

TUGAS AKHIR

PENGARUH DOSIS PENGGUNAAN *CYCLOHEXYLAMINE* *BENZOTHAZOLE SULFENAMIDE* (CBS) PADA PRODUKSI BANTALAN DERMAGA



Disusun oleh :

AGUSTINA ZULFA ROYHANA

NIM. 2203050

KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN R I

**BADAN PENGEMBANGAN SUMBER DAYA MANUSIA
INDUSTRI**

POLITEKNIK ATK YOGYAKARTA

2025

TUGAS AKHIR

PENGARUH DOSIS PENGGUNAAN *CYCLOHEXYLAMINE* *BENZOTHAZOLE SULFENAMIDE* (CBS) PADA PRODUKSI BANTALAN DERMAGA



KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN R I

**BADAN PENGEMBANGAN SUMBER DAYA MANUSIA
INDUSTRI**

POLITEKNIK ATK YOGYAKARTA

2025

PENGESAHAN

PENGARUH DOSIS PENGGUNAAN CYCLOHEXYLAMINE BENZOTHAZOLE SULFENAMIDE (CBS) PADA PRODUKSI BANTALAN DERMAGA

Disusun Oleh:
AGUSTINA ZULFA ROYHANA
NIM. 2203050

Program Studi Teknologi Pengolahan Karet dan Plastik

Pembimbing



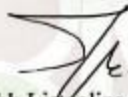
Uma Fadzilia Arifin, M.T.
NIP. 19931216 201901 2 002

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

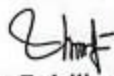
Tanggal: 12 Agustus 2025

TIM PENGUJI

Ketua



Latifah Ligyulina, M. Eng
NIP. 19910602 202202 2 001
Anggota

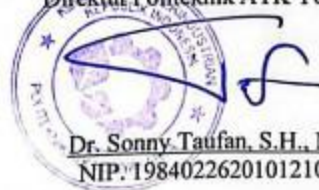


Uma Fadzilia Arifin, M.T
NIP. 19931216 201901 2 002



Risang Pujiyanto, SH., M.PA
NIP. 19870127 201801 1 001

Yogyakarta, 12 Agustus 2025
Direktur Politeknik ATK Yogyakarta



Dr. Sonny Taufan, S.H., M.H
NIP. 198402262010121002

PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, puji Syukur atas kejadiat Allah SWT atas segala Rahmat serta pertolongan- Nya, sehingga dapat terselesaikan Tugas Akhir ini dengan baik dan tepat waktu. Sebagai wujud rasa hormat, bukti semangat usaha serta cinta, dan kasih sayang orang-orang yang sangat berharga. Tugas Akhir ini penulis persembahkan kepada:

1. Kedua orang tua yang paling berjasa dalam hidup penulis, Bapak Suwandi dan Ibu Eny Sutarsih , adik Ilham Januar Trisnaendi dan kaka Desti Irma. Penulis mengucapkan banyak terima kasih telah di beri kepercayaan untuk merantau mengejar pendidikan, semangat, kasih sayang, perhatian, doa yang selalu di selipkan di setiap sholatnya demi keberhasilan penulis, dan dukungan serta motivasi yang diberikan untuk penulis sehingga semangat dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini. Terima kasih yang tak terhingga untuk segalanya, sehat selalu
2. Terima kasih untuk keluarga dan saudara yang selalu memberikan dukungannya untuk penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini. Semoga Allah membalas semua kebaikan kalian.
3. Kepada ibu Uma Fadzilia Arifin,M.T. saya ucapkan terima kasih selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktunya dan memberikan arahan dan semangat serta kesabaran dalam membimbing penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Seluruh dosen dan staf Politeknik ATK Yogyakarta yang telah memberikan ilmu dan pengalaman, serta pelayanan baik selama 3 tahun penulis menempuh Pendidikan Diploma.
5. Bapak marwin selaku kepala produksi Perusahaan, Kak Sella dan Kak Ali dan bapak Sentot selaku staf R&D Perusahaan yang telah membimbing penulisan selama pelaksanaan magang berlangsung hingga setelah pelaksanaan magang selesai.

6. Untuk Teman-teman sepermagangan penulis, Yovanka Agnestia dan Nabilah Tsabitah. terima kasih telah banyak membantu dan memberikan saran, dukungan selama pelaksanaan magang berlangsung.
7. Teman teman program studi TPKP Angkatan 2022 yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu. terimakasih yang telah memberikan banyak informasi, dukungan dan berjuang Bersama.
8. Seseorang yang menemani suka atau pun duka, kak Intan Nurrohmah terima kasih telah meluangkan waktunya menjadi pendengar yang baik, memberikan saran, memberikan motivasi dan menjadi saksi penulis selama masa perkuliahan sampai penyelesaian Tugas Akhir ini.
9. Kepada teman seperjuanganku, Alvitara Adita Putri terimakasih segala motivasi, dukungan, pengalaman, waktu dan ilmu yang dijalani selama perkuliahan. Terimakasih telah membersamai serta membantu kerumitan dalam penyusunan Tugas Akhir ini. Yang telah memberikan arahan dan semangat disaat penulis tidak percaya akan dirinya sendiri dan sempat hilang semangat selalu menyakinkan bahwa bisa menyelesaikan Tugas Akhir ini secara tepat. Semoga pertemanan ini terjaga selamanya.
10. Terakhir penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada sosok perempuan sederhana dengan impian yang tinggi. Terimakasih kepada penulis Tugas Akhir ini yaitu diriku sendiri, Agustina Zulfa Royhana. Yang dikenal keras kepala dan tidak banyak bicara. Terimakasih tetap memilih berusaha dan merayakan dirimu sendiri sampai dititik ini, walaupun sering kali merasa putus asa apa yang diusahakan dan belum berhasil, namun terimakasih tetap menjadi manusia yang selalu mau berusaha dan tidak lelah untuk mencoba. Terimakasih karena memutuskan tidak menyerah sesulit apapun proses penyusunan Tugas Akhir ini dan telah menyelesaikan sebaik dan semaksimal mungkin. Berbahagialah selalu dan apapun kurang dan lebihmu mari merayakan diri sendiri.

KATA PENGANTAR

Puji Syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan lancar dan tepat waktu. Tugas akhir di susun sebagai salah satu syarat yang harus dipenuhi menyelesaikan Pendidikan diploma III (D3) Program Studi Teknologi Pengolahan Karet dan Plastik di Politeknik ATK Yogyakarta.

Penulis menyadari bahwa kelancaran penyusunan tugas akhir ini tidak terlepas dari bimbingan, usaha, doa, dan dukungan dari berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak, oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Dr. Sonny Taufan, S.H., M.H selaku Direktur Politeknik ATK Yogyakarta
2. Yuli Suwarno, ST, M.SC selaku Pembantu Direktur 1 Politeknik ATK Yogyakarta, Nurwantoro, S,KOM,MM selaku Pembantu Direktur 2 Politeknik ATK Yogyakarta, dan Risang Pujiyanto, S.H., M.PA. selaku Pembantu Direktur 3 Politeknik ATK Yogyakarta.
3. Wisnu Pambudi, M. Sc selaku Ketua Prodi Teknologi Pengolahan Karet dan Plastik.
4. Uma Fazilia Arifin,M.T. selaku dosen pembimbing tugas akhir.
5. Pimpinan dan seluruh staf karyawan PT. Karet Ngagel Surabaya Wira Jatim.

Demikian dengan segala kerendahan hati penulis mengucapkan terima kasih. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat dan menambah wawasan bagi para pembaca.

Yogyakarta, 12 Agustus 2025

Penulis

MOTTO

“Hatiku tenang karena mengetahui bahwa apa saja yang melewatkanmu tidak akan pernah menjadi takdirku, dan apa yang di takdirkan untukku tidak akan pernah melewatkanmu”

(Umar bin Khattab)

“Barang siapa yang keluar untuk mencari sebuah ilmu, maka ia akan berada di jalan Allah hingga ia kembali”

(HR.Tirmidzi)



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
PENGESAHAN	ii
PERSEMBAHAN	iii
KATA PENGANTAR	v
MOTTO	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
INTISARI.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan masalah.....	4
C. Tujuan Penyelesaian Tugas Akhir.....	5
D. Manfaat penyelesaian Tugas Akhir.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
A. Karet	7
B. Kompon dan Vulkanisasi Karet	9
C. Pembuatan Kompon dan Vulkanisat Karet	10
D. Bahan Aditif Kompon Karet	11
E. <i>Cyclohexylamine Benzothiazole Sulfenamide (CBS)</i>	14
F. Kemampuan Proses Kompon Karet.....	15
G. Bantalan Dermaga	16
H. Karakteristik Bantalan Dermaga	17
BAB III METODE KARYA AKHIR.....	20
A. Lokasi dan Waktu Pengambilan Data	20
B. Metode Pelaksanaan Tugas Akhir.....	20
C. Materi Pelaksanaan Tugas Akhir.....	22

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	39
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	55
A. Kesimpulan.....	55
B. Saran	56



DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Alat dan mesin yang digunakan	22
Tabel 3.2 Bahan yang digunakan untuk pembuatan karet bantalan dermaga	25
Tabel 3.3 Formulasi pembuatan bantalan dermaga dengan variasi phr <i>accelerator</i>	27
Tabel 4.1 Dosis <i>Cyclohexylamine Benzothiazole Sulfenamide</i> (CBS) yang belum memenuhi standar perusahaan.	39
Tabel 4.2 Kemampuan Proses spesimen kompon fender pada dosis CBS	40
Tabel 4.3 Spesifikasi standar di perusahaan	52
Tabel 4.4 Keseluruhan Uji Vulkanisat karet Bantalan Dermaga	53



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur kimia karet alam.....	8
Gambar 2.2 Struktur Kimia karet Sintetis Butadiene Rubber.....	9
Gambar 2.3 Struktur kimia Cyclohexylamine Benzothiazole Sulfenamide (CBS)	15
Gambar 2.4 Bantalan Dermaga.....	16
Gambar 3.1 Diagram alir proses pembuatan spesimen produk Bantalan dermaga.....	28
Gambar 3.2 Sampel uji kekerasan.....	31
Gambar 3.3 Sampel uji kuat tarik dan perpanjangan putus	32
Gambar 3.4 Diagram Alir Proses pembuatan karet bantalan dermaga	34
Gambar 3.5 Diagram Alir Proses Penyelesaian Tugas Akhir.....	37
Gambar 4.1 Pengaruh dosis <i>Cyclohexylamine Benzothiazole Sulfenamide</i> (CBS) terhadap kemampuan Proses kompon bantalan dermaga.....	42
Gambar 4.2 Pengaruh phr <i>Cyclohexylamine Benzothiazole Sulfenamide</i> (CBS) terhadap kekerasan produk bantalan dermaga	44
Gambar 4.3 Pengaruh phr <i>Cyclohexylamine Benzothiazole Sulfenamide</i> (CBS) terhadap kuat tarik produk bantalan dermaga	46
Gambar 4.4 Pengaruh phr <i>Cyclohexylamine Benzothiazole Sulfenamide</i> (CBS) terhadap perpanjangan putus produk bantalan dermaga	48
Gambar 4.5 Pengaruh phr <i>Cyclohexylamine Benzothiazole Sulfenamide</i> (CBS) terhadap ketahanan abrasi produk bantalan dermaga.....	50

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil uji rheometer sampel A (1,2 phr)	69
Lampiran 2. Hasil uji Rheometer Sampel B (1,5 phr)	70
Lampiran 3. Hasil uji rheometer C (1,8 phr).....	71
Lampiran 4. Hasil uji rheometer sampel D (2,1 phr)	72
Lampiran 5. Hasil pengujian kuat Tarik dan perpanjangan putus sampel A (1,2 phr).....	73
Lampiran 6. Hasil pengujian kuat Tarik dan perpanjangan putus sampel B (1,5 phr).....	74
Lampiran 7. Hasil pengujian kuat Tarik dan perpanjangan putus sampel C (1,8 phr).....	75
Lampiran 8. Hasil pengujian kuat Tarik dan perpanjangan putus sampel D (2,1 phr)	76
Lampiran 9. Lembar kerja harian magang	77
Lampiran 10. Surat Keterangan magang.....	85
Lampiran 11. Lembar penilaian magang	86
Lampiran 12. Lembar bimbingan konsultasi tugas akhir.....	87

INTISARI

Penelitian ini dilaksanakan di PT Karet Ngagel Wira Jatim untuk mengatasi permasalahan proses vulkanisasi yang terlalu cepat serta sifat mekanik produk yang belum memenuhi standar perusahaan, yaitu Tc90 95 menit, kekerasan 77 Shore-A, kuat tarik 10 MPa, perpanjangan putus 200%, dan ketahanan abrasi 120 mm³. *Cyclohexylamine Benzothiazole Sulfenamide* (CBS) sebagai salah satu *accelerator* vulkanisasi dari kelompok sulfenamida dipilih untuk diuji pengaruhnya terhadap kemampuan proses dan sifat mekanik bantalan dermaga, sekaligus menentukan dosis optimum sesuai spesifikasi perusahaan. Penelitian dilakukan melalui percobaan dengan empat variasi dosis CBS: 1,2 phr; 1,5 phr; 1,8 phr; dan 2,1 phr. Hasil pengujian menunjukkan bahwa peningkatan dosis CBS mempercepat waktu vulkanisasi, menurunkan kekerasan, serta meningkatkan kuat tarik, perpanjangan putus, dan ketahanan abrasi hingga batas tertentu, sebelum kemudian mengalami penurunan. Dosis optimum diperoleh pada 1,2 phr dengan waktu vulkanisasi 77,5 menit, kekerasan 73 Shore-A, kuat tarik 9,988 MPa, perpanjangan putus 227,054%, dan ketahanan abrasi 135,269 mm³. Dibandingkan dengan kondisi awal (kekerasan 60 Shore-A, kuat tarik 10 MPa, perpanjangan putus 200%, dan abrasi 120 mm³), dosis optimum ini menunjukkan peningkatan kualitas secara signifikan dan memenuhi kriteria yang diharapkan perusahaan.

Kata kunci: *accelerator*, dosis, bantalan dermaga

ABSTRACT

This study was conducted at PT Karet Ngagel Wira Jatim to address the issue of overly rapid vulcanization and mechanical properties of the product that did not meet the company's standards, namely Tc90 of 95 minutes, hardness of 77 Shore-A, tensile strength of 10 MPa, elongation at break of 200%, and abrasion resistance of 120 mm³. Cyclohexylamine Benzothiazole Sulfenamide (CBS), an important vulcanization accelerator from the sulfenamide group, was selected to investigate its effect on the processing performance and mechanical properties of dock fenders, as well as to determine the optimum dosage according to company specifications. The research was carried out through experiments with four CBS dosage variations: 1.2 phr, 1.5 phr, 1.8 phr, and 2.1 phr. The results indicated that increasing the CBS dosage shortened the vulcanization time, reduced hardness, and increased tensile strength, elongation at break, and abrasion resistance up to a certain limit, after which a decline occurred. The optimum dosage was found at 1.2 phr, achieving a vulcanization time of 77.5 minutes, hardness of 73 Shore-A, tensile strength of 9.988 MPa, elongation at break of 227.054%, and abrasion resistance of 135.269 mm³. Compared to the initial condition (hardness of 60 Shore-A, tensile strength of 10 MPa, elongation at break of 200%, and abrasion resistance of 120 mm³), this optimum dosage demonstrated a significant improvement in quality and fulfilled the company's expected criteria.

Keywords: accelerator, dosage, dock cushion

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Karet merupakan salah satu komoditi perkebunan strategis yang telah memberikan kontribusi sangat berarti bagi perekonomian Indonesia. Indonesia sebagai negara produsen utama karet di dunia telah melakukan berbagai kegiatan ekspor dan impor karet (Syarifa et al., 2023). Kebutuhan terhadap produk karet mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya populasi masyarakat. Hal ini memicu perkembangan teknologi diversifikasi produk karet seperti produksi kelengkapan rumah tangga (karet tabung gas, karet gelang dan lain-lain), komponen otomotif dan berbagai infrastruktur (Tistama, 2024). Salah satu produk karet yang dimanfaatkan untuk mendukung infrastruktur pelabuhan yaitu bantalan dermaga.

Bantalan dermaga adalah perangkat yang digunakan untuk meredam energi akibat benturan yang terjadi pada saat kapal akan merapat ke dermaga atau pada saat kapal yang sedang ditambatkan tergoyang oleh gelombang atau arus yang terjadi di pelabuhan (Adolph, 2016). Bantalan dermaga ditempatkan pada sisi-sisi dermaga dengan tujuan menyerap energi benturan antara kapal dan dermaga (Riyanto & Setiadji, 2016). Sebagian besar bantalan dermaga terbuat material karet. Bantalan dermaga diproduksi

oleh pabrik dengan bentuk dan ukuran yang berbeda tergantung fungsinya karena memiliki karakteristik yang berbeda (Ummah, 2019).

Produksi bantalan dermaga menggunakan karet alam atau karet sintetis sebagai bahan utama, dengan aditif seperti karbon hitam, *plasticizer*, antioksidan, dan sulfur untuk proses vulkanisasi, yang berfungsi untuk meningkatkan daya tahan produk (Roy & Bhowmick, 2018). Beberapa karakteristik yang harus dipenuhi oleh karet bantalan dermaga mencakup nilai kekerasan (*Shore-A*), kuat tarik (MPa), perpanjangan putus (%), dan ketahanan abrasi yang sesuai dengan kebutuhan. Karakteristik bantalan dermaga tersebut berguna untuk memastikan bahwa bantalan dapat menyerap energi dari benturan, bertahan terhadap tekanan, serta memiliki ketahanan terhadap keausan yang tinggi di lingkungan laut. (Wang *et al.*, 2022)

Produksi karet bantalan dermaga di PT Ngagel Wira Jatim mengalami beberapa masalah yaitu vulkanisasi yang terlalu cepat dan produk memiliki sifat mekanik yang belum memenuhi standar yang ditetapkan oleh konsumen yaitu kuat tarik dan perpanjangan putus yang relatif rendah. Kuat tarik rendah dikarenakan terjadinya pembentukan ikatan silang yang berlebih (*over-crosslinking*). Hal ini berarti ikatan silang yang terbentuk terlalu padat dan rapat (Aziz & Fitriyana, 2023). Jaringan ikatan silang yang terlalu rapat dapat mengurangi kemampuan elastis dan daya renggang dari rantai polimer karet untuk merenggang dan menyerap energi. Hal ini mengakibatkan material menjadi lebih kaku dan rapuh, sehingga

lebih mudah patah saat ditarik (Rosyida, 2020). Masalah terkait vulkanisasi dan sifat mekanik yang belum sesuai dengan standar, dimungkinkan karena penggunaan dosis *accelerator* primer yaitu *Cyclohexylamine Benzothiazole Sulfenamide (CBS)* yang belum tepat.

