

## PENGARUH KONSENTRASI KATALIS DAN *SILICON RUBBER* TERHADAP NILAI KEKERASAN DAN DENSITAS PADA PEMBUATAN ALAT PERAGA JAHIT LUKA (*SUTURE PAD*) UNTUK MAHASISWA KEDOKTERAN

Muhammad Abdul Wahid<sup>1\*</sup>, Ahmad Muhyi<sup>2</sup>, Gilar Pandu Annanto<sup>1</sup>, Baitul Aji Rizky<sup>1</sup>,  
Penggalih Mahardika Herlambang<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Mesin Universitas Wahid Hasyim

<sup>2</sup>Jurusan Pendidikan Kedokteran Universitas Wahid Hasyim

Jl. Raya Manyaran-Gunungpati Km. 15 Nongkosawit Kec.Gunungpati, Semarang, 50224 Indonesia

\*Email: mabdulwahid@unwahas.ac.id

### Abstrak

*Suture pad* merupakan alat peraga medis yang krusial dalam mendukung proses pembelajaran mahasiswa kedokteran. Alat ini dirancang untuk membantu mahasiswa mempraktikkan teknik menjahit luka dalam kondisi yang menyerupai jaringan tubuh manusia tanpa menimbulkan risiko bagi pasien. *Suture pad* biasanya dibuat dari *silicon rubber* dengan penambahan katalis. komposisi katalis bisa saja merubah sifat mekanik seperti kekerasan dan densitas. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh persentase katalis pada campuran *silicon rubber* terhadap nilai kekerasan dan densitas yang digunakan dalam pembuatan *suture pad*. Material yang digunakan berupa *silicon rubber* jenis RTV-48, yang dicampur dengan katalis pada konsentrasi 2% hingga 20%. Setelah proses pencampuran dan pematangan selama 24 jam, spesimen diuji menggunakan durometer shore-A untuk mengukur kekerasan dan metode perhitungan massa per volume untuk mengukur densitas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan persentase katalis meningkatkan kekerasan material secara signifikan dari 23 HA (katalis 2%) hingga 31,1 HA (katalis 20%). Namun, pada konsentrasi katalis di atas 16%, peningkatan kekerasan cenderung melambat dan mendekati nilai saturasi. Sebaliknya, nilai densitas tetap konstan pada 1,15 gr/ml, hal ini menunjukkan komposisi persentase katalis tidak memengaruhi densitas secara signifikan.

**Kata kunci:** *suture*, katalis, *silicon rubber*, kekerasan, densitas

### 1. PENDAHULUAN

*Suture pad* merupakan alat peraga medis yang krusial dalam mendukung proses pembelajaran mahasiswa kedokteran. Alat ini dirancang untuk membantu mahasiswa mempraktikkan teknik menjahit luka dalam kondisi yang menyerupai jaringan tubuh manusia tanpa menimbulkan risiko bagi pasien (Khafidh dkk., 2020). Untuk mendukung fungsi tersebut, material *suture pad* harus memiliki karakteristik tertentu, seperti kekerasan, elastisitas, dan densitas yang serupa dengan kulit manusia (Dąbrowska dkk., 2016).

*Suture pad* biasanya dibuat dari material *silicon rubber*. Material ini dibuat dengan cara mencampurkan katalis dan *silicon rubber* (Sharudin dkk., 2021). Katalis adalah suatu zat yang digunakan untuk mempercepat reaksi kimia (Singh, 2023). Komposisi pencampuran antara keduanya dapat berdampak merubah sifat mekanik (Pangestu dkk., 2024) seperti kekerasan dan densitas yang berubah. Pada kasus pembuatan produk berbahan *silicon rubber*, katalis digunakan untuk mempercepat proses *curing* (Jeong & Jang, 2024). Berdasarkan Papa, dkk.(2022), selain

mempercepat reaksi kimia, peningkatan komposisi katalis berdampak meningkatkan kekerasan material secara signifikan, namun elastisitas cenderung akan menurun. Hal tersebut menggarisbawahi bahwa pentingnya memilih konsentrasi katalis yang seimbang untuk aplikasi yang membutuhkan karakteristik menyerupai kulit manusia.

