PENGEMBANGAN MATERIAL KOMPOSIT SILIKON *ELASTOMER* UNTUK *ROLLER* SILIKON MESIN *CAPPING*

TESIS

ARIE UMARWAN
55824110002

PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCU BUANA
JAKARTA
2026

lib.mercubuana.ac.id

PENGEMBANGAN MATERIAL KOMPOSIT SILIKON *ELASTOMER* UNTUK *ROLLER* SILIKON MESIN *CAPPING*

TESIS

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Magister

ARIE UMARWAN
55824110002

PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCU BUANA
JAKARTA
2026

lib.mercubuana.ac.id

HALAMAN PERNYATAAN KARYA SENDIRI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama	:	Arie Umarwan
NIM	:	55824110002
Fakultas/Program Studi	:	Fakultas Teknik / Magister Teknik Mesin

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa Tesis berjudul: " Pengembangan Material Komposit Silikon *Elastomer* Untuk *Roller* Silikon Mesin *Capping*" adalah hasil karya saya sendiri, tidak mengandung unsur plagiarisme, pelanggaran hak cipta, atau konten ilegal dalam bentuk apapun dan tidak melanggar hukum atau hak pihak manapun.

Apabila di kemudian hari ditemukan pelanggaran terhadap pernyataan ini, saya bersedia menanggung seluruh konsekuensi hukum dan membebaskan Universitas Mercu Buana dari segala bentuk tuntutan hukum dan saya siap mendapatkan sanksi akademis yang berlaku di Universitas Mercu Buana.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya untuk digunakan sebagaimana mestinya.

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

Jakarta, 2 September 2026



Arie Umarwan.

lib.mercubuana.ac.id

SURAT KETERANGAN HASIL *SIMILARITY*

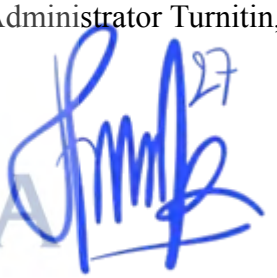
Menerangkan bahwa Jurnal / Karya Ilmiah / Laporan Tugas Akhir pada BAB I, BAB III, BAB IV, dan BAB V / Praktek Keinsinyuran atas nama:

Nama	**:**	**Arie Umarwan**
NIM	**:**	**55824110002**
Program Studi	**:**	**Magister Teknik Mesin**
Judul Tugas Akhir / Tesis / Praktek Keinsinyuran	**:**	**Pengembangan material komposit silikon elastomer untuk roller silikon mesin capping**

Telah dilakukan pengecekan *Similarity* menggunakan aplikasi/sistem *Turnitin* pada **Jumat, 11 September 2026** dengan hasil presentase sebesar **16 %** dan dinyatakan memenuhi standar sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.
Demikian surat keterangan ini dibuat dan digunakan sebagaimana mestinya.

Jakarta, 11 September 2026

Administrator Turnitin,



Itmam Haidi Syarif

UNIVERSITAS MERCU BUANA

HALAMAN PENGESAHAN

Tesis ini diajukan oleh:

Nama	:	Arie Umarwan
NIM	:	55824110002
Fakultas/Program Studi	:	Fakultas Teknik / Magister Teknik Meisn
Judul Tesis	:	Pengembangan Material Komposit Silikon *Elastomer* Untuk *Roller* Silikon Mesin *Capping*

Telah berhasil dipertahankan pada sidang tanggal 2 September 2026 di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Magister pada Program Studi Magister Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.