Accelerator adalah senyawa kimia yang berfungsi untuk mempercepat proses vulkanisasi (Hendrawan *et al.*, 2016). Tanpa adanya *accelerator*, proses vulkanisasi mengalami perlambatan atau bahkan tidak berlangsung dengan baik. Ini dapat menghasilkan produk karet yang memiliki karakteristik mekanis yang kurang memuaskan. Penggunaan *accelerator* bertujuan untuk mempercepat reaksi, mengurangi waktu dan suhu vulkanisasi, serta meningkatkan efisiensi pemakaian bahan vulkanisasi (Hasan, 2023). Berdasarkan tingkat keaktifannya, *accelerator* dibagi menjadi dua jenis yaitu *accelerator* primer dan *accelerator* sekunder. *Accelerator* primer dalam vulkanisasi karet berguna untuk mempercepat reaksi kimia dan meningkatkan efisiensi proses (Smith, 2019). Sedangkan, *accelerator* sekunder dalam proses vulkanisasi karet berfungsi untuk meningkatkan efektivitas *accelerator* primer dan memperbaiki karakteristik karet yang dihasilkan (Coran, 2017). Salah satu jenis *accelerator* primer yaitu *Cyclohexylamine Benzothiazole Sulfenamide (CBS)*.

Cyclohexylamine Benzothiazole Sulfenamide (CBS) merupakan salah satu *accelerator* vulkanisasi dari kelompok *sulfenamida* yang sangat penting. Tujuannya untuk meningkatkan kecepatan reaksi vulkanisasi karet dengan sulfur, sehingga dapat mengurangi waktu pematangan campuran

dan meningkatkan efisiensi dalam proses produksi. Penggunaan CBS diharapkan mampu memperbaiki karakteristik fisik dan mekanik dari vulkanisat seperti kekuatan tarik, kekerasan, dan ketahanan terhadap keausan sehingga menghasilkan bantalan dermaga yang lebih kokoh dan tahan lama (Roy & Bhowmick, 2018). Penggunaan kadar CBS bisa mempercepat proses pembentukan ikatan silang. Namun jika jumlah CBS yang digunakan terlalu banyak maka dapat mengakibatkan *over-crosslinking* yang berarti terbentuknya ikatan silang yang terlalu padat dan rapat (Aziz & Fitriyana, 2023).

Oleh karena itu, penulis melakukan percobaan untuk mengetahui pengaruh dosis penggunaan *Cyclohexylamine Benzothiazole Sulfenamide* (CBS) terhadap kemampuan proses kompon dan sifat mekanik karet bantalan dermaga. Percobaan ini diharapkan mampu menjadi solusi alternatif untuk menyelesaikan permasalahan perusahaan dalam menentukan dosis terbaik penggunaan CBS yang dapat menghasilkan produk karet bantalan dermaga dengan sifat mekanik yang terbaik.

B. Rumusan masalah

Berdasarkan uraian latar belakang tersebut, dapat dirumuskan masalah dalam Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana pengaruh dosis penggunaan *Cyclohexylamine Benzothiazole Sulfenamide* (CBS) primer terhadap kemampuan proses kompon bantalan dermaga?

2. Bagaimana pengaruh dosis penggunaan *Cyclohexylamine Benzothiazole Sulfenamide* (CBS) terhadap sifat mekanik (kekerasan, kuat tarik, perpanjangan putus dan ketahanan abrasi vulkanisat bantalan dermaga?
3. Berapa dosis penggunaan *Cyclohexylamine Benzothiazole Sulfenamide* (CBS) optimum untuk menghasilkan produk bantalan dermaga yang memiliki kemampuan proses kompon dan sifat mekanik vulkanisat yang terbaik?

C. Tujuan Penyelesaian Tugas Akhir

Berdasarkan permasalahan tersebut, tujuan dari pemecahan masalah dalam Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui pengaruh dosis penggunaan *Cyclohexylamine Benzothiazole Sulfenamide* (CBS) primer terhadap kemampuan proses kompon bantalan dermaga
2. Mengetahui pengaruh dosis penggunaan *Cyclohexylamine Benzothiazole Sulfenamide* (CBS) terhadap sifat mekanik (kekerasan, kuat tarik, perpanjangan putus dan ketahanan abrasi vulkanisat bantalan dermaga
3. Menentukan dosis penggunaan *Cyclohexylamine Benzothiazole Sulfenamide* (CBS) optimum untuk menghasilkan produk bantalan dermaga yang memiliki kemampuan proses kompon dan sifat mekanik vulkanisat yang terbaik

D. Manfaat penyelesaian Tugas Akhir

Adapun penulisan tugas akhir ini diharapkan dapat memberikan manfaat diantaranya:

1. Bagi civitas akademika

Memberikan tambahan referensi bagi kalangan akademisi untuk keperluan studi tentang pengaruh dosis penggunaan *Cyclohexylamine Benzothiazole Sulfenamide* (CBS) terhadap kemampuan proses kompon dan sifat mekanik karet bantalan dermaga

2. Bagi Perusahaan

Sebagai masukan dan informasi tambahan dalam pengembangan formulasi kompon karet pembuatan karet bantalan dermaga yang memiliki kemampuan proses kompon dan sifat mekanis yang baik dengan penggunaan dosis *Cyclohexylamine Benzothiazole Sulfenamide* (CBS) yang tepat.

3. Bagi Perkembangan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi

Sebagai media pengetahuan sehingga dapat dijadikan tambahan sumber referensi dan memberikan pengetahuan mengenai pengaruh dosis CBS (*Cyclohexylamine Benzothiazole Sulfenamide*) terhadap kemampuan proses kompon dan sifat mekanik bantalan dermaga.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Karet

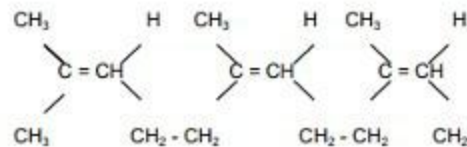
Salah satu jenis hidrokarbon adalah karet yang dapat terbentuk dari emulsi yang diperoleh dari getah tumbuhan atau diproduksi secara sintetis. Pohon karet *Hevea Brasiliensis* merupakan sumber utama dari getah yang dihasilkan dengan cara melukai kulit pohon (Heru *et al.*, 2015). Karet (*lateks*) tersebut bisa olah menjadi lembaran karet (*sheet*), bongkahan (kotak), atau karet remah (*crumb rubber*) yang merupakan bahan baku industri karet (Purwanta, 2008).

Karet sebagai salah satu komoditas ekspor hasil perkebunan Indonesia kebutuhan yang vital bagi kehidupan manusia sehari-hari. Hal ini terikat dengan mobilitas manusia dan barang yang memerlukan komponen yang terbuat dari karet, misalnya ban mobil, pembungkus kawat listrik, sepatu alat kedokteran, sol sepatu, penahan getaran, pelapis kaca mobil, seal, bantalan dermaga, dan lain-lain (Napitupulu *et al.*, 2014); (Purba *et al.*, 2019); (Setyawan *et al.*, 2020). Berdasarkan jenisnya karet dibedakan menjadi dua antara lain.

1. Karet alam

karet alam (*natural rubber*) merupakan cairan getah yang berasal dari tumbuhan *Hevea Brasiliensis*. Karet alam merupakan polimer karet alam dengan monomer isoprene. Polimer karet alam terdiri dari 97% polimer *Cis-1-polyisoprene*. Rumus monomer karet alam adalah $(C_5H_8)_n$. Poliisoprena tersebut merupakan gabungan dari unit – unit monomer isoprena yang

membentuk rantai panjang. Struktur kimia karet alam dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Struktur kimia karet alam

(Sumber: Iriansyah, 2005)

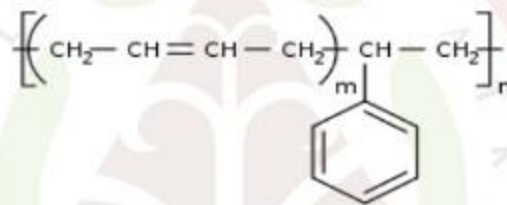
Karet alam tidak tahan terhadap minyak, asam dan zat pengoksidasi. Karet alam memiliki ketahanan terbatas terhadap asam serta akan mengembang jika terkena senyawa hidrokarbon aromatik, alifatik dan hidrokarbon halida. Adapun karet alam memiliki banyak keuntungan seperti elastis dan tahan lama sehingga mudah diproses dan tidak mudah panas. Kelemahan karet alam terletak pada ketidakmampuannya memenuhi permintaan pasar. Ketika pasokan melimpah, produsen karet alam tidak dapat meningkatkan produksi dengan cepat yang mengakibatkan harga tinggi (Oktavian, 2016).

