

**ANALISIS PENGARUH JUMLAH CARBON BLACK 90, 93, 95 PHR
TERHADAP SIFAT FISIK DAN MEKANIK UNTUK
APLIKASI SEAL O-RING**



UNIVERSITAS
MERCU BUANA

NAMA : JANOTTAMA WERDHABUDI
NIM : 41323110030

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCU BUANA
JAKARTA 2025**

LAPORAN TUGAS AKHIR

ANALISIS PENGARUH JUMLAH CARBON BLACK 90, 93, 95 PHR TERHADAP SIFAT FISIK DAN MEKANIK UNTUK APLIKASI SEAL O-RING



Disusun Oleh :

Nama	: Janottama Werdhabudi
NIM	: 41323110030
Program Studi	: Teknik Mesin

DIAJUKAN UNTUK MEMENUHI SYARAT KELULUSAN MATA KULIAH
TUGAS AKHIR PADA PROGRAM SARJANA STRATA SATU (S1)
AGUSTUS 2025

HALAMAN PENGESAHAN

Laporan Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Janottama Werdhabudi

NIM : 41323110030

Program Studi : Teknik Mesin

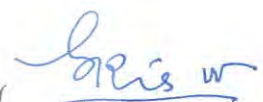
Judul Laporan Skripsi : Analisis Pengaruh Jumlah *Carbon Black* 90, 93, 95 Phr Terhadap Sifat Fisik dan Mekanik Untuk Aplikasi Seal O-Ring

Telah berhasil dipertahankan di sidang pada hadapan Dewan Penguji serta diterima menjadi bagian persyaratan yang diharapkan untuk memperoleh gelar Sarjana Strata 1 pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana.

Disahkan oleh :

Pembimbing : Haris Wahyudi, S.T., M.Sc

NIDN : 0329037803

()

Penguji 1 : Nurato , S.T., M.T., Ph.D

NIDN : 0313047302

()

Penguji 2 : Dafit Feriyanto, S.T., M.Eng., Ph.D

NIDN : 0310029004

()

Jakarta, 30 Juli 2025

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik



Dr. Zulfia Fitri Ikatrianasari, M.T.

Kaprodi Teknik Mesin



Dr. Eng. Imam Hidayat, S.T., M.T.

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini,

Nama : Janottama Werdhabudi

NIM : 41323110030

Program Studi : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

Judul Laporan Skripsi : Analisis Pengaruh Jumlah *Carbon Black* 90, 93, 95 Phr Terhadap Sifat Fisik dan Mekanik Untuk Aplikasi Seal O-Ring

Dengan ini menyatakan bahwa saya melakukan Tugas Akhir dengan sesungguhnya dan hasil penulisan Laporan Tugas Akhir yang telah saya buat ini merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata di kemudian hari penulisan Laporan Tugas Akhir ini merupakan hasil plagiat atau penjiplakan terhadap karya orang lain, maka saya bersedia mempertanggungjawabkan sekaligus bersedia menerima sanksi berdasarkan aturan di Universitas Mercu Buana.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa paksaan.

MERCU BUANA

Jakarta, 30 Juli 2025



Janottama Werdhabudi

PENGHARGAAN

Puji syukur selalu dan tidak lupa penulis panjatkan kepada ke hadirat Tuhan yang Maha Esa yang telah memberikan kemudahan penulis sehingga bisa menuntaskan Tugas Akhir dengan tepat waktu.

Dalam proses melaksanakan kegiatan serta penyusunan Laporan Tugas Akhir, penulis menyadari begitu banyak bantuan serta dukungan dari berbagai pihak, baik secara moral maupun langsung. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis ingin memberikan ucapan terima kasih sebanyak-banyaknya kepada :

