

LAPORAN TUGAS AKHIR

**MODIFIKASI ASPAL MENGGUNAKAN CAMPURAN
KARET *MASTERBATCH* DAN *TRANS-POLYOCTENAMER*
SEBAGAI BAHAN ADITIF**

DI PUSAT PENELITIAN KARET BOGOR

(Desember 2018 - Juni 2019)



DATA BUKU PERPUSTAKAAN	
Tgl Terima	07/08/22
No Induk Buku	547/TKP/SB/TA/22

OLEH:

RESKY VICTORIUS GINTING 1515029

**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

**MODIFIKASI ASPAL MENGGUNAKAN CAMPURAN KARET
MASTERBATCH DAN TRANS-POLYOCTENAMER SEBAGAI BAHAN
ADITIF**

DISUSUN OLEH :

NAMA : Resky Victorius Ginting

NIM : 1515029

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, 18 Juni 2019.....

Menyetujui,

Ketua Program Studi
Teknik Kimia Polimer

Dosen Pembimbing



Ir. Roosmariharso, MBA
NIP. 195405231980031004



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

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING TUGAS AKHIR

JUDUL TUGAS AKHIR

**MODIFIKASI ASPAL MENGGUNAKAN CAMPURAN KARET
MASTERBATCH DAN TRANS-POLYOCTENAMER SEBAGAI BAHAN
ADITIF**

DISUSUN OLEH :

NAMA : Resky Victorious Ginting

NIM : 1515029

PROGRAM STUDI : Teknik Kimia Polimer

Bogor, 27 Mei 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,
eKementerian Perindustrian Republik Indonesia:

Nama : Resky Victorious Ginting

NIM : 1515029

Program Studi : Teknik Kimia Polimer

Dengan ini menyatakan bahwa hasil karya Tugas Akhir yang saya buat dengan judul MODIFIKASI ASPAL MENGGUNAKAN CAMPURAN KARET *MATERBATCH* DAN *TRANS-POLYOCTENAMER* SEBAGAI BAHAN ADITIF

Dibuat dan diselesaikan sendiri dengan menggunakan literatur hasil kuliah, survei lapangan, bimbingan dengan dosen pembimbing dan pembimbing Tugas Akhir, melalui tanya jawab maupun asistensi serta buku-buku jurnal acuan yang tertera dalam referensi pada karya tulis Tugas Akhir ini.

Bukan merupakan duplikasi yang sudah dipublikasikan atau yang pernah dipakai untuk mendapatkan gelar sarjana di Universitas/Perguruan Tinggi lain, kecuali pada bagian-bagian tertentu digunakan referensi pendukung untuk melengkapi informasi dan sumber informasi dengan dicantumkan melalui referensi yang semestinya.

Bukan merupakan karya tulis terjemahan dari kumpulan buku atau jurnal acuan yang tertera dalam referensi pada karya Tugas Akhir saya.

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

Jakarta, 18 Juni 2019

Yang Membuat



Resky Victorious Ginting

LEMBAR PERMOHONAN PELAKSANAAN TUGAS AKHIR



POLITEKNIK STMI JAKARTA

d.h. SEKOLAH TINGGI MANAJEMEN INDUSTRI

Jl. Leljen Suprpto No. 20 Cempaka Putih, Jakarta 10510
Telp. (021) 42886064 Fax (021) 42888206
www.stmi.ac.id



Nomor : 119 / ISJ-IND.7.2/XII/2018
Lampiran :
Perihal : Permohonan Penelitian

Jakarta, 02 November 2018

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

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

Adapun nama mahasiswa/i yang akan melakukan Penelitian adalah

No	Nama	NIM	Kompetensi yang diharapkan
1.	Resky Victorius Ginting	1515029	Teknologi Proses

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. Peninggal

LEMBAR KETERANGAN PENERIMAAN TUGAS AKHIR



PUSAT PENELITIAN KARET

Indonesian Rubber Research Institute

Jl. Salak No. 1 Bogor 16151 Indonesia | Phone : (0251) 8319017 – 8352732 | Fax : (0251) 8324047
Email : ppkbogor@puslitkaret.co.id; ppkbogor@gmail.com | web : www.puslitkaret.co.id

Bogor, 28 Desember 2018

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

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

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

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

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

Atas perhatiannya kami sampaikan terima kasih.

PUSAT PENELITIAN KARET
Pit. Direktur

Dr. Gede Wibawa

Balai Penelitian (Research Centre):

- **BALAI PENELITIAN SUNGAI PUTIH (Sungai Putih Research Centre)**
Sungai Putih - Galang Sumatera Utara P.O.Box 1418 Medan 20001 | Phone (061) 7180046, Fax (061) 7180046 | e-mail : balisp@indosat.net.id, www.balisp.com
- **BALAI PENELITIAN SEMBAWA (Sembawa Research Centre)**
A. Raya Palembang-P. Surali, Km 19, PO Box 1127 Palembang 30001, Sumatera Selatan | Phone : (0711) 7439493, 7439468, Fax : (0711) 7439282
e-mail : bti-ibw@mdp.net.id, www.balirembawa.com
- **BALAI PENELITIAN GETAS (Getas Research Centre)**
Jl. Pahlawan Km. 4, Kutuk Pas 804, Salatiga Jawa Tengah | Phone (0278) 322504, Fax : (0278) 323078 | e-mail : rubbergelas@indo.net.id.

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

**LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI SIDANG TUGAS
AKHIR**

JUDUL TUGAS AKHIR:

MODIFIKASI ASPAL MENGGUNAKAN CAMPURAN KARET
MASTERBATCH DAN TRANS-POLYOCTANAMER SEBAGAI BAHAN
ADITIF

DISUSUN OLEH :
NAMA : RESKY VICTORIUS GINTING
NIM : 1515029
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, 15 Juli 2019.

Jakarta, 29 Juli 2018

Penguji I



Ir. Rochmi Widjajanti, M.Eng

NIP. 1956091019432002

Penguji III



Ir. Roosmariharso, MBA

NIP. 195405231980031004

Penguji II



Dr. Erlina Oktariani, S.T., M.T

NIP. 198210012014022001

Dosen Pembimbing



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

NIP. 1958505112014022001

KATA PENGANTAR

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

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

1. Orang tua yang selalu memberikan dukungan moril maupun materil,
2. Bapak Dr. Mustofa, S.T., M.T. selaku Direktur Politeknik STMI Jakarta,
3. Bapak Ir. Roosmariharso, MBA selaku Ketua Program Studi Teknik Kimia Polimer,
4. Ibu Fitria Ika Aryanti, S.T., M.Eng, selaku Sekretaris Program Studi Teknik Kimia Polimer. Sekaligus dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan dalam penyusunan tugas akhir ini,
5. Bapak Arief Ramadhan, MSi selaku Ketua Tim Penelitian Karet aspal,
6. Bapak Asron Ferdian Falaah, S.T selaku pembimbing di Pusat Penelitian Karet Bogor dalam Tugas Akhir
7. Ibu Woro Andriani, S.Si yang telah membantu dalam melakukan pengujian Titik Lembek,
8. Bapak Jaenal, S.T yang membantu dalam pengoperasian alat *Open mill* dan alat *Kneader* dalam proses pembuatan kompon dan karet *masterbatch*,
9. Bapak Aos Kosasih yang membantu dalam Pemanasan Aspal Pen 60,
10. Bapak Winda Dahri yang menyediakan peralatan APD,
11. Seluruh karyawan dan peneliti Pusat Penelitian Karet yang telah membantu untuk mengerjakan penelitian disana,

12. Seluruh teman-teman angkatan 2015 Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta yang telah memberikan saya motivasi dalam pelaksanaan Tugas Akhir serta dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir Penelitian ini.

Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa 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, 18 Juni 2019

Penulis

ABSTRAK

Karet alam berpotensi digunakan sebagai bahan tambahan dalam pembuatan aspal modifikasi. Sedangkan bahan zat aditif *trans-polyoctenamer* ditambahkan untuk mengurangi kelengketan pada aspal karet. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pencampuran karet alam yang sudah diproses dalam bentuk karet *masterbatch* dengan penambahan bahan aditif *trans-polyoctenamer* terhadap nilai titik lembek dan perhitungan rendemen aspal karet. Aspal sebagai bahan utama digunakan aspal penetrasi 60 dan karet alam SIR 20. Dosis penambahan komponen karet *masterbatch* yaitu sebesar 7% dari berat aspal yaitu ± 800 g, penambahan *trans-polyoctenamer* divariasikan sebesar 0%; 3%; 4,5%, dan 6% terhadap berat komponen karet sebelum dicampur dengan aspal pada pembuatan *masterbatch* dan variasi waktu pencampuran selama 4 dan 5 jam yang dicampur menggunakan alat *High Shear Homogenizer*. Dari hasil penelitian yang diperoleh aspal karet dengan dosis 4,5% dan 6% *trans-polyoctenamer* dengan waktu pencampuran selama 4 jam menghasilkan aspal karet dengan nilai titik lembek tertinggi yaitu 58°C. Sedangkan aspal yang tidak dicampur karet *masterbatch* dan *trans-polyoctenamer* memiliki nilai titik lembek terendah yaitu 53°C. Untuk hasil perhitungan rendemen aspal karet sampel dengan dosis 6% *trans-polyoctenamer* dengan waktu pencampuran 4 jam memiliki nilai tertinggi yaitu 96,64%, sedangkan hasil terendah diperoleh pada sampel dengan dosis 0% *trans-polyoctenamer* yaitu 95,00%.

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

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING.....	iii
LEMBAR PENUGASAN DOSEN PEMBIMBING.....	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
LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI SEMINAR TUGAS AKHIR.....	x
LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI SIDANG TUGAS AKHIR.....	xi
KATA PENGANTAR.....	xii
ABSTRAK.....	xiv
DAFTAR ISI.....	xv
DAFTAR TABEL.....	xvii
DAFTAR GAMBAR.....	xviii
DAFTAR SINGKATAN.....	xix
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.6 Sistematika Penulisan	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Aspal.....	6
2.1.1 Sifat Aspal	8
2.1.2 Jenis Aspal.....	9
2.1.3 Aspal Modifikasi Polimer.....	10
2.1.4 Analisis Aspal	10
2.2 Karet.....	12
2.2.1 Karet Alam	12

2.2.2	Jenis-Jenis Karet Alam.....	13
2.2.3	Karet Sintetis.....	15
2.2.4	Perbedaan Karet Alam dengan Karet Sintetis.....	18
2.3	Kompon Karet.....	19
2.4	Bahan Aditif.....	19
2.5	<i>Trans-polyoctenamer</i>	22
2.6	Karet <i>Masterbatch</i>	23
2.7	Pengujian dan Perhitungan Aspal Karet	23
2.5.1	Pengujian Titik Lembek.....	23
2.5.2	Perhitungan Rendemen	23
BAB III METODE PENELITIAN		
3.1	Waktu dan Tempat Penelitian	24
3.2	Alat dan Bahan	24
3.2.1	Alat.....	24
3.2.2	Bahan.....	24
3.3	Variabel Penelitian	25
3.3.2	Variabel Tetap.....	25
3.3.3	Variabel Bebas	25
3.4	Skema Penelitian	25
3.5	Tahap Pembuatan Aspal Karet.....	27
3.6	Pengujian Titik Lembek dan Perhitungan Rendemen	28
3.6.1	Pengujian Titik Lembek (<i>Softening Point</i>).....	28
3.6.2	Perhitungan Rendemen Aspal Karet	29
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		
4.1	Hasil Pengujian Titik Lembek.....	30
4.2	Hasil Perhitungan Rendemen	31
BAB V PENUTUP		
5.1	Kesimpulan.....	34
5.2	Saran.....	34
DAFTAR PUSTAKA		35
LAMPIRAN A		
LAMPIRAN B		
LAMPIRAN C		

Daftar Tabel

Tabel II.1	Persyaratan Aspal Berdasarkan Penetrasi	7
Tabel II.2	<i>Standard Indonesian Rubber (SIR)</i>.....	15
Tabel III.1	Variasi Komposisi Aspal dengan <i>Masterbatch</i>	25
Tabel IV.1	Hasil Pengujian Titik Lembek Aspal Karet	29
Tabel IV.2	Hasil Perhitngan Rendemen.....	32

Daftar Gambar

Gambar I.1	Komposisi dari Aspal	7
Gambar II.1	Struktur Kimia Karet Alam	13
Gambar II.2	Proses Pembuatan Kompon Karet	19
Gambar II.3	Struktur Kompon Karet	20
Gambar II.4	Rantai <i>Linear Trans-Polyoctenamer</i>	22
Gambar III.1	Skema Penelitian.....	26
Gambar III.2	Alat Pengujian Titik Lembek	28
Gambar IV.1	Hasil Uji Titik Lembek.....	30
Gambar IV.2	Hasil Perhitungan Rendemen	32

Daftar Singkatan

SIR	: <i>Standard Indonesian Rubber</i>
RSS	: <i>Ribbed Smoked Sheet</i>
SBS	: <i>Styrene Butadiene Styrene</i>
BR	: <i>Butadiene Rubber</i>
SBR	: <i>Styrene Butadiene Rubber</i>
IIR	: <i>Isobutene Isoprene Rubber</i>
NBR	: <i>Nytrile Butadiene Rubber</i>
CR	: <i>Chloroprene Rubber</i>
EPR	: <i>Ethylene Propylene Rubber</i>
TMTD	: <i>Tetra Methyl Thiuram Disulfide</i>
MBT	: <i>Marcapto Benzhoathiazole</i>
ZnO	: <i>Zinc Oxide</i>
GTR	: <i>Ground Tyre Rubber</i>
TMQ	: <i>Trimethyl Quinoline</i>
CV	: <i>Constant Viscosity</i>
L	: <i>Light</i>
WF	: <i>Whole Field</i>
LoV	: <i>Low Viscosity</i>

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Di Indonesia pada umumnya pembangunan jalan-jalan raya menggunakan aspal sebagai bahan utamanya. Infrastruktur jalan merupakan sebagai 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 dkk., 2015).