Sebagai hasil dari kemajuan dalam penelitian dan perkembangan karet alam, dianggap bahwa sektor infrastruktur dan Pembangunan dapat menerima alam dalam jumlah besar. Produk karet alam yang dapat digunakan di bidang ini sebagai bahan tambahan untuk membuat aspal karet (*rubberized asphalt*), karet untuk bantalan untuk bangunan tahan gempa (*seismic bearing*), karet untuk bantalan rel kereta api (*rail pad*), karet bantalan dermaga (*rubber fender*) dan karet bantalan untuk perletakan

jembatan dan jalan layang (*elastomeric bearing pads*) (Puspitasari *et al.*, 2017)

2. Karet Sintetis

Karet sintetis adalah karet yang berasal dari hasil samping pengolahan minyak bumi yang kemudian melalui reaksi polimerisasi menjadi suatu material baru yang sifatnya mendekati sifat karet baru (Halik *et al.*, 2017). Struktur kimia karet sintetis *Stirena Butadiena Rubber* (SBR) dapat dilihat pada gambar 2.2



Gambar 2.2 Struktur Kimia karet Sintetis *Butadiene Rubber*

(Sumber: : Nautiyal, 2012)

Karet *Stirena Butadiena Rubber* (SBR) memiliki sifat seperti, ketahanan abrasi yang baik, kekuatan tarik dan elastisitas yang baik, ketahanan cuaca yang cukup baik, harga terjangkau dan ketahanan terhadap api dan tekanan (Hartono & Lestari, 2024). Selain SBR ada beberapa contoh karet sintetis lain seperti *Nitrile Butadiene Rubber* (NBR), *Nitrile Butadiene Rubber* (IIR), *Ethylene Propylene Diene* (EPDM) dan lain-lain (Setiawan & Wibowo, 2025).

B. Kompon dan Vulkanisasi Karet

Kompon karet merupakan campuran karet dengan bahan kimia dengan komposisi tertentu yang dicampur dengan cara penggilingan pada suhu 70°C-80°C. Komposisi kompon karet berbeda-beda tergantung pada tujuan proses

pembuatan produk karet mentah sebelum bahan karet mentah ditambahkan bahan tambahan, bahan karet mentah tersebut digiling atau di plastisiasi melalui penggilingan (Nuyah, 2012).

Karet alam tidak dapat digunakan dalam bentuk mentah karena sifatnya yang mudah lemah, mudah teroksidasi dan tidak elastis. Sebagai gantinya, bahan baku karet alam dicampur dengan berbagai bahan kimia untuk menghasilkan komon karet dalam produksi barang jadi karet mempunyai kualitas yang baik (Nuyah & Rahmani, 2016).

C. Pembuatan Kompon dan Vulkanisat Karet

Proses membuat kompon karet berarti menyeimbangkan semua bahan berdasarkan formula perlakuan yang telah dibuat. Karet alam terlebih dahulu dimastikasi dengan menggunakan mesin *open roll mill* sebelum dicampur dengan bahan lain. Mastikasi adalah proses pelunakan elastomer sebelum proses pencampuran agar bahan kimia yang ditambahkan dapat tercampur secara merata (Mukrimaa *et al.*, 2016).

Masterbatch adalah proses produksi pencampuran karet dengan bahan aditif lain seperti seperti *accelerator*, *activator*, antioksidan, pengisi, *plasticizer*, dan zat pemvulkanisasi dengan konsentrasi tertentu. (Sari *et al.*, 2024). Penambahan aditif berperan dalam mengubah serta meningkatkan karakteristik fisik mekanik, dan termal dari karet. Tanpa penambahan zat aditif yang sesuai, karet mentah biasanya memiliki batasan dalam aspek kekuatan mekanik, kekuatan terhadap lingkungan dan kemampuan dalam proses pengolahan (Pramono &

Susanti, 2024). Pengendalian suhu yang tepat selama proses pencampuran sangat penting untuk memastikan homogenitas, mengurangi cacat, dan mencapai kinerja terbaik (Supriyadi & Nugroho, 2025).

Kompon karet perlu dilakukan pengujian *rheologi* untuk menentukan parameter pencetakan yang sesuai. Hasil *rheologi* memberikan informasi terkait karakteristik kompon karet seperti viskositas saat meleleh, kekuatan saat meleleh, dan elastisitas. Karakteristik kompon tersebut akan berpengaruh terhadap kemudahan kompon dapat diproses, kemungkinan munculnya masalah seperti *scorching* (pematangan dini), serta produk akhir akan terjaga bentuknya selepas proses pencetakan (Ruzman *et al.*, 2024)

Hasil reologi digunakan untuk proses pencetakan atau vulkanisasi. Proses vulkanisasi merupakan proses untuk mengubah kompon karet yang mempunyai sifat plastis menjadi sifat elastis melalui pembentukan ikatan silang (Dian & Santoso, 2025). Ikatan silang adalah struktur jaringan tiga dimensi yang kuat tetap lentur dengan adanya pembentukan penghubung kimia antara rantai-rantai polimer karet yang terpisah (Eka & Nugroho, 2024). Produk hasil vulkanisasi kompon karet disebut vulkanisat.

D. Bahan Aditif Kompon Karet

Zat aditif kompon karet merupakan bahan-bahan kimia yang ditambahkan untuk meningkatkan kemampuan proses kompon dan sifat mekanik vulkanisat. Beberapa bahan kimia yang ditambahkan dalam proses membuat kompon antara lain seperti berikut.

1. Bahan pengisi (*filler*)

Dalam pembuatan karet, pengisi merupakan bahan pendukung yang paling umum. Tujuannya adalah untuk meningkatkan sifat fisik seperti ketahanan terhadap gesekan, tarikan, sobekan, sekaligus menurunkan biaya meningkatkan karakteristik pemrosesan (Hendrawan *et al.*, 2016);(Bahri & Bondan, 2018). *Filler* terdapat dua kelompok yaitu bahan penguat (*reinforcing fillers*) dan pengisi non-penguat (*non-reinforcing fillers*). Contohnya bahan pengisi penguat yaitu karbon hitam dan silika. Sedangkan contoh bahan pengisi non-penguat yaitu kalsium karbonat dan *clay* (Sengupta *et al.*, 2023).

2. Bahan penggiat (*activator*)

Bahan penggiat atau aktivator berfungsi mengaktifkan kecepatan reaksi vulkanisasi, biasanya digunakan kombinasi oksida logam dengan asam lemak misalnya kombinasi ZnO dengan asam stearat (Ardi & Sunarjono, 2014).

3. Anti degradasi (*antidegradant*)

Anti degradasi (*antidegradant*) berfungsi untuk mencegah proses degradasi yang mencakup perubahan kimia dan fisik yang disebabkan oleh panas, oksigen (oksidasi), ozon, radiasi UV dan paparan bahan kimia (Suryadi & Rahman, 2024)

4. Bahan pencepat (*accelerator*)

Bahan pencepat (*accelerator*) merupakan zat kimia yang ditambahkan untuk mempercepat pembentukan ikatan silang. Fungsinya untuk mempersingkat waktu vulkanisasi yang dibutuhkan serta menurunkan suhu optimal (Wijaya & Lestari, 2024). *Accelerator* dibagi menjadi dua, yaitu *accelerator* primer dan *accelerator* sekunder. *Accelerator* primer berfungsi untuk meningkatkan sifat fisik karet secara menyeluruh. Sedangkan *accelerator* sekunder adalah untuk meningkatkan kinerja *accelerator* primer. Beberapa contoh *accelerator* primer yaitu 2-Mercaptobenzothiazole (MBT), *N*-Cyclohexyl-2-benzothiazole sulfenamide (CBS), *Dibenzothiazyl disulfide* (MBTS), *Benzothiazyl-2-sulfen morpholide* (MBS). Sedangkan contoh *accelerator* sekunder seperti *Tetramethylthiuram disulfide* (TMTD), *Diphenylguanidine* (DPG), *Tetraethylthiuram disulfide* (TETD), *Tetranethylthiuram monosulfide* (TMTD) (Ahmad Rizki & Eka, 2025)

5. Bahan pemlastis (*plasticizer*)

Bahan pemlastis (*plasticizer*) adalah bahan aditif yang ditambahkan untuk meningkatkan kelenturan, kelembutan, dan kemampuan pemrosesan bahan sehingga dapat mengurangi kekakuan dan kerapuhan material karet dengan jalan menurunkan gaya tarik yang ada antara molekul-molekul dalam rantai polimer. Contoh bahan pemlastis karet

yaitu *Diocetyl phthalate* (DOP), *Diisononyl phthalate* (DINP), *Parafinik*, *Aromatik* (Putra, 2024).

