

TUGAS AKHIR
PENENTUAN FORMULASI OPTIMUM BAHAN PENGISI
KAOLIN PADA VULKANISAT *OUTSOLE* SEPATU ADIDAS
DI PT. TXX TANGERANG



Disusun Oleh :

LUTFIAH NUR SALSABILLA

NIM. 2103040

KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN REPUBLIK INDONESIA
BADAN PENGEMBANGAN SUMBERDAYA MANUSIA
POLITEKNIK ATK YOGYAKARTA

2024


HALAMAN PENGESAHAN

PENENTUAN FORMULASI OPTIMUM BAHAN PENGISI KAOLIN PADA VULKANISAT *OUTSOLE* SEPATU ADIDAS DI PT. TXX TANGERANG

Ditusun oleh :

LUTFIAH NUR SALSABILLA
NIM. 2103040
Program Studi Teknologi Pengolahan Karet dan Plastik


Pembimbing


Wahyu Ratnaningsih, S.Si., M.T.
NIP. 199506192022022001

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji Tugas Akhir dan dinyatakan memenuhi salah satu syarat yang diperlukan untuk mendapatkan Derajat Abdi Madya Diploma III (D3) Politeknik ATK Yogyakarta
Tanggal : 30 Juli 2024

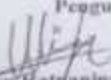
TIM PENGUJI

Ketua

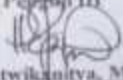

Uma Fadzeilia Arifin, M.T.
NIP.199312162019012002

Anggota

Penguji II



Wahyu Ratnaningsih, S.Si., M.T.
NIP. 199506192022022001

Penguji III


Pami Satwikhanitva, M.Eng.
NIP.198709102020122001

14 Agustus 2024

Politeknik ATK Yogyakarta


Suni Gunan, S.H., M.H.
NIP. 198402262010121002

MOTTO

"Mencoba dan gagal, tapi jangan gagal untuk mencoba"



PERSEMBAHAN

Puji syukur penulis haturkan kepada Allah Subhanahu wa Ta'ala yang telah melimpahkan nikmat dan Karunia – Nya serta banyak sekali kemudahan dalam menyelesaikan Tugas Akhir. Tugas Akhir ini penulis persembahkan kepada :

1. Pertama untuk penulis sendiri Lutfiah Nur Salsabilla, terima kasih sudah bertahan sejauh ini dan atas segala usaha dan do'a nya.
2. Keluarga tercinta papa Endi, mama Septiani, Alm. bapak Wiwin Sutrisno, adek Miftah, adek Shanum, ema, aki terima kasih untuk semua doa, segala yang sudah diberikan dan menjadi penguat untuk penulis sampai sejauh ini.
3. Keluarga kedua penulis bapak Muji, bunda Nia, sinok Alin terima kasih atas segala bantuan yang diberikan serta doa dan motivasi untuk penulis.
4. Laki – laki yang bernama Affan terima kasih untuk doa, bantuan, dan telah menjadi salah satu sistem pendukung yang selalu menemani penulis.
5. Pakde Kardiyo, mbak Ririn, bu Dina, om Nur, om Marno, om Suryono, mas Joko, mbak Firqoh, budhe Korsani, a Basri, teh Ella dan semua karyawan PT. TXX Tangerang yang sangat membantu dalam proses magang.
6. Dosen pembimbing tersabar ibu Wahyu Ratnaningsih, S.Si., M.T. yang telah membimbing serta memberi masukan dan saran selama ini, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
7. Staff Workshop Karet dan Lab. Pengujian terima kasih telah membantu penulis selama proses pembuatan sampel dan pengujian.

8. Teman-teman TPKP 2021, keluarga Duta Mahasiswa dan UKM Satya Khatulistiwa yang telah memberikan keceriaan serta kekeluargaan selama 3 tahun menuntut ilmu di Politeknik ATK Yogyakarta.
9. Teman – teman terbaik penulis “GERABAH” dari awal kuliah Yenni, Fifia, Tria, Aida, Dania, dan Zebin terima kasih telah menjadi cerita masa kuliah penulis yang menyenangkan.
10. Teman terbaik penulis dari SD hingga saat ini Okta Muji Harlaily prodi TPKP terima kasih atas segala bantuannya untuk penulis.



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis haturkan kehadiran Allah Subhanahu wa Ta'ala yang telah melimpahkan rahmat hidayah dan inayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul "Penentuan Formulasi Optimum Bahan Pengisi Kaolin pada Vulkanisat *Outsole* Sepatu Adidas di PT.TXX Tangerang". Penulisan ini dilakukan untuk memenuhi salah satu persyaratan mencapai gelar Derajat Ahli Madya Diploma III, program studi Teknologi Pengolahan Karet dan Plastik di Politeknik ATK Yogyakarta. Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Wulan Aprilianti Permatasari, S.Kom., M.Si. selaku Plt. Direktur Politeknik ATK Yogyakarta
2. Suharyanto, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Teknologi Pengolahan Karet dan Plastik.
3. Seluruh dosen dan keluarga besar Politeknik ATK Yogyakarta yang telah memberi banyak ilmu dan dukungan selama penulis berada di bangku kuliah.

Yogyakarta, Juli 2024

Penulis

DAFTAR ISI

TUGAS AKHIR	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
MOTTO.....	ii
PERSEMBAHAN.....	iv
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
DAFTAR SINGKATAN	xii
INTISARI.....	xiii
<i>ABSTRACT</i>	xiv
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Permasalahan.....	4
C. Tujuan Tugas Akhir.....	4
D. Manfaat Tugas Akhir.....	5
BAB II.....	6
TINJAUAN PUSTAKA.....	6
A. Sol Luar.....	6
B. Bahan Pengisi (<i>Filler</i>).....	8
C. Kaolin.....	9
D. Pengujian.....	10
1. Kuat Tarik.....	11
2. Perpanjangan Putus	12
3. Kuat Sobek.....	12

