

# PENGARUH LAMA PENYINARAN SINAR ULTRAVIOLET TERHADAP PERUBAHAN WARNA PADA JENIS ELASTOMER SILIKON ROOM TEMPERATURE VULCANIZING DENGAN PIGMENTASI INTRINSIK SEBAGAI BAHAN PROTESA MAKSILOFASIAL EKSTRAORAL

Agnes Endra Purdiana \*, Endang Wahyuningtyas \*\*, dan Erwan Sugiatno \*\*  
 \* Program Studi Prostodonsia Program Pendidikan Dokter Gigi Spesialis FKG UGM  
 \*\* Bagian Prostodonsia FKG UGM

## ABSTRAK

Elastomer silikon *room temperature vulcanizing* sebagai bahan protesa maksilofasial ekstraoral akan menunjukkan perubahan warna setelah beberapa tahun. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh lama penyinaran sinar ultraviolet terhadap perubahan warna pada jenis elastomer silikon RTV dengan pigmentasi intrinsik.

Penelitian ini menggunakan 30 balok silikon RTV dimensi 20x15x3mm. Sampel dibagi menjadi 10 sampel per kelompok, yaitu: kelompok silikon RTV-683; kelompok silikon RTV-585; dan kelompok silikon Elastosil M4503. Warna awal sampel diukur dengan *chromameter* (Konica Minolta, Jepang), kemudian disinari dengan energi radiasi 1,35 W/m<sup>2</sup> sinar ultraviolet buatan dalam 5 waktu pengukuran yaitu: 8, 24, 48, 72, dan 96 jam. Warna akhir sampel diukur tiap selesai penyinaran setelah 8, 24, 48, 72, dan 96 jam. Nilai L\*a\*b\* diperoleh sebelum dan sesudah penyinaran untuk mengetahui perubahan warna, dengan rumus:  $\Delta E^*_{ab}(L^*a^*b^*) = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*_{ab})^2 + (\Delta b^*_{ab})^2]^{1/2}$ . Data dianalisis dengan ANAVA dua jalur dan dilanjutkan uji *least significant difference* (LSD).

Hasil penelitian adalah: 1) terdapat perbedaan signifikan pada perubahan warna sampel silikon antara lama penyinaran sinar ultraviolet ( $p < 0,05$ ); 2) terdapat perbedaan signifikan pada perubahan warna sampel silikon antara jenis silikon RTV ( $p < 0,05$ ), dan 3) terdapat interaksi yang signifikan antara lama penyinaran sinar ultraviolet dan jenis silikon terhadap perubahan warna sampel silikon ( $p < 0,05$ ). Kesimpulan penelitian ini adalah: 1) lama penyinaran sinar ultraviolet berpengaruh terhadap perubahan warna pada silikon RTV dengan pigmentasi intrinsik, 2) jenis elastomer silikon berpengaruh terhadap perubahan warna pada silikon RTV dengan pigmentasi intrinsik, dan 3) jenis elastomer silikon dengan rerata perubahan warna ( $\Delta E^*$ ) paling rendah adalah silikon RTV-683.

**Kata kunci:** Elastomer silikon *room temperature vulcanizing*, perubahan warna, lama penyinaran sinar ultraviolet, protesa maksilofasial ekstraoral

## ABSTRACT

*Room temperature vulcanizing silicone elastomer that is used for extra oral maxillofacial prostheses exhibit a color change over many years. The aim of this study was to investigate the effect of ultraviolet light weathering duration on color changes of RTV silicone elastomer's type with intrinsic pigmentation.*

*This study used thirty rectangular samples of RTV silicone with 20x15x3mm dimension. The samples consisted of 10 samples in each group, those are RTV-683 silicone group, RTV-585 silicone group, and Elastosil M4503 silicone group. The initial color of samples were evaluated with chromameter (Konica Minolta, Japan), then the weathering was run for a radiant energy of 1.35 W/m<sup>2</sup> with artificial ultraviolet light, in 5 different periods, those are 8, 24, 48, 72, and 96 hours. The ending color were evaluated each time after completed weathering in 8, 24, 48, 72, and 96 hours. L\*a\*b\* values were obtained before and after weathering to define color changes, from the equation:  $\Delta E^*_{ab}(L^*a^*b^*) = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*_{ab})^2 + (\Delta b^*_{ab})^2]^{1/2}$ . The data were analyzed to two-way ANOVA and continued with least significant difference (LSD) test.*

*The results showed that: 1) there was a significant difference in color changes of silicone samples between the ultraviolet light weathering duration ( $p < 0.05$ ), 2) there was a significant difference in color changes of silicone samples between the type of room temperature vulcanizing silicone ( $p < 0.05$ ), and 3) there was a significant interaction between ultraviolet light weathering duration and the type of silicone towards the color changes of silicone samples ( $p < 0.05$ ). The conclusions of this study were: 1) the ultraviolet light weathering duration effected*

to color changes of RTV silicone with intrinsic pigmentation, 2) the type of silicone elastomer effected to color changes of RTV silicone with intrinsic pigmentation, and 3) silicone elastomer's type that have the lowest color changes ( $\Delta E^*$ ) is RTV-683 silicone.

