakukan yaitu mengacu pada standar SNI 2434:2011 tentang metode pengujian titik lembek pada aspal. Langkah pengujian titik lembek dapat dilihat sebagai berikut :

1. Panaskan aspal di dalam keleng menggunakan *electric heater* dengan wadah yang berisi oli dan alat *thermocouple* dengan suhu  $160^{\circ}\text{C}$  sampai karet cair semua.
2. Kemudian pasang aspal karet yang sudah cair ke dalam *ring*, tunggu hingga 20 menit. Pada saat menunggu aspal karet menjadi padat, isi air ke dalam wadah yang sudah ditentukan dan masukkan air es ke dalam wadah dan termometer hingga suhu  $10^{\circ}\text{C}$ , setelah 20 menit ratakan permukaan *ring* yang sudah terisi aspal karet lalu taruh bola baja diatas *ring* yang sudah terisi aspal karet dan pasang *ring* dengan *frame* dan masukkan termometer ke dalam *beaker glass* yang sudah terisi air *aquadest* sebanyak 600 mL dan dinginkan ke dalam wadah yang sudah terisi es tunggu hingga 15 menit. Tujuannya agar suhu pada *beaker glass* yang terisi *aquadest* homogen.
3. Panaskan *beaker glass* yang sebelumnya sudah didinginkan selama 15 menit dalam air dingin pada suhu  $10^{\circ}\text{C}$  menggunakan kompor listrik dengan *Hot Magnetic Stirrer Fisher-sientific*. Setelah 15 menit taruh ke atas *hotplate* atur suhu  $300^{\circ}\text{C}$  dan kecepatan 350 rpm, tunggu hingga bola baja jatuh ke permukaan *frame*. Kemudian catat suhu yang ada pada termometer. Bila ada perbedaan temperatur pada saat 2 bola jatuh ke pelat dasar melebihi  $1^{\circ}\text{C}$  maka percobaan akan di ulangi.

#### 3.5.2 Perhitungan Rendemen Aspal Karet

Perhitungan rendemen aspal karet bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan bahan aditif *trans-polyoctenamer* dan untuk mengetahui berapa

banyak aspal polimer yang tersisa pada kaleng sebelum dipindah.

$$\text{Rendemen} = \frac{(\text{Berat Aspal Akhir} - \text{Berat Kaleng Kosong Awal})}{(\text{Berat Aspal Awal} - \text{Berat Kaleng Kosong Akhir})} \times 100\%$$

Tahap perhitungan rendemen aspal karet:

1. Panaskan aspal karet dengan *electric heater* pada suhu 160°C sampai aspal karet cair.
2. Timbang kaleng aspal karet untuk mengetahui berat awal aspal karet yang sebelumnya kaleng kosong sudah di timbang.
3. Timbang kaleng kosong untuk menuangkan aspal karet cair yang telah di panaskan terlebih dahulu. Kemudian tunggu hingga 11 menit dan timbang kaleng tersebut
4. Lalu hitung perbandingan berat aspal setelah dipindah dengan berat kaleng sebelum dipindah.

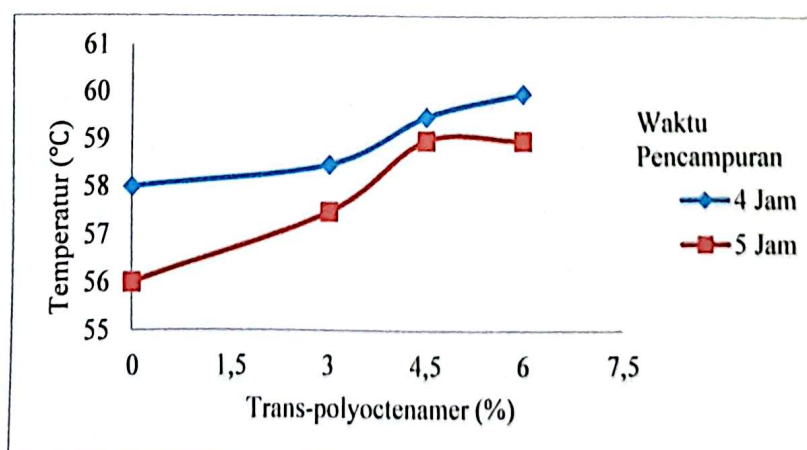
## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Aspal karet yang dihasilkan pada penelitian ini menggunakan pengujian titik lembek untuk menentukan ketahanan aspal terhadap deformasi permanen dan perhitungan rendemen untuk mengetahui pengaruh penambahan bahan aditif *trans-polyoctenamer* serta mengetahui berapa banyak aspal karet yang tersisa.

