

TUGAS AKHIR

**USULAN MENGURANGI CACAT *GREENSTICK* PADA
PROSES EKSTRUSI PEMBUATAN BAN DALAM MOBIL DI
PT SARANAJAYA SERBAGUNA MALANG**



Disusun Oleh :

DESVIANTI DWI SAFITRI

NIM. 1903067

**KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN REPUBLIK INDONESIA
BADAN PENGEMBANGAN SUMBERDAYA MANUSIA INDUSTRI
POLITEKNIK ATK YOGYAKARTA**

2022

TUGAS AKHIR

**USULAN MENGURANGI CACAT *GREENSTICK* PADA
PROSES EKSTRUSI PEMBUATAN BAN DALAM MOBIL DI
PT SARANAJAYA SERBAGUNA MALANG**



Disusun Oleh :

DESVIANTI DWI SAFITRI

NIM. 1903067

**KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN REPUBLIK INDONESIA
BADAN PENGEMBANGAN SUMBERDAYA MANUSIA INDUSTRI**

POLITEKNIK ATK YOGYAKARTA

2022

PENGESAHAN

USULAN MENGURANGI CACAT *GREENSTICK* PADA PROSES EKSTRUSI PEMBUATAN BAN DALAM MOBIL DI PT SARANAJAYA SERBAGUNA MALANG

Disusun Oleh :
Desvianti Dwi Safitri
NIM. 1903067

Program Studi Teknologi Pengolahan Karet dan Plastik.

Pembimbing



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

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 : 5 Agustus 2022

TIM PENGUJI
Ketua



Ir. Cahya Widiwati, M.Kes
NIP. 19581203 198803 2 002

Anggota



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



Isananto Winursito, M.Eng, Ph.D
NIP. 19680823 198503 1 003



Yogyakarta, 19 Agustus 2022
Direktur Politeknik ATK Yogyakarta

Isananto, S.Sn.
NIP. 19680823 199403 1 008

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini dengan baik. Laporan Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan Pendidikan Diploma III (D3) pada Jurusan Teknologi Pengolahan Karet dan Plastik di Politeknik ATK Yogyakarta. Penulis menyadari bahwa Laporan Tugas Akhir ini banyak mendapatkan bantuan dan bimbingan sehingga pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar besarnya kepada :

1. Drs. Sugiyanto, S.Sn., selaku Direktur Politeknik ATK Yogyakarta.
2. Wisnu Pambudi, M.Sc., selaku Kepala Program Studi Teknologi Pengolahan Karet dan Plastik.
3. Yuli Suwanto, S.T., M.Sc., selaku Pembimbing Tugas Akhir.
4. Pimpinan, staff dan karyawan di PT Saranajaya Serbaguna yang telah memberikan ilmu dan pengalaman yang sangat luar biasa. Terkhusus staff dan operator bagian QC dan Departemen ban dalam mobil.
5. Teman-teman dan semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa masih banyak terdapat kekurangan dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir. Demi kesempurnaan Laporan Tugas Akhir ini, penulis mengharap kritik dan saran yang sifatnya membangun agar memperbaiki lebih lanjut penulisan ini. Semoga Laporan Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat dan menambah wawasan kepada pihak yang membutuhkan.

Yogyakarta, 27 Juli 2022

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
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.....	4
C. Ruang Lingkup Permasalahan.....	4
D. Tujuan Tugas Akhir	4
E. Manfaat Tugas Akhir	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
A. Karet.....	6
B. Kompon Karet	11
C. Bahan Kimia Penyusun Kompon Karet	12
D. Ban	17

E. Ban Dalam.....	17
F. Proses Pembuatan Ban Dalam.....	19
G. <i>Mooney Viscometer</i>	31
BAB III METODE TUGAS AKHIR.....	34
A. Metode.....	34
B. Lokasi Pelaksanaan.....	36
C. Materi Pelaksanaan Tugas Akhir.....	36
D. Tahapan Proses.....	44
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	48
A. Hasil.....	48
B. Pembahasan.....	57
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	63
A. Kesimpulan.....	63
B. Saran.....	63
DAFTAR PUSTAKA.....	65
LAMPIRAN.....	68

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Golongan pencepat berdasarkan respon terhadap vulkanisasi.....	15
Tabel 2 Golongan pencepat berdasarkan fungsinya.....	15
Tabel 3 Bahan proses Esktruksi.....	37
Tabel 4 Alat dan mesin proses ekstrusi.....	38
Tabel 5 Spesifikasi nilai viskositas greenstick.....	48
Tabel 6 Data hasil pengamatan pengujian viskositas mooney dan suhu pada mesin ekstruder karet alam (A3).....	49
Tabel 7 Data hasil pengamatan pengujian viskositas mooney dan suhu pada mesin ekstruder karet butyl (T1).....	51
Tabel 8 Data hasil pengamatan pengujian viskositas mooney dan suhu pada mesin ekstruder karet butyl (T2).....	53



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Ban Dalam.....	18
Gambar 2. Mesin Banbury Mixer.....	20
Gambar 3. Mesin Strainer.....	21
Gambar 4. Ram extruder.....	23
Gambar 5. <i>Ram extruder</i>	24
Gambar 6. Pemasangan Valve.....	28
Gambar 7. Proses Penyambungan.....	29
Gambar 8. Proses Curing.....	30
Gambar 9. Mesin Mooney Viscometer.....	33
Gambar 10. Diagram alir proses ekstrusi.....	41
Gambar 11. Lanjutan diagram alir proses ekstrusi.....	42
Gambar 12. Kompon sebelum masuk proses ekstrusi.....	43
Gambar 13. Kompon greenstick.....	44
Gambar 14. Diagram alir proses pengujian viskositas mooney.....	44
Gambar 15. Diagram alir proses penyelesaian masalah.....	47
Gambar 16. Grafik hubungan nilai viskositas mooney dan suhu greenstick pada karet alam (A3) sebelum dan proses ekstruksi.....	50
Gambar 17 Grafik Hubungan Nilai Viskositas Mooney Dan Suhu Greenstick Pada Karet Butyl (T1) Sebelum Dan Sesudah Proses Ekstrusi.....	53
Gambar 18 Grafik hubungan nilai viskositas mooney dan suhu greenstick pada karet butyl (T2) sebelum dan sesudah proses ekstrusi.....	55
Gambar 19 Grafik Scatter Plot Hubungan Viskositas Mooney dan Suhu Greenstick Karet Butyl (T1) Sebelum Proses Ekstrusi.....	56
Gambar 20 Grafik Scatter Plot Hubungan Viskositas Mooney dan Suhu Greenstick Karet Butyl (T1) Setelah Proses Ekstrusi.....	56
Gambar 21 Greenstick kasar atau karet mati.....	58
Gambar 22 Greenstick bergelombang.....	58

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Persamaan regresi linear dari viskositas terhadap suhu.....	68
Lampiran 2. Surat Izin Magang	69
Lampiran 3. Lembar Kerja Harian Magang	70
Lampiran 4. Sertifikat Magang	79
Lampiran 5. Blanko Konsultasi Tugas Akhir	80



INTISARI

Tugas Akhir ini mempelajari faktor yang memengaruhi cacat *greenstick* pada mesin *extruder* dan pengaruh nilai viskositas *mooney* terhadap cacat *greenstick*. Cacat *greenstick* yang terdapat dalam mesin *extruder* yaitu *greenstick* mati dan *greenstick* cenderung bergelombang. Kemampuan proses kompon *greenstick* dalam mesin *extruder* dianalisis berdasarkan nilai ML 1+4 yang menunjukkan nilai viskositas *mooney* dari hasil pengujian sampel kompon *greenstick* menggunakan alat uji *mooney viscometer*. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh nilai viskositas *mooney* dan suhu *greenstick* yang digunakan untuk menentukan spesifikasi *greenstick* yang diharapkan baik. Hasil uji menunjukkan bahwa nilai viskositas *mooney* mempengaruhi suhu *greenstick*. Viskositas *mooney* berbanding lurus dengan suhu *greenstick*. Semakin tinggi nilai viskositas *mooney* maka suhu *greenstick* makin tinggi. Usulan perbaikan untuk mengurangi cacat pada *greenstick* yaitu mengontrol pengambilan kompon dengan cara *first in first out* serta mengontrol parameter suhu dan kecepatan *screw* mesin *extruder*.

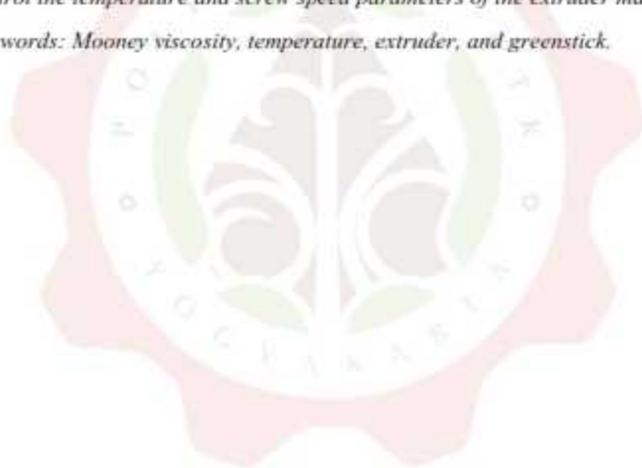
Kata kunci: Suhu, *extruder*, viskositas *Mooney*, *greenstick*.