4. Ketahanan Abrasi	13
BAB III	14
MATERI DAN METODE.....	14
A. Lokasi dan Waktu.....	14
B. Metode Pelaksanaan Tugas Akhir.....	14
1. Studi Lapangan.....	14
2. Studi Literatur.....	15
C. Materi Pelaksanaan Tugas Akhir.....	15
1. Alat dan Bahan	16
2. Prosedur Kerja	17
BAB IV	26
HASIL DAN PEMBAHASAN.....	26
A. Pengaruh Jumlah phr Bahan Pengisi Kaolin terhadap Kekuatan Tarik	28
B. Pengaruh Jumlah phr Bahan Pengisi Kaolin terhadap Perpanjangan Putus ..	32
C. Pengaruh Jumlah phr Bahan Pengisi Kaolin terhadap Kekuatan Sobek.....	35
D. Pengaruh Jumlah phr Bahan Pengisi Kaolin terhadap Ketahanan Abrasi.....	37
E. Penentuan Formulasi Terbaik.....	40
BAB V.....	43
KESIMPULAN DAN SARAN.....	43
A. Kesimpulan	43
B. Saran.....	43
DAFTAR PUSTAKA	45
LAMPIRAN.....	49

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Komposisi bahan pembuatan sol luar karet.....	7
Tabel 2.2 Persyaratan Mutu Sol Karet Cetak Sepatu Olahraga Umum dan Sekolah. 11	
Tabel 3.1 Formulasi variasi filler kaolin	18
Tabel 4.1 Hasil perhitungan cetak plat tebal dan plat tipis	27
Tabel 4.2 Hasil uji sifat mekanik semua konsentrasi	40



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Hasil survei merek sneakers paling disukai masyarakat.....	1
Gambar 2.1 Struktur kimia kaolin.....	9
Gambar 3.1 Tahapan proses percobaan tugas akhir.....	17
Gambar 3.2 Dumbbell pengujian kuat tarik dan perpanjangan putus.....	22
Gambar 3.3 Bentuk dan ukuran sampel uji kuat sobek.....	23
Gambar 4.1 Grafik hasil uji kuat tarik.....	29
Gambar 4.2 Grafik hasil uji perpanjangan putus.....	33
Gambar 4.3 Grafik hasil uji kekuatan sobek.....	36
Gambar 4.4 Grafik hasil uji ketahanan abrasi.....	38

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil Uji Kuat Sobek	49
Lampiran 2. Hasil Uji Kuat Tarik dan Perpanjangan Putus	56
Lampiran 3. Pembuatan Kompon	63
Lampiran 4. Uji Rheology	64
Lampiran 5. Spesimen Uji	65
Lampiran 6. Surat Keterangan Selesai Magang	66
Lampiran 7. Lembar Penilaian Magang	67
Lampiran 8. Lembar Kerja Harian Magang	68
Lampiran 9. Perhitungan	81

DAFTAR SINGKATAN

Singkatan	Nama	Pemakaian pertama kali pada halaman
Phr	<i>Parts per Hundred Rubber</i>	xiii
SNI	Standar Nasional Indonesia	xiii
CaCO ₃	<i>Calcium Carbonate</i>	7
Si	<i>Silica</i>	7
TMTM	<i>Tetramethylthiuram Monosulfide</i>	7
MBTS	<i>Mercaptobenzothiazyl Disulfide</i>	7
DPG	<i>Diphenylguanidine</i>	8
CBS	<i>N-Cyclohexyl-2-benzothiazole Sulfenamide</i>	8
ZnO	<i>Zinc Oxide</i>	8
TMQ	<i>Trimethyl Quinoline</i>	8
PPD	<i>Para-Phenylenediamine</i>	8
pH	<i>Power of Hydrogen</i>	10
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>	11
N	Newton	12
mm ²	milimeter kuadrat	12
mm ³	milimeter kubik	12
cm ²	sentimeter kuadrat	12
UTM	<i>Universal Testing Machine</i>	12
mg	miligram	12

INTISARI

Sol luar atau *outsole* merupakan bagian dari sepatu yang langsung bersentuhan dengan permukaan tanah dan memiliki peran penting dalam menentukan kualitas sepatu. Salah satu komponen dalam pembuatan sol luar sepatu yaitu bahan pengisi atau *filler*. Penentuan jumlah optimum bahan pengisi akan menghasilkan kualitas kompon sol luar sepatu yang baik. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan formulasi optimum *filler* kaolin pada vulkanisat sol luar sepatu yang diproduksi oleh PT. TXX Tangerang. Variasi jumlah kaolin yang digunakan dalam penelitian ini adalah 0 phr, 5 phr, 10 phr, 15 phr, 20 phr, dan 25 phr. Kualitas yang diuji meliputi kuat tarik, perpanjangan putus, kekuatan sobek, dan ketahanan abrasi sesuai dengan SNI 778:2017 sol karet cetak. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan kaolin hingga jumlah tertentu dapat meningkatkan kualitas fisik sol luar sepatu, namun penambahan yang berlebihan dapat menurunkan kualitas tersebut. Formulasi optimum terdapat pada formulasi dengan penambahan bahan pengisi kaolin 5 phr. Pemilihan formulasi optimum didasarkan pada nilai optimum hasil pengujian dengan nilai kuat sobek 8,285 N/mm, perpanjangan putus 1130,94%, ketahanan abrasi 218,45 mm³ dan kuat tarik 6,108 N/mm².

Kata Kunci : Bahan pengisi, Formulasi, Kaolin, Sol luar, Vulkanisat

ABSTRACT

The outsole is the part of the shoe that comes into direct contact with the ground and plays a crucial role in determining the shoe's quality. One of the components in the production of outsoles is the filler material. Determining the optimum amount of filler will result in good quality outsole compounds. This study aims to determine the optimum formulation of kaolin filler in the outsole vulcanizate produced by PT. TXX Tangerang. The variations in kaolin amount used in this study are 0 phr, 5 phr, 10 phr, 15 phr, 20 phr, and 25 phr. The quality tests include tensile strength, elongation at break, tear strength, and abrasion resistance according to SNI 778:2017 for molded rubber soles. The results show that adding kaolin up to a certain amount can improve the physical quality of the outsole, but excessive addition can decrease that quality. The optimum formulation was found with the addition of 5 phr kaolin filler. The selection of the optimum formulation is based on the optimum values from the tests, with a tear strength of 8.285 N/mm, elongation at break of 1130.94%, abrasion resistance of 218.45 mm³, and tensile strength of 6.108 N/mm²