#### 4.1 Pengaruh Penambahan *Trans-polyoctenamer* pada Karet *Masterbatch* Non Sulfur terhadap Titik Lembek Aspal Karet

Pada pengujian titik lembek aspal karet yang dilakukan pada penambahan *trans-polyoctenamer* terhadap waktu pencampuran dapat dilihat pada Gambar IV.1. Pada gambar tersebut, dapat diambil kesimpulan bahwa penambahan *trans-polyoctenamer* dapat mempengaruhi nilai titik lembek aspal karet.



**Gambar IV. 1** Pengaruh Penambahan *Trans-polyoctenamer* pada Karet *Masterbatch* Non Sulfur terhadap Titik Lembek Aspal Karet

Pada gambar IV.1 menunjukkan bahwa pengaruh penambahan *trans-polyoctenamer* pada karet *masterbatch* non sulfur terhadap titik lembek aspal karet mengalami kenaikan pada waktu pencampuran 4 jam dan 5 jam. Pada Gambar IV.1 dapat diketahui bahwa nilai titik lembek tertinggi terdapat pada penambahan 6% *trans-polyoctenamer* sebesar 60°C selama waktu pencampuran 4 jam. Sedangkan nilai titik lembek terendah dihasilkan pada penambahan 0% *trans-polyoctenamer* sebesar 56°C selama waktu pencampuran 5 jam. Untuk

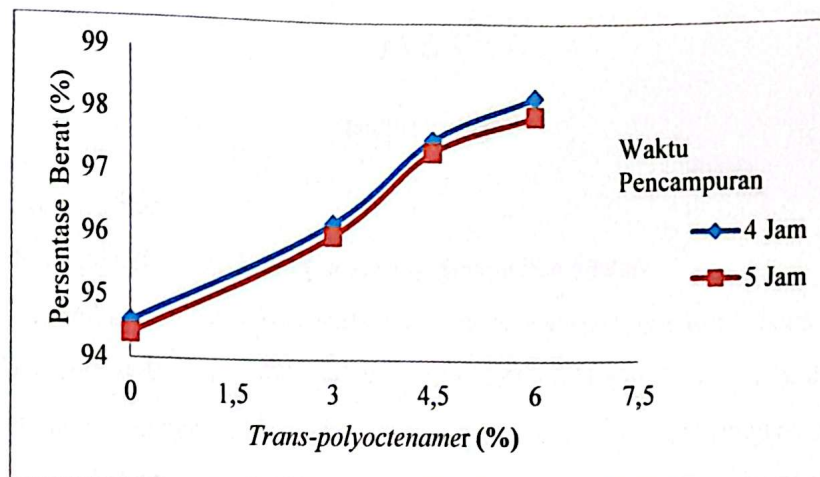
penambahan 4,5% dan 6% *trans-polyoctenamer* pada waktu pencampuran 5 jam memiliki nilai titik lembek yang sama yaitu sebesar 59°C. Hal ini disebabkan faktor pemanasan yang lebih lama, karena pemanasan yang lebih lama akan memutuskan ikatan molekul pada karet yang bercampur dengan aspal sehingga aspal karet pada waktu pencampuran 5 jam tidak mengalami kenaikan nilai titik lembek.