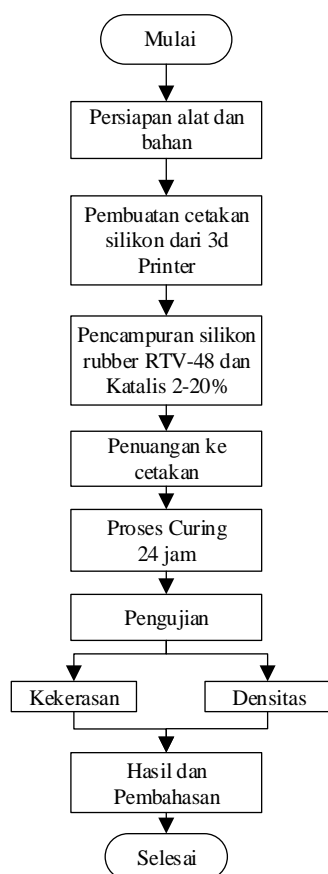
Tingkat kekenyalan kulit bagian tubuh manusia berbeda (Lakhani dkk., 2021). Kekerasan atau kekenyalan bahan setidaknya dapat diukur dengan suatu nilai (Murugan, 2020). Nilai kekenyalan (kekerasan) bahan dengan tingkat kekerasan rendah dapat diukur menggunakan durometer (Wang dkk., 2023).

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa pengaruh konsentrasi katalis pada campuran *silicon rubber* terhadap kekerasan dan densitas material yang digunakan pada pembuatan *suture pad*. Pada penelitian ini tidak membahas waktu *curing* maupun putaran aduk ketika mencampur katalis dan *silicon rubber*.

### 2. METODE PENELITIAN

Alur penelitian dapat ditunjukkan pada Gambar 1. Penelitian melibatkan pencampuran

antara katalis dan *silicon rubber*. Jenis *silicon rubber* yang digunakan berjenis RTV (**Room-Temperature Vulcanizing**). Jenis silikon ini adalah jenis silikon yang dapat mengeras secara kimiawi (*vulkanisasi*) pada suhu ruang hanya dengan menambahkan katalis. Penelitian ini menggunakan bahan silikon RTV-48 (Gambar 2).



Gambar 1. Alur penelitian

Berdasarkan petunjuk bahwa pencampuran katalis pada campuran *silicon rubber* pada range 2 - 4 %. Pada penelitian ini, spesimen dibuat sebanyak 10 buah (Gambar 3) dengan komposisi antara katalis dan *silicon rubber* prosentase massa antara 2 sd 20 % dengan jumlah total dengan interval massa setiap 2%. Selanjutnya spesimen diberikan kode berdasarkan komposisi campuran katalis, seperti terlihat pada Tabel 1. Setelah kedua bahan bercampur dengan massa total 20 gr, campuran dimasukkan ke dalam cetakan yang dibuat dari material PLA dari proses FDM (*Fuse Deposition Modeling*) 3D printer dengan dimensi dalam cetakan 60 x 30 x 14 mm (Gambar 4). Setelah didiamkan selama 24 jam, sampel campuran yang sudah memadat

dikeluarkan dari cetakan. Sampel spesimen yang sudah siap untuk diuji berdimensi 60 x 30 x 8.5 mm. Selanjutnya sampel diuji nilai kekerasan dan densitas.

Tabel 1. Pengkodean spesimen *suture pad*

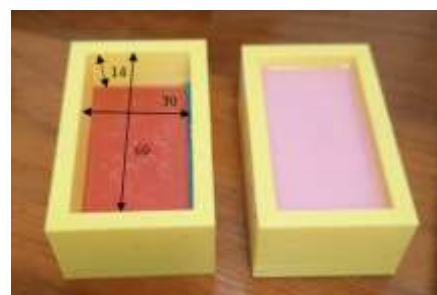
No	Massa (gr)		Persentase (%)	
	Silikon	Katalis	Silikon	Katalis
P1	19.96	0.04	98	2
P2	19.92	0.08	96	4
P3	19.88	0.12	94	6
P4	19.84	0.16	92	8
P5	19.8	0.2	90	10
P6	19.76	0.24	88	12
P7	19.72	0.28	86	14
P8	19.68	0.32	84	16
P9	19.64	0.36	82	18
P10	19.6	0.4	80	20