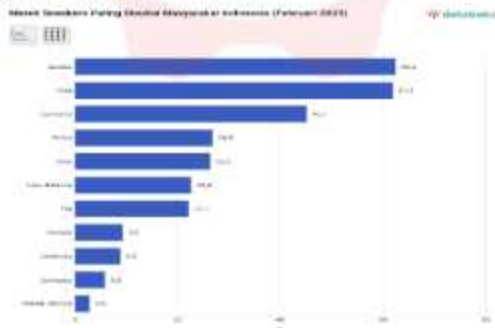
Keywords : Filler, Formulation, Kaolin, Outsole, Vulcanizate

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Saat ini perkembangan industri sepatu di Indonesia mengalami kemajuan yang signifikan. Indonesia menjadi produsen alas kaki terbesar ketiga di dunia, di bawah China dan Vietnam. Indonesia memproduksi 427 juta pasang sepatu pada tahun 2021, yang merupakan sekitar 3,3% dari total produksi global (Kurious, 2023). Perkembangan tersebut menciptakan persaingan antar perusahaan yang semakin ketat baik dari segi harga maupun kualitas produk, sehingga perusahaan harus mampu mempertahankan eksistensinya untuk menghasilkan produk yang berkualitas dan berdaya saing. Salah satu produk yang paling digemari adalah sepatu *sneakers* merek Adidas, yang lebih populer di kalangan masyarakat Indonesia dibandingkan merek lainnya. Hal tersebut didukung oleh hasil survei Kurious dari Katadata Insight Center (KIC) yang ditunjukkan pada Gambar 1.1 :



Gambar 1.1 Hasil survei merek sneakers paling disukai masyarakat (Kurious, 2023)

Di Tangerang, terdapat perusahaan yang bergerak di bidang industri alas kaki yang memproduksi berbagai jenis sol luar, salah satunya merek Adidas *Spezial*. Permintaan jumlah sepatu olahraga dan casual yang semakin meningkat menyebabkan produksi sol luar juga semakin meningkat. Sol sepatu atau *outsole* adalah bagian sepatu yang berkontak langsung dengan permukaan tanah dan menentukan kualitas sepatu (Suliknyo, 2017). Kualitas sol karet sebagai bagian bawah sepatu sangat dipengaruhi oleh sifat-sifat mekanik, seperti kekuatan tarik, perpanjangan putus, kekerasan, kekuatan sobek, dan ketahanan abrasi (Rahmawati, 2009). Kualitas tersebut ditentukan oleh komposisi karet yang digunakan, meliputi bahan baku karet dan bahan tambahan atau aditif.

Bahan baku karet yang digunakan dalam pembuatan sol luar sepatu terdiri dari dua jenis, yaitu karet alam dan karet sintetis yang memiliki karakteristik berbeda dan saling melengkapi (Manurung *et al.*, 2020). Selain itu, bahan tambahan seperti *antioksidan*, *plasticizer*, pemvulkanisasi, dan bahan pengisi (*filler*) juga digunakan. Salah satu bahan tambahan yaitu bahan pengisi atau *filler* memiliki pengaruh yang signifikan dalam pembuatan kompon sol karet cetak, karena dapat meningkatkan kualitas fisik produk akhir, memperbaiki karakteristik pengolahan karet, serta membuat vulkanisat lebih keras dan kaku (Basseri, 2005; Daud, 2015; Ku *et al.*, 2011). Hal tersebut dibuktikan dengan hasil penelitian Daud (2015) tentang perbandingan variasi ukuran dan bahan pengisi kaolin dengan jumlah tertentu pada kompon karet sol sepatu yang hasilnya dapat meningkatkan nilai kekuatan tarik, perpanjangan putus,

dan ketahanan abrasi. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa sifat fisik kompon karet meningkat seiring dengan penambahan jumlah bahan pengisi kaolin.

PT. TXX Tangerang belum mencapai kondisi optimum formulasi yang digunakan dalam proses produksi *outsole* sepatu Adidas. Formulasi saat ini mungkin belum memberikan peningkatan maksimal pada sifat – sifat mekanik kompon karet seperti yang diinginkan. Oleh karena itu, penelitian ini berfokus pada penentuan formulasi optimum bahan pengisi kaolin dalam vulkanisat *outsole* sepatu adidas. Pemilihan kaolin sebagai bahan pengisi didasarkan pada beberapa pertimbangan penting. Pertama, kaolin adalah bahan pengisi semi penguat yang mampu meningkatkan sifat mekanik kompon karet secara seimbang sekaligus membantu mengurangi biaya produksi yang menjadikannya pilihan yang ekonomis namun tetap efektif (Yudha *et al.*, 2013). Kaolin juga adalah bahan pengisi berwarna terang seperti silika yang sesuai untuk produk *non-black goods* seperti *outsole* sepatu Adidas yang sering berwarna cerah, memungkinkan produksi *outsole* dengan penampilan sesuai standar kualitas dan estetika produk Adidas. Penelitian yang dilakukan Daud (2015) menemukan bahwa penambahan kaolin dapat meningkatkan sifat mekanik kompon karet, namun penambahan yang berlebihan dapat menyebabkan kejenuhan dalam matriks karet yang akhirnya menurunkan kualitas vulkanisat karet (Bondan *et al.*, 2021). Oleh karena itu, penentuan formulasi yang tepat sangat penting untuk mencapai keseimbangan antara biaya dan kualitas produk.

Berdasarkan latar belakang yang dipaparkan, pada tugas akhir ini dilakukan percobaan dengan memvariasikan jumlah bahan pengisi kaolin, di antaranya formulasi kontrol (tanpa kaolin), formulasi perusahaan (1,8 phr), variasi kaolin 5 phr, 10 phr, 15 phr, 20 phr, dan 25 phr untuk mengetahui pengaruh jumlah kaolin terhadap kualitas kompon karet yang dihasilkan. Penentuan formulasi optimum dari masing – masing jumlah bahan pengisi dapat diketahui dengan melakukan pengujian fisis pada kompon karet tersebut. Kualitas yang diuji, di antaranya uji kuat tarik (*tensile strength*), perpanjangan putus (*elongation*), kuat sobek (*tear strength*), dan ketahanan abrasi (*resistances to abrasion tearing*). Hasil pengujian kemudian dianalisis dan dibandingkan dengan SNI 778:2017 sol karet cetak.

