

## TUGAS AKHIR

**PENGARUH PROPORSI *CARBON BLACK* N330 DAN SILIKA  
TERHADAP SIFAT *SHRINKAGE GREEN STICK*  
KOMPON BAN DALAM MOBIL PENUMPANG 5.50/6.00-13  
DI PT PENTASARI PRANAKARYA, SEMARANG**



Disusun Oleh:

**RIZKA SILVI SAFITRI**

**NIM. 1903030**

**KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN RI  
BADAN PENGEMBANGAN SUMBER DAYA MANUSIA INDUSTRI  
POLITEKNIK ATK YOGYAKARTA**

**2022**

## **TUGAS AKHIR**

**PENGARUH PROPORSI *CARBON BLACK* N330 DAN SILIKA  
TERHADAP SIFAT *SHRINKAGE GREEN STICK*  
KOMPON BAN DALAM MOBIL PENUMPANG 5.50/6.00-13  
DI PT PENTASARI PRANAKARYA, SEMARANG**



**KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN RI  
BADAN PENGEMBANGAN SUMBER DAYA MANUSIA INDUSTRI  
POLITEKNIK ATK YOGYAKARTA  
2022**

**PENGESAHAN**  
**PENGARUH PROPORSI *CARBON BLACK* N330 DAN SILIKA**  
**TERHADAP SIFAT *SHRINKAGE GREEN STICK***  
**KOMPON BAN DALAM MOBIL PENUMPANG 5.50/6.00-13**  
**DI PT PENTASARI PRANAKARYA, SEMARANG**

Disusun Oleh:

RIZKA SILVI SAFTTRI  
NIM. 1903030

Program Studi Teknologi Pengolahan Karet dan Plastik

Pembimbing



Indri Hermiyati, B.Sc., ST.M.Pd.  
NIP. 19600317 198703 2 002

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji Tugas Akhir dan dinyatakan  
memenuhi salah satu syarat yang diperlukan untuk mendapatkan Derajat Ahli  
Madya Diploma III (D3) Politeknik ATK Yogyakarta  
Tanggal: 28 Juli 2022

TIM PENGUJI  
Ketua



Yuli Suwarno, S.T., M.Sc.  
NIP. 19810704 200803 1 001

Anggota



Indri Hermiyati, B.Sc., ST.M.Pd.  
NIP. 19600317 198703 2 002



Uma Fadzilia Aulfin, M.T.  
NIP. 19931216 201901 2 002

Yogyakarta, 05 Agustus 2022  
Direktur Politeknik ATK Yogyakarta



Drs. Sugriyanto, S.Sn., M.Sn.  
NIP. 19660101 199403 1 008

## PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, segala puji syukur kehadiran Allah SAW atas segala rahmat dan pertolongan-Nya dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini. Sholawat dan salam penulis haturkan kepada Nabi Muhammad SAW. Sebagai bentuk hormat, Tugas Akhir ini penulis persembahkan kepada:

1. Kedua orang tua tercinta, Bapak Ikhsan dan Ibu Suwartini. Terimakasih atas pengorbanan dan jerih payah serta do'anya yang mengiringi penulis sehingga dapat meraih cita-cita hingga detik ini.
2. Diri penulis sendiri, terimakasih telah sabar, berani, belajar secara perlahan, dan tidak menyerah serta selalu berusaha berfikir positif dalam proses penyelesaian Tugas Akhir ini.
3. Indri Hermiyati, B.Sc, ST.M.Pd., selaku dosen pembimbing tugas akhir yang meluangkan waktu, pikiran, dan memberikan ide, serta saran untuk penulis.
4. Sari, Sigit, Ar, Ani serta seluruh keluarga besar penulis. Terimakasih telah memberikan do'a, semangat, motivasi, dukungan, dan hiburan serta nasehatnya.
5. Seluruh dosen dan asisten dosen yang telah mengampu penulis selama kuliah.
6. Catur, Indri, dan Dita, *support system* penulis.
7. Rizal Hariaji, teman magang penulis. Terimakasih atas dukungan, bantuan, saran, kesabaran, dan pengertiannya selama magang.
8. Seluruh teman kuliah terutama Uut, Ayu, Farida, Hilmi, Riza, Eza, Eko, Icha, Mulik, Noor, Inne, dan seluruh rekan di HIMMAKP.
9. Keluarga besar PT Pentasari Pranakarya, khususnya Pak Bas, Mbak Reihan, Pak Tedjo, Pak Joko, Pak Margo, Pak Aries, Pak Sodikin, Pak So, Pak Ayyub, Tijah, Zaenal, Wulan, Alwien, Edi, dan Hari yang telah memberi dukungan, ilmu, waktu, kesempatan, dan bimbingannya selama magang.

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SAW berkat rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Penyusunan Tugas Akhir ini selain merupakan salah satu persyaratan yang harus dipenuhi untuk menyelesaikan pendidikan Diploma III (D3) pada Jurusan Teknologi Pengolahan Karet dan Plastik di Politeknik ATK Yogyakarta juga dimaksudkan untuk menambah wawasan di bidang pengolahan produk karet ban dalam serta mengaktualisasikan konsep *link and match* antara dunia kampus dengan dunia kerja.

Dalam menyelesaikan Tugas Akhir, penulis menyadari bahwa penyusunan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Drs.Sugiyanto, S.Sn., M.Sn., selaku Direktur Politeknik ATK Yogyakarta.
2. Dr. Ir.R.L.M. Satrio Ari Wibowo, S.Pt., M.P., IPU.ASEAN Eng., selaku Pembantu Direktur 1 Politeknik ATK Yogyakarta.
3. Wisnu Pambudi, M.Sc., selaku Kaprodi Teknologi Pengolahan Karet dan Plastik Politeknik ATK Yogyakarta
4. Indri Hermiyati, B.Sc, ST.MPd., selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir.
5. Basuki Hidayat selaku Direktur, dan seluruh staff karyawan di PT Pentasari Pranakarya.
6. Teman-teman dan semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari masih terdapat banyak kekurangan maupun kesalahan dalam penyusunan Tugas Akhir ini. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun untuk memperbaiki penulisan ini. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat dan menambah wawasan kepada setiap pembaca.

Yogyakarta, 16 Juli 2022

Penulis

## MOTTO

*"Let's live with the mind of thankfulness cause your life is your garden, your thoughts are the seeds, so change your thoughts and you change your world. Be thankful for everything that happens in your life, remember it's all an experience"*



## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PENGESAHAN .....	ii
PERSEMBAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
MOTTO .....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL .....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR LAMPIRAN .....	x
INTISARI .....	xi
<i>ABSTRACT</i> .....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Permasalahan .....	3
C. Tujuan .....	3
D. Manfaat .....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
A. Karet.....	5
B. Kompon Karet .....	6
C. Ban Dalam .....	10
D. <i>Green Stick</i> .....	12
E. Proses Pembuatan Produk Ban Dalam .....	13
F. <i>Shrinkage</i> .....	15
G. Rancangan Acak Lengkap ( <i>Complete Random Design</i> ).....	17

<b>BAB III METODE DAN MATERI TUGAS AKHIR.....</b>	<b>20</b>
<b>A. Metode Penyelesaian Masalah .....</b>	<b>20</b>
<b>B. Lokasi Pelaksanaan Magang.....</b>	<b>24</b>
<b>C. Materi Pelaksanaan Tugas Akhir.....</b>	<b>24</b>
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>34</b>
<b>A. Hasil.....</b>	<b>34</b>
<b>B. Pembahasan .....</b>	<b>35</b>
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>44</b>
<b>A. Kesimpulan .....</b>	<b>44</b>
<b>B. Saran .....</b>	<b>44</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>46</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>48</b>