Umumnya kerusakan dominan terjadi pada jalan-jalan raya yang dilalui oleh truk-truk besar yang mengangkut beban yang berlebihan dengan waktu pembebanan relatif lama sehingga jalan mengalami deformasi (perubahan bentuk) dan timbul keretakan-keretakan. Ketahanan aspal sangat dipengaruhi 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 dalam 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, pada suhu dingin aspal menjadi sangat rapuh dan cenderung mengalami keretakan (Ritonga, 2017).

Material yang memungkinkan dicoba untuk mengatasi permasalahan kerusakan pada jalan tersebut adalah dengan memodifikasi aspal. Bahan campuran yang biasanya digunakan dalam modifikasi aspal adalah karet alam dan karet sintetis. Aspal yang dimodifikasi dengan penambahan karet telah dikembangkan selama beberapa dekade terakhir. Untuk meningkatkan kinerja pada aspal, karet yang ditambahkan biasanya 2-6% sudah sangat dapat meningkatkan hasil ketahanan yang lebih baik terhadap deformasi, mengatasi keretakan-keretakan, dan meningkatkan ketahanan usang dari kerusakan akibat umur, sehingga dihasilkan pembangunan jalan lebih tahan lama serta juga dapat mengurangi biaya perawatan atau perbaikan jalan (Polacco dkk., 2005).

Di samping itu Indonesia merupakan salah satu negara produsen karet alam terbesar kedua di dunia setelah Thailand yang dapat mengekspor hasil komoditas perkebunan karet ke beberapa negara. Indonesia juga memiliki perkebunan karet yang cukup luas dengan jenis produk utamanya adalah *Standard Indonesian Rubber* (SIR). Namun produktivitas karet di Indonesia rata-rata rendah dan mutu karet yang dihasilkan juga kurang memuaskan bahkan di pasaran Internasional karet Indonesia terkenal sebagai karet yang bermutu rendah. Sebaliknya Malaysia dan Thailand memiliki produktivitas karet yang baik dengan mutu yang terjaga, terutama karet produksi Thailand. Itulah sebabnya Malaysia dan Thailand masih menguasai pasaran karet internasional. Sehingga perdagangan karet alam Indonesia semakin lama semakin mengalami penurunan (Anonim, 2008). Oleh karena itu pencampuran aspal dengan karet alam merupakan solusi terbaik, selain dapat meningkatkan ketahanan dan mengatasi keretakan-keretakan pada jalan, penggunaan karet alam dalam campuran aspal juga dapat membantu para petani karet di Indonesia untuk mengolah karet alam yang dihasilkan.

Penelitian tentang modifikasi aspal karet sudah dilakukan sebelumnya seperti Ritonga (2017) yang memodifikasi aspal karet menggunakan aspal penetrasi 60, karet SIR 20, dan dengan tambahan agregat pasir. Pada penelitiannya agregat pasir ditimbang sebanyak 300g dan karet SIR 20 dengan variasi 25, 20, 15, 10, dan 5 %. Penelitiannya dilakukan sebanyak 95% aspal dimasukkan ke dalam *beaker glass*, dipanaskan pada temperatur 100°C sampai meleleh, lalu ditambahkan 5g karet SIR 20 sambil diaduk selama 10 menit lalu dimasukkan 300 g pasir halus ke dalam campuran aspal. Campuran tersebut dimasukkan ke dalam mesin ekstrusi pada suhu 165°C, hasilnya dimasukkan ke cetakan, lalu ditempatkan ke dalam alat cetak tekan pada suhu 170°C selama 15 menit, didinginkan pada suhu kamar. Perlakuan yang sama juga dilakukan dengan variasi aspal dan karet SIR 20 yaitu (80% : 20%), (85% : 15%), (90% : 10%), dan (0% : 100%). Dalam hasil uji tekan yang dilakukan bahwa penambahan 5% SIR 20 sudah dapat meningkatkan kekuatan aspal hampir dua kali lipat dari kekuatan aspal murni dan penambahan karet SIR 20 mengalami peningkatan nilai kuat tekan, tetapi setelah karet SIR 20

tidak ditambahkan ke dalam campuran aspal tersebut terjadi penurunan nilai kuat tekan.

Pada penelitian modifikasi aspal lainnya yang dilakukan Prastanto dkk., (2014) yang menggunakan bahan utama yaitu karet alam SIR 20 dan aspal penetrasi 60. Pada penelitian ini diuji cobakan variasi dosis penambahan karet alam dalam aspal penetrasi 60 sebesar 3%, 5%, 7%, dan 9% terhadap bobot aspal, dengan suhu pencampuran 150°. Sedangkan kecepatan pengaduk pada mesin pencampuran divariasikan pada 1000 rpm, 2000 rpm, 4000 rpm, 6000 rpm, 8000 rpm, dan 10000 rpm. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan diketahui bahwa kecepatan pengaduk pada mesin pencampur aspal karet yang teroptimal sebesar 6000 rpm. Dari hasil penelitiannya juga diketahui sampel dengan dosis 5-7% dapat membentuk aspal karet dengan kualitas terbaik, hal tersebut ditunjukkan oleh penurunan nilai penetrasi yang diikuti dengan peningkatan nilai titik lembek pada aspal karet.

Pada penelitian yang dilakukan Hongying dkk., (2013) menggunakan *trans-polyoctenamer* sebagai bahan aditif dalam campuran aspal karet. Pada penelitian tersebut menggunakan karet jenis *crumb rubber* yang sudah dihaluskan berbentuk bubuk dan aspal penetrasi 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% dan waktu pencampuran dilakukan selama 1 jam dan 45 menit dengan suhu pencampuran 170°C. Hasil pengujian titik lembek pada penelitian tersebut meningkat sesuai dengan penambahan *trans-polyoctenamer* yang ditambahkan pada aspal karet, sedangkan untuk pengujian penetrasi menurun dengan penambahan persentase *trans-polyoctenamer* pada aspal karet.

Berdasarkan uraian di atas, maka peneliti ingin mencoba melakukan penelitian tentang modifikasi aspal karet dengan memanfaatkan jenis karet alam SIR 20 dan aspal penetrasi 60 dengan penambahan bahan aditif *trans-polyoctenamer*. Adapun penelitian ini bertujuan untuk mengetahui apakah aspal yang dicampur dengan karet alam SIR 20 dan bahan aditif *trans-polyoctenamer* dapat meningkatkan sifat dari aspal salah satunya yaitu nilai titik lembek dan nilai rendemen pada aspal karet.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari Tugas Akhir ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh penambahan karet *masterbatch* SIR 20 dan zat aditif *trans-polyoctenamer* yang dicampur dengan aspal terhadap nilai titik lembek ?
2. Bagaimana pengaruh penambahan bahan aditif *trans-polyoctenamer* dan karet *masterbatch* SIR 20 yang dicampur dengan aspal terhadap nilai rendemen?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Aspal yang digunakan yaitu aspal minyak dengan angka penetrasi 60.
2. Pembuatan aspal karet menggunakan karet *masterbatch* SIR 20.
3. Variasi persentase *trans-polyoctenamer* untuk aspal karet adalah 0%; 3%; 4,5% dan 6% dengan variasi waktu pencampuran selama 4 jam dan 5 jam.
4. Berat aspal yang digunakan sebesar ± 800 gram dan berat karet *masterbatch* sebesar 7% dari berat aspal.
5. Temperatur pencampuran karet *masterbatch* dengan aspal yaitu 160°C dengan kecepatan 6000 rpm.
6. Aspal karet yang sudah jadi diuji titik lembek dan perhitungan rendemen aspal karet.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun yang menjadi tujuan dari Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui pengaruh penambahan karet *masterbatch* SIR 20 dan zat aditif *trans-polyoctenamer* dengan aspal terhadap hasil uji titik lembek.
2. Untuk mengetahui pengaruh zat aditif *trans-polyoctenamer* dan karet *masterbatch* SIR 20 yang dicampur dengan aspal terhadap hasil perhitungan rendemen.

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat kepada pihak-pihak yang terkait. Adapun manfaat yang diharapkan pada penelitian ini untuk memberikan informasi tambahan mengenai pemanfaatan karet SIR 20 dan bahan zat aditif *trans-polyoctenamer* yang dapat meningkatkan nilai titik lembek dan hasil perhitungan rendemen dalam pembuatan aspal polimer. Sebagai solusi

alternatif terhadap permasalahan pembangunan jalan raya sehingga dihasilkan kualitas aspal yang lebih baik.

1.6 Sistematika Penulisan

BAB I: PENDAHULUAN

Pada bab ini berisikan tentang latar belakang masalah, perumusan masalah, tujuan penelitian, pembatasan masalah, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II: LANDASAN TEORI

Pada bab ini berisikan tentang teori dasar yang erat kaitannya dengan proses pemecahan masalah, yaitu teori mengenai aspal, karet alam, dan zat aditif yang digunakan.

BAB III: METODE PENELITIAN

Pada bab ini berisikan tentang langkah-langkah ilmiah yang akan digunakan untuk memecahkan masalah, yaitu berisikan gambaran mengenai langkah-langkah sistematis untuk pembuatan kompon karet *masterbatch*, aspal karet, alat, dan bahan yang digunakan serta jenis pengujian dan metode pengujian.

BAB IV: HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini berisikan data hasil pengujian dan perhitungan, analisis data, dan pembahasan terhadap hasil pengujian dan perhitungan

BAB V: PENUTUP

Pada bab ini berisikan kesimpulan yang diperoleh berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan dan memberikan saran yang dianggap perlu untuk penelitian yang sudah dilakukan.

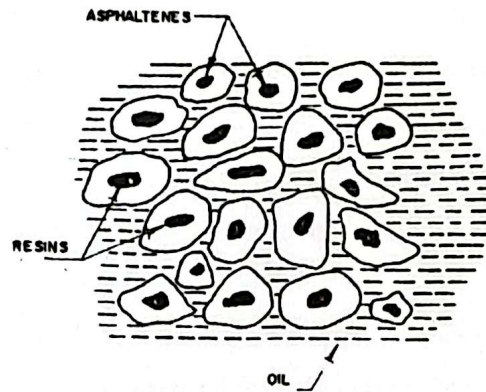
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Aspal

Aspal didefinisikan sebagai material berwarna hitam atau coklat tua, pada temperatur ruang berbentuk padat atau setengah padat. Jika dipanaskan sampai suatu temperatur tertentu aspal dapat menjadi lunak atau cair sehingga dapat membungkus partikel agregat pada waktu proses pembuatan jalan raya. Jika temperatur mulai turun, aspal akan mengeras dan mengikat agregat pada tempatnya. Hidrokarbon adalah bahan dasar utama dari aspal yang umum disebut bitumen, sehingga aspal sering juga disebut bitumen. Aspal yang umum digunakan saat ini berasal proses penyulingan minyak bumi. Sifat aspal akan berubah akibat panas dan umur, aspal akan menjadi kaku atau rapuh dan akhirnya daya mengikatnya terhadap partikel agregat akan berkurang. Perubahan ini dapat dikurangi jika sifat-sifat aspal dikuasai dan dilakukan langkah-langkah yang baik dalam proses pelaksanaannya (Sukirman, 1999).