**Key words:** Room temperature vulcanizing silicone elastomer, color change, ultraviolet light weathering duration, extra oral maxillofacial prostheses

## PENDAHULUAN

Protosa maksilofasial adalah alat untuk menggantikan struktur maksilofasial yang hilang karena penyakit, luka, atau malformasi kongenital. Protosa maksilofasial dibagi menjadi dua jenis berdasarkan lokasi deformitas, yaitu: protosa maksilofasial intraoral dan protosa maksilofasial ekstraoral. Protosa maksilofasial ekstraoral menggantikan struktur defek yang luas pada wajah, meliputi: mata, telinga, hidung, bibir, serta pada kranium<sup>1</sup>.

Bahan protosa maksilofasial ekstraoral hendaknya kompatibel dengan jaringan tubuh, tidak menyebabkan alergi, dan dapat dilekatkan dengan bahan adhesif. Proses polimerisasi bahan protosa relatif sederhana, dan pewarnaan mudah dilakukan secara intrinsik atau ekstrinsik. Bahan protosa maksilofasial ekstraoral pada awalnya adalah kayu, gading, malam, dan logam, sedangkan bahan modern yang digunakan adalah lateks, polimetil metakrilat, PVC, *chlorinated polyethylene*, poliuretan, vinil plastisol, dan elastomer silikon<sup>2</sup>. Elastomer silikon digunakan sebagai bahan protosa maksilofasial ekstraoral pada tahun 1960 oleh Barnhart, dan menjadi bahan pilihan karena tahan terhadap bahan kimia, kuat, tahan lama, dan mudah dimanipulasi<sup>3</sup>.

Elastomer silikon diklasifikasikan menjadi tiga jenis, yaitu: silikon *high temperature vulcanizing* (HTV), *liquid silicone rubbers* (LSR), dan silikon *room temperature vulcanizing* (RTV)<sup>4</sup>. Elastomer silikon RTV mengalami proses polimerisasi pada suhu ruang, tidak membutuhkan mesin *milling* dan alat pres. Sifat fisik elastomer silikon RTV, yaitu: memiliki ketahanan terhadap kekuatan yang merobek dan dapat memanjang sehingga ketebalan tepinya cukup tipis. Elastomer silikon RTV tidak mengalami proses pengerutan saat polimerisasi, memiliki tekstur permukaan dan kekerasan pada rentang kulit

manusia<sup>1</sup>. Elastomer silikon RTV-683 memiliki ketahanan terhadap suhu, perubahan bentuk, dan penyusutan yang rendah. Waktu kerja dan waktu polimerisasi bergantung pada suhu ruangan<sup>5</sup>. Elastomer silikon RTV-585 adalah silikon yang berpolimerisasi pada suhu ruang dengan reaksi polikondensasi selama 24 jam<sup>6</sup>. Elastomer silikon Elastosil M4503 adalah jenis silikon RTV-2 mengalami polimerisasi secara kondensasi<sup>7</sup>. Silikon Elastosil M4503 bersifat mudah mengalir, kekerasannya rendah, kekuatan robek yang tinggi, elastisitas dan ekstensibilitas baik<sup>8</sup>.

Protosa maksilofasial ekstraoral akan dibuat ulang dalam waktu 1,5 - 2 tahun karena perubahan warna (31,2%), adanya masalah antara perlekatan magnet dengan resin akrilik pada protosa maksilofasial kaitan *implant* (25,3%), silikon menjadi rusak (13,3%), dan perlekatan bahan adhesif kurang baik (10,9%). Fenomena tersebut menunjukkan bahwa persentase ketidakpuasan pasien yang terbesar terhadap protosa maksilofasial ekstraoral adalah perubahan warna<sup>9</sup>. Perubahan warna terjadi karena faktor lingkungan, yaitu: 1) terpapar komponen ultraviolet dari sinar matahari alami, 2) keadaan elastomer yang basah dan kering, dan 3) abrasi permukaan protosa karena aplikasi dan penghapusan kosmetik sebagai pewarna ekstrinsik<sup>10</sup>. Pewarnaan intrinsik protosa maksilofasial ekstraoral adalah metode yang ideal, karena mencampur pigmen dan silikon yang belum mengalami polimerisasi<sup>1</sup>.

Perubahan warna protosa maksilofasial ekstraoral karena sinar ultraviolet merupakan perubahan yang paling serius dan mudah diamati<sup>11</sup>. Elastomer silikon RTV memiliki kelemahan yaitu tidak tahan terhadap sinar ultraviolet<sup>12</sup>. Degradasi karena penyinaran dengan sinar ultraviolet disebut foto degradasi, yang menyebabkan pemotongan rantai, *cross-linked*, dan oksidasi yang mempengaruhi sifat fisik elastomer silikon RTV. Mekanisme foto

degradasi dimulai ketika sinar matahari diserap oleh polimer, dan terjadi aktivasi makromolekul sehingga muncul reaksi fotokimia. Proses yang terjadi setelah foto degradasi adalah foto oksidasi<sup>13</sup>.