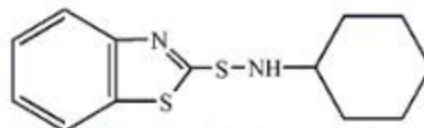
6. Bahan Pemvulkanisasi

Bahan pemvulkanisasi ada dua kelompok yaitu sulfur dan non-sulfur. Sulfur merupakan penggerak vulkanisasi yang paling umum digunakan (Nasution & Limbong, 2017). Sulfur merupakan bahan kimia yang bereaksi dengan gugus aktif molekul karet untuk membentuk ikatan silang (*crosslink*) antar molekul dan membentuk jaringan tiga dimensi. Sedangkan, vulkanisasi non-sulfur merupakan proses pembentukan ikatan silang pada karet yang mengandalkan bahan selain belerang seperti peroksida dan logam oksida untuk membentuk ikatan silang (Bagus & Ramadhan, 2024).

E. *Cyclohexylamine Benzothiazole Sulfenamide* (CBS)

Cyclohexylamine Benzothiazole Sulfenamide (CBS) adalah *accelerator* primer yang digunakan pada proses vulkanisasi dalam industri karet. CBS berguna untuk meningkatkan efektivitas proses vulkanisasi dengan menurunkan waktu *curing* dan suhu yang dibutuhkan dan menghasilkan produk karet dengan karakteristik mekanis yang lebih baik, seperti kekuatan tarik dan ketahanan terhadap aus (Anggraini & Wibowo, 2024). Selain itu, CBS memiliki waktu *scorch* yang cukup lama sehingga mencegah vulkanisasi dini (Supriyadi & Nugroho, 2025). Struktur kimia

Cyclohexylamine Benzothiazole Sulfenamide (CBS) dapat dilihat pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 Struktur kimia *Cyclohexylamine Benzothiazole Sulfenamide* (CBS)

(Sumber : Indrajati & Dewi, 2019)

F. Kemampuan Proses Kompon Karet

Kemampuan proses kompon karet memberikan informasi terkait parameter proses kompon seperti suhu, waktu vulkanisasi, torsi, homogenitas dan waktu *scorch* kompon karet (Yuniari *et al.*, 2017). Salah satu parameter yang mempengaruhi hasil akhir dari produk adalah waktu vulkanisasi. Waktu memiliki peran penting dalam menentukan sejauh mana proses pencampuran dan dispersi bahan serta lama reaksi kimia yang mungkin terjadi (Chen *et al.*, 2024).

Waktu *scorch* adalah batas waktu aman di mana suatu kompon masih dapat diproses karena sifat plastisnya. Setelah *scorch*, berakhir, terjadi reaksi kimia yang membentuk ikatan silang antar molekul karet dan aditif (Yuniari *et al.*, 2016). Waktu optimum vulkanisasi (t_{c90}) adalah waktu yang dibutuhkan kompon hingga matang. T_{c90} merupakan waktu yang diperlukan untuk mencapai 90% atau vulkanisasi yang optimal pada suatu bahan karet, yang diukur dengan menggunakan alat seperti *rheometer*. Parameter ini sangat penting karena berhubungan langsung dengan ikatan silang yang terbentuk

dalam matriks polimer (Wibowo & Kusuma, 2024). Karena proses pembentukan ikatan silang membutuhkan energi panas, waktu yang lebih singkat (tc_{90}) dapat mengurangi biaya produksi (Mayasari et al., 2018).

Torsi maksimum (M_H) menggambarkan ikatan silang yang terbentuk selama vulkanisasi (Indrajati & Sholeh, 2014). Torsi minimum (M_L) merupakan indikator viskositas senyawa dan memberikan informasi tentang kemampuan pemrosesannya (Kinasih et al., 2015) dan delta m (Δm) berkorelasi tidak langsung dengan kepadatan ikatan silang total suatu senyawa. Nilai ini menunjukkan pementukan ikatan silang selama reaksi vulkanisasi dan dihitung sesuai dengann persamaan (Syabani et al., 2013).

G. Bantalan Dermaga

Bantalan dermaga juga disebut *fender* adalah produk yang diletakkan pada bagian depan dermaga. Bantal dermaga terbuat dari karet dan zat aditif lainnya yang divulkanisasi. Bantal dermaga bertujuan untuk mencegah kerusakan pada dermaga dan kapal dengan menyerap getaran dan energi dari tabrakkan antar kapal yang berlabuh di dernaga (Agriel et al., 2025). Contoh gambar bantalan dermaga dapat dilihat pada gambar 2.4.



Gambar 2.4 Bantalan Dermaga

(Sumber : Agriel, 2025)

Bantalan dermaga umumnya terbuat dari karet, busa, elastomer, atau plastik. Jenis *fender* yang digunakan tergantung pada banyak variabel, antara lain ukuran dan berat kapal, *stand-off* maksimum yang diizinkan, struktur kapal, variasi pasang surut, dan kondisi tempat tertentu lainnya. Sedangkan ukuran bantalan dermaga didasarkan pada energi kapal saat berlabuh yang berhubungan dengan ketepatan kecepatan berlabuh (Beno et al., 2022). Bantalan dermaga juga dapat melindungi rusaknya cat badan kapal karena gesekan antara kapal dan dermaga yang disebabkan oleh gelombang air laut, arus dan angin. Bantalan dermaga harus dipasang sepanjang dermaga dan letaknya harus sedemikian rupa dan dibuat agak tinggi pada sisi dermaga sehingga ketika kapal membentur bantalan dermaga tersebut akan mengalami defleksi (pemampatan) (Islamiah, 2020)

H. Karakteristik Bantalan Dermaga

Bantalan dermaga harus memiliki karakteristik fisik dan mekanik yang baik. Beberapa sifat fisis dan mekanik secara rinci dijelaskan sebagai berikut.

1. Kekerasan

Kekerasan merupakan sifat yang sangat mempengaruhi penampilan dan ketahanan barang jadi karet. Uji kekerasan (*hardness*) dilakukan dengan memberikan tekanan pada karet vulkanisat (Maryanti, Delvitasari, et al., 2018). Karet vulkanisat dengan nilai kekerasan lebih tinggi sifatnya lebih elastis atau lebih keras. (Rahmaniar et al., 2020).

2. Ketahanan abrasi

Ketahanan abrasi adalah kemampuan karet untuk menahan gaya gesek, sehingga struktur rantai polimernya tetap terjaga. Semakin baik ketahanan abrasi suatu karet, semakin sedikit material yang terkikis akibat gesekan karena rantai polimernya lebih stabil (Saputra et al., 2017). Vulkanisat dengan ketahanan abrasi tinggi umumnya lebih tahan aus, sedangkan vulkanisat dengan ketahanan abrasi rendah cenderung lebih cepat mengalami keausan dalam penggunaan (Saputra et al., 2017).

3. Kuat tarik

Kekuatan tarik (*tensile strength*) adalah tegangan maksimum yang bisa ditahan oleh sebuah bahan ketika diregangkan atau ditarik, sebelum bahan tersebut patah (Herman & Arwin Amiruddin, 2019). Pengujian tarik adalah pengujian mekanik secara statis dengan cara sampel ditarik dengan pembebanan pada kedua ujungnya dimana gaya tarik yang diberikan sebesar F (Newton). Pengujian kuat tarik (*tensile strength*) dilakukan dengan cara memberikan beban gaya yang berlawanan arah (Belieu et al., 2016).

4. Perpanjangan putus

Panjang tambahan benda uji yang diregangkan hingga putus disebut perpanjangan putus, yang direpresentasikan sebagai % dari panjang benda uji sebelum direngngkan (Rahmaniar, 2010). Pengujian perpanjangan putus (*elongation at break*) adalah pengujian untuk menentukan penambahan

panjang suatu spesimen uji mengalami penarikan hingga batas waktu tertentu dan sampai putus (Rifdah *et al.*, 2022).



BAB III

METODE KARYA AKHIR

A. Lokasi dan Waktu Pengambilan Data

Proses pengambilan data Tugas Akhir dilakukan disalah satu Perusahaan bidang yang pembuatan produk karet yaitu di PT Karet Ngagel Wira Jatim yang berada di Jl. Mastrip, No. 7 Kedurus, Karang Pilang, Kec, Karangpilang, Surabaya, Jawa Timur 60223. Waktu pengambilan data dilakukan selama 3 bulan sejak tanggal 4 November 2024 – 5 Mei 2025. .