ABSTRACT

This final project studies the factors that affect the greenstick defects on the extruder machine and the effect of the Mooney viscosity value on the greenstick. The greenstick defects contained in the extruder machine are dead greensticks and the greenstick tends to be wavy. The processing capability of the greenstick compound in the extruder machine was analyzed based on the ML 1+4 value which shows the Mooney viscosity value from the test results of the greenstick compound sample using the Mooney viscometer test tool. This test was conducted to determine the effect of the Mooney viscosity value and the greenstick temperature used to determine the expected greenstick specifications. The test results show that the Mooney viscosity value affects the temperature of the greenstick. Mooney's viscosity is directly proportional to the temperature of the greenstick. The higher the Mooney viscosity value, the higher the greenstick temperature. Proposed improvements to reduce defects in the greenstick are to control the compound by first in first out and control the temperature and screw speed parameters of the extruder machine.

Keywords: Mooney viscosity, temperature, extruder, and greenstick.



BAB 1

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Di Indonesia banyak perusahaan yang bergerak di bidang otomotif salah satunya adalah industri ban. Ban merupakan perangkat otomotif yang digunakan untuk mengurangi getaran yang disebabkan ketidak teraturan permukaan jalan, menyangga beban kendaraan dan muatannya, meneruskan daya dorong dan pengereman, serta memberikan kestabilan antara kendaraan dan tanah untuk mempermudah pergerakan (Handoyo, 2014).

Potensi pasar dalam negeri saat ini dapat menjadi pendorong bagi pelaku usaha otomotif untuk terus mengembangkan produknya sehingga menumbuhkan industri komponen guna memperdalam struktur industri otomotif nasional. Langkah strategis yang telah dilakukan kemenperin dalam mewujudkan visi tersebut, antara lain memperkuat struktur industri otomotif melalui peningkatan kemampuan industri komponen dan infrastruktur teknologi, peningkatan daya saing industri otomotif melalui peningkatan kemampuan SDM dan manajemen industri, serta peningkatan penguasaan teknologi dan R&D industri otomotif (Kemenperin, 2017).

Berdasarkan data dari Kementerian Perindustrian, hingga 2019 terdapat 16 produsen ban yang memiliki kapasitas produksi terpasang 211,49 juta unit untuk jenis ban luar dan 225,13 juta unit ban dalam. Rasionya mencapai 87,9 dan 70% dari hasil produksinya yang diekspor.

Indonesia menempati peringkat kedua produsen karet alam terbesar di dunia. Ini merupakan potensi untuk meningkatkan produktivitas industri pengolahan karet. Industri pengolahan karet menyumbang devisa US\$ 3,422 miliar pada 2019. Terdapat 163 industri karet alam dengan serapan tenaga kerja langsung 60 ribu orang. Sedangkan produksi karet alam pada 2019 mencapai 3,3 juta ton. Dari jumlah tersebut, sebanyak 20 persen diolah di dalam negeri oleh industri ban, industri vulkanisasi ban, alas kaki, dan *manufacture rubber goods* (MRG) (Kemenperin, 2020).

Salah satu perusahaan yang bergerak dibidang *manufaktur* produk ban dalam adalah PT. Saranajaya Serbaguna (atau PT. Nayabana) yang berdiri sejak tahun 1989 dan berlokasi di Jalan Suropati Raya No. 75, Malang, Jawa Timur. Produk PT. Nayabana adalah maret (*flap*), ban dalam motor, ban dalam mobil dan ban dalam sepeda. PT. Nayabana memiliki pengalaman yang panjang dalam industri produk karet, itulah sebabnya produk-produk yang dihasilkan memiliki kualitas yang prima. Selain itu produk-produk PT. Nayabana seluruhnya selalu melalui pemeriksaan dan pengujian yang ketat oleh tim *Quality Control* dan didukung dengan peralatan uji produk yang memadai. Pengujian dilakukan mulai dari bahan baku, barang dalam proses hingga barang jadi.

Pada pembuatan ban dalam mobil di PT. Nayabana diproduksi dengan menggunakan mesin berteknologi tinggi buatan dari Taiwan. Bahan baku utama dalam pembuatan ban dalam mobil adalah karet *butyl* dan karet alam. Pembuatan ban dalam mobil di PT. Nayabana terdiri dari beberapa

tahapan proses yaitu penggilingan I, penyaringan (*strainer*), penggilingan II, penggilingan III, pembentukan produk (ekstrusi, *inner talc*, *cooling*, *air blower*, *line painting*, *cutting*, *vacum dust collector*, pemasangan pentil (*valve*), dan *outher talc*), penyambungan (*splicer*), pematangan (*forming dan curing*), dan *packing*.

Pada proses ekstrusi terdapat beberapa permasalahan dalam pembuatan ban dalam mobil. Permasalahan yang sering terjadi yaitu permukaan *greentick* kasar atau *greentick* mati dan *greentick* bergelombang. *Greentick* adalah produk ban dalam sebelum dilakukan *curing* atau divulkanisasi dalam mesin *curing* atau mesin oven. Banyak produk yang dihasilkan tidak sesuai atau tidak memenuhi standar yang ditentukan. Ketepatan dan stabilitas dimensi tersebut dipengaruhi oleh banyak faktor yaitu kecepatan putaran *screw*, besarnya tekanan dan suhu proses (Ariefin, 2013).

Viskositas karet atau kompon memainkan peran penting. Penyimpangan dalam viskositas senyawa akan secara kritis mengubah kemampuan prosesnya khususnya dalam pengolahan menggunakan *extruder*. Menurut Zohari *et all* (2017) *mooney viscometer* sangat penting, parameter viskositas harus dijaga dalam batas yang ditentukan. Nilai viskositas *mooney* dapat mempengaruhi hasil *greentick*. Nilai viskositas *mooney* yang tidak stabil menyebabkan hasil *greentick* yang dihasilkan tidak sesuai standar yang ditentukan.

B. Permasalahan

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah Tugas Akhir ini yaitu penulis mempelajari faktor yang mempengaruhi cacat *greenstick* pada mesin *extruder*.

C. Ruang Lingkup Permasalahan

Adapun batasan masalah dalam Tugas Akhir terkait permasalahan tersebut meliputi:

1. Objek pembahasan yang dilakukan hanya pada proses pembentukan *greenstick* mesin *extruder*.
2. Data yang digunakan adalah hasil pengujian penulis pada saat proses magang kerja di PT. Saranajaya Serbaguna.
3. Proses analisa permasalahan pada proses ekstrusi serta kondisi kompon sebelum proses ekstrusi dan kompon *greenstick*.

D. Tujuan Tugas Akhir

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

1. Mengetahui faktor penyebab cacat *greenstick* pada mesin *extruder*.
2. Mempelajari pengaruh nilai viskositas *mooney* terhadap cacat *greenstick*.

E. Manfaat Tugas Akhir

1. Bagi Penulis

Sebagai sarana untuk menerapkan pengetahuan yang diperoleh selama menempuh studi, khususnya di dalam bidang industri karet.

2. Bagi perusahaan

Diharapkan dapat dijadikan sebagai saran dan masukan bagi PT Saranajaya Serbaguna untuk melakukan usulan dalam proses produksi sehingga dapat meningkatkan kualitas produk.

3. Bagi civitas akademika Politeknik ATK Yogyakarta

- a. Memberikan sarana tambahan referensi di perpustakaan tentang produk ban dalam.
- b. Memberikan referensi tentang faktor yang berpengaruh terhadap suhu dan nilai viskositas *mooney* ban dalam.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Karet

Karet adalah tanaman perkebunan tahunan berupa pohon batang lurus. Pohon karet pertama kali hanya tumbuh di Brasil, Amerika Selatan, namun setelah percobaan berkali-kali oleh Henry Wickham, pohon ini berhasil dikembangkan di Asia Tenggara, di mana saat ini tanaman ini banyak dikembangkan sehingga sampai sekarang Asia merupakan sumber karet alami di Indonesia, Malaysia dan Singapura tanaman karet mulai dicoba dibudidayakan pada tahun 1876 .

Karet merupakan salah satu sumber daya alam hayati yang sangat potensial dan berlimpah di Indonesia. Keadaan alam Indonesia yang beriklim tropis menjadi wilayah yang strategis untuk tumbuhnya pohon karet. Pohon karet jenis *Hevea brasiliensis* adalah salah satu yang paling banyak ditanam di Indonesia dan tumbuh dengan subur. Karet merupakan sumber devisa terbesar dari subsektor perkebunan di Indonesia dan telah diakui menjadi sumber keragaman hayati yang bermanfaat dalam pelestarian lingkungan serta memberikan kontribusi bagi kesejahteraan rakyat dengan terbukanya lapangan usaha bagi masyarakat. Karet merupakan kebutuhan yang penting bagi kehidupan manusia sehari-hari, hal ini terkait dengan mobilitas manusia dan barang yang memerlukan komponen yang terbuat dari karet seperti seperti ban kendaraan, *conveyor*

belt, sabuk transmisi, *dock fender*, sepatu dan sandal karet (Rubber Skill Development, 2013).