Disahkan oleh:

Pembimbing

Sagir Alva, S.Si, M.Sc, Ph.D
NIDN/NUPTK: 0313037707

UNIVERSITAS MERCU BUANA

Jakarta, 2 September 2026
Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik

Dr. Zulfa Fitri Ikatrinasari, MT
NIDN/NUPTK: 0307037202

Ketua Program Studi
Magister Teknik Mesin

Muhamad Fitri, M.Si., Ph.D
NIDN/NUPTK: 1013126901/118690617

lib.mercubuana.ac.id

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan Tesis ini. Penulisan Tesis ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Magister Teknik Mesin pada Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan Tesis ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan Tesis ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Andi Adriansyah, M.Eng. selaku Rektor Universitas Mercu Buana
2. Dr. Zulfa Fitri Ikatrinasari, MT selaku Dekan Fakultas Teknik
3. Bapak Muhammad Fitri M.Si., Ph.D selaku Ketua Program Studi Magister Teknik Mesin
4. Bapak alm. Drs. Kontan Tarigan, M.S., Ph.D dan Bapak Sagir Alva S.Si., M.Sc., Ph.D selaku Dosen Pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan Tesis ini;
5. PT Cantik Alami Sehat yang telah memberikan izin untuk penggunaan mesin dan alat-alat lab dalam melakukan penelitian.
6. Keluarga, kerabat, dan rekan sesama mahasiswa yang telah memberikan support dalam penulisan tesis ini.

Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan *sem*ua pihak yang telah membantu. *sem*oga Tesis ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Jakarta, 2 September 2026
Arie Umarwan

lib.mercubuana.ac.id

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR DI REPOSITORI UMB

Sebagai sivitas akademik Universitas Mercu Buana, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama	:	Arie Umarwan
NIM	:	55824110002
Fakultas/Program Studi	:	Fakultas Teknik / Magister Teknik Mesin
Judul Tesis	:	Pengembangan Material Komposit Silikon *Elastomer* Untuk *Roller* Silikon Mesin *Capping*

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, dengan ini memberikan izin dan menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Mercu Buana **Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif** (***Non-exclusive Royalty-Free Right***) atas karya ilmiah saya yang berjudul di atas beserta perangkat yang ada (jika diperlukan).

Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Universitas Mercu Buana berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan Tesis saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

UNIVERSITAS MERCU BUANA

Jakarta, 2 September 2026

Yang menyatakan,



Arie Umarwan

lib.mercubuana.ac.id

PENGEMBANGAN MATERIAL KOMPOSIT SILIKON *ELASTOMER* UNTUK *ROLLER* SILIKON MESIN *CAPPING*

ARIE UMARWAN

ABSTRAK

Material *elastomer* berbasis *Polydimethylsiloxane* (*PDMS*) tipe *Room Temperature Vulcanizing* (*RTV-2*) banyak digunakan pada aplikasi teknik karena sifatnya yang fleksibel dan tahan lingkungan. Namun, material eksisting kerap mengalami kegagalan berupa patah, sobek, dan pecah sehingga hanya mampu bertahan pada rentang 80.000–130.000 siklus beban. Penelitian ini bertujuan mengembangkan komposit *elastomer* berbasis *RTV-2 PDMS* dengan kekuatan mekanik yang lebih sesuai untuk menahan beban siklik dibandingkan material eksisting. Variabel bebas penelitian adalah komposisi *filler silica fumed* dan *clay* (phr), sedangkan variabel terikatnya adalah tegangan tarik dan elongasi. Penelitian menggunakan 27 sampel, dengan titik komposisi ditentukan berdasarkan kajian literatur terdahulu. Analisis data dilakukan dengan metode Response Surface Methodology (RSM) untuk mengevaluasi pengaruh komposisi *filler* terhadap sifat mekanik komposit sekaligus menentukan komposisi optimal. Hasil penelitian menunjukkan *silica fumed* meningkatkan kekuatan mekanik komposit hingga komposisi optimum 3 phr; penambahan melebihi batas tersebut justru menurunkan kekuatan akibat *aglomerasi* partikel. Komposisi terbaik secara eksperimental diperoleh pada 3 phr *silica fumed* dan 0,1 phr *clay*, yang meningkatkan ketahanan material hingga 160.805 siklus sebelum gagal, *sem*entara perhitungan RSM memprediksi komposisi optimal pada 6,123 phr *silica fumed* dan *clay* 0,035 phr. Perbedaan hasil eksperimen dan prediksi RSM mengindikasikan adanya efek interaksi antar-*filler* yang tidak sepenuhnya tertangkap model. Dapat disimpulkan bahwa penambahan *silica fumed* dan *clay* pada komposit *elastomer RTV-2 PDMS* efektif meningkatkan kekuatan mekanik dan ketahanan terhadap beban siklik, namun komposisi *filler* perlu dijaga pada batas optimum agar tidak terjadi penurunan performa akibat *aglomerasi*.

