

No. DOK: 6050

Copy : 1

668-3

Had

D

**DAYA REKAT DAN SIFAT MEKANIK *CUSHION GUM*
DENGAN PELUNAK MINYAK PARAFIN,
MINYAK TAR PINUS, MINYAK AROMATIK**

DI BALAI PENELITIAN TEKNOLOGI KARET

(November 2019 – April 2020)

LAPORAN TUGAS AKHIR

Oleh

ZARAH KRISHNA HADI

NIM: 1516052



DATA BUKU PERPUSTAKAAN

Tgl Terima

12/04/20

No Induk Buku

178 April/20/19

PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA POLIMER

POLITEKNIK STMI JAKARTA

KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN RI

2020

SUMBANGAN ALUMNI

**DAYA REKAT DAN SIFAT MEKANIK *CUSHION GUM*
DENGAN PELUNAK MINYAK PARAFIN,
MINYAK TAR PINUS, MINYAK AROMATIK**

**DI BALAI PENELITIAN TEKNOLOGI KARET
(November 2019 – April 2020)**

LAPORAN TUGAS AKHIR

Karya tulis sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan Bidang Teknik dari
Politeknik STMI Jakarta

Oleh

ZARAH KRISHNA HADI

NIM: 1516052



**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA POLIMER
POLITEKNIK STMI JAKARTA
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN RI
2020**

ABSTRAK

DAYA REKAT DAN SIFAT MEKANIK *CUSHION GUM* DENGAN PELUNAK MINYAK PARAFIN, MINYAK TAR PINUS, MINYAK AROMATIK

Oleh

Zarah Krishna Hadi

NIM: 1516052

(Program Studi Teknik Kimia Polimer)

Industri ban vulkanisir merupakan penyerap karet terbesar kedua di Indonesia sehingga mampu berkontribusi terhadap perekonomian nasional. Ban vulkanisir dibuat dengan cara merekatkan ban lama dan tapak ban baru menggunakan *cushion gum*. Kekuatan rekat *cushion gum* yang rendah dapat menyebabkan ban lama terlepas dari tapak ban baru, namun hingga saat ini belum terdapat standar *cushion gum* di Indonesia. Kekuatan rekat *cushion gum* dipengaruhi oleh pelunak yang digunakan. Maka dari itu penelitian ini bertujuan untuk memperoleh dosis dan jenis pelunak dengan nilai daya rekat dan sifat mekanik yang baik untuk dijadikan referensi pembentukan standar *cushion gum* di Indonesia. Pembuatan *cushion gum* menggunakan *open mill* dalam skala laboratorium dengan karet RSS1 dan bahan kimia karet lainnya dengan variasi jenis pelunak minyak parafin, tar pinus, dan aromatik masing-masing dosisnya (bsk): 5, 12, dan 20. Karakteristik sampel melalui pengujian daya rekat menggunakan Tensometer instron 1131, kekerasan dengan *Durometer Hardness Shore A*, kuat tarik dan perpanjangan putus menggunakan Tensometer lloyd 2000R. Hasil penelitian menunjukkan daya rekat paling baik ditunjukkan oleh variasi minyak parafin 5 bsk, sedangkan sifat mekanik seperti uji kekerasan, kuat tarik, dan perpanjangan putus memberikan nilai yang bervariasi.

Kata kunci: ban vulkanisir, *cushion gum*, daya rekat, karet alam, pelunak, sifat mekanik

HALAMAN PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

**DAYA REKAT DAN SIFAT MEKANIK *CUSHION GUM*
DENGAN PELUNAK MINYAK PARAFIN,
MINYAK TAR PINUS, MINYAK AROMATIK**

Zarah Krishna Hadi
NIM: 1516052
(Program Studi Teknik Kimia Polimer)

Politeknik STMI Jakarta

Jakarta, Juli 2020

Menyetujui
Ketua Program Studi
Teknik Kimia Polimer



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

Dosen Pembimbing



Dr. Ir. Lintong Sopandi Hutahaeen, MSc
NIP. 195803221986031002

HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING

DAYA REKAT DAN SIFAT MEKANIK *CUSHION GUM* DENGAN PELUNAK MINYAK PARAFIN, MINYAK TAR PINUS, MINYAK AROMATIK

Zarah Krishna Hadi
NIM : 1516052
(Program Studi Teknik Kimia Polimer)

Politeknik STMI Jakarta

Bogor, Juli 2020

Pembimbing



(Santi Puspitasari, MSi)
NIK. 3011984080055

**LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI SEMINAR TUGAS
AKHIR**

**DAYA REKAT DAN SIFAT MEKANIK *CUSHION GUM*
DENGAN PELUNAK MINYAK PARAFIN,
MINYAK TAR PINUS, MINYAK AROMATIK**

Zarah Krishna Hadi
NIM: 1516052
(Program Studi Teknik Kimia Polimer)

Politeknik STMI Jakarta

Jakarta, Juli 2020

Penguji 1



Ir. Rochmi Widjajanti, M.Eng
NIP. 195609101984032002

Penguji 2



Ella Melyna, S.T., M.T.
NIP. 199103062018012001

Dosen Pembimbing



Dr. Ir. Lintong Sopandi Hutahaean, MSc
NIP. 195803221986031002

**LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI SIDANG TUGAS
AKHIR**

**DAYA REKAT DAN SIFAT MEKANIK *CUSHION GUM*
DENGAN PELUNAK MINYAK PARAFIN,
MINYAK TAR PINUS, MINYAK AROMATIK**

Zarah Krishna Hadi
NIM: 1516052
(Program Studi Teknik Kimia Polimer)

Politeknik STMI Jakarta

Jakarta, Agustus 2020

Penguji 1



Ir. Rochmi Widjajanti, M. Eng
NIP. 195609101984032002

Penguji 2



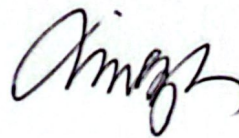
Dr. Erfina Oktariani, S.T., M.T.
NIP.198210012014022001

Penguji 3



Ir. Untung Prayudie, MTA
NIP. 196102081991031001

Dosen Pembimbing



Dr. Ir. Lintong Sopandi Hutahaean, MSc
NIP. 195803221986031002

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

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

Nama : Zarah Krishna Hadi

Nim : 1516052

Program Studi : Teknik Kimia Polimer

Dengan ini menyatakan bahwa hasil karya tugas akhir yang saya buat dengan judul daya rekat dan sifat mekanik *cushion gum* dengan pelunak minyak parafin, minyak tar pinus, minyak aromatik:

- Dibuat dan diselesaikan sendiri dengan menggunakan literatur hasil kuliah, survei lapangan, bimbingan dengan dosen pembimbing dan pembimbing penelitian, 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 diatas, maka karya Tugas Akhir saya ini dibatalkan.

Jakarta, Agustus 2020

METERAI
TEMPIL
Rp 6000
ENAM RIBU RUPIAH
F988600046
Zarah Krishna Hadi

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kepada Allah SWT. Karena atas berkah dan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir penelitian yang berjudul “Pengaruh Variasi Dosis Minyak Parafin, Minyak Tar Pinus, Minyak Aromatik Sebagai Pelunak Terhadap Sifat Fisik Kompon *Cushion Gum*”. Penyusunan laporan ini merupakan salah satu syarat pelaksanaan Tugas akhir pada Program Studi Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta. Penelitian dilakukan di Pabrik Percobaan Balai Penelitian Teknologi Karet Bogor, dimulai pada bulan November 2019 sampai dengan bulan Maret 2020.

Dalam masa perkuliahan hingga pada tahap proses penyusunan Laporan Tugas Akhir ini, penulis telah mendapat banyak bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. 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. Dr. Mustofa, S.T., M.T. selaku Direktur Politeknik STMI Jakarta.
2. Fitria Ika Aryanti, S.T., M.Eng. selaku Ketua Program Studi Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta.
3. Ella Melyna, S.T., M.T. selaku Sekretaris Program Studi Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta
4. Dr. Ir. Lintong Sopandi Hutahaean, MSc selaku dosen pembimbing Tugas Akhir penelitian di Politeknik STMI Jakarta.
5. Norma Arisanti Kinasih, S.Tp selaku pembimbing tugas akhir di Balai Penelitian Teknologi Karet Bogor.
6. Seluruh Karyawan di Pabrik Percobaan dan Lab. Fisika Pusat Penelitian Karet Bogor.
7. Bapak Suhadi dan Ibu Aryanti, selaku orangtua dan keluarga penulis yang tidak henti-hentinya memberikan doa serta memberikan dukungan moral dan material.
8. Linda Rohmata Sari, Rensi Weni Yulanda, Rahma Nurfatimatuz Zahra yang selalu memberikan dukungan selama masa perkuliahan hingga penulisan Tugas akhir ini

8. Teman-teman Teknik Kimia Polimer 2016 terutama Linda Rohmata Sari, Rensi Weni Yulanda dan Rahma Nurfatimatuz Zahra yang selalu memberikan dukungan selama masa perkuliahan hingga penulisan Tugas akhir ini.
9. Novita Putri Wahyuni, Novi Widiyanti, Nurjanah, dan Cikalifia Putri Ichsan selaku teman seperjuangan.
10. Seluruh pihak terkait yang telah membantu.

Akhir kata, penyusun mengharapkan agar Laporan Tugas Akhir yang telah dibuat ini dapat bermanfaat untuk memberikan informasi kepada semua orang.

Jakarta, Juli 2020

Penyusun

DAFTAR ISI

ABSTRAK	ii
HALAMAN PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING	iii
HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING	iv
LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI SEMINAR TUGAS AKHIR	v
LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI SIDANG TUGAS AKHIR	vi
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR LAMPIRAN	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG	xv
Bab I Pendahuluan	16
I.1 Latar Belakang Masalah	16
I.2 Rumusan Masalah	17
I.3 Batasan Masalah	17
I.4 Tujuan Penelitian	18
I.5 Manfaat Penelitian	18
Bab II Tinjauan Pustaka	19
II.1 Ban Vulkanisir	19
II.2 <i>Cushion Gum</i>	19
II.3 Karet Alam	20
II.4 Bahan Kimia Karet	23
II.4.1 Pelunak	23
II.4.2 <i>Tackifier Resin</i>	25
II.4.3 Bahan kimia karet lain	26
II.5 Kompon Karet	27
II.6 Pembentukan kompon (<i>compounding</i>)	28
II.7 Pengujian kematangan kompon	29
II.8 Pengujian Daya Rekat	30
II.9 Pengujian Mekanik	30
Bab III Metode	32
III.1 Waktu dan Tempat Penelitian	32
III.2 Alat dan Bahan	32
III.2.1 Alat	32
III.2.2 Bahan	32
III.3 Variabel	33
III.3.1 Variabel Tetap	33
III.3.2 Variabel Bebas	34
III.4 Prosedur Penelitian	34
III.4.1 Persiapan Alat dan Bahan	36
III.4.2 Pembuatan Kompon <i>Cushion Gum</i>	37

III.5 Karakterisasi Sampel.....	37
Bab IV Hasil dan Pembahasan	40
IV.1 Karakterisasi Pematangan	40
IV.2 Pengujian Daya Rekat Kompon (Adhesi)	43
IV.3 Pengujian Sifat Mekanik Kompon	45
IV.3.1 Uji Kekerasan Kompon.....	45
IV.3.2 Uji Kuat Tarik.....	46
IV.3.3 Uji Perpanjangan Putus.....	47
Bab V Kesimpulan dan Saran.....	50
V.1 Kesimpulan	50
V.2 Saran	50
DAFTAR PUSTAKA	51
LAMPIRAN	54

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A Lembar Permohonan Tugas Akhir	55
Lampiran B Lembar Keterangan Diterima.....	56
Lampiran C Lembar Bimbingan Tugas Akhir.....	57
Lampiran D Lembar Surat Tugas Dosen Pembimbing Tugas Akhir.....	59
Lampiran E Perhitungan formulasi bahan.....	60
Lampiran F Alat Dan Bahan	64
Lampiran G Sampel Dan Alat Uji	68

DAFTAR GAMBAR

Gambar II. 1 Penempatan <i>cushion gum</i> pada ban	20
Gambar II. 2 Struktur kimia karet alam	21
Gambar II. 3 Struktur kimia parafin	24
Gambar II. 4 Struktur kimia aromatik.....	25
Gambar II. 5 Grafik hasil uji kematangan kompon	29
Gambar III. 1 Diagram alir proses pembuatan <i>cushion gum</i>	35
Gambar IV. 1 Grafik hasil uji kematangan kompon.....	41
Gambar IV. 2 Hasil pengujian daya rekat kompon	43
Gambar IV. 3 Hasil uji kekerasan kompon	45
Gambar IV. 4 Hasil uji kuat tarik	46
Gambar IV. 5 Hasil uji perpanjangan putus	47

DAFTAR TABEL

Tabel II. 1 Standar <i>cushion gum</i>	20
Tabel II. 2 Standar mutu karet RSS	22
Tabel II. 3 Perbedaan komponen penyusun minyak mineral	25
Tabel II. 4 Bahan kimia karet	26
Tabel II. 5 Contoh formulasi <i>cushion gum</i>	28
Tabel III. 1 Komposisi bahan	36
Tabel IV. 1 Hasil pengujian kematangan kompon	41

DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG

Singkatan	Nama	Pemakaian pertama kali pada halaman
APBI	Asosiasi Produsen Ban Indonesia	1
RSS1	<i>Ribbed Smoked Sheet</i> 1	2
ZnO	<i>Zinc Oxide</i>	3
CBS	<i>Cyclohexyl Benzothiazole Sulphenamide</i>	3
TMQ	<i>Tri Methyl Quinoline</i>	3
PPD	<i>Phenyl Phenylene Diamine</i>	3
Min	Minimum	6
Maks	Maksimum	6
PTM BPPT	Pusat Teknologi Material Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi	7
SNI	Standar Nasional Indonesia	8
RPO	<i>Rubber processing oil</i>	10
ASTM	<i>American standard testing and material</i>	12
 LAMBANG		
Bsk	Berat per seratus karet	2
°C	Derajat celcius	5
MPa	Megapascal	6
%	Persen	6
t ₉₀	<i>Optimum cure time</i>	6
t ₂	<i>Scorch time</i>	6
S _{Maks}	Torsi maksimum	15
S _{Min}	Torsi minimum	15
S _{Maks} - S _{Min}	Delta torsi	15
<	Kurang dari	16
>	Lebih dari	16
Mm	Milimeter	17
T	Temperatur	23
T	Waktu	23
v	Kecepatan	23
Rpm	Rotasi per menit	23
A	Total bahan dalam 1 formula dalam bsk	24
B	Basis kompon dalam gram	24
C	Faktor pengali	24
D	Jumlah bahan dalam gram	24
E	Jumlah bahan dalam bsk	24
°F	Derajat fahrenheit	25
kg/cm	Kilogram/sentimeter	28
kg/Inch	Kilogram/inch	30

Bab I Pendahuluan

I.1 Latar Belakang Masalah

Industri ban vulkanisir merupakan penyerap karet terbesar kedua di Indonesia dengan serapan sebesar 90 ribu ton karet per tahun. Merujuk pada data APBI, industri ban vulkanisir mampu berkontribusi terhadap perekonomian nasional hingga 36,3 miliar rupiah per tahun (Sekjen APBI, 2019).