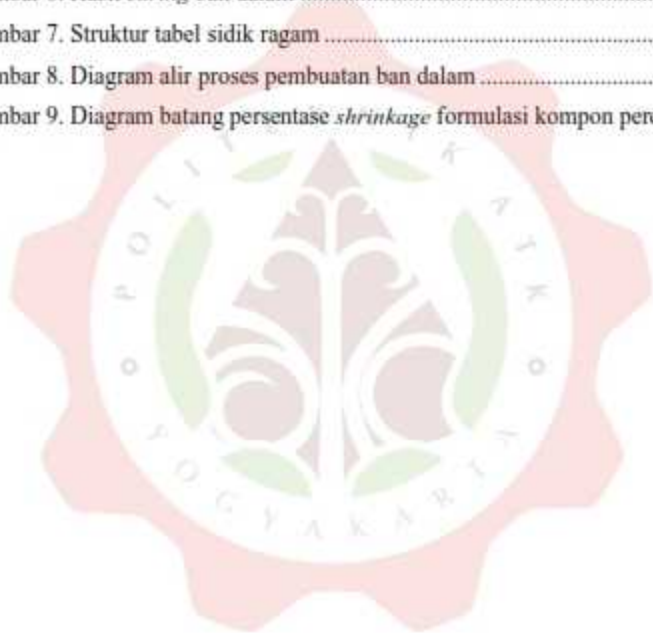


## DAFTAR TABEL

Tabel 1. Ukuran ban dalam (produksi PT Pentasari Pranakarya) .....	11
Tabel 2. Bahan baku kompon .....	25
Tabel 3. Lanjutan bahan baku kompon .....	26
Tabel 4. Alat yang digunakan pada proses pembuatan ban dalam .....	27
Tabel 5. Formulasi kompon ban dalam .....	29
Tabel 6. Hasil pengukuran dan shrinkage panjang green stick kompon ban dalam 5.50/6.00-13 .....	34
Tabel 7. Pedoman Spesifikasi Green Stick Ban Dalam Mobil Size 5.50/6.00-13 .....	35
Tabel 8. Rata-rata shrinkage panjang green stick setiap formulasi .....	37
Tabel 9. Hasil Penyusutan berdasarkan variasi proporsi <i>filler</i> .....	38
Tabel 10. Sidik Ragam pengaruh variasi proporsi <i>filler</i> terhadap hasil uji <i>shrinkage</i> .....	39
Tabel 11. Harga kompon/kg setiap formulasi .....	43

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Ban dalam mobil .....	10
Gambar 2. <i>Green stick</i> .....	12
Gambar 3. Diagram alir proses pembuatan ban dalam .....	13
Gambar 4. <i>Green tube</i> yang telah dipasang <i>valve</i> .....	14
Gambar 5. Proses penyambungan <i>green tube</i> .....	14
Gambar 6. Hasil <i>curing</i> ban dalam .....	15
Gambar 7. Struktur tabel sidik ragam .....	19
Gambar 8. Diagram alir proses pembuatan ban dalam .....	30
Gambar 9. Diagram batang persentase <i>shrinkage</i> formulasi kompon percobaan..	40



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data pengamatan panjang <i>green stick</i> .....	48
Lampiran 2. Data pengamatan lebar <i>green stick</i> .....	49
Lampiran 3. Lembar kerja harian magang .....	50
Lampiran 4. Sertifikat magang.....	60
Lampiran 5. Blanko konsultasi tugas akhir.....	61



## INTISARI

Ban dalam merupakan pelengkap ban luar kendaraan bermotor yang terbuat dari komponen karet dan pentil. *Green stick* adalah komponen karet ban dalam hasil ekstrusi yang belum di *curing*. Panjang *green stick* dapat mengalami *shrinkage*, tingkat *shrinkage* dapat dipengaruhi oleh kepadatan struktur kompon. Proporsi *filler* merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kepadatan struktur kompon karet. Oleh karena itu dilakukan percobaan dengan variasi proporsi dari *filler* pada formulasi A (CB N330 0 phr, silika 25 phr), B (CB N330 6.25 phr, silika 18.75 phr), C (CB N330 12.5 phr, silika 12.5 phr), D (CB N330 18.75 phr, silika 6.25 phr), dan E (CB N330 25 phr, silika 0 phr). Tujuan percobaan adalah untuk mengetahui pengaruh proporsi *filler carbon black* N330 dan silika terhadap *shrinkage* panjang *green stick* kompon ban dalam serta mendapatkan formulasi kompon yang tepat untuk ban dalam mobil penumpang ukuran 5.50/6.60-13. Proses ekstrusi dilakukan dengan mesin ekstruder, dan pengujian *shrinkage* dengan memotong *green stick* dan mengukur panjang setiap 1 jam menggunakan alat ukur meteran selama 4 jam. Data hasil percobaan di uji dengan menggunakan ANOVA, menunjukkan bahwa variasi proporsi *filler* terbukti berpengaruh nyata terhadap nilai *shrinkage* panjang *green stick*. Pengujian *shrinkage* rata-rata pada formulasi A menunjukkan hasil 6.95%, B yakni 3.62%, C 3.89%, D 0.50%, dan E 0.66%. Hasil penelitian ini menghasilkan formulasi variasi B yang paling tepat untuk kompon ban dalam dengan proporsi *filler* yaitu 6,25 phr *carbon black* N330 dan 18,75 phr silika, diperoleh rata-rata *shrinkage* 3,62%.

Kata Kunci: *Green stick*, *shrinkage*, ban dalam mobil penumpang

## **ABSTRACT**

*Inner tubes are complement tire of a motor vehicle made from rubber and valve components. Green stick is rubber component extruded inner tube before cured. The length green stick can be shrinkage, degree of shrinkage can be affected by density of compound structure. The proportion filler is one of factors that affect the density of rubber compound structure. Therefore, do an experiments with variations in the proportion filler in formulations A (CB N330 0 phr, silica 25 phr), B (CB N330 6.25 phr, silica 18.75 phr), C (CB N330 12.5 phr, silica 12.5 phr), D (CB N330 18.75 phr, silica 6.25 phr), and E (CB N330 25 phr, silica 0 phr). The purpose of this experiment is to determine the effect of proportion filler carbon black N330 and silica on shrinkage green stick inner tube compound and to find the right compound formulation for passenger car 5.50/6.60-13. Extrusion process doing with extruder machine, the shrinkage with cutting the green stick, measuring the length every 1 hour with measuring until 4 hours. The experimental data were tested using ANOVA, the result of variations filler proportions is have a real effect to shrinkage value of green stick length. The average of shrinkage in formulation A 6.95%, B 3.62%, C 3.89%, D 0.50%, and E 0.66%. The results of this study produced the most appropriate formulation of variation B for the inner tube compound with filler proportions is 6.25 phr carbon black N330, 18.75 phr silica, the average shrinkage 3.62%.*

*Keywords: Green stick, shrinkage, passenger car inner tubes.*

# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Industri otomotif saat ini menjadi salah satu kunci dalam perkembangan Industri 4.0 di Indonesia. Industri ban dalam (*inner tube*) saat ini merupakan salah satu industri otomotif yang memiliki peluang untuk bersaing di pasar Indonesia. PT Pentasari Pranakarya merupakan perusahaan yang bergerak dibidang suku cadang mobil dengan merek KRC. Produksi di perusahaan tersebut berupa produk ban dalam atau *inner tube* (mobil penumpang, bus, truk) dan maret (*flap*). Bahan baku utama ban dalam mobil penumpang di PT Pentasari Pranakarya yaitu karet alam dan sintetis. *Reclaim Rubber* (RR) adalah salah satu bahan yang digunakan dalam formulasi kompon perusahaan.

*Reclaim rubber* merupakan karet yang diolah kembali dari barang-barang karet bekas, dengan menggunakan kombinasi kimia, mekanis, dan termal dimana material diubah menjadi tahap plastisnya, karet ini dalam perdagangan ada dalam keadaan standar. Adanya pandemi COVID-19 sejak tahun 2020 di Indonesia berdampak pada penjualan kendaraan dan impor bahan/barang. Kendala pengiriman *reclaim rubber* pada masa pandemi, berdampak pada ketersediaan stok hingga saat ini. Sejalan dengan permintaan konsumen ban dalam di PT Pentasari Pranakarya yang semakin meningkat, perusahaan memiliki formulasi alternatif tanpa penggunaan *reclaim rubber*

untuk mengatasi keterbatasan stok bahan *reclaim rubber* agar produksi dapat tetap berjalan.