Gambar 2. RTV-48 Silicon rubber



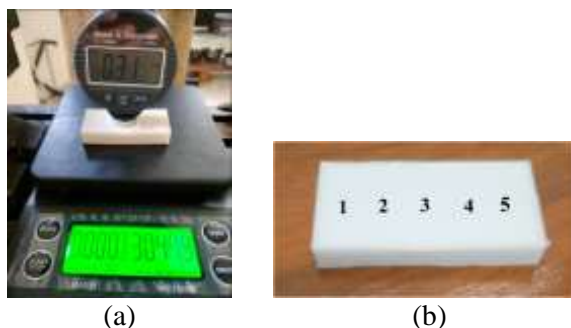
Gambar 3. Spesimen sebanyak 10 buah



Gambar 4. Cetakan Silikon berbahan PLA hasil dari cetak 3D printer FDM

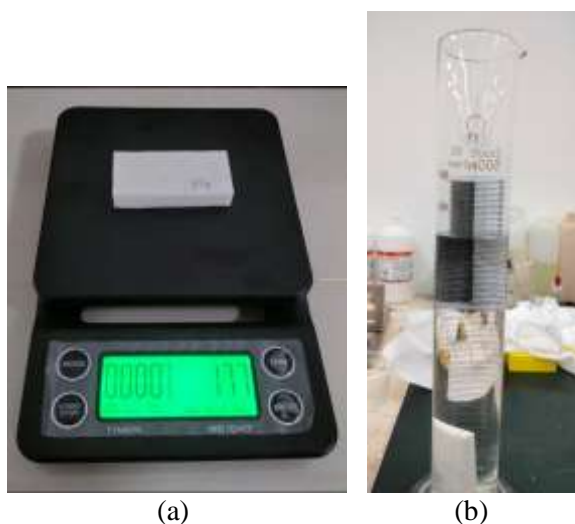
Pengujian kekerasan sampel dilakukan dengan alat durometer shore-A pada pembebanan sebesar 3 kg. Pembebanan dapat

ditentukan dengan memberikan beban pada alat tekan dan memeriksa beban dengan melihat nilai massa yang ditunjukkan oleh timbangan yang diletakkan dibawah sampel saat penekanan. Pengujian dilakukan pada 5 area spesimen kemudian hasil nilai kekerasan dirata-rata (Gambar 5).



**Gambar 5. (a) Pengujian Kekerasan (b) Area pengujian**

Pengujian densitas mula mula dilakukan dengan mengukur massa sampel awal. penghitungan volume sampel dapat dilakukan dengan mengukur perubahan volume air pada gelas ukur antara sebelum dimasukkan sampel dan setelah dimasukkan sampel. Hasil massa dibagi dengan volume menghasilkan nilai densitas (Gambar 6).



**Gambar 6. Pengujian Densitas (a) Pengukuran massa spesimen (b) Pengukuran Volume spesimen**

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini menjelaskan hasil dan pembahasan dari kedua jenis pengujian sehingga dapat mengetahui pengaruh

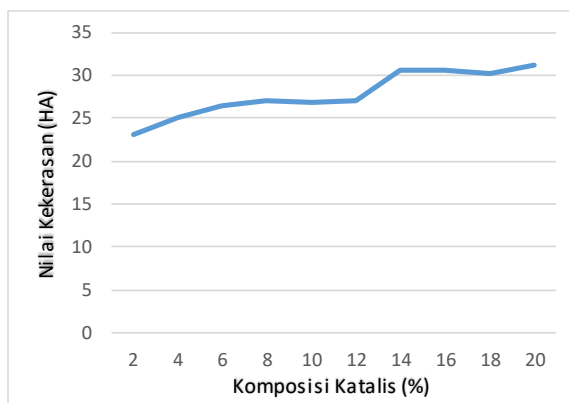
konsentrasi katalis pada campuran *silicon rubber* terhadap kekerasan dan densitas.

**Tabel 2 Hasil pengujian kekerasan**

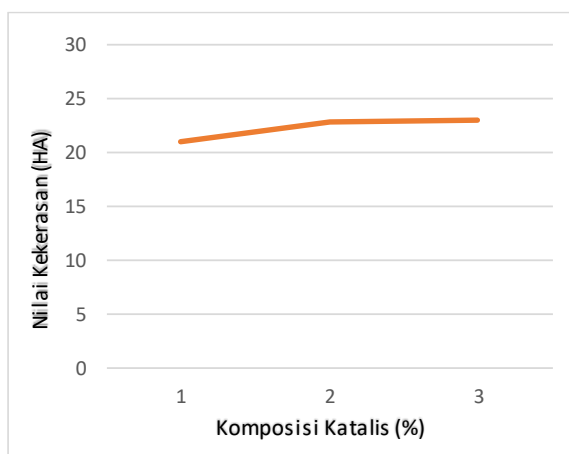
Spesi men	Persentase Katalis (%)	Kekerasan pada Area (HA)					Rata-rata (HA)
		1	2	3	4	5	
P1	2	23	23	22.5	22.5	24	23
P2	4	24.5	25	25.5	24	26	25
P3	6	22.5	28.5	29	26.5	26	26.4
P4	8	25	27	28	27.5	28	27.1
P5	10	29.5	27	20.5	29	28.5	26.9
P6	12	29.5	26.5	29.5	25	25	27.1
P7	14	30.5	29.5	31.5	31	30.5	30.6
P8	16	31.5	29.5	30.5	30	31	30.5
P9	18	31.5	30.5	27.5	28.5	32.5	30.1
P10	20	32	31.5	31	30	31	31.1