B. Metode Pelaksanaan Tugas Akhir

Tugas akhir ini yang disusun berupa *problem solving* atau penyelesaian masalah yang diperoleh pada saat melaksanakan magang. Adapun metode yang digunakan dalam penyusunan Tugas penulis melakukan percobaan untuk mengetahui pengaruh dosis penggunaan *Cyclohexylamine Benzothiazole Sulfenamide* (CBS) terhadap kemampuan proses kompon dan sifat mekanik karet bantalan dermaga. Percobaan ini diharapkan mampu menjadi solusi alternatif untuk menyelesaikan permasalahan perusahaan dalam menentukan dosis terbaik penggunaan CBS yang dapat menghasilkan produk karet bantalan dermaga dengan sifat mekanik yang terbaik. Menggunakan metode pengumpulan data primer dan data sekunder seperti :

1. Pengumpulan Data Primer

Pengumpulan data primer diperoleh secara langsung dari sumber yang ada di perusahaan melalui observasi, wawancara, survie, maupun praktik langsung. Adapun metode yang dilakukan untuk memperoleh data tersebut seperti

a. Observasi

Observasi dilakukan dengan cara mengamati atau melakukan secara langsung proses pembuatan produk bantalan dermaga dari awal hingga akhir, dan mempelajari karakteristik dan jenis bahan yang digunakan berupa table formulasi.

b. Wawancara

Wawancara dilakukan diperoleh dengan tanya jawab kepada pembimbing magang, staf, karyawan ataupun operator secara langsung mengenai objek yang diamati berupa proses pembuatan, tanya jawab data yang dihasilkannya.

c. Dokumentasi

Dokumentasi diperoleh berdasarkan hasil observasi dan data yang didapatkan dari hasil pengamatan secara langsung pada proses pengujian ataupun sumber lain yang dapat dibuktikan kebenarannya berupa gambar, pengumpulan data hasil observasi berupa kekerasan, uji kuat tarik, perpanjangan putus, ketahanan abrasi.

d. Praktek kerja langsung

Melaksanakan praktek kerja langsung dan mengikuti proses pembuatan bantalan dermaga dengan variasi *Cyclohexylamine Benzothiazole Sulfenamide* (CBS) di PT. Karet Ngagel Wira Jatim.

2. Metode Pengumpulan Data Sekunder

Pengumpulan data sekunder dapat digunakan sebagai sumber dan acuan untuk memperkuat pembahasan dari data primer. Data sekunder diperoleh dari bentuk sudah jadi atau literatur yang dibuat oleh pihak lain.

C. Materi Pelaksanaan Tugas Akhir

Materi pada tugas akhir ini yaitu dilakukan percobaan dengan memvariasikan jumlah *accelerator* diantaranya formulasi yang dipakai 1,2 phr, 1,5 phr, 1,8 phr, dan 2,1 phr. Alat dan bahan yang diperlukan antara lain.

1. Alat

Alat dan mesin yang digunakan untuk melakukan percobaan yaitu

Tabel 3.1 Alat dan mesin yang digunakan

NO	Nama Alat	Gambar	Keterangan
1.	Mesin <i>two roll mill</i>		Mesin yang digunakan proses mastikasi karet alam dengan mencampurkan bahan-bahan kimianya.

2.	Press Moulding Machine		Mesin digunakan untuk mengepres sekaligus terjadinya proses vulkanisasi pada karet
3.	Thermogun		Alat yang digunakan untuk mengukur temperatur permukaan karet tanpa kontak langsung
4.	Timbangan digital		Alat yang digunakan untuk menimbang bahan aditif dan bongkahan karet
5.	Timbangan analitik		Alat digunakan untuk menimbang sampel untuk uji abrasi
6.	Gunting dan cutter		Alat yang digunakan untuk memotong kompon karet.

7.	Universal Testing Machine		Alat yang digunakan untuk menguji berbagai sifat mekanik material, seperti kekuatan tarik, dan perpanjangan putus.
8.	Mesin Rheometer		Alat yang digunakan untuk mengetahui hasil waktu vulkanisasi terhadap kompon.
9.	Mesin Abrasi		Alat yang digunakan untuk menguji ketahanan suatu benda terhadap keausan.
10.	Cetakan abrasi		Alat yang digunakan untuk membuat sampel uji abrasi.
11.	durometer		Alat yang digunakan untuk mengukur kekerasan kompon karet dengan menggunakan Shore-A.

12.	Jangka sorong		Alat yang digunakan untuk ukur presisi yang digunakan untuk mengukur panjang, diameter luar, diameter dalam dan kedalaman suatu benda.
-----	---------------	---	--

2. Bahan

Tabel 3.2 Bahan yang digunakan untuk pembuatan karet bantalan dermaga

NO	Nama bahan	Gambar	Keterangan
1.	Karet Alam		Karet alam yang digunakan adalah SIR 20 sebagai <i>elastomer</i> .
2.	Carbon black		Sebagai <i>filler</i> untuk penguat karet meningkatkan sifat fisis karet.
3.	Minarex		Sebagai <i>plasticizer</i> .

4.	6PDD		Digunakan untuk sebagai antiozon.
5.	Zink Oksida		Sebagai <i>activator</i> atau penggiat.
6.	Asam Stearat		Sebagai <i>activator</i> atau penggiat.
7.	MBT		Sebagai <i>accelerator</i> dalam proses vulkanisasi, antioksidan dan juga sebagai agen anti – korosi.
8.	CBS		Sebagai pencepat (<i>accelerator</i>).
9.	Sulfur		Sebagai bahan pemvulkanisasi.

3. Formulasi percobaan

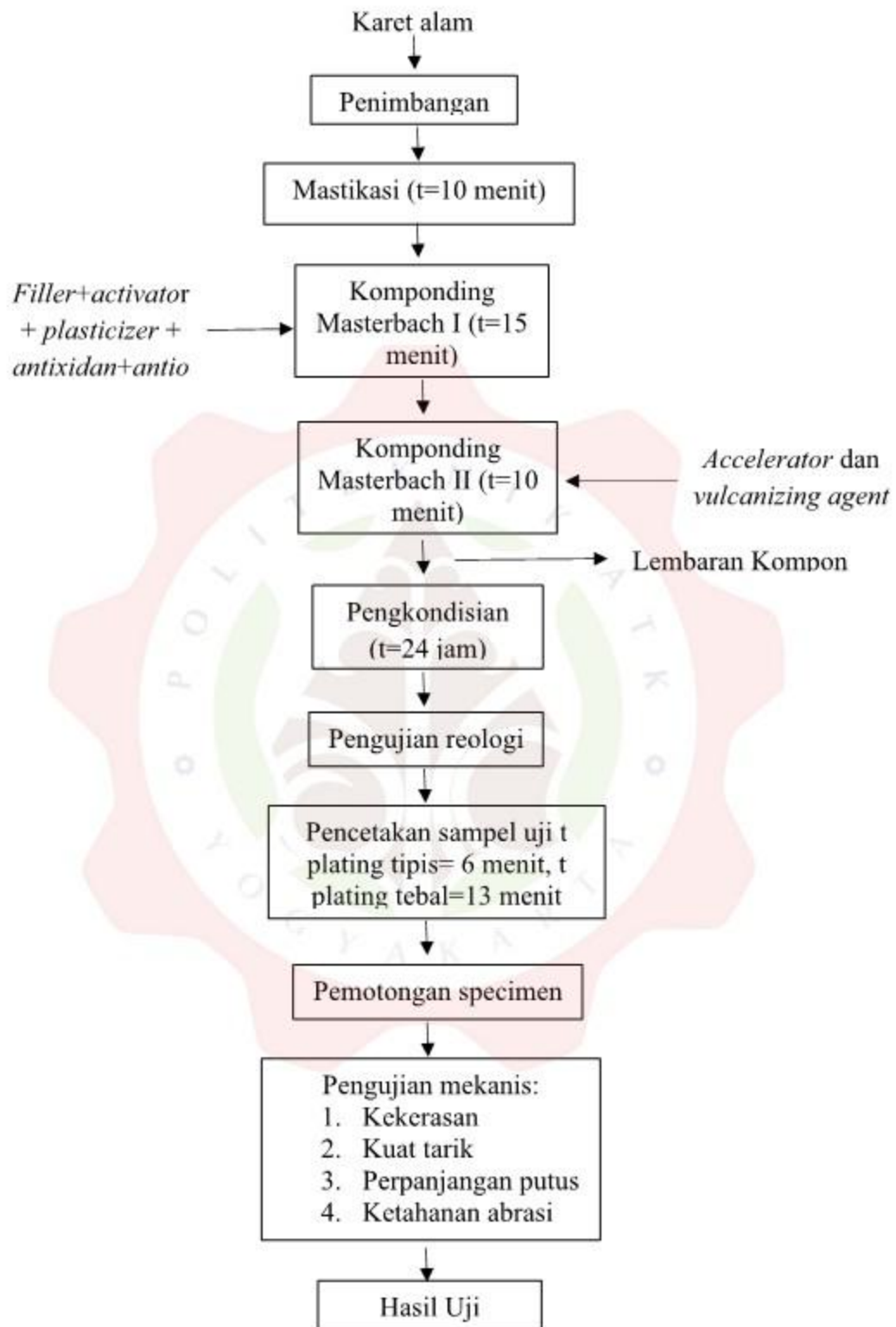
Penyusunan formulasi dilakukan dengan target yang harus dipenuhi dalam membuat formulasi kompon dengan penggunaan *accelerator* sesuai dengan SNI 06-3568-2006. Percobaan ini dilakukan dengan memvariasikan formulasi karet bantalan dermaga. Formulasi yang digunakan dalam percobaan ini dapat dilihat pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Formulasi pembuatan bantalan dermaga dengan variasi phr *accelerator*