1. Prof. Dr. Ir. Andi Adriansyah, M.Eng., selaku Rektor Universitas Mercu Buana.
2. Dr. Zulfia Fitri Ikatrianasari, M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.
3. Dr. Eng. Imam Hidayat, S.T., M.T., selaku Kepala Program Studi sekaligus Koordinator Tugas Akhir Teknik Mesin.
4. Nurato, S.T., M.T., Ph.D selaku Sekretaris Program Studi Teknik Mesin.
5. Haris Wahyudi, ST. M.Sc selaku pembimbing tugas akhir yang telah meluangkan waktu dan memberikan arahan kepada saya.
6. Nurato, S.T., M.T., Ph.D sebagai ketua penguji sidang tugas akhir.
7. Dafit Feriyanto, S.T., M.Eng., Ph.D sebagai penguji 1 sidang tugas akhir.
8. Seluruh jajaran dosen, staf dan karyawan Teknik Mesin Universitas Mercu Buana yang selalu membantu dalam hal penyusunan tugas akhir.
9. Anik Juwaryah, S.Sos. dan Alm. Ir. Benny Indarto Koesparmanto (alm) sebagai orang tua kandung yang telah membesarkan saya, serta memberikan pendidikan terbaik untuk saya dari masa kecil sampai saat ini.
10. Nandhini Dhairya Namaskerty, S.T. dan Bimo Prakoso S.T. sebagai kakak kandung dan kakak ipar yang sudah memberikan doa, semangat, motivasi dan perhatiannya yang sangat luar biasa kepada saya, sehingga saya dapat menyelesaikan program sarjana.
11. Putri Ceria Agustina, S.T sebagai istri sudah memberikan doa, semangat, motivasi, dan perhatiannya yang sangat luar biasa kepada saya, sehingga saya dapat menyelesaikan program sarjana.

12. Rekan-rekan saya di tempat kerja, yang tidak bisa saya sebutkan satu per satu, yang sering menjadi rekan untuk bertukar pikiran sehingga melancarkan penelitian saya

Penulis sangat menyadari masih terdapat banyak kekurangan pada laporan ini. Hal tersebut tidak lain sebab keterbatasan pengetahuan yang dimiliki penulis. Melalui lembar penghargaan ini penulis menyampaikan permohonan maaf atas segala kekurangan dalam penyusunan laporan kerja Tugas Akhir ini. Semoga laporan Tugas Akhir ini bisa memberikan manfaat bagi semua pihak yang membaca.

Jakarta, 30 Juli 2025.



Janottama Werdhabudi



ABSTRAK

PT XYZ Indonesia pada saat pengembangan produk seal o-ring untuk rumah filter oli memiliki masalah terhadap nilai kekerasan yang tidak sesuai spesifikasi teknik JIS B 2401 kelas 1A. Kompon karet dengan formula original yang mengandung *carbon black* sebesar 83 phr menunjukkan nilai kekerasan sebesar 63 Shore A, kekuatan tarik sebesar 17,83 MPa, dan nilai perpanjangan putus sebesar 703% pada kondisi normal. Untuk meningkatkan nilai kekerasannya maka dilakukan penambahan bahan pengisi yaitu *carbon black* N774 dengan jumlah 90, 93 dan 95 Phr. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan, menguji dan menganalisa hasil penggunaan 90, 93 dan 95 Phr terhadap sifat fisik dan mekanik kompon karet untuk aplikasi seal o-ring. Penelitian diawali dengan melakukan perancangan formula kompon karet, melakukan pembuatan kompon karet, rheometer *test*, pembuatan vulkanisat, pengujian sifat fisik dan mekanik. Hasil dari penelitian ini adalah nilai kekerasan formula 1 (CB 90 Phr) memiliki nilai kekerasan 70 *shore* A dan nilai kekerasan formula 2 (CB 93 Phr) memiliki nilai kekerasan 72 *shore* A. Untuk Formula 3 (CB 95 Phr) tidak memenuhi spesifikasi teknik JIS B2401 kelas 1A. penggunaan carbon black berpengaruh terhadap nilai kekerasan, kekuatan tarik, perpanjangan putus, pemampatan tetap, ketahanan pengusangan panas, ketahanan terhadap minyak IRM 901 dan 903.