Foto oksidasi adalah pembentukan radikal bebas dan terjadinya induksi oksidasi pada bahan sebagai hasil absorpsi sinar ultraviolet. Polimer mengalami reaksi foto oksidasi ketika terpapar oleh sinar ultraviolet<sup>14</sup>. Degradasi oksidatif pada elastomer silikon RTV karena sinar ultraviolet terjadi dalam beberapa tahap, terdiri dari: 1) tahap inisiasi, yaitu tahap pembentukan radikal bebas, 2) tahap propagasi, yaitu reaksi radikal bebas dengan oksigen dimana terjadi pemotongan rantai menjadi suatu polimer oksidasi dan radikal peroksi serta radikal polimer sekunder, dan 3) tahap terminasi, yaitu tahap reaksi setiap radikal bebas berbeda dan menghasilkan hubungan yang silang menyilang<sup>15</sup>.

Perubahan warna pada jenis elastomer silikon RTV setelah penyinaran dengan sinar ultraviolet buatan akan dihitung melalui jumlah energi sinar ultraviolet ( $\Delta E^*$ )<sup>17</sup>. Sistem *CIELAB* memiliki tiga koordinat, yaitu:  $L^*a^*b^*$ . Nilai  $L^*$  menunjukkan terang gelap suatu obyek dengan rentang dari 0 (hitam) - (putih). Nilai  $a^*$  dan  $b^*$  merupakan koordinat kromatik arah warna, yaitu: 1) positif  $a^*$ : arah warna merah, 2) negatif  $a^*$ : arah hijau, 3) positif  $b^*$ : warna kuning, dan 4) negatif  $b^*$ : warna biru<sup>18</sup>.

Nilai  $\Delta E^*$  menunjukkan perubahan warna secara keseluruhan. Jika terdapat peningkatan nilai  $\Delta E^*$  maka menunjukkan perubahan warna yang lebih besar. Nilai  $\Delta E^* > 2$  merupakan perubahan warna yang dapat dilihat dengan mata. Nilai  $\Delta E^* \geq 3,3$  menunjukkan perubahan warna yang tidak dapat diterima<sup>17</sup>.

Berdasarkan latar belakang tersebut dapat dirumuskan suatu permasalahan apakah terdapat pengaruh lama penyinaran sinar ultraviolet terhadap perubahan warna pada jenis elastomer silikon *room temperature vulcanizing* dengan pigmentasi intrinsik sebagai bahan protesa maksilofasial ekstraoral. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh lama penyinaran sinar ultraviolet terhadap perubahan warna pada jenis elastomer silikon *room temperature vulcanizing* dengan pigmentasi intrinsik sebagai bahan protesa maksilofasial ekstraoral. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai

pengaruh lama penyinaran sinar ultraviolet terhadap perubahan warna pada jenis elastomer silikon *room temperature vulcanizing* dengan pigmentasi intrinsik sebagai bahan protesa maksilofasial ekstraoral. Selain itu dapat memberikan pengetahuan bagi praktisi dalam memilih bahan elastomer silikon *room temperature vulcanizing* dengan pigmentasi intrinsik sebagai bahan protesa maksilofasial ekstraoral.

## METODE PENELITIAN

Subyek penelitian berupa 30 sampel elastomer silikon RTV dengan pigmentasi intrinsik berbentuk balok berukuran 20x15x3mm, terbagi dalam tiga kelompok yaitu: 1) Kelompok I: 10 sampel silikon elastomer RTV-683 yang disinari dengan sinar ultraviolet buatan selama 8, 24, 48, 72, dan 96 jam, 2) Kelompok II: 10 sampel silikon elastomer RTV-585 yang disinari dengan sinar ultraviolet buatan selama 8, 24, 48, 72, dan 96 jam, dan 3) Kelompok III: 10 sampel silikon elastomer Elastosil M-4503 yang disinari dengan sinar ultraviolet buatan selama 8, 24, 48, 72, dan 96 jam.

Model cetakan dibuat dari 2 lembar plat akrilik berbentuk balok dengan panjang 80 mm, lebar 160 mm, dan tebal 3 mm. Plat akrilik bagian atas dipotong membentuk balok ukuran 20x15x3mm untuk 10 sampel per kelompok. Plat akrilik bagian atas direkatkan dengan plat akrilik bagian bawah dengan panjang 80 mm, lebar 160 mm. Kemudian plat akrilik digrafi dengan nomer 1-10 untuk penanda nomer sampel dari 3 kelompok.