Proses pembuatan ban dalam di PT Pentasari Pranakarya dimulai dari penimbangan (karet, kimia, *filler*), *mixing masterbatch*, *mixing final*, penyaringan (*strainer*), penggilingan, proses ekstrusi, dan *inner talc*, *line painting*, *cooling*, *air blower*, *outer talc*, *cutting*, *aging*, *splicing*, *check and blown*, pemasangan *valve*, *forming*, *curing*, dan *packing*. Salah satu permasalahan yang biasa terjadi saat *aging* (setelah ekstrusi) adalah *green stick* mengalami *shrinkage*. *Green stick* adalah kompon ban dalam mentah yang belum melewati proses penyambungan dan *curing*. *Shrinkage* dapat terjadi setelah kompon *green stick* keluar dari *die* (rongga cetakan) kemudian mendingin. Perubahan fase dari material yang lunak menjadi padat, dimana kompon akan mengalami perubahan dimensi atau menyusut. *Shrinkage green stick* paling tinggi (25 cm) di PT Pentasari Pranakarya biasanya terjadi pada kompon karet alam tanpa *reclaim rubber*. *Reclaim rubber* dalam kompon memiliki peran sebagai material karet sekaligus bahan pengisi. Kompon tanpa *reclaim rubber* memiliki tekstur lebih soft daripada kompon yang menggunakan *reclaim rubber*, sehingga dapat menyusut secara signifikan.

Panjang *green stick* yang berubah-ubah karena *shrinkage* dapat menyebabkan permasalahan pada proses penyambungan (*splicing*). Menurut Martin's Rubber Company (2014), proporsi bahan pengisi (*filler*) merupakan faktor yang mempengaruhi ekstrudat (dalam hal ini *green stick*) menyusut. Pengisi digunakan untuk meningkatkan kekerasan polimer karet, semakin

banyak pengisi kekerasan semakin meningkat, dan semakin kecil polimer yang akan menyusut. Oleh karena itu untuk mencari alternatif formulasi kompon ban dalam mobil penumpang diperlukan percobaan untuk mendapatkan nilai *shrinkage green stick* yang baik.

## B. Permasalahan

Berdasarkan uraian latar belakang tersebut, maka rumusan masalah dalam Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana formulasi kompon ban dalam mobil penumpang ukuran 5.50/6.00-13 yang tepat untuk mendapatkan *green stick* yang baik?
2. Bagaimana pengaruh variasi proporsi *filler carbon black N330* dan silika terhadap *shrinkage* panjang *green stick* pada kompon ban dalam mobil penumpang ukuran 5.50/6.00-13?

## C. Tujuan

Berdasarkan permasalahan tersebut, tujuan dari Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh variasi proporsi *filler carbon black N330* dan silika terhadap *shrinkage* panjang *green stick* pada kompon ban dalam mobil penumpang ukuran 5.50/6.00-13.
2. Menentukan formulasi kompon ban dalam mobil penumpang ukuran 5.50/6.00-13 yang tepat untuk mendapatkan *green stick* yang baik.



#### D. Manfaat

Adapun Tugas Akhir ini diharapkan dapat memberikan manfaat, diantaranya:

1. Tugas Akhir ini diharapkan dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan untuk membuat kompon ban dalam mobil penumpang ukuran 5.50/6.00-13.
2. Tugas Akhir ini dapat memberikan informasi kepada masyarakat umum dan menjadi bahan referensi bagi civitas akademika Politeknik ATK Yogyakarta tentang pengaruh proporsi *carbon black* N330 dan silika terhadap *shrinkage* panjang *green stick*.



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### A. Karet

Karet adalah polimer elastis yang kuat yang terbuat dari lateks tanaman (karet alam) atau secara sintesis (karet sintesis). Karet alam dan karet sintesis adalah polimer yang memiliki elastisitas kemuluran yang tinggi. Karet alam diproduksi secara alami dari tanaman asli karet (*Hevea brasiliensis*), sedangkan karet sintesis diproduksi secara artifisial (tidak alami/buatan) dari berbagai polimer yang memberikan sifat-sifatnya seperti karet. *Hevea brasiliensis* merupakan tanaman perkebunan yang bernilai ekonomi tinggi. Tanaman tahunan ini baru bisa disadap getahnya pertama kali pada usia lima tahun. Dari getah (lateks) tersebut, dapat diolah menjadi lembaran karet (*sheet*), bongkahan (kotak), atau karet remah (*crumb rubber*), yang merupakan bahan baku industri karet. Produk turunan dari karet seperti *outsole*, ban dan suku cadangnya, serta lainnya (BPTP, 2008).

##### 1. Karet Alam

Karet alam adalah polimer dari hidrokarbon  $C_5H_8$  diperoleh dari getah karet yang mengandung lateks, dengan menggunakan penguapan pada lateks, maka air yang terkandung akan hilang dan dengan penambahan asam akan didapatkan karet alam. Metode yang sering digunakan untuk memperoleh karet dari lateks melibatkan koagulasi (menambahkan asam seperti asam format). Proses ini membantu mengurangi kandungan air di lateks dan mengeringkannya keluar untuk membentuk lembaran.

Keunggulan sifat yang dimiliki karet alam jika dibandingkan dengan karet sintetis adalah harga lebih murah, daya elastisnya baik, daya tahan terhadap keretakan tinggi, tahan terhadap panas, dan memiliki fleksibilitas yang baik. Hal itu memberikan keuntungan dan kemudahan dalam proses pembuatan dan pemakaiannya, baik dalam bentuk karet atau kompon maupun dalam bentuk vulkanisatnya (Rubber Skill Development, 2013).

## 2. Karet Sintetis

Karet sintetis memiliki kegunaan serupa dengan karet alam tetapi lebih unggul untuk beberapa aplikasi dan lebih lemah untuk yang lain, karet sintetis sering dikombinasikan dengan karet alam. Karet sintetis biasanya dibuat dengan polimerisasi butadiena, isoprena, atau hidrokarbon tak jenuh serupa atau dengan kopolimerisasi hidrokarbon tersebut dengan stirena, isobutilena, akrilonitril, atau senyawa serupa yang dapat dipolimerisasi. Karet ini merupakan salah satu dari berbagai produk (seperti neoprene, karet butil, atau karet nitril) yang kurang lebih mirip dengan karet alam terutama dalam hal sifat fisik dan kemampuan untuk divulkanisir. Sebagian besar karet sintetis diproduksi dari minyak bumi menggunakan teknik polimerisasi yang sama dengan yang digunakan untuk mensintesis polimer lain (Rubber Skill Development, 2013).

### **B. Kompon Karet**

Menurut Suharman (2019), berbagai produk barang jadi karet antara lain sepatu, sandal, ban kendaraan, onderdil mobil (otomotif), *conveyor belt*, sabuk transmisi, peralatan medis, peralatan olahraga, perlengkapan rumah

tangga, peralatan kemiliteran, dan lain-lain. Proses pembuatan barang jadi karet tersebut menurut Barlow (1993) karet harus dibuat menjadi kompon terlebih dahulu (*compounding*). Kompon karet adalah campuran karet mentah yang ditambahkan dengan berbagai bahan kimia yang belum mengalami proses vulkanisasi. Tujuan penambahan bahan-bahan kimia yaitu untuk memberikan sifat barang jadi karet yang diinginkan. Menurut Suliknyo dan Wahyudi (2017) bahan aditif yang digunakan untuk meningkatkan sifat fisis karet dalam pembuatan kompon adalah bahan *antidegradant*, *filler* (bahan pengisi), *antioxidant*, bahan pelunak, dan bahan kimia lainnya.