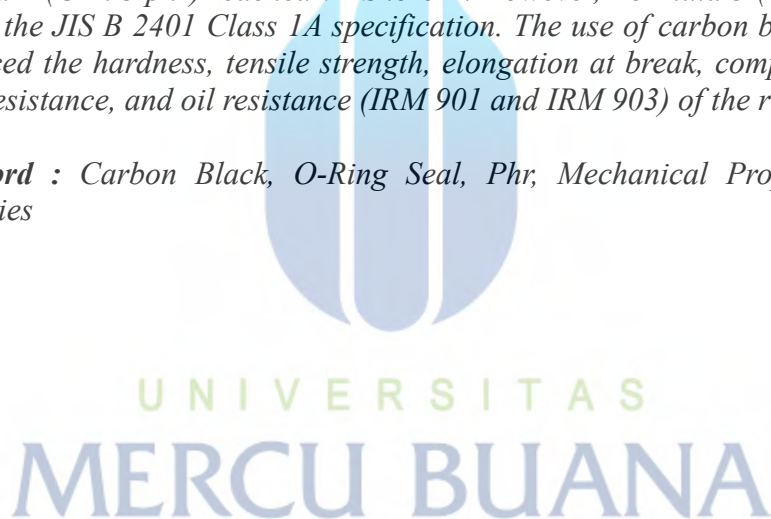
Kata kunci : *Carbon Black*, Seal O-Ring, Phr , Sifat Mekanik, Sifat Fisik



Analysis of the Effect of the Amount of Carbon Black 90, 93, 95 Phr on Physic and Mechanical Properties for O-Ring Seal Applications
ABSTRACT

During the development of O-ring seal products for oil filter housing applications, PT XYZ Indonesia encountered an issue with hardness values that did not comply with the JIS B 2401 Class 1A technical specification. The original rubber compound formulation containing 83 phr of carbon black exhibited a hardness value of 63 Shore A, tensile strength of 17.83 MPa, and elongation at break of 703% under normal conditions. To improve the hardness performance, a reinforcing filler—carbon black N774—was added at concentrations of 90, 93, and 95 phr. This study aims to develop, test, and analyze the effect of using these concentrations on the physical and mechanical properties of rubber compounds intended for O-ring seal applications. The research began with the formulation design, compound fabrication, rheometer testing, vulcanization, and evaluation of physical and mechanical characteristics. The results showed that the hardness value of Formula 1 (CB 90 phr) was 70 Shore A, and Formula 2 (CB 93 phr) reached 72 Shore A. However, Formula 3 (CB 95 phr) failed to meet the JIS B 2401 Class 1A specification. The use of carbon black significantly influenced the hardness, tensile strength, elongation at break, compression set, heat aging resistance, and oil resistance (IRM 901 and IRM 903) of the rubber compound.

Key word : Carbon Black, O-Ring Seal, Phr, Mechanical Properties, Physical Properties



UNIVERSITAS
MERCU BUANA

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	I
HALAMAN PERNYATAAN	II
PENGHARGAAN	III
ABSTRAK	V
<i>ABSTRACT</i>	VI
DAFTAR ISI	VII
DAFTAR GAMBAR	XI
DAFTAR TABEL	XV
DAFTAR SIMBOL	XIX
DAFTAR SINGKATAN	XX
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 LATAR BELAKANG	1
1.2 RUMUSAN MASALAH	3
1.3 TUJUAN PENELITIAN	3
1.4 MANFAAT PENELITIAN	4
1.5 RUANG LINGKUP DAN BATASAN MASALAH	4
1.6 SISTEMATIKA PENULISAN	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 PENELITIAN TERDAHULU	7
2.2 POLIMER	14
2.2.1 Klasifikasi Polimer	14
2.3 ELASTOMER	18
2.3.1 Karet alam (<i>Natural rubber</i>)	21
2.3.2 Karet sintetis (<i>Synthetic rubber</i>)	23
2.4 KOMPON KARET	27
2.4.1 Material pengisi	28
2.4.2 Material pemvulkanisir	30
2.4.3 Material pencepat	31
2.4.4 Material pengiat & <i>Retarder</i>	33
2.4.5 Material antidegradan	33