Proses vulkanisir ban dilakukan dengan merekatkan ban lama dan tapak ban baru menggunakan perekat (*cushion gum*) (Subulan dkk., 2015). Kekuatan rekat *cushion gum* menentukan kualitas ban vulkanisir dingin (Bakhshandeh dan Alinezhad, 2000), namun hingga saat ini belum terdapat standar *cushion gum* di Indonesia.

Cushion gum terbuat dari karet alam dan bahan kimia karet lainnya. Bahan yang mempengaruhi kualitas *cushion gum* adalah *tackifier resin* dan pelunak (Basak dkk., 2012). Pelunak memiliki fungsi lain yaitu menambah kelengketan kompon. Minyak parafin, naftenik, dan aromatik umum digunakan dalam kompon karet (Bhuvaneshwary, 2010).

Penelitian *cushion gum* dilakukan oleh Elisabeth dan Sunarsih (2017). Karet alam di uji dengan metode uji daya rekat *rubber to rubber* dan *rubber to canvas*. Daya rekat *rubber to rubber* lebih tinggi, namun penelitian ini tidak memberikan material yang mampu meningkatkan daya rekat *cushion gum*.

Penelitian mengenai *cushion gum* variasi resin dilakukan oleh Purnomo dan Nurjanah (2019). *Cushion gum* dengan *tackifier* memiliki ketahanan panas yang lebih baik dibanding tanpa *tackifier*. Penggunaan *tackifier* import dari Jerman membutuhkan biaya yang lebih banyak.

Penelitian mengenai efektivitas *processing oil* terhadap *cushion gum* dilakukan oleh Fitriani dkk. (2017). RSS dengan campuran minyak parafin dan *minarex*

menunjukkan penambahan *minarex* meningkatkan viskositas dan kuat sobek namun menurunkan kuat rekat. Penggunaan 2 bahan pelunak yang berasal dari minyak bumi bersifat tidak ramah lingkungan (Rahmaniar dan Prasetya, 2011).

Cushion gum dengan daya rekat rendah dapat mengakibatkan tapak ban terlepas dari ban lama sehingga membahayakan keselamatan pengguna ban vulkanisir, maka dari itu diperlukan penelitian mengenai daya rekat *cushion gum* dengan mengacu pada penelitian-penelitian sebelumnya.

Penelitian ini menggunakan karet *Ribbed Smoked Sheet1* dengan variasi dosis minyak parafin, tar pinus, dan aromatik sebagai bahan pelunak serta metode uji daya rekat *rubber to rubber*. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan *cushion gum* dengan daya rekat dan sifat mekanik yang baik pada ban vulkanisir.

I.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, permasalahan yang diangkat pada penelitian ini, yaitu:

1. bagaimana pengaruh variasi dosis dan jenis pelunak (minyak parafin, tar pinus, dan aromatik) terhadap daya rekat *cushion gum*?
2. bagaimana pengaruh variasi dosis dan jenis pelunak terhadap sifat mekanik *cushion gum*?
3. bagaimana perbandingan sifat produk *cushion gum* yang dihasilkan dengan standar produk *cushion gum*?

I.3 Batasan Masalah

Batasan masalah untuk penelitian ini adalah:

1. karet alam dengan jenis RSS 1 sebanyak 100 bsk,
2. bahan kimia karet yang digunakan ZnO (5 bsk), Asam Stearat (2 bsk), CBS (1,6 bsk), Sulfur (2,2 bsk), Karbon hitam N330 (50 bsk), TMQ (2 bsk), 6 PPD (2 bsk), Antilux (3,5 bsk), dan Coumarone resin (5 bsk),

3. variasi pelunak yang digunakan sebagai bahan pelengket yaitu minyak parafin, minyak tar pinus, dan minyak aromatik dengan komposisi masing-masing 5,12, dan 20 bsk,
4. karakterisasi *cushion gum* meliputi uji kematangan kompon, uji daya rekat, uji kekerasan, uji kuat tarik, dan uji perpanjangan putus.

I.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian yang hendak dicapai pada penelitian ini adalah:

1. mengetahui pengaruh variasi dosis dan jenis pelunak (minyak parafin, tar pinus, dan aromatik) terhadap daya rekat *cushion gum*,
2. mengetahui pengaruh variasi dosis dan jenis pelunak terhadap sifat mekanik *cushion gum*,
3. mengetahui perbandingan sifat produk *cushion gum* yang dihasilkan dengan standar produk *cushion gum*.

I.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini:

1. Bagi Industri:

Penelitian ini berguna bagi industri khususnya ban vulkanisir sebagai referensi penyusunan standar *cushion gum* di Indonesia sehingga kualitas dan angka penjualan ban vulkanisir meningkat.

2. Bagi masyarakat:

Penelitian ini berguna bagi masyarakat sebagai upaya penurunan limbah ban bekas serta memberi keuntungan bagi petani karet karena serapan karet alam akan bertambah.

3. Bagi perkembangan ilmu pengetahuan:

Penelitian ini berguna untuk memperluas pengetahuan mengenai *cushion gum* dan karakteristiknya dengan variasi *plasticizer oil* sebagai bahan pelunak dan perekat.

Bab II Tinjauan Pustaka

II.1 Ban Vulkanisir

Ban vulkanisir adalah ban bekas yang digunakan kembali dengan cara memperbaharui bagian tapaknya. Pembaharuan dilakukan 2-3 kali jika ban bekas masih dinilai baik. Syarat ban bekas yang bisa digunakan yaitu tidak retak, kawat lingkaran induk (*bead*) masih utuh, tidak berlubang besar dan bentuknya simetris.

Proses daur ulang ban vulkanisir dibagi menjadi 2, yaitu vulkanisir panas dan dingin.

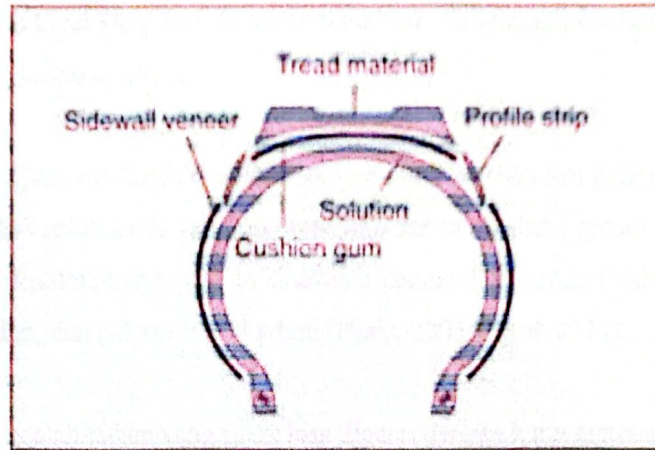
1. Vulkanisir panas dilakukan menggunakan *moulding* pada suhu 135-150°C dengan lem khusus untuk menempelkan ban lama dengan tapak ban baru
2. Vulkanisir dingin dilakukan menggunakan autoklaf pada suhu 95-99°C dengan *cushion gum* sebagai perekat antara ban lama dan tapak ban baru.

Penentuan formula kompon karet, pencampuran material yang homogen, pembuatan tapak ban, proses calendaring, dan pembuatan lembaran *cushion gum* merupakan langkah-langkah dalam proses vulkanisir ban (Banerjee, 2015).

II.2 Cushion Gum

Cushion Gum adalah karet dalam bentuk lembaran tipis yang digunakan dalam proses vulkanisir (Fitriani dkk., 2017). *Cushion gum* berada diantara ban lama dan tapak ban baru yang berfungsi untuk merekatkan keduanya. *Cushion gum* digunakan pada proses *retread* yang berfungsi merekatkan (Purnomo dan Nurjanah, 2019).

Konstruksi ban terdiri dari berbagai lapisan, penempatan *cushion gum* pada ban dapat dilihat pada Gambar II.1 Penempatan *cushion gum* pada ban.



Gambar II. 1 Penempatan *cushion gum* pada ban
 Sumber: Kraiburg Austria

Pembuatan *cushion gum* mengacu pada standar yang sudah ada. *Cushion gum* terbuat dari karet alam yang dicampur bahan kimia karet lainnya seperti pengisi, pelunak, *tackifier*, dan lain-lain (Khan dan Poh, 2011). Standar *cushion gum* yang digunakan terdapat di Tabel II.1 Standar *cushion gum*.

Tabel II. 1 Standar *cushion gum*

Parameter	Indian Standar ^a	PTM BPPT ^b	Satuan
Kekerasan	45-60	60 – 70	Shore A
Kuat Tarik	18 (min)	20 (min)	MPa
Perpanjangan Putus	500 (min)	-	%
<i>Optimum cure time (t₉₀)</i>	18-30	-	-

Sumber:

- Indian Standard Automotive Tyres – Tyre Retreading Material for Mould Cure Process*, 2005.
- Pusat Teknologi Material Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi;Stya Adi Purnomo dan Ulfa Siti Nurjanah, 2019.

II.3 Karet Alam

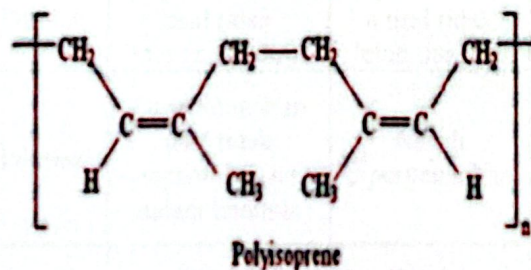
Karet (*Hevea brasiliensis Muell. Arg*) merupakan salah satu komoditas utama di Indonesia untuk kebutuhan ekspor maupun dalam negeri. Pemanfaatan karet dalam dunia industri misalnya pada ban kendaraan, sarung tangan, dan peralatan

lain. Kualitas karet yang baik harus terbebas dari air maupun kontaminan lainnya (Pusari dan Haryanti, 2014).

Karet alam (*Natural Rubber*) adalah senyawa hidrokarbon dan polimer alam yang terbentuk dari getah karet yang digumpalkan dan mengalami proses pengeringan. Karet alam digolongkan ke dalam elastomer dengan kelemahan tidak tahan panas, oksidasi, ozon, dan pelarut hidrokarbon (Haris, 2004;Nuyah 2011).

Karet alam adalah bahan yang tidak bisa diganti dengan karet sintetis karena sifat-sifat mekaniknya lebih baik dibanding karet sintetis (Rahman, 2005;Nuyah, 2012). Elastisitas karet alam yang luar biasa dengan ketahanan terhadap abrasi membuatnya menjadi salah satu bahan dasar pembuatan perekat (Rippel dan Galembeck, 2009).

Karet alam memiliki sifat lekat yang baik, sehingga dapat disebut karet lunak. Sifat dan bentuknya inilah yang dapat dijadikan dasar dalam industri perekat (Chen dkk., 2007). Rumus bangun molekul karet cis-1,4 poliisoprena ditunjukkan pada Gambar II.2 Struktur kimia karet alam.



Gambar II. 2 Struktur kimia karet alam
Sumber: Khan, I. dan Poh, B., T. (2011)

Sesuai dengan mutu, sifat visual dan cara pengepakan, karet alam terdiri dari 8 tipe menurut Standar Nasional Indonesia (SNI, 1987) yaitu:

- 1) *Ribbed Smoked Sheet (RSS)*
- 2) *White and Pale Crepes*
- 3) *Estate Brown Crepes*

- 4) *Compo Crepes*
- 5) *Thin Brown Crepes*
- 6) *Thick Blanket Crepes*
- 7) *Flat Bark Crepes*
- 8) *Pure Smoked Blanket Crepes.*

Ribbed smoked sheet (RSS) adalah salah satu hasil olahan karet alam yang digumpalkan dengan asam dan dikeringkan dengan pengasapan. Berdasarkan *The Internasional Standards of Quality and Packing for Natural Rubber Grades (Green Book)* mutu karet RSS terdiri dari beberapa kelas mulai dari yang paling baik yaitu X RSS, RSS1, RSS2, RSS 3, RSS 4, dan RSS 5.

Karet *Ribbed Smoked Sheet* banyak digunakan dalam pembuatan ban kendaraan bermotor. Karet *Ribbed Smoked Sheet* memiliki standar seperti yang terdapat di Tabel II.2 Standar mutu karet RSS berdasarkan SNI 06-0001-1987.

Tabel II. 2 Standar mutu karet RSS

Jenis Mutu	Persyaratan Mutu			
	X RSS	RSS No. 1	RSS No.2	RSS No.3
Proses	Sortasi	Sortasi	Sortasi	Sortasi
Cendawan di bandela karet	Ditolak	Diperkenankan asal tidak mengenai karet	Diperkenankan asal tidak lebih dari 5%	Diperkenankan asal tidak lebih dari 10%
Cendawan di pembungkus bandela karet	Ditolak	Diperkenankan asal tidak menembus ke dalam bandela	Masih diperkenankan	Diterima
Hangus/ cacat warna	Ditolak	Ditolak	Ditolak	Ditolak
Bintik-bintik	Ditolak	Ditolak	Ditolak	Ditolak
Bergaris	Ditolak	Ditolak	Ditolak	Ditolak
Karet kering	Diterima	Diterima	Diterima	Diterima
Cacat/noda	Ditolak	Masih diperkenankan	Masih diperkenankan	Diperkenankan asal bukan karena pengaruh oksidasi
Damar (berkarat)	Ditolak	Ditolak	Ditolak	Diterima

Sumber: dokumen SNI 06-0001-1987

II.4 Bahan Kimia Karet

II.4.1 Pelunak

Bahan pelunak karet (*rubber plasticizer*) merupakan salah satu bahan kimia yang ditambahkan saat pembuatan kompon karet. Berdasarkan *the lubricity theory* pelunak bekerja dengan cara mengisi celah antar rantai (Wypych, 2014). Penambahan pelunak pada kompon karet menurunkan gaya antar molekul (Bergmann, 2014).