Pemilihan karet mentah dan bahan aditif berkaitan dengan sifat barang jadi karet yang akan dibuat tercapai. Bahan aditif yang umumnya digunakan yaitu:

1. Bahan Pengisi (*Filler*)

*Filler* didefinisikan sebagai padatan *inert* yang digunakan untuk mengurangi biaya. *Filler* adalah zat yang ditambahkan ke produk untuk meningkatkan jumlah, beratnya serta memperbaiki sifat mekanik (Wypych, 2021). Bahan pengisi (Basseri, 2005) merupakan bagian yang cukup penting dalam pembuatan kompon karet. Penggunaan bahan pengisi mengurangi biaya dan membuat vulkanisir lebih keras. Bahan pengisi memiliki 2 jenis, yaitu bahan pengisi aktif (*reinforcing*) dan bahan pengisi tidak aktif (*non-reinforcing*). Pengisi aktif mampu menambah kekerasan, kekuatan sobek, ketahanan aus, dan tegangan putus pada barang jadi karet. Bahan pengisi aktif seperti silikat, silika, dan *carbon black*. Pengisi tidak aktif memberikan

kekerasan dan kekakuan pada barang jadi karet. Bahan pengisi tidak aktif misalnya, kaolin, kalsium karbonat, magnesium karbonat, barium sulfat, dan barit (Suharman, 2019).

## 2. *Plasticizer*

Bahan pelunak (*plasticizer*) adalah bahan kimia yang ditambahkan ke dalam karet pada saat pembuatan kompon karet dengan tujuan untuk melunakkan karet dan memudahkan pada saat proses pencampuran. Tujuan penambahan *plasticizer* adalah memudahkan pencampuran bahan pengisi ke dalam kompon karet, mempersingkat waktu, menurunkan suhu pencampuran, menghambat terjadinya *schorching*, dan memudahkan proses pembentukan atau pencetakan produk jadi karet. Parafinik, naptetik dan aromatik lebih banyak digunakan karena harganya murah. Minyak aromatik dapat bercampur baik dengan karet alam, NBR dan BR namun kurang baik untuk IIR dan EPDM. Parafinik memiliki sifat kebalikan dari aromatik sedangkan naptetik memiliki sifat diantaranya (Suharman, 2019).

## 3. Aktivator

Bahan pengaktif (aktivator) disebut juga bahan penggiat, adalah bahan yang ditambahkan ketika senyawa dibuat untuk mengaktifkan proses vulkanisasi yang sangat lambat jika hanya menggunakan sulfur. Seng oksida dan asam stearat, berfungsi mengaktifkan proses vulkanisasi dan membantu akselerator bekerja secara optimal. Sistem vulkanisasi dengan akselerator, aktivator membantu mengaktifkan akselerator. Akselerator organik tidak bekerja secara efisien tanpa bahan penggiat (Suharman, 2019).

#### 4. *Vulcanizing Agent*

Vulkanisasi adalah konversi rantai molekul karet menjadi ikatan silang kimia. Agen vulkanisir (vulkanisator) diperlukan untuk *cross-linking* antara lain sulfur, peroksida, kadang-kadang vulkanisator khusus seperti radiasi energi tinggi. Sifat akhir, seperti kekerasan dan elastisitas, tergantung pada proses vulkanisasi. Pada pemakaian dosis tinggi sulfur selama penyimpanan barang jadi karet (produk), kandungan sulfur dapat bermigrasi ke permukaan vulkanisat yang dikenal sebagai *blooming*. *Blooming* tidak diinginkan karena dapat mengurangi daya lekat antar lapisan kompon (Suharman, 2019).

#### 5. *Accelerator*

Bahan pencepat (*accelerator*) adalah bahan yang ditambahkan untuk mempercepat reaksi vulkanisasi kompon oleh sulfur (ditambahkan dalam jumlah sedikit). Pencepat primer berfungsi memberikan pravulkanisasi lambat (*thazol, sulfenamida*). Pencepat sekunder berfungsi memberikan pravulkanisasi singkat (*guanidine, thiuram, dithiokarbamat, dithiofosfat*) (Suharman, 2019).

#### 6. *Retarder*

*Retarder* atau bahan pengambat digunakan untuk mencegah kompon mengalami proses vulkanisasi yang sangat cepat. Bahan ini ditambahkan kedalam kompon yang harus melalui proses suhu tinggi. Biasanya berupa senyawa asam yang terdispersi dalam pengisi (misalnya dispersi asam salisilat/tanah liat) (Suharman, 2019).

### C. Ban Dalam



Gambar 1. Ban dalam mobil  
(Sumber: <https://www.static-src.com/>)

Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI 6700:2012) ban dalam kendaraan bermotor merupakan pelengkap ban luar kendaraan bermotor yang terbuat dari komponen karet dan pentil. Ban dalam memiliki fungsi untuk menjaga tekanan angin sedangkan pentil (*valve*) merupakan bagian ban dalam yang berfungsi untuk mengalirkan angin dan menahannya supaya tidak keluar. Ban yang digunakan pada kendaraan umumnya menggunakan ban bias atau radial, biasanya terdiri dari ban luar dan ban dalam. Tidak semua ban kendaraan menggunakan ban dalam. Ban luar berfungsi sebagai pelindung sedangkan ban dalam berfungsi sebagai tempat penyimpanan angin. Jenis ban bias banyak digunakan untuk kendaraan ringan dan berat, angkutan umum, niaga maupun bus atau truk. Sejak tahun 1960 telah dibuat ban untuk mobil ban dalam yang dikenal dengan nama ban karet kompon. Bagian dalam dari ban karet terdapat suatu lapisan tipis karet lunak yang menutupi di seluruh permukaan dalam dan ujung tepian pelek bertujuan untuk mencegah kebocoran. Keuntungan ban

dalam adalah ketika terjadi kebocoran mudah untuk menambalnya yaitu menambalnya dengan kompon karet di bagian yang bocor saja dan selesai dalam waktu singkat. Kendaraan penumpang pribadi atau *modern* saat ini banyak menggunakan ban dalam (Suhaimi, 2018).

Ban dalam sangat berperan penting dalam menunjang kinerja ban luar. Sebagus apapun kualitas ban luar, jika ada masalah dengan ban dalam, tidak diragukan lagi akan mempengaruhi kinerja ban luar. Ban dalam harus tahan gesekan atau panas, kencang atau tahan bocor, memiliki tingkat kemuluran atau pemanjangan yang rendah, memiliki ketebalan yang seragam di semua sisi, tahan benturan dan mampu menahan tekanan udara yang tinggi (Widjanarko 2020). Tabel 1 di bawah ini menunjukkan ukuran ban dalam yang diproduksi oleh PT Pentasari Pranakarya untuk ban *passenger*, *ultra light truck*, truk dan bus.

Tabel 1. Ukuran ban dalam (produksi PT Pentasari Pranakarya)

<i>Natural/Butyl</i>	Jenis Ban Dalam	Ukuran Ban Dalam	Ring	TR
Kompon NR	<i>Passenger</i>	5.00/5.50	12	13
		5.50/6.00	13	
		6.00/7.00	14	
	<i>Ultra Light Truck</i>	6.50/7.00	15	75
		6.50/7.00		
		6.50/7.00	16	177
		6.50/7.00		
		7.00/7.50		
Kompon <i>Butyl</i>	<i>Ultra Light Truck</i>	6.50/7.00	15	75
		6.50/7.50	16	177
		7.00/7.50		
		7.50/8.25		
	Truk dan Bus	8.25	20	175
		9.00		
		10.00		
		11.00	78	
		12.00		
		12.00	24	179



Menurut Widjanarko (2020), ada skala ukuran dalam pemilihan ban dalam. Ukuran ban dalam harus satu ukuran lebih kecil dari ukuran ban luar untuk ukuran ban dalam konstruksi bias. Hal ini dikarenakan, jika ban luar dan dalam dari ban bias berukuran sama, ban dalam berpotensi terlipat. Kemudian pada ban luar yang memiliki struktur radial, pemilihan ukuran ban dalam sama dengan ban luar karena struktur radial memiliki volume internal yang lebih besar daripada ban bias. Ban radial membutuhkan tekanan udara yang lebih tinggi daripada ban bias.