2.4.6	Material antioksidan	33
2.4.7	Material antiozonan	33
2.4.8	Material pembantu proses	34
2.4.9	Material pemplastis	34
2.5	PENCAMPURAN KOMPON (<i>COMPOUND MIXING</i>)	34
2.6	PARAMETER VULKANISASI DAN PROSES MANUFAKTUR KARET	36
2.6.1	Parameter vulkanisasi	38
2.6.2	Proses manufaktur karet	39
2.7	SEAL	42
2.7.1	Seal statis	43
2.7.2	Seal dinamis	43
2.8	SEAL O-RING	44
2.8.1	Mekanisme kerja seal o-ring	45
2.8.2	Pemilihan material elastomer	46
2.9	PENGUJIAN SIFAT MEKANIK DAN FISIK MATERIAL	46
2.9.1	Pengujian kekerasan	47
2.9.2	Pengujian kekuatan tarik dan perpanjangan putus	48
2.9.3	Pengujian rheometer	51
2.9.4	Pengujian berat jenis	52
2.9.5	Pengujian pemampatan tetap	53
2.9.6	Pengujian pengusangan panas	55
2.9.7	Pengujian perendaman dengan minyak	56
2.10	PER HUNDRED RUBBER (Phr)	60
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		61
3.1	DIAGRAM ALIR PENELITIAN	61
3.2	PROSEDUR PENELITIAN	65
3.2.1	Perancangan Formula kompon karet	65
3.2.2	Pembuatan kompon karet	67
3.2.3	Pembuatan vulkanisat	70
3.2.4	Pengujian sifat mekanik dan fisik	73
3.3	ALAT DAN BAHAN	81
3.3.1	Alat	81

3.3.2	Bahan	89
3.4	SYARAT UJI MUTU PENGUJIAN MEKANIK DAN FISIK	91
3.5	WAKTU DAN TEMPAT	92
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	93
4.1	PENDAHULUAN	93
4.2	PENCAMPURAN MATERIAL KOMPON KARET FORMULA 1,2,3	93
4.3	PEMBUATAN VULKANISAT FORMULA KOMPON KARET 1,2,3	94
4.4	PENGUJIAN WAKTU PEMATANGAN	94
4.5	PENGUJIAN KEKERASAN	97
4.5.1	Kondisi Normal	97
4.5.2	Kondisi Pengusangan Panas	99
4.5.3	Kondisi perendaman dengan minyak IRM 901	102
4.5.4	Kondisi perendaman dengan minyak IRM 903	104
4.6	PENGUJIAN KEKUATAN TARIK	107
4.6.1	Kondisi Normal	107
4.6.2	Kondisi pengusangan panas	109
4.6.3	Kondisi perendaman dengan Minyak IRM 901	112
4.6.4	Kondisi perendaman dengan Minyak IRM 903	115
4.7	PENGUJIAN PERPANJANGAN PUTUS	118
4.7.1	Kondisi Normal	118
4.7.2	Kondisi pengusangan panas	120
4.7.3	Kondisi perendaman minyak IRM 901	123
4.7.4	Kondisi perendaman minyak IRM 903	125
4.8	PENGUJIAN BERAT JENIS	128
4.9	PENGUJIAN PERUBAHAN VOLUME SETELAH PERENDAMAN MINYAK	131
4.9.1	Perubahan volume perendaman minyak IRM 901	131
4.9.2	Perubahan volume perendaman minyak IRM 903	134
4.10	PENGUJIAN PEMAMPATAN TETAP	138
4.11	HASIL PENGUJIAN SIFAT FISIK DAN MEKANIK	142

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	149
5.1 KESIMPULAN	149
5.2 SARAN	151
DAFTAR PUSTAKA	152