Secara umum, komposisi aspal terdiri dari campuran molekul kompleks yang dapat dipisahkan menjadi *asphaltenes* dan *maltenes*. *Asphaltenes* merupakan material yang berwarna hitam dan coklat tua termasuk juga belerang, oksigen, dan nitrogen dengan beberapa logam kompleks contohnya nikel dan vanadium. Sedangkan *Maltenes* adalah cairan kental mengandung *oil* alami dan resin aromatik (Pei-hung, 2000). Resin adalah cairan berwarna kuning atau coklat tua yang memberikan sifat mengikat dari aspal dan merupakan bagian yang mudah hilang atau berkurang selama masa pelayanan jalan. Sedangkan *oil* yang berwarna lebih muda merupakan media dari *asphaltenes* dan resin. Kandungan dari *asphaltenes*, resin, dan *oil* berbeda-beda tergantung dari banyak faktor seperti proses pembuatannya dan ketebalan lapisan aspal dalam campuran dengan agregat (Sukirman, 1999). Adapun komposisi dari aspal yang terdiri dari *asphaltenes*, resin dan *oil* dapat dilihat pada gambar I.1



Gambar I. 1 Komposisi dari Aspal
Sumber: Sukirman, 1999

Terdapat bermacam – macam tingkat penetrasi pada aspal yang dapat digunakan dalam campuran agregat untuk pembuatan konstruksi jalan, antara lain aspal dengan tingkat penetrasi 40-50, 60-70, 80-100, 120-150, dan 200-300. Semakin tinggi tingkat penetrasi aspal biasanya aspal akan lebih lunak dan mudah mencair. Umumnya aspal yang digunakan pada pembuatan konstruksi jalan di Indonesia adalah aspal dengan tingkat penetrasi 60 dan penetrasi 80 (Prastanto dkk., 2018). Persyaratan aspal berdasarkan tingkat penetrasi dapat dilihat pada tabel II.1

Tabel II. 1 Persyaratan Aspal Berdasarkan Penetrasi

NO	Jenis Pengujian	Satuan	Metode	Persyaratan Penetrasi				
				40-50	60-70	80-100	120-150	200-300
1	Penetrasi, 25°C, 100g, 5 detik	mm	SNI 2456: 2011	40-50	60-70	80-100	120-150	200-300
2	Titik Lembek	°C	SNI 2434: 2011	Min. 50	Min. 48	Min. 46	-	-
3	Titik Nyala	°C	SNI 2433: 2011	Min. 232	Min. 232	Min. 232	Min. 218	Min. 177
4	Daktalitas, 25°C	cm	SNI 2432: 2011	Min. 100	Min. 100	Min. 100	Min. 100	-
5	Berat Jenis	g/cm ³	SNI 2441: 2011	Min. 1,0	Min. 1,0	Min. 1,0	-	-

Sumber: SNI 8135:2015

2.1.1 Sifat Aspal

Menurut Sukirman, (1999) aspal yang digunakan dalam konstruksi perkerasan jalan pada umumnya berfungsi sebagai bahan pengikat, memberikan ikatan yang kuat antara aspal dan agregat dan antara aspal itu sendiri dan sebagai bahan pengisi, yaitu dapat mengisi rongga antara butir-butir agregat dan pori-pori yang ada dari agregat itu sendiri.

Berarti aspal haruslah mempunyai daya tahan (*durability*) atau tidak cepat rapuh terhadap cuaca, mempunyai adhesi dan kohesi yang baik dan memiliki kepekaan terhadap perubahan temperatur sehingga memberikan sifat elastis yang baik. Untuk mengetahui sifat dari aspal tersebut dijelaskan sebagai berikut:

a. Mempunyai Daya Tahan (*durability*)

Daya tahan aspal adalah kemampuan aspal mempertahankan sifat asalnya akibat pengaruh cuaca selama masa pelayanan jalan. Sifat ini merupakan sifat dari campuran aspal, jadi tergantung dari sifat agregat, campuran dengan aspal, faktor pelaksanaan, dan sebagainya.

b. Kohesi dan Adhesi

Kohesi merupakan kemampuan aspal untuk mengikat unsur-unsur penyusun dari dirinya sendiri dan mempertahankan agregat tetap pada tempatnya setelah terjadi pencampuran. Sedangkan adhesi menyatakan kemampuan aspal untuk mengikat agregat sehingga dihasilkan ikatan yang baik antara agregat dan aspal.

c. Kepekaan terhadap temperatur

Aspal adalah material yang bersifat termoplastis, yang artinya adalah aspal akan menjadi keras atau lebih kental jika temperatur berkurang dan akan lunak atau lebih cair jika temperatur bertambah. Sifat tersebut yang dinamakan kepekaan terhadap perubahan temperatur. Dari setiap hasil produksi aspal yang dihasilkan akan memiliki kepekaan terhadap perubahan temperatur yang berbeda-beda tergantung dari asal pengolahan aspal tersebut walaupun aspal tersebut mempunyai jenis penetrasi yang sama.

Dengan diketahuinya kepekaan terhadap temperatur pada aspal sehingga dapatlah ditentukan pada temperatur berapa pula sebaiknya aspal dipadatkan dengan agregat sehingga menghasilkan hasil yang baik.

2.1.2 Jenis Aspal

Menurut Sukirman, (2003) aspal yang diperoleh berdasarkan tempatnya dibedakan atas aspal alam dan aspal minyak:

a. Aspal alam

Aspal alam adalah aspal yang didapat di suatu tempat di alam, dan dapat digunakan sebagaimana diperolehnya atau dengan sedikit pengolahan. Aspal alam ada yang diperoleh di gunung-gunung seperti di Pulau Buton, dan ada yang diperoleh di danau seperti di Trinidad. Aspal alam terbesar di dunia terdapat di Trinidad, berupa aspal danau.

Indonesia memiliki aspal alam yaitu di pulau Buton yang berupa aspal gunung, yang terkenal dengan nama Asbuton (Aspal Batu Buton). Asbuton merupakan campuran antara aspal dengan bahan mineral lainnya dalam bentuk batuan.

b. Aspal minyak

Aspal minyak adalah Aspal yang diperoleh dari hasil proses penyulingan minyak bumi pada keadaan hampa udara. Aspal minyak sering juga disebut dengan aspal murni atau *petroleum asphalt* (Suprpto, 2004). Aspal yang dihasilkan dibagikan berdasarkan tingkat penetrasi yaitu:

1. Aspal penetrasi 40 digunakan untuk pembuatan jalan dengan volume lalu lintas padat dan daerah dengan cuaca yang sangat panas.
2. Aspal penetrasi 60 digunakan untuk pembangunan jalan dengan volume lalu lintas sedang dan padat, dengan daerah yang bercuaca panas. Aspal ini merupakan paling umum digunakan di Indonesia, karena Indonesia beriklim panas dengan volume lalu lintas yang padat sehingga aspal yang nantinya digunakan tidak mudah mencair dan tidak mengalami deformasi serta dapat berikatan dengan agregat (Prastanto dkk., 2018).
3. Aspal penetrasi 80 digunakan untuk jalan dengan volume lalu lintas padat dengan cuaca di wilayah tropis beriklim panas (Mashaan dkk., 2013). Aspal jenis ini juga dapat digunakan di Indonesia karena kualitasnya yang hampir sama dengan aspal penetrasi 60.
4. Aspal penetrasi 120 digunakan untuk jalan dengan volume lalu lintas tidak terlalu padat dan daerah beriklim dingin. Aspal jenis ini lebih mudah lunak

atau cair dan sangat sulit untuk mencapai kesetabilan campuran aspal dengan agregat sehingga tidak cocok digunakan di negara beriklim panas seperti di Indonesia.

2.1.3 Aspal Modifikasi Polimer

Bahan polimer sering digunakan dalam pembuatan perkerasan jalan sebagai modifikasi aspal. Penambahan bahan aditif jenis polimer dalam jumlah kecil ke dalam aspal terbukti dapat meningkatkan kinerja aspal dan memperpanjang umur pada jalan dan juga meningkatkan daya tahan terhadap berbagai kerusakan seperti deformasi permanen dan retak akibat perubahan suhu (Suparna dkk., 2015). Aspal modifikasi polimer terdiri atas aspal plastomer dan aspal elastomer contoh dari aspal plastomer adalah aspal yang dicampur dengan *polypropylene* dan *polyethylene*, sedangkan aspal elastomer aspal yang dicampur dengan karet alam dan karet sintesis (Prastanto, 2014).

Campuran aspal elastomer untuk perkerasan jalan biasanya digunakan adalah karet berbentuk butiran baik yang belum maupun yang sudah divulkanisasi dan karet padat serta karet cair. Agar pembuatan aspal elastomer dapat digunakan secara efektif, maka bahan yang ditambahkan dengan aspal harus mempunyai sifat yang baik dari aspal semula harus dipertahankan, mudah diproses, dan secara fisik dan kimia tetap baik saat pengerjaan maupun masa pelayanan jalan (Amal, 2011).

2.1.4 Analisis Aspal

Analisis aspal secara umum menurut Sukirman, (1999) adalah sebagai berikut:

a. Penetrasi

Pemeriksaan Penetrasi aspal bertujuan untuk memeriksa tingkat kekerasan dari aspal. Pada pemeriksaan diukur jarak jatuh jarum standar penetrasi vertikal ke sampel material di bawah kondisi pembebanan, waktu pembebanan, dan temperatur yang diketahui. Nilai Penetrasi yang tinggi menunjukkan konsistensi aspal yang lebih lunak. Hasil uji untuk aspal penetrasi 60 adalah berkisar antara 6,0 -7,9 mm.

b. Titik lembek

Titik lembek bertujuan untuk mengetahui suhu berapa pada saat aspal meleleh dengan kecepatan dan pemanasan tertentu. Pemeriksaan ini menggunakan cincin

yang terbuat dari kuningan dan bola baja. Titik lembek adalah suhu dimana suatu lapisan aspal dalam cincin yang diletakkan horizontal di dalam larutan yang dipanaskan dengan suhu tertentu sehingga menjadi lembek karena pengaruh dari beban bola baja yang diletakkan di atasnya sehingga lapisan aspal tersebut akan jatuh. Aspal dengan penetrasi yang sama belum tentu mempunyai titik lembek yang sama. Aspal dengan penetrasi 60 titik lembek berkisar antara 50°C sampai 58°C. Aspal dengan titik lembek tinggi baik digunakan sebagai bahan pengikat konstruksi pada pembangunan jalan.

c. Titik nyala dan titik bakar

Titik nyala adalah suhu pada saat terlihat nyala singkat pada suatu titik di atas permukaan aspal, merupakan temperatur dimana tekanan uap yang cukup besar mengeluarkan uap hidrokarbon yang mudah terbakar dengan bantuan udara bila terjadi kontak dengan api. Titik bakar adalah suhu saat aspal mulai menyala sekurang-kurangnya 5 detik. Aspal mudah menyala terbakar dengan temperatur >200°C. Pemeriksaan titik nyala dan titik bakar perlu diketahui untuk memperkirakan temperatur maksimum pemanasan aspal sehingga aspal tidak terbakar. Hasil pemeriksaan dipengaruhi oleh tiupan angin dan kecepatan kenaikan suhu. Sehingga untuk membedakan titik nyala dan titik bakar perlu dilakukan di ruang gelap.

d. Berat jenis

Berat jenis adalah perbandingan antara 1g berat aspal dengan 1 ml air suling pada temperatur sama (25°C). Berat jenis aspal lebih kecil dari 1g/cm³ menunjukkan adanya parafin yang lebih banyak mengakibatkan kurangnya sifat kelengketan pada aspal. Persyaratan yang ditentukan untuk berat jenis aspal adalah 1g/cm³.

e. Daktilitas aspal

Daktilitas adalah kemampuan aspal untuk berubah bentuk (bertambah panjangnya) saat ditarik sampai mengalami putus. Tujuan pemeriksaan ini untuk mengetahui kemampuan aspal untuk berikatan dengan agregat. Umumnya pemeriksaan dilakukan pada suhu 25°C dengan kecepatan 5 cm/menit hingga aspal

tersebut putus. Daktilitas yang tinggi mengindikasikan bahwa aspal semakin lentur, sehingga semakin baik digunakan sebagai bahan pengikat agregat.