Sampel elastomer silikon RTV dibagi menjadi tiga kelompok yaitu: a) Kelompok I: elastomer silikon RTV-683 dengan katalis 2%, b) Kelompok II: elastomer silikon RTV-585 dengan 2% katalis 60R, dan c) Kelompok III: elastomer silikon Elastosil M-4503 dengan 2% katalis T40. Tiap kelompok terdiri dari 10 sampel elastomer silikon. Suhu ruangan saat pembuatan sampel adalah 25°C dan kelembaban udara sebesar 40%, diukur dengan termohigrometer. Tahap pembuatan sampel pada ketiga jenis elastomer silikon RTV adalah sama, dan yang menjadi perbedaan adalah jenis elastomer silikon dan katalis yang digunakan per kelompok.

Tahap pembuatan sampel elastomer silikon RTV dengan pigmentasi intrinsik adalah: 1) seratus gram cairan silikon, 30 ml *oil silicone*, dan 2 ml katalis silikon dituangkan ke dalam mangkuk polipropilen di atas timbangan digital, 2) *hand mixer* dengan pengocok ulir di sebelah kiri untuk mengaduk adonan silikon, *oil silicone*, katalis, 2 ml pigmen pewarna *Raw Sienna* selama 2 menit. Pigmen dimasukkan bersamaan dengan pengadukan dengan *mixer* hingga homogen, 3) adonan silikon yang telah homogen, diletakkan di atas *vacuum* dan ditutup dengan toples kaca untuk proses *degassing* atau pelepasan gelembung udara dengan tekanan -76 mm Hg. Proses *degassing* diulangi sebanyak 1-2 kali, dengan total waktu *vacuum* adalah 5-8 menit, 4) penuangan adonan silikon RTV ke dalam cetakan secara perlahan agar menghindari terjebaknya udara, 5) sampel dilepas dari cetakan setelah 16-24 jam dan dipotong menjadi 10 sampel per kelompok dengan *scalpel*, dan dirapikan dari sisa-sisa silikon.

Pengukuran warna awal sampel elastomer silikon RTV-683, RTV-585, dan Elastosil M-4503 menggunakan *chromameter*. Sebelum melakukan penghitungan warna, dilakukan kalibrasi dengan plat putih standar. Semua sampel silikon RTV disinari menggunakan sinar ultraviolet buatan dengan energi radiasi 1,35 W/m<sup>2</sup>. Waktu penyinaran dengan sinar ultraviolet selama 8, 24, 48, 72, dan 96 jam. Pengukuran warna dilakukan setiap selesai penyinaran setelah 8, 24, 48, 72, dan 96 jam menggunakan *chromameter*

pada semua sampel elastomer silikon. Pengukuran warna dilakukan dengan tahapan yang sama seperti saat pengukuran warna awal. Penghitungan perubahan warna pada sampel elastomer silikon menggunakan metode *Commission Internationale de l'Eclairage* [CIE L\*a\*b\*], dengan rumus:

$$\Delta E^*_{ab}(L^*a^*b^*) = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*_{ab})^2 + (\Delta b^*_{ab})^2]^{1/2}$$

Keterangan:  $\Delta E^*_{ab}$ : perubahan warna; L\*: *value* gelap terang obyek; a\*: mendeskripsikan aksis dari warna hijau-merah; b\*: mendeskripsikan aksis dari warna biru-kuning

Data perubahan warna dianalisis dengan analisis variansi (ANOVA) dua jalur dan dilanjutkan uji *least significant difference* (LSD).

### HASIL PENELITIAN

Tabel 1 menunjukkan rerata perubahan warna tertinggi adalah kelompok silikon RTV-585 penyinaran selama 96 jam, yaitu sebesar 1,002 ± 0,185 dan terendah adalah kelompok silikon RTV-585 penyinaran selama 8 jam yaitu sebesar 0,218 ± 0,132. Elastomer silikon RTV-683 memiliki rerata perubahan warna paling sedikit yaitu sebesar 0,563 ± 0,222 pada penyinaran selama 96 jam dibandingkan elastomer silikon RTV-585 dan Elastosil M4503. Data kemudian dianalisis dengan uji normalitas *Kolmogorof Smirnov* untuk mengetahui distribusi normal populasi data.

**Tabel 1.** Rerata dan standar Deviasi Perubahan Warna ( $\Delta E^*$ ) pada sampel elastomer silikon *room temperature vulcanizing* setelah penyinaran dengan sinar ultraviolet

Jenis	Lama Penyinaran Sinar Ultraviolet				
	8 jam	24 jam	48 jam	72 jam	96 jam
Silikon	x ± SD	x ± SD	x ± SD	x ± SD	x ± SD
RTV-683	0,397 ± 0,174	0,427 ± 0,166	0,428 ± 0,209	0,439 ± 0,079	0,563 ± 0,222
RTV-585	0,218 ± 0,132	0,400 ± 0,266	0,424 ± 0,207	0,899 ± 0,148	1,002 ± 0,185
Elastosil M4503	0,521 ± 0,156	0,533 ± 0,145	0,567 ± 0,180	0,714 ± 0,160	0,926 ± 0,235