Berdasarkan hasil pengujian tersebut, apabila waktu pencampuran dinaikkan hasil pengujian titik lembek mengalami penurunan. Dapat dibandingkan antara penambahan 6% *trans-polyoctenamer* pada waktu pencampuran 4 jam dengan waktu pencampuran 5 jam. Pada hasil nilai titik lembek tersebut mengalami penurunan dari 60°C hingga menjadi 59°C. Hal ini disebabkan karena pemanasan yang terlalu lama mempengaruhi sifat aspal. Semakin rendah nilai titik lembeknya maka sifat elastisnya rendah. Begitupun sebaliknya sifat elastis yang tinggi diikuti dengan nilai titik lembek yang relatif lebih tinggi.

Menurut Hongying dkk. (2013) pada karet jenis *crumb rubber* dan aspal per 70. Berat *crumb rubber* yang ditambahkan sebesar 15%; 20% dan 25% dari berat aspal dengan *trans-polyoctenamer* yang ditambahkan sebesar 0% dan 4,5% dalam waktu pencampuran 60 menit dan 45 menit didapatkan hasil titik lembek. Pada penelitian ini didapatkan kesimpulan bahwa penggunaan *trans-polyoctenamer* memiliki nilai titik lembek lebih tinggi dibandingkan tidak menggunakan *trans-polyoctenamer*. Dalam hal ini fungsi dari *trans-polyoctenamer* berpengaruh terhadap titik lembek pada aspal karet.

#### **4.2 Pengaruh Penambahan *Trans-polyoctenamer* pada Karet Masterbatch Non Sulfur terhadap Perhitungan Rendemen Aspal Karet**

Pada perhitungan rendemen aspal karet yang dilakukan pada penambahan *trans-polyoctenamer* terhadap waktu pencampuran dapat dilihat pada Gambar IV.2. Pada gambar tersebut, dapat diambil kesimpulan bahwa penambahan *trans-polyoctenamer* dapat mempengaruhi nilai perhitungan rendemen aspal karet.



**Gambar IV.2** Pengaruh Penambahan *Trans-polyoctenamer* pada Karet *Masterbatch* Non Sulfur terhadap Perhitungan Rendemen Aspal Karet

Dari gambar IV.2 dapat dilihat bahwa pengaruh penambahan *trans-polyoctenamer* pada karet *masterbatch* non sulfur terhadap perhitungan rendemen aspal karet tanpa menggunakan *trans-polyoctenamer* baik dalam waktu pencampuran selama 4 jam dan 5 jam memiliki persentase rendemen terendah dibandingkan menggunakan *trans-polyoctenamer*. Nilai hasil perhitungan rendemen aspal karet dalam waktu 4 jam mengalami kenaikan seiring bertambahnya *trans-polyoctenamer*. Begitupun sebaliknya dalam waktu pencampuran selama 5 jam. Dilihayt dari grafik diatas hasil perhitungan rendemen tertinggi terdapat pada penambahan 6% *trans-polyoctenamer* dalam waktu pencampuran selama 4 jam ditandai dengan garis berwarna biru sebesar 98,3%. Sedangkan hasil perhitungan terendah dihasilkan pada penambahan 0% *trans-polyoctenamer* sebesar 94,4% dalam waktu pencampuran 5 jam. Hal ini menunjukkan semakin tinggi dosis *trans-polyoctenamer* yang ditambahkan maka semakin tinggi persentase rendemen yang didapatkan.

Oleh karena itu, *trans-polyoctenamer* sangat berpengaruh dengan karet *masterbatch* non sulfur untuk pembuatan aspal karet. Dalam hal ini fungsi *trans-polyoctenamer* dapat mengurangi kelengketan pada sisa aspal kaleng sehingga produk sisa dapat diminimalkan.