Menurut Hamed (2012) bahan pelunak memutus rantai molekul karet dan mengurangi ikatan. Penggunaan bahan pelunak mengakibatkan terputusnya rantai molekul karet (Puspitasari dan Cifriadi, 2014). Menurut France, 2011 bahan pelunak berada diantara rantai polimer dan menjaga rantai polimer saling terpisah.

Reaksi oksigen dengan elastomer menyebabkan pemotongan rantai dan ikatan silang. Jika potongan rantai mendominasi selama proses *ageing*, elastomer akan melunak dan akhirnya menjadi lengket (Hamed, 2012) dengan bantuan reaksi oksidasi minyak akan membuat karet lunak dan kompon dapat menjadi lengket.

Kompon karet mengalami pengerasan apabila tidak diimbangi dengan penambahan bahan pelunak yang cukup (Rahmaniar dan Prasetya, 2011). Menurut Bhuvaneshwary (2010) pelunak memiliki fungsi yang cukup beragam diantaranya:

1. untuk mengurangi kandungan elastomer
2. untuk meningkatkan sifat mekanik
3. untuk meningkatkan kelengketan kompon karet

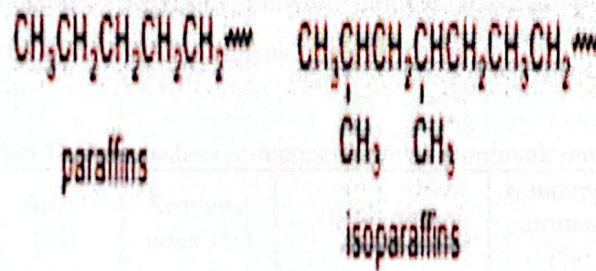
Rubber processing oil (RPO) diklasifikasikan menjadi tiga yaitu minyak mineral, produk alami, *plasticizer* sintesis (Charan, 2012). Bahan pelunak karet berbasis minyak bumi berdasarkan struktur molekulnya dibedakan menjadi golongan parafinik, aromatik, dan naftenik (Bhuvaneshwary, 2010).

Dosis pelunak sebanyak 5-10 bsk dapat membantu proses mencampurkan pengisi selama pembuatan kompon (Banerjee, 2015). Contoh *plasticizer* ialah minyak parafin (*paraffinic oil*) dan minyak aromatik (*aromatic oil*) yang diklasifikasikan pada *mineral oil plasticizer*, dan *pine tar* dikategorikan sebagai *natural product*.

II.4.1.1 Minyak parafin

Minyak parafin merupakan hidrokarbon jenuh golongan alkana rantai terbuka dan tidak memiliki cincin aromatik. Minyak parafin memiliki titik didih 32°F. Minyak parafin diperoleh dari proses distilasi petroleum. Minyak parafin tidak memiliki warna, rasa, dan bau, serta tidak dapat larut dalam air (Speight, 2011).

Parafin tidak mudah bereaksi dengan senyawa kimia lain, tetapi pada suhu tinggi akan teroksidasi. Struktur kimia parafin terdapat pada Gambar II.3 Struktur kimia parafin.



Gambar II. 3 Struktur kimia parafin
Sumber: Wypych (2004)

II.4.1.2 Minyak tar pinus

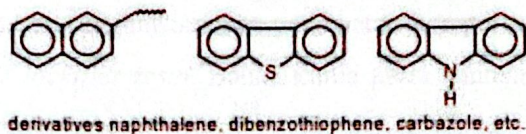
Minyak tar pinus merupakan produk akhir dari karbonisasi kayu pinus setelah di distilasi dengan menggunakan panas yang ekstrem (Barnes dan Greive, 2016). Minyak tar pinus bermanfaat sebagai perekat bahkan sejak jaman paleolitikum (Kozowyk dkk., 2017).

Adanya kandungan resin dalam minyak tar pinus menyebabkan kompon karet memiliki kelengketan yang baik (Banerjee, 2015). Tar memiliki karakteristik *hydrophobic* (tidak suka air), dapat larut dalam pelarut netral atau pelarut organik non polar (Kencanawati dkk., 2017).

II.4.1.3 Minyak aromatik

Minyak aromatik merupakan hidrokarbon tipe aromatik yang memiliki satu atau lebih cincin aromatik. Minyak aromatik memiliki titik didih yang lebih besar dibanding minyak parafin (Speight, 2011).

Minyak aromatik termasuk salah satu pelunak yang umum digunakan dalam pembuatan kompon karet (Alexander dan Thachil, 2006). Minyak aromatik menunjukkan viskositas dan kepadatan yang lebih tinggi daripada minyak parafin (Bergmann, 2014). Berikut adalah struktur kimia aromatik.



Gambar II. 4 Struktur kimia aromatik
Sumber: Wypych (2014)

Komponen-komponen penyusun minyak mineral terdapat pada Tabel II.3 Perbedaan komponen penyusun minyak mineral.

Tabel II. 3 Perbedaan komponen penyusun minyak mineral

Tipe minyak	Aspal (%)	Senyawa polar (%)	Jenuh (%)	Kandungan aromatik (%)	Titik anilin (°C)
Aromatik	0,75	25	20 (maks)	41	22-55
Parafinik	0,1	1	65 (min)	<1	90-120

Sumber: Wypych (2014)

II.4.2 Tackifier Resin

Tackifier adalah senyawa kimia yang digunakan untuk meningkatkan daya rekat dan kekakuan permukaan perekat (Setyorini dan Herminiawati, 2017). Resin adalah polimer dengan berat molekul rendah dan mempunyai fase cair yang dapat yang mengeras menjadi padatan (Purnomo dan Nurjanah, 2019).

Tackifier resin atau resin pelengket adalah salah satu bahan kimia karet berbentuk pelet. *Tackifier resin* mempengaruhi kelengketan kompon karet. *Coumarone resin* dan *rhenogran* adalah contoh *tackifier resin*. Resin pelengket bekerja pada melalui

interaksi kimia yang berikatan ketika dua karet disatukan (Purnomo dan Nurjanah, 2019).

Coumarone resin termasuk ke dalam salah satu hidrokarbon resin. Hidrokarbon resin dapat menurunkan viskositas sebagai hasil dari tolakan antar partikel. Perekat yang mengandung hidrokarbon resin lebih besar daya rekatnya dibandingkan rosin resin (Setyorini dan Herminiawati, 2017).

II.4.3 Bahan kimia karet lain

Bahan kimia karet yang digunakan saat pembuatan kompon *cushion gum* bukan hanya pelunak dan *tackifier resin*. Bahan kimia karet lainnya dapat dilihat pada Tabel II.4 bahan kimia karet.

Tabel II. 4 Bahan kimia karet

Jenis Bahan	Nama Bahan	Fungsi
Aktivator	ZnO	Aktivator adalah bahan kimia yang ditambahkan ke dalam sistem vulkanisasi untuk mengaktifkan bahan pencepat (akselerator). Aktivator yang paling umum digunakan adalah kombinasi antara ZnO dengan asam stearat. ZnO adalah suatu material yang memiliki struktur yang stabil, dapat digunakan kembali, ramah lingkungan, dan harganya murah (Alba-Rubio dkk., 2010). Karakteristik kristal ZnO tergantung pada ukuran dan metode preparasinya (Yulianti, 2012).
Aktivator	Asam stearat	Memaksimalkan kinerja akselerator dan vulkanisator serta berperan sebagai emulsifier yang membantu pencampuran ZnO yang bersifat polar dengan karet alam yang bersifat non polar
Aktioksidan	TMQ	Zat ini meningkatkan ketahanan elastomer terhadap reaksi oksidatif yang membatasi penggunaannya pada suhu yang lebih tinggi dan dalam oksigen dan ozon lingkungan.
Antiozon	6 PPD	Resistensi ozon yang buruk di bawah kondisi statis dan dinamis dapat terjadi dan dapat ditingkatkan dengan lilin dan antiozonan.

<i>Homogenizer</i>	Antilux	Bahan tambah yang berfungsi untuk meningkatkan efisiensi mastikasi melalui pendekatan molekul, terutama pada karet alam
Pengisi	Karbon hitam N330	Sebagai bahan pengisi kompon memperkuat produk, meningkatkan kekuatan modulus atau sifat lainnya, mengurangi biaya dan lain sebagainya. Pilihan jenis dan jumlah pengisi yang akan digunakan tergantung pada kekerasan, kekuatan tarik dan sifat lainnya diperlukan dalam produk.
Akselerator	CBS	Akselerator adalah zat yang ditambahkan dalam jumlah kecil selama pembentukan kompon untuk mempercepat reaksi vulkanisasi dan untuk meningkatkan sifat fisik.
Vulkanisator	Sulfur	Vulkanisator merupakan zat yang menyebabkan pembentukan ikatan silang. Salah satu bahannya adalah sulfur. Ada beberapa keunggulan sulfur sebagai agen vulkanisasi (C.G.Moore, 1961) yaitu: (1) fleksibilitas lebih tinggi selama peracikan, (2) penyesuaian keseimbangan antara tahap vulkanisasi yang lebih mudah, (3) kemungkinan untuk mengontrol ikatan silang, (4) sifat mekanik yang lebih baik

Sumber: Banerjee, 2015

II.5 Kompon Karet

Kompon karet adalah campuran antara karet alam dengan bahan-bahan kimia. Komposisi dan pencampuran kompon dilakukan dengan cara penggilingan pada suhu tertentu. Komposisi kompon karet tergantung pada barang yang akan dibuat.

Sebelum karet alam dicampur dengan bahan kimia karet, karet dilunakkan (mastikasi) dengan cara digiling (Nuyah, 2011). Kekuatan kompon karet harus diperhatikan untuk meningkatkan sifat mekanik maka dari itu diperlukan pengujian kuat tarik, kekerasan, serta perpanjangan putus (Banerjee, 2015).

Cushion gum pada penelitian ini dirancang berdasarkan model formulasi *cushion gum* oleh Banerjee 2015. Formulasi *cushion gum* oleh Banerjee dapat dilihat pada Tabel II.5 Contoh formulasi *cushion gum*

Tabel II. 5 Contoh formulasi *cushion gum*

Bahan	Jumlah bahan
	Bsk
RSS 1	100
ZnO	5
As. Stearat	1
CBS	1,6
Sulfur	2,5
Karbon hitam N330	15
TMQ	1
6 PPD	3
Antilux	3,5
<i>Coumarone resin</i>	5

Sumber: Tyre retreading (Banerjee, 2015)

II.6 Pembentukan kompon (*compounding*)

Pembentukan kompon (*compounding*) merupakan penggabungan berbagai bahan ke dalam karet alam. Karet alam memiliki viskositas yang tinggi sehingga diperlukan tahapan berupa penggilingan untuk menurunkan berat molekulnya.

Penggilingan karet alam dilakukan untuk mempermudah pembentukan kompon dan menurunkan viskositas karet (Banerjee, 2015). Penambahan bahan kimia karet bertujuan untuk meningkatkan sifat mekanik kompon.

Pembuatan kompon *cushion gum* dalam mesin giling terbuka (*open mill*) mengikuti prosedur yang dituangkan dalam ASTM D 3182. Berikut adalah proses pembuatan kompon karet dengan bahan kimia:

- a. Mastikasi karet
- b. Pemasukkan bahan pengikat dan anti degradasi/ anti oksidan
- c. Pemasukkan bahan pengisi (karbon hitam dan silika)
- d. Pemasukkan bahan pelunak dan sisa bahan pengisi
- e. Pemasukkan bahan pencepat
- f. Pemasukkan bahan vulkanisasi

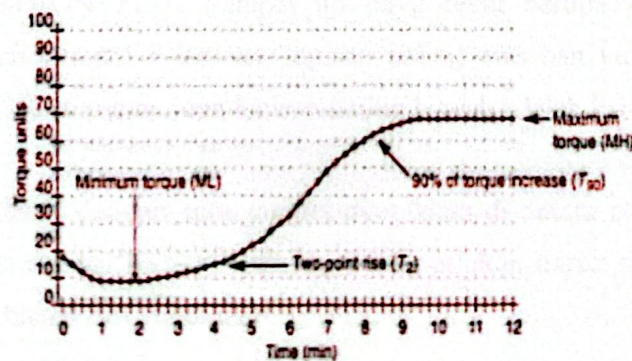
Mastikasi yaitu proses penggilingan karet yang bertujuan memutuskan rantai molekul karet alam sehingga karet menjadi lunak (Prastanto, 2014). Mastikasi adalah proses pelunakan elastomer agar pencampuran bahan kimia lainnya merata. Suhu efektif mastikasi untuk karet alam sekitar 70°C (Banerjee, 2015).

II.7 Pengujian kematangan kompon

Uji kematangan kompon berfungsi untuk mengetahui sifat polimer pada material karet saat sebelum dan selama karet tersebut dipakai. Uji kematangan kompon menggunakan alat rheometer MDR 2000 dengan ASTM D 2084-17 pada suhu 150 °C selama 30 menit.

Hasil pengujian karakteristik vulkanisasi memberikan informasi tentang derajat/tingkat vulkanisasi kompon karet (Cifriadi, 2013). Hasil vulkanisasi dengan sifat-sifat fisika yang optimal dihasilkan dengan cara menentukan suhu dan ketebalan karet yang tepat (Nuyah dan Rahmaniari, 2013).

Hasil pengujian yang diperoleh dalam pengujian kematangan kompon berupa grafik, yang menunjukkan nilai torsi maksimum (S_{Maks}), torsi minimum (S_{Min}), delta torsi ($S_{Maks} - S_{Min}$), T_{90} , dan *scorch time* (t_{s2}). Contoh grafik uji kematangan kompon dapat dilihat pada Gambar II.3 Grafik hasil uji kematangan kompon.