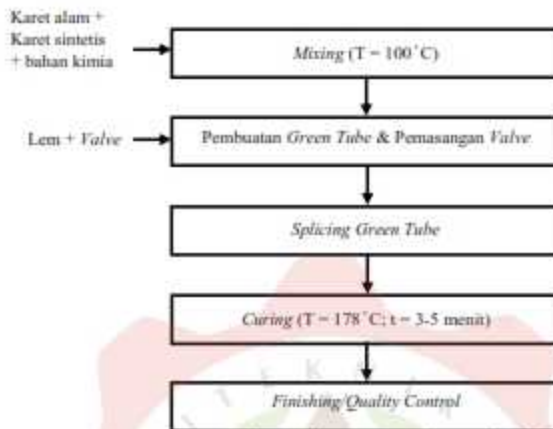
#### D. *Green Stick*

Menurut Qudsiyah (2021), produk ban dalam yang belum mengalami proses *curing* di mesin oven (cetakan) dinamakan *green stick*. Pada proses ekstrusi pembentukan kompon ban dalam *output* yang dihasilkan melalui cetakan (*die*) berupa *green stick*. Tujuan dari proses ekstrusi adalah membentuk *green stick* ban dalam sesuai ukuran yang telah ditentukan. *Green stick* dapat terbentuk sesuai dengan ukuran ban dalam tertentu karena saat proses ekstrusi, *die* disesuaikan dengan ukuran dari ban dalam yang akan diproduksi. Bentuk dari *green stick* dapat dilihat seperti gambar 2.



Gambar 2. *Green stick*

### E. Proses Pembuatan Produk Ban Dalam



Gambar 3. Diagram alir proses pembuatan ban dalam  
Sumber: Iftariyanto (2015).

Pembuatan ban dalam menggunakan metode ekstrusi yaitu merupakan suatu proses untuk membuat benda atau produk dengan penampang tetap. Proses ini dapat digunakan untuk membuat produk berbentuk batang silinder, tabung atau profil-profil tertentu seperti ban dalam. Menurut Iftariyanto (2015), dalam Jurnal Pembuatan Ban Dalam Mobil terdapat beberapa proses dalam pembuatan ban dalam mobil, seperti berikut:

#### 1. *Mixing*

Pencampuran (*mixing*) merupakan tahap pertama, berbagai bahan seperti karet alam, karet sintetis, bahan kimia, *carbon black*, dan minyak serta bahan tertentu lainnya diaduk menjadi satu pada suhu sekitar 100 °C. Bentuk campuran kental, untuk mengaduk adonan karet (campuran) ini dibutuhkan mesin *mixer* yang sangat kuat. Suhu udara di area *mixing* ini

cukup panas, sekitar 38 °C. Hasil dari proses *mixing* adalah kompon yang masih lunak berbentuk lembaran (*sheet gum*).

## 2. Proses Pembuatan *Green Tube* & Pemasangan *Valve*

Kompon hasil *mixing* kemudian dibuat menjadi *tread* dan *sidewall*. Prosesnya adalah injeksi dan *extruding* hingga terbentuk profil berupa lembaran karet. Kemudian lembaran karet yang dihasilkan dipotong sesuai dengan spesifikasi ukuran ban dalam (*green tube*). Lembaran ban dalam yang sudah dipotong tersebut akan dipasang *valve*.



Gambar 4. *Green Tube* yang telah dipasang *Valve*  
Sumber: Ifuriyanto (2015).

## 3. Proses penyambungan *Green Tube* (*Splicing Machine*)

Proses berikutnya adalah penyambungan *Green tube* yang sudah dipotong dan sudah dipasang *valve*. Proses penyambungan *green tube* menggunakan alat *Splicing Machine*.



Gambar 5. Proses penyambungan *green tube*  
Sumber: Ifuriyanto (2015).

#### 4. *Curing*

Proses *curing* merupakan akhir dari proses pembuatan ban dalam. Ban dalam mentah pada proses ini dicetak dengan suhu sekitar 178 °C selama kira-kira 3-5 menit, tergantung pada ukuran ban dalam. Ban dalam setelah keluar dari mesin *curing*, akan didinginkan dahulu kemudian akan distempel dengan merk perusahaan.



Gambar 6. Hasil curing ban dalam  
Sumber: Ifariyanto (2015).

#### 5. *Finishing/Quality Control*

Setelah selesai, ban dalam diperiksa secara visual apakah ada cacat atau tidak. Proses ini tidak menggunakan mesin, jadi ketelitian pekerja sangat dibutuhkan.

#### F. *Shrinkage*

Menurut Hermawan (2009) *shrinkage* adalah perbedaan (berkurangnya) dimensi antara benda cetak dengan cetakan. *Shrinkage* ini tergantung pada beberapa faktor yaitu: jenis material, suhu dari material, aliran material di dalam mold, faktor-faktor (parameter) cetakan, zat tambahan pada material. *Shrinkage* material dinyatakan dalam persen, sehingga jika dirumuskan:

$$\text{Shrinkage} = (P_0 - P) / P_0 \times 100\%$$

Dimana:

$P_0$  = panjang awal komponen yang diukur (cm)

$P$  = panjang akhir komponen yang diukur (cm)

Bagian karet yang keluar dari cetakan lebih kecil dari rongga yang membuat bagian tersebut disebut penyusutan (*rubber shrinkage*). Jenis polimer yang berbeda umumnya memiliki sifat susut berbeda juga, sehingga apabila mengubah jenis polimer memungkinkan tidak menghasilkan ukuran bagian yang sama dalam cetakan (*die*) yang sama. Kandungan pengisi (*filler*) senyawa juga memiliki pengaruh penting. Bahan pengisi digunakan untuk meningkatkan kekerasan polimer karet, semakin banyak bahan pengisi, semakin tinggi kekerasannya dan semakin kecil terjadinya penyusutan pada polimer (Martin's Rubber Company, 2014).

*Shrinkage* pada campuran polimer dapat terjadi karena dipengaruhi oleh karakteristik sifat polimer, komposisi campuran, dan bentuk campuran. Penelitian yang dilakukan oleh Rhatrianto pada 2013 yang berjudul Studi Penyusutan Produk Karet hasil Vulkanisasi Dengan Metode Injeksi, didapatkan bahwa kepadatan struktur kompon pada produk karet yang telah *diinject* akan memengaruhi tingkat penyusutan (*shrinkage*) yang terjadi, dimana semakin padat strukturnya maka tingkat *shrinkage* semakin sedikit. Kepadatan struktur kompon produk karet dalam hal ini bisa dipengaruhi oleh proporsi bahan pengisi, jenis pengisi yang digunakan, dan komposisi kompon.

### G. Rancangan Acak Lengkap (*Complete Random Design*)

Rancangan acak lengkap adalah rancangan lapangan pada suatu lokasi yang homogen. Rancangan ini dikatakan acak karena setiap satuan percobaan mempunyai peluang yang sama untuk mendapatkan perlakuan sedangkan dikatakan lengkap karena seluruh perlakuan yang dirancang dalam percobaan tersebut digunakan. (Lentner & Bishop, 1986). Analisis dalam rancangan acak lengkap ini dapat dilakukan dengan mudah dan langsung. Menurut Susilawati (2015) tiga prinsip utama dalam menyusun perancangan suatu percobaan yaitu:

#### 1. Pengulangan

Pengulangan adalah perlakuan yang diberikan beberapa kali dalam suatu percobaan. Jika dalam suatu percobaan setiap perlakuan hanya dilakukan sekali atau mempunyai ulangan tunggal maka kita tidak dapat menduga galat dalam percobaan (galat: kesalahan antara nilai sebenarnya dengan nilai yang diestimasi). Pengulangan memiliki tujuan untuk meningkatkan ketelitian. Fungsi ulangan:

- a. Menduga ragam dari galat percobaan,
- b. Menduga galat baku (*standard error*) dari rata-rata perlakuan,
- c. Meningkatkan ketepatan percobaan,
- d. Memperluas presisi kesimpulan percobaan.

#### 2. Pengacakan

Pengacakan merupakan proses secara acak menetapkan masing-masing level pada tiap faktor dalam sebuah percobaan. Pengacakan dilakukan untuk memastikan bahwa setiap satuan percobaan memiliki akses

yang sama terhadap perlakuan. Fungsi pengacakan agar pengujian menjadi sah, supaya galat menjadi *independent* dan percobaan yang dilakukan dapat menghindari bias karena adanya perbedaan antara satuan-satuan percobaan. Pengacakan perlakuan pada unit-unit percobaan dapat menggunakan tabel bilangan acak, sistem undian atau dengan *computer*.