B. Permasalahan

Dari uraian latar belakang di atas, maka didapatkan rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh penambahan jumlah bahan pengisi kaolin terhadap sifat mekanik vulkanisat sol luar sepatu Adidas?
2. Bagaimana formulasi optimum jumlah bahan pengisi kaolin pada vulkanisat sol luar sepatu Adidas berdasarkan SNI 778:2017 sol karet cetak?

C. Tujuan Tugas Akhir

Adapun tujuan dari penulisan Tugas Akhir ini antara lain :

1. Mengetahui pengaruh variasi jumlah bahan pengisi kaolin terhadap sifat mekanik vulkanisat sol luar sepatu Adidas.
2. Menentukan formulasi optimum jumlah bahan pengisi kaolin pada vulkanisat sol luar sepatu Adidas berdasarkan SNI 778:2017 sol karet cetak.

D. Manfaat Tugas Akhir

Pemecahan masalah dalam Tugas Akhir ini bermanfaat untuk :

1. Bagi perusahaan dapat digunakan sebagai bahan masukan untuk menentukan formulasi optimum bahan pengisi kaolin, sehingga menghasilkan produk sol luar sepatu Adidas dengan kualitas yang lebih baik dan mengurangi biaya produksi.
2. Bagi mahasiswa sebagai pembelajaran untuk meningkatkan pengetahuan dan analisis tentang pengaruh variasi bahan pengisi kaolin pada kompon sol luar sepatu Adidas.
3. Bagi Politeknik ATK Yogyakarta sebagai sarana pembelajaran terkait pengaruh variasi bahan pengisi kaolin pada sol luar sepatu Adidas, dan sarana tambahan referensi di perpustakaan mengenai permasalahan yang terkait dengan penulisan Tugas Akhir ini.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Sol Luar

Sol luar atau *outsole* adalah bagian bawah sepatu yang bersentuhan langsung dengan tanah dan menjadi penentu utama kualitas sepatu (Suliknyo, 2017). Menurut Widyodiningrat (2008) sol adalah komponen pokok dari sepatu atau alas kaki yang berfungsi untuk menjaga telapak kaki dari panas, dingin, dan pengikisan permukaan selama berjalan. Fungsi utamanya adalah menahan beban pengguna saat beraktivitas, memberikan daya cengkeram, stabilitas, dan melindungi dari keausan. Oleh karena itu, sol luar harus memiliki ketebalan yang tepat, fleksibel, kuat, dan tahan lama. Kualitas sol karet sebagai komponen utama sol luar sepatu sangat dipengaruhi oleh sifat fisiknya seperti kekerasan, tegangan putus, ketahanan sobek, dan ketahanan kikis (Rahmawati, 2009).

Secara umum, sol luar terbuat dari bahan baku yaitu karet alam dan karet sintetis. Karet alam dikenal karena elastisitasnya yang baik dan kemampuan menurunkan panas (Rifdi *et al.*, 2015). Karet sintetis memiliki ketahanan abrasi yang tinggi, penting untuk daya tahan dan kinerja sol (Sae-oui *et al.*, 2017). Karet alam dan karet sintetis yang dikombinasikan akan menghasilkan sifat gabungan dari keunggulan masing – masing, seperti ketahanan aus yang tinggi, serta kenyamanan dan kinerja optimal. Hal ini menjadikan kombinasi tersebut ideal untuk bahan dasar elastomer

dalam pembuatan sol sepatu olahraga yang mengutamakan kualitas dan daya tahan (Nurjannah, 2020). Pada pembuatan produk sol luar sepatu, selain menggunakan bahan baku karet juga ditambahkan bahan – bahan seperti bahan *accelerator*, *activator*, *antioxidant*, *vulcanizing agent*, *processing oil*, *pigment*, dan bahan pengisi (*filler*). Bahan aditif ditambahkan pada bahan baku karet untuk meningkatkan sifat fisik dan kimiawinya. Tabel 2.1 adalah tabel komposisi bahan pada sol karet dari peneliti lain yang menggunakan bahan baku dan aditif yang serupa, namun dengan proporsi dan jenis bahan yang berbeda.

Tabel 2.1 Komposisi bahan pembuatan sol luar karet

Referensi	Fachry <i>et al.</i> , (2014)	CV. Carita Niaga (Syabani <i>et al.</i> , 2018)
Jenis Bahan		
Elastomer	Karet alam	Karet <i>brown crepe</i>
Elastomer		Karet <i>compo crepe</i>
Elastomer		Karet reklim (dari bahan limbah <i>outsole</i>)
Bahan pengisi	Silika	Silika (SiO_2)
Bahan pengisi		<i>Kaolin</i>
Bahan pengisi		<i>Carbon Black</i>
<i>Accelerator</i>	MBTS /DM (2,2-Ditiobisbenzothiazol)	TMTM (Tetrametilthiuram Monosulfida)
<i>Accelerator</i>	DPG	CBS (N –Sikloexil-2-benzotiazol sulfenamid)
<i>Accelerator</i>		
<i>Activator</i>	Asam Stearat	Asam Stearat
<i>Activator</i>	ZnO (<i>Zinc Oxide</i>)	ZnO (<i>Zinc Oxide</i>)
<i>Processing Aids</i>		

<i>Antioxidant</i>	TMQ (Trimetil Quinolin)	TMQ (Trimetil Quinolin)
<i>Antioxidant</i>		G90
<i>Processing Oil / Plasticizer</i>	<i>White Oil</i>	Oli bekas
<i>Vulcanizing Agent</i>	Sulfur	Sulfur
<i>Pigmen</i>		
Anti ozon	6 - PPD	

B. Bahan Pengisi (*Filler*)

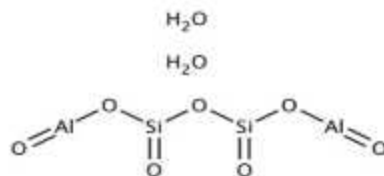
Salah satu bahan kimia dalam komposisi karet adalah bahan pengisi yang memiliki kemampuan untuk meningkatkan volume karet, sifat fisik produk, dan memperbaiki kualitas vulkanisat (Boonstra, 2005). Bahan pengisi adalah aditif yang ditambahkan dalam jumlah besar pada produksi vulkanisat karet. Fungsinya sebagai penguat (*reinforcement*) yang dapat mengubah sifat fisik produk karet dan membantu mengurangi biaya produksi dengan memperbesar volume produk karet. Setiap bahan pengisi memiliki efek penguatan yang berbeda pada produk akhir yang dipengaruhi oleh jenis, ukuran, bentuk, dan permukaan partikel (Prasetya *et al.*, 2013).