Keterangan: x = Rerata perubahan warna; SD = Standar deviasi

**Tabel 2.** Hasil uji normalitas perubahan warna ( $\Delta E^*$ ) pada elastomer silikon *room temperature vulcanizing*

Uji Kolmogorof Smirnov	
N	150
Rata-rata	0,564
Standar deviasi	0,279
Kolmogorof -Smirnov Z	1,181
Probabilitas	0,123

Keterangan: N: jumlah data penelitian; Probabilitas: nilai p

Hasil uji ANOVA dua jalur pada Tabel 3 menunjukkan bahwa: 1) terdapat perbedaan signifikan pada perubahan warna sampel elastomer silikon antara lama penyinaran sinar ultraviolet ( $p < 0,05$ ); 2) terdapat perbedaan signifikan pada perubahan warna sampel elastomer silikon antara jenis elastomer silikon RTV ( $p < 0,05$ ), dan 3) terdapat interaksi signifikan antara lama penyinaran sinar ultraviolet dan jenis silikon terhadap perubahan warna sampel elastomer silikon ( $p < 0,05$ ).

**Tabel 3.** Hasil uji anava dua jalur perubahan warna ( $\Delta E^*$ ) pada sampel jenis elastomer silikon RTV dan lama penyinaran dengan sinar ultraviolet

Sumber Variasi	Jumlah Kuadrat (SS)	Derajat Bebas (df)	Rerata Kuadrat (MS)	F	Probabilitas (p)
Antara lama penyinaran	4,206	4	1,052	31,345	0,000
Antara jenis elastomer silikon	1,059	2	0,529	15,780	0,000
Interaksi lama penyinaran dan jenis silikon	1,813	8	0,227	6,756	0,000

## PEMBAHASAN

Tabel 1 menunjukkan perubahan warna ( $\Delta E^*$ ) meningkat setelah penyinaran selama 8 jam, 24 jam, 48 jam, 72 jam, dan 96 jam pada ketiga jenis elastomer silikon yang diteliti. Rerata perubahan warna setelah penyinaran 96 jam yang tertinggi adalah kelompok silikon RTV-585 dan Elastosil M4503, sedangkan perubahan warna yang terendah adalah pada kelompok silikon RTV-683.

Elastomer silikon RTV-683 memiliki perubahan warna yang paling sedikit dibandingkan elastomer silikon RTV-585 dan Elastosil M4503. Elastomer silikon RTV-683 mengalami perubahan warna setelah penyinaran selama 96 jam dengan  $\Delta E^*$  sebesar  $0,563 \pm 0,222$ , hal ini terjadi karena silikon RTV-683 mengalami polimerisasi dengan reaksi adisi yaitu polimer yang terbentuk dari reaksi polimerisasi disertai dengan pemutusan ikatan rangkap diikuti oleh adisi dari monomer-monomernya yang

membentuk ikatan tunggal. Reaksi adisi tidak disertai molekul-molekul kecil sebagai produk samping. Hal ini sesuai pendapat bahwa polimer dengan polimerisasi adisi memiliki stabilitas dimensi yang lebih baik, karena hanya sedikit atau hampir tidak ada produk sampingan pada reaksi silang yang dihasilkan<sup>19</sup>.

Elastomer silikon RTV-585 mengalami perubahan warna setelah penyinaran selama 96 jam dengan  $\Delta E^*$  sebesar  $1,002 \pm 0,185$ . Hal ini terjadi karena silikon RTV-585 mengalami polimerisasi dengan reaksi polikondensasi, yaitu polimer yang terjadi karena reaksi kondensasi atau reaksi bertahap. Mekanisme reaksi polimer kondensasi identik dengan reaksi kondensasi senyawa bobot molekul rendah, yaitu: reaksi dua gugus aktif dari dua molekul monomer yang berbeda berinteraksi dengan melepaskan molekul kecil sebagai produk samping. Bila hasil polimer dan monomer berbeda fase, reaksi akan terus berlangsung hingga salah

satu pereaksi habis. Hal ini sesuai pendapat bahwa silikon RTV-585 mengalami polimerisasi pada suhu ruang dengan reaksi polikondensasi<sup>20</sup>. Polimerisasi kondensasi memiliki sifat mengalami perubahan dimensi setelah setting karena hilangnya alkohol yang

diproduksi selama reaksi. Setiap molekul dari agen *cross-linking* akan bereaksi dengan empat rantai prepolimer sehingga setiap tahap reaksi menghasilkan 1 molekul etil alkohol sebagai produk samping<sup>19</sup>.