Kata Kunci : Komposit *elastomer*, *RTV-2*, *Silica fumed*, *Clay*, *RSM*

lib.mercubuana.ac.id

DEVELOPMENT OF SILICONE ELASTOMER COMPOSITE MATERIALS FOR CAPPING MACHINE SILICONE ROLLERS

ARIE UMARWAN

ABSTRACT

Polydimethylsiloxane (PDMS)-based elastomer using the Room Temperature Vulcanizing (RTV-2) type is widely used in engineering applications due to its flexible and environmentally resistant properties. However, the existing material frequently experiences failures such as fracture, tearing, and cracking, allowing it to withstand only 80,000–130,000 loading cycles. This research aims to develop an RTV-2 PDMS-based elastomer composite with mechanical strength more suitable for withstanding cyclic loading compared to the existing material. The independent variables of the research are the composition of silica fume and clay filler (phr), while the dependent variables are tensile strength and elongation. The research used 27 sampels, with the composition points determined based on a review of prior literature. Data analysis was conducted using the Response Surface Methodology (RSM) to evaluate the effect of filler composition on the mechanical properties of the composite while also determining the optimal composition. The research results show that silica fume increases the composite's mechanical strength up to an optimum composition of 3 phr; addition beyond that limit actually decreases the strength due to particle agglomeration. The best composition obtained experimentally was 3 phr silica fume and 0.1 phr clay, which increased the material's resistance up to 160,805 cycles before failure, while RSM calculations predicted an optimal composition of 6.123 phr silica fume and clay 0.035 phr. The discrepancy between the experimental results and RSM predictions indicates the presence of filler interaction effects that were not fully captured by the model. It can be concluded that the addition of silica fume and clay to the RTV-2 PDMS elastomer composite effectively increases mechanical strength and resistance to cyclic loading, although the filler composition neEDS to be maintained within its optimum limit to avoid performance degradation caused by agglomeration.

Keywords: *Elastomer composite*, *RTV-2* , *Silica fumed*, *Clay* , *RSM*

lib.mercubuana.ac.id

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL **0**
HALAMAN JUDUL ..... **i**
HALAMAN PERNYATAAN KARYA SENDIRI ..... **ii**
HALAMAN SURAT KETERANGAN HASIL UJI TURNITIN ..... **iii**
HALAMAN PENGESAHAN ..... **iv**
KATA PENGANTAR ..... **v**
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI ..... **vi**
ABSTRAK ..... **vii**
ABSTRACT ..... **viii**
DAFTAR ISI ..... **ix**
DAFTAR GAMBAR ..... **xiv**
DAFTAR LAMPIRAN ..... **xvi**
BAB I **1**
PENDAHULUAN **1**
1.1. Latar Belakang 1
1.2. Perumusan Masalah 3
1.3. Tujuan penelitian 3
1.4. Manfaat Penelitian 3
BAB II **5**
LANDASAN TEORI **5**
2.1. Silikon *Elastomer* 5
2.2. Jenis Silikon *RTV* 5
2.2.1. RTV-1 6
2.2.2. RTV-2 6