Karet digambarkan sebagai bahan yang menunjukkan sifat “elastis”. Bahan dengan panjang rantai molekul yang dikenal sebagai “polimer”. Kombinasi elastis dan polimer dikenal dengan nama alternatif dari “elastomer”. Karet dan elastomer dianggap memiliki fungsi serupa. Produk berbahan karet mempunyai dimensi struktur kimiawi yang fleksibel dan stabil serta mampu tahan dibawah gaya deformasi besar (Rubber Skill Development, 2013).

Pada dasarnya jenis karet ada dua macam yaitu :

1. Karet Alam

Karet alam adalah bahan polimer alam yang diperoleh dari tanaman *Hevea Brasiliensis*. Sejak pertama kali proses vulkanisasi diperkenalkan pada tahun 1839, karet alam telah dimanfaatkan secara meluas pada pembuatan ban, selang, sepatu, alat rumah tangga, olahraga, peralatan militer dan Kesehatan.

Karet alam yang berwujud cair disebut lateks. Lateks merupakan suatu cairan yang berwarna putih kekuning-kuningan, yang terdiri dari partikel karet yang terdispresi didalam air. Lateks diperoleh dengan cara melukai kulit pohon karet, yang disebut dengan proses penyadapan. Getah dikumpulkan dalam tangki besar, sehingga menyatukan hasil dari banyak pohon. Metode yang disukai 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.

Karet alam sebagai bahan baku memiliki keunggulan dibandingkan dengan karet sintetik yaitu harga yang lebih murah, memiliki daya elastisitas yang baik, daya tahan yang tinggi terhadap keretakan, daya tahan terhadap panas, dan memiliki fleksibilitas serta plastisitas yang baik. Sifat fleksibilitas yang dihasilkan karena adanya kandungan *fosfolipid* (asam lemak) dan protein yang terikat pada kedua ujung struktur *poliisopren* atau karet.

Keunggulan sifat-sifat karet alam ini memberikan keuntungan atau kemudahan dalam proses pengerjaan dan pemakaiannya, baik dalam bentuk karet atau kompon maupun dalam bentuk vulkanisat (*Rubber Skill Development, 2013*).

2. Karet Sintetis

Karet sintetis merupakan karet yang didapatkan dari hasil samping pengolahan minyak bumi yang kemudian melalui reaksi polimerisasi sehingga menjadi suatu material baru yang sifatnya mendekati sifat karet alam. Pada awalnya karet sintetis dibuat untuk substitusi karet alam. Namun seiring dengan kemajuan teknologi kelemahan dari karet alam dan karet sintetis dapat diatasi dengan mencampurkan kedua jenis karet dengan menggunakan bahan kimia yang diperlukan dan

disesuaikan dengan spesifikasi barang jadi karet yang diinginkan (*Rubber Skill Development*, 2013).

Karet sintetis biasanya tahan minyak, harga relatif murah, ketahanan panas baik, ketahanan terhadap *swelling* pada pelarut tinggi, ketahanan abrasi dan air baik. Karet sintetis ini lebih dikembangkan dari pada karet alam (Vijayaram, 2009).

Saat ini banyak macam-macam karet sintetis yang diproduksi sesuai kebutuhannya antara lain sebagai berikut :

1. SBR (*Styrene butadiene rubber*), merupakan karet sintetis yang paling banyak diproduksi dan digunakan. SBR adalah pengganti karet alam (NR). SBR memiliki karakteristik yang mirip dengan *natural rubber* yaitu kenyal, tidak mudah sobek dan tahan terhadap gesekan . Biasanya jenis karet sintesis SBR ini sering digunakan untuk *outsole* dan *conveyor belt* (Susilawati dkk., 2019).
2. IR (*Isopropene rubber*) atau *Polysoprene rubber*, jenis karet IR memiliki kelebihan yaitu lebih bersih, untuk produk yang transparan (Exxon,1989).
3. BR (*Butadiene rubber*), karet jenis BR lebih lemah, daya lekat lebih rendah, dan pengolahannya tergolong lebih sulit. Karet jenis BR jarang digunakan tersendiri, untuk membuat suatu barang biasanya BR dicampur dengan karet alam atau SBR (Exxon,1989)

4. IIR (*Isobutene Isoprene Rubber*), IIR sering disebut *butyl rubber* merupakan jenis karet sintetis yang hanya mempunyai sedikit ikatan rangkap sehingga membuatnya tahan terhadap pengaruh oksigen dan ozon. IIR juga terkenal karena kedap gas. Dalam proses vulkanisasinya, jenis IIR lambat matang sehingga memerlukan bahan pencepat dan pemvulkanisasi lebih banyak dari pada karet alam. Akibatnya, IIR tidak baik dicampur dengan karet alam atau karet sintetis lainnya bila akan diolah menjadi suatu barang. IIR termasuk jenis karet dengan kebutuhan khusus yang menjadikannya sebagai bahan karet yang tahan terhadap suhu tinggi serta proses pengusangan atau penuaan (Exxon,1989).
5. NBR (*Nitrile Butadiene Rubber*), Jenis karet sintesis ini tahan terhadap minyak, lemak, bensin dan oli sehingga sering digunakan sebagai bahan pembuatan *seal* mesin. Selain itu, NBR juga merupakan standar material untuk pembuatan *O-Ring* (Exxon,1989).
6. EPDM (*Ethylene Propylene Diene Monomer*), Jenis karet sintesis ini sangat unggul pada ketahanan terhadap ozon, *steam* dan cuaca. Karet sintesis jenis ini sering digunakan untuk *outdoor* dan proses yang bersentuhan langsung dengan *steam* (Exxon,1989).
7. CR (*Chloroprene Rubber*), CR merupakan jenis karet yang memiliki ketahanan terhadap minyak, tetapi dibanding dengan NBR ketahanannya masih kalah. CR juga memiliki daya tahan

terhadap pengaruh oksigen dan ozon di udara, bahkan juga terhadap panas atau nyala api (Exxon,1989).

8. EPR (*Ethylene Propylene Rubber*), EPR sering juga disebut EPDM karena tidak hanya menggunakan monomer etilen dan propilen saja pada proses polimerisasinya melainkan juga dengan monomer ketiga atau EPDM. Keunggulan yang dimiliki EPR adalah ketahanan yang baik terhadap sinar matahari, ozon, dan pengaruh unsur cuaca lainnya. Sedangkan kelemahannya pada daya lekat yang rendah (Exxon,1989).

B. Kompon Karet

Kompon karet adalah campuran antara karet mentah dengan bahan-bahan kimia yang ditentukan komposisinya dan pencampurannya dilakukan dengan cara penggilingan pada suhu 70°C-80°C. Komposisi kompon karet berbeda-beda tergantung pada barang jadi karet yang akan dibuat. Sebelum bahan baku karet dicampur dengan bahan pembantu, terlebih dahulu bahan baku karet tersebut dilunakan (*mastikasi*) atau diplastisasi dengan cara digiling. Perwujudan dari kompon ini bisa berupa lembaran-lembaran kompon atau bentuk lain yang masih bisa dengan mudah dilengketkan satu sama lain (Exxon,1989).

Karet ini pada dasarnya bukanlah material karet jadi, melainkan masih berifat mentah atau bisa disebut juga barang setengah jadi dan perlu dilakukan pengolahan berlanjut. Dalam pembuatannya, bahan mentah karet akan diolah dan dicampurkan dengan beberapa bahan kimia dengan bantuan

gaya gesek yang kuat. Campuran bahan baku dan bahan kimia tersebut akan diproses baik dengan pemanasan, hingga penggilingan yang akhirnya dibentuk menjadi lembaran kompon. Nantinya, kompon bisa digunakan untuk berbagai keperluan baik produk *fashion* seperti alas kaki, produk otomotif seperti ban, hingga komponen mesin industri lainnya. Kompon memiliki tekstur dan daya lengket yang baik jika dipadukan dengan material lain. Karet tidak dipergunakan dalam bentuk mentah untuk pembuatan barang jadi karet, karena tidak kuat, mudah teroksidasi, dan elastis. Oleh karena itu, karet mentah perlu dicampur dengan bahan kimia karet seperti bahan adiktif dan pengisi (Exxon,1989).

C. Bahan Kimia Penyusun Kompon Karet

Bahan kimia karet merupakan bahan-bahan kimiawi yang dicampurkan dengan bahan baku karet pada saat proses komponding dengan tujuan untuk memperoleh sifat fisis dari kompon karet yang lebih baik. Dalam proses pembuatan kompon dengan bahan kimia karet perlu ditambahkan bahan pengisi yang terdiri dari bahan pengisi penguat, dan pengisi penambah volume. Bahan pengisi ini berupa zat kimia yang berguna untuk meningkatkan kekerasan, peregangan, ketahanan kikis, kekuatan tarik dan kekuatan sobek (Nasruddin, 2017). Selain itu, diperlukan adanya bahan adiktif (bahan kimia) lainnya seperti bahan pemvulkanisasi, bahan pencepat, bahan pelunak, bahan penggiat dan antioksidan (Prasetya, 2010). Bahan-bahan kimia penyusun kompon karet antara lain:

1. Bahan Pemvulkanisasi

Bahan pemvulkanisasi adalah sejenis bahan kimia yang dapat bereaksi dengan gugus aktif molekul karet pada proses vulkanisasi, membentuk ikatan silang antar molekul karet sehingga terbentuk jaringan tiga dimensi. Bahan pemvulkanisasi yang umum digunakan adalah belerang dan peroksida, karena logam oksida dengan dengan mudah mendorong oksidasi elastomer yang menyebabkan kegagalan. Belerang merupakan bahan pemvulkanisasi yang paling banyak digunakan dalam industri pengolahan karet. Sulfur dalam bentuk aslinya adalah sebuah zat padat kristalin kuning. Di alam, sulfur dapat ditemukan sebagai unsur murni atau sebagai mineral-mineral *sulfide* dan *sulfate* (Ciesielski, 1999).