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

Pada penelitian ini kesimpulan yang didapatkan adalah:

1. Penambahan *trans-polyoctenamer* memberikan pengaruh pada karet *masterbatch* non sulfur terhadap titik lembek aspal karet yang ditandai dengan adanya nilai titik lembek yang cenderung meningkat seiring penambahan *trans-polyoctenamer* pada karet *masterbatch* non sulfur. Nilai titik lembek tertinggi yaitu 60°C pada penambahan *trans-polyoctenamer* pada karet *masterbatch* non sulfur sebesar 6% selama waktu pencampuran 4 jam. Sedangkan nilai titik lembek terendah terdapat pada penambahan *trans-polyoctenamer* pada karet *masterbatch* non sulfur sebesar 0% selama waktu pencampuran 5 jam yaitu 56°C.
2. Penambahan *trans-polyoctenamer* memberikan pengaruh pada karet *masterbatch* non sulfur terhadap perhitungan rendemen aspal karet yang ditandai dengan adanya persentase rendemen yang cenderung meningkat seiring penambahan *trans-polyoctenamer* pada karet *masterbatch* non sulfur. Nilai persentase berat rendemen tertinggi yaitu 98,3% pada penambahan *trans-polyoctenamer* pada karet *masterbatch* non sulfur sebesar 6% selama waktu pencampuran 4 jam. Sedangkan persentase berat rendemen terendah terdapat pada penambahan *trans-polyoctenamer* pada karet *masterbatch* non sulfur sebesar 0% selama waktu pencampuran 5 jam yaitu 94,4%.

#### 5.2 Saran

Berdasarkan pada data hasil pengujian serta analisa data yang didapatkan saran sebagai berikut:

1. Melakukan pengujian penetrasi dengan penetrometer terhadap aspal karet.
2. Melakukan pengujian daktilitas dengan *ductility testing machine* terhadap aspal karet.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abednego, J.G, "Bahan Kimia Penyusun Kompon", Balai Teknologi Karet, Bogor, 1994.
- Alam, Agus, "Mastikasi dan Dasar Proses Pencampuran, dalam Kursus Teknologi Barang Jadi Karet", Balai Penelitian Teknologi Karet, Bogor. 2005.
- Arizal, Ridha, "Pengetahuan Dasar Mengenai Karet Alam dan Sintetik", Balai Penelitian Teknologi Karet, Bogor, 1989.
- Badan Standarisasi Nasional, "Metode Pengujian Titik Lembek Aspal dan Ter", SNI 06-2434-1991, 1991.
- Badan Standarisasi Nasional, "Standard Indonesian Rubber (SIR) SNI 06-1903-2000", RSNI S-01,2003, 2000.
- Badan Standarisasi Nasional, "Spesifikasi Aspal Keras Berdasarkan Penetrasi ", RSNI S-01,2003, 2003.
- Badan Standarisasi Nasional, "Cara Uji Titik Lembek Aspal dengan Alat Cincin dan Bola (Ring and Ball)", SNI 2434:2011, 2011.
- Badan Standarisasi Nasional, "Karet Spesifikasi Teknis", SNI 1903:2011, 2011.
- Budavari, S, "The Merck Index an Encyclopedia of Chemicals, Drugs, and Biologicals", New Jersey, 1989.
- 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', Jakarta, International Conference on Chemistry, 2017.
- Ciullo dan Hewitt, "The Rubber Formulary 1st Edition", Amerika Serikat, 1999.
- Coran, A.Y, "The Science and Technology of Rubber (Fourth Edition)", Academic Press, Amerika Serikat, 2013.
- Direktorat Jenderal Perkebunan, "Statistik Perkebunan Indonesia Komoditas Karet", Direktorat Jenderal Perkebunan Kementerian Pertanian, Jakarta, 2013.
- Direktorat Jenderal Perkebunan, "Statistik Perkebunan Indonesia Komoditas