**Tabel 4.** Hasil uji LSD perubahan warna ( $\Delta E^*$ ) pada sampel elastomer silikon *room temperature vulcanizing* setelah penyinaran dengan sinar ultraviolet

LSD	8 jam RTV 683	24 jam RTV 683	48 jam RTV 683	72 jam RTV 683	96 jam RTV 683	8 jam RTV 585	24 jam RTV 585	48 jam RTV 585	72 jam RTV 585	96 jam RTV 585	8 jam Elastosil M4503	24 jam Elastosil M4503	48 jam Elastosil M4503	72 jam Elastosil M4503	96 jam Elastosil M4503
8 jam RTV 683	--	0.716	0.709	0.617	0.046*	0.030*	0.975	0.747	0.000*	0.000*	0.135	0.101	0.040*	0.000*	0.000*
24 jam RTV 683	--	--	0.993	0.891	0.101	0.012*	0.739	0.967	0.000*	0.000*	0.257	0.200	0.091	0.001*	0.000*
48 jam RTV 683	--	--	--	0.898	0.102	0.012*	0.733	0.960	0.000*	0.000*	0.261	0.203	0.092	0.001*	0.000*
72 jam RTV 683	--	--	--	--	0.132	0.008*	0.639	0.859	0.000*	0.000*	0.319	0.252	0.119	0.001*	0.000*
96 jam RTV 683	--	--	--	--	--	0.000*	0.049*	0.092	0.000*	0.000*	0.607	0.715	0.959	0.067	0.000*
8 jam RTV 585	--	--	--	--	--	--	0.028*	0.013*	0.000*	0.000*	0.000*	0.000*	0.000*	0.000*	0.000*
24 jam RTV 585	--	--	--	--	--	--	--	0.771	0.000*	0.000*	0.144	0.108	0.044*	0.000*	0.000*
48 jam RTV 585	--	--	--	--	--	--	--	--	0.000*	0.000*	0.240	0.186	0.083	0.001*	0.000*
72 jam RTV 585	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0.211	0.000*	0.000*	0.000*	0.025*	0.743
96 jam RTV 585	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0.000*	0.000*	0.000*	0.001*	0.355
8 jam Elastosil M4503	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0.882	0.572	0.020*	0.000*
24 jam Elastosil M4503	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0.677	0.029*	0.000*
48 jam Elastosil M4503	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0.075	0.000*
72 jam Elastosil M4503	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0.011*
96 jam Elastosil M4503	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Keterangan: \* menunjukkan perbedaan yang signifikan ( $p < 0,05$ )

Elastomer silikon Elastosil M4503 mengalami perubahan warna setelah penyinaran selama 96 jam dengan  $\Delta E^*$  sebesar  $0,926 \pm 0,235$ . Hal ini terjadi karena silikon Elastosil M4503 mengalami polimerisasi secara kondensasi dan memiliki katalis T40 yang mengandung campuran tetraorganotin. Hal ini sesuai dengan pendapat bahwa silikon dengan polimerisasi kondensasi dan adisi pada dasarnya sama yaitu ketahanan terhadap sobekan yang tinggi dan elastik. Perbedaan signifikan antara polimerisasi kondensasi dan adisi adalah stabilitas dimensinya. Produk sampingan yang sedikit atau hampir tidak ada pada reaksi *cross-linking* polimerisasi adisi akan menghasilkan bahan yang lebih stabil<sup>19</sup>.

Uji ANOVA dua jalur pada Tabel 3 menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan pada perubahan warna sampel elastomer silikon antara lama penyinaran sinar ultraviolet ( $p < 0,05$ ). Hal ini terjadi karena polimer memiliki kelemahan, yaitu: mengalami penguraian ketika berada pada kondisi bersuhu tinggi atau penggunaan di luar ruangan. Lingkungan akan mempengaruhi polimer secara negatif ketika polimer digunakan pada luar ruangan, yaitu terjadi proses kimia yang permanen, dan memicu penguraian polimer yang tidak diinginkan, yaitu perubahan warna. Radiasi sinar ultraviolet mengawali proses pembentukan radikal bebas, hingga membentuk ketidakaturan struktur pada rantai struktur elastomer silikon. Hal ini sesuai dengan pernyataan bahwa degradasi polimer selama pemakaian di luar ruangan, dapat mengakibatkan reaksi polimer dengan atau tanpa oksigen yang diinduksi oleh sinar matahari. Degradasi karena radiasi sinar ultraviolet disebut fotodegradasi, dan terdapat reaksi kimia seperti pemotongan rantai, *cross linking*, dan oksidasi yang mempengaruhi sifat fisik<sup>13</sup>. Sinar ultraviolet A yang digunakan untuk menyinari sampel elastomer silikon memiliki panjang gelombang 315-400 nm, sehingga sinar dapat terserap oleh elastomer silikon. Adanya penyerapan sinar ultraviolet akan menyebabkan perubahan struktur molekul pada elastomer silikon. Hal ini sesuai dengan pendapat bahwa radiasi dengan panjang gelombang 310-350 nm menyebabkan polimer menguning, dan defek pada rantai polimer<sup>21</sup>. Perubahan warna pada sampel yang berbeda setelah perlakuan kontak dengan sinar matahari secara buatan.