No	Jenis Bahan	Phr			
		A	B	C	D
1	<i>Natural rubber (SIR 20)</i>	100	100	100	100
2	<i>Filler (Cabron black)</i>	50	50	50	50
3	<i>Plasticizer (Minarex)</i>	2	2	2	2
4	<i>Activator 1 (Zink oksida)</i>	5	5	5	5
5	<i>Activator 2 (Asam stearate)</i>	2,5	2,5	2,5	2,5
6	<i>Anti – ozonan (6PDD)</i>	3	3	3	3
7	<i>Accelerator 1 (MBT)</i>	1,5	1,5	1,5	1,5
8	<i>Accelerator 2 (CBS)</i>	1,2	1,5	1,8	2,1
9	<i>Vulcanizing agent (sulfur)</i>	3	3	3	3

4. Prosedur pembuatan spesimen karet bantalan dermaga

Prosedur kerja pada percobaan pembuatan specimen tugas akhir terdapat beberapa tahapan yang sesuai dengan formulasi yang telah ditetapkan dapat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram alir proses pembuatan spesimen produk Bantalan dermaga

Gambar 3.1. merupakan diagram alir proses pembuatan produk bantalan dermaga yang terdiri dari beberapa tahapan yaitu penimbangan bahan, mastikasi, komponding, *masterbatch* I, komponding, *masterbatch* II, pengkondisian, uji *rheologi*, pencetakan sampel uji, pemotongan spesimen uji, dan pengujian mekanis. Penjelasan diagram alir proses sebagai berikut.

a. Penimbangan bahan

Pembuatan kompon karet diawali dengan formulasi dan penimbangan bahan. Pemilihan dan penimbangan bahan dilakukan dengan mengikuti SOP (*Standard Operation Procedure*) yang mengacu pada Perusahaan dengan memperhatikan sifat akhir produk yang diinginkan. Proses penimbangan bahan yang digunakan yaitu *natural rubber*, *filler*, *plasticizer*, *activator 1*, *activator 2*, *antioxidant*, *anti-ozon*, *accelerator 1*, *Accelerator 2*, dan *vulcanizing agent*.

b. Matikasi

Tahap awal dalam pembuatan produk sampel uji adalah menyiapkan material dengan cara menimbang bahan-bahan yang dibutuhkan untuk membuat produk sampel uji. Penimbangan ini disesuaikan dengan formulasi yang telah dibuat. Setelah material siap, dilanjutkan dengan proses komponding, yang diawali dengan proses mastikasi pada mesin *two roll mill*, kemudian karet alam digiling hingga berubah bentuk menjadi lembaran. Saat karet telah menjadi lembaran, selanjutnya ditambahkan semua bahan kimia kecuali bahan pencepat dan bahan pemvulkanisasi,

proses ini bisa disebut dengan *masterbatch* I. Setelah itu, bahan aditif seperti bahan pengisi, bahan *activator*, bahan plastis, bahan *accelerator* digiling hingga tercampur secara merata, penggilingan ini menggunakan mesin *two roll mill*.

Setelah semua bahan tercampur secara merata pada *masterbatch* I kemudian ditambahkan bahan *accelerator* yang berupa MBT dan CBS untuk bahan pemvulkanisasi menggunakan bahan sulfur hingga tercampur secara merata. Proses komponding dilakukan selama 30 menit.

c. Pengkondisian

Kompon karet yang telah dikomponding didinginkan di dalam ruangan selama 24 jam. Hal ini dilakukan untuk mencegah pematangan dini atau *scorching* dikarenakan kompon terlalu panas yang dapat merusak kualitas produk akhir.

d. Pengujian *rheologi*

Uji *rheologi* kompon bertujuan agar mengetahui waktu matang optimum yang dibutuhkan untuk mencetak kompon pada mesin cetak. Sebelum dilakukan pengujian, kompon terlebih dahulu dibuat specimen uji *rheologi* yang berbentuk kotak persegi sejumlah 3. Kemudian dicetak pada suhu 150°C. Dengan menerapkan suhu dan berat spesimen yang telah ditentukan, uji *rheologi* dapat memberikan data yang akurat mengenai waktu pada pencetakan yang diperlukan untuk plating tipis dan tebal setelah ditemukan hasil tc_{90} .

e. Pencetakan sampel uji

Pencetakan sampel uji plating tebal dan tipis dilakukan menggunakan mesin cetak tekan panas (*hot press molding*). Waktu untuk mencetak plating tipis sesuai hasil dari uji *rheologi* tc_{90} , kurang yaitu, lebih 6 menit untuk plating tipis, dan 13 menit untuk plating tebal. Lamanya waktu untuk pencetakan sampel uji plating tebal akan dilakukan perhitungan menggunakan persamaan 1.

$$\text{Waktu pencetakan (Menit)} = \frac{\text{tebal plating (cm)}}{\text{tebal rheo (cm)}} \times tc_{90} \quad (1)$$

f. Pemotongan specimen uji

Kompon yang telah diuji *rheologi*, diukur tingkat kekerasan vulkanisat dengan menggunakan alat uji *durometer Shore-A*. Bentuk sampel uji kekerasan dapat dilihat pada gambar 3.2



Gambar 3.2 Sampel uji kekerasan

Vulkanisat dengan plasting tipis dipotong membentuk *dumbbell*. Pembuatan sampel ini digunakan untuk pengujian kuat tarik dan perpanjangan putus. Pembuatan sampel uji bentuk *dumbbell* ini dilakukan menggunakan bantuan cetakan alat *press* yang bertujuan untuk mencetak sampel uji dengan tujuan supaya sampel lebih presisi dan tidak menimbulkan takik yang dapat mempengaruhi hasil pengujian.



Gambar 3.3 Sampel uji kuat tarik dan perpanjangan putus

g. Pengujian mekanis

Pengujian spesimen ini dilakukan untuk mengetahui sifat mekanik dari vulkanisat produk yang diuji. Nilai yang diperoleh dari pengujian akan disesuaikan dengan standar uji karet bantalan dermaga yang tercantum dalam SNI 06-3568-2006. Pengujian mekanik yang dilakukan antara lain :

1) Uji kekerasan (*hardness*)

Pengujian dilakukan dengan mengukur tingkat kekerasan vulkanisat empat titik yang berbeda pada setiap sampel uji menggunakan alat durometer *Shore-A*. Keempat hasil angka yang didapat ini kemudian akan di rata-rata untuk mendapatkan nilai kekerasan vulkanisat.

2) Uji ketahanan abrasi

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan kikis dan ketahanan abrasi dengan cara menggesekkan pada amplas abrasi vulkanisat dengan ketahanan abrasi tinggi. Hal tersebut berarti memiliki ketahanan abrasi yang tinggi, sementara vulkanisat dengan ketahanan abrasi rendah berarti produk yang dihasilkan akan mudah aus. Sampel uji dilakukan sebanyak 3 kali pada mesin *Abrasion Test Machine*. Berikut perhitungan ketahanan abrasi sesuai dengan ISO 4649:2010.

$$\Delta m_{rel} = \frac{\Delta m_t \Delta m_{const}}{\rho_t \Delta m_r} \quad (2)$$

Keterangan:

ΔV_{rel} : adalah volume hilang relative (mm^3)

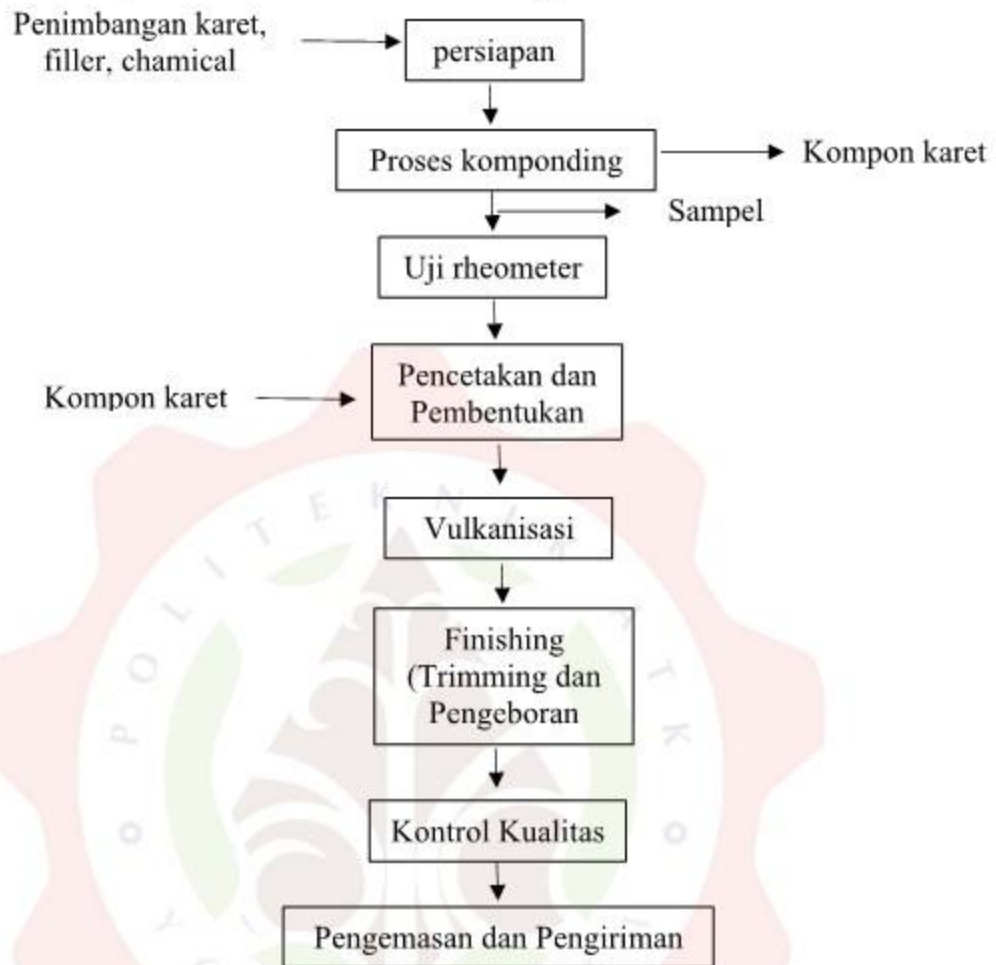
Δm_t : adalah massa karet specimen uji yang hilang (mg)