Adanya panas, sulfur atau belerang bereaksi dengan ikatan olefin atau alkena berdampingan dengan rantai utama polimer atau rantai *independent* dari dua molekul polimer untuk membentuk ikatan silang antar rantai molekul. Sulfur dapat memadukan berbagai cara untuk membentuk jaringan ikatan silang karet ter Vulkanisasi. Sulfur dapat muncul sebagai *monosulfida*, *disulfida*, dan ikatan *polisulfida*. Belerang biasa digunakan terutama untuk memvulkanisasi jenis karet yang molekulnya mengandung ikatan rangkap seperti karet alam, BR, SBR, EPDM, dan NBR (Ciesielski, 1999).

2. Bahan Pengisi

Bahan pengisi atau biasa disebut *filler* pada dasarnya dibagi menjadi dua jenis yaitu bahan pengisi penguat dan bahan pengisi non-penguat. Bahan pengisi penguat antara lain meliputi *carbon black* dan *silica*. Sedangkan bahan pengisi non-penguat antara lain meliputi kalsium karbonat, kaolina, barium sulfat, dan magnesium karbonat. Penambahan bahan pengisi penguat pada kondisi optimum dapat meningkatkan kekerasan, modulus, kekerasan, ketahanan kikis, kekuatan sobek, dan tegangan putus. Sedangkan bahan pengisi non-penguat mempengaruhi kekerasan dan kekakuan. Efek penguatan kompon ditentukan oleh ukuran partikel, kondisi permukaan dan bentuk, serta dispersi penyebarannya (Alfa dkk., 2005).

3. Bahan Pncepat (*accelerator*)

Bahan pncepat umumnya berupa senyawa organik yaitu bahan yang biasanya ditambahkan dalam jumlah sedikit untuk mempercepat terjadinya reaksi vulkanisasi kompon oleh belerang. Sedangkan pncepat golongan oksida anorganik hanya digunakan dalam karet CR. Proses vulkanisasi jika hanya dengan menggunakan belerang saja biasanya akan berlangsung lambat sehingga digunakannya bahan pncepat untuk membantu meningkatkan laju vulkanisasi kompon. Pncepat yang digunakan dapat berupa satu atau kombinasi dari dua atau lebih jenis pncepat. Bahan pncepat diklasifikasikan kedalam beberapa kelompok berdasarkan golongan senyawa respon terhadap vulkanisasi

dan berdasarkan fungsinya, klasifikasi bahan pencepat berdasarkan respon terhadap vulkanisasi dapat dilihat pada tabel 1. Sedangkan untuk klasifikasi bahan pencepat berdasarkan fungsi ditampilkan pada tabel 2.

Tabel 1 Golongan pencepat berdasarkan respon terhadap vulkanisasi

Golongan Pencepat	Respon	Contoh
<i>Aldehida-amin</i>	Lambat	HMT
<i>Guanidin</i>	Sedang	DPG, DOTG
<i>Thiazol</i>	Semi-Cepat	MBT, MBTS
<i>Sulfenamida</i>	Cepat-Ditunda	CBS, TBBS, MBD, DIBS
<i>Dithiofosfat</i>	Cepat-Ditunda	ZBPP
<i>Thiuram</i>	Sangat Cepat	TMTT, TMTD, TETD
<i>Dithiokarbomat</i>	Sangat Cepat	ZDC, ZMDC, ZBDC

Tabel 2 Golongan pencepat berdasarkan fungsinya

Pencepat Primer	<i>Thiazol, Sulfenamida</i>
Pencepat Sekunder	<i>Guanidin, Thiuram, Dithiokarbomat, Dithiofosfat</i>

Bahan pencepat memegang peranan penting pada vulkanisasi karet. Hal ini karena selain mempercepat proses, akselerator juga mempengaruhi sifat fisis dan kimia vulkanisat (Alam *et al*, 2012).

4. Bahan Penggiat

Bahan penggiat atau yang biasa di sebut *activator* pada umumnya berupa asam lemak seperti asam stearat (Alfa dkk., 2005). Penggunaan bahan penggiat dan pencepat secara bersamaan membentuk sistem *activator* yang akan menstimulus proses percepatan pembentukan *crosslinking* pada kompon ketika proses vulkanisasi berlangsung.

Perpaduan *activator* yang sering digunakan adalah zink oksida dengan asam stearat (Sasongko, R. A., 2012).

5. Bahan Pelunak (*softener*)

Bahan pelunak berfungsi untuk memudahkan pencampuran bahan pengisi kedalam kompon. Jumlah bahan pengisi perlu diimbangi dengan jumlah bahan pelunak yang digunakan. Selain itu, bahan pelunak juga berfungsi untuk mempersingkat waktu *mixing* kompon, juga menurunkan suhu ketika *mixing*, menghambat *scorching* kompon. Bahan pelunak digunakan dengan memperhatikan jenis karet yang digunakan. Bahan pelunak biasa disebut juga dengan *softener*, *plasticizer*, *peptizer* (Alfa dkk, 2005). Bahan pelunak untuk pembuatan kompon karet umumnya berasal dari turunan minyak bumi seperti *minarex*, *white oil*, DOP, dan DBP (Nasruddin, 2017).

6. Bahan kimia tambahan

a. Bahan pewarna

Pigmen warna adalah bahan yang diperlukan untuk memberikan warna khusus pada karet selain warna hitam.

b. Bahan penghambat

Bahan penghambat adalah bahann kimia yang digunakan untuk menghindari vulkanisasi yang prematur. Contoh: *Prevulcanization Inhibitor (Pvi)*, *N-(cyclohexylthio) phthalimide*.

c. Bahan bantu pengolahan (*Processing Aids*)

Bahan pembantu pengolahan adalah bahan yang bila dicampurkan ke dalam kompon akan mempermudah proses pencampuran. Contoh *processing aids* adalah asam lemak seperti *stearic acid* (Rais, 2017).

D. Ban

Ban merupakan peranti kendaraan yang menutupi pelek suatu roda. Ban adalah bagian penting dari kendaraan darat yang digunakan untuk mengurangi getaran yang disebabkan ketidakrataan permukaan jalan, melindungi roda dari kerusakan, serta memberikan kestabilan antara kendaraan dan permukaan jalan untuk meningkatkan percepatan dan mempermudah pergerakan. Ban berfungsi untuk memikul beban dari kendaraan dan meredam kejutan-kejutan yang disebabkan oleh keadaan permukaan jalan (Almanaf, 2015).

E. Ban Dalam

Ban dalam kendaraan pertama kali diproduksi pada tahun 1940. Ban dalam pada saat pertama kali diproduksi menggunakan karet *butyl*. Karena karet *butyl* memiliki sifat yang kedap udara dan gas. Selain itu karet *butyl* juga memiliki ketahanan sobek yang baik dan memiliki ikatan rangkap. Hal ini yang menyebabkan karet *butyl* pertama kali dipertimbangkan untuk ban dalam (Lightbown *et al*, 1947).

Ban dalam adalah campuran karet alam dan sintetis. Karet alam lebih lentur dan menawarkan ketahanan yang lebih baik terhadap tusukan, tetapi karet sintetis lebih murah. Ban dalam yang mahal umumnya memiliki persentase karet alam yang lebih tinggi untuk membentuk ban yang lebih baik dan untuk mencegah kempes. Ada juga sisipan busa padat (disebut tabung mousse) yang mensimulasikan tekanan udara dari ban dalam (Majalah Aksi Motocross, 2015).

Ban dalam memegang peran sangat penting dalam mendukung performa ban luar. Sebaik apapun kualitas ban luarnya, jika ban dalamnya bermasalah, pasti akan mempengaruhi performa ban luarnya. Ban dalam harus tahan terhadap gesekan atau panas, kedap atau anti bocor, memiliki persentase kemuluran atau melar yang rendah, memiliki ketebalan yang merata di semua sisi, tahan benturan, dan mampu mewedahi tekanan udara tinggi (Widjanarko, 2020).