### 3. Pengendalian Tempat Percobaan

Memutuskan apa perlakuan-perlakuan pada petak percobaan atau mengontrol keragaman yang dihasilkan dari ketidakhomogenan kondisi lingkungan percobaan untuk memastikan bahwa penelitian itu homogen.

Kelebihan penggunaan metode RAL diantaranya pembuatan *layout* percobaan lebih mudah dilakukan, fleksibel dalam penggunaan jumlah perlakuan dan jumlah ulangan, dan analisis sidik ragam relatif lebih sederhana. Sidik ragam atau *analysis of variance* (Anova) merupakan teknik analisis untuk menguji signifikansi perbedaan beberapa kelompok dalam sebuah populasi. Metode ini dikenal dengan berbagai nama lain, seperti analisis ragam, sidik ragam, dan analisis variansi, pada prosesnya metode ini memilah-milah keragaman berdasarkan kriteria tertentu. Pada percobaan terdapat 2 sumber keragaman diantara  $n$  pengamatan yang diperoleh, yaitu keragaman perlakuan dan galat percobaan. Keduanya ini digunakan untuk menunjukkan apakah perbedaan pengamatan diantara perlakuan itu nyata atau karena kebetulan saja. Perbedaan perlakuan dikatakan nyata apabila keragaman perlakuan cukup besar dibandingkan dengan galat percobaan. Struktur tabel sidik ragam dapat disajikan seperti pada gambar 7 berikut.

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F hitung	Keterangan
Perlakuan	$t-1$	JKP	KTP	KTP/KTG	Untuk ulangan sama
Galat	$t(r-1)$	JKG	KTG		$r_1 = r_2 = \dots = r_t = r$
Total	$tr-1$	JKT			
Perlakuan	$t-1$	JKP	KTP	KTP/KTG	Untuk ulangan tidak sama
Galat	$\Sigma(r_i-1)$	JKG	KTG		$r_1 \neq r_2 \neq \dots \neq r_t$
Total	$\Sigma r_i-1$	JKT			

Gambar 7. Struktur tabel sidik ragam

Keterangan:

$t$  : jumlah perlakuan (*treatment*)

$r$  : jumlah ulangan (*replikasi*)

JKP : jumlah kuadrat perlakuan

JKG : jumlah kuadrat galat

JKT : jumlah kuadrat total

KTP : kuadrat tengah perlakuan

KTG : kuadrat tengah galat

Syarat yang harus diperhatikan dalam menggunakan RAL adalah yang pertama kecuali perlakuannya, semua (media percobaan dan keadaan-keadaan lingkungan lainnya) harus sama atau homogen. Kedua, penempatan perlakuan ke dalam satuan-satuan percobaan dilakukan secara acak lengkap, yang artinya di perlakuan semua satuan percobaan sebagai satu kesatuan dimana perlakuan ditempatkan ke dalamnya secara acak. Ketiga, hanya mempunyai satu faktor dan mempunyai sejumlah taraf faktor yang nilainya bisa kualitatif maupun kuantitatif.



## BAB III

### METODE DAN MATERI TUGAS AKHIR

#### A. Metode Penyelesaian Masalah

Metode merupakan suatu cara yang dilakukan untuk menyelesaikan permasalahan tertentu guna mencapai suatu tujuan. Tugas Akhir ini berupa *Problem Solving* yang digunakan untuk memecahkan permasalahan yang didapatkan saat magang. Penulisan Tugas Akhir ini berfokus pada upaya pengurangan *shrinkage* panjang *green stick* pada produk ban dalam dengan pemecahan masalah berdasarkan analisis hasil penelitian pengaruh proporsi bahan pengisi yang dilakukan. Metode yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan adalah sebagai berikut:

##### 1. Studi Lapangan

Studi lapangan dilakukan untuk memperoleh data primer. Data primer merupakan data yang didapat secara langsung dari sumber data (perusahaan). Sumber data diperoleh dengan cara sebagai berikut:

- a. Observasi: dilakukan dengan cara melakukan pengamatan secara langsung pada proses dan objek yang diangkat sebagai pokok pembahasan. Materi selama magang berlangsung yaitu dimulai dari persiapan bahan baku, proses *mixing*, *straining*, *extruding*, *splicing*, *curing*, *packing* hingga pengujian produk. Pengamatan dilakukan pada *green stick* ban dalam mobil 5.50/6.00-13 dengan didampingi pihak *Quality Control* dan untuk pengujian laboratorium didampingi pihak R & D (*Research and Development*).

- b. Wawancara: dilakukan dengan cara melakukan wawancara langsung kepada para pembimbing lapangan, *staff*, karyawan, operator perusahaan magang, serta orang-orang yang bertugas. Tujuan dari wawancara adalah guna melengkapi data-data objek *problem solving* dalam tema yang sudah diambil. Wawancara dilakukan dengan bertanya mengenai *shrinkage* dan formulasi yang memiliki *shrinkage* tertinggi. Topik yang dijadikan bahan wawancara yaitu pengaruh proporsi *filler* terhadap besar *shrinkage green stick* ban dalam mobil penumpang ukuran 5.50/6.00-13.
- c. Dokumentasi: didapatkan dari hasil observasi dan dari sumber lain berupa gambar, foto, arsip, bagan, pengumpulan data hasil observasi, dan data hasil pengujian yang berkaitan dengan tinjauan spesifikasi proses pembuatan kompon di pabrik menggunakan media kamera.
- d. Percobaan (*Trial*): melaksanakan percobaan dalam skala laboratorium kemudian dilanjut skala produksi dengan mengikuti alur proses pembuatan kompon karet sampai pengujian produk ban dalam di PT Pentasari Pranakarya, Semarang, Jawa Tengah.

## 2. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk memperoleh data sekunder. Data sekunder dibutuhkan untuk mengumpulkan data atau informasi pendukung, dan teori-teori yang relevan dengan pokok pembahasan dalam Tugas Akhir. Studi literatur dapat diperoleh secara tidak langsung melalui media perantara. Materi yang didapatkan melalui studi literatur dilakukan dengan

mengumpulkan referensi untuk mendukung dan memperkuat opini mengenai solusi yang digunakan dan analisis hasil percobaan. Materi untuk data sekunder diperoleh dengan cara sebagai berikut:

a. Studi Pustaka

Studi pustaka merupakan teknik pengumpulan data sekunder dengan cara mencari informasi melalui buku dan literatur pendukung lainnya yang berkaitan dengan tema yang sudah diambil.

b. Studi Daring

Studi daring merupakan teknik pengumpulan data sekunder dengan mencari informasi melalui *e-book*, *e-jurnal*, majalah *online*, *paper*, dan penelitian sebelumnya serta naskah-naskah lainnya yang berkaitan dengan tema yang sudah diambil.

3. Metode Analisis data statistik

Tugas Akhir ini menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) non faktorial sebagai metode untuk menganalisis data statistik dengan hanya melibatkan satu faktor dengan beberapa taraf sebagai perlakuan. Percobaan dilakukan dengan memvariasikan proporsi *filler* terhadap 5 formulasi kompon ban dalam berbahan baku karet alam untuk mendapatkan *green stick* yang baik dan mengetahui pengaruh dari yang divariasikan. Pembuktian pengaruh variasi perlakuan dilakukan menggunakan analisis sidik ragam atau *analysis of variance* (Anova) dengan melakukan tahapan di bawah ini:

- a. Menghitung FK (Faktor Koreksi)  

$$FK = Y^2 / (t \times r)$$
- b. Menghitung JKT (Jumlah Kuadrat Total)  

$$JKT = \sum Y_{ij}^2 - FK$$
- c. Menghitung JKP (Jumlah Kuadrat Perlakuan)  

$$JKP = (\sum Y_{ij}^2 \times r) - FK$$
- d. Menghitung JKG (Jumlah Kuadrat Galat)  

$$JKG = JKT - JKP$$
- e. Menghitung KTP (Kuadrat Tengah Perlakuan)  

$$KTP = JKP / (t - 1)$$
- f. Menghitung KTG (Kuadrat Tengah Galat)  

$$KTG = JKG / t (r - 1)$$
- g. Menghitung F hitung  

$$F_{hit} = KTP / KTG$$
- h. Membandingkan nilai F Hitung dengan F Tabel
  - Jika  $F_{hit} < F_{tab}$ , maka perlakuan berpengaruh tidak nyata
  - Jika  $F_{hit} > F_{tab}$ , maka perlakuan berpengaruh nyata

Keterangan:

- Y = Rataan Umum
- Y<sub>ij</sub> = Pengamatan pada perlakuan ke-i, ulangan ke-j
- t = jumlah perlakuan (*treatment*)
- r = jumlah ulangan (*replikasi*)

## B. Lokasi Pelaksanaan Magang

Proses pengambilan data untuk penyelesaian masalah Tugas Akhir dilakukan di salah satu perusahaan yang bergerak dalam bidang pembuatan produk karet. Perusahaan ini memproduksi produk karet berupa ban dalam (mobil, bus, truk) serta marset (*flap*).

