

Pengukuran Koefisien Atenuasi Fantom Berbasis *Silicone Rubber* RTV 48

Asnaeni Ansar^{1*}, Nurhasmi¹, Asmiati Amir¹²

¹ Program Studi Radiologi, Politeknik Kesehatan Muhammadiyah Makassar, Jl.

Dr.Ratulangi No.101 Makassar 90112, Indonesia

² Instalasi Radiologi, Rumah Sakit Khusus Daerah Prov. Sulawesi Selatan, Jl. Lanto Dg.

Pasewang No.34 Makassar 90142, Indonesia

* Corresponding author. E-mail: asnaeni_ansar@yahoo.co.id (Asnaeni Ansar),

Telp: +62823-3783-9022, Fax: +62823-3783-9022

ABSTRAK

Fokus kajian pada penelitian ini adalah sintesis fantom dari bahan *silicone rubber* RTV dengan Aluminium Oksida (Al_2O_3) dan gliserin, yang selanjutnya akan dilakukan pengujian berupa pengukuran koefisien atenuasi. Penelitian ini akan dilaksanakan melalui dua tahap. Pada tahap pertama dilakukan penyediaan bahan dasar *silicone rubber* serta bahan isian Al_2O_3 dan gliserin. Pada tahap ini, penelitian juga difokuskan pada sintesis fantom. Fantom yang telah dibuat disimpan selama 24 h sebelum dilakukan pengujian. Pada tahap kedua dilakukan pengujian sampel. Pada tahap ini, sampel akan dilakukan pengujian berupa pengukuran koefisien atenuasi. Hasil pengukuran koefisien atenuasi sampel *silicone rubber* tanpa penambahan Al_2O_3 dan gliserin diperoleh sebesar $0,226\text{ cm}^{-1}$, sampel *silicone rubber* dan Al_2O_3 diperoleh sebesar $0,222\text{ cm}^{-1}$, sampel *silicone rubber* dan gliserin diperoleh sebesar $0,222\text{ cm}^{-1}$, serta sampel *silicone rubber* dan Al_2O_3 + gliserin diperoleh sebesar $0,240\text{ cm}^{-1}$. Nilai koefisien atenuasi pada sampel *silicone rubber* dan Al_2O_3 serta sampel *silicone rubber* dan gliserin adalah $0,222\text{ cm}^{-1}$ mendekati nilai koefisien atenuasi jaringan lunak hati manusia. Koefisien atenuasi fantom dengan sampel *silicone rubber* dan Al_2O_3 + gliserin adalah yang terindikasi cocok untuk menggantikan jaringan lunak ginjal manusia.

Kata Kunci : Aluminium Oksida (Al_2O_3); Gliserin; Fantom; Koefisien Atenuasi; *Silicone Rubber Room Temperature Vulcanized* (RTV)

ABSTRACT

The focus of the study in this research is the synthesis of phantom from silicone rubber RTV with Aluminum Oxide (Al_2O_3) and glycerin, which will then be tested in the form of measuring the attenuation coefficient. This research will be carried out in two stages. In the first stage, the basic ingredients of silicone rubber are provided as well as Al_2O_3 and glycerin filling materials. At this stage, research is also focused on phantom synthesis. The created phantom was stored for 24 h before testing. In the second stage, sample testing was carried out. At this stage, the sample will be tested in the form of measuring the attenuation coefficient. The measurement results of the attenuation coefficient of the silicone rubber sample without the addition of Al_2O_3 and glycerin were 0.226 cm^{-1} , the silicone rubber and Al_2O_3 samples were 0.222 cm^{-1} , the silicone rubber and glycerin samples were 0.222 cm^{-1} , and the silicone rubber and Al_2O_3 + glycerin samples were obtained by 0.240 cm^{-1} . The attenuation coefficient value in the silicone rubber and Al_2O_3 samples as well as the silicone rubber and glycerin samples was 0.222 cm^{-1} , which is close to the attenuation coefficient for the soft tissue of the human liver. The phantom attenuation coefficient with silicone rubber and Al_2O_3 + glycerin samples is indicated to be suitable for replacing human kidney soft tissue.

