

Sintesis dan Karakterisasi *Photopolymer* Berbasis Akrilik *Poly(methyl methacrylate-co-styrene)* Sebagai Kandidat Bahan Basis Gigi Tiruan

Garuda Raka Satria Dewangga, Sigit Tri Wicaksono, Amaliya Rasyida
Jurusan Teknik Material & Metalurgi, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia
e-mail: sigit@mat-eng.its.ac.id

Abstrak—Basis gigi tiruan merupakan bagian dari gigi tiruan yang bertumpu pada jaringan lunak yang menutupi tulang rahang dan menjadi jangkar gigi tiruan. Bahan yang biasa digunakan adalah *poly(methyl methacrylate)*, namun memiliki kekurangan pada sifat mekanik akibat daya serap air tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan sifat fisik dan mekanik *poly(methyl methacrylate)* dengan cara membentuk kopolimer menggunakan *photopolymerization*. Variasi yang diberikan dalam penelitian adalah penambahan *styrene* pada komponen liquid resin akrilik sebesar 10, 20, 30, 40, dan 50 % berat. Resin akrilik termodifikasi dipolimerisasi menggunakan *photoinitiator* Irgacure 784 sebesar 1,5 % berat. Hasil pengujian menunjukkan penambahan *styrene* 40 % berat pada kopolimer memiliki kinerja terbaik jika dibandingkan dengan penambahan *styrene* 10, 20, 30, dan 50 % berat. Pada pengujian didapatkan kopolimer dengan penambahan *styrene* 40 % berat memiliki *water absorption* sebesar 2,40 $\mu\text{g}/\text{mm}^3$, *solubility* sebesar 0,43 $\mu\text{g}/\text{mm}^3$, *flexural strength* sebesar 69,33 MPa, *flexural modulus* sebesar 1,23 GPa, dan kekerasan sebesar 82,58 HD. Kopolimer *poly(methyl methacrylate-co-styrene)* dengan penambahan 40 % berat *styrene* memiliki nilai yang mendekati persyaratan sebagai bahan basis gigi tiruan.

Kata Kunci : basis gigi tiruan, *poly(methyl methacrylate-co-styrene)*, *photopolymerization*, Irgacure 784

I. PENDAHULUAN

Kasus kehilangan gigi cenderung meningkat seiring dengan tingkat pertumbuhan penduduk suatu negara. Hal tersebut mengindikasikan penggunaan gigi tiruan yang terus meningkat. Menurut Riset Kesehatan Dasar yang dilakukan Kementerian Kesehatan Republik Indonesia pada tahun 2007 melaporkan bahwa persentase penggunaan protesa gigi tiruan di Indonesia mencapai 4,5% populasi dan dari persentase tersebut 14,5% gigi tiruan digunakan oleh lansia (lanjut usia) dengan usia di atas 65 tahun [1]. Peningkatan penggunaan protesa gigi tiruan juga meningkatkan permintaan akan basis protesa atau basis gigi tiruan [2].

Basis gigi tiruan digunakan sebagai jangkar atau penyokong gigi tiruan pada jaringan lunak. Basis gigi tiruan harus memiliki sifat *biocompatible* dengan lingkungan tubuh dan memiliki sifat mekanik yang baik sehingga dapat menahan gaya akibat proses mengunyah dan tahan aus terhadap kondisi mulut [3]. Dalam fabrikasi basis gigi tiruan, salah satu jenis material polimer yang sering digunakan adalah *poly(methyl methacrylate)* atau PMMA. PMMA memiliki sifat mekanik yang baik, tetapi memiliki beberapa kelemahan, seperti ketahanan terhadap air yang

buruk dan berkurangnya kekuatan mekanik akibat penyerapan air [4].