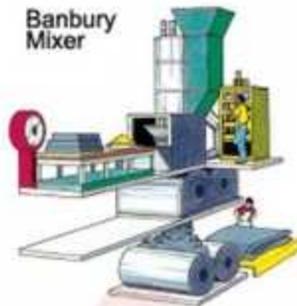


Gambar 1. Ban Dalam
Sumber: nayabana.com

F. Proses Pembuatan Ban Dalam

1. Proses *Mixing* (Pencampuran)

Dalam pembuatan produk ban dalam unggulan, baik untuk kendaraan mobil maupun motor, *Tire Manufacturing* menggunakan beberapa material sebagai bahan baku utama dan beberapa bahan kimia sebagai bahan pelengkap produksi. Di tahap pertama, berbagai bahan seperti karet alam, karet sintetik, bahan kimia, karbon hitam dan minyak tertentu dicampurkan menjadi satu pada suhu sekitar 100° Celcius. Bentuk campuran ini menyerupai adonan kue yang sangat kental. Untuk mengaduk adonan karet ini dibutuhkan mesin *mixer* yang sangat kuat. Mesin yang digunakan adalah mesin *Banbury*. Dalam mesin tersebut terdapat alat yang berfungsi untuk menggiling campuran menjadi lapisan yang disebut *compound*. Suhu udara di area *mixing* ini cukup panas, sekitar 38° Celcius Hasil dari proses *mixing* adalah *compound* yang masih lunak berbentuk lembaran (*sheet gum*). Sebelum *compound* tersebut disusun pada rak, terlebih dahulu melewati proses pendinginan dan diberi cairan *adhesive* agar *compound* tersebut tidak lengket setelah tersusun (Iftariyanto, 2015).



Gambar 2. Mesin *Banbury Mixer*
Sumber: Ifariyanto (2015)

2. Proses *Straining* (Penyaringan)

Pada proses *straining* (penyaringan) ini menggunakan mesin *strainer*. Mesin *strainer* karet atau mesin penyaring karet merupakan mesin yang berguna untuk menyaring kompon karet dari benda asing dan kotoran. Dalam industri ban dalam kendaraan, mesin ini berfungsi sebagai penyaring kompon karet sebelum ke tahap ekstrusi. Mesin ini biasanya saling terhubung dengan mesin *open mill* melalui *conveyor*. Hal ini karena *batch* kompon yang telah digiling sebaiknya segera disaring untuk mengurangi pemanasan berlebih akibat proses (Burrowes *et al*, 2004). Kompon yang telah digiling pada proses "*warm up*" jika dibiarkan terlalu lama akan mengeras sehingga menyebabkan kompon akan sulit disaring dan akan menyebabkan mesin *strainer* bekerja lebih ekstra yang dapat menimbulkan pemanasan berlebih.

Proses penyaringan (*straining*) kompon karet diawali dengan memasang kasa saring ukuran 40 *mesh* pada kepala *strainer*. Ukuran ini mampu menyaring material asing yang cukup kecil, partikel *carbon black* yang tidak terdispersi dan kontaminan lainnya. Proses selanjutnya membuka keran *steam* untuk memanaskan *body* dan kepala *strainer* dan menyalakan tombol *ON* untuk menghidupkan motor penggerak. Selanjutnya keran *steam* ditutup diganti dengan membuka keran air pendingin (*cooler*) lalu menekan tombol *ON* untuk menjalankan *screw*. Kompon yang telah digiling pada open mill diantarkan ke mesin *strainer* langsung melalui *conveyor belt* yang tinggi dan masuk ke *hopper* pada mesin *strainer*. Kompon yang telah disaring selanjutnya dimasukkan ke loyang yang cukup besar untuk masuk ke tahap ekstrusi (Exxon, 1989).



Gambar 3. Mesin *Strainer*
Sumber: indonesian.alibaba.com

3. Proses Ekstrusi

Proses ekstrusi ban dalam yaitu suatu proses pembentukan kompon menggunakan cetakan (*dies*) yang profilnya disesuaikan dengan *size* dari *tube* yang hendak diproduksi untuk menghasilkan produk berupa

greenstick. Dalam proses ekstrusi karet, senyawa termasuk polimer, berbagai jenis aditif dan pengisi seperti bahan pengawet, antioksidan, pigmen dimasukkan ke dalam *extruder*. *Extruder* biasanya terdiri dari: *screw* yang berputar di dalam barrel berpemanas yang dipasang rapat. Pada tipe *extruder*, *screw* berputar terus menerus memberikan *output* produk panjang terus menerus (pipa, batang, lembaran). Tujuan utama dari *extruder* adalah untuk melakukan tiga hal: melunakkan, mencampur, memberikan tekanan pada karet saat diumpangkan terus menerus ke *die* keluar *extruder* (The Netherlands, tanpa tahun: 2).

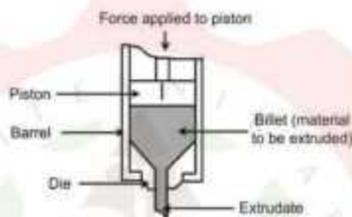
Mesin *extruder* digunakan untuk membuat bentuk atau mencetak kompon karet menjadi panjang dengan profil bulat, empat persegi panjang, segitiga dll, yang padat atau berongga. Bentuk akhir kompon sama dengan bentuk penampang rongga matriks (*die*) yang digunakan. Kompon dilunakkan didalam silinder (*barrel*) yang panas dengan menggunakan aksi mekanis *screw* yang berputar atau rem sehingga sehingga kompon mudah dikeluarkan melalui *die* (John et al., 2014).

Die adalah sejenis piringan logam yang memiliki bukaan mesin dalam bentuk yang diinginkan dari bagian yang dibutuhkan untuk diekstrusi. Karet yang sudah lunak dengan pemanasan kemudian dipaksa oleh sekrup yang berputar melalui bukaan *die* menjadi bentuk profil yang dipotong di *die*. Saat produk keluar dari *dies*, tekanan dan suhu akan turun dengan tiba-tiba sehingga menyebabkan produk cenderung mengembang. Fenomena khas yang disebut *die swell*

membutuhkan tempat saat meninggalkan *die*. Karena itu penampang keluaran menjadi lebih besar dari penampang *die* (The Netherlands, tanpa tahun: 2).

Berdasarkan tipe pendorong mesin *extruder* dapat dibedakan menjadi dua jenis yaitu:

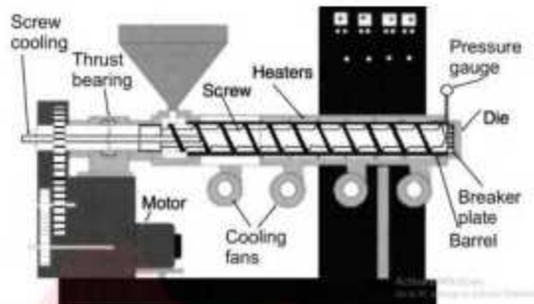
1) *Ram extruder*



Gambar 4. *Ram extruder*
Sumber: John et al., 2014

Ram extruder atau *piston extruder* adalah *extruder* paling sederhana yang merupakan mesin *extruder* dengan pendorong berupa *plunger* yang proses ekstrusinya diskontinu. Kompon karet dimasukkan ke dalam silinder, cetakan atau *die* dipasang pada *head* atau ujung silinder dan ram atau *plunger* mendorong komponen melewati cetakan sehingga terbentuk profil (John et al., 2014).

2) *Screw Type Extruder*



Gambar 5. *Ram extruder*
Sumber: John et al., 2014

Single screw extruder adalah jenis *screw type extruder* yang merupakan mesin *extruder* dengan pendorong berupa *screw* yang proses ekstrusinya kontinu. Berdasarkan rasio L:D *screw* dan kondisi kompon, mesin *screw extruder* dapat dibedakan menjadi dua jenis yaitu:

➤ *Hot Feed Extruder*

Hot feed extruder atau *extruder* karet umpan panas adalah mesin *extruder* yang memiliki *screw* yang pendek (L:D rasio bervariasi 4:1 to 5:1) dan mengolah kompon karet pada suhu diatas suhu kamar sehingga kompon dipanaskan terlebih dahulu sebelum proses ekstrusi.

➤ *Cold Feed Extruder*

Cold feed extruder atau *extruder* karet umpan dingin adalah mesin *extruder* yang memiliki *screw* yang panjang

(L:D rasio bervariasi 15:1 to 20:1) dan mengolah kompon karet pada suhu kamar sehingga tidak memerlukan proses warming kompon. Mesin *extruder* karet umpan dingin ada yang memiliki profil tambahan berupa lubang pada *barrel* untuk pengeluaran udara dari *barrel* (mesin *vacuum extruder*) dan profil tambahan berupa pin (mesin *pin barrel extruder*).

Mesin *extruder* jenis *screw type extruder* terdiri dari beberapa komponen dasar, diantaranya:

1. *Drive System* (sistem penggerak)

Drive system terdiri dari motor penggerak *ac* atau *dc* dan *speed reducer* dengan mekanisme roda gigi atau *belt* pada transmisi gerak yang dihubungkan ke *screw* untuk memutar *screw* dengan kecepatan tertentu.

2. *Feeding System* (sistem umpan)

Feeding system dapat berupa *feed hooper* atau *feed roller* sebagai tempat memasukkan material sampai pada *screw extruder*.