Keywords : *Aluminum Oxide (Al_2O_3); Glycerin; Attenuation Coefficient; Phantom; Silicone Rubber Room Temperature Vulcanized (RTV)*

1. Pendahuluan

Kanker merupakan salah satu jenis penyakit berbahaya yang menyerang seluruh organ tubuh manusia hingga sering berakhir dengan kematian. Salah satu alternatif pengobatan bagi penderita kanker adalah radioterapi dengan menggunakan radiasi yang menimbulkan ionisasi pada jaringan. Prinsip dari radioterapi adalah memberikan dosis radiasi yang akurat untuk membunuh sel-sel kanker dan meminimalkan efek negatif radiasi yang ditimbulkan pada jaringan sehat yang ada disekitarnya. Dosis radiasi yang diberikan merupakan dosis yang terukur. Kontrol kualitas merupakan salah satu modalitas yang digunakan dalam radioterapi untuk memperoleh dosis yang akurat [1]. Salah satu instrumen penunjang dalam kontrol kualitas khususnya dalam pengukuran dosis radiasi adalah fantom.

Fantom adalah suatu objek yang dirancang khusus sehingga dapat menyerupai jaringan tubuh manusia. Fantom biasanya digunakan sebagai pembelajaran maupun penelitian khususnya untuk akurasi dosis radiasi yang diberikan pada pasien [2]. Fantom buatan pabrik, selain memiliki harga yang cukup mahal, ketersediaan

fantom juga sangat minim dan tidak semua lembaga dapat menyediakan untuk proses belajar/praktikum [3]. Pemilihan bahan adalah langkah yang paling penting dalam pembuatan fantom. Banyak bahan yang telah ditemukan sangat berguna untuk dijadikan sebagai fantom seperti *Polystyrene*, *Acrylic*, *Polyvinyl Alcohol (PVA)*, gelatin, agar, *Polyvinyl Chloride (PVC)*, *Polyacrylamide (PA)*, *Paraffin-Gel*, *Urethane Rubber* dan *Silicone Rubber*, *Liquid Silicone Rubber*, *Silicone (soft Gel A-341 C)* [4, 5]. Dalam penelitian ini akan dibuat fantom berbasis *silicone rubber*.

Silicone rubber dipilih sebagai bahan dasar dalam pembuatan fantom karena dari penelitian sebelumnya diperoleh bahwa silikon memiliki daya tahan yang lebih lama dan mudah dibentuk dalam jkvp ikpembuatannya [6]. *Silicone rubber* merupakan elastomer polimer berupa Si-O dan dua gugus *metil* dengan tingkat ketahanan yang tinggi terhadap ozon, panas dan kelembapan. *Silicone rubber* dapat ditemukan dalam berbagai produk seperti alat-alat elektronik, aplikasi otomotif dan peralatan medis [7]. Salah satu jenis *silicone rubber* yang biasa digunakan dalam pembuatan fantom yaitu *Room Temperature Vulcanisation*

(RTV) [4, 5]. *Silicone rubber* RTV terdiri dari silikon cair dan katalis. RTV merupakan proses vulkanisasi silikon menjadi padat dengan penambahan katalis pada suhu kamar [8, 9]. Fokus kajian pada penelitian ini adalah sintesis fantom dari bahan *silicone rubber* RTV dengan Aluminium Oksida (Al_2O_3) dan gliserin, yang selanjutnya akan dilakukan pengujian berupa pengukuran koefisien atenuasi.

2. Bahan dan Metode

2.1. Material

Material yang digunakan pada penelitian ini adalah *silicone rubber* RTV 48, katalis, Al_2O_3 , dan gliserin (merck). Rasio komposisi *silicone rubber* and *catalyst* sebesar 100:5.