Gambar II. 5 Grafik hasil uji kematangan kompon
Sumber: Grossman, R., F. (1997)

Torsi maksimum (S_{Maks}) merupakan jumlah maksimum ikatan silang yang terbentuk selama proses vulkanisasi. Torsi minimum (S_{Min}) menunjukkan

kekentalan kompon karet. Delta torsi adalah tingkat kerapatan ikatan silang sehingga semakin kecil nilai ini maka akan semakin sedikit jumlah ikatan silang yang terbentuk (Ramadhan dan Fathurrohman, 2012).

Waktu matang optimum (t_{90}) adalah waktu yang diperlukan untuk mencapai tingkat kematangan 90%, semakin cepat semakin baik selama waktu pravulkanisasi cukup proporsional (Alam dan Honggokusumo, 1998; Vachlepi, dan Suwardin, 2015).

Scorch time menunjukkan waktu dimulainya proses vulkanisasi (Lee dan Poh, 1985). Pada suhu $< 100^{\circ}\text{C}$ dosis karbon hitam mempengaruhi kecepatan *scorch time* namun pada suhu $> 100^{\circ}\text{C}$ *scorch time* tidak terlalu bergantung pada dosis karbon hitam.

II.8 Pengujian Daya Rekat

Uji daya rekat merupakan pengujian terhadap tingkat kerekatan suatu perekat, dengan cara menempelkan perekat terhadap bahan lainnya contohnya karet ataupun kanvas.

Pengujian daya rekat berdasarkan standar ASTM D 413-98 menggunakan alat tensometer INSTRON 1131. Sampel uji daya rekat berupa persegi panjang berukuran 1 *inch* dengan 3 lapisan, lapisan paling atas ban vulkanisir, lapisan tengah kompon *cushion gum*, dan lapisan paling bawah adalah ban lama.

Pengujian dilakukan dengan cara sampel diletakkan di antara alat uji kemudian ditarik hingga mencapai batas. Pengujian ini diperlukan untuk mengetahui daya rekat sampel terhadap ban vulkanisir.

II.9 Pengujian Mekanik

II.9.1 Uji Kekerasan

Uji kekerasan (*hardness*) dilakukan untuk mengetahui besarnya kekerasan vulkanisat karet dengan kekuatan penekanan tertentu (Wahyudi, 2005; Nuyah,

2011). Kekerasan dari vulkanisat karet berbeda tergantung pada jumlah bahan pengisi dan pelunak yang digunakan dalam kompon (Thomas, 2003;Nuyah, 2011).

Nilai kekerasan (*hardness*) dari kompon karet diperoleh dari hasil uji kekerasan. Uji kekerasan (*hardness*) bertujuan untuk mengetahui besarnya nilai kekerasan vukanisat karet. Nilai kekerasan karet semakin besar maka kompon karet semakin keras atau semakin tidak elastis (Daud, 2015).

Uji Kekerasan dilakukan dengan menggunakan alat *Durometer Hardness tipe Shore A* dengan sampel kompon yang sudah dicetak di mesin *hotpress* kemudian dipotong berbentuk bulat setebal 2 mm dan mengacu pada ASTM D 2240-15.

II.9.2 Uji Kuat Tarik

Kuat tarik merupakan pengujian mekanik karet yang terpenting dan paling sering dilakukan, nilai kuat tarik yang semakin besar menunjukkan bahwa kompon karet semakin elastis (Basseri, 2005;Nuyah, 2011).

Uji tarik dilakukan dengan menggunakan standar ASTM D 412-16 menggunakan alat Tensometer LLOYD 2000 R, dengan sampel kompon yang sudah dicetak di mesin *hotpress* kemudian dipotong berbentuk *dogbone*.

II.9.3 Uji Perpanjangan Putus

Perpanjangan putus adalah pertambahan panjang suatu potongan uji bila diregangkan hingga putus (Nuyah, 2011). Perpanjangan putus merupakan salah satu sifat mekanik barang jadi karet, untuk mengetahui sifat elastisitas dari produk karet.

Uji perpanjangan putus dilakukan dengan menggunakan standar ASTM D 412-16 menggunakan alat Tensometer LLOYD 2000 R dengan sampel kompon yang sudah dicetak di mesin *hotpress* kemudian dipotong berbentuk *dogbone*.

Bab III Metode

III.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan November 2019-April 2020. Pada bulan November 2019 dilakukan studi literatur dan untuk mempelajari hal-hal yang berkaitan tentang karet alam, bahan kimia karet serta pengujian-pengujian untuk kompon karet.

Persiapan bahan dilakukan pada bulan November 2019 sampai Desember 2019. Pengujian sampel dilakukan pada bulan Desember 2019 hingga April 2020.

III.2 Alat dan Bahan

III.2.1 Alat

1. *Two rolled laboratory scale open mill* (merek berstorf)
2. Timbangan
3. *Rubber cutting*
4. Spatula
5. Plastik
6. Label
7. Spidol
8. Rheometer MDR 2000
9. Tensometer LLOYD 2000 R
10. Tensometer INSTRON 1131
11. *Durometer Hardness Shore A*

Gambar alat terlampir di lampiran F dan G

III.2.2 Bahan

1. *Ribbed Smoked Sheet* 1 berfungsi sebagai bahan dasar dan memberikan kelenturan serta kekenyalan.
2. ZnO berfungsi sebagai aktivator/ zat penggiat (memaksimalkan kinerja akselerator dan vulkanisator)
3. Asam Stearat berfungsi sebagai aktivator/ zat penggiat (memaksimalkan kinerja akselerator dan vulkanisator)

4. TMQ berfungsi sebagai antioksidan
5. 6PPD berfungsi sebagai anti ozon (melindungi ozon dari dalam)
6. Antilux berfungsi sebagai *homogenizer*
7. Karbon hitam N330 berfungsi sebagai bahan pengisi
8. CBS berfungsi sebagai akselerator (bahan pencepat)
9. Sulfur berfungsi sebagai vulkanisator
10. *Coumarone Resin* berfungsi sebagai *Tackifier Resin*
11. Minyak parafin berfungsi sebagai pelunak dan pelengket
12. Minyak tar pinus berfungsi sebagai pelunak dan pelengket
13. Minyak aromatik berfungsi sebagai pelunak dan pelengket

III.3 Variabel

Terdapat dua variabel yang mempengaruhi komposisi *cushion gum* pada penelitian yaitu variabel tetap dan variabel bebas.

III.3.1 Variabel Tetap

Variabel tetap yang digunakan selama penelitian ini, yaitu:

1. Jenis karet yang digunakan *Ribbed Smoked Sheet1* (RSS1) sebanyak:
 - a. 560,85 gram untuk dosis pelunak 5 bsk
 - b. 539,67 gram untuk dosis pelunak 12 bsk
 - c. 517,33 gram untuk dosis pelunak 20 bsk
2. Banyaknya bahan kimia karet, yaitu:
 - a. Zno (5 bsk),
 - b. As.Stearat (2 bsk),
 - c. CBS (1,6 bsk),
 - d. Sulfur (2,2 bsk),
 - e. Karbon hitam N330 (50 bsk),
 - f. TMQ (2 bsk),
 - g. 6 PPD (2 bsk),
 - h. Antilux (3,5 bsk),
 - i. Coumarone resin (5 bsk).
3. Suhu *open mill* 40-60°C.

4. Waktu pada saat pencampuran 19 menit.
5. Kecepatan *open mill* 30 rpm dan 21 rpm

III.3.2 Variabel Bebas

Variabel bebas yang digunakan yaitu:

a. Jenis Pelunak

Jenis yang digunakan adalah minyak parafin, minyak tar pinus dan minyak aromatik

b. Konsentrasi Pelunak

Konsentrasi pelunak yang digunakan adalah 5, 12, dan 20 bsk untuk masing-masing pelunak

III.4 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian digunakan untuk menyelesaikan pengambilan data untuk mendapatkan hasil yang diharapkan, maka dilakukan beberapa tahapan proses.

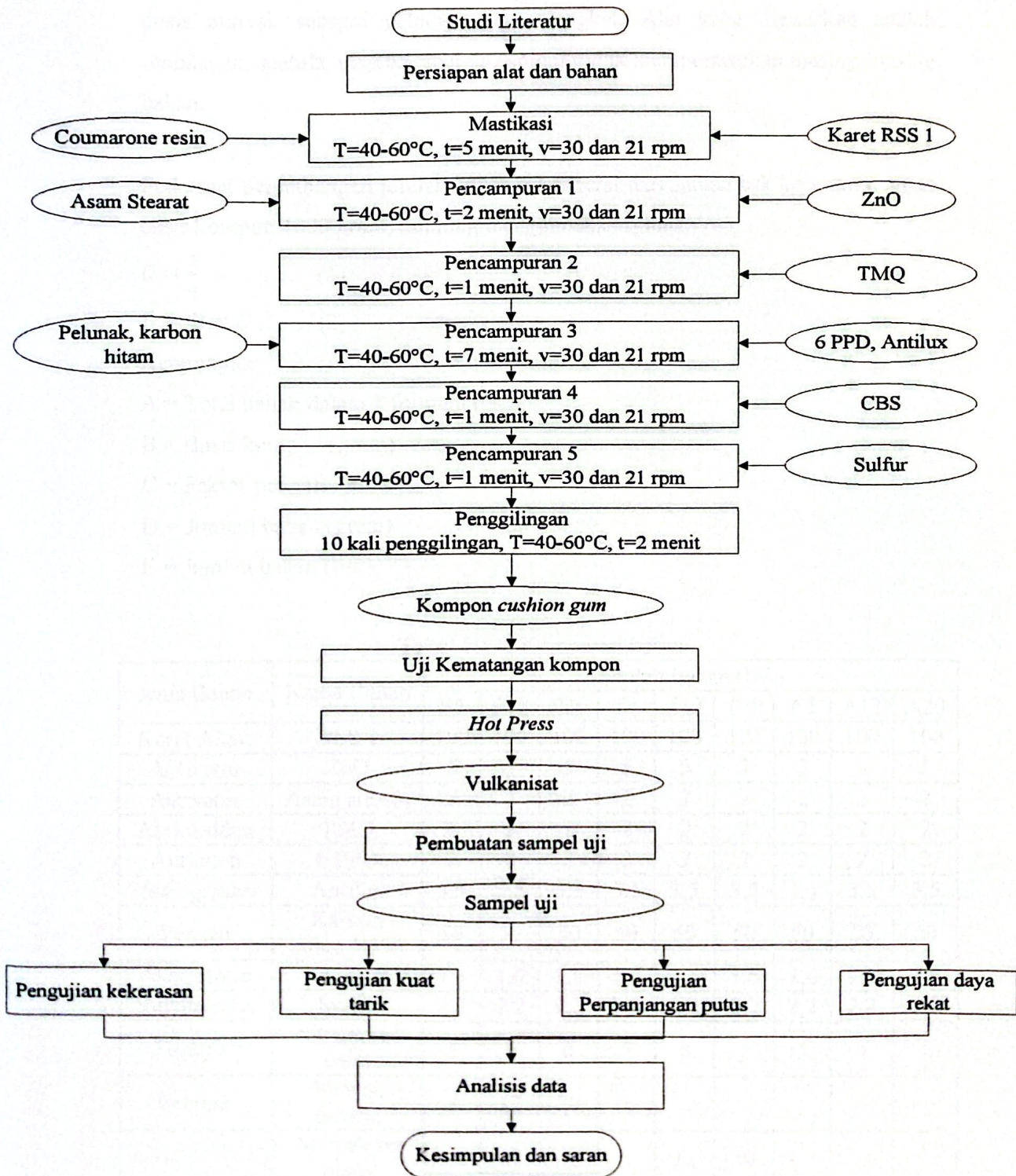
Tahapan awal adalah proses pencarian literatur untuk menentukan formulasi bahan dan mengetahui fungsi masing-masing aditif. Setelah didapat formulasi yang tepat, dilakukan persiapan *open mill* dan penimbangan bahan.

Tahapan kedua adalah pembentukan kompon pada suhu 40-60°C dengan kecepatan rol depan *open mill* sebesar 30 rpm dan rol belakang 21 rpm selama 19 menit. Urutan pencampuran dilakukan berdasarkan standar yang ada sehingga dihasilkan kompon *cushion gum*.

Kompon *cushion gum* melalui uji kematangan kompon selama 30 menit dengan suhu 150°C untuk mendapatkan waktu pematangan optimum yang digunakan untuk pembentukan vulkanisat pada mesin *hotpress* dengan suhu 150°C dan tekanan 100 kg/cm².

Vulkanisat yang dihasilkan dari mesin *hotpress* dicetak menjadi sampel uji untuk pengujian kekerasan, kuat tarik, perpanjangan putus dan daya rekat. Diagram alir

pembuatan kompon *cushion gum* dapat dilihat pada Gambar III.1 Diagram alir proses pembuatan *cushion gum*



Gambar III. 1 Diagram alir proses pembuatan *cushion gum*

III.4.1 Persiapan Alat dan Bahan

Pada penelitian ini terdapat sembilan komposisi berbeda dengan variasi jenis dan dosis minyak sebagai pelunak dan pelengket. Alat yang digunakan adalah timbangan, spatula, plastik, label dan spidol untuk mempersiapkan masing-masing bahan.

Pada saat penimbangan jumlah bahan dikonversi dari satuan bsk ke gram dengan basis kompon 1000 gram, dihitung menggunakan rumus:

$$C = \frac{B}{A} \dots\dots\dots (1)$$

$$D = E \times C \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan:

A = Total bahan dalam 1 formula (bsk)

B = Basis kompon (gram)

C = Faktor pengali

D = Jumlah bahan (gram)

E = Jumlah bahan (bsk)

Tabel III. 1 Komposisi bahan

Jenis Bahan	Nama Bahan	Jumlah Bahan (bsk)								
		P5	P12	P20	T5	T12	T20	A5	A12	A20
Karet Alam	RSS 1	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Aktivator	ZnO	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Aktivator	Asam stearat	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Aktioksidan	TMQ	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Antiozon	6 PPD	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Homogenizer	Antilux	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
Pengisi	Karbon hitam N330	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Akselerator	CBS	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
Vulkanisator	Sulfur	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2
Tackifier	coumarone resin	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Pelunak	Minyak parafin	5	12	20						
	Minyak tar pinus				5	12	20			
	Minyak aromatik							5	12	20

III.4.2 Pembuatan Kompon *Cushion Gum*

Pembuatan komponen *cushion gum* dibagi menjadi 2 tahapan yaitu proses pencampuran (*mixing*) dan penggilingan (*milling*) dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Pencampuran bahan (proses *mixing*)

- a. RSS dan *coumarone resin* dimasukkan ke dalam *open mill* dengan suhu 40-60°C selama 5 menit.
- b. Pada menit ke 6 aktivator (ZnO dan asam stearat) dimasukkan secara bersamaan kemudian digiling selama 2 menit dengan suhu 40-60°C.
- c. Antioksidan (TMQ) dimasukkan dan digiling selama 1 menit dengan suhu 40-60°C.
- d. Selanjutnya pada menit ke 9, *homogenizer* (antilux), antiozon (6 PPD), pengisi (karbon hitam) dan salah satu pelunak (minyak parafin, minyak tar pinus, minyak aromatik) dimasukkan ke dalam *open mill* kemudian digiling dengan suhu 40-60°C selama 7 menit.
- e. Akselerator (CBS) dimasukkan di menit ke 16 lalu digiling selama 1 menit.
- f. Bahan terakhir yang ditambahkan adalah vulkanisator (sulfur) yang kemudian digiling selama 1 menit.