- Karet”, Direktorat Jenderal Perkebunan Kementerian Pertanian, Jakarta, 2014.
- Direktorat Jenderal Perkebunan, “Statistik Perkebunan Indonesia Komoditas Karet”, Direktorat Jenderal Perkebunan Kementerian Pertanian, Jakarta, 2015.
- Edison, Bambang, “Karakteristik Campuran Aspal Panas (Aspal Concrete Binder Course) menggunakan Aspal Polimer, Jurnal APTEK. Vol.2. No.1; 60- 71”, 2010.
- Evonik Industries, “Synthesis and Structure”, [www.corporate.evonik.com](http://www.corporate.evonik.com), diakses tanggal 18 maret 2019.
- Evonik Industries, “Vestanamer & Ground Tire Rubber (GTR)”, Jerman, 2007.
- Hidayoko, Ganif dan Okta Wulandra, “Pengaruh Penggunaan Jenis Bahan Penggumpal Lateks terhadap Mutu SIR 20”, Jurnal AGRITEPA, Vol. 01, 2014.
- Honggokusumo, Suharto, “Desain Kompon”, Balai Penelitian Teknologi Karet Bogor, 1994.
- Honggokusumo, Suharto, “Kimia dan Teknologi Vulkanisasi”, Balai Penelitian Teknologi Karet Bogor, 1994.
- Indonesia investments, “Karet Alam di Indonesia”, [www.Indonesia-investment.com/id/bisnis/komoditas/karet/item185](http://www.Indonesia-investment.com/id/bisnis/komoditas/karet/item185), diakses tanggal 13 Juni 2019.
- Kadlcak, Kuritka, Konecny dan Cermak, “The Effect of ZnO Modification on Rubber Compound Properties”, Tomas Bata University, Zlin, 2011.
- Liu, Hongying, Chen Zhijun, Wang Wen dan Wang Hainan “Investigation of The Rheological Modification Mechanism of Crumb Rubber Modified Asphalt (CRMA) Containing TOR Additive”, Elsevier Applied Science, Chang’an University, 2013.
- Liu, Yu, Gao Qingyu, Liu Lianxin dan Liu Shuting, “Investigated on the Rubber Antioxidant 2,2,4-Trimethyl-1,2-dihydroquinoline Polymer”, Asian Journal of Chemistry, China, 2013.
- Min, Kyung Eui dan Jeong Han Mo, “Characterization of Air-blown