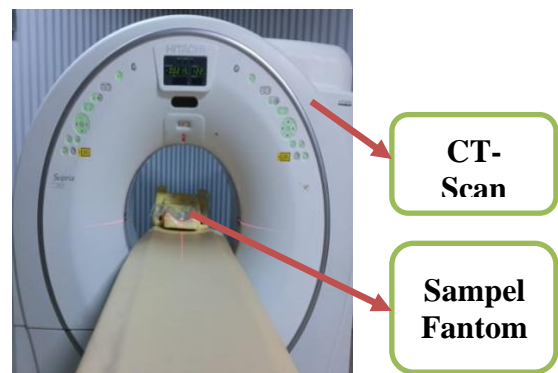
2.2. Sintesis

Fantom diproduksi sebanyak 4 sampel yaitu tanpa penambahan Al_2O_3 dan gliserin, dengan penambahan Al_2O_3 sebesar 10%, penambahan gliserin sebesar 20%, serta penambahan Al_2O_3 sebesar 10% dan gliserin sebesar 20%. Sintesis fantom dimulai dengan mencampur *silicone rubber* dengan Al_2O_3 dan gliserin kemudian diaduk secara manual selama 2 menit. Kemudian memasukkan sedikit demi sedikit katalis ke dalam campuran

silicone rubber, Al_2O_3 , gliserin dan diaduk kembali secara manual hingga membentuk pasta fantom. Pasta fantom dimasukkan ke dalam cetakan dan disimpan selama 24 h pada temperatur ruang. Sampel yang telah diproduksi dilakukan pengujian berupa pengukuran koefisien atenuasi.

2.3. Karakterisasi

Sampel yang telah dibuat discan menggunakan pesawat *Computed Tomography Scanning* (CT-Scan) untuk memperoleh citra sampel. Pada citra tersebut kemudian dilakukan ROI (*Region of Interest*) untuk mendapatkan nilai CT Number.



Gambar 1. Pengukuran koefisien atenuasi fantom [5]

Nilai CT Number dari fantom yang diperoleh selanjutnya dibandingkan dengan nilai CT Number acuan dari jaringan lunak manusia. Koefisien atenuasi pada sampel fantom dihitung untuk mengetahui jaringan lunak yang dapat digantikan. Pengukuran koefisien

atenuasi fantom dihitung melalui persamaan:

$$CT\ Number\ (HU) = \frac{\mu_j - \mu_a}{\mu_a} \times 1000 \quad (1)$$

Dimana: μ_j = koefisien atenuasi jaringan, μ_a = koefisien atenuasi air dan 1000 adalah faktor kontras [18, 19].

Nilai CT Number berhubungan dengan pengukuran koefisien atenuasi pada jaringan sehingga persamaan 1 menjadi:

$$\mu_j = \left[\frac{CT\ Number \times \mu_a}{1000} \right] + \mu_a \quad (2)$$

Dimana: $\mu_a = 0.21\ cm^{-1}$ [20].

3. Hasil dan Pembahasan

Fantom diproduksi sebanyak 4 sampel tanpa dan dengan penambahan Al_2O_3 dan gliserin. *Silicone Rubber* yang digunakan pada penelitian ini adalah RTV 48 sepaket dengan katalis. Komposisi sampel dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Komposisi sampel fantom

Sampel	<i>Silicone Rubber</i> (%)	Al_2O_3 (%)	Gliserin (%)
A	100	0	0
B	90	10	0
C	80	0	20

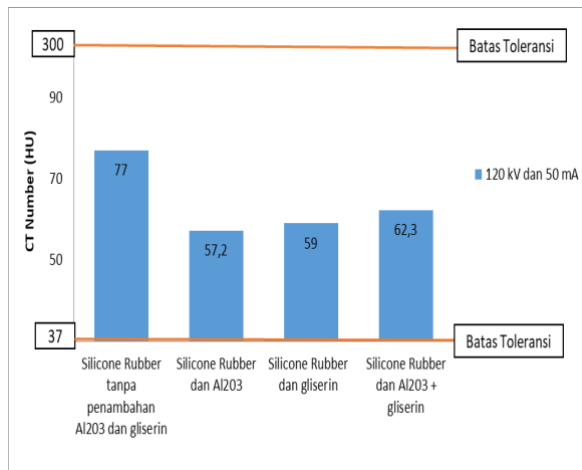
D	70	10	20
---	----	----	----

Sampel yang telah dibuat dilakukan pengukuran koefisien atenuasi dengan menggunakan CT-Scan. Citra sampel yang dihasilkan kemudian dilakukan ROI untuk mendapatkan nilai CT Number. Sampel tanpa penambahan Al_2O_3 diperoleh nilai CT Number yaitu 77 HU. Sampel dengan penambahan Al_2O_3 diperoleh nilai CT Number yaitu 57,2 HU, dengan penambahan gliserin diperoleh nilai CT Number yaitu 59 HU, dan dengan penambahan Al_2O_3 dan gliserin diperoleh nilai CT Number yaitu 62,3 HU. Nilai CT Number untuk keempat sampel dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. CT Number sampel fantom