Bahan pengisi diklasifikasikan menjadi 3 yaitu penguat (*reinforcing*), semi penguat (*semi reinforcing*), dan bukan penguat (*non reinforcing*) berdasarkan efek penguatan terhadap sifat – sifat karet (*rubber properties*) (Yudha *et al.*, 2013). Bahan pengisi penguat memberikan penguatan yang dapat meningkatkan sifat mekanik karet. Sedangkan bahan pengisi semi penguat memberikan penguatan yang sedang dan mengurangi biaya produksi. Bahan pengisi bukan penguat tidak memberikan penguatan yang signifikan namun digunakan untuk tujuan lain seperti pengisian

volume dan pengurangan biaya produksi. Contoh bahan pengisi aktif di antaranya *aluminium silika*, *magnesium silika*, dan *carbon black*. Bahan pengisi semi penguat yaitu kaolin. Sementara itu, contoh bahan pengisi tidak aktif meliputi kalsium karbonat (CaCO_3), dan *barium sulfat*.

C. Kaolin

Kaolin merupakan massa batuan berwarna putih yang tersusun dari residu material lempung dengan kandungan besi rendah (Rahmaniar *et al.*, 2020). Komposisinya terdiri dari aluminium silikat hidrat ($2\text{H}_2\text{OAl}_2\text{O}_3\cdot 2\text{SiO}_2$) dan beberapa mineral lain seperti kaolinit, nakrit, dan halloysit ($\text{Al}_2(\text{OH})_4\text{SiO}_5\cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Selain itu, kaolin juga mengandung mineral lain seperti Fe_2O_3 , TiO_2 , CaO , MgO , K_2O , Na_2O , besi oksida, dan kuarsa (Vijay *et al.*, 2016). Komposisi kaolin murni adalah SiO_2 46,54%, Al_2O_3 39,5%, dan H_2O 13,96% (Sari *et al.*, 2018). Kaolin memiliki kekerasan antara 2-2,5 (skala Mohs), berat jenis 2,60-2,63, daya hantar panas dan listrik rendah serta kadar asam (pH) yang bervariasi (Garinas, 2012). Struktur kimia kaolin ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Struktur Kimia Kaolin

Penelitian yang dilakukan oleh Daud (2015), dijelaskan bahwa penambahan optimum kaolin pada formulasi kompon karet dapat meningkatkan kekuatan tarik, perpanjangan putus, dan kekuatan sobek karena kaolin dapat mengisi pori – pori molekul karet. Lain halnya pada penelitian Bondan *et al.*, (2021) tentang penggunaan kaolin sebagai pengisi pada ban padat menyebabkan kejenuhan dalam matriks karet ketika ditambahkan dalam jumlah berlebih. Kejenuhan tersebut mengurangi fleksibilitas rantai karet yang secara langsung menurunkan nilai tensile strength, ketahanan terhadap abrasi, dan elastisitas vulkanisat.

Penguatan bahan pengisi ditentukan oleh ukuran, keadaan permukaan, dan kehalusan butirannya (Abednego, 1998). Hasil penelitian Daud (2015) juga menunjukkan adanya peningkatan nilai ketahanan abrasi yang dipengaruhi oleh bahan pengisi yang ditambahkan terutama karena adanya unsur silika.

D. Pengujian

Pengujian adalah aspek pengendalian kualitas yang dilakukan dua tahap pengujian secara luas yaitu karet yang tidak tervulkanisasi dan telah tervulkanisasi. Pada pengujian karet yang tidak tervulkanisasi dilakukan pengujian untuk mencari nilai plastisitas, waktu karakteristik pematangan, dan indeks ketahanan plastis. Jenis pengujian karet yang telah tervulkanisasi diantaranya pengujian kekerasan, kuat tarik, perpanjangan putus, kuat sobek, ketahanan abrasi, dan sebagainya (Chandrasekaran, 2007).

Pengujian dilakukan bertujuan untuk menilai kekuatan, kualitas, atau nilai dari produk karet. Prosedur pengujian ini disesuaikan dengan kebijakan perusahaan, permintaan pasar, dan standar pengujian yang berlaku, seperti Standar Organisasi Internasional (ISO) dan Standar Nasional Indonesia (SNI) yang umum digunakan. Pengujian kompon sol luar sepatu umumnya mengacu pada Standar Nasional Indonesia 778:2017 tentang sol karet cetak. Persyaratan mutu sol karet cetak untuk sepatu olahraga umum dan sekolah ditunjukkan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Persyaratan Mutu Sol Karet Cetak Sepatu Olahraga Umum dan Sekolah

No.	Jenis uji	Satuan	Nilai
1.	Kekuatan tarik	N/mm ²	≥ 16
2.	Kekuatan sobek	N/mm	≥ 8
3.	Perpanjangan putus	-	≥ 250%
4.	Ketahanan abrasi	mm ³	≤ 200

Terdapat 4 jenis pengujian yang umum dilakukan, yaitu uji kuat tarik, perpanjangan putus, kekuatan sobek, dan ketahanan abrasi.