3. *Screw, Barrel, Heater, Cooling System*

Screw merupakan salah satu komponen utama dari mesin *extruder* yang berfungsi sebagai poros untuk membawa material ke depan, memanaskan, meleleh, menghomogenkan dan mencampur lelehan dan mendorong lelehan kompon karet

melewati *head* dan cetakan. *Barrel* adalah komponen pasangan *screw* yang berbentuk selongsong yang merupakan ruang pemanas dimana *screw* berada didalamnya. *Screw* dalam kombinasi dengan barrel meningkatkan tekanan sehingga kompon karet mengalir melalui die. *Screw* pada mesin *single screw extruder* biasanya memiliki 3 bagian yaitu:

a) *Feed Zone*

Bagian umpan yang memiliki kedalaman ulir yang paling tinggi dan mempunyai panjang sekitar $1/5$ keseluruhan panjang *screw* untuk mengangkat kompon dari *feed hopper* atau *feed roller*.

b) *Transition* atau *Compression Zone*

Bagian antara *feed zone* dan *metering zone* dimana terjadi proses kompresi material kompon paling besar untuk mengeluarkan udara dan membentuk aliran material kompon karena pada zona ini merupakan transisi kompon padat menjadi leleh atau cair.

c) *Metering Zone*

Bagian zona yang dekat dengan head dan die dengan kedalaman ulir paling rendah dan panjang sekitar $2/5$ keseluruhan panjang *screw* yang dapat memberikan tekanan yang dibutuhkan untuk lelehan mengalir melauai *head* dan

die. Material kompon pada bagian ini dipastikan dalam kondisi cair.

Heater adalah komponen yang menghasilkan panas untuk pemrosesan karet pada mesin *extruder*. *Heater barrel* membantu memanaskan, melelehkan, dan mengontrol zona suhu. Sedangkan *cooling system* adalah sistem pendinginan yang berfungsi untuk menjaga supaya suhu mesin dalam kondisi yang ideal (John et al., 2014).

4. *Head Dan Die*

Head sebagai tempat *die* atau cetakan dan berfungsi untuk menyeragamkan tekanan dari *screw* pada material dan mengalirkan material secara halus dengan tekanan dan kecepatan yang sama. *Die* merupakan lubang keluaran yang berfungsi untuk membentuk material kompon sesuai cetakan (John et al., 2014).

5. *Control System* (Sistem Pengaturan)

Control system untuk mengontrol kondisi proses ekstrusi seperti putaran motor per menit (rpm) dan suhu *barrel*, suhu leleh dan tekanan. Pada *control system* berbasis komputer, kontrol tidak hanya berjalan dan memantau *extruder* tetapi juga dapat mengontrol seluruh proses ekstrusi dengan loop umpan balik yang secara otomatis mengubah pengaturan *feed*,

kecepatan *screw*, kecepatan *puller*, dan lain-lain untuk menjaga kualitas produk (John et al., 2014).

Selanjutnya proses vulkanisasi atau *curing* berlangsung sebagai langkah terakhir dalam proses ekstrusi. *Curing* membantu profil karet yang diekstrusi untuk mempertahankan bentuknya dan memperoleh fisik yang diperlukan properti (The Netherlands, tanpa tahun: 2).

4. Proses Pembuatan *Green Tube* dan Pemasangan *Valve*

Lembaran karet yang dihasilkan dari proses ekstrusi tadi kemudian dipotong sesuai dengan spesifikasi ukuran ban (*green tube*). Lembaran ban yang sudah dipotong tersebut akan dipasang *valve* (Iftariyanto, 2015).



Gambar 6. Pemasangan *Valve*
Sumber: Iftariyanto (2015)

5. Proses Penyambungan

Proses penyambungan merupakan langkah penting dalam produksi ban dalam dan harus dilakukan seefisien mungkin karena kesalahan sambungan sering menjadi penyebab penolakan pasar. Mesin *splicer* merupakan mesin yang digunakan dalam proses penyambungan ban

dalam. Kebanyakan mesin sambungan ban dalam baik otomatis maupun semiotomatis memiliki cara kerja yang sama yaitu kedua ujung *greenstick* (output dari proses ekstrusi yang akan dijadikan ban dalam) yang akan disambung dipotong memanjang dengan pisau panas dan permukaan lengket yang baru disatukan dan dipadatkan dengan penekanan oleh klem (Exxon, 1989).

Mesin *splicer* dapat diklasifikasikan menurut 2 fitur penting yaitu sistem pemotongan *horizontal* atau sistem pemotongan *vertikal* dan penggunaan penjepit logam padat atau penjepit yang permukaannya terbuat dari karet. Kualitas sambungan ban dalam yang memuaskan diperoleh dengan sistem pemotongan *horizontal* dengan penggunaan penjepit yang permukaannya terbuat dari karet (Exxon, 1989).



Gambar 7. Proses Penyambungan
Sumber: Iftariyanto (2015)

6. Proses *Curing*

Proses selanjutnya adalah tahap akhir dari proses pembentukan ban dalam. *Greenstick* yang dihasilkan dari proses penyambungan kemudian di kirim ke area *Curing* untuk melakukan proses *Curing*.

Proses *Curing* sendiri terdiri dari beberapa tahap. Pertama *greenstick* datang dari bagian penyambungan, sebelum masuk ke proses *curing*, *greenstick* harus diperiksa terlebih dahulu untuk menghindari adanya cacat pada *greenstick*. Setelah *greenstick* selesai diperiksa Kemudian *greenstick* dikirim ke masing-masing operator untuk di proses di mesin press *curing*. Proses *curing* (pemasakan) ini membutuhkan suhu panas dan sejumlah tekanan *steam* yang sangat tinggi, *greenstick* akan ditempatkan pada cetakan (*mold*) dengan temperatur sesuai dengan yang diinginkan untuk produksi. Setelah cetakan tertutup, cetakan tersebut tidak dapat dibuka sampai proses *curing* selesai secara keseluruhan. Setelah proses pemasakan selesai, *mold* akan terbuka secara otomatis. Ban dalam yang sudah jadi akan jatuh dan masuk ke dalam *conveyor* untuk kemudian sampai di bagian Pemeriksaan (*Finishing*) (Iftariyanto, 2015).



Gambar 8. Proses *Curing*
Sumber: Iftariyanto (2015)

7. Proses *Finishing (Quality Control)*

Setelah selesai, ban diperiksa secara visual apakah ada cacat atau tidak. Proses ini tidak menggunakan mesin, jadi ketelitian pekerja sangat dibutuhkan (Iftariyanto, 2015)..

G. *Mooney Viscometer*

Pengujian viskositas *mooney* pertama kali oleh Dr Melvin *mooney* berkebangsaan Amerika Serikat pada tahun 1930 -an, digunakan untuk mengukur nilai viskositas pada karet, dan biasanya juga digunakan mengukur derajat ikat silang pada karet. Pengujian viskositas *mooney* pada ikatan karet digunakan satuan *Mooney (M)*.

Dalam Viskometer *Mooney* terdapat rator yang digunakan untuk mengukur karet, dengan kecepatan rator yaitu 2 rotasi per menit (rpm).

Ada tiga fungsi alat Viskometer *Mooney*, yaitu :

- a) Mengukur nilai viskositas *Mooney*.
- b) Mengukur nilai tegangan dan regangan *Mooney*.
- c) Mengukur karakterisasi pra- vulkanisasi.

Viskositas *mooney* dapat digunakan untuk mengetahui karakteristik atau kualitas pada karet alam atau karet sintetis. Hal-hal yang diperhatikan dalam pengujian viskositas *mooney* :

1. Massa dari suatu bahan polimer perlu diperhatikan sebab massa bahan polimer berbeda-beda, yang dapat menyebabkan hasil yang tidak baik pada kondisi tertentu.
2. Temperatur standart yang digunakan pada karet alam adalah 100°C.

3. Waktu sebelum pemanasan dan waktu percobaan Waktu sebelum pemanasan (*pre-heating*) adalah 1 menit sebelum rator dijalankan. Waktu percobaan setelah rator berputar selama 4 menit, ditulis sebagai persamaan $ML (1 + 4)$.
4. Ukuran rator (L) Rator tersedia dalam ukuran yaitu L dan S (large = 38,1 mm dan Small= 30,8 mm), pada pengujian karet mentah biasanya digunakan rator L.

Viskositas *mooney* karet mentah dinyatakan sebagai viskositas *mooney* yang menunjukkan panjangnya rantai molekul dan berat molekul yang dimiliki dikarenakan derajat pengikatan silang antar molekulnya tinggi. Pada umumnya, semakin tinggi berat molekul (BM) juga semakin panjang rantai molekulnya dan semakin tinggi sifat tahanan aliran bahan yang berarti bahwa karet semakin *viscous* dan keras (Cifriadi et al., 2013). Jika nilai viskositas tinggi berarti karet keras sehingga mutu karet yang dihasilkan tinggi sebaliknya jika nilai viskositas rendah berarti karet lunak sehingga mutu karet yang dihasilkan turun (Subramaniam, 1984).

Viskositas *mooney* digunakan untuk menunjukkan kemampuan proses dari kompon yang menunjukkan kemampuan alir kompon, semakin tinggi viskositas menunjukkan kemampuan alir yang kurang baik sehingga semakin susah suatu kompon untuk diproses karena membutuhkan tenaga yang besar untuk proses. Kompon viskositas tinggi memiliki sifat mekanik lebih baik dari kompon dengan viskositas *mooney* yang rendah (Mayasari et al., 2017).



Gambar 9. Mesin *Mooney Viscometer*
Sumber : ektrontek.com



BAB III

METODE TUGAS AKHIR

A. Metode

Tugas Akhir ini berupa *Problem Solving* (penyelesaian masalah), masalah yang diperoleh pada saat proses magang di perusahaan. Adapun metode yang digunakan oleh penulis dalam menyelesaikan permasalahan di PT Saranajaya Serbaguna adalah sebagai berikut:

1. Observasi

Observasi merupakan salah satu teknik pengumpulan data primer. Observasi dilakukan dengan cara mengamati secara langsung proses atau objek yang digunakan sebagai pokok pembahasan dimulai dengan persiapan bahan baku, proses ekstrusi, dan pengujian *mooney viscometer*.