Sampel	CT Number (HU) ± SD
<i>Silicone Rubber</i> tanpa penambahan Al_2O_3 dan gliserin	77 ± 8.49
<i>Silicone Rubber</i> dan Al_2O_3	57.2 ± 16.88
<i>Silicone Rubber</i> dan gliserin	59 ± 14.06
<i>Silicone Rubber</i> dan Al_2O_3 + gliserin	62.3 ± 2.26

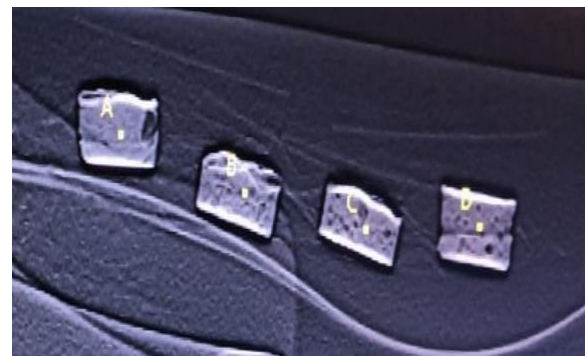
Beberapa parameter pada CT-Scan agar dapat menampilkan output gambar yang optimal diantaranya *slice thickness*, faktor eksposi, dan *window width*. *slice thickness* merupakan tebalnya irisan atau potongan dari objek yang diperiksa. Faktor eksposi adalah faktor-faktor yang berpengaruh terhadap eksposi yaitu tegangan tabung (kV) dan arus tabung (mA). Sedangkan *window width* merupakan nilai CT Number dengan satuan Hounsfield Unit (HU) [19]. Pada penelitian ini tegangan tabung yang digunakan sebesar 120 kV dan arus tabung sebesar 50 mA [5].



Gambar 2. Nilai CT Number fantom

Pada gambar 2 merupakan Nilai CT Number keempat sampel fantom. Dapat dilihat bahwa nilai tersebut masih berada dalam jangkauan jaringan lunak manusia

(37 HU hingga 300 HU) seperti yang dilaporkan dalam Ref. [19]. Fantom digunakan sebagai pengganti tubuh pasien dalam mengukur dosis radiasi untuk penelitian radioterapi dan untuk proses belajar/praktikum dalam sebuah instansi atau lembaga pendidikan karena tubuh pasien tidak dapat digunakan sebagai objek penelitian. Pengukuran koefisien atenuasi fantom menggunakan CT-Scan menghasilkan citra sampel. Hasil citra sampel fantom dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Citra sampel fantom (a) *Silicone*

Rubber dan Al₂O₃+ gliserin

(b) *Silicone Rubber* dan Al₂O₃

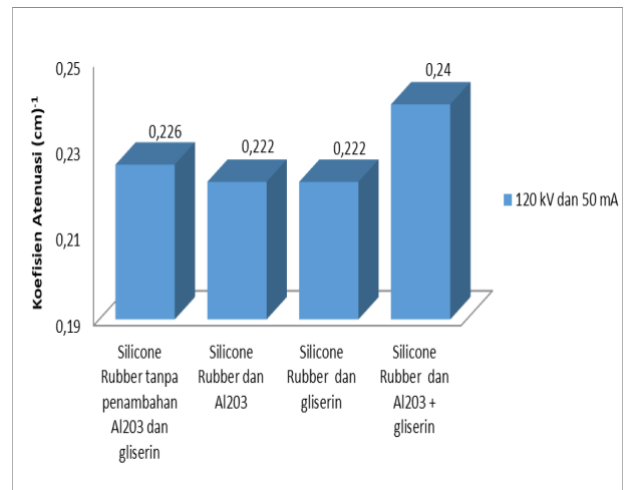
(c) *Silicone Rubber* tanpa

penambahan Al₂O₃ dan gliserin

(d) *Silicone Rubber* dan gliserin

Dalam proses pengadukan RTV 48 (*silicone rubber* + katalis) menimbulkan gelembung udara [5] yang menyebabkan pori-pori seperti yang dapat dilihat pada citra sampel gambar 3. Pada gambar 3. (c)