Δm_{const} : adalah massa referensi hilang yang ditentukan (mg)

ρ_t : adalah massa Janis karet specimen uji (mg/mm^3)

Δm_r : adalah massa karet referensi yang hilang (mg)

3. Prosedur pembuatan karet bantalan dermaga



Gambar 3.4 Diagram Alir Proses pembuatan karet bantalan dermaga

Penjelasan mengenai alur penyelesaian Tugas Akhir sesuai Gambar

3.4. adalah sebagai berikut.

a. Penimbangan Karet, Filler, dan Bahan Kimia (Chemical):

adalah langkah awal di mana semua bahan baku ditimbang dengan akurat sesuai resep. Bahan-bahan tersebut meliputi karet (sebagai bahan dasar), *filler* (bahan pengisi untuk meningkatkan

kekuatan dan sifat lainnya), dan bahan kimia (seperti akselerator, antioksidan, dan lain-lain).

b. Persiapan

Setelah ditimbang, bahan-bahan ini dipersiapkan untuk proses selanjutnya, kemungkinan termasuk pencampuran awal atau pemanasan.

c. Proses Komponding

Bahan-bahan yang telah ditimbang dan disiapkan kemudian dicampur secara mekanis dalam mesin khusus (*mixer*) untuk menghasilkan campuran karet yang homogen.

d. Uji Rheometer

Alat ini mengukur sifat-sifat vulkanisasi karet, seperti waktu vulkanisasi yang optimal. Hasil uji ini penting untuk memastikan kualitas dan konsistensi produk.

e. Pencetakan dan Pembentukan

Kompon karet yang telah diuji kemudian dicetak dan dibentuk sesuai dengan desain bantalan dermaga yang diinginkan. Ini bisa dilakukan dengan cetakan panas atau metode lain.

f. Vulkanisasi

Setelah dicetak, produk karet dipanaskan pada suhu dan tekanan tertentu dalam waktu yang telah ditentukan (berdasarkan hasil uji rheometer). Proses ini mengubah struktur molekul karet sehingga menjadi lebih kuat, elastis, dan tahan lama.

g. Finishing (Trimming dan Pengeboran)

Setelah vulkanisasi, produk dikeluarkan dari cetakan.

Tahap *finishing* meliputi *trimming* (memotong sisa-sisa karet yang menempel pada produk) dan pengeboran (membuat lubang untuk pemasangan).

h. Kontrol Kualitas

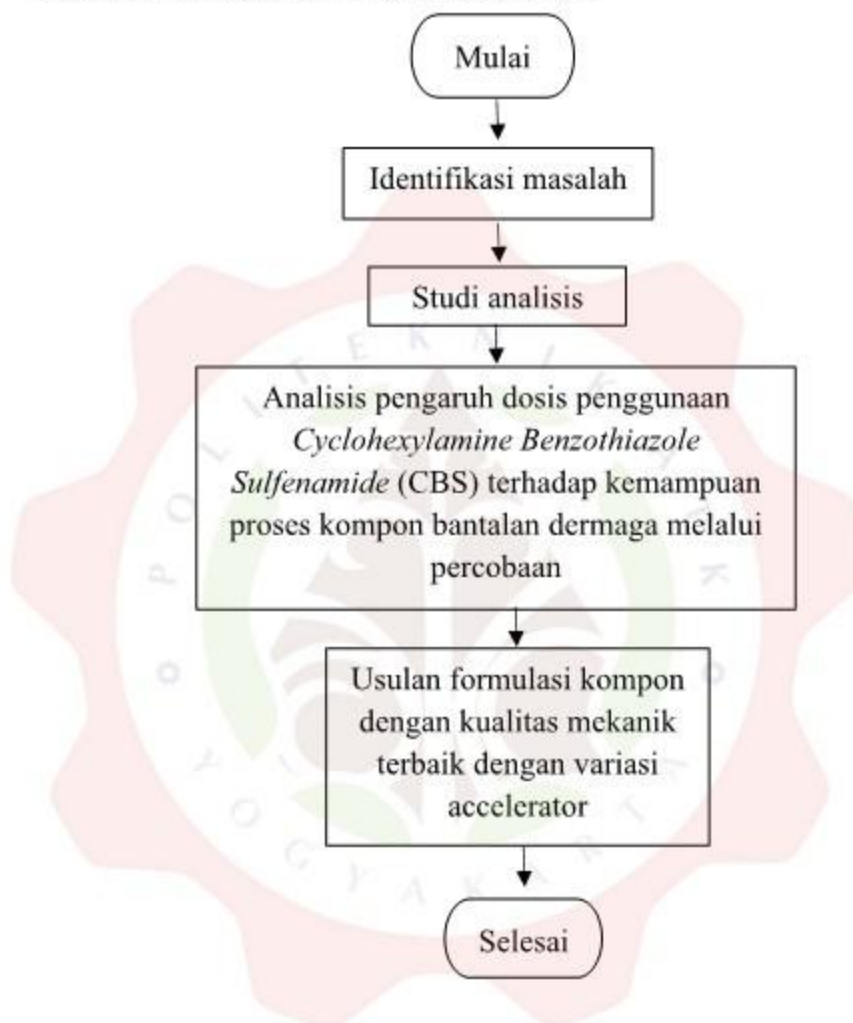
Produk jadi diperiksa untuk memastikan memenuhi standar kualitas yang ditetapkan. Ini bisa meliputi pemeriksaan dimensi, penampilan fisik, dan mungkin pengujian sifat mekanik.

i. Pengemasan dan Pengiriman

Produk yang telah lolos kontrol kualitas kemudian dikemas dengan benar dan siap untuk dikirim ke pelanggan atau lokasi pemasangan.

4. Tahap Penyelesaian Tugas Akhir

Berdasarkan uraian metode Tugas Akhir, maka garis besar alur penyelesaian dapat dilihat pada gambar 3.4.



Gambar 3.5 Diagram Alir Proses Penyelesaian Tugas Akhir

Penjelasan mengenai alur penyelesaian Tugas Akhir sesuai Gambar 3.5. adalah sebagai berikut.

a. Identifikasi masalah

Tahapan identifikasi masalah dilakukan selama proses magang di PT Ngagel Wira Jatim melalui observasi dan wawancara. Observasi

dilakukan dengan mengamati proses pembuatan produk. Sedangkan wawancara dilakukan Bersama dari operator mesin. Setelah observasi dan wawancara dilakukan, ditemukan permasalahan yaitu pengaruh dosis penggunaan *Cyclohexylamine Benzothiazole Sulfenamide* (CBS) terhadap kemampuan proses kompon bantalan dermaga.

b. Studi Analisis

Studi analisis dilakukan dengan studi literatur yang bertujuan untuk mencari referensi dengan masalah yang diteliti dan sebagai landasan teori dari berbagai sumber, metode-metode dari buku, jurnal, *e-book*, artikel, dan pustaka lainnya untuk pendukung data dengan teori-teori yang sesuai pokok pembahasan dalam Tugas Akhir.

Percobaan dilakukan dengan memvariasikan formulasi karet bantalan dermaga. Bahan yang diubah dari formulasi berupa phr dari *accelerator* dengan variasi 1,2phr, 1,5phr, 1,8phr, dan 2,1phr.

c. Usulan formulasi

Berdasarkan hasil dari percobaan dan pengujian, diperoleh usulan pemecahan masalah yang dapat digunakan untuk mengatasinya dengan cara memvariasikan *accelerator* untuk kemampuan proses kompon bantalan dermaga yang baik. Penulis memberikan usulan formulasi kompon mekanik sesuai standar Perusahaan karet bantalan dermaga.