Beberapa upaya dilakukan untuk meningkatkan sifat mekanik dari PMMA, yaitu memodifikasi struktur kimia dan merubah teknik polimerisasinya. Teknik modifikasi struktur kimia yang biasa digunakan adalah membentuk kopolimer. Pada PMMA, penambahan kopolimer tidak hanya memodifikasi sifat fisik dari PMMA konvensional tetapi juga berfungsi untuk meningkatkan ketangguhan, meningkatkan ketahanan impak, dan mencegah penjarangan retak [5]. Hampir 95% bahan basis gigi tiruan menggunakan metode polimerisasi konvensional dengan panas atau *heat-polymerization* [6]. Metode ini memiliki kelemahan yaitu membutuhkan energi (panas) yang tinggi, resistansi terhadap retak rendah, dan membutuhkan desain cetakan (*mold*) yang rumit. Inovasi metode polimerisasi yang sering digunakan pada kedokteran gigi adalah polimerisasi menggunakan bantuan cahaya atau *photo-polymerization* [7]. Jika dibandingkan dengan polimerisasi menggunakan panas, proses polimerisasi menggunakan cahaya memiliki beberapa keuntungan yaitu dapat dilakukan pada daerah yang sempit, membutuhkan sedikit energi, proses pada temperatur rendah, bebas limbah (tidak menggunakan pelarut), dan sistem kerja sederhana [8].

Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan sifat fisik dan mekanik PMMA dengan membentuk kopolimer *poly(methyl methacrylate-co-styrene)* menggunakan *photo-polymerization* sebagai kandidat bahan basis tiruan. Variasi yang diberikan adalah penambahan monomer *styrene* pada proses *photopolymerization*. Pengujian dilakukan untuk mendapatkan sifat fisik dan mekanik kopolimer yang dihasilkan sebagai respon terhadap variasi yang diberikan dan didapatkan komposisi penambahan *styrene* yang optimal pada kopolimer yang telah disintesis.

II. METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini, terdapat dua proses kerja yang dilakukan, yaitu sintesis serbuk *poly(methyl methacrylate)* sebagai komponen *powder* resin akrilik dan sintesis kopolimer *poly(methyl methacrylate-co-styrene)* sebagai kandidat bahan basis gigi tiruan.

A. Sintesis Serbuk *Poly(methyl methacrylate)*

Proses sintesis serbuk *poly(methyl methacrylate)* dilakukan dengan tujuan sebagai material komponen *powder* pada resin akrilik dan meningkatkan viskositas bahan dasar

pada proses *photo-polymerization*. Pada tahapan ini digunakan monomer *methyl methacrylate* dan *heat-initiator benzoyl peroxide*. Proses sintesis diawali dengan pencampuran *monomer methyl methacrylate* dan *benzoyl peroxide* sebesar 0,5% berat selama 10 menit pada temperatur kamar. Selanjutnya campuran tersebut dipolimerisasi pada temperatur 85-90°C selama 1 jam. Kemudian, padatan *poly(methyl methacrylate)* yang terbentuk dihancurkan hingga menjadi serbuk halus. *Poly(methyl methacrylate)* yang dihasilkan kemudian dilakukan karakterisasi menggunakan instrumen pengujian FTIR dan pengujian viskositas (untuk mengetahui nilai berat molekul polimer yang dihasilkan).