2.2 Karet

Saat ini karet yang digunakan di industri terdiri dari karet alam dan karet sintetis. Penggunaan karet sintetis jumlahnya lebih tinggi dibandingkan dengan karet alam. Karet sintetis memiliki kelebihan seperti tahan terhadap berbagai zat kimia, minyak, dan harganya cenderung tetap stabil serta dalam hal pengadaan, karet sintetis juga jarang mengalami kesulitan untuk pengiriman atau suplai barang (Anonim, 2008). Tetapi beberapa juta ton karet alam masih tetap diproduksi setiap tahun, dan masih merupakan bahan yang penting bagi beberapa industri antara lain aneka ban kendaraan (sepeda motor, mobil, traktor, dan pesawat terbang), sabuk penggerak mesin besar dan mesin kecil, pipa karet, kabel, isolator, dan bahan-bahan pembungkus logam (Hendra, 2013).

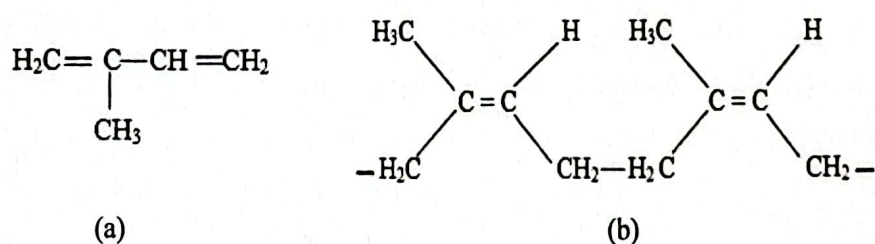
2.2.1 Karet Alam

Karet alam adalah suatu senyawa hidrokarbon dan merupakan polimer alam yang dihasilkan dari pengolahan getah karet atau *latexs*, yaitu cairan yang berwarna putih dari jenis tumbuhan seperti *Hevea'a Brasiliensis*, yang dilakukan dengan cara proses penyadapan sehingga pohon akan memberikan respon yang menghasilkan lebih banyak *latexs*. Karet alam mempunyai sifat mekanik yang lebih baik dibandingkan karet sintesis (Rahmaniar dkk., 2010).

Indonesia memiliki perkebunan karet yang cukup luas. Sayangnya perkebunan yang luas ini tidak diimbangi dengan produktivitas yang memuaskan. Produktivitas lahan karet di Indonesia rata-rata rendah dan mutu karet yang dihasilkan juga kurang memuaskan. Bahkan di pasaran Internasional karet Indonesia terkenal sebagai karet yang bermutu rendah. Sebaliknya Malaysia dan Thailand memiliki produktivitas karet yang baik dengan mutu yang terjaga, terutama karet produksi Thailand.

Itulah sebabnya Malaysia dan Thailand masih menguasai pasaran karet internasional sementara Indonesia hanya menjadi bayang-bayang keduanya (Anonim, 2008). Selain itu perdagangan karet alam semakin lama semakin mengalami penurunan. Hal tersebut dikarenakan munculnya saingan karet alam,

yaitu karet sintetis. Karet sintetis atau karet buatan yang bahan bakunya dari lapisan minyak bumi ini diproduksi secara besar-besaran. Akan tetapi meskipun produksi dan konsumsi karet alam jauh di bawah karet sintetis, karet sintetis belum mampu menggantikan karet alam sepenuhnya, karena keunggulan yang dimiliki karet alam sulit ditandingi oleh karet sintetis. Rumus struktur kimia monomer karet alam (2-metil-1,3-butadiena) dan struktur ruang karet alam (cis-1,4 poliisoprena) adalah sebagaimana ditunjukkan pada gambar II.1



Gambar II. 1 Struktur Kimia Karet Alam
(a) 2-metil-1,3-butadiena, (b) cis 1,4 poliisoprena

2.2.2 Jenis-Jenis Karet Alam

Menurut Hendra, (2013) ada beberapa macam karet alam yang dikenal, diantaranya merupakan bahan olahan ada yang setengah jadi atau sudah jadi. Jenis-jenis karet alam antara lain:

a. Bahan olah karet

Bahan olah karet adalah *latex* kebun serta gumpalan *latex* kebun yang diperoleh dari pohon karet *Hevea Brasillensis*. Yang termasuk bahan olah karet adalah *latex* kebun, *sheet* angin, *slab* tipis, dan *lump* segar yang dibagi berdasarkan pengolahannya sebagai berikut:

1. *Latex* kebun merupakan cairan getah yang dihasilkan dari proses penyadapan pohon karet dan cairan getah ini belum mengalami pengolahan sama sekali.
2. *Sheet* angin merupakan bahan olah karet yang dibuat dari *latex* yang sudah disaring dan digumpalkan dengan asam semut. Jenis ini berupa karet *sheet* yang sudah digiling tetapi belum jadi.
3. *Slab* tipis merupakan bahan olah yang terbuat dari *latex* yang sudah digumpalkan dengan asam semut.
4. *Lump* segar merupakan bahan olah karet yang bukan berasal dari gumpalan *latex* kebun, melainkan terjadi secara alamiah dalam mangkuk penampung.

b. Karet alam konvensional

Ada beberapa macam karet olahan yang tergolong karet alam konvensional. Jenis itu pada dasarnya hanya terdiri dari golongan karet *sheet* dan *crepe*. Salah satu contoh karet ini yang paling banyak digunakan adalah karet jenis *Ribbed Smoked Sheet* atau biasa disingkat RSS adalah jenis karet berupa lembaran yang pembuatannya melalui proses pengasapan.

c. *Latex* pekat

Latex pekat adalah *latex* kebun yang dipekatkan. *Latex* pekat yang ada dipasaran dibuat dengan cara pendadihan atau *creamed latex* dan melalui proses pemusingan atau *centrifuged latex*. *Latex* pekat banyak digunakan untuk pembuatan bahan-bahan karet yang tipis dan bermutu tinggi.

d. Karet Reklam (*Reclaimed Rubber*)

Karet reklam merupakan karet yang diolah kembali dari barang-barang karet bekas, terutama ban-ban mobil bekas. Karenanya karet reklam adalah suatu hasil pengolahan yang sudah divulkanisasi. Karet reklam biasanya digunakan sebagai bahan campuran, karena mudah mengambil bentuk dalam acuan serta daya lekat yang dimilikinya juga baik. Produk yang dihasilkan juga lebih kukuh dan lebih tahan lama dipakai. Daya tahan karet reklam terhadap bensin atau minyak pelumas lebih besar dari karet alam yang baru dibuat. Kelemahan dari karet reklam adalah kurang kenyal dan kurang tahan gesekan sesuai dengan sifatnya sebagai karet daur ulang. Oleh karena itu karet reklam kurang baik digunakan untuk membuat ban.

e. Karet Spesifikasi Teknis

Karet spesifikasi teknis adalah karet alam yang dibuat khusus sehingga terjamin mutu teknisnya. Kualitas mutu karet Indonesia tercantum dalam *Standard Indonesian Rubber (SIR)*. Penetapan mutu juga didasarkan pada sifat-sifat teknis. Persaingan karet alam dan karet sintesis merupakan penyebab timbulnya karet spesifikasi teknis. Karet SIR adalah karet bongkah (karet remah) yang telah dikeringkan dan dikilang menjadi bandela-bandela dengan ukuran yang telah ditentukan. Karet ini dipak dalam bongkah-bongkah kecil, berat dan ukurannya seragam, ada sertifikat uji coba laboratorium dan ditutup dengan lembaran plastik. Perbedaan SIR 5, SIR 10, dan SIR 20 adalah pada standar spesifikasi mutu kadar

kotoran, kadar abu, dan kadar zat menguap yang sesuai dengan *Standard Indonesian Rubber*. Semakin tinggi jenis SIR maka semakin banyak partikel-partikel asing yang terkandung didalamnya sehingga harganya juga semakin murah jika dipasarkan. Adapun perbedaan *Standard Indonesian Rubber* dapat dilihat pada tabel II.2

Tabel II. 2 Standard Indonesian Rubber (SIR)

Jenis uji	Satuan	Latex 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 10CV (*constant viscosity*)

SIR 3L (*light*)

SIR 20CV (*constant viscosity*)

SIR 3WF (*whole field*)

SIR LoV (*low viscosity*)

2.2.3 Karet Sintetis

Karet sintetis adalah karet yang berasal dari hasil samping pengolahan minyak bumi yang kemudian melalui reaksi polimerisasi menjadi suatu material baru yang sifatnya mendekati sifat karet alam (Hendrawan dan Purboputro, 2015). Negara-negara industri maju merupakan pelopor berkembangnya jenis-jenis karet sintetis. Sekarang banyak karet sintetis yang biasanya tiap jenis memiliki sifat tersendiri yang khas. Ada jenis yang tahan terhadap panas atau suhu tinggi, minyak, ozon, dan oksidasi. Karet sintetis atau karet buatan yang umum disebut dengan *synthetic rubber*, salah satu jenis karet sintetis adalah *Styrene Butadiene Rubber*

yang merupakan polimerisasi antara *Styrene* yang dikombinasi dengan *butadiena* menghasilkan *Styrene Butadiene Rubber* atau *Styrene Butadiene Styrene* (SBS) yang mempunyai sifat menyerupai karet alam dan juga mempunyai kelebihan memperbaiki sifat yang kurang pada karet alam (Anonim, 2008).

Berdasarkan tujuan pemanfaatannya ada dua macam karet sintetis yang dikenal, yaitu karet sintesis yang digunakan secara umum serta karet sintetis yang digunakan untuk keperluan khusus

a. Karet sintetis untuk kegunaan umum

Karet sintetis dapat digunakan untuk berbagai keperluan, bahkan banyak fungsi karet alam yang dapat digantikannya. Jenis-jenis karet sintetis untuk kegunaan umum diantaranya sebagai berikut:

1. SBR (*Styrene Butadiene Rubber*)

Karet *Styrene Butadiene* (SBR) adalah kopolimer dari *Styrene* dan *Butadiene*. SBR merupakan jenis karet sintetis yang tingkat konsumsinya paling banyak. Penggunaan utama dari SBR adalah di industri otomotif dan pembuatan ban yaitu sebesar 70%. Jenis karet ini memiliki ketahanan kikis yang baik dan kalor atau panas yang ditimbulkan juga rendah. Namun jika SBR yang tidak diberi tambahan bahan penguat memiliki kekuatan yang lebih rendah dibandingkan karet alam.

2. BR (*Butadiene Rubber*)

Dibandingkan dengan SBR, karet jenis BR lebih lemah. Daya lekat lebih rendah, dan pengolahannya juga tergolong sulit. Karet jenis ini jarang digunakan tersendiri karena proses produksinya yang sulit untuk membuat suatu barang, biasanya BR dicampur dengan karet alam atau SBR. Pencampuran BR dengan SBR atau karet alam akan meningkatkan *hysteresis* (ketahanan terhadap peningkatan panas), dan ketahanan abrasi.

3. IR (*Isoprene Rubber*) atau *Polyisoprene Rubber*

Jenis karet ini mirip dengan karet alam karena sama-sama merupakan polimer *isoprene*. Dapat dikatakan bahwa sifat IR yang mirip sekali dengan karet alam, walaupun tidak secara keseluruhan. Jenis IR memiliki kelebihan lain dibanding karet alam yaitu lebih murni dalam bahan dan viskositasnya lebih bagus.

b. Karet sintetis untuk kegunaan khusus

Jenis karet sintetis ini tidak terlalu banyak digunakan dibandingkan dengan karet sintetis yang pertama. Jenis ini digunakan untuk keperluan khusus karena memiliki sifat khusus yang tidak dimiliki oleh karet sintetis jenis pertama. Beberapa jenis karet sintetis untuk kegunaan khusus yang banyak dibutuhkan diantaranya:

1. IIR (*Isobutene Isoprene Rubber*)

IIR sering disebut *Butyl Rubber* dan hanya mempunyai sedikit ikatan rangkap sehingga membuatnya tahan terhadap pengaruh oksigen dan ozon. IIR juga terkenal karena kedap gas. Dalam proses vulkanisasinya, jenis IIR lambat matang sehingga memerlukan bahan pemercepat dan belerang. IIR tidak baik dicampur dengan karet alam atau karet sintetis lainnya bila akan diolah menjadi suatu barang. IIR yang divulkanisir dengan damar fenolik menjadikan bahan tahan terhadap suhu tinggi serta proses pelapukan/penuaan.