Tempat : PT Pentasari Pranakarya.

Alamat : Jl. Tambak Aji I No. 1, Kelurahan Tambakaji, Kecamatan Ngaliyan, Kota Semarang, Jawa Tengah (50185).

Kontak : +6224 - 8663 535 atau +6224 - 8663 973

Pelaksanaan magang dilakukan dari tanggal 22 Februari 2022 sampai dengan 21 Mei 2022. Pengambilan data dilakukan di bagian unit produksi, *Quality Control* (QC), dan *Research and Development* (R&D).

## C. Materi Pelaksanaan Tugas Akhir

Materi yang digunakan dalam Tugas Akhir adalah semua material (bahan baku) dan peralatan, alur proses pembuatan *green stick* ban dalam di PT Pentasari Pranakarya. Berdasarkan kegiatan observasi terstruktur analisis *shrinkage* pada *green stick* ban dalam, dilakukan percobaan dengan variasi proporsi bahan pengisi (*filler*). Tujuan dari percobaan tersebut untuk mendapatkan *green stick* yang baik dan untuk mengetahui pengaruh dari 5 variasi proporsi *filler*.

## 1. Bahan dalam pembuatan kompon

Tabel 2. Bahan baku kompon

No.	Nama Bahan	Keterangan	
1.	<i>Natural Rubber</i>	Karakteristik :	Berbentuk padat, berwarna coklat kehitaman
		Kegunaan :	Sebagai bahan utama/elastomer pembuatan ban dalam
2.	<i>Synthetic Rubber</i>	Karakteristik :	Berbentuk padat, berwarna putih kekuningan
		Kegunaan :	Sebagai bahan baku/elastomer pembuatan ban dalam
3.	<i>Silika</i>	Karakteristik :	Berbentuk serbuk, berwarna putih
		Kegunaan :	Sebagai bahan pengisi berpenguat (filler) kompon karet
4.	<i>Carbon Black N330</i>	Karakteristik :	Berbentuk serbuk, berwarna hitam
		Kegunaan :	Sebagai bahan pengisi (filler) berpenguat kompon karet
5.	<i>Non reinforcement Filler</i>	Karakteristik :	Berbentuk serbuk, berwarna putih
		Kegunaan :	Sebagai bahan pengisi (filler) non penguat kompon karet
6.	<i>Plasticizer</i>	Karakteristik :	Berbentuk cairan sedikit kental, berwarna hijau
		Kegunaan :	Sebagai pembantu pemrosesan kompon karet (pelunak/pemlastis)
7.	<i>Activator 1</i>	Karakteristik :	Berbentuk bubuk, berwarna putih
		Kegunaan :	Sebagai bahan pengaktif bahan pencepat vulkanisasi
8.	<i>Activator 2</i>	Karakteristik :	Berbentuk padat, kristal, dan berwarna putih
		Kegunaan :	Sebagai bahan penggiat kerja bahan pencepat

Tabel 3. Lanjutan bahan baku kompon

No.	Nama Bahan	Keterangan	
9.	<i>Antioxidant</i>	Karakteristik :	Sebagai bahan pencegah kerusakan kompon dari paparan oksigen
		Kegunaan :	Sebagai bahan pencegah kerusakan kompon dari paparan oksigen
10.	Resin	Karakteristik :	Berbentuk padat, kristal, berwarna kuning kecoklatan
		Kegunaan :	Untuk merekatkan kompon
11.	<i>Softener</i>	Karakteristik :	Berbentuk padat, seperti lilin berwarna putih
		Kegunaan :	Untuk melembutkan kompon/ produk dan menyatukan bahan kimia dan karet
12.	<i>Homogenizer</i>	Karakteristik :	Berbentuk padat, berwarna hitam
		Kegunaan :	Untuk menghomogenkan campuran
13.	<i>Vulcanizing Agent</i>	Karakteristik :	Berbentuk serbuk, halus, berwarna kuning
		Kegunaan :	Sebagai bahan pemvulkanisasi
14.	<i>Accelerator 1</i>	Karakteristik :	Berbentuk serbuk, berwarna putih abu
		Kegunaan :	Sebagai bahan pencepat pematangan
15.	<i>Accelerator 2</i>	Karakteristik :	Berbentuk serbuk, berwarna putih
		Kegunaan :	Sebagai bahan pencepat pematangan
16.	<i>Retarder</i>	Karakteristik :	Berbentuk serbuk, berwarna putih
		Kegunaan :	Sebagai bahan pencegah matang dini (anti hangus)

## 2. Peralatan

Tabel 4. Alat yang digunakan pada proses pembuatan ban dalam

No.	Nama Alat	Gambar	Fungsi
1.	<i>Banbury machine</i>		Berfungsi untuk mencampurkan bahan karet dengan bahan-bahan aditif lain sesuai formulasi yang sudah dibuat menjadi kompon karet yang homogen.
2.	<i>Open two-roll mill</i>		Berfungsi untuk proses penggilingan mastikasi karet sebelum dicampur di <i>banbury</i> , dan penggilingan kompon karet sebelum mengalami proses ekstrusi.
3.	<i>Extrusion machine</i>		Berfungsi untuk membuat dan membetu/mencetak kompon karet menjadi profil ban dalam/ <i>imer tube</i> atau yang dinamakan dengan istilah <i>green stick</i> .
4.	<i>Rheometer</i>		Alat uji sample kompon karet yang digunakan untuk menguji sifat polimer kompon karet sehingga dapat diketahui waktu <i>cure</i> (vulkanisasi) dan sifat elastisitas serta torsi pada kompon.
5.	Meteran		Alat yang digunakan untuk memotong sampel <i>green stick</i> untuk pengujian
6.	<i>Silver pen</i>		Alat tulis untuk menandai <i>green stick</i> yang diamati, agar dapat dibedakan dengan <i>green stick</i> lainnya



### 3. Proses Pembuatan *Green Stick* Ban Dalam Mobil Penumpang 5.50/6.00-13

#### a. Perancangan Formulasi

Perancangan formulasi dilakukan dengan target yang harus dipenuhi yaitu membuat formulasi kompon yang mampu mendapatkan *green stick* yang baik dan dapat menurunkan hasil *shrinkage green stick*. Rancangan formulasi menggunakan 5 variasi proporsi *filler carbon black* N330 dan silika yang diperkirakan memiliki nilai *shrinkage green stick* tidak tinggi dan atau dapat mampu menyusut tidak terlalu signifikan. Jenis bahan pengisi yang divariasikan yaitu *carbon black* N330 dan silika karena berdasarkan ketersediaan jenis bahan pengisi di perusahaan yang diperkirakan proporsinya dapat mempengaruhi besarnya *shrinkage*.