Setiap spesimen diuji pada 5 spot (Gambar 5b), dan terdapat sedikit variasi nilai kekerasan antar area pada spesimen yang sama. Hal ini menunjukkan distribusi kekerasan yang relatif seragam di dalam material. Hasil pengujian kekerasan pada 10 spesimen dapat dilihat pada Tabel 2. Jika dilihat pada Gambar 7, pengaruh komposisi katalis pada campuran *silicon rubber* menunjukkan bahwa peningkatan komposisi persentase katalis pada campuran *silicon rubber* berdampak pada peningkatan nilai kekerasan spesimen (Mirnandaa dkk., 2024). Hal ini seperti pada penelitian Hassan & Abdul Ameer (2022), penambahan komposisi katalis dapat mempercepat waktu kecepatan curing, sehingga berdampak menambah nilai kekerasan *silicon rubber*. Dari komposisi 2-20 % katalis menghasilkan nilai kekerasan rata-rata dari 23-31,1 HA. Nilai kekerasan yang terkecil berada pada sampel P1 diukur pada daerah nomor 3 dan 4 (22,5 HA), sementara nilai kekerasan terbesar berada pada sampel P10 diukur pada daerah nomor 1 (32 HA). Sebagai perbandingan penelitian yang dilakukan oleh Mirnandaa dkk (2024) dapat dilihat pada Gambar 8, bahwa peningkatan komposisi katalis berdampak pada peningkatan nilai kekerasan *silicon rubber*.

Pada konsentrasi katalis yang lebih tinggi (16%-20%), peningkatan kekerasan mulai melambat atau mendekati nilai saturasi (misalnya, perbedaan antara P8, P9, dan P10 tidak terlalu signifikan). Fenomena ini mungkin menunjukkan bahwa ada batas maksimum pengaruh katalis terhadap nilai kekerasan. Fluktuasi kecil pada kekerasan di berbagai area bisa disebabkan oleh faktor lain, seperti distribusi katalis yang tidak merata atau efek proses manufaktur.



**Gambar 7. Korelasi komposisi katalis terhadap nilai kekerasan**

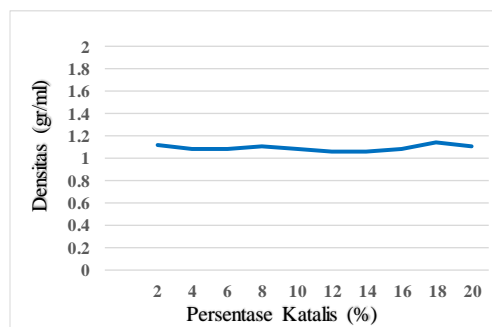


**Gambar 8. Korelasi komposisi katalis terhadap nilai kekerasan silicon rubber RTV-48 (Mirnandaa dkk., 2024)**

**Tabel 3. Hasil pengujian densitas**

Spesi men	Persentase katalis (%)	Massa (gr)	Volume (ml)	Densitas (gr/ml)
P1	2	19.1	17	1.124
P2	4	19.5	18	1.083
P3	6	19.4	18	1.078
P4	8	19.9	18	1.106
P5	10	19.5	18	1.083
P6	12	18	17	1.059
P7	14	18	17	1.059
P8	16	17.4	16	1.088
P9	18	17.2	15	1.147
P10	20	17.7	16	1.106
Rata-rata				1.093

Berdasarkan Tabel 3 dan Gambar 9, terlihat bahwa perubahan komposisi persentase katalis dalam campuran *silicon rubber* dalam rentang 2-20% tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap densitas. Nilai densitas cenderung konstan pada angka 1,093 gr/ml.