2. Penggilingan (*milling*)

Setelah semua bahan tercampur, komponen digiling kembali sebanyak 10 kali dalam waktu 2 menit dengan suhu 60°C.

III.5 Karakterisasi Sampel

III.5.1 Pengujian Kematangan komponen

Uji kematangan komponen menggunakan alat Rheometer MDR 2000 dengan standar ASTM D 2084-17 pada suhu 150 °C selama 30 menit. Kompon dipotong berbentuk persegi panjang sebesar 4-5 gram dilapisi dengan plastik, atur waktu dan suhu kemudian sampel dimasukkan ke dalam rotor dan tutup cover. Grafik yang menunjukkan hasil uji akan muncul dan pengujian selesai.

Sebelum masuk tahap pengujian, kompon terlebih dahulu dipotong sesuai dengan cetakan kemudian masukkan dan atur tekanannya menggunakan mesin *hotpress* dengan suhu 150°C dan tekanan 100 kg/cm² dengan waktu yang sudah didapat dari pengujian kematangan kompon, sehingga dihasilkan vulkanisat.

III.5.2 Pengujian Kuat Tarik dan Perpanjangan Putus Sampel

Uji tarik dan uji perpanjangan putus dilakukan dengan standar ASTM D 412-16 menggunakan alat Tensometer LLOYD 2000 R. Sampel uji dicetak dari vulkanisat hingga berbentuk *dogbone*. Sampel berbentuk *dogbone* diukur ketebalannya pada tiga titik yang berbeda.

Proses uji dilakukan dengan cara memasang sampel *dogbone* pada penjepit atas dan bawah kemudian tunggu sampai sampel putus, kemudian hasil uji kuat tarik dan perpanjangan putus akan didapatkan.

III.5.3 Uji Kekerasan

Uji Kekerasan dilakukan dengan menggunakan alat *Durometer Hardness* tipe Shore A dengan standar ASTM D 2240-1. Sampel dibentuk dengan cara mencetak vulkanisat hingga berbentuk bulat setebal 2 mm.

Pengujian dilakukan dengan cara meletakkan sampel pada alat uji dan tekan tongkat durometer untuk melihat angka yang ditunjukkan oleh skala jarum, lakukan langkah tersebut pada 5 titik berbeda di sampel dengan jarak 6 mm, untuk mendapat hasil yang akurat.

III.5.4 Uji Daya Rekat

Pengujian daya rekat atau kelengketan sampel berdasarkan standar ASTM D 413-98 menggunakan alat tensometer INSTRON 1131. Sampel berupa persegi panjang berukuran 1 *inch* dengan 3 lapisan, lapisan paling atas yaitu ban vulkanisir kemudian lapisan tengah adalah kompon *cushion gum* dan lapisan terakhir adalah ban lama.

Pengujian dilakukan dengan cara meletakkan sampel diantara alat uji kemudian ditarik hingga lapisan terlepas dan data hasil uji daya rekat masuk ke komputer.

Bab IV Hasil dan Pembahasan

IV.1 Karakterisasi Pematangan

Pengujian kematangan kompon bertujuan untuk memperoleh beberapa karakterisasi kompon diantaranya nilai S_{maks} , S_{min} , delta torsi ($S_{Maks} - S_{Min}$) dan *scorch time* (waktu pematangan).

Penambahan pelunak ke dalam kompon *cushion gum* diharapkan dapat menurunkan nilai delta torsi ($S_{Maks} - S_{Min}$), torsi memberikan informasi tingkat kerapatan ikatan silang yang terbentuk selama proses vulkanisasi berlangsung (Vachlepi dan Suwardin, 2015).

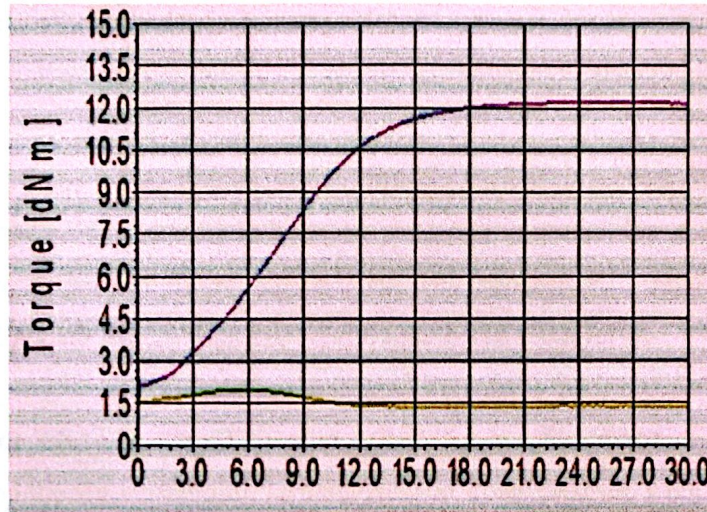
Torsi maksimum (S_{Maks}) berpadanan dengan jumlah maksimum ikatan silang yang terbentuk selama proses vulkanisasi, sedangkan torsi minimum (S_{Min}) menunjukkan kekentalan kompon karet, dan nilai delta torsi adalah tingkat kerapatan ikatan silang.

Nilai delta torsi yang semakin kecil menunjukkan semakin sedikit jumlah ikatan silang yang terbentuk (Ramadhan dan Fathurrohman, 2012) dengan begitu elastisitas kompon akan bertambah.

Scorch time (t_2) menunjukkan waktu dimulainya proses vulkanisasi (Lee dan Poh, 1985 dan diharapkan nilainya kecil. Meskipun tidak mempengaruhi kualitas *cushion gum*, namun nilai *scorch time* yang singkat dapat mempersingkat waktu proses produksi.

Waktu matang optimum (t_{90}) menunjukkan waktu yang diperlukan untuk mencapai tingkat kematangan 90%, semakin cepat semakin baik selama waktu pravulkanisasi cukup proporsional (Alam dan Honggokusumo, 1998; Vachlepi dan Suwardin, 2015). Uji kematangan kompon *cushion gum* dilakukan menggunakan alat uji rheometer MDR 2000 dengan standar ASTM D 2084-17.

Salah satu grafik hasil uji kematangan kompon dapat dilihat pada Gambar IV.1
 Grafik hasil uji kematangan kompon



Gambar IV. 1 Grafik hasil uji kematangan kompon

Hasil uji kematangan kompon secara keseluruhan dari kompon karet dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel IV.1 Hasil Pengujian Kematangan Kompon.

Tabel IV. 1 Hasil pengujian kematangan kompon

Hasil uji	Kode sampel								
	P5	P12	P20	T5	T12	T20	A5	A12	A20
S_{maks} (kg/cm)	15,17	12,21	12,48	15,01	11,05	6,9	3,79	17,1	10,58
S_{min} (kg/cm)	1,49	1,53	0,94	1,18	1,79	0,88	1,12	1,28	0,59
$S_{maks} - S_{min}$ (kg/cm)	13,68	10,68	11,54	13,83	9,26	6,02	2,67	15,8	9,99
t_{90} (menit)	22,57	13,2	19,47	16,43	27,52	28,1	28,33	22,1	18,38
t_{52} (menit)	7,4	3,17	6,02	6,1	12,46	12,6	25,58	4,31	7,39

*keterangan: P: Minyak parafin
 T: Minyak tar pinus
 A: Minyak aromatik
 5,12,20: dosis (bsk)

Berdasarkan data hasil pengujian kematangan kompon yang tertera di Tabel IV.1 Hasil pengujian kematangan kompon terdapat karakteristik dari seluruh sampel dengan hasil yang berbeda. Pada sampel P5, P12, dan P20 nilai selisih $S_{Maks} - S_{Min}$ yang dihasilkan cenderung menurun seiring bertambahnya dosis pelunak.

Nilai selisih $S_{Maks} - S_{Min}$ paling rendah dimiliki oleh P12 sebesar 10,68 kg / cm artinya kompon P12 merupakan kompon yang paling rendah kerapatannya untuk variasi minyak parafin. Nilai *scorch time* dari kompon P12 juga yang paling rendah nilai selisih $S_{Maks} - S_{Min}$ dan *scorch time* berbanding lurus.

Pada sampel T5, T12, dan T20 nilai selisih $S_{Maks} - S_{Min}$ yang dihasilkan juga cenderung menurun berbanding terbalik dengan dosis pelunak yang dimasukkan. Nilai selisih $S_{Maks} - S_{Min}$ paling rendah sebesar 6,02 kg/cm dimiliki oleh T20 artinya kompon T20 merupakan kompon yang paling rendah kerapatannya (paling elastis) untuk variasi minyak tar pinus.

Berbeda dengan kompon P5, P12, dan P20 nilai *scorch time* kompon dengan variasi jenis minyak tar pinus justru berbanding terbalik dengan nilai selisih $S_{Maks} - S_{Min}$ dengan waktu tersingkat dimiliki oleh kompon T5 sebesar 6,1 menit dengan nilai selisih $S_{Maks} - S_{Min}$ paling besar.

Pada sampel A5, A12, dan A20 nilai selisih $S_{Maks} - S_{Min}$ yang dihasilkan juga cenderung meningkat berbanding lurus dengan dosis pelunak yang dimasukkan. Nilai selisih $S_{Maks} - S_{Min}$ paling rendah sebesar 2,67 dN/m dimiliki oleh kompon A5 yang merupakan kompon yang paling rendah kerapatannya (paling elastis) untuk variasi minyak aromatik.

Pada pengujian kematangan kompon ini menghasilkan delta torsi yang menurun dan berbanding terbalik dengan penambahan dosis pelunak pada sampel. Semakin banyak pelunak yang ditambahkan ke dalam kompon maka delta torsi akan semakin sedikit.

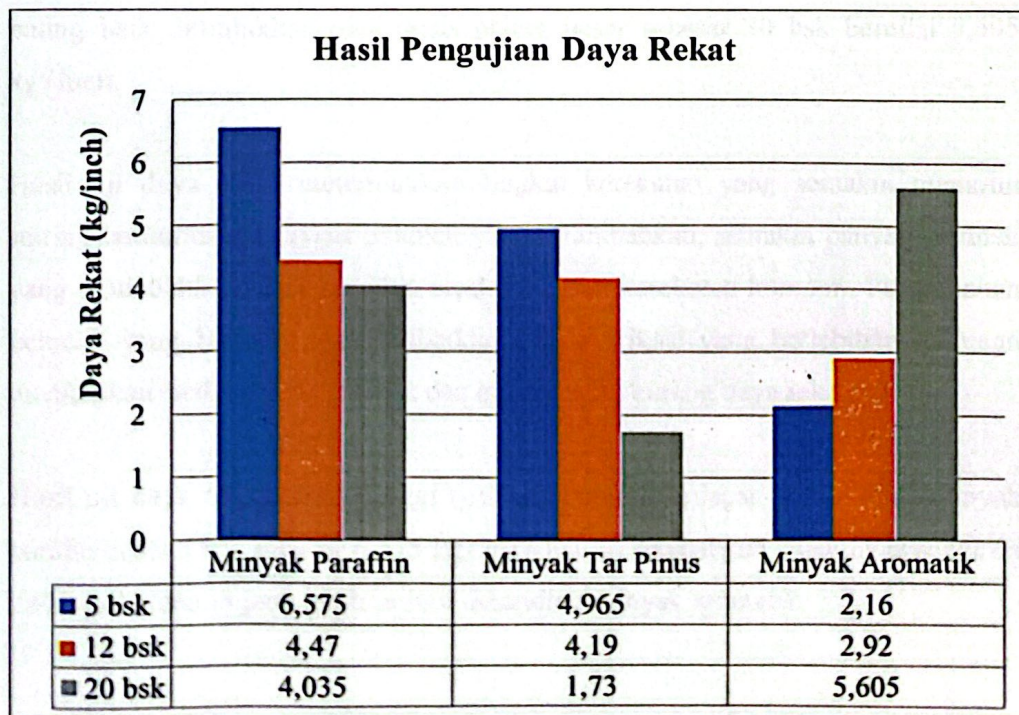
Nilai *scorch time* terendah untuk kompon A5, A12, dan A20 terdapat di kompon A12 yang memiliki nilai selisih $S_{Maks} - S_{Min}$ paling tinggi, artinya nilai selisih $S_{Maks} - S_{Min}$ berbanding terbalik dengan nilai *scorch time* nya.

IV.2 Pengujian Daya Rekat Kompon (Adhesi)

Pengujian daya rekat kompon bertujuan untuk memperoleh data tingkat kerekatan kompon *cushion gum* terhadap media yang digunakan. Penambahan pelunak ke dalam kompon *cushion gum* diharapkan dapat meningkatkan kualitas daya rekat kompon *cushion gum*.

Pengujian daya rekat menggunakan alat uji tensometer INSTRON 1131 mengacu pada standar ASTM D 429-14 menggunakan 2 sampel uji per masing-masing dosis.

Hasil pengujian daya rekat kompon *cushion gum* dapat dilihat pada Gambar IV.2 Hasil Pengujian Daya Rekat Kompon.



Gambar IV. 2 Hasil pengujian daya rekat kompon

Pada Gambar IV.2 Hasil pengujian daya rekat kompon dapat dilihat bahwa tingkat kerekatan kompon *cushion gum* berbeda satu sama lainnya, dikarenakan perbedaan dosis maupun jenis pelunak yang digunakan dimasing-masing sampel.