1. Kuat Tarik

Kuat tarik (*tensile strength*) adalah tegangan maksimum yang dapat ditahan oleh material saat diregangkan atau ditarik sebelum terjadi putus (Harahap *et al.*, 2020). Pengujian kekuatan tarik merupakan metode pengujian mekanik statis yang dilakukan dengan menarik sampel dari kedua ujungnya menggunakan gaya tarik sebesar P (Newton). Tujuan dari pengujian ini adalah untuk menentukan sifat-sifat mekanik tarik atau

kekuatan tarik dari komposit yang diuji. Perubahan panjang (Δl) yang terjadi akibat gaya tarik pada sampel uji dikenal sebagai deformasi. Pengujian kuat tarik kompon sol luar sepatu Adidas dilakukan menggunakan alat UTM (*Universal Testing Machine*). Prosedur pengujian kekuatan tarik mengacu pada SNI 778:2017.

2. Perpanjangan Putus

Perpanjangan putus (*breaking elongation*) merupakan pengujian fisis yang bertujuan untuk mengetahui tingkat kemuluran atau elastisitas dari material pada saat dilakukan regangan sampai mengalami putus (Nasruddin, 2019). Pengujian ini bertujuan untuk menentukan seberapa besar persentase penambahan panjang suatu sampel karet saat ditarik hingga putus (Harahap, 2020). Pengujian perpanjangan putus sol luar sepatu Adidas dilakukan menggunakan alat UTM (*Universal Testing Machine*). Prosedur pengujian perpanjangan putus mengacu pada SNI 778:2017.

3. Kuat Sobek

Ketahanan sobek (*tear strength*) merupakan besarnya tenaga yang dibutuhkan untuk menarik potongan uji yang telah diberi sobekan kecil dan ditarik sampai putus (Suharto *et al.*, 2021). Pengujian kuat sobek sol luar sepatu Adidas dilakukan menggunakan alat UTM (*Universal Testing Machine*). Prosedur pengujian kuat sobek kompon sol luar sepatu Adidas mengacu pada metode SNI ISO 20344 subpasal 8.2.

4. Ketahanan Abrasi

Pengujian ketahanan abrasi bertujuan untuk mengukur ketahanan kikis vulkanisat karet ketika digesek pada ampelas dengan kualitas tertentu, serta pada tekanan dan area yang telah ditentukan. Ketahanan abrasi merujuk pada kemampuan karet untuk tetap bertahan terhadap gesekan dengan benda lain selama penggunaannya (Marlina, 2014). Pengujian ini menggunakan *DIN Abrasion Test Machine* yang bertujuan untuk mengetahui kemampuan kikis dengan cara meggesekkan pada ampelas dengan mutu tertentu dengan tekanan dan area tertentu. Pengujian abrasi atau ketahanan kikis mengacu pada ISO 4649:2010.



BAB III

MATERI DAN METODE

A. Lokasi dan Waktu

Penelitian ini berlokasi di PT. TXX yang beralamat di Tangerang, Banten. Adapun waktu pelaksanaan penelitian dan proses pembuatan kompon dilakukan selama 2 bulan pada bulan April dan Mei 2024. Pengujian spesimen dalam skala laboratorium dilaksanakan di Workshop Karet dan Laboratorium Pengujian Politeknik ATK Yogyakarta pada bulan Juni 2024.

B. Metode Pelaksanaan Tugas Akhir

Penyusunan tugas akhir ini berupa *Problem Solving* (penyelesaian masalah) yang diperoleh pada saat magang. Selain itu, juga dilakukan studi literatur untuk memperoleh informasi dan teori yang relevan untuk membantu mengkaji permasalahan sebagai bahan rujukan dalam hasil pembahasan.

1. Studi Lapangan

Studi lapangan yaitu pengamatan secara langsung seluruh proses berkaitan dengan materi penelitian yang dilakukan selama proses magang. Sumber data yang diperoleh melalui observasi, wawancara, dan dokumentasi yang dilakukan oleh penulis di salah satu perusahaan *outsole* daerah Tangerang, Banten.

- a. Observasi dilakukan dengan cara mengamati atau melakukan secara langsung proses pembuatan produk sol luar sepatu adidas dari awal hingga akhir, dan mempelajari karakteristik dan jenis bahan yang digunakan.
- b. Wawancara dilakukan dengan tanya jawab kepada pembimbing magang, kepala produksi, ataupun karyawan produksi sol luar sepatu secara langsung mengenai objek yang diamati.
- c. Dokumentasi diperoleh berdasarkan hasil observasi dan data didapatkan dari hasil pengamatan secara langsung proses pengujian ataupun sumber lain yang dapat dibuktikan kebenarannya berupa gambar, pengumpulan data hasil observasi.

2. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan mencari referensi melalui buku, jurnal, dan lainnya yang bertujuan untuk mendapatkan teori – teori yang relevan dengan permasalahan tugas akhir serta mendukung analisa yang dilakukan terhadap hasil pengujian.

C. Materi Pelaksanaan Tugas Akhir

Materi pada tugas akhir ini yaitu dilakukan percobaan dengan memvariasikan jumlah bahan pengisi kaolin, di antaranya formulasi kontrol (tanpa kaolin), formulasi perusahaan (1,8 phr), *filler* kaolin 5 phr, 10 phr, 15 phr, 20 phr, dan 25 phr.

1. Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan untuk percobaan ini pada proses pembuatan kompon antara lain timbangan digital merek *Henherr* tipe BL – H2 – 6000 g, timbangan neraca analitik digital (Ohaus), *Two Roll Mill*, dan *Thermogun* (Krisbow). Peralatan yang digunakan pada proses pengujian dalam skala laboratorium antara lain, mesin *Hot Press Moulding*, mesin *Rheometer* tipe GT M2000 (GOTECH), *Universal Testing Machine* (UTM) merek Gester, *Abrasion Testing Machine* (DIN), dan *Durometer Shore A*.

Bahan yang digunakan untuk percobaan ini antara lain bahan baku utamanya yaitu karet alam, karet sintetis 1 dan karet sintetis 2. Sedangkan bahan – bahan aditif yang digunakan untuk percobaan ini, yaitu bahan pengisi Silika (SiO_2) (Omya) dan Kaolin 600 mesh (Diamond brand), *accelerator* jenis *thiuram*, *accelerator* jenis *thiazole 1*, *accelerator* jenis *thiazole 2*, 2 bahan *activator*, bahan *processing aids*, bahan antioksidan, bahan *processing oil*, bahan *vulcanizing agent*, pigmen berwarna merah cabe dan oranye.