2. NBR (*Nitrile Butadiene Rubber*) atau *Acrylonitrile Butadiene Rubber*

Karet *Acrylonitrile Butadiene Rubber* merupakan kopolimer dari *Acrylonitrile* dan *Butadiene*. NBR adalah karet sintetis kegunaan khusus yang paling banyak dibutuhkan. Sifatnya yang sangat baik adalah tahan terhadap minyak. Sekalipun di dalam minyak, karet jenis ini tidak mengembang. Sifat ini disebabkan oleh adanya kandungan akrilonitril didalamnya. Semakin banyak kadar akrilonitril yang dimiliki, maka daya tahan terhadap minyak, lemak, dan bensin semakin tinggi, tetapi elastisitasnya semakin berkurang. NBR memerlukan pula zat penambahan bahan penguat serta bahan pelunak senyawa ester dalam proses pencampurannya.

3. CR (*Chloroprene Rubber*)

CR memiliki ketahanan terhadap minyak tetapi dibandingkan dengan NBR ketahanannya masih kalah. CR juga memiliki daya tahan terhadap pengaruh oksigen dan ozon di udara, bahkan juga terhadap panas atau nyala api. Pembuatan karet sintetis CR tidak divulkanisasi dengan belerang melainkan menggunakan magnesium oksida, seng oksida dan bahan pemercepat tertentu.

4. EPR (*Ethylene Propylene Rubber*)

Karet *Ethylene Propylene Rubber* merupakan salah satu jenis karet yang banyak

digunakan. *Ethylene Propylene* memiliki sifat yang baik dalam ketahanan terhadap panas, oksidasi, ozon dan cuaca. Sebagai karet non polar, *ethylene propylene* memiliki daya hambat listrik yang baik, dan ketahanan yang baik terhadap pelarut polar seperti air, asam, alkali, *phosphate ester*, dan alkohol. *Ethylene Propylene Rubber* sering juga disebut EPDM karena pada proses polimerisasinya menggunakan monomer etilen dan propilen. Pada proses vulkanisasinya dapat ditambahkan belerang. Adapun bahan pengisi dan bahan pelunak yang ditambahkan tidak memberikan pengaruh terhadap daya tahan. Keunggulan yang dimiliki EPR adalah ketahanannya terhadap sinar matahari, ozon, dan pengaruh terhadap cuaca lainnya. Sedangkan kelemahannya pada daya lekat yang rendah (Anonim, 2008).

2.2.4 Perbedaan Karet Alam dengan Karet Sintetis

Karet alam memiliki beberapa kelemahan dipandang dari sudut kimia maupun bisnisnya, akan tetapi menurut beberapa ahli, karet alam tetap memiliki harga pasar yang baik. Beberapa industri tertentu tetap memiliki ketergantungan yang besar terhadap pasokan karet alam, misalnya industri ban yang merupakan pemakai terbesar karet alam. Karet alam sekarang ini jumlah produksi dan konsumsinya jauh dibawa karet sintetis atau karet buatan pabrik, tetapi sesungguhnya karet alam belum dapat digantikan dengan karet sintetis. Karet alam memiliki beberapa keunggulan yang sulit ditandingi oleh karet sintetis.

Adapun kelebihan karet alam adalah sebagai berikut :

- 1 Memiliki daya elastis atau lenting sempurna
- 2 Memiliki plastisitas yang baik sehingga pengolahannya mudah,
- 3 Mempunyai daya aus yang tinggi,
- 4 Tidak mudah panas (*low head build up*),
- 5 Memiliki daya tahan yang tinggi terhadap keretakan (*groove cracking resistance*)

Walaupun demikian, karet sintetis memiliki kelebihan seperti tahan berbagai zat kimia dan harganya yang cenderung bisa dipertahankan supaya tetap stabil (Anonim, 2008).

2.3 Kompon Karet

Kompon karet adalah campuran karet mentah yang telah dicampur dengan bahan kimia karet (bahan aditif) seperti: *filler*, *processing oils*, *accelerator*, dan jenis zat penambah lainnya dengan menggunakan mesin giling karet seperti *open mill* dan *kneader* yang mana jika dipanaskan dengan temperatur dan waktu yang cukup akan berubah menjadi barang jadi yang bersifat permanen (*vulcanized rubber*). Karet yang digunakan untuk kompon terdiri dari dua jenis, yaitu karet alam dan karet sintesis (Hendrawan dan Purboputro, 2015).

Dari pengertian kompon, diketahui bahwa dalam proses pembuatannya digunakan bahan-bahan kimia yang ditambahkan pada bahan baku karet untuk memperoleh sifat fisik dan kimiawi dari kompon karet yang lebih baik. Bahan kimia kompon dapat dibagi menjadi dua jenis yaitu bahan kimia utama dan bahan kimia pembantu proses. Bahan kimia utama adalah bahan kimia yang digunakan untuk meningkatkan sifat-sifat fisik karet, sehingga produk karet yang dihasilkan akan memiliki sifat fisik dan kimiawi yang lebih stabil. Proses pembuatan kompon karet dengan menggunakan alat *open mill* dapat dilihat pada gambar II.2



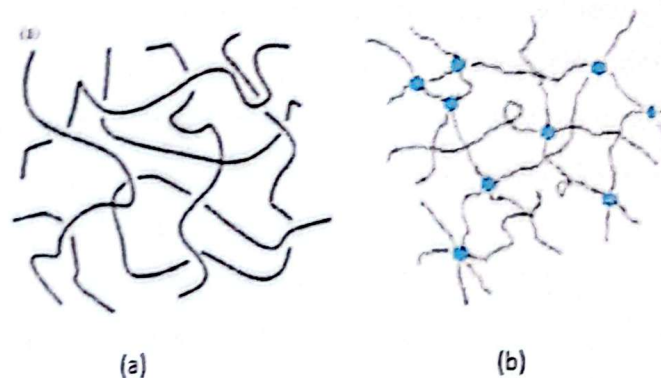
Gambar II. 2 Proses Pembuatan Kompon Karet

2.4 Bahan Aditif

Bahan aditif adalah senyawa kimia yang bila ditambahkan akan menaikkan sifat kimia dan sifat fisika seperti yang diharapkan di bawah ini adalah beberapa contoh bahan aditif yang ditambahkan dalam pembuatan kompon karet adalah sebagai berikut:

a. Bahan vulkanisasi

Bahan vulkanisasi adalah bahan kimia yang dapat bereaksi dengan gugus aktif molekul karet pada proses vulkanisasi, dengan reaksi yang membentuk ikatan silang antar molekul karet sehingga terbentuk jaringan tiga dimensi. Bahan vulkanisasi yang paling banyak digunakan adalah belerang (*sulphur*), yaitu untuk memvulkanisasi NR (*Natural Rubber*), SBR (*Styrene Butadiene Rubber*), BR (*Butadiene Rubber*), IR (*Isoprene Rubber*), NBR (*Nitrile Butadiene Rubber*), dan IIR (*Isobutene Isoprene Rubber*). Sulfur adalah zat padat kristalin kuning. Proses vulkanisasi terjadi perubahan karet yang semula plastis menjadi elastis. Tetapi reaksi antar melekul berlangsung sangat lambat, dengan penambahan bahan pencepat dan bahan penggiat, dapat mempersingkat waktu vulkanisasi (Rahmaniar dkk., 2010). Perbedaan struktur kimia kompon karet sebelum dan setelah divulkanisasi dapat dilihat pada gambar II.3



Gambar II. 3 Struktur Kompon Karet
 (a) Struktur sebelum vulkanisasi, (b) Struktur setelah divulkanisasi
 Sumber: Matador Rubber, 2007

b. Bahan Pencepat (*Accelerator*)

Bahan pencepat ditambahkan karena proses vulkanisasi pada kompon karet yang hanya mengandung belerang sangat lambat.. Senyawa kimia yang digunakan untuk mempercepat atau mengurangi waktu untuk proses vulkanisasi dan dapat mengurangi bahan vulkanisasi yang digunakan Bahan pencepat yang paling banyak digunakan adalah MBT (*Marcapto Benzhoathizole*) dan TMTD (*Tetramethyl Thiuram Disulfide*) (Victor, 2014). Keuntungan yang diperoleh

dengan menggunakan *accelerator* adalah dapat digunakan bahan dasar kualitas rendah dan hasil akhir yang lebih seragam.

c. Bahan Penggiat (*Activator*)

Bahan penggiat atau biasa disebut bahan pengaktif. Bahan ini digunakan untuk menggiatkan kerja dari bahan pencepat di mana pada umumnya bahan pencepat tidak akan berfungsi secara efisien tanpa bahan penggiat. Bahan Penggiat yang paling umum digunakan adalah kombinasi seng oksida dan asam stearat. Seng oksida adalah senyawa anorganik dengan rumus ZnO dan merupakan bahan kimia yang mudah bereaksi dengan senyawa lainnya. Seng oksida berbentuk serbuk putih yang tidak larut dalam air dan tidak berbau sedangkan asam stearat adalah asam lemak jenuh yang mudah diperoleh dari lemak hewani serta minyak merupakan salah satu bahan yang biasa digunakan sebagai bahan aditif dalam proses vulkanisasi karet dengan belerang (Ramadhan dan Fathurrohman, 2012).

d. Bahan Pengisi (*Filler*)

Dalam kompon karet bahan pengisi ditambahkan dalam jumlah yang besar. Bahan pengisi penguat akan meningkatkan kekerasan, ketahanan sobek, ketahanan kikis, dan tegangan putus pada bahan karetnya. Penambahan bahan pengisi ditambahkan untuk memperkuat struktur fisik, memperbaiki karakteristik pengolahan, dan menambah *volume*.

Bahan pengisi berdasarkan keaktifannya terdiri dari dua jenis yaitu bahan pengisi aktif dan bahan pengisi tidak aktif. *Reinforcing filler* (bahan pengisi aktif) berfungsi untuk meningkatkan kekerasan, ketahanan sobek, ketahanan kikis, dan tegangan putus pada barang jadi karet contohnya : *carbon black*, silika, dan $MgCO_3$. Sedangkan *Inert filler* (bahan pengisi tidak aktif) berfungsi sebagai penambah volume, menambah kekerasan, dan kekakuan barang jadi karet contohnya: $CaCO_3$, kaolin, dan $BaSO_4$ (Victor, 2014).

e. Antioksidan

Penambahan antioksidan pada kompon karet akan menghambat kerusakan karet karena udara (O_2) dan ozon. Karet tanpa antioksidan akan mudah teroksidasi sehingga menjadi lunak kemudian lengket dan akhirnya menjadi keras dan retak-retak (*aging*). Contoh bahan antioksidan TMQ, *waxes*, dan *phenol* (Victor, 2014).

Antioksidan jenis TMQ adalah bahan aditif yang berbentuk butiran berwarna kuning atau coklat yang tidak larut dalam air dan mempunyai kinerja sangat baik untuk melindungi karet dari reaksi oksidasi. Antioksidan TMQ penggunaan utamanya untuk karet alam karena kinerjanya yang baik untuk mencegah proses *aging* yang disebabkan oleh sinar matahari dan ozon.

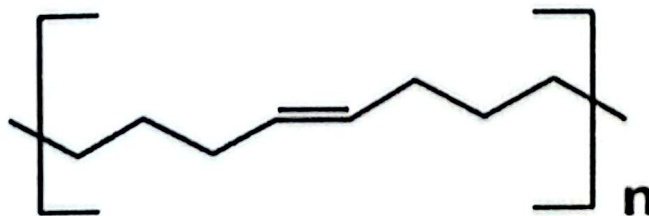
2.5 *Trans-Polyoctenamer*

Trans-polyoctenamer adalah bahan aditif untuk industri karet dengan sifat yang unik yang berfungsi untuk mengurangi kelengketan, mengurangi bau, mengurangi pemanasan berlebih pada karet, menguatkan ikatan molekul karet dan memudahkan dalam pencampuran GTR (*Ground Tyre Rubber*) dengan aspal. Beberapa keuntungan penambahan *trans-polyoctenamer* pada pembuatan jalan beraspal yaitu: jalan tidak terlalu rapuh pada suhu rendah, jalan memiliki ketahanan yang lebih baik, dan jalan memiliki kekakuan yang lebih tinggi. *Trans-polyoctenamer* telah digunakan sebagai suatu bahan aditif dalam industri karet (*Evonik Industries*, 2012). Dengan kegunaannya yang baik pencampuran *trans-polyoctenamer* dapat mengatasi berbagai masalah dalam pembuatan aspal modifikasi dengan campuran karet alam.