UNIVERSITAS MERCU BUANA

lib.mercubuana.ac.id

2.3. Metode Pencampuran Bahan *RTV-2* 7
2.3.1. Metode Manual 7
2.3.2. Metode otomatis 7
2.4. Sifat-sifat *RTV-2* 7
2.4.1. Sifat Fisik 7
2.4.2. Sifat mekanik 8
2.4.3. Sifat Thermal 8
2.5. Proses Penguatan *RTV-2* 8
2.5.1. *Silica fumed* 9
2.5.2. *Toluena* 9
2.5.3. *Clay bentonite* 11
2.6. Mekanisme *curing RTV-2* 11
2.6.1. *Condensation Curing* 11
2.6.2. *Addition cure* 12
2.6.3. Perbandingan dan pengaruh parameter 12
2.7. Tegangan Dan Regangan Pada *Roller Capping* 13
2.7.1. Konsep Tegangan (*Stress*, σ) 13
2.7.2. Konsep Regangan (*Strain*, ε) 14
2.8. Elongasi Silikon 14
2.9. Mesin *Capping* 14
2.10. Mesin *Three Roll Mill* 15
2.11. *Universal Testing Machine (UTM)* 16
2.12. Durometer *Shore A* 18
2.13. *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (*FTIR*) 18
2.14. *X-Ray Fluorescence* (*XRF*) 18

lib.mercubuana.ac.id

2.15. Penelitian Terdahulu 19
2.16. *State Of The Art* 21
BAB III 23
METODE PENELITIAN 23
3.1. Pendekatan Penelitian 23
3.2. Tahapan Penelitian 24
3.2.1. Identifikasi masalah 24
3.2.2. Perumusan masalah 24
3.2.3. Tinjauan pustaka 25
3.2.4. Penentuan metode pembuatan material 25
3.2.5. Pembuatan komposisi material 25
3.2.6. Pembuatan material 26
3.2.7. Pengujian material 31
3.2.8. Analisa hasil pengujian 31
3.2.9. Kesimpulan 31
3.3. Metode Pengumpulan Dan Analisis Data 32
3.3.1. Pengujian *Universal Testing Machine (UTM)* 32
3.3.2. Pengujian kekerasan (Durometer *Shore A*) 32
3.3.3. Pengujian *Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)* 33
3.3.4. Pengujian *Scanning Electron Microscopy (SEM)* 33
3.3.5. *Response Surface Methodology (RSM)* 34
BAB IV 35
HASIL DAN PEMBAHASAN 35
4.1. Gambaran Umum Hasil Penelitian 35
4.2. Karakterisasi Komposisi Material Eksisting 35

lib.mercubuana.ac.id

4.3. Identifikasi Gugus Fungsi dengan *FTIR* 39
4.3.1. Material Eksisting 39
4.3.2. Material Hasil Pengembangan 42
4.4. Hasil Pembuatan Sampel Baru 44
4.5. Pengujian Kekerasan (*Shore A*) 44
4.5.1. Hasil pengujian *Shore A* 45
4.5.2. Regresi Linier Berganda 46
4.6. Analisis Sifat Mekanik Material Menggunakan *UTM* 48
4.7. Analisis Morfologi Permukaan Menggunakan *SEM-EDS* 52
4.7.1. Pengujian *SEM* Sampel A 53
4.7.2. Pengujian *SEM* Sampel C 54
4.7.3. Pemetaan *EDS* sampel C 56
4.8. Penentuan Komposisi Optimum 59
4.8.1. Ringkasan data dan model 59
4.8.2. Uji signifikansi variable bebas 60
4.8.3. Penentuan komposisi optimum 66
4.9. Pengujian lapangan *roller capping* 68
BAB V 70
KESIMPULAN DAN SARAN 70
5.1. Kesimpulan 70
5.2. Saran 71
DAFTAR PUSTAKA 72
LAMPIRAN 82

UNIVERSITAS MERCU BUANA

lib.mercubuana.ac.id

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Penelitian terdahulu 20

Tabel 3.1. Komposisi penelitian 25

Tabel 4.1. Data hasil pengujian *XRF* material eksisting 38

Tabel 4.2. Puncak & intensitas *ftir* sampel A dan C 43

Tabel 4.3. Hasil pengujian kekerasan *shore A* (n = 3) 45

Tabel 4.4. Hasil uji tarik 49

Tabel 4.5. Variabel dan variasi komposisi material 59

Tabel 4.6. Hasil ANOVA regresi kuadratik tegangan tarik 60

Tabel 4.7. Hasil ANOVA regresi kuadratik regangan 62

Tabel 4.8. Hasil ANOVA regresi kuadratik *Shore A* 64

Tabel 4.9. Komposisi optimum *single respons* 66

Tabel 4.10. Komposisi optimal berdasarkan perhitungan RSM 67

Tabel 4.11 Pengujian lapangan *roller capping* 68

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

lib.mercubuana.ac.id

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 *Roller* silikon *capping* 13