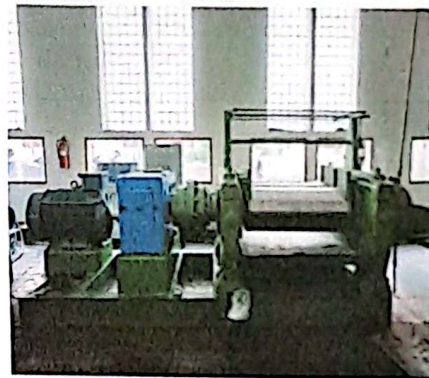
- Asphalt/trans-polyoctenamer Rubber Blend”, *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, Republik of Korea, 2013.
- Morkoc, Hadis dan Umit Ozgur, “Zinc Oxide: Fundamentals, Material and Device Technology”, Weinheim, 2009.
- Polacco, Giovanni, Stefano Berlincioni, Dario Biondi, Jiri Stastna dan Ludovit Zanzotto, “Asphalt Modification with Different Polyethylene-Based Polymer”, hal 2831, Italia, *European Polymer Journal* 41, 2005.
- Prastanto, Henry, “Depolimerisasi Karet Alam Secara Mekanis untuk Bahan Aditif Aspal”, *Jurnal Penelitian Karet* 32 (1), 81-87, 2014.
- Prastanto, Henry, Yusef Firdaus, Santi Puspitasari, Arief Ramadhan dan Asron Ferdian Falaah, “Sifat Fisika Aspal Modifikasi Karet Alam pada Berbagai Jenis dan Dosis Lateks Karet Alam”, *Jurnal Penelitian Karet*, Vol. 36 (1), p. 65 – 76, 2018.
- Prastanto, Henry, Yusef Firdaus dan Santi Puspitasari, “Studi Kinerja Kompon Karet Alam Tanpa Bahan Pengisi Sebagai Bahan Pemodifikasi Aspal Panas”, *Jurnal Penelitian Karet* 36 (2), 157-164, 2018.
- Pudney, Kevin Mutch dan Zhu Shiping, “Characterising The Phase Behaviour of Stearic Acid and Its Triethanolamine Soap and Acid–Soap by Infrared Spectroscopy”, *Physical Chemistry Chemical Physics*, 2009.
- Rahman, Nelly, “Pengetahuan Dasar Elastomer”, Balai Penelitian Teknologi Karet Bogor, 2005.
- Ritonga dan Ahmad Hafizullah, “Pembuatan Aspal Polimer Menggunakan Karet SIR-20 yang Diinisiasi oleh Adanya Dikumul Peroksida melalui Proses Ekstrusi”, *Jurnal Stikna*, Vol. 01, 2017.
- Ritonga dan Irfandi, “Pengaruh Karet Alam Siklik (Cyclic Natural Rubber) terhadap Rongga Aspal Modifikasi”, Jurusan Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Negeri Medan, 2016.
- Salama, Hanna, “Studi Pemanfaatan Karet Alam (SIR 20) yang Didegradasi Secara Mekanis untuk Bahan Aditif Aspal Modifikasi”, Skripsi, Fakultas Teknik Pertanian, Institut Pertanian Bogor, 2010.
- Schneider, W.A dan M.F Muller, “Crystallinity of Trans-Polyoctenamer

- Characterization and Influence of Sample History”, *Journal of Molecular Catalysis*, 46:395-403, 1988.
- Setiawan, Didit Heru dan Agus Andoko, “Petunjuk Lengkap Budi Daya Karet”, Agromedia Pustaka, 2008.
- Siregar, Alkhafi Maas, Winsyahputra Ritonga dan Surahman Dedi, “Pembuatan dan Karakterisasi Modifikasi Aspal Penetrasi 60-70 dengan Karet Alam Bandar Betsy”, *Jurnal Prosiding Seminar Nasional Fisika*, 2015.
- Sukirman, Silvia, “Beton Aspal Campuran Panas”, Granit, Jakarta, 2008.
- Suparto, Dadang dan Agus Mudji Santosa, “Kimia dan Teknologi Vulkanisasi” Balai Penelitian Teknologi Karet, Bogor, 2005.
- Suprpto, T.M, “Bahan dan Struktur Jalan Raya”, Biro Penerbit KMTS FT UGM, Edisi Ketiga, 2004.
- Wijaya, Prabu, “Aplikasi Pemakaian Limbah dan Plastik HDPE (High Density Polyethelene) Menjadi Aspal Sintetis Menggunakan Pelarut Oli Motor Bekas”, Skripsi, tidak diterbitkan, Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Sriwijaya, 2014.