B. Sintesis Kopolimer *Poly(methyl methacrylate-co-styrene)*

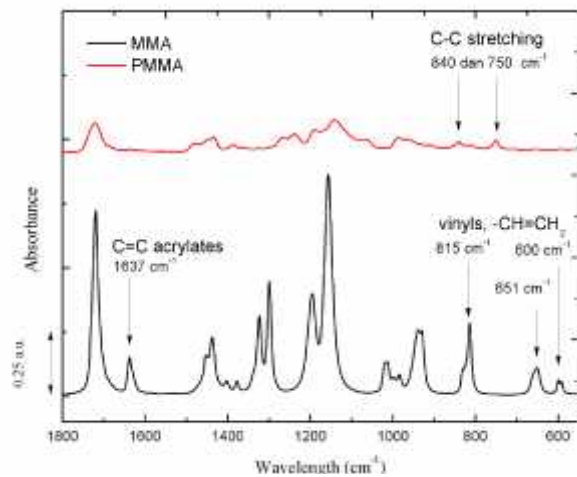
Resin akrilik yang digunakan merupakan campuran dari komponen *powder:liquid* dengan perbandingan 1:3. Komponen *powder* yang digunakan adalah serbuk *poly(methyl methacrylate)* yang telah disintesis. Sedangkan komponen *liquid* terdiri dari campuran monomer *methyl methacrylate* dan *styrene* dengan variasi penambahan *styrene* sebesar 10, 20, 30, 40, dan 50 % berat. Resin akrilik yang telah terbentuk kemudian ditambahkan inisiator *Irgacure 784* sebanyak 1,5 % berat. Kemudian campuran tersebut dilakukan pengadukan selama 10 detik hingga homogen. Teknik yang digunakan adalah *fluid resin technique*. Selajutnya dilakukan proses *photo-polymerization* menggunakan bantuan *LED light curing units* (LED LCUs) dengan metode *continuous curing methods* (*power density* sebesar 900 mW/cm²). Proses ini dilakukan secara bertahap (*layer by layer*). Proses *layer by layer* dilakukan dengan cara menuangkan resin akrilik ke dalam cetakan hingga mencapai ketebalan 1 – 1,5 mm dan kemudian diberikan cahaya biru hingga setengah terpolimerisasi (*half cured*). Ketebalan resin akrilik yang diperbolehkan sekitar 2-2,5 mm sehingga cahaya dapat masuk ke lapisan paling bawah. Intensitas cahaya perlu diperhatikan, untuk itu LCUs LED diletakkan sedekat mungkin dengan permukaan resin akrilik dalam cetakan (*mold*) ± 1 cm agar mengeraskan seluruh lapisan [9]. Selanjutnya di atas permukaan lapisan tersebut, dituang kembali resin akrilik dengan prosedur yang sama. Hal tersebut dilakukan berulang-ulang hingga ketebalan polimer yang disintesis memenuhi tebal cetakan. Pada lapisan terakhir, proses paparan dengan cahaya dilakukan hingga resin akrilik terpolimerisasi secara sempurna. Kopolimer *poly(methyl methacrylate-co-styrene)* yang dihasilkan kemudian dikarakterisasi menggunakan instrumen pengujian FTIR, SEM, serap air, fleksural, dan kekerasan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Karakterisasi Serbuk *Poly(methyl methacrylate)*

a. Analisis FTIR

Perbandingan spektrum infra merah monomer *methyl methacrylate* (MMA) menjadi *poly(methyl methacrylate)* (PMMA) hasil pengujian FTIR ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Spektrum infra merah *methyl methacrylate* dan *poly(methyl methacrylate)*

Berdasarkan spektrum infra merah pada gambar 1, terlihat adanya perubahan puncak penyerapan pada *methyl methacrylate* dalam bentuk monomer dan polimer. Perubahan tersebut adalah perubahan intensitas penyerapan pada *wavelength* ~1637 cm⁻¹ (gugus C=C *acrylates*), ~600, 651, dan 815 cm⁻¹ (gugus *vinyls* -CH=CH₂), serta ~750 dan 840 cm⁻¹ (gugus C-C *stretching*) [10]. Pada *wavelength* ~1637 cm⁻¹, nilai intensitas penyerapan menurun ketika dalam bentuk polimer. Dalam bentuk monomer, muncul puncak penyerapan pada *wavelength* ~600, 651, dan 815 cm⁻¹ dan kemudian menurun ketika dalam bentuk polimer. Selain itu pada bentuk polimer muncul puncak penyerapan gelombang pada *wavelength* ~750 dan 840 cm⁻¹ yang tidak muncul pada spektrum infra merah monomer. Hal tersebut mengindikasikan adanya pemutusan ikatan C=C menjadi -C-C- pada proses polimerisasi. Pemutusan ikatan tersebut dapat diindikasikan sebagai proses polimerisasi adisi yang terjadi dari monomer *methyl methacrylate* menjadi *poly(methyl methacrylate)* [11].

b. Analisis Pengujian Viskositas

Hasil perhitungan berat molekul menggunakan pendekatan viskositas diberikan dalam tabel 1.