Jumlah dari energi sinar ultraviolet memiliki pengaruh yang signifikan pada perubahan warna elastomer silikon<sup>22</sup>.

Uji ANOVA dua jalur pada Tabel 3 menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan pada perubahan warna sampel elastomer silikon antara jenis silikon *room temperature vulcanizing* ( $p < 0,05$ ), hal ini terjadi karena terdapat perubahan distribusi berat molekular yang merupakan modifikasi struktur utama polidimetilsiloksan dalam elastomer silikon RTV yang terpapar sinar ultraviolet. Hal tersebut berhubungan dengan rantai yang terpotong, kemudian terjadi hubungan silang menyilang. Hal ini sesuai dengan pendapat bahwa polidimetilsiloksan sebagai bahan untuk protesa maksilofasial memiliki kekurangan, yaitu: stabilitas panas yang rendah dan tidak tahan terhadap radiasi sinar ultraviolet<sup>12</sup>.

Uji ANOVA dua jalur pada Tabel 3 menunjukkan adanya interaksi yang signifikan antara lama penyinaran sinar ultraviolet dan jenis silikon terhadap perubahan warna sampel elastomer silikon ( $p < 0,05$ ). Hal ini terjadi karena sinar ultraviolet yang diserap oleh silikon akan mengaktifkan molekul-molekul berukuran besar dalam silikon. Makin lama penyinaran yang dialami oleh elastomer silikon, akan meningkatkan energi sinar ultraviolet yang diserap elastomer silikon. Energi sinar ultraviolet yang diserap akan lebih besar daripada energi pada ikatan elastomer silikon, maka ikatan kimianya menjadi rusak. Perubahan warna yang terjadi berhubungan dengan energi pada ikatan tiap jenis elastomer silikon dan energi sinar ultraviolet yang berbanding lurus dengan lama penyinaran. Hal ini menunjukkan adanya interaksi antara lama penyinaran sinar ultraviolet dan jenis silikon terhadap perubahan warna elastomer silikon.

Hal ini sesuai dengan pendapat bahwa penyinaran dengan sinar ultraviolet buatan merupakan perlakuan seolah-olah bahan digunakan di luar ruangan<sup>23</sup>. Mekanisme foto degradasi adalah ketika sinar matahari diserap oleh polimer, dan terjadi reaksi foto kimia sebagai hasil aktivasi makromolekul suatu polimer. Jika energi sinar ultraviolet yang diserap lebih besar daripada energi pada ikatan polimer, maka ikatan kimianya menjadi rusak<sup>13</sup>.

Uji LSD perubahan warna antar kelompok pada ketiga jenis elastomer silikon setelah penyinaran dengan sinar ultraviolet pada Tabel 4 menunjukkan perbedaan yang

signifikan, hal ini disebabkan oleh molekul elastomer silikon membentuk radikal elastomer silikon, kemudian dipicu oleh gas hidrogen yang tidak berwujud sehingga menghasilkan radikal bebas. Reaksi radikal bebas dengan oksigen menghasilkan radikal polimer peroksi. Karakteristik elastomer silikon RTV adalah adanya silikon dan oksigen yang merupakan polimer anorganik utama. Radikal polimer peroksi menghasilkan polimer hidropersida dan radikal polimer alkil. Polimer hidropersida menyebabkan suatu percabangan rantai, yaitu pembentukan radikal polimer oksidasi dan radikal hidroksi. Reaksi pemotongan rantai terjadi saat pembentukan radikal polimer oksidasi, dan terjadi penyusunan kembali. Reaksi setiap radikal bebas yang berbeda menghasilkan suatu *cross-linked*, dan reaksi ini hanya muncul saat setidaknya salah satu radikal bebas yang terlibat adalah radikal primer atau radikal sekunder. Hal ini sesuai dengan pendapat bahwa adanya oksigen dapat membentuk radikal bebas dan memicu produk foto oksidasi yang tidak stabil, yaitu: hidropersida yang dapat menginisiasi siklus oksidasi yang baru dan menyebabkan foto oksidasi mengalami percepatan secara otomatis<sup>24</sup>.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat diambil kesimpulan sebagai berikut: 1) lama penyinaran sinar ultraviolet berpengaruh terhadap perubahan warna pada elastomer silikon *room temperature vulcanizing* dengan pigmentasi intrinsik sebagai bahan protesa maksilofasial ekstraoral, 2) jenis elastomer silikon berpengaruh terhadap perubahan warna pada elastomer silikon *room temperature vulcanizing* dengan pigmentasi intrinsik sebagai bahan protesa maksilofasial ekstraoral, dan 3) jenis elastomer silikon dengan rerata perubahan warna ( $\Delta E^*$ ) paling rendah adalah elastomer silikon RTV-683.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Bulbulian AH: *Facial Prosthetics*, Charles C. Thomas Publisher, Springfield, Illinois, 1973: 3, 4, 10, 30-38, 105-113.
2. Andres CJ, Haug SP, Brown DT, & Bernal G: Effects of Environmental Factors on