Sifat karakteristik dari *trans-polyoctenamer*:

1. Titik leleh yang rendah
2. Viskositasnya rendah ketika meleleh
3. Kristalinitas tinggi

Struktur rantai linear dari *trans-polyoctenamer* dapat dilihat pada gambar II.4



Gambar II. 4 Rantai Linear *Trans-Polyoctenamer*

Sumber : *Vestanamer & Ground Tire rubber*, *Evonik industries*

2.6 Karet *Masterbatch*

Karet *masterbatch* adalah kompon karet yang sudah melalui proses vulkanisasi yang kemudian dicampur dengan aspal dengan perbandingan berat yaitu 80% kompon karet dan 20% aspal yang dicampur menggunakan alat *kneader machine*. Karet *masterbatch* yang dihasilkan kemudian dipotong kecil-kecil yang dicampur pada aspal dengan alat *homogenizer*.

2.7 Pengujian Titik Lembek dan Perhitungahn Rendemen Aspal Karet

Pengujian aspal karet dilakukan untuk mengetahui sifat aspal karet tersebut, apakah aspal karet cocok atau tidak digunakan dan sesuai dengan persyaratan yang telah ditentukan.

2.7.1 Pengujian Titik Lembek

Pengujian titik lembek dilakukan karena pelembekan pada aspal tidak terjadi secara sekejap pada suhu tertentu, tapi lebih merupakan pada perubahan suhu. Metode *ring and ball* yang umumnya ditetapkan pada pengujian ini yang dapat mengukur titik lembek bahan semi padat sampai padat. Yang dimaksud dengan titik lembek adalah suhu pada saat bola baja, dengan berat tertentu, mendesak turun suatu lapisan aspal yang tertahan dalam cincin tertentu, sehingga aspal tersebut menyentuh pelat dasar yang terlelak di bawah cincin pada ketinggian tertentu, sebagai akibat kecepatan dari pemanasan yang telah ditentukan (SNI - 2434-2011).

2.7.2 Perhitungan Rendemen Aspal Karet

Rendemen adalah perbandingan antara berat akhir yang dihasilkan dengan berat awal yang dikalikan 100% (Sani dkk., 2014). Semakin tinggi nilai persentase hasil rendemen menandakan produk yang dihasilkan semakin banyak dengan tidak mengesampingkan sifat-sifat lain dari aspal karet tersebut.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan di laboratorium kimia, Pusat Penelitian Karet, Bogor.
Desember 2018 - Juni 2019.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu (Lampiran A) :

- 1) Neraca Analitik
- 2) *Cutting Machine*
- 3) *Kneader Machine*
- 4) *Open Mill Machine*
- 5) *High Shear Homogenizer*
- 6) Termometer
- 7) *Electric heater*
- 8) *Thermostat*
- 9) Gunting
- 10) Alat Penguji Titik Lembek
- 11) *Magnetic Stirrer*
- 12) *Hotplate*
- 13) *Beaker Glass* 1000ml
- 14) Pengaduk Kaca
- 15) Sarung Tangan dan Masker

3.2.2 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu (Lampiran B) :

- 1) SIR 20
- 2) Aspal Penetrasi 60
- 3) *Trans-polyoctenamer*
- 4) *Zinc Oxide (ZnO)*
- 5) Asam stearat
- 6) *Trimethyl Quinoline (TMQ)*
- 7) Sulfur
- 8) *Aquades*
- 9) Oli

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 ± 800 g berat aspal dalam kaleng
- b. Suhu : 160°C pada pencampuran aspal dengan kompon
- c. Kecepatan : 6000 rpm pada alat *High Shear Homogenizer* tipe AE 300 LH

3.3.2 Variabel Bebas

Variabel bebas merupakan variabel yang divariasikan pada setiap sampel yang akan diteliti agar didapat hasil yang diinginkan. Pada penelitian ini variasi yang ditetapkan pada setiap sampel adalah waktu pencampuran dan dosis persentasi *trans-polyoctenamer* untuk pembuatan aspal karet. Variasi komposisi aspal dengan karet *masterbatch* dapat dilihat pada tabel III.1.

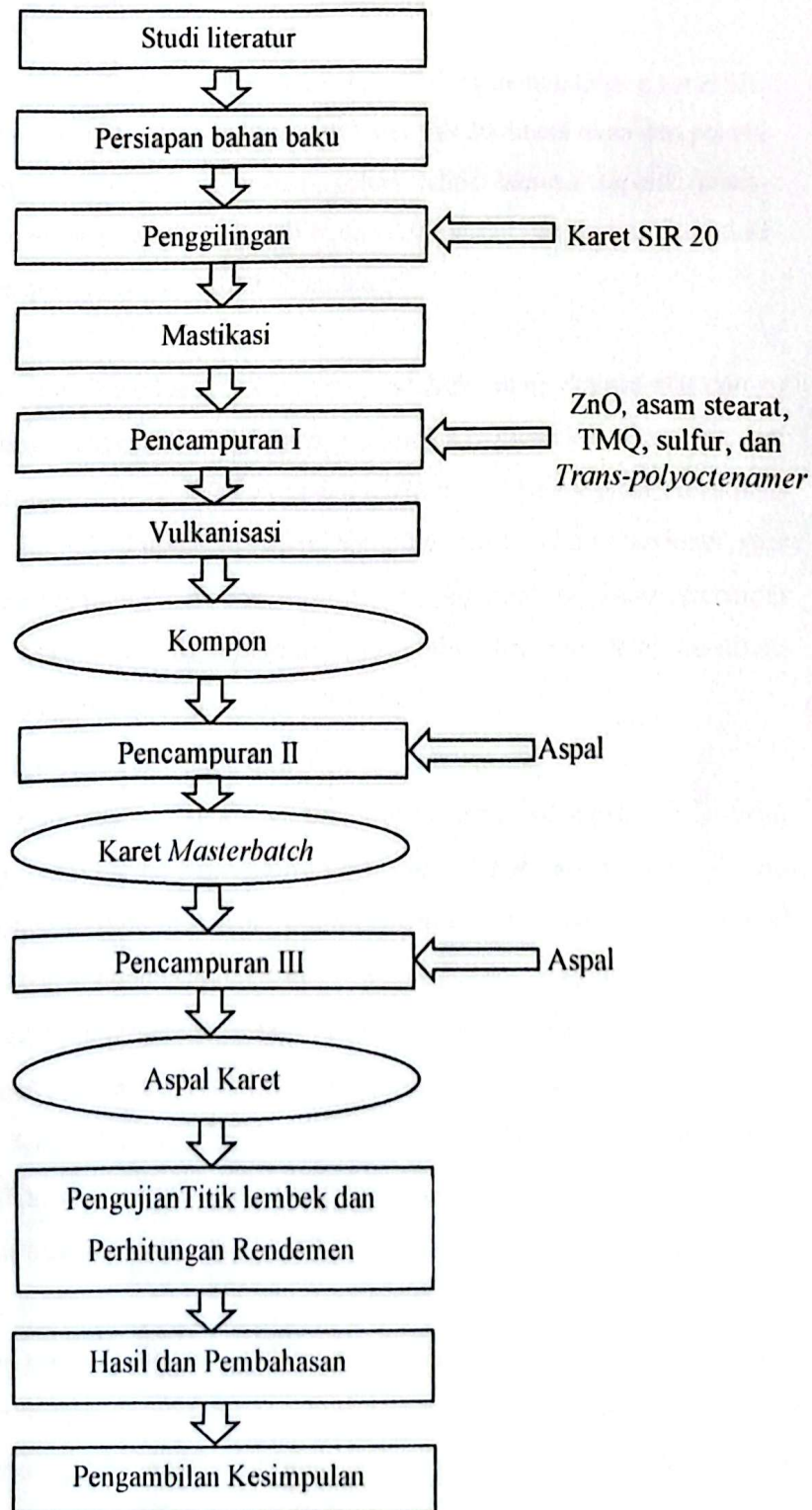
Tabel III. 1 Variasi Komposisi Aspal dengan karet *Masterbatch*

Kode sampel	Waktu (Jam)	Berat aspal (g)	Berat karet <i>Masterbatch</i> (g)	Dosis <i>Trans-polyoctenamer</i> (%)
WS ₀	4	811,5	56,8	95,18
WS ₁	4	810,8	56,4	96,20
WS ₂	4	813,9	56,9	96,32
WS ₃	4	816,7	57,1	96,96
WS ₄	5	809,2	56,6	95,00
WS ₅	5	810,5	56,5	96,09
WS ₆	5	809,8	56,7	96,15
WS ₇	5	817,4	57,2	96,64

Pada penelitian yang dilakukan variasi pencampuran waktu dibagi dua yaitu pada waktu 4 jam dan 5 jam dengan berat karet *masterbatch* 7% dari berat aspal dalam kaleng, sedangkan penambahan *trans-polyoactenamer* dibagi masing-masing empat variasi yaitu dosis 0%; 3%; 4,5% dan 6%.

3.4 Prosedur Penelitian

Pada gambar III.1 memperlihatkan prosedur penelitian yang dilakukan.



Gambar III. 1 Skema Penelitian

3.5 Tahap Pembuatan Aspal Karet

a. Persiapan bahan baku

Pada pembuatan aspal modifikasi karet dimulai dengan menimbang karet SIR 20 dengan neraca digital, sebelum ditimbang karet SIR 20 dibersihkan dari plastik pembungkusnya dan ditimbang bahan-bahan aditif lainnya seperti: *trans-polyoctenamer*, asam stearat, TMQ, sulfur, dan ZnO sesuai dengan tiap formulasi pembuatan kompon karet yang sudah ditentukan.

b. Mastikasi

Pada proses mastikasi, karet SIR 20 yang sudah dipotong dengan alat *cutting machine*, digiling menggunakan alat *open mill* hingga berbentuk lembaran sampai permukaan dari karet SIR 20 tidak kasar dan lebih elastis. Untuk proses mastikasi membutuhkan waktu 3 - 4 menit. Proses ini bertujuan untuk melunakkan karet, agar pada pembuatan kompon bahan-bahan aditif yang ditambahkan dapat tercampur secara merata. Mastikasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah mastikasi dingin karena menggunakan suhu di bawah 100°C.

c. Pencampuran (*Mixing*) I

Hasil dari proses mastikasi ditambah bahan-bahan zat aditif seperti: ZnO, asam stearat, TMQ, sulfur, dan *trans-polyoctenamer*. Penambahan dengan cara mencampur bahan tersebut dan menggiling dengan menggunakan alat *open mill* hingga seluruh bahan homogen. Hasil dari proses tersebut disebut kompon karet. Pada pencampuran ini terjadinya proses vulkanisasi, karena pengaruh sulfur yang ditambahkan pada kompon karet. Proses vulkanisasi bertujuan untuk membentuk ikatan silang, dengan bantuan asam stearat, TMQ, dan ZnO untuk mempercepat dan mengaktifkan reaksi vulkanisasi. Pada proses ini sifat karet yang pada awalnya plastis berubah menjadi elastis dan lebih kuat.

d. Pencampuran (*Mixing*) II

Pada proses pencampuran selanjutnya kompon karet yang sudah melalui proses vulkanisasi kemudian dimasukkan ke dalam alat *kneader machine* dengan aspal dengan perbandingan berat 80% kompon dan aspal 20% waktu pencampuran di alat *kneader machine* selama 20 menit. Sehingga hasilnya terbentuk gumpalan kompon karet yang tercampur dengan aspal yang disebut dengan karet

alat *kneader machine* selama 20 menit. Sehingga hasilnya terbentuk gumpalan kompon karet yang tercampur dengan aspal yang disebut dengan karet *masterbatch*.

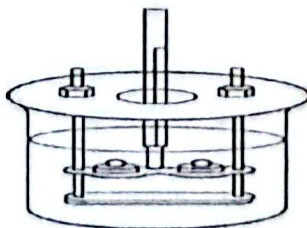
e. Pencampuran (*Milling*) III

Pada proses pencampuran selanjutnya karet *masterbatch* ditimbang dengan berat 56g atau 7% dari berat aspal dalam kaleng, lalu karet *masterbatch* dipotong-potong dengan ukuran <6 mm, supaya pencampuran dengan aspal lebih mudah. Kemudian kaleng yang sudah berisi aspal dengan berat ± 800 g dimasukkan ke dalam wadah yang berisi oli dan kemudian dipanaskan sampai suhu 160°C menggunakan kompor listrik hingga mencair. Pemanasan dilakukan dengan menggunakan alat pengatur suhu (*thermostat*) untuk mengontrol suhu tetap konstan. Setelah aspal mencair, masukkan potongan-potongan karet *masterbatch* ke dalam kaleng yang dilengkapi dengan alat pencampur khusus yaitu *high shear homogenizer* yang diatur kecepatannya 6000 rpm. Alat pencampur ini berfungsi agar aspal dan karet *masterbatch* dapat tercampur dengan merata. Proses pencampuran dilakukan selama 4 dan 5 jam.