2. Wawancara (*interview*)

Wawancara dilakukan dengan teknik pengumpulan data yang berupa dialog langsung dengan pembimbing magang, *staff*, karyawan maupun operator perusahaan magang mengenai proses atau objek yang digunakan sebagai pokok pembahasan masalah untuk melengkapi data-data yang dijadikan objek *problem solving*.

3. Dokumentasi

Dokumentasi dilakukan dari hasil observasi dan dari sumber lain yang dapat dibuktikan kebenarannya berupa gambar, pengumpulan data hasil observasi dan data hasil pengujian.

4. Pengujian Laboratorium

Pengujian Laboratorium merupakan kegiatan yang dilakukan penulis pada saat proses *before* ekstrusi dan *after* ekstrusi. Kegiatan ini dilakukan untuk mengetahui kualitas kompon *butyl* dan alam yang dihasilkan saat proses *before* ekstrusi dan *after* ekstrusi. Pengujian ini dilakukan menggunakan *rubber testing mooney viscometer* untuk mengetahui viskositas kompon *butyl* dan alam yang sesuai dengan standar mutu yang telah ditetapkan oleh perusahaan.

5. Studi Literatur

Studi literatur adalah serangkaian kegiatan yang berkenaan dengan metode pengumpulan data pustaka, membaca dan mencatat, serta mengelolah bahan penelitian. Studi literatur bertujuan untuk memperoleh data dari sumber *online* maupun *offline* yang berhubungan dengan objek yang diamati sehingga dapat mencukupi data yang dibutuhkan untuk menyelesaikan Tugas Akhir dan menambah pengetahuan penulis untuk lebih memperkuat opini tentang pemecahan masalah yang digunakan dalam objek penelitian. Studi literatur yang digunakan penulis dengan menggunakan 2 jenis yaitu:

a) Studi Pustaka

Studi pustaka merupakan kegiatan yang diwajibkan dalam penelitian, teknik pengumpulan data sekunder dengan cara mencari informasi melalui buku dan *literatur* lainnya yang berkaitan dengan objek penelitian tentang pemecahan masalah.

b) Studi Daring

Studi daring merupakan teknik mengumpulkan data sekunder dengan cara mencari informasi melalui internet. Data yang diperoleh berupa pengutipan artikel, *paper*, *e-jurnal*, *e-book*, dan juga naskah lainnya yang berkaitan dengan objek penelitian tentang pemecahan masalah.

B. Lokasi Pelaksanaan

Lokasi pelaksanaan magang dan proses pengambilan data Tugas Akhir dilaksanakan di PT Saranajaya Serbaguna yang berlokasi di Jl. Suropati Raya No. 75, Kec. Bululawang, Kab. Malang, Jawa Timur. Adapun pelaksanaan magang dilakukan pada 2 April - 4 Juni 2022 dan pengambilan data dilakukan pada saat proses magang berlangsung.

C. Materi Pelaksanaan Tugas Akhir

Materi yang diamati dalam pelaksanaan Tugas Akhir yaitu bahan baku, alat dan mesin, yang digunakan pada proses ekstrusi dan pengukuran suhu pada proses ekstruksi serta pengujian viskositas *mooney*.

1. Bahan

Tabel 3 Bahan proses Esktruksi

No.	Nama	Keterangan
1.	<p><i>Talc Powder</i></p>  <p>Sumber: Tokopedia.id</p>	<p><i>Talc</i> adalah magnesium silikat terhidrasi yang memiliki rumus kimia $3\text{MgO}\cdot 4\text{SiO}_2\cdot 3\text{H}_2\text{O}$. <i>Talc</i> yang digunakan berbentuk serbuk dan berwarna putih. <i>Talc</i> dalam proses pembentukan ban dalam digunakan untuk pemberian pada <i>inner talc</i>, <i>outter talc</i> dan sebagai tinta bubuk pada alat tulis kompon.</p>
2.	<p>Kompon Ban dalam Mobil sebelum masuk ekstrusi</p>  <p>Sumber : PT Saranajaya Serbaguna, 2022</p>	<p>Kompon ban dalam mobil sebelum masuk ekstrude adalah bahan yang digunakan untuk pembuatan <i>greenstick</i> dan pengujian nilai viskositas <i>mooney</i> yang bahan baku utama pembuatan komponnya adalah karet butyl dan karet alam.</p>
3.	<p><i>Greenstick</i> ban dalam mobil</p>  <p>Sumber : PT Saranajaya Serbaguna, 2022</p>	<p><i>Greenstick</i> ban dalam mobil adalah bahan yang digunakan untuk pengujian nilai viskositas <i>mooney</i> yang bahan baku utama pembuatan komponnya adalah karet butyl dan karet alam.</p>

2. Alat dan Mesin

Tabel 4 Alat dan mesin proses ekstrusi

No.	Nama	Keterangan
1	<p>Mesin <i>hot feed extruder</i></p>  <p>Sumber : Indonesian.rubbermakingmachine.com</p>	<p>Mesin yang digunakan untuk membuat, membentuk, atau mencetak kompon karet menjadi bentuk <i>greenstick</i>.</p>
2	<p>Gunting</p>  <p>Sumber : layada.co.id</p>	<p>Alat yang digunakan untuk memotong sampel untuk pengujian.</p>
3	<p>Termometer</p>  <p>Sumber : Rumus.co.id</p>	<p>Alat yang digunakan untuk mengukur suhu.</p>
4	<p><i>Mooney Viskometer</i></p>  <p>Sumber : ektrontek.com</p>	<p>Alat uji laboratorium yang digunakan untuk mengukur nilai viskositas sampel.</p>

3. Tahapan Proses Ekstrude

Proses ekstruksi adalah proses pembentukan kompon yang dilakukan dengan menggunakan mesin *extruder* jenis *hot feed extruder*. Proses ekstruksi bertujuan untuk membentuk *greenstick* ban dalam sesuai jenis ban dan ukuran yang ditentukan. *Greenstick* adalah produk ban dalam sebelum melakukan proses *curing* atau divulkanisasi dalam mesin oven. Langkah pertama dalam proses ekstrusi adalah pemanasan dan pemanasan *die* sesuai dengan ukuran yang dibutuhkan. *Die* dipanaskan selama 30 menit \pm 5 menit didalam mesin *curing* atau mesin *oven* dengan suhu $150^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$. Kemudian penyetelan mesin dan pengaturan parameter sesuai dengan intruksi kerja *extruder* ban dalam mobil yang telah ditetapkan oleh perusahaan. Kompon *butyl* dan alam dari giling 3 dipanaskan terlebih dahulu lalu dimasukkan kedalam *feed hopper* sampai pada *screw extruder* akan mengalami proses kompresi material kompon paling besar untuk mengeluarkan udara dan membentuk aliran material kompon. Kemudian untuk material selanjutnya akan didorong oleh *screw* melewati *head* dan *die* dalam kondisi cair untuk proses pembentukan dan pengeluaran *greenstick* serta pengisian *inner tale* untuk mengisi bagian dalam atau lubang *greenstick* agar antar permukaan tidak saling lengket. *Greenstick* yang

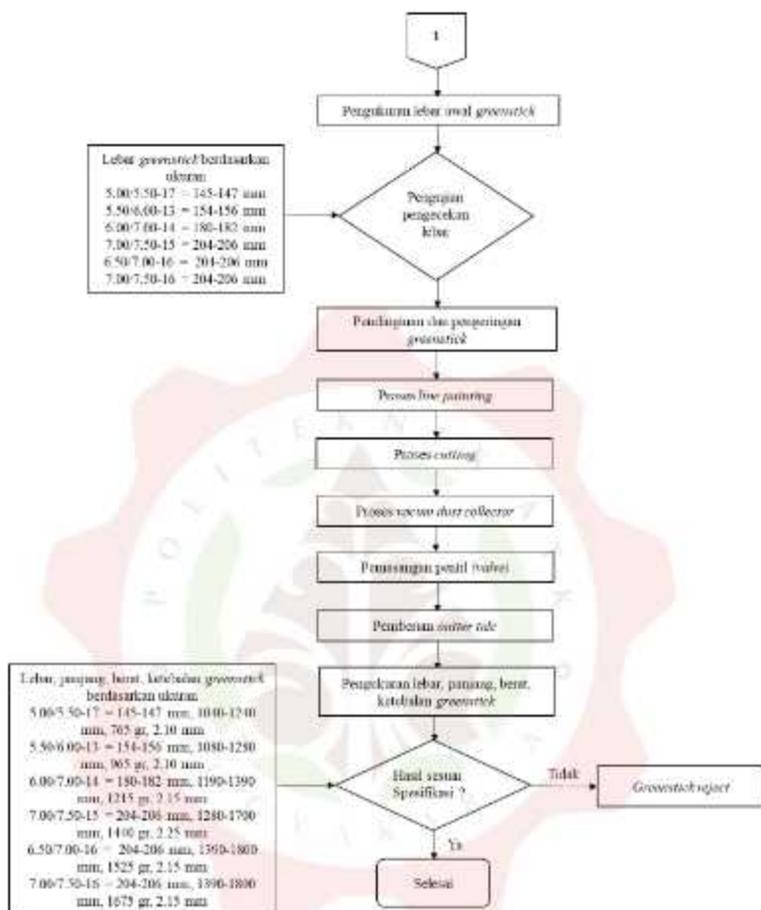
keluar dari *die* selanjutnya diperiksa untuk diukur suhu dan lebarnya.