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Homopolimer	15
Gambar 2. 2 Heteropolimer	15
Gambar 2. 3 Rantai polimer semi kristalin	16
Gambar 2. 4 Rantai polimer <i>amorf</i>	17
Gambar 2. 5 Bentuk dasar struktur polimer	17
Gambar 2. 6 Komponen material elastomer pada sepeda motor	18
Gambar 2. 7 Kurva tegangan-regangan untuk polimer	19
Gambar 2. 8 Klasifikasi sumber karet.	19
Gambar 2. 9 Perbandingan tegangan dan regangan	20
Gambar 2. 10 Pohon <i>Hevea Brasiliensis</i>	22
Gambar 2. 11 Penyadapan lateks	22
Gambar 2. 12 Skema proses produksi karet alam	23
Gambar 2. 13 Grafik klasifikasi bahan pengisi	29
Gambar 2. 14 Klasifikasi <i>carbon black</i> menurut ASTM	30
Gambar 2. 15 <i>Open roll mixing</i>	35
Gambar 2.16 <i>Internal Mixing</i>	36
Gambar 2. 17 Ikatan silang (<i>Crosslink</i>) dari karet	37
Gambar 2. 18 Parameter Vulkanisasi	38
Gambar 2. 19 Cetakan kompresi	40
Gambar 2. 20 Cetakan transfer	41
Gambar 2. 21 Cetakan injeksi	42
Gambar 2. 22 Klasifikasi seal	43
Gambar 2. 23 Gasket	43
Gambar 2. 24 Seal <i>rod hydrolic</i>	44
Gambar 2. 25 Seal o-ring	44
Gambar 2. 26 Proses <i>sealing</i> seal o-ring	45
Gambar 2. 27 Mekanisme kerja seal o-ring	45
Gambar 2. 28 Ketahanan elastomer terhadap panas dan minyak	46
Gambar 2. 29 Ilustrasi identasi dengan inderter <i>Shore A dan Shore D</i>	47
Gambar 2. 30 Vulkanisat uji kekerasan	48
Gambar 2. 31 Skema uji tarik	48

Gambar 2. 32 Gambaran singkat uji tarik	50
Gambar 2. 33 Diagram tegangan dengan regangan	50
Gambar 2. 34 Vulkanisat uji tarik <i>dumbbell</i> No.3	51
Gambar 2. 35 Mesin uji rheometer	51
Gambar 2. 36 Bentuk dan dimensi vulkanisat uji berat jenis	52
Gambar 2. 37 Ilustrasi proses pemampatan tetap pada seal o-ring	53
Gambar 2. 38 Ilustrasi pengujian pemampatan tetap	53
Gambar 2. 39 Ilustrasi pengujian pengusangan panas	55
Gambar 2. 40 Ilustrasi pengujian perendaman dengan minyak	58
Gambar 3. 1 Diagram alir penelitian	61
Gambar 3. 2 Proses penimbangan material	68
Gambar 3. 3 Pengecekan suhu sebelum mastikasi	69
Gambar 3. 4 Proses pembuatan <i>masterbatch</i> I	69
Gambar 3. 5 Proses <i>masterbatch</i> II (<i>mixing</i> 2)	70
Gambar 3. 6 <i>Preforming</i>	70
Gambar 3. 7 Proses <i>molding</i>	71
Gambar 3. 8 Vulkanisat setelah proses <i>trimming</i>	72
Gambar 3. 9 Pembentukan vulkanisat	73
Gambar 3. 10 Pengujian rheometer	73
Gambar 3. 11 Proses pengujian kekerasan	74
Gambar 3. 12 Pengujian kekuatan tarik dan perpanjangan putus	76
Gambar 3. 13 Pengujian berat jenis	77
Gambar 3. 14 Pengujian pemampatan tetap	78
Gambar 3. 15 Pengujian pengusangan panas	79
Gambar 3. 16 Proses pengujian perendaman dengan minyak	80
Gambar 3. 17 <i>Electronic weighing scale</i>	81
Gambar 3. 18 <i>Open roll mixing machine</i>	82
Gambar 3. 19 <i>Compressed hot press machine</i>	83
Gambar 3. 20 <i>Automatic hardness shore A</i>	84
Gambar 3. 21 <i>Mold</i>	84
Gambar 3. 22 <i>Universal testing machine</i>	85
Gambar 3. 23 Densimeter	86
Gambar 3. 24 <i>Punching tools</i>	87