3.6 Pengujian Titik lembek dan Perhitungan Rendemen

3.6.1 Pengujian Titik Lembek (*Softening Point*)

Pada pengujian titik lembek yang dilakukan menggunakan metode *ring and ball* yang terbuat dari kuningan yang mengacu pada SNI 2434:2011 tentang cara uji titik lembek dengan alat cincin dan bola (*ring and ball*) pada aspal. Alat pengujian titik lembek dapat dilihat pada gambar III.2



Gambar III. 2 Alat Pengujian Titik Lembek
Sumber : SNI 2434:2011

Pada pengujian ini aspal karet yang sudah cair dituangkan dalam *ring* berbahan kuningan lalu tunggu 20 menit sampai aspal karet menjadi padat. Setelah 20 menit, ratakan permukaan aspal karet, lalu letakkan bola baja di atas *ring*. Kemudian

pasang *ring* yang sudah terisi aspal yang di atasnya terdapat bola baja dengan *frame* yang sudah dilengkapi dengan termometer ke dalam *beaker glass*, yang sudah terisi air *aquades* sebanyak 600 ml dan *magnetic stirrer*. Lalu *beaker glass* beserta isinya diatas didinginkan ke dalam wadah yang sudah terisi es selama 15 menit. Tujuan pendinginan ini adalah agar suhu pada *beaker glass* homogen. Setelah 15 menit, letakkan *beaker glass* ke atas *hotplate* atur suhu 300°C. *Magnetic stirrer* di dalam *beaker glass* diatur kecepatannya sebesar 350 rpm. Tunggu hingga bola baja jatuh ke permukaan *frame*, kemudian catat suhu pada saat bola baja jatuh ke permukaan dasar *frame*.

3.6.2 Perhitungan Rendemen Aspal Karet

Pada perhitungan ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dosis *trans-polyoctenamer* sebagai fungsinya yaitu mengurangi kelengketan pada aspal karet sehingga produk sisa dari aspal karet dapat diminimalkan. Rendemen adalah perbandingan antara berat akhir produk yang dihasilkan dengan berat awal produk dikalikan 100%. Pada perhitungan rendemen ini yang dilakukan pertama yaitu memanaskan aspal karet dengan alat *electric heater* dengan suhu pada *thermostat* yaitu 160°C sampai aspal karet semua cair, setelah cair timbang kaleng aspal karet untuk mengetahui berat awal aspal karet lalu timbang kaleng kosong baru sebagai wadah nantinya ketika aspal cair tersebut dituangkan.

Kemudian tuangkan aspal karet cair ke wadah kaleng baru tunggu hingga 11 menit, setelah itu timbang kaleng baru yang sudah berisi aspal. Lalu hitung perbandingan antara berat aspal dalam wadah kaleng baru dengan berat aspal wadah kaleng lama dan dikalikan 100% dan catat hasil rendemen yang didapatkan.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

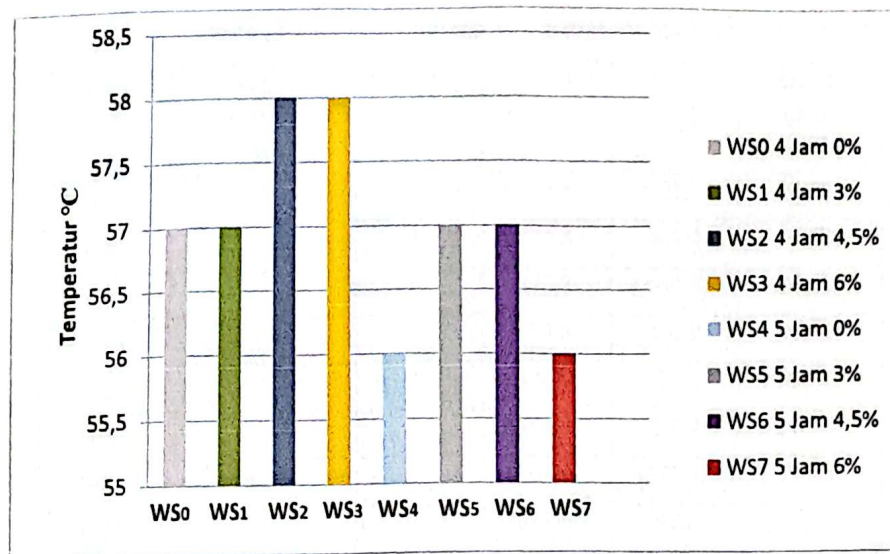
4.1 Hasil Pengujian Titik Lembek

Hasil dari pengujian titik lembek yang telah dilakukan dibuat dalam bentuk tabel dan grafik seperti dapat dilihat pada tabel IV.1 dan gambar IV.1.

Tabel IV. 1 Hasil Pengujian Titik Lembek Aspal Karet

Kode	Waktu (Jam)	Dosis <i>trans-polyoctenamer</i> (%)	Titik Lembek (°C)		Rata-rata (°C)
			Bola 1	Bola 2	
WS ₀	4	0	57	57	57
WS ₁	4	3	57	57	57
WS ₂	4	4,5	58	58	58
WS ₃	4	6	58	58	58
WS ₄	5	0	56	56	56
WS ₅	5	3	57	57	57
WS ₆	5	4,5	57	57	57
WS ₇	5	6	56	56	56
Aspal mumi			53	53	53

Dalam tabel tersebut dibagi 2 variasi yaitu dosis dan waktu pencampuran, dibedakan 4 jam dan 5 jam karena pencampuran jika dilakukan di bawah 4 jam dapat menyebabkan aspal dan karet *masterbatch* tidak tercampur secara merata atau tidak homogen. Dari tabel hasil penelitian uji titik lembek hasil yang didapatkan mempunyai nilai yang sama pada tiap bola baja sehingga pengujian tidak harus diulang. Pada sampel memperlihatkan bahwa pengaruh penambahan karet *masterbatch* dan *trans-polyoctenamer* dapat meningkatkan nilai titik lembek pada semua sampel dibandingkan dengan aspal tanpa campuran karet *masterbatch* dan *trans-polyoctenamer*. Hal ini menunjukkan bahwa aspal menjadi lebih keras sehingga dibutuhkan suhu yang lebih tinggi agar aspal menjadi lunak. Aspal dengan hasil titik lembek yang lebih tinggi baik digunakan sebagai bahan pengikat dengan agregat pada pembangunan jalan (Sukirman, 1999).



Gambar IV. 1 Hasil Uji Titik Lembek Aspal Karet

Dari hasil pengujian titik lembek pada gambar IV.1 didapatkan bahwa, sampel WS₂ dosis 4,5 % dan WS₃ dosis 6% dengan waktu pencampuran 4 jam memiliki nilai titik lembek yang lebih tinggi dari pada sampel lainnya sedangkan sampel WS₄ memiliki nilai terendah yaitu dengan dosis 0% dengan waktu 5 jam. Sampel Pada variasi waktu pencampuran 5 jam tidak memiliki pengaruh yang terlalu signifikan terhadap nilai titik lembek atau lebih rendah dibandingkan dengan sampel dengan waktu pencampuran selama 4 jam, hal tersebut disebabkan karena faktor pemanasan pada saat pencampuran yang dilakukan lebih lama, sehingga pengaruh dari penambahan karet *masterbatch* dan bahan aditif *trans-polyoctenamer* tidak terlalu efisien terhadap kenaikan titik lembek. Dari gambar hasil uji titik lembek tersebut dapat disimpulkan, bahwa pencampuran karet *masterbatch* dan *trans-polyoctenamer* dengan waktu pencampuran selama 4 jam lebih efisien terhadap menaikkan nilai titik lembek, jika dibandingkan dengan waktu pencampuran selama 5 jam dengan dosis yang sama yang hasilnya cenderung menurun atau tidak terlalu berdampak besar pada kenaikan titik lembek.

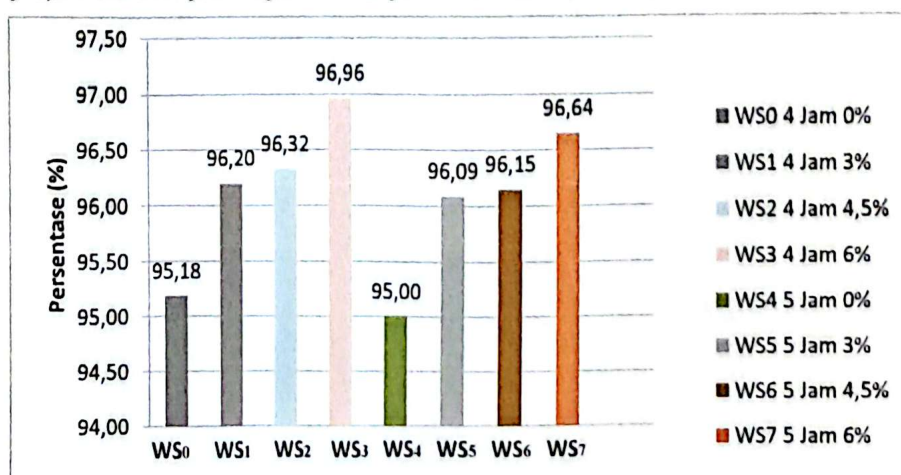
4.2 Hasil Perhitungan Rendemen

Hasil dari perhitungan rendemen dari aspal karet yang telah dilakukan dibuat dalam bentuk tabel dan gambar yang dapat dilihat pada tabel IV.2 dan gambar IV.2

Tabel IV. 2 Hasil Perhitungan Rendemen Aspal Karet

Kode sampel	Dosis <i>trans-polyoctenamer</i> (%)	Waktu (Jam)	Berat awal (g)	Berat akhir (g)	Hasil rendemen (%)
WS ₀	0	4	865,4	823,7	95,18
WS ₁	3	4	856,8	824,2	96,20
WS ₂	4,5	4	872,7	840,6	96,32
WS ₃	6	4	883,8	856,9	96,96
WS ₄	0	5	870,3	826,8	95,00
WS ₅	3	5	855,9	822,4	96,09
WS ₆	4,5	5	864,4	831,1	96,15
WS ₇	6	5	881,6	852	96,64

Dari tabel di atas dapat dilihat terdapat 2 variasi yaitu dosis *trans-polyoctenamer* dan waktu pencampuran, untuk waktu dibedakan dengan lama pencampuran 4 jam dan 5 jam sedangkan untuk dosis *trans-polyoctenamer* yang dibedakan 0%; 3%; 4,5% dan 6% serta perhitungan yang digunakan untuk hasil rendemen yaitu perbandingan antara berat aspal dalam wadah kaleng baru dengan berat aspal wadah kaleng lama dan dikalikan 100%. Dari hasil pengujian rendemen yang didapatkan bahwa aspal karet yang dicampur dengan *trans-polyoctenamer* memiliki nilai rendemen yang lebih tinggi dibandingkan sampel tanpa *trans-polyoctenamer*. Hal ini menunjukkan bahwa pengaruh penambahan *trans-polyoctenamer* pada aspal karet dapat menaikkan nilai rendemen.



Gambar IV. 2 Hasil Perhitungan Rendemen Aspal Karet

Dari gambar IV.2 dapat dilihat bahwa sampel WS₃ dengan dosis *trans-polyoctenamer* sebesar 6% dengan waktu pencampuran selama 4 jam, memiliki nilai rendemen tertinggi di antara sampel lainnya dan sampel WS₀ dan WS₄ dengan dosis 0% dengan waktu pencampuran 4 dan 5 jam memiliki nilai terendah dari sampel lainnya. Dari hasil tersebut dapat juga dilihat bahwa pengaruh penambahan *trans-polyoctenamer* terhadap hasil rendemen pada aspal karet meningkat sesuai dengan penambahan dosis *trans-polyoctenamer* yang ditambahkan, hasil tersebut ditunjukkan pada sampel dengan waktu pencampuran selama 4 jam yang mengalami kenaikan setiap sampelnya begitu pula dengan sampel dengan waktu pencampuran 5 jam dengan dosis yang sama yang mengalami kenaikan setiap sampelnya.

Dari hasil tersebut memperlihatkan bahwa semakin tinggi dosis *trans-polyoctenamer* yang ditambahkan, maka persentase hasil rendemennya juga semakin tinggi artinya pengaruh bahan aditif *trans-polyoctenamer* pada aspal karet dapat mengurangi kelengketan hal tersebut ditunjukkan dengan berkurangnya produk sisa yang menempel pada setiap sampel.