Untuk penambahan parafin semakin banyak dosisnya hasil daya rekatnya semakin menurun. Hasil daya rekat yang menurun dikarenakan terdapat dosis optimum penggunaan pelunak agar tidak menyebabkan *cushion gum* terlalu lembek. *Cushion gum* yang diduga terlalu lembek dibuktikan dengan hasil uji kekerasan yang tertera pada Gambar IV.3 Hasil uji kekerasan kompon.

Sampel dengan variasi minyak tar pinus memiliki tingkat kerekatan dengan dosis paling rendah memiliki tingkat kerekatan paling baik. Hasil uji untuk variasi tar pinus selaras dengan variasi parafin yaitu semakin banyak dosis pelunak akan menurunkan kerekatannya.

Sampel dengan jenis pelunak aromatik memiliki hasil yang berbeda dari 6 sampel sebelumnya. Tingkat kerekatan untuk sampel dengan variasi minyak aromatik paling baik ditunjukkan oleh dosis paling besar sebesar 20 bsk bernilai 5,605 kg/inch.

Hasil uji daya rekat menunjukkan tingkat kerekatan yang semakin menurun seiring bertambahnya dosis pelunak yang ditambahkan, semakin banyak pelunak yang ditambahkan akan semakin rendah tingkat kerekatan kompon. Penambahan pelunak yang berlebih mengakibatkan efek lubrikasi yang berlebihan sehingga menjadikan *cushion gum* lembek dan akhirnya berkurang daya rekatnya.

Hasil uji daya rekat paling tinggi (paling lengket) terdapat pada variasi minyak parafin dosis 5 bsk sebesar 6,575 kg/inch hal ini disebabkan kandungan senyawa polar pada parafin jauh lebih sedikit dibanding minyak aromatik.

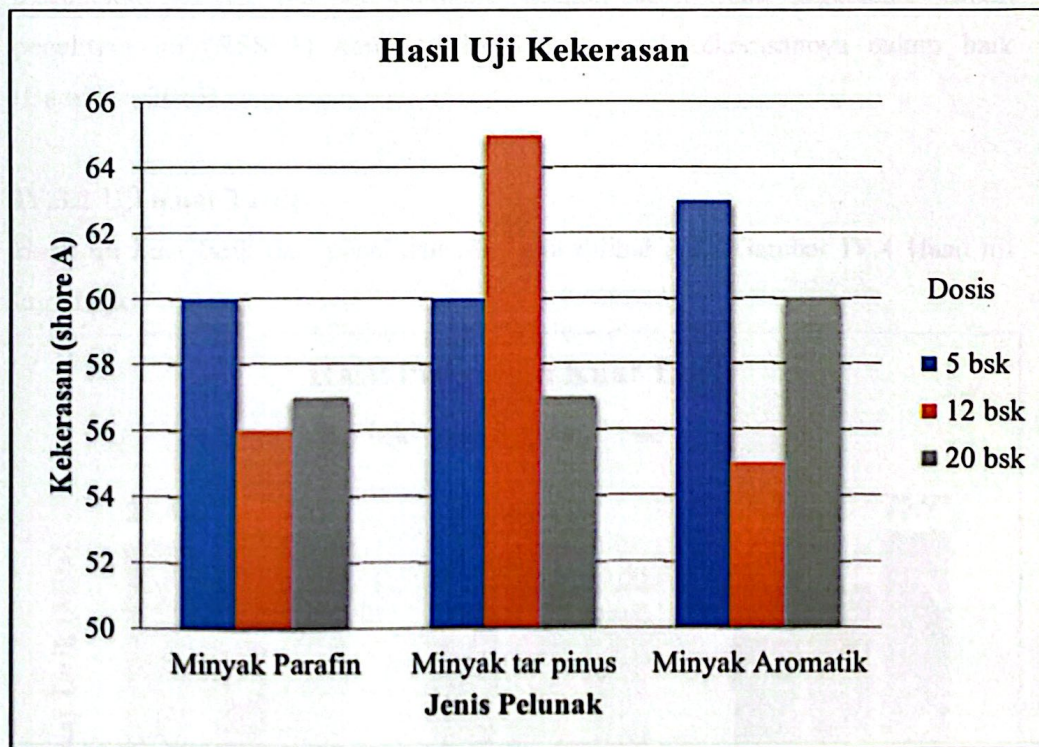
IV.3 Pengujian Sifat Mekanik Kompon

IV.3.1 Uji Kekerasan Kompon

Kekerasan (*hardness*) dapat didefinisikan sebagai ketahanan material terhadap lekukan permanen (Fitriani dkk., 2017). Pengujian kekerasan yang dilakukan dengan menggunakan *Durometer Hardness* tipe Shore A dengan standar ASTM D 2240-15.

Pengujian ini bertujuan untuk memperoleh tingkat elastisitas kompon. Penambahan pelunak ke dalam kompon *cushion gum* diharapkan dapat meningkatkan nilai elastisitas kompon.

Hasil uji kekerasan kompon dari penelitian ini dapat dilihat pada Gambar IV.3 Hasil uji kekerasan kompon.



Gambar IV. 3 Hasil uji kekerasan kompon

Dengan dosis pengisi jenis karbon hitam N330 pada masing-masing sampel 50 bsk, seluruh sampel memenuhi standar, berdasarkan Indian Standar dan PTM BPPT standar hasil uji kekerasan untuk *cushion gum* minimal 45 shore A dan

maksimal 70 shore A. Sampel dengan variasi minyak parafin memiliki dosis optimum yang terdapat disampel dengan dosis 12 bsk sebesar 56 shore A.

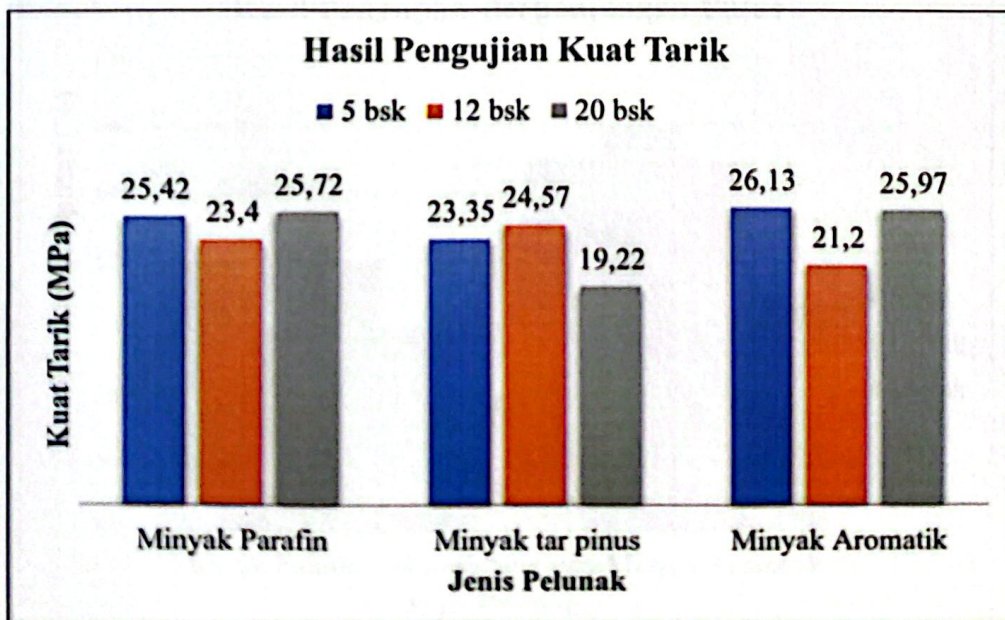
Variasi jenis pelunak minyak tar pinus dosis optimum ada pada sampel dengan dosis 20 bsk sebesar 57 shore A. Variasi jenis minyak aromatik sampel yang paling optimum ada pada sampel dengan nilai 55 shore A dan dosis 12 bsk.

Pada pengujian ini dihasilkan data tingkat kekerasan kompon beragam tidak cenderung turun ataupun naik, hal ini disebabkan adanya dosis minimum dari masing masing pelunak.

Nilai kekerasan paling kecil (paling elastis) terdapat pada sampel A12 hal ini disebabkan karena minyak aromatik dengan karet yang digunakan dalam penelitian ini (RSS 1) kompatibel sehingga nilai kekerasannya cukup baik (Banerjee, 2015).

IV.3.2 Uji Kuat Tarik

Hasil uji kuat tarik dari penelitian ini dapat dilihat pada Gambar IV.4 Hasil uji kuat tarik.



Gambar IV. 4 Hasil uji kuat tarik

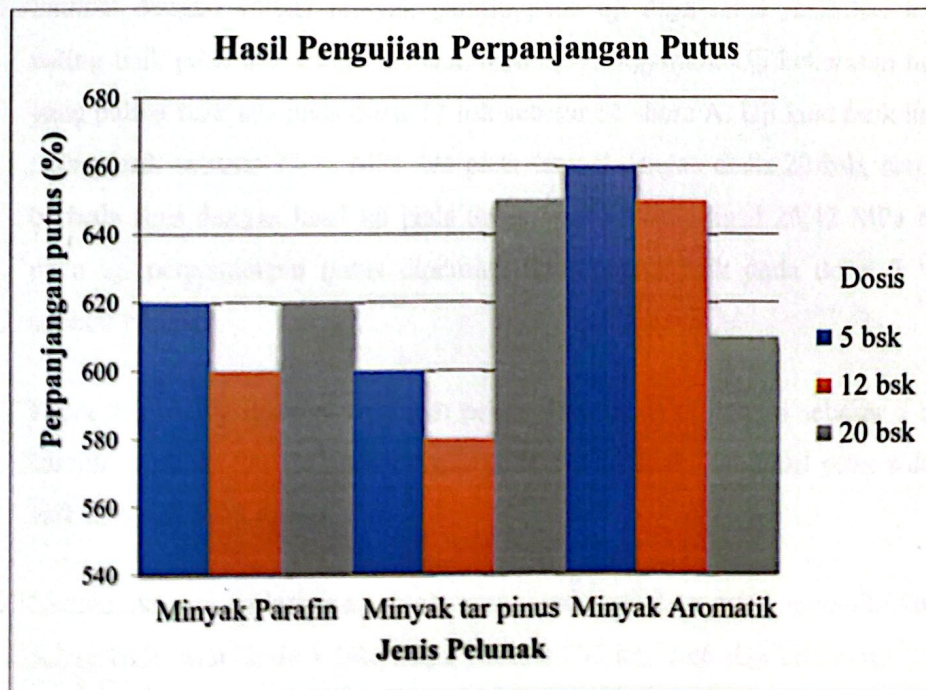
Kekuatan tarik (*tensile strength*) adalah tegangan maksimum yang bisa ditahan oleh sebuah bahan ketika diregangkan atau ditarik, sebelum bahan tersebut patah (Fitriani dkk., 2017).

Uji tarik dilakukan dengan menggunakan standar ASTM D 412-16 menggunakan alat Tensometer LLOYD 2000 R. Nilai kuat tarik juga dipengaruhi oleh kekerasan kompon. Menurut *Indian Standar* nilai uji kuat tarik yang baik untuk *cushion gum* minimal sebesar 18 MPa.

Berdasarkan Gambar IV. 4 Hasil uji kuat tarik, seluruh sampel memenuhi standar dengan nilai kuat tarik paling kecil sebesar 19,62 MPa terdapat di kompon dengan variasi minyak tar pinus dengan dosis 12 bsk, dan nilai kuat tarik yang paling besar terdapat pada jenis minyak aromatik sebesar 26,13 MPa.

IV.3.3 Uji Perpanjangan Putus

Hasil uji perpanjangan putus dari penelitian ini dapat dilihat pada Gambar IV.5 Hasil uji perpanjangan putus.



Gambar IV. 5 Hasil uji perpanjangan putus

Perpanjangan putus didefinisikan sebagai pertambahan panjang suatu potongan uji jika diregangkan sampai batas maksimum sampai mengalami putus (Nasruddin, 2008;Nasruddin 2010).

Uji perpanjangan putus sampel dilakukan dengan menggunakan standar ASTM D 412-16 menggunakan alat Tensometer LLOYD 2000 R. Berdasarkan *Indian Standar* nilai uji perpanjangan putus minimal untuk *cushion gum* sebesar 500%.

Dapat dilihat dari Gambar IV.5 Hasil uji perpanjangan putus semua sampel memiliki hasil pengujian yang memenuhi standar, dari data hasil uji didapat nilai perpanjangan putus yang paling besar ada pada kompon *cushion gum* variasi minyak aromatik dosis 5 bsk dengan hasil uji sebesar 660% yang pada uji kekerasan kompon tersebut merupakan yang paling tidak keras.

Nilai uji kekerasan berbanding terbalik dengan uji perpanjangan putus, semakin kecil nilai uji kekerasan semakin besar nilai uji perpanjangan putus.

Berdasar hasil uji, diperoleh saran penggunaan pelunak, diantaranya:

1. Sampel dengan variasi minyak parafin pada uji daya rekat memiliki hasil paling baik pada dosis 5 bsk dengan nilai 6,575 kg/*inch*. Uji kekerasan hasil yang paling baik ada pada dosis 12 bsk sebesar 56 shore A. Uji kuat tarik hasil paling baik sebesar 25,72 MPa ada pada sampel dengan dosis 20 bsk, namun berbeda tipis dengan hasil uji pada dosis 5 bsk dengan hasil 25,42 MPa dan pada uji perpanjangan putus diperoleh hasil paling baik pada dosis 5 bsk sebesar 620%.

Maka dosis yang disarankan dalam penggunaan minyak parafin sebesar 5 bsk karena memiliki hasil uji paling baik pada 2 pengujian, dan hasil yang cukup baik di pengujian lainnya.

2. Sampel dengan variasi minyak tar pinus pada uji daya rekat memiliki hasil paling baik pada dosis 5 bsk dengan nilai 4,965 kg/*inch*. Uji kekerasan hasil yang paling baik ada pada dosis 20 bsk sebesar 57 shore A. Uji kuat tarik hasil

paling baik sebesar 24,57 MPa ada pada sampel dengan dosis 12 bsk dan pada uji perpanjangan putus diperoleh hasil paling baik pada dosis 20 bsk sebesar 650%.