Tabel 1. Nilai berat molekul serbuk *poly(methyl methacrylate)*

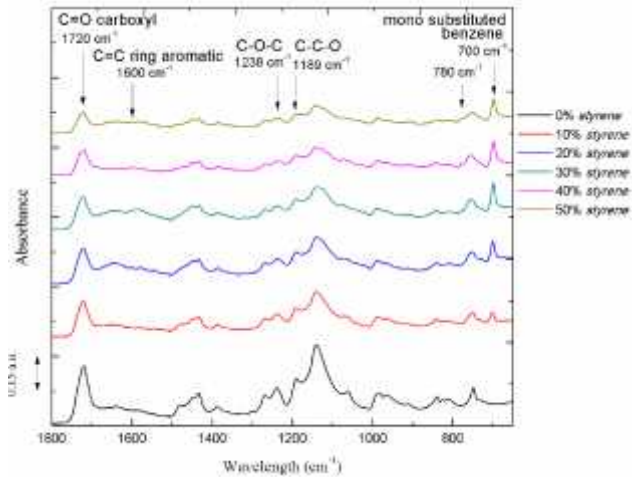
Viskositas Intrinsik	Viscosity Parameter		Berat Molekul (M _w)
	K (10 ⁻³ mL/g)	α	
36,76	7,7	0,70	180.115

Tabel tersebut menunjukkan nilai berat molekul serbuk *poly(methyl methacrylate)*, dimana K dan α merupakan konstanta *viscosity parameter poly(methyl methacrylate)* ketika dilarutkan dalam pelarut *acetone* menggunakan metode viskositas [12]. Berat molekul *poly(methyl methacrylate)* yang bertindak sebagai komponen *powder* dalam resin akrilik dapat mempengaruhi sifat mekanik dari *denture base*. Berat molekul *poly(methyl methacrylate)* hasil perhitungan yang disintesis dalam penelitian adalah 180.115 g/mol, dimana dengan berat molekul di atas 100.000, maka akan cenderung membentuk polimer rantai panjang dengan sifat fisik dan mekanik yang optimum [13].

B. Karakterisasi Kopolimer Poly(methyl methacrylate-co-styrene)

a. Analisis FTIR

Spektrum infra merah hasil pengujian FTIR dengan variasi penambahan monomer *styrene* pada kopolimer *poly(methyl methacrylate-co-styrene)* ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. Spektrum infra merah *poly(methyl methacrylate-co-styrene)* dengan variasi penambahan *styrene*

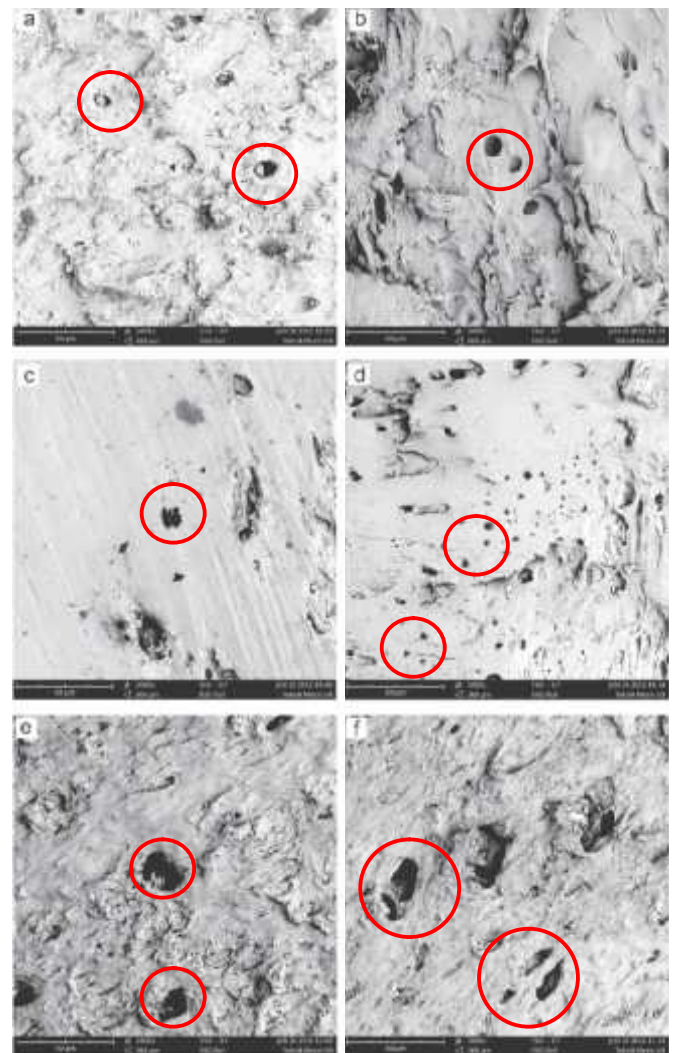
Pada gambar tersebut terlihat bahwa perubahan spektrum FTIR yang mengindikasikan adanya gugus fungsi *styrene* dalam rantai polimer yang terbentuk. Pada spektrum, didapatkan beberapa perubahan intensitas penyerapan gelombang pada *wavelength* tertentu seiring dengan penambahan *styrene* [14]. Perubahan pada *wavelength* tertentu yang dimaksud adalah pada 700 dan 780 cm^{-1} yang merupakan indikasi gugus *mono-substituted benzene* pada *styrene*, 1000-1300 cm^{-1} yang merupakan daerah indikasi gugus C-O pada *methyl methacrylate*, 1600 cm^{-1} yang merupakan daerah indikasi C=C *aromatic ring benzene* pada *styrene*, dan 1720 cm^{-1} yang merupakan indikasi gugus C=O *carboxyl* pada *methyl methacrylate*.