merupakan sampel *silicone rubber* tanpa penambahan Al_2O_3 dan gliserin terlihat banyaknya pori. Begitu pula pada sampel (b) *silicone rubber* dan Al_2O_3 serta sampel (d) *silicone rubber* dan gliserin. Namun, pada sampel (a) *silicone rubber* dan Al_2O_3 + gliserin menunjukkan kurangnya pori yang terlihat. Hal ini sesuai dengan yang diharapkan bahwa penambahan Al_2O_3 + gliserin pada sampel dapat mengisi gelembung udara yang terbentuk. Akan tetapi, pada tepi kanan sampel (a) memperlihatkan ruang kosong. Hal ini dikarenakan pada saat pencetakan sampel kurang maksimal, dimana sampel terlalu lama dituang ke dalam cetakan sehingga sampel sudah mendekati waktu *setting*. Hal inilah yang menimbulkan kecacatan pada sampel fantom. Gambar 4 menunjukkan koefisien atenuasi fantom untuk keempat sampel. Koefisien atenuasi sampel *silicone rubber* tanpa penambahan Al_2O_3 dan gliserin diperoleh sebesar $0,226 \text{ cm}^{-1}$, sampel *silicone rubber* dan Al_2O_3 diperoleh sebesar $0,222 \text{ cm}^{-1}$, sampel *silicone rubber* dan gliserin diperoleh sebesar $0,222 \text{ cm}^{-1}$, serta sampel *silicone rubber* dan Al_2O_3 + gliserin diperoleh sebesar $0,240 \text{ cm}^{-1}$.



Gambar 4. Hasil perhitungan koefisien atenuasi fantom

Koefisien atenuasi untuk sampel *silicone rubber* dan Al_2O_3 + gliserin adalah $0,240 \text{ cm}^{-1}$ mendekati koefisien atenuasi jaringan lunak ginjal manusia seperti yang dilaporkan oleh King's, et.al, 2011 [21]. Gambar 4 menunjukkan bahwa nilai koefisien atenuasi fantom dengan sampel *silicone rubber* dan Al_2O_3 + gliserin adalah yang terindikasi cocok untuk menggantikan jaringan lunak ginjal manusia yang dapat digunakan sebagai pengganti manusia untuk penelitian maupun proses

belajar/praktikum dalam suatu instansi atau lembaga. Tabel 3 menunjukkan pengukuran koefisien atenuasi sampel menggunakan bahan dasar epoxy resin dengan penambahan *Rhizophora spp.* yang dilakukan oleh M. Alshipli's, et.al, 2018 [18].

Tabel 3. Pengukuran koefisien atenuasi

Sampel Penelitian		M. Alshipli, et.al, 2018 [18]	
Komposisi	Koefisien Atenuasi (cm ⁻¹)	Komposisi	Koefisien Atenuasi (cm ⁻¹)
Silicone Rubber tanpa penambahan Al ₂ O ₃ dan gliserin	0,226	Epoxy Resin tanpa penambahan <i>Rhizophora spp.</i>	0,224
Silicone Rubber dan Al ₂ O ₃	0,222	Epoxy Resin dan <i>Rhizophora spp.</i> (5%)	0,155
Silicone Rubber dan gliserin	0,222	Epoxy Resin dan <i>Rhizophora spp.</i> (10%)	0,297
Silicone Rubber	0,240	Epoxy Resin	0,039

an Al₂O₃+ gliserin dan *Rhizophora spp.* (10%)