2. Prosedur Kerja

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



Gambar 3.1 Tahapan proses percobaan tugas akhir

Prosedur kerja pada Gambar 3.1 terdiri dari 5 tahapan, yaitu preparasi bahan, pembuatan kompon, uji *rheologi* menggunakan *Rheometer*, pencetakan menggunakan mesin *Hot Press Moulding*, dan pengujian spesimen menggunakan mesin *Universal Testing Machine (UTM)* dan *Abrasion Testing Machine (DIN)*. Gambar 3.1

menunjukkan prosedur pembuatan *outsole* dari kompon karet. Penjelasan dari gambar

3.1 adalah sebagai berikut :

a) Preparasi bahan

Bahan – bahan yang digunakan disiapkan kemudian dilakukan penimbangan sesuai formulasi pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Formulasi variasi *filler* kaolin

Basis karet = 275 gram

No.	Jenis Bahan	PHR						
		Kontrol	Formulasi Perusahaan	Formulasi 1	Formulasi 2	Formulasi 3	Formulasi 4	Formulasi 5
1	Karet Sintetis 1	90,9	90,9	90,9	90,9	90,9	90,9	90,9
2	Karet Sintetis 2	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5
3	Karet Alam	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5
4	Silica	54,5	54,5	54,5	54,5	54,5	54,5	54,5
5	Kaolin	0	1,82	5	10	15	20	25
6	<i>Accelerator 1</i>	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
7	<i>Accelerator 2</i>	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
8	<i>Accelerator 3</i>	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
9	<i>Activator 1</i>	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
10	<i>Activator 2</i>	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5
11	<i>Processing Aid</i>	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5
12	Antioksidan	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
13	<i>Processing Oil</i>	11,3	11,3	11,3	11,3	11,3	11,3	11,3
14	<i>Vulcanizing Agent</i>	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2
15	Pigment Merah Cabe	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
16	Pigment Oranye	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4

Terdapat 6 jenis formulasi diantaranya formulasi kontrol (tanpa kaolin), formulasi perusahaan, formulasi 1, formulasi 2, formulasi 3, formulasi 4, dan formulasi 5. Semua bahan yang digunakan sama namun, yang berbeda hanya pada jumlah *filler* kaolin yang digunakan pada setiap formulasi. Filler kaolin dipilih untuk dipelajari karena kaolin menawarkan beberapa keuntungan potensial dalam formulasi karet, seperti peningkatan kekuatan mekanik,

penurunan biaya produksi, serta kemampuannya untuk mempengaruhi sifat-sifat karet seperti ketahanan aus dan fleksibilitas. Sebelum dilakukan penimbangan, dari formulasi tersebut dilakukan perhitungan berat bahan.

Metode Perhitungan Berat Bahan

PHR (*per hundred rubber*) merupakan metode yang digunakan dalam menyusun formulasi kompon karet. Dengan menggunakan metode ini lebih mudah dalam menghitung dan memperkirakan bahan yang digunakan lebih terstruktur. Satuan PHR digunakan untuk perhitungan rumus dimana bahan kimia lainnya dihitung sebagai bagian per 100 karet. Dalam penentuan formulasi PT.TXX menggunakan perhitungan berat dimana perhitungan berat juga diterapkan sebagai perbandingan dari perhitungan PHR.

$$PHR = \frac{\text{Berat bahan (kg)}}{\text{Berat Total Karet (kg)}} \times 100$$

$$\text{Berat Bahan} = \frac{PHR}{\text{Total PHR}} \times \text{Berat total bahan}$$

b) Pembuatan kompon

Pembuatan kompon menggunakan mesin *Two Roll Mill*. Tahapan pertama yaitu proses karet dilunakkan atau *mastikasi* dengan dimasukkan karet alam dan karet sintesis pada mesin *Two Roll Mill* sampai karet melunak secara merata dan disobek menggunakan cutter untuk mempercepat perataan. Kemudian dilakukan proses *masterbatch* yaitu pencampuran bahan aditif karet setelah pelunakan, dengan ditambahkan silika, kaolin, *accelerator*, *activator*,

processing aids, antioksidan, *processing oil*, *vulcanizing agent*, dan Pigmen. Setelah itu sulfur ditambahkan untuk proses vulkanisasi. Jika semua bahan sudah homogen, kompon dikeluarkan dari mesin *Two Roll Mill* dengan berbentuk lembaran kompon.

c) Uji Rheologi

Setelah pembuatan kompon dilakukan uji rheologi untuk mengetahui berapa lama waktu pencetakan untuk membuat plating tipis dan tebal. Pertama – tama spesimen uji rheologi dibuat dengan lembaran kompon dipotong berbentuk lingkaran dengan berat spesimen 10,2 gram disesuaikan dengan ukuran die pada rheometer. Kemudian spesimen dilakukan uji rheologi menggunakan mesin rheometer dengan menggunakan suhu 145°C berdasarkan standar industri atau spesifikasi material untuk memastikan kompon berada pada kondisi optimal dalam mengukur sifat alirannya. Suhu ini dipilih karena mencerminkan kondisi pemrosesan yang umum dalam industri karet, di mana sebagian besar proses vulkanisasi dan pencetakan berlangsung pada rentang suhu tersebut. Dengan menerapkan suhu dan berat spesimen yang telah ditentukan, uji rheologi dapat memberikan data yang akurat mengenai waktu pencetakan yang diperlukan untuk plating tipis dan tebal. Setelah ditemukan hasil t_{c90} , diketahui lama waktu pencetakan plating tipis kemudian dilakukan perhitungan untuk menentukan lama pencetakan plating tebal.

d) Pencetakan

Lembaran kompon kemudian dipotong sesuai pola cetakan. Kemudian dilakukan pencetakan menggunakan mesin *Hot Press Moulding* selama kurang lebih 3 – 4 menit untuk plating tipis, dan 13 – 17 menit untuk plating tebal dengan suhu 145°C yang sesuai dengan Tabel 3.2. Setelah pencetakan, dilakukan pemotongan bagian yang tidak diperlukan dan vulkanisat spesimen uji dicek kembali secara organoleptis untuk memastikan tidak adanya kecacatan.