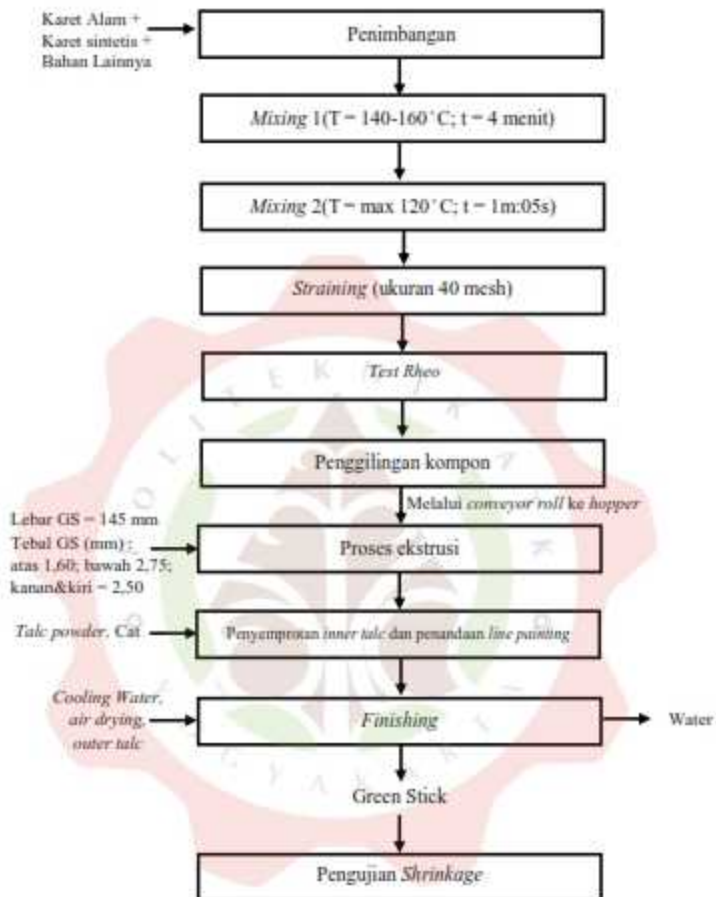
Menurut penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh Hermiwati, dkk. pada tahun 2003, yang meneliti tentang pengaruh proporsi bahan pengisi *carbon black* (CB) terhadap sifat fisik vulkanisat ban dalam berbahan baku *natural rubber*. Hasil dari penelitian ini didapatkan bahwa variasi proporsi bahan pengisi CB berpengaruh nyata terhadap peningkatan properties kompon. Penelitian oleh Prajaksood Thamchoto *et al.*, pada tahun 2021, didapatkan hasil bahwa proporsi *filler* silika terhadap kompon produk ban dalam karet alam sepeda motor dan sepeda berpengaruh nyata terhadap sifat mekanik terkait adhesi yang lebih baik antara partikel silika dan matriks karet.

Berikut tabel 5 yang merupakan rancangan formulasi untuk membuat kompon ban dalam.

Tabel 5. Formulasi kompon ban dalam

<i>Ingredients (phr)</i>	Variasi Formulasi Kompon				
	A	B	C	D	E
<i>Natural Rubber</i>	87	87	87	87	87
<i>Synthetic Rubber</i>	13	13	13	13	13
<i>Carbon Black N330</i>	0	6,25	12,5	18,75	25
<i>Silika</i>	25	18,75	12,5	6,25	0
<i>Filler (non reinforcing)</i>	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5
<i>Aromatic Oil</i>	6	6	8	10	10
<i>Activator 1</i>	4	4	4	4	4
<i>Activator 2</i>	2	2	2	2	2
<i>Antioxidant</i>	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
<i>Resin</i>	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
<i>Softener</i>	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
<i>Homogenizer</i>	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
<i>Vulcanizing Agent</i>	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
<i>Accelerator 1</i>	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
<i>Accelerator 2</i>	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
<i>Retarder</i>	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5

## b. Diagram Alir Proses



Gambar 8. Diagram alir proses pembuatan ban dalam

Proses pembuatan *green stick* ban dalam mobil penumpang 5.50/6.00-13 yaitu sebagai berikut:

## a. Penimbangan

Proses awal adalah penimbangan bahan-bahan yang digunakan seperti bahan baku utama (*natural rubber*, dan *shynthetic rubber*),

bahan-bahan kimia, dan bahan untuk vulkanisasi sesuai dengan formulasi yang ditentukan sebelumnya (tabel 5).

b. Proses *Mixing*

Tahap ini diawali dengan proses pencampuran bahan baku pada mesin *banbury mixer* yang terdiri dari karet alam, karet sintetis, *carbon black*, bahan kimia dan bahan pembantu (*oil solvent*) dengan berat, waktu dan temperatur tertentu untuk menghasilkan kompon. Proses tersebut terbagi menjadi 2 yaitu *mixing 1 (masterbatch)* dan *mixing 2 (final batch)*. *Mixing 1* adalah pencampuran antara karet alam, karet sintetis, bahan pengisi, *aromatic oil*, *aktivator 1*, *aktivator 2*, *antioksidan*, *resin*, *softener*, dan *homogenizer* sedangkan *mixing 2* *vulcanizing agent*, *accelerator 1*, *accelerator 2*, dan *retarder*. Waktu yang digunakan saat *mixing 1* yaitu 4 menit dengan suhu 140-160 °C sedangkan *mixing 2* dilakukan selama 1 menit 5 detik dengan suhu maksimal 120 °C. Mesin *Banbury* dapat menghasilkan kompon dengan cepat dan dapat menghasilkan panas yang lebih tinggi sehingga proses pencampuran dapat berlangsung lebih cepat. Pada akhir proses kompon kemudian disaring dengan *strainer* ukuran 40 mesh. Setelah disaring kompon diambil sedikit, lalu di tes menggunakan *rheometer* untuk mengetahui tingkat kematangan kompon.

c. Proses Ekstrusi (Produksi *Green Stick*)

Prosesnya adalah *ekstruding* sehingga terbentuk profil berupa lembaran karet berongga yang dinamakan *green stick*. Tahap ini

berlangsung pada mesin ekstruder, diawali dengan kompon digiling melalui mill-mill. Kompon kemudian dikirim dalam lembaran ke hopper melalui *conveyor roll*. Mesin ekstruder dilengkapi dengan *screw* yang berfungsi mendorong kompon keluar melalui cetakan (*die*). *Die* adalah lempengan besi yang berfungsi sebagai alat cetak ban dalam. *Die* di *setting* menyesuaikan spesifikasi produk (ban dalam 5.50/6.00-13) terlebih dahulu yaitu untuk tebal atas (1,60mm), tebal bawah (2,75mm), tebal kanan dan kiri (2,50mm). Adonan kompon hasil mixing sebelumnya dibuat menjadi *green stick*. Penyemprotan *inner talc* (di dalam rongga *green stick*) dan penandaan *line painting* (di bagian atas permukaan *green stick*) dilakukan tepat saat *green stick* keluar dari mesin ekstrusi.

d. *Finishing*

*Finishing green stick* terdiri dari pendinginan (*cooling water*), pengeringan (*air drying*) dan penyemprotan *outer talc*. *Green stick* yang telah terisi *inner talc* dan ditandai *line painting* dilewatkan pada *cooling water* untuk mengurangi panasnya, setelah itu dilewatkan pada *air drying* untuk mengeringkan air yang menempel pada *green stick*. Setelah melewati *air drying* penyemprotan *outer talc* dilakukan agar sisi antar *green stick* tidak saling menempel ketika didiamkan. *Green stick* lalu dipotong sesuai dengan toleransi *shrinkage* yang ditetapkan perusahaan (3-5%). Setelah pemotongan *green stick* didiamkan selama

4 jam dengan pengecekan panjang dan lebar setiap 1 jam menggunakan meteran.

e. Pengujian

Berdasarkan pengecekan panjang *green stick* setiap 1 jam kemudian diperoleh data panjang awal dan akhir sampai panjang *green stick* benar-benar tidak berubah. Data tersebut digunakan untuk menghitung nilai *shrinkage* dari setiap sampel percobaan. Kemudian data *shrinkage* tersebut di analisa menggunakan uji ANOVA/sidik ragam untuk mengetahui pengaruh variasi proporsi *filler* dari 5 formulasi yang dilakukan terhadap besarnya *shrinkage* yang dihasilkan.