Pada penelitian yang dilakukan oleh M. Alshipli, et.al, 2018 [18] koefisien atenuasi sampel epoxy resin tanpa penambahan *Rhizophora spp.* adalah 0,224 cm⁻¹ mendekati jaringan lunak hati manusia. Penelitian yang dilakukan oleh Rao dan Gregg, 1975 dalam M. Alshipli's, et.al, 2018 [18] pengukuran koefisien atenuasi yang diperoleh adalah 0,221cm⁻¹ cocok untuk menggantikan jaringan lunak hati manusia. Nilai koefisien atenuasi tersebut mendekati nilai koefisien atenuasi pada sampel *silicone rubber* dan Al₂O₃serta sampel *silicone rubber* dan gliserin adalah 0,222 cm⁻¹. Hal ini juga sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh A. Ansar's, et al, 2020 bahwa penambahan gliserin sebesar 20% pada bahan dasar *silicone rubber* RTV 52 cocok untuk menggantikan jaringan lunak hati manusia. Gliserin merupakan poli-alkohol dengan rumus molekul C₃H₈O₃ [14]. Gliserin adalah senyawa yang mempunyai gugus *hydroxyl* lebih dari dua atau merupakan tiga senyawa alkohol yang saling berkaitandengan nama 1,2,3-*propanatriol*. Gliserin

termasuk cairan kental yang tidak beracun, tidak berbau, dan berasa manis [22].

4. Simpulan

Koefisien atenuasi sampel *silicone rubber* tanpa penambahan Al_2O_3 dan gliserin diperoleh sebesar $0,226 \text{ cm}^{-1}$, sampel *silicone rubber* dan Al_2O_3 diperoleh sebesar $0,222 \text{ cm}^{-1}$, sampel *silicone rubber* dan gliserin diperoleh sebesar $0,222 \text{ cm}^{-1}$, serta sampel *silicone rubber* dan Al_2O_3 + gliserin diperoleh sebesar $0,240 \text{ cm}^{-1}$. Nilai koefisien atenuasi pada sampel *silicone rubber* dan Al_2O_3 serta sampel *silicone rubber* dan gliserin adalah $0,222 \text{ cm}^{-1}$ mendekati nilai koefisien atenuasi jaringan lunak hati manusia. Koefisien atenuasi fantom dengan sampel *silicone rubber* dan Al_2O_3 + gliserin adalah yang terindikasi cocok untuk menggantikan jaringan lunak ginjal manusia.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Politeknik Kesehatan Muhammadiyah Makassar atas bantuan biaya yang telah diberikan sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik.

5. Referensi

- [1] Sidabutar, D. H., Setiawati, E. (2014). Perbandingan Dosis Terhadap Variasi Kedalaman dan Luas Lapangan Penyinaran (Bentuk Persegi dan Persegi Panjang) Pada Pesawat Radioterapi Cobalt-6. *Youngster Physics Journal*, Vol. 3, No. 4: 295-302.
- [2] Murniati, R. (2018). Nanokomposit Karet Alami/Silikon Sebagai Otot Sintetik dengan Sifat Mekanik Seperti Otot Manusia. *Jurnal Ilmu Fisika*, Vol. 10, No.1: 1-8.
- [3] Fatimah, S., Maslebu, G., Trihandaru, S. (2018). Analisis Homogenitas Citra Ultrasonografi Berbasis *Silicone Rubber* Phantom dengan GLCM. *Jurnal Fisika*, Vol. 8, No.1: 19-28.
- [4] Ansar, A., Tahir, D., Abdullah, B., Nurhasmi, Fatimah, S., Jusmawang. (2019). Physical Characteristics of Soft Tissue Phantom from Silicone Rubber Based Vulcanization System. *Materials Science & Engineering*, Vol. 966: 194-199.
- [5] Ansar, A., Tahir, D., Abdullah, B., Nurhasmi, Jusmawang, Male, S., Kaloari, R. M. (2020). Analysis of