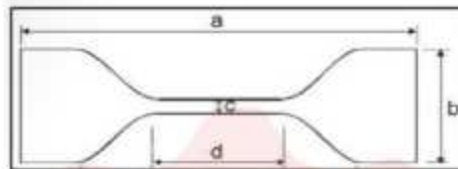
e) Pengujian

Pengujian dilakukan untuk mengetahui sifat fisik dari suatu produk. Pembuatan spesimen dilakukan sebelum pengujian sesuai dengan SNI 778:2017. Pengujian sifat fisik ini memiliki beberapa kategori yaitu uji kuat tarik, perpanjangan putus, kuat sobek dan ketahanan abrasi pada masing – masing pengujian dilakukan secara triplo 3 kali pengulangan.

1) Uji Kuat Tarik dan Perpanjangan Putus

Uji kuat tarik dan perpanjangan putus dilakukan dengan menggunakan alat UTM. Pengujian kuat tarik komposit karet memiliki dua bentuk spesimen yaitu bentuk *dumbbell* dan *straight*. *Dumbbell* bentuk yang paling sering digunakan, sedangkan bentuk *straight* digunakan pada saat bentuk *dumbbell* tidak bisa dibentuk atau dibuat. Pembuatan bentuk *dumbbell* menggunakan alat pembentuk yang disebut *cutting dumbbell*. *Dumbbell*

dibentuk dari lembaran – lembaran kompon atau komposit karet. Ketentuan dari ukuran spesimen *dumbbell* pengujian kuat tarik menurut SNI 778:2017 yang dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 *Dumbbell* pengujian kuat tarik dan perpanjangan putus
(Sumber : SNI 778:2017)

Keterangan :

- a) a adalah panjang keseluruhan (minimal) dengan panjang 115 mm,
- b) b adalah lebar ujung dengan ukuran $25 \pm 1,0$ mm,
- c) c adalah lebar proporsi sempit dengan ukuran 6,0 mm,
- d) d adalah panjang proporsi sempit $33 \pm 1,0$ mm.

Sampel yang sudah sesuai dengan prosedur pengukuran, kemudian diberi tanda pada bagian panjang proporsi sempit dengan jarak yang sama serta tegak lurus sumbu datarnya. Tebal sampel diukur pada bagian tengah menggunakan jangka sorong dengan ketelitian 0,01 mm, serta dihitung rata – ratanya. Sampel dipasang pada alat uji dengan memastikan bagian ujung kanan dan kiri sudah tercengkeram simetris dengan baik pada penjepit mesin UTM, kemudian dilakukan input hasil ukur tebal dan lebar spesimen pada komputer. Setelah alat uji dioperasikan kemudian dilakukan pengamatan selama proses pengujian hingga spesimen uji terputus.

2) Uji Kekuatan Sobek

Pengujian kuat sobek sol luar sepatu Adidas dilakukan menggunakan alat UTM. Prosedur pengujian kuat sobek sol luar sepatu Adidas mengacu pada metode ISO 20344 subpasal 8.2. Sampel uji dibentuk persegi panjang dengan ketebalan $2,0 \pm 0,2$ mm, lebar sampel 15 ± 1 mm dan panjang sampel ≥ 100 mm. Kemudian sampel dipotong dengan kedalaman 40 ± 5 mm pada bagian tengah. Sampel yang dipotong menjadi dua bagian yang masing – masing lebarnya $7,5 \pm 0,5$ mm sehingga lebar total sampel 15 ± 1 mm sesuai dengan gambar 3.3.



Gambar 3.3 Bentuk dan ukuran sampel uji kuat sobek

(Sumber : ISO 34-1:2015)

Pemasangan uji kekuatan sobek serta dipastikan penjepit mencengkeram sedemikian rupa agar sampel tidak bergeser saat dilakukan penyobekan dengan alat uji.

3) Uji Ketahanan Kikis

Pengujian abrasi atau ketahanan kikis mengacu pada ISO 4649:2010 yaitu dengan gaya vertikal 10 N melebihi jarak kikis sejauh 40 m. Sampel uji dipotong berbentuk silinder dengan diameter $16 \text{ mm} \pm 0,2 \text{ mm}$ dan tinggi minimal 6 mm.

Pengujian ini menggunakan DIN *Abration Test Machine* yang bertujuan untuk mengetahui kemampuan kikis dengan cara meggesekkan pada ampelas dengan mutu tertentu dengan tekanan dan area tertentu. Tahap awal pengujian yaitu persiapan alat dan bahan yang digunakan selama proses pengujian. Dalam persiapan alat yang perlu dilakukan adalah pemeriksaan kelengkapan alat yang digunakan serta pemeriksaan kelancaran fungsi alat, sedangkan dalam persiapan bahan dengan mengebor plat tebal agar membentuk spesimen uji abrasi berbentuk silinder, kemudian diperiksa ketebalan, diameter dan berat spesimen sebelum dilakukan pengujian. Setelah itu spesimen uji ditempatkan pada *Abration Test Machine* hingga sampel menyentuh kertas abrasive atau ampelas. Selanjutnya mesin dihidupkan kemudian tombol power ditekan lalu indikator di cek pada mesin apakah sudah sesuai berapa kali putaran sesuai ketentuan. Tombol *start* ditekan untuk memulai pengujian, dan tombol *stop* untuk menghentikan mesin uji. Untuk berat sampel dicatat sebelum dan sesudah pengujian untuk dihitung sebagai data hasil abrasi. Berikut perhitungan nilai ketahanan kikis produk karet sesuai dengan ISO 4649:2010 :

$$\Delta V_{rel} = \frac{\Delta m_t \Delta m_{const}}{\rho_t \Delta m_r}$$

Keterangan :

Δm_t : perubahan massa spesimen uji setelah pengujian abrasi (mg)

Δm_{const} : massa konstanta atau massa bahan referensi yang digunakan untuk normalisasi atau pembandingan dalam perhitungan. (mg)

ρ_t : densitas spesimen uji (mg/mm³)

Δm_r : Perubahan massa referensi. Ini adalah perubahan massa dari bahan referensi atau kontrol yang digunakan untuk menentukan perubahan relatif (mg).