LAMPIRAN A  
ALAT



Timbangan Digital



*Open Mill*



*Cutting Machine*



*Kneader Machine*



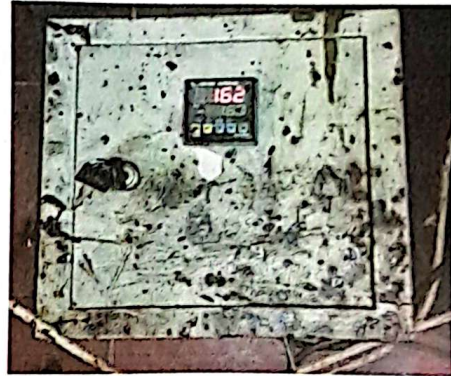
*High Shear Homoginezer*



Alat Pengujian Titik Lembek



*Electric Heater*



*Thermostat*

LAMPIRAN B  
BAHAN



*Zinc Oxide*



*Asam Stearat*



*TMQ*



*Trans-Polyoctenamer*



*Karet SIR 20*



*Aquadest*



LAMPIRAN C  
GAMBAR PROSES PENELITIAN



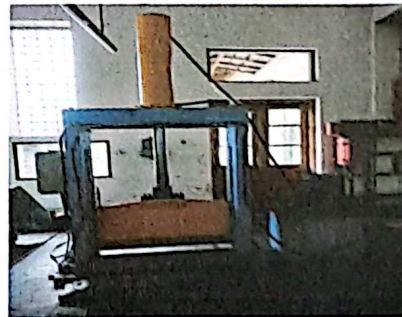
Aspal Pen 60 dengan Berat 800 gram



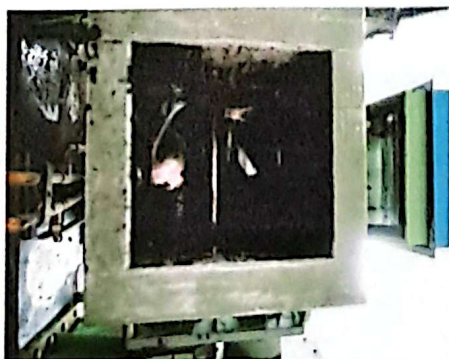
Penggilingan kompon dengan *Open Mill*



Kompon Karet



Proses Pemotongan Kompon



Proses Pembuatan *Masterbatch*



*Masterbatch*



*Masterbatch* Sesudah Dipotong



*Masterbatch* Sebagian Menyatu dengan Aspal



Aspal dan *Masterbatch* Homogen



Aspal Karet

## LAMPIRAN D

Rumus Mengitung Rendemen:

Kode Sampel	Berat kaleng kosong		Berat Aspal Karet		Rendemen
	Awal	Akhir	Awal	Akhir	
NS0	128,7 gram	128,7 gram	979,9 gram	933,5 gram	94,5 %
NS1	129,9 gram	129,8 gram	958,3 gram	915,8 gram	94,9 %
NS2	129,4 gram	128,8 gram	958,3 gram	937,4 gram	97,6 %
NS3	127,4 gram	129,1 gram	950,7 gram	938,4 gram	98,3 %
NS4	124,4 gram	129,8 gram	978,4 gram	945,9 gram	95,6%
NS5	130,2 gram	130,4 gram	952,6 gram	929,5 gram	97,2 %
NS6	125,2 gram	124,0 gram	952,9 gram	929,9 gram	97,4 %
NS7	127,2 gram	126,2 gram	958,5 gram	940,5 gram	98,0 %

Dari tabel diatas di ambil beberapa sampel untuk menghitung rendemen pada aspal karet yaitu NS0, NS7, dan NS3. Dengan rumus di bawah ini:

$$\text{Rendemen} = \frac{\text{Berat Aspal Karet Akhir} - \text{Berat Kaleng Kosong Akhir}}{\text{Berat Aspal Karet Awal} - \text{Berat Kaleng Kosong Awal}} \times 100\%$$

1. Sampel NS0

$$\begin{aligned}\text{Rendemen} &= \frac{(933,5 - 128,7) \text{ gram}}{(979,9 - 128,7)\text{gram}} \times 100\% \\ &= 94,5\%\end{aligned}$$

2. Ssampel NS7

$$\begin{aligned}\text{Rendemen} &= \frac{(940,5 - 126,2) \text{ gram}}{(958,5 - 127,2)\text{gram}} \times 100\% \\ &= 98,0\%\end{aligned}$$

3. Sampel NS3

$$\begin{aligned}\text{Rendemen} &= \frac{(938,4 - 129,1) \text{ gram}}{(950,7 - 127,4)\text{gram}} \times 100\% \\ &= 98,3\%\end{aligned}$$