Maka dosis yang disarankan dalam penggunaan minyak tar pinus sebesar 5 bsk karena memiliki hasil uji paling baik pada 2 pengujian, dan hasil yang cukup baik di pengujian lainnya.

3. Sampel dengan variasi minyak aromatik pada uji daya rekat memiliki hasil paling baik pada dosis 20 bsk dengan nilai 5,605 kg/*inch*. Uji kekerasan hasil yang paling baik ada pada dosis 12 bsk sebesar 55 shore A. Uji kuat tarik hasil paling baik sebesar 26,13 MPa ada pada sampel dengan dosis 5 bsk, dan pada uji perpanjangan putus diperoleh hasil paling baik pada dosis 5 bsk sebesar 660%.

Maka dosis yang disarankan dalam penggunaan minyak aromatik sebesar 20 bsk karena memiliki hasil uji paling baik pada 2 pengujian, dan hasil yang cukup baik di pengujian lainnya.

Bab V Kesimpulan dan Saran

V.1 Kesimpulan

Pada penelitian dengan penambahan variasi pelunak melewati berbagai pengujian dapat ditarik kesimpulan bahwa seluruh sampel memenuhi standar yang digunakan, dengan hasil terbaik sebagai berikut:

1. Berdasarkan daya rekat, pelunak jenis minyak parafin dosis 5 bsk menunjukkan hasil paling tinggi dengan nilai $6,575 \text{ kg/inch}$.
2. Berdasarkan pengujian mekanik:
 - Jenis minyak aromatik dosis 12 bsk menunjukkan hasil uji kekerasan paling rendah dengan nilai 55 shore A.
 - Jenis minyak aromatik dengan dosis 5 bsk menunjukkan hasil uji kuat tarik paling tinggi dengan nilai 26,13 MPa.
 - Jenis minyak aromatik dengan dosis 5 bsk menunjukkan hasil uji perpanjangan putus paling tinggi dengan nilai 660%.
3. Berdasarkan beberapa standar yang digunakan seluruh variasi kompon memiliki hasil uji yang memenuhi syarat.

Berdasarkan pertimbangan dari segi fungsi minyak parafin lebih unggul karena dosis kecil menghasilkan daya rekat paling tinggi dengan hasil uji mekanik yang nilainya tidak jauh berbeda dibanding minyak aromatik dan masih memenuhi standar.

V.2 Saran

Perlu dilakukan uji FTIR untuk mengetahui apabila terdapat gugus fungsi yang mempengaruhi daya rekat cushion gum.

DAFTAR PUSTAKA

- Alba-Rubio, A. C., Santamaria-Gonzalez, J., Merida-Robles, J. M., Moreno-Tost, R., Martin-Alonso, D., Jimenez-Lopez, A., dan Maireles-Torres, P. (2010): Heterogeneous transesterification processes by using cao supported on zinc oxide as basic catalysts. *Catalysis Today*, **149**, 281-287.
- Alexander, M. dan Thachil, E.T. (2006): A comparative study of cardanol and aromatic oil as plasticizers for carbon black filled natural rubber. *Journal of Applied Polymer Science*, **102**, 4835-4841.
- Badan Standarisasi Nasional (1987): SNI 06-0001-1987, Karet Konvensional, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- Bakhshandeh, G. R. dan Alinegad, S. M. A. (2001): Studies on the adhesion of cushion gum to carcass in retreaded tyre. *Iranian Journal of Polymer Science and Technology*, **13**, 217-225.
- Banerjee, B. (2015): Processability, characterisation and properties of tyre retread compounding ingredients. In: *Tyre Retreading 2nd edition*, 32-44.
- Barnes, T. M. dan Greive, K. A. (2016): Topical pine tar: History, properties and use as a treatment for common skin conditions. *Australasian Journal of Dermatology*, **58**, 1-6.
- Basak, G. C., Bandyopadhyay, A., dan Bhowmick, A. K. (2012): The role of tackifiers on the auto-adhesion behavior of EPDM rubber. *Journal of Materials Science*, **47**, 3166-3176.
- Bergmann, C. (2014): Influence of plasticizers on the properties of natural rubber based compounds
- Bhuvanewary M. G. (2010): Modification of natural rubber using thermoset resins. Department of polymer science and rubber technology cochin university of science and technology, India.
- Charan, R. (2012): Process oils for rubber-its selection criteria, 1.
- Chen, L., Gong, X.-l., Jiang, W.-q., Yao, J.-j., Deng, H.-., dan Li, W.-h. (2007): Investigation on magnetorheological elastomers based on natural rubber. *Journal of Materials Science*, **42**, 5483-5489.
- Cifriadi, A. (2013): Penggunaan lindi hitam sebagai bahan pelunak dalam kompon karet alam. *Jurnal Penelitian Karet*, **31**, 20-29.
- Daud, D. (2015): Kaolin sebagai bahan pengisi pada pembuatan kompon karet : Pengaruh ukuran dan jumlah terhadap sifat mekanik fisik. *Jurnal Dinamika Penelitian Industri*, **26**, 41-48.
- Elisabeth Y. dan Sunarsih (2017): Pembuatan cushion gum berbahan baku karet alam untuk ban pesawat.

- Fitriani, D. A., Arti, D. K., Fidyarningsih, R., Saputra, D. A., Septiva, S., dan Jayatin (2017): Efektivitas processing oil pada sifat fisika kompon karet untuk cushion gum karet-karet pada ban. *Simposium Nasional Polimer*, **11**, 41-48.
- Grossman, R. F. (1997): Rheometer data and its meaning, In: The mixing of rubber.
- Hamed, G. R. (2014): Materials and compound, In: Engineering with rubber 3rd edition.
- Indian Standard (2005): IS 13531 (2005): Automotive tyres - Tyre- Retreading materials for mould cure process, 1-2.
- Kencanawati C. I. P. K., Sugita, I. K. G., Suardana N. P. G., Suyasa, I. W. B. (2017): Karakteristik dan Analisis Awal Getah Pinus Merkusii (Pine Resin) dengan variasi Suhu Pemanasan sebagai Alternatif Resin pada Komposit. *Proceeding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin XVI*, 5-6.
- Khan, I. dan Poh, B. T. (2011): Natural rubber based pressure sensitive adhesives: A Review. *Journal of Polymers and the Environment*, **19**, 793–811.
- Kozowyk, P. R. B., Soressi, M., Pomstra, D., dan Langejans, G. H. J. (2017): Experimental methods for the Paleolithic dry distillation of birch bark: Implications for the origin and development of Neandertal adhesive technology, 1-9.
- Lee, C. H. dan Poh, B. T. (1985): Temperature dependence of mooney scorch time of rubber compounds. *Journal of applied polymer science*, **30**, 71-81.
- Moore, C. G., Mullins, L., dan Swift, P. McL. (1961): Structural characterization of vulcanizates. part i. crosslinking efficiency of sulfur in unaccelerated natural rubber-sulfur systems. *Journal of Applied Polymer Science*, **5**, 293-298.
- Nasruddin (2010): Karakteristik sifat fisika kimia membran dari berbagai formula kompon. *Dinamika Penelitian BIPA*, **21**, 60-71.
- Nuyah (2011): Pengaruh penggunaan SBR dan NR terhadap sifat fisika kompon karet packing cap radiator. *Jurnal Dinamika Penelitian Industri*, **22**, 52-57.
- Nuyah (2012): Pengaruh karet alam hidrogenasi terhadap ketahanan oksidasi dan ozon barang jadi karet. *Jurnal Dinamika Penelitian Industri*, **23**, 116-123.
- Nuyah dan Rahmaniar (2013): Pembuatan kompon karet dengan bahan pengisi arang cangkang sawit. *Jurnal Dinamika Penelitian Industri*, **24**, 114-121.
- Prastanto, H. (2014): Depolimerisasi karet alam secara mekanis untuk bahan aditif aspal. *Jurnal Penelitian Karet*, **32**, 81-87.
- Purnomo, A. S. dan Nurjanah, S. U. (2019): Pengaruh resorcinol dan hexa 80 sebagai tackifier pada cushion gum. Politeknik Negeri Bandung.

- Pusari, D. dan Haryanti, S. (2014): Pemanenan getah karet (*hevea brasiliensis* muell. arg) dan penentuan kadar karet kering (KKK) dengan variasi temperatur pengovenan di PT. Djambi Waras Jujuhan Kabupaten Bungo, Jambi. *Buletin Anatomi dan Fisiologi*, **22**, 64-74.
- Puspitasari, S. dan Cifriadi, A. (2014): Karakterisasi minyak jarak terhidrogenasi sebagai bahan pelunak karet alami. *Jurnal Penelitian Karet*, **32**, 65-73.
- Rahmaniar dan Prasetya, H. A. (2011): Minyak biji karet epoksi sebagai bahan pelunak untuk pembuatan seal radiator, *Jurnal Riset Industri*, **5**, 71-78.
- Ramadhan, A. dan Fathurrohman, M. I. (2012): Pengaruh asam stearat terhadap karakteristik pematangan, sifat mekanik dan swelling vulkanisat karet alam dengan bahan pengisi organoclay. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, **14**, 108-113.
- Rippel, M. M. dan Galembeck, F. (2009): Nanostructures and adhesion in natural rubber: New era for a classic. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, **20**, 1024–1030.
- Setyorini, I. dan Herminiwati (2017): Study of rubber adhesive compounds for tire retreading: drying rate and adhesion strength. *Prosiding Seminar Nasional Kulit, Karet dan Plastik*, **6**, 103-110.
- Speight, J. G. (2011): Pharmaceuticals, In: Handbook of industrial hydrocarbon processes.
- Subulan, K., Tasan, S. A., Baykasoglu, A. (2015): Designing an environmentally conscious tire closed-loop supply chain network with multiple recovery options using interactive fuzzy goal programming. *Applied Mathematical Modelling*, **39**, 2661-2702.
- Vachlepi, A. dan Suwardin, D. (2015): Kajian Pembuatan kompon karet alam dari bahan pengisi abu briket batubara dan arang cangkang sawit. *Jurnal Dinamika Penelitian Industri*, **26**, 1-9.
- Wypych, G. (2004): Plasticizer types, In: Handbook of Plasticizers.
- Yulianti, C. H. (2012): Sintesis dan karakterisasi kristal nano ZnO. *Jurnal Teknik*, **4**, 1-5.

Daftar Pustaka dari situs internet:

Data kontribusi industri ban vulkanisir di Indonesia terhadap perekonomian nasional merupakan data dari Asosiasi Produsen Ban Indonesia (APBI), data diperoleh melalui situs internet: <https://kemenperin.go.id/artikel/20881/GMP-Ban-Vulkanisir-disiapkan>. Diunduh pada tanggal 21 Desember 2019.

Lapisan cushion gum pada ban merupakan data dari Kraiburg Austria, data diperoleh melalui situs internet: <https://www.kraiburg-austria.com/en/tyres-retreading/products/retreading-material/>. Diunduh pada 22 januari 2020.

LAMPIRAN



Nomor : 192 /BPSDMI/STMI/XI/2019
Lampiran :
Hal : **Permohonan Penelitian**

Jakarta, 20 November 2019

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

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

Adapun nama mahasiswa/i yang akan melakukan Penelitian adalah:

No.	Nama	NIM	Bidang Kompetensi
1.	Zarah Krishna Hadi	1516052	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

busan:
Direktur STMI;
Ka Prodi TKP;
Mahasiswa yang bersangkutan;
Pertinggal



**PT RISET PERKEBUNAN NUSANTARA
PUSAT PENELITIAN KARET
BALAI PENELITIAN TEKNOLOGI KARET**

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

Nomor : 0777/BPTK-Um/XII/2019
Lampiran : -
Perihal : Ijin Penelitian

Bogor, 19 November 2019
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. 119.120.121.122.127.128/BPSDMI/STMI/X/2019, tanggal 7 Oktober 2019 dan 20 November 2019 perihal tersebut di atas, maka kami sampaikan bahwa kami dapat memberikan ijin kepada Mahasiswi yang bernama :

No	Nama	NIM
1.	Nurjanah	1516037
2.	Novi Widiyanti	1516053
3.	Cikalifa Putri Ichsan	1516057
4.	Novita Putri Wahyuni	1516045
5.	Zarah Krishna Hadi	1516052

Mahasiswi tersebut akan ditempatkan di bawah bimbingan Saudari Norma Arisanti Kinasih, S.Tp. (Peneliti). Selanjutnya kepada mahasiswa/i yang bersangkutan mohon segera menghubungi Penanggungjawab Administrasi Kepegawaian untuk penjelasan lebih lanjut berkaitan dengan ketentuan yang berlaku di Balai Penelitian Teknologi Karet.

Atas perhatiannya kami sampaikan terima kasih.

Balai Penelitian Teknologi Karet
Kepala Balai,

Dr. Thomas, M.Agr.Sc.