Gambar 2.2. *Roller capping* 15

Gambar 2.3 Kurva Tegangan-Regangan material logam..... 17

Gambar 2.4 Kurva Tegangan-Regangan material *elastomer*. 17

Gambar 3.1 Diagram alir tahapan penelitian 24

Gambar 3.2. Diagram alir proses pembuatan material silikon..... 26

Gambar 3.3 Timbangan Analitik 27

Gambar 3.4 Penimbangan *base silicon PDMS* 27

Gambar 3.5. Penimbangan *silica fumed*..... 28

Gambar 3.6. Penimbangan *clay bentonite*..... 28

Gambar 3.7 Penimbangan *toluena* 28

Gambar 3.8 Penimbangan *katalis* 29

Gambar 3.9. Mesin *Three Roll mill*..... 30

Gambar 3.10. Vacuum chamber..... 30

Gambar 3.11. Alat uji Universal Testing Machine 32

Gambar 3.12. Durometer *Shore A*..... 33

Gambar 3.13. Alat Uji *Fourier Transform Infrared Spectroscopy*..... 33

Gambar 3.14. Alat Uji *Scanning Electron Microscopy* 34

Gambar 4.1 Hasil uji *XRF* sampel E1 36

Gambar 4.2 Hasil uji *XRF* sampel E2 37

Gambar 4.3 Hasil uji *XRF* sampel E3 38

Gambar 4.4 Hasil *FTIR* Sampel Eksisting E1..... 40

Gambar 4.5 Hasil *FTIR* Sampel Eksisting E2..... 40

lib.mercubuana.ac.id

Gambar 4.6 Hasil *FTIR* Sampel Eksisting E3 41
Gambar 4.7. Grafik *FTIR* Sampel A 42
Gambar 4.8. Grafik *FTIR* Sampel C 42
Gambar 4.9. Sampel material 44
Gambar 4.10 Titik pengukuran *shore A* 45
Gambar 4.11 Grafik regresi linier berganda uji kekerasan sampel A-I 46
Gambar 4.12 Hasil patahan uji tarik 48
Gambar 4.13 Kurva tegangan – regangan sampel A & C 51
Gambar 4.14 Hasil *SEM* A (a)100x , (b) 500x 53
Gambar 4.15 Hasil *SEM* A (c)1000x, (d)2000x 53
Gambar 4.16 Hasil *SEM* sampel A (d)5000x 54
Gambar 4.17 Hasil *SEM* sampel C, (a)100x , (b) 500x 54
Gambar 4.18 Hasil SEM sampel C, (c)1000x, (d)2000x 55
Gambar 4.19 Hasil *SEM* sampel C (e)5000x 55
Gambar 4.20 Hasil *EDS* Sampel C 56
Gambar 4.21 Hasil *EDS* karbon (C-K) dan silikon (Si-K) 57
Gambar 4.22 Hasil *EDS* Oksigen (*O-K*) dan Kalsium (*Ca-K*) 57
Gambar 4.23 Hasil *EDS* Timah (Sn-L) 58
Gambar 4.24. *Surface control* dan *contour plot* ANOVA Tegangan 61
Gambar 4.25 *Surface plot* dan *contour plot* ANOVA regangan 63
Gambar 4.26. *Surface control* dan *contour plot ANOVA Shore A* 65
Gambar 4.27. *Surface plot dan contour plot* komposisi optimum 67
Gambar 4.28 *Roller* silikon *capping* hasil pengembangan 69

UNIVERSITAS MERCU BUANA

lib.mercubuana.ac.id

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Script Matlab *RSM*

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

lib.mercubuana.ac.id