Gambar 3. 25 <i>Oven heat aging</i>	87
Gambar 3. 26 <i>Oven oil immersion</i>	88
Gambar 3. 27 <i>Compression plate</i>	88
Gambar 3. 28 <i>Rheometer machine</i>	89
Gambar 4. 1 Permukaan kompon karet	94
Gambar 4. 2 Bentuk Vulkanisat	94
Gambar 4. 3 Grafik hasil pengujian rheometer kompon karet formula 1	95
Gambar 4. 4 Grafik hasil pengujian rheometer kompon karet formula 2	95
Gambar 4. 5 Grafik hasil pengujian rheometer kompon karet formula 3	96
Gambar 4. 6 Grafik hasil pengujian kekerasan vulkanisat kondisi normal	98
Gambar 4. 7 Grafik hasil pengujian kekerasan vulkanisat kondisi normal dan kondisi pengusangan panas	100
Gambar 4. 8 Grafik hasil pengujian kekerasan vulkanisat kondisi normal dan kondisi perendaman minyak IRM 901	103
Gambar 4. 9 Grafik hasil pengujian kekerasan vulkanisat kondisi normal dan kondisi perendaman minyak IRM 903	105
Gambar 4. 10 Grafik hasil pengujian kekuatan tarik kondisi normal	108
Gambar 4. 11 Grafik hasil pengujian kekuatan tarik vulkanisat kondisi normal dan kondisi pengusangan panas	110
Gambar 4. 12 Grafik hasil pengujian kekuatan tarik vulkanisat kondisi normal dan perendaman dengan minyak IRM 901	113
Gambar 4. 13 Grafik hasil pengujian kekuatan tarik vulkanisat kondisi normal dan perendaman dengan minyak IRM 903	116
Gambar 4. 14 Grafik hasil pengujian perpanjangan putus vulkanisat kondisi normal	119
Gambar 4. 15 Grafik hasil pengujian perpajangan putus kondisi normal dan kondisi pengusangan panas	121
Gambar 4. 16 Grafik hasil pengujian perpajangan putus kondisi normal dan kondisi perendaman minyak IRM 901	124
Gambar 4. 17 Grafik hasil pengujian perpajangan putus kondisi normal dan kondisi perendaman minyak IRM 903	126
Gambar 4. 18 Pengujian berat vulkanisat di udara dan di dalam air kondisi normal	129

Gambar 4. 19 Pengujian berat vulkanisat setelah perendaman minyak IRM 901 dan di dalam air kondisi normal	133
Gambar 4. 20 Pengujian berat vulkanisat setelah perendaman minyak IRM 903 dan di dalam air kondisi normal	137
Gambar 4. 21 Ketebalan <i>large test pieces</i> normal dan sesudah <i>pengusangan panas</i>	140



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1	Penelitian terdahulu	7
Tabel 2. 2	Karakteristik karet silikon	24
Tabel 2. 3	Karakteristik karet NBR	25
Tabel 2. 4	Karakteristik karet EPDM	25
Tabel 2. 5	Karakteristik karet H-NBR	26
Tabel 2. 6	Karakteristik karet ACM	26
Tabel 2. 7	Karakteristik karet FKM	27
Tabel 2. 8	Material pencepat menurut fungsinya	32
Tabel 2. 9	Material pencepat menurut reaksinya terhadap vulkanisasi	32
Tabel 2. 10	Ukuran vulkanisat pengujian pemampatan tetap	54
Tabel 2. 11	Dimensi ketebalan pembatas pengujian pemampatan tetap	54
Tabel 2. 12	Pengujian pemampatan tetap berdasarkan kekerasan dari vulkanisat	54
Tabel 2. 13	Spesifikasi dan sifat fisik minyak IRM 901 dan IRM 903	57
Tabel 3. 1	Formula kompon karet	65
Tabel 3. 2	Berat komposisi formula kompon karet	67
Tabel 3. 3	Spesifikasi <i>electronic weighing scale</i>	81
Tabel 3. 4	Spesifikasi <i>open roll mixing machine</i>	82
Tabel 3. 5	Spesifikasi <i>compressed hot press machine</i>	82
Tabel 3. 6	Spesifikasi <i>shore A hardness tester machine</i>	83
Tabel 3. 7	Spesifikasi <i>universal testing machine</i>	84
Tabel 3. 8	Spesifikasi densimeter.	85
Tabel 3. 9	Spesifikasi <i>punching tools dan die</i>	86
Tabel 3. 10	Spesifikasi <i>oven heat aging</i>	87
Tabel 3. 11	Spesifikasi <i>oven oil immersion</i>	88
Tabel 3. 12	Spesifikasi rheometer.	89
Tabel 3. 13	Fungsi material penyusun kompon karet	90
Tabel 3. 14	Syarat uji mutu pengujian pengujian mekanik dan fisik	91
Tabel 4. 1	Data hasil pengujian rheometer kompon karet formula 1-3	95
Tabel 4. 2	Hasil pengujian kekerasan vulkanisat pada kondisi normal	98
Tabel 4. 3	Hasil pengujian kekerasan vulkanisat setelah kondisi pengusangan panas	100