**Gambar 9 Korelasi komposisi katalis terhadap densitas**

#### 4. KESIMPULAN

Persentase komposisi katalis (2-20%) secara signifikan mempengaruhi kekerasan *suture pad* dari 23-31,1 HA. Peningkatan katalis hingga 14%-16% memberikan kenaikan kekerasan yang signifikan dari 27 HA ke 30,6 HA, tetapi efeknya mulai menurun pada konsentrasi lebih tinggi. Berbeda dengan nilai densitas, komposisi persentase katalis dalam campuran *silicon rubber* tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap densitas. Nilai densitas cenderung konstan pada angka 1,093 gr/ml.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada Direktorat Riset Teknologi Pengabdian Masyarakat (DRTPM) melalui skema penelitian dosen pemula 2024 dengan Nomor kontrak 108/E5/PG.02.00.PL/2024 yang telah memberikan bantuan pendanaan pada penelitian ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Dąbrowska, A. K., Rotaru, G.-M., Derler, S., Spano, F., Camenzind, M., Annaheim, S., Stämpfli, R., Schmid, M., & Rossi, R. M. (2016). Materials used to simulate physical properties of human skin. *Skin Research and Technology: Official Journal of International Society for Bioengineering and the Skin (ISBS) [and] International Society for Digital Imaging of Skin (ISDIS) [and] International Society for Skin Imaging (ISSI)*, 22(1), 3–14. <https://doi.org/10.1111/srt.12235>
- Hassan, A. K., & Abdul Ameer, Z. J. (2022). Effect of the cure time on the Mechanical Properties of Silicone Rubber used as Socket Liners. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 961(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/961/1/012100>

- Jeong, H., & Jang, K.-S. (2024). Catalysis of Silver and Bismuth in Various Epoxy Resins. *Polymers*, 16(3). <https://doi.org/10.3390/polym16030439>
- Khafidh, M., Firdaus, A., & Velayati, I. (2020). Analisis Sifat Mekanik Karet Silikon sebagai Kandidat Prepusium Sintetik pada Alat Peraga Khitan. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 15, 176. <https://doi.org/10.32497/jrm.v15i3.1977>
- Lakhani, P., Dwivedi, K. K., Parashar, A., & Kumar, N. (2021). Non-Invasive in Vivo Quantification of Directional Dependent Variation in Mechanical Properties for Human Skin. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 9(October), 1–13. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2021.749492>
- Mirmandaa, D., Mawandi, F. R., Safitri, P. D., Nurrokim, F. H. R., & Lestari, W. D. (2024). “PENGARUH PENGUJIAN KEKERASAN PADA SILICON RUBBER DALAM PENAMBAHAN TALC DAN KATALIS DENGAN METODE ISO 48.” 104–108.
- Murugan, S. S. (2020). Mechanical Properties of Materials: Definition, Testing and Application. *International Journal of Modern Studies in Mechanical Engineering (IJMSME)*, 6(2), 28–38. <http://doi.org/10.20431/2454-9711.0602003>
- Pangestu, W. A., Prawibowo, H., Ismail, R., & Wahid, M. A. (2024). Sifat Mekanik Silicone Rubber Sebagai Kandidat Bahan Pengganti Alat Latihan Suturing. 04(01), 15–24.
- Papa, F., Vasile, A., & Dobrescu, G. (2022). Effect of the Modification of Catalysts on the Catalytic Performance. *Catalysts*, 12(12). <https://doi.org/10.3390/catal12121637>
- Sharudin, R., Mat-Shayuti, M. S., & Ohshima, M. (2021). Rheological Comparison of Silicone Rubber Crosslinking with Platinum Catalysts and Triethylamine, Methanol & Ethanolamine Solvents. *Iranian Journal of Materials Science and Engineering*, 8. <https://doi.org/10.22068/ijmse.2067>
- Singh, M. (2023). Catalysis: Accelerating Chemical Reactions for a Sustainable Future. *Advanced Materials Science*, 6(3), 54–56. [https://doi.org/10.37532/aaasmr.2023.6\(3\).54-56](https://doi.org/10.37532/aaasmr.2023.6(3).54-56)
- Wang, X., Liu, M., Ye, T., Huang, J., Xu, X., Li, M., Zhao, X., Lu, H., & Yang, J. (2023). A stretchable hardness sensor for the assessment of skin disease in systemic sclerosis. *RMD Open*, 9(4), 1–9. <https://doi.org/10.1136/rmdopen-2023-003512>