- Maxillofacial Elastomers: Part II-Report of Survey, *J. Prosthet Dent.*, 1992; 68 (3): 519-22.
3. Phillips RW, Margetis PM, Urban JJ, & Leonard F: Materials for The Fabrication of Maxillofacial Prosthesis, In: Chalian, V.A., Drane, J.B., Standish, S.M., (eds.), *Maxillofacial prosthetics: Multidisciplinary Practice.*, Baltimore: The Williams & Wilkins Co, 1971: 89-107.
4. Annusavice KJ: *Phillip's science of dental materials*, 10<sup>th</sup> ed., W.B Saunders., Philadelphia., 2004: 39-40, 274, 284.
5. Matapel Chemicals, *Silicone Rubber RTV 683*, available at: <http://v5.indowebster.com/downloads/hhfjii/o3s3s344y203v2>, accessed on: 31/03/2011.
6. Anonim: *Rhodorsil RTV-585/Catalyst 60 R*, available at: [http://www.dalchem\\_rhodia\\_RTV585\\_tds](http://www.dalchem_rhodia_RTV585_tds), accessed on: 05/07/2011.
7. Wacker Silicones, *Elastosil M-4503*, available at: <http://www.wacker.com>, accessed on: 31/03/2011.
8. Barnes, *Elastosil M-4503*, available at: <http://www.barnes.com.au>, accessed on: 31/03/2011.
9. Jin, Tai-Ho & Bowley JF: Clinical Study on The Maxillofacial Prosthodontic Treatment Using Dental Implant: Part I-Color Stability of Maxillofacial Elastomeric Materials, *The Journal of Korean Academy*, 1998; 36 (2): 379-88.
10. Beatty MW, Mahanna GK, Dick K, & Jia W: Color Changes in Dry-pigmented Maxillofacial Elastomer Resulting from Ultraviolet Light Exposure, *J. Prosthet Dent.*, 1995; 74 (5): 493-8.
11. Kiat-amnuay S, Johnston DA, Powers JM, & Jacob RF: Color Stability of Dry Earth Pigmented Maxillofacial Silicone A-2186 Subjected to Microwave Energy Exposure, *J. Prosthodont*, 2005; 14 (2): 91-6.
12. Polyzois GL, Tarantili PA, Frangou MJ, & Andreopoulos AG: Physical Properties of a Silicone Prosthetic Elastomer Stored in Simulated Skin Secretions, *J. Prosthet Dent.*, 2000; 83 (5): 572-7.
13. Diepens M: *Photodegradation and Stability of Bisphenol a Polycarbonate in Weathering Conditions*, Research Programme of The Dutch Polymer Institute, Eindhoven, Nederland, 2009: 2-7, 10-12.
14. Rabek JF: *Photostabilization of Polymers: Principles and Application*, Elsevier Science Publisher Ltd., London, England, 1990: 22-28, 61-65.
15. Eleni PN, Katsavou I, Krokida MK, & Polyzois GL: Color Stability of Facial Silicone Prosthetic Elastomers after Artificial Weathering, *J.Dent Res.*, 2008; 5 (2): 71-9.

16. Douglas RD: Precision of In Vivo Colorimetric Assessments of Teeth, *J. Prosthet Dent.*, 1997; 77 (5): 464-70.
17. Powers JM & Sakaguchi RL: *Craig's Restorative Dental Materials*, 12<sup>th</sup> ed., Mosby., St.Louis., 2006: 28-30, 79, 117, 153, 190-8, 201.
18. Ergun G & Nagas IC: Color Stability of Silicone or Acrylic Denture Liners: An in Vitro Investigation, *Eur J Dent.*, 2007; 1 (3): 144-51.
19. Mc Cabe JF & Walls AWG: *Applied Dental Materials*, 9<sup>th</sup> ed., Blackwell Publishing, 2008: 167-170, 177.
20. Rhodia, *Rhodorsil RTV-585*, available at: [http://www.dalchem.com.au/mambots/system/jceutils/css/jcebox\\_ie.css](http://www.dalchem.com.au/mambots/system/jceutils/css/jcebox_ie.css), accessed on: 05/07/2011
21. Andrady AL, Searle ND, & Crewdson LFE: *Wavelength Sensitivity of Unstabilized and Ultraviolet Stabilized: Polymer Degradation and Stability*, 1992: 35, 235-47.
22. Lemon JC, Chambers MS, Jacobsen ML, & Powers JM: Color Stability of Facial Prostheses, *J. Prosthet Dent.*, 1995; 74 (6): 613-8.
23. Dootz ER, Koran A, & Craig RG: Physical Property Comparison of Eleven Soft Denture Lining Materials as A Function of Accelerated Aging, *J. Prosthet Dent.*, 1993; 69 (1): 114-9.
24. Factor A & Chu ML: *The Role of Oxygen in The Photoageing of Bisphenol-A polycarbonate*, 1980: 2, 203-23.