Pusat:
PENELITIAN KARET Jl. Raya Palembang – Pengkalen Dalam Km. 29, Sembawa, Banyuwangi 50953 - Sumatera Selatan | Telp : (0711) 7419493
Telp. 7433242 | Email : um_shr@yahoo.com | www.puslitkaret.co.id

Unit:
BALAI PENELITIAN SUNGAI PUTIH Sungai Putih - Gelang, Sumatera Utara, P.O.Box 1415 Medan 20001 | Telp : (061) 7940045, Fax : (061) 7940048
telp : balitpp@indosat.net.id | www.balitpp.com
BALAI PENELITIAN GETAS Jl. Patimura Km.6, Karak Pk. 804, Solatya Jawa Tengah | Telp : (0298) 322104, Fax : (0298) 321077
telp : balitgetas@indosat.net.id | www.balitgetas.co.id

Scanned with
CamScanner



Lampiran A Lembar Bimbingan Tugas Akhir

Nama : Zarah Krishna Hadi
NIM : 1516052
Judul Tugas Akhir : Daya rekat dan sifat mekanik *cushion gum* dengan pelunak minyak parafin, minyak tar pinus, minyak aromatik
Pembimbing : Dr. Ir. Lintong Sopandi Hutahaean, MSc

Tanggal	BAB	Keterangan	Paraf
25-10-2019	-	Konfirmasi tempat penelitian dan diskusi mengenai topik dan judul Tugas akhir	
20-12-2019	-	Pengesahan judul Tugas akhir	
23-01-2020	BAB I & III	Perbaikan proposal Tugas akhir Bab I & III mengenai latar belakang masalah, batasan masalah, dan diagram alir proses	
28-01-2020	BAB II	Perbaikan Bab II mengenai pengelompokan sub bab tinjauan pustaka	
15-04-2020	BAB I-III	Penambahan latar belakang, perbaikan kalimat pada sub bab tinjauan pustaka dan perbaikan diagram alir	
27-04-2020	BAB IV	Perbaikan mengenai data hasil pengujian dan pembahasannya	
27-05-2020	BAB I-IV	Perbaikan tata kalimat dari setiap bab, serta penambahan referensi	
19-06-2020	BAB V	Penambahan kesimpulan dan saran	
09-07-2020	BAB I-V	Perbaikan bab I-V serta perbaikan power point seminar	

16-07-2020	-	Latihan presentasi seminar, diskusi serta penambahan beberapa hal pada power point	
------------	---	--	--

Menyetujui
Ketua Program Studi
Teknik Kimia Polimer

Jakarta, Juli 2020

Dosen Pembimbing

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

Dr. Ir. Lintong Sopandi Hutahaean, MSc
NIP. 195803221986031002

Jakarta, 26 Februari 2020

or : B/
/BPSDMI/STMI/PP/II/2020
piran : 1 (satu)
: Penugasan Proses Bimbingan Tugas Akhir
Tahun Akademik 2019/2020

Bapak Dr. Ir Lintang Sopandi Hutahaean, M.Che
Jakarta

Berdasarkan Keputusan Direktur Politeknik STMI Jakarta Nomor BPSDMI/STMI/PP/KEP/II/2020 tanggal 02 Januari 2020 tentang pengangkatan Dosen Pembimbing dan Assisten Dosen Pembimbing Tugas Akhir Politeknik STMI Jakarta Tahun Akademik 2019/2020, maka dengan ini kami mengharap bantuan Bapak untuk dapat memberikan bimbingan dalam penulisan / penyusunan Tugas Akhir kepada mahasiswa yang namanya tersebut di bawah ini.

Nama : Zarah Krishna Hadi
No. Induk : 1516052

Adapun judul Tugas Akhir yang bersangkutan berdasarkan proposal yang terdaftar adalah:

" Pengaruh Variasi Oil terhadap Kualitas Daya Rekat Cushion Gum. "

Demikian surat penugasan ini disampaikan. Atas perhatian dan bantuan Bapak kami ucapkan terima kasih.

Direktur,

Mustofa

Revisi:
Pudir 1,
Ka Prodi TKP,
Mahasiswa yang bersangkutan,



Lampiran E Perhitungan formulasi bahan

A. Variasi Minyak parafin

1. Sampel kode P5

Bahan	Jumlah bahan	
	Bsk	Gram
RSS 1	100	560,85
ZnO	5	28,04
As. Stearat	2	11,22
CBS	1,6	8,97
Sulfur	2,2	12,34
Karbon hitam N330	50	280,43
TMQ	2	11,22
6 PPD	2	11,22
Antilux	3,5	19,63
Coumarone resin	5	28,04
Minyak Parafin	5	28,04
Jumlah Bsk bahan (A)	178,3	1000
Jumlah kompon yang akan digiling (gram) (B)	1000	
Faktor Pengali (C=B/A)	5,6085249	

2. Sampel kode P12

Bahan	Jumlah bahan	
	Bsk	Gram
RSS 1 (kode Z2)	100	539,67
ZnO	5	26,98
As. Stearat	2	10,79
CBS	1,6	8,63
Sulfur	2,2	11,87
Karbon hitam N330	50	269,83
TMQ	2	10,79
6 PPD	2	10,79
Antilux	3,5	18,89
Coumarone resin	5	26,98
Minyak Parafin	12	64,76
Jumlah Bsk bahan (A)	185,3	1000
Jumlah kompon yang akan digiling (gram) (B)	1000	
Faktor Pengali (C=B/A)	5,3966540	

3. Sampel kode P20

Bahan	Jumlah bahan	
	Bsk	Gram
RSS 1	100	517,33

ZnO	5	25,87
As. Stearat	2	10,35
CBS	1,6	8,28
Sulfur	2,2	11,38
Karbon hitam N330	50	258,67
TMQ	2	10,35
6 PPD	2	10,35
Antilux	3,5	18,11
Coumarone resin	5	25,87
Minyak Parafin	20	103,47
Jumlah Bsk bahan (A)	193,3	1000
Jumlah kompon yang akan digiling (gram) (B)	1000	
Faktor Pengali (C=B/A)	5,1733057	

B. Variasi Minyak Tar Pinus

1. Sampel kode T5

Bahan	Jumlah bahan	
	Bsk	Gram
RSS 1	100	560,85
ZnO	5	28,04
As. Stearat	2	11,22
CBS	1,6	8,97
Sulfur	2,2	12,34
Karbon hitam N330	50	280,43
TMQ	2	11,22
6 PPD	2	11,22
Antilux	3,5	19,63
Coumarone resin	5	28,04
Minyak Tar Pinus	5	28,04
Jumlah Bsk bahan (A)	178,3	1000
Jumlah kompon yang akan digiling (gram) (B)	1000	
Faktor Pengali (C=B/A)	5,6085249	

2. Sampel kode T12

Bahan	Jumlah bahan	
	Bsk	Gram
RSS 1	100	539,67
ZnO	5	26,98
As. Stearat	2	10,79
CBS	1,6	8,63
Sulfur	2,2	11,87
Karbon hitam N330	50	269,83
TMQ	2	10,79

6 PPD	2	10,79
Antilux	3,5	18,89
Coumarone resin	5	26,98
Minyak Tar Pinus	12	64,76
Jumlah Bsk bahan (A)	185,3	1000
Jumlah kompon yang akan digiling (gram) (B)	1000	
Faktor Pengali (C=B/A)	5,3966540	

3. Sampel kode T20

Bahan	Jumlah bahan	
	Bsk	Gram
RSS 1	100	517,33
ZnO	5	25,87
As. Stearat	2	10,35
CBS	1,6	8,28
Sulfur	2,2	11,38
Karbon hitam N330	50	258,67
TMQ	2	10,35
6 PPD	2	10,35
Antilux	3,5	18,11
Coumarone resin	5	25,87
Pine Tar Oil	20	103,47
Jumlah Bsk bahan (A)	193,3	1000
Jumlah kompon yang akan digiling (gram) (B)	1000	
Faktor Pengali (C=B/A)	5,1733057	

C. Variasi Minyak Aromatik

1. Sampel kode A5

Bahan	Jumlah bahan	
	Bsk	Gram
RSS 1	100	560,85
ZnO	5	28,04
As. Stearat	2	11,22
CBS	1,6	8,97
Sulfur	2,2	12,34
Karbon hitam N330	50	280,43
TMQ	2	11,22
6 PPD	2	11,22
Antilux	3,5	19,63
Coumarone resin	5	28,04
Minyak Aromatik	5	28,04
Jumlah Bsk bahan (A)	178,3	1000

Jumlah kompon yang akan digiling (gram) (B)	1000	
Faktor Pengali (C=B/A)	5,6085249	

2. Sampel kode A12

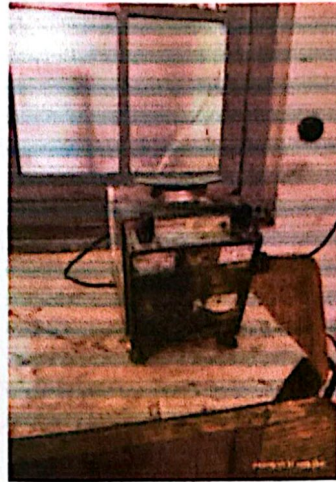
Bahan	Jumlah bahan	
	Bsk	Gram
RSS 1	100	539,67
ZnO	5	26,98
As. Stearat	2	10,79
CBS	1,6	8,63
Sulfur	2,2	11,87
Karbon hitam N330	50	269,83
TMQ	2	10,79
6 PPD	2	10,79
Antilux	3,5	18,89
Coumarone resin	5	26,98
Minyak Aromatik	12	64,76
Jumlah Bsk bahan (A)	185,3	1000
Jumlah kompon yang akan digiling (gram) (B)	1000	
Faktor Pengali (C=B/A)	5,3966540	

9. Sampel kode A20

Bahan	Jumlah bahan	
	Bsk	Gram
RSS 1	100	517,33
ZnO	5	25,87
As. Stearat	2	10,35
CBS	1,6	8,28
Sulfur	2,2	11,38
Karbon hitam N330	50	258,67
TMQ	2	10,35
6 PPD	2	10,35
Antilux	3,5	18,11
Coumarone resin	5	25,87
Pine Tar Oil	20	103,47
Jumlah Bsk bahan (A)	193,3	1000
Jumlah kompon yang akan digiling (gram) (B)	1000	
Faktor Pengali (C=B/A)	5,1733057	

Lampiran F Alat Dan Bahan

E. 1 Alat



Gambar 1: Timbangan Bahan

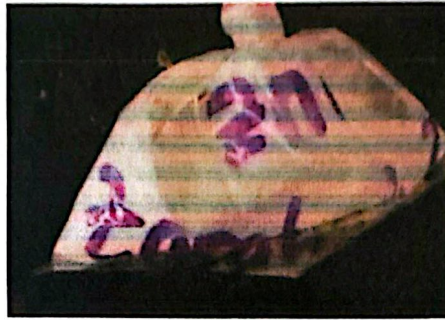


Gambar 2: *Open mill*

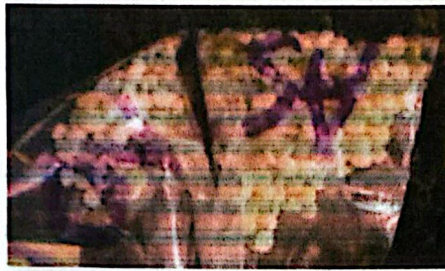
E.2 Bahan



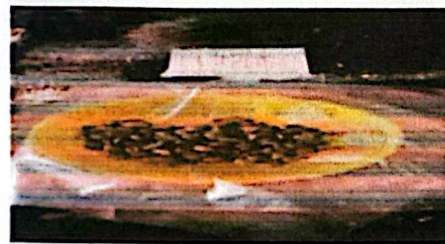
Gambar 3: Karet RSS 1



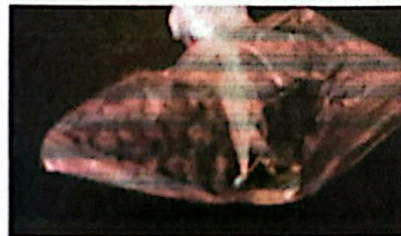
Gambar 4: ZnO



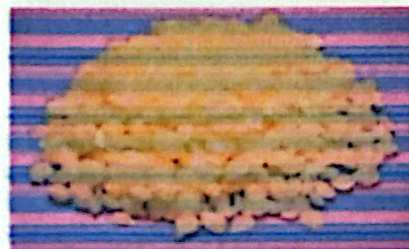
Gambar 5: Asam Stearat



Gambar 6: TMQ



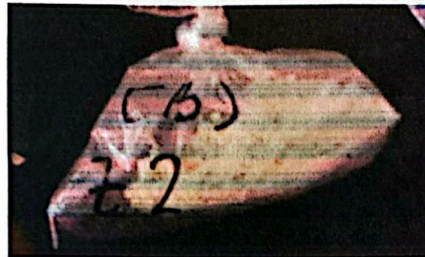
Gambar 7: 6 PPD



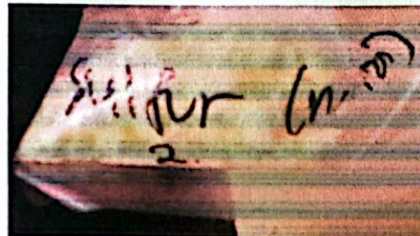
Gambar 8: Antilux



Gambar 9: Carbon Black



Gambar 10: CBS



Gambar 11: Sulfur



Gambar 12: Coumarone resin



Gambar 13: Minyak parafin



Gambar 14: Minyak Tar Pinus

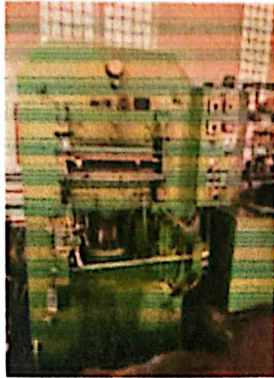


Gambar 15: Minyak Aromatik

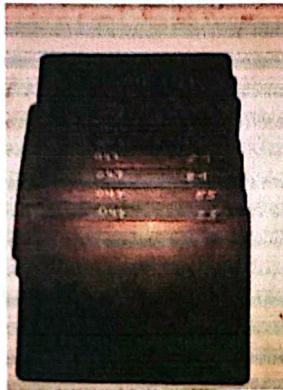


Gambar 16: Kompon *cushion gum*

Lampiran G Sampel Dan Alat Uji



Gambar 1: *Mesin Hot press*



Gambar 2: Vulkanisat



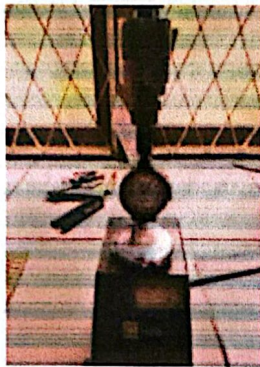
Gambar 3: Alat uji kematangan kompon (Rheometer ODR 2000)



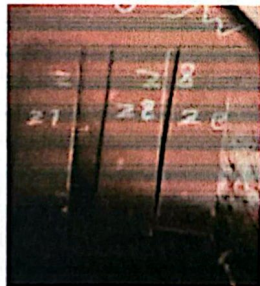
Gambar 4: Sampel uji kuat tarik dan perpanjangan putus



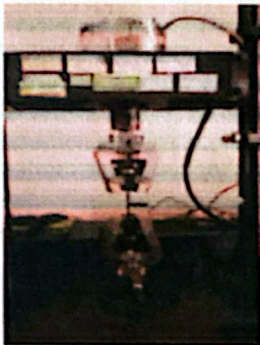
Gambar 5: Alat uji kuat tarik dan perpanjangan putus (Tensometer LLOYD 2000)



Gambar 6: Alat uji kekerasan (*Durometer Hardness tipe Shore A*)



Gambar 7: Sampel uji daya rekat



Gambar 8: Alat uji daya rekat (tensometer INSTRON 1131)