Pengukuran suhu dilakukan dengan menggunakan termometer. Suhu *greenstick* yang keluar dari *die* mempunyai standar spesifikasi suhu yaitu 70-90° C. kemudian untuk pengukuran lebar awal *greenstick* menggunakan penggaris besi yang dibawahnya dilapisi kompon karet yang diberi *talc*. Lebar awal *greenstick* diperiksa untuk memperkirakan lebar *greenstick* di akhir proses pembentukan ban dalam sesuai dengan standar spesifikasi perusahaan atau tidak. Lebar *greenstick* yang lolos pemeriksaan dituliskan angka hasil pengukuran lebar diatas *greenstick* dengan alat tulis kompon. Sedangkan untuk lebar awal *greenstick* yang tidak lolos pemeriksaan karena terlalu kecil atau terlalu besar ditulis tanda "X" diatas *greenstick* lalu pada akhir proses dibawa oleh *conveyor* pada akhir proses pembentukan ban dalam menjadi produk *reject*. Kemudian setelah melakukan pengukuran suhu dan lebar awal *greenstick* lalu proses pendinginan (*cooling*), pengeringan dengan menggunakan air *blower*, *line painting*, *cutting*, *vacuum dust collector*, pemasangan pentil (*valve*), dan *outher talc*. Kemudian setelah melakukan tahapan-tahapan tersebut *greenstick* diperiksa untuk diukur lebar, panjang, ketebalan, dan berat.

Pengukuran lebar, panjang, ketebalan, dan berat merupakan penentuan *greenstick* yang harus sesuai dengan standar spesifikasi perusahaan. Apabila semua sudah sesuai dengan standar spesifikasi perusahaan *greenstick* diletakkan kedalam *trolley* untuk proses selanjutnya yaitu penyambungan (*splicing*). Apabila tidak sesuai maka *greenstick* menjadi produk *reject*. Diagram alir tahapan proses ekstrusi.



Gambar 10. Diagram alir proses ekstrusi
Sumber: PT. Saranajaya Serbaguna (2022)



Gambar 11. Lanjutan diagram alir proses ekstrusi

Sumber: PT. Saranajaya Serbaguna (2022)

4. Pengujian *Mooney Viskometer*

Pengujian kompon dan *greenstick* menggunakan mesin *mooney viscometer*. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh proses ekstrusi terhadap karekteristik kompon karet

sebagai penentuan parameter proses ekstrusi yang sesuai dengan spesifikasi yang diperlukan dari kompon dan *greenstick*. Kompon yang digunakan untuk sampel uji adalah kompon sebelum masuk ekstrusi dan kompon *greenstick*. Pengujian kompon menggunakan *mooney viscometer* dimulai dengan pengambilan sampel uji dengan mengambil sampel sebelum masuk ekstrusi dan sampel *greenstick* dari proses ekstrusi. Kemudian sampel dikirim ke laboratorium untuk melakukan pengujian viskositas *mooney*. Hasil yang di dapat pada saat melakukan pengujian yaitu nilai ML 1+4 yang menunjukkan nilai viskositas kompon dan *greenstick*. Berikut gambar sampel uji yang digunakan :

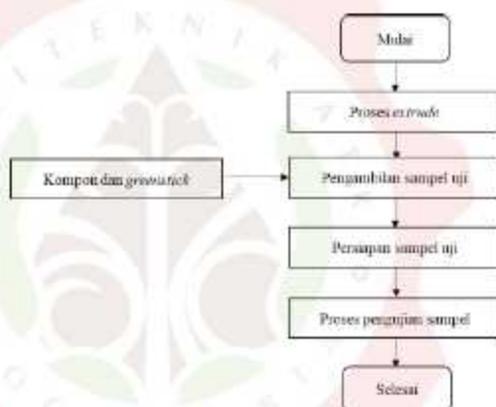


Gambar 12. Kompon sebelum masuk proses ekstrusi
Sumber :PT Saranajaya Serbaguna, 2022



Gambar 13. Kompon greenstick
Sumber :PT Saranjaya Serbaguna, 2022

Diagram alir proses pengujian kompon dan *greenstick* dengan *mooney viscometer* dapat dilihat pada gambar



Gambar 14. Diagram alir proses pengujian viskositas mooney
Sumber: PT. Saranjaya Serbaguna (2022)

D. Tahapan Proses

Tahapan proses penyelesaian masalah adalah langkah-langkah yang dilakukan untuk menyelesaikan topik permasalahan pada Tugas Akhir ini. Pada tahapan proses permasalahan ini menggambarkan sebuah proses yang dimulai dari awal hingga akhir.

Tahapan proses dimulai dengan dengan studi lapangan yaitu magang di PT Saranajaya Serbaguna. Penulis melakukan wawancara dan observasi dengan pihak terkait dan melakukan pengamatan di bagian proses produksi ban dalam mobil tentang seluruh proses produksi ban dalam mobil. Dari kegiatan observasi penulis menemukan sebuah masalah yaitu adanya nilai suhu kompon pada proses *extrude* serta nilai viskositas kompon dan *greenstick* yang mendekati ambang batas standar perusahaan sehingga memungkinkan akan mengakibatkan *defect* dan dimensi yang tidak sesuai, yang mana akan mempengaruhi kualitas produk ban dalam.

Setelah diidentifikasi permasalahan pada proses produksi, penulis merumuskan masalah sesuai hasil observasi. Penulis juga melakukan pengukuran suhu pada kompon *greenstick* dan melakukan pengujian laboratorium terhadap kompon serta *greenstick* hasil *extrude* untuk membantu menemukan variasi yang tepat agar mendapatkan hasil *greenstick* yang terbaik.

Studi literatur digunakan penulis untuk mempelajari teori-teori terkait permasalahan yang terjadi yaitu pengaruh suhu terhadap nilai viskositas *mooney* pada ban dalam mobil guna mendapatkan suatu penyelesaian. Studi literatur yang dilakukan penulis yaitu melalui buku, artikel, atau jurnal yang didapat baik secara *online* maupun *offline*.

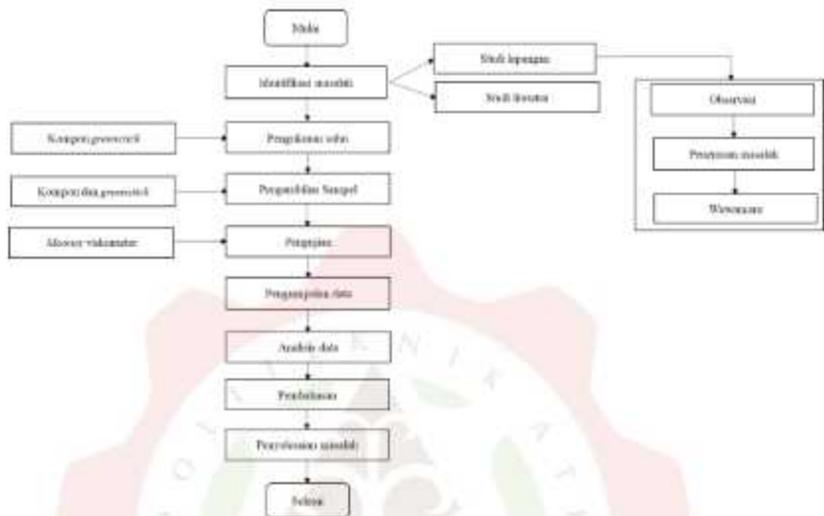
Penulis mengumpulkan data berupa suhu pada kompon ekstrusi serta hasil pengujian kompon dan *greenstick* dengan menggunakan mesin *mooney viscometer* setiap pergantian jenis kompon setiap harinya.

Pengumpulan data dilakukan selama kegiatan magang yaitu dari tanggal 8 April hingga 20 Mei 2022.

Data yang dikumpulkan akan diolah sesuai dengan referensi atau literatur yang diambil untuk menemukan pengaruh suhu terhadap nilai viskositas *mooney*, yang nantinya dapat digunakan untuk memperbaiki atau bahkan menyelesaikan masalah. Data yang telah dianalisis akan dibahas di pembahasan, penulis akan membahas hasil data dan pengamatan di lapangan dengan studi terdahulu untuk menemukan solusi permasalahan yang terjadi.

Setelah melalui serangkaian tahapan proses penyelesaian masalah, diperoleh hasil dari pemecahan masalah berupa solusi yang mampu digunakan untuk mengatasi permasalahan produk dan pengendalian kualitas. Hasil dari pemecahan masalah berupa solusi yang digunakan untuk mengatasi permasalahan dapat ditulis dalam kesimpulan, serta penulis menambah saran berupa pendapat atau usulan yang berkaitan dengan pemecahan masalah yang menjadi objek pengamatan.

15. Diagram alir proses penyelesaian Tugas Akhir dapat dilihat pada gambar



Gambar 15. Diagram alir proses penyelesaian masalah

Sumber: PT. Saranajaya Serbaguna (2022)