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Pada penelitian ini kesimpulan yang didapatkan adalah :

1. Pada pengujian titik lembek yang telah dilakukan sampel dengan dosis 3% dan 4,5% dengan waktu pencampuran selama 4 jam memiliki nilai tertinggi yaitu 58 °C sedangkan aspal yang tidak dicampur dengan karet *masterbatch* dan *trans-polyoctenamer* memiliki nilai titik lembek terendah yaitu 53 °C. Dari hasil pengujian tersebut dapat disimpulkan bahwa penambahan karet *masterbatch* SIR 20 dan *trans-polyoctenamer* dapat meningkatkan nilai titik lembek pada aspal.
2. Pada hasil perhitungan rendemen sampel dengan dosis 6% *trans-polyoctenamer* dengan waktu pencampuran 4 jam memiliki nilai tertinggi yaitu 96,64% sedangkan hasil terendah diperoleh pada sampel dengan dosis 0% *trans-polyoctenamer* dengan waktu pencampuran 5 jam yaitu 95,00%. Dari hasil tersebut menunjukkan bahwa pengaruh *trans-polyoctenamer* dapat meningkatkan nilai rendemen pada aspal karet.

5.2 Saran

1. Perlu dilakukan modifikasi lain dalam proses pembuatan aspal karet untuk mendapatkan proses yang lebih efisien.
2. Perlu dilakukan penelitian lanjutan mengenai pengaruh waktu pencampuran karet *masterbatch* dan bahan aditif *trans-polyoctenamer* terhadap titik lembek.

DAFTAR PUSTAKA

- Amal, S.A., "Pemanfaatan Getah Karet Pada Aspal 60/70 Terhadap Stabilitas Marshall Pada Aspal Treated Base", Media Teknik Sipil Volume 9, Malang, 2011.
- Anonim., "Panduan Lengkap Karet", Penebar Swadaya, ISBN979-002-233- 6, Jakarta, 2008.
- Anonim , "Rubber Chemistry", Matador Rubber, 2007.
- Badan Standarisasi Nasional, "Metode Pengujian Titik Lembek Aspal Dan Ter", SNI 06-2434-1991, 1991.
- Badan Standarisasi Nasional, "Spesifikasi Aspal Keras Berdasarkan Penetrasi ", SNI 8135:2015, 2015.
- Badan Standarisasi Nasional, "Cara Uji Titik Lembek Aspal dengan Alat Cincin dan Bola (Ring and Ball)", SNI 2434:2011, 2011.
- Badan Standarisasi Nasional, "Cara Uji Penetrasi Aspal", SNI 2456:2011, 2011.
- Badan Standarisasi Nasional, "Karet Spesifikasi Teknis", SNI 1903:2011, 2011.
- Evonik Industries "Vestanamer & Ground Tire Rubber (GTR)", Jerman, 2012.
- Hendra, R., "Material Teknik Karet Alam", Makalah Unika Widya Karya, Malang, 2013.
- Hendrawan, M.A., Purboputro, P.I., "Studi Karakteristik Sifat Mekanik Kompon Karet dengan Variasi Komposisi Sulfur dan Carbon Black Sebagai Bahan Dasar Ban Luar", Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2015.
- Hongying, L., Zhijun, C., Wen, W., Hainian, W., "Investigation of The Rheological Modification Mechanism of Crumb Rubber Modified Asphalt (CRMA) Containing TOR Additive", Elsevier Applied Science, Chang'an University, 2013.

- Mashaan, N.S., Ali, A.H., Koting, S., Karim, M.R., "Performance Evaluation Of Crumb Rubber Modified Stone Mastic Asphalt Pavement In Malaysia" *Advances In Material Science and Engineering*, Malaysia, 2013.
- Pei-Hung, Y., "A Study of Potential Use of Asphalt Containing Synthetic Polymers For Asphalt Paving Mixes", UMI, USA, 2000.
- Polacco, G., Berlincioni, S., Biondi, D., Stastna, J., Zanzotto, L., "Asphalt Modification With Different Polyethylene Based Polymers", *European Polymer Journal* 41 , 2831–2844, Italia, 2005.
- Prastanto, H., Firdaus, Y., Puspitasari, S., Ramadhan, A., Falaah, A.F., "Sifat Fisika Aspal Modifikasi Karet Alam Pada Berbagai Jenis dan Dosis Lateks Karet Alam", *Jurnal Penelitian Karet* 36 (1), 65 - 76, Bogor, 2018.
- Prastanto, H., "Depolimerisasi Karet Alam Secara Mekanis Untuk Bahan Aditif Aspal", *Jurnal Penelitian Karet* 32 (1), 81-87, Bogor, 2014.
- Rahmaniar., Marlina, P., Aprillena, T.B., 'Pembuatan Barang Jadi Karet Menggunakan Nano Sulfur', *Balai Riset dan Standarisasi Industri* Vol. 21 No. 37, Palembang, 2010.
- Ramadhan, A., Fathurrohman, I.M., "Pengaruh Asam Streatat Terhadap Karakteristik Pematangan Sifat Mekanik dan Swelling Vulkanisat Karet Alam Dengan Bahan Pengisi Organoclay" *Jurnal Sains Materi Indonesia*, Bogor, 2012.
- Ritonga, H.A., " Pembuatan Aspal Polimer Menggunakan Karet SIR-20 Yang Diinisiasi Oleh Adanya Dikumul Peroksida Melalui Proses Ekstrusi ", *Jurnal Stikna*, Vol. 01, 2017.
- Salama, H., "Studi Pemanfaatan Karet Alam (SIR 20) yang Didegradasi Secara Mekanis untuk Bahan Aditif Aspal Modifikasi", *Skripsi, Institut Pertanian Bogor*, 2010.

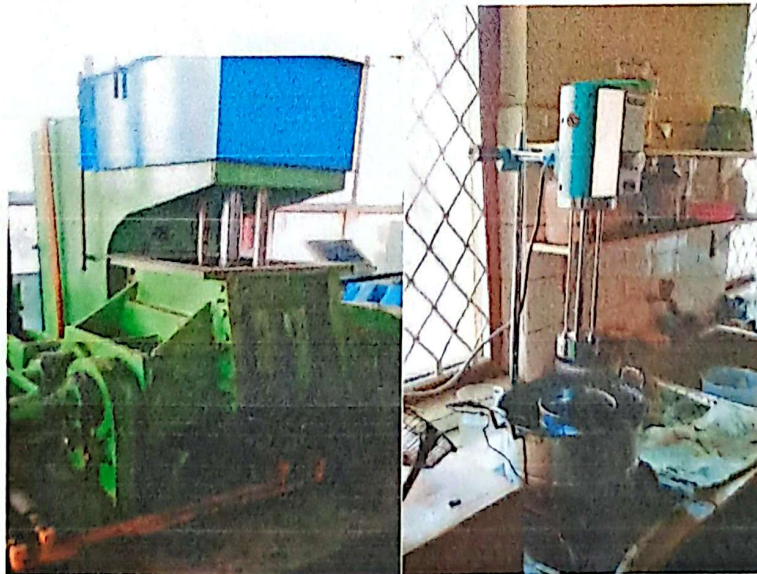
- Sani, R.N., Fithri C.N., Ria D.A., Jaya M.M., "Analisis Rendamen dan Skrining Fitokimia Ekstrak Etanol Mikroalga Laut Tetraselmis Chuli", *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, 2(2):121-126, Malang, 2014.
- Siregar, M.A., Ritonga, M., Surahman, D., "Pembuatan Dan Karakterisasi Modifikasi Aspal Penetrasi 60-70 Dengan Karet Alam Bandar Betsy ", *Jurnal Prosiding Seminar Nasional Fisika*, 2015.
- Suprpto, T.M., "Bahan dan Stuktur Jalan Raya", Biro Penerbit KMTS FT UGM, Edisi Ketiga, 2004.
- Sukirman, S., "Perkerasan Lentur Jalan Raya", Nova, ISBN 979-95847-1, Bandung, 1999.
- Sukirman, S., "Beton Aspal Campuran Panas", Yayasan Obor Indonesia, ISBN 9794614726, Jakarta, 2003.
- Suparma, B.L., Yosevia., Laos, S.D., "Pengaruh Penggunaan Aspal Modifikasi Eva Pada Perancangan Campuran Beton Aspal" Unila, Bandar Lampung, 2015.
- Victor, T., "Kajian Literatur Modifikasi Kekerasan Kompon Ditinjau Dari Elastomer, Bahan Pengisi, Process Oil dan Accelerator", Balai Besar Pendidikan dan Pelatihan Ekspor Indonesia, Jakarta, 2014.

LAMPIRAN A
PERALATAN UTAMA



Rubber Cutting Machine

Open Mill Machine



Kneader Machine

High Shear Homogenizer



Alat Pengujian Titik Lembek



Electric Heater



Thermostat

LAMPIRAN B
BAHAN-BAHAN



Karet Alam SIR 20



Aspal Penetrasi 60



Trans-Polyoctenamer



Sulfur



TMQ



Asam Stearat



ZnO

LAMPIRAN C
HASIL PROSES PENCAMPURAN DAN PERHITUNGAN
RENDEMEN



Kompon Karet



Karet Masterbatch



Sampel Karet Masterbatch



Aspal Karet

Perhitungan Rendemen

Kode	Berat kaleng kosong		Berat produk dan kaleng		Rendemen
	Awal	Akhir	Awal	Akhir	
WS ₀	106,8 gram	107,2 gram	972,2 gram	930,9 gram	95,10 %
WS ₁	105,9 gram	106,5 gram	962,7 gram	930,7 gram	96,20 %
WS ₂	107,2 gram	108,9 gram	979,9 gram	949,5 gram	96,32 %
WS ₃	130,6 gram	131,7 gram	1014,4 gram	988,6 gram	97,00 %
WS ₄	107,5 gram	106,1 gram	977,8 gram	932,9 gram	94,13 %
WS ₅	106,2 gram	108,4 gram	962,2 gram	930,8 gram	96,08 %
WS ₆	107,3 gram	108,7 gram	972,7 gram	940,8 gram	96,48 %
WS ₇	131,5 gram	130,1 gram	1013,1 gram	982,1 gram	96,65 %

Rumus menghitung nilai rendemen :

$$\text{Rendemen} = \frac{\text{Berat akhir}}{\text{Berat awal}} \times 100\%$$

Perhitungan nilai rendemen :

1. Sampel WS₀

$$\begin{aligned} \text{Rendemen} &= \frac{(930,9 - 107,2) \text{ gram}}{(972,2 - 106,8) \text{ gram}} \times 100\% \\ &= 95,10 \% \end{aligned}$$

2. Sampel WS₁

$$\begin{aligned} \text{Rendemen} &= \frac{(930,7 - 106,5) \text{ gram}}{(962,7 - 105,9) \text{ gram}} \times 100\% \\ &= 96,20\% \end{aligned}$$

3. Sampel WS₂

$$\begin{aligned} \text{Rendemen} &= \frac{(949,5 - 108,9) \text{ gram}}{(979,9 - 107,2) \text{ gram}} \times 100\% \\ &= 96,32\% \end{aligned}$$

4. Sampel WS₃

$$\begin{aligned} \text{Rendemen} &= \frac{(988,6 - 131,7) \text{ gram}}{(1014,4 - 130,6) \text{ gram}} \times 100\% \\ &= 97,00 \% \end{aligned}$$

5. Sampel WS₄

$$\begin{aligned} \text{Rendemen} &= \frac{(932,9 - 106,1)\text{gram}}{(977,8 - 107,5)\text{gram}} \times 100\% \\ &= 94,06\% \end{aligned}$$

6. Sampel WS₅

$$\begin{aligned} \text{Rendemen} &= \frac{(930,8 - 108,4)\text{gram}}{(962,2 - 106,3)\text{gram}} \times 100\% \\ &= 96,08\% \end{aligned}$$

7. Sampel WS₆

$$\begin{aligned} \text{Rendemen} &= \frac{(940,8 - 109,7)\text{gram}}{(972,7 - 108,3)\text{gram}} \times 100\% \\ &= 96,48\% \end{aligned}$$

8. Sampel WS₇

$$\begin{aligned} \text{Rendemen} &= \frac{(982,1 - 130,1)\text{gram}}{(1013,1 - 131,5)\text{gram}} \times 100\% \\ &= 96,65\% \end{aligned}$$