Tabel 4. 4	Nilai perubahan kekerasan vulkanisat pada masing-masing formula kondisi pengusangan panas	101
Tabel 4. 5	Hasil pengujian kekerasan vulkanisat setelah kondisi perendaman minyak IRM 901	102
Tabel 4. 6	Nilai perubahan kekerasan vulkanisat pada masing-masing formula perendaman minyak IRM 901	103
Tabel 4. 7	Hasil pengujian kekerasan vulkanisat pada kondisi perendaman minyak IRM 903	105
Tabel 4. 8	Nilai perubahan kekerasan vulkanisat pada masing-masing formula perendaman minyak IRM 903	106
Tabel 4. 9	Hasil pengujian kekuatan tarik vulkanisat pada kondisi normal	107
Tabel 4. 10	Hasil pengujian kekuatan tarik vulkanisat pada kondisi pengusangan panas	110
Tabel 4. 11	Nilai perubahan kekuatan tarik vulkanisat pada masing-masing formula setelah proses pengusangan panas	111
Tabel 4. 12	Hasil pengujian kekuatan tarik vulkanisat pada kondisi perendaman dengan minyak IRM 901	112
Tabel 4. 13	Nilai perubahan kekuatan tarik vulkanisat pada masing-masing formula setelah proses perendaman dengan minyak IRM 901	114
Tabel 4. 14	Hasil pengujian kekuatan tarik vulkanisat pada kondisi perendaman dengan minyak IRM 903	115
Tabel 4. 15	Nilai perubahan kekuatan tarik vulkanisat pada masing-masing formula setelah proses perendaman dengan minyak IRM 903	116
Tabel 4. 16	Hasil pengujian perpanjangan putus vulkanisat pada kondisi normal	118
Tabel 4. 17	Hasil pengujian perpanjangan putus vulkanisat pada kondisi pengusangan panas	120
Tabel 4. 18	Nilai perubahan perpanjangan putus vulkanisat pada masing-masing formula setelah proses pengusangan panas	121
Tabel 4. 19	Hasil pengujian perpanjangan putus vulkanisat pada kondisi perendaman minyak IRM 901	123