- the Attenuation Coefficient of Composite Silicone Rubber and Glycerin for Soft Tissue Phantom Applications. *Iranian Journal of Medical Physics*, Vol. 7, No.1: 1-7.
- [6] Ustbas, B., Kilic, D., Bozkurt, A., Aribal, M. E., Akbulut, O. (2018). Silicone-Based Composite Materials Simulate Breast Tissue to be Used as Ultrasonography Training Phantoms. *Elsevier: Ultrasonics*, 1-15.
- [7] Illah, M. A., Ardhyananta, H. (2013) Pengaruh Jenis Katalis terhadap Kekuatan Tarik dan Stabilitas Termal Polidimetilsiloksan (PDMS) untuk Lapisan Pelindung Baja AISI 1050. *Jurnal Teknik Pomits*, Vol. 2, No. 1: 41-44.
- [8] Setiawan, J., Prasetyo, A., Risdiyono. (2017). Pengaruh Penambahan *Talc* Terhadap Peningkatan Nilai Kekerasan Cetakan RTV *Silicone Rubber* Pada Proses *Spin Casting*. *Dinamika Kerajinan dan Batik*, Vol. 34, No. 1: 1-10.
- [9] Setiawan, J. (2010). Penelitian Waktu Optimal Pengeluaran Gas Pada Pembuatan Cetakan Karet Dengan RTV *Silicone Rubber*. *Dinamika Kerajinan dan Batik*, Vol. 28: 33-36.
- [10] Pakaya, F., Ardhyananta, H., Wicaksono, S. T. (2017). Mechanical Properties and Thermal Stability of Epoxy/RTV Silicone Rubber. *The Journal for Technology and Science*, Vol. 28, No. 1: 7-14.
- [11] Kopylov, V. M., Kostyleva, E. L., Kostylev, I. M., Koviazin, A. V. (2010). Silica Fillers for Silicone Rubber. *International Polymer Science and Technology*, Vol. 38, No. 3: 35-47,.
- [12] Davis, K. (2010). Material Review: Alumina (Al_2O_3). *School of Doctoral Studies (European Union) Journal*:109-114.
- [13] Ukhrowiyah, N., Setyaningsih, N., Hikmawati, D., Yasin, M. (2017). Synthesis and Characterization of Breast-Phantom-Based Gelatine-Glutaraldehyde- TiO_2 as a Test Material for The Application of Breast Cancer Diagnosis. *Journal of Physics*, 1-10.
- [14] McKee, C.T., Last, J.A. Russell, P., Murphy, C.J. (2011). Indentation Versus Tensile

- Measurements of Young's Modulus for Soft Biological Tissues. *Tissue Engineering:Part B*, Vol. 17, No. 3: 155-164.
- [15] Ismail, H. M., Pretty, C. G., Signal, M. K., Haggars, M., Zhou, C., Chase, J. G. (2017). Mechanical Behaviour of Tissue Mimicking Breast Phantom Materials. *Biomedical Physics & Engineering Express*, Vol. 3: 1-17.
- [16] Wang, Y., Tai, B. L., Yu, H., Shih, A. J. (2014). Silicone-Based Tissue-Mimicking Phantom for Needle Insertion Simulation. *Journal of Medical Devices*, Vol. 8, 1-7.
- [17] Li, P., Jiang, S., Yu, Y., Yang, J., Yang, Z. (2015). Biomaterial Characteristics and Application of Silicone Rubber and PVA Hydrogels Mimicked in Organ Groups for Prostate Brachytherapy. *Journal of The Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, Vol. 49: 220-234.
- [18] Alshipli, M., Kabir, N. A., Hashim, R., Tajuddin, A. A. (2018). Measurement of Attenuation Coefficients and CT Numbers of Epoxy Resin and Epoxy-Based Rhizophora Spp Particleboards in Computed Tomography Energy Range. *Radiation Physics and Chemistry*, Vol. 149: 41-48.
- [19] Meilinda, T., Hidayanto, E., Arifin, Z. (2014). Pengaruh Perubahan Faktor Eksposi Terhadap Nilai CT Number. *Youngster Physics Journal*, Vol. 3, No. 3: 269-278.
- [20] Yada, N., Onishi, H. (2016). Validation of Computed Tomography-Based Attenuation Correction of Deviation between Theoretical and Actual Values in Four Computed Tomography Scanners. *Asia Oceania Journal of Nuclear Medicine & Biology*, Vol. 4, No. 2: 81-89.
- [21] King, B.W., Landheer, K.A., Johns, P.C. (2011). X-Ray Coherent Scattering Form Factors of Tissues, Water and Plastics Using Energy Dispersion. *Physics in Medicine and Biology*, 56 4377-4397.
- [22] Aufari, M. A., Robianto, S., Manurung, R. (2013). Pemurnian *Crude Glycerine* Melalui Proses *Bleaching* dengan Menggunakan



Karbon Aktif. *Jurnal Teknik*

Kimia, Vol. 2, No. 1: 44-48.