Tabel 4. 20	Nilai perubahan perpanjangan putus vulkanisat pada masing-masing Formula setelah proses perendaman minyak IRM 901	124
Tabel 4. 21	Hasil pengujian perpanjangan putus vulkanisat pada kondisi perendaman minyak IRM 903	126
Tabel 4. 22	Nilai perubahan perpanjangan putus vulkanisat pada masing-masing formula setelah proses perendaman minyak IRM 903	127
Tabel 4. 23	Hasil pengujian berat vulkanisat di udara pada Formula 1, Formula 2 dan Formula 3	128
Tabel 4. 24	Hasil pengujian berat vulkanisat di dalam air pada formula 1, formula 2 dan Formula 3	129
Tabel 4. 25	Nilai berat jenis pada kondisi normal	130
Tabel 4. 26	Hasil pengujian berat vulkanisat di udara pada formula 1, formula 2 dan formula 3 setelah kondisi perendaman minyak IRM 901	132
Tabel 4. 27	Hasil pengujian berat vulkanisat di dalam air pada formula 1, formula 2 dan formula 3 setelah kondisi perendaman minyak IRM 901	132
Tabel 4. 28	Nilai perubahan volume pada formula 1, formula 2 dan formula setelah kondisi perendaman minyak IRM 901	133
Tabel 4. 29	Hasil pengujian berat vulkanisat di udara pada formula 1, formula 2 dan formula 3	135
Tabel 4. 30	Hasil pengujian berat vulkanisat di dalam air pada formula 1, formula 2 dan formula 3	135
Tabel 4. 31	Hasil pengujian berat vulkanisat di udara pada formula 1, formula 2 dan formula 3 setelah kondisi perendaman minyak IRM 903	136
Tabel 4. 32	Hasil pengujian berat vulkanisat di dalam air pada formula 1, formula 2 dan formula 3 setelah kondisi perendaman minyak IRM 903	136
Tabel 4. 33	Nilai perubahan volume pada formula 1- 3 setelah kondisi perendaman minyak IRM 903	137
Tabel 4. 34	Hasil pengukuran <i>large test pieces</i> kondisi normal	139
Tabel 4. 35	Hasil pengukuran <i>large test pieces</i> setelah kondisi pengusangan panas	139
Tabel 4. 36	Nilai pemampatan tetap vulkanisat pada masing-masing formula setelah proses pengusangan panas	140
Tabel 4. 37	Hasil Pengujian mekanik vulkanisat kompon karet formula 1	142

Tabel 4. 38	Hasil pengujian fisik vulkanisat kompon karet formula 1	143
Tabel 4. 39	Hasil Pengujian mekanik vulkanisat kompon karet formula 2	144
Tabel 4. 40	Hasil pengujian fisik vulkanisat kompon karet formula 2	145
Tabel 4. 41	Hasil Pengujian mekanik vulkanisat kompon karet formula 3	146
Tabel 4. 42	Hasil pengujian fisik vulkanisat kompon karet formula 3	147



DAFTAR SIMBOL

Simbol	Keterangan
σ	Tegangan
F	Gaya tarikan
A	Luas penampang
ε	Regangan
L ₀	Panjang awal
ΔL	Pertambahan panjang
M ₁	Berat vulkanisat pada suhu ruang
M ₂	Berat vulkanisat dalam cairan
ρ	Berat jenis
h ₀	Ketebalan vulkanisat pada suhu ruang
h ₁	Ketebalan vulkanisat setelah dikondisikan pada tekanan, suhu dan waktu tertentu
h _s	Tebal pembatas alat uji pemampatan tetap
H ₁	Kekerasan kondisi pada suhu ruang
H ₂	Kekerasan setelah kondisi
ΔH	Perubahan kekerasan
σ_0	Kekuatan tarik pada suhu ruang
σ_1	Kekuatan tarik setelah kondisi
σ_b	Perubahan kekuatan tarik
ε_0	Perpanjangan putus pada suhu ruang
ε_1	Perpanjangan putus setelah kondisi
M _{1w}	Selisih berat vulkanisat pada suhu ruang
M _{2w}	Selisih berat vulkanisat pada suhu ruang setelah direndam dengan cairan minyak
ΔM	Perubahan berat
ΔV	Perubahan volume

DAFTAR SINGKATAN

Simbol	Keterangan
ATPM	Agen Tunggal Pemegang Merk
CB	<i>Carbon black</i>
Bt	<i>Bentonite</i>
CBS	<i>N-Cyclohexylbenzothiazol-2-sulphenamide</i>
Phr	<i>Per Hundered Rubber</i>
Eb	<i>Elongation at break</i>
M100	Modulus Perpanjangan 100%
M300	Modulus Perpanjangan 300%
RPA	<i>Rubber Process Analyzer</i>
SEM	<i>Scanning Electron Micrograph</i>
TETD	<i>Tetraethylthiuram Disulfide</i>
TGA	<i>Thermogravimetric Analysis</i>
TMDQ	<i>2,4,5-Trimethoxydalbergiquinol</i>
Ts	<i>Tensile Strength</i>
ZMBL	<i>Zinc salt of 2-mercaptobenzimidazole</i>

UNIVERSITAS
MERCU BUANA