Gugus *mono-substituted benzene* memiliki dua *wavelength* penyerapan gelombang yang kuat, yaitu pada *wavelength* 780 cm^{-1} dan 700 cm^{-1} . Namun, biasanya hanya salah satu *wavelength* saja yang memunculkan intensitas penyerapan yang kuat dalam satu spektrum [15]. Hal ini mengindikasikan bahwa tingkat penyerapan gelombang pada *wavelength* 700 cm^{-1} rendah dan baru dapat teridentifikasi dengan penambahan kadar monomer *styrene* yang tinggi (50%) pada kopolimer, sedangkan pada *wavelength* 780 cm^{-1} , dengan penambahan kadar monomer *styrene* yang rendah (10%) pada kopolimer sudah dapat memunculkan puncak pada spektrum hasil FTIR. Adanya *styrene* yang masuk dalam rantai *methyl methacrylate* juga menyebabkan pelebaran puncak-puncak indikasi ikatan C-O pada gugus *methyl methacrylate* [14]. Hal ini terlihat pada hasil FTIR pada gambar 2 dimana pada daerah 1100-1300 cm^{-1} yang mengindikasikan adanya ikatan C-O, terjadi pelebaran puncak seiring dengan penambahan *styrene*. Pelebaran puncak yang dimaksud terutama terjadi pada *wavelength* 1189 cm^{-1} , yang mengindikasikan adanya ikatan C-C-O *stretching*, dan pada *wavelength* 1238 cm^{-1} , yang mengindikasikan adanya ikatan C-O-C *bending*. Pada

wavelength $\sim 1600 \text{ cm}^{-1}$, merupakan daerah yang diindikasikan adanya *ring aromatic C=C stretching vibration* yang muncul pada *styrene*, sedangkan *wavelength* $\sim 1720 \text{ cm}^{-1}$ mewakili daerah terindikasi gugus *carboxyl C=O* pada *methyl methacrylate*. Nilai intensitas penyerapan gelombang pada $\sim 1720 \text{ cm}^{-1}$ menurun dengan meningkatnya konsentrasi *styrene* yang ditambahkan. Pada *wavelength* $\sim 1600 \text{ cm}^{-1}$ didapatkan bahwa dengan adanya penambahan *styrene* maka muncul puncak pada *wavelength* $\sim 1600 \text{ cm}^{-1}$ yang menindikasikan gugus *ring aromatic benzene*, namun nilainya sangat kecil. Hal ini dikarenakan ikatan *phenyl* pada 1600 cm^{-1} lemah jika dibandingkan dengan ikatan *carbonyl* pada 1720 cm^{-1} dalam satu spektrum [14].

b. Analisis SEM

Gambar 3 menunjukkan posositas yang muncul pada bagian *cross-section* kopolimer dengan perbesaran 1000 kali.



Gambar 3. Hasil SEM *poly(methyl methacrylate-co-styrene)* (a) tanpa penambahan *styrene*, (b) penambahan 10 % berat, (c) penambahan 20 % berat, (d) penambahan 30 % berat, (e) penambahan 40 % berat, dan (f) penambahan 50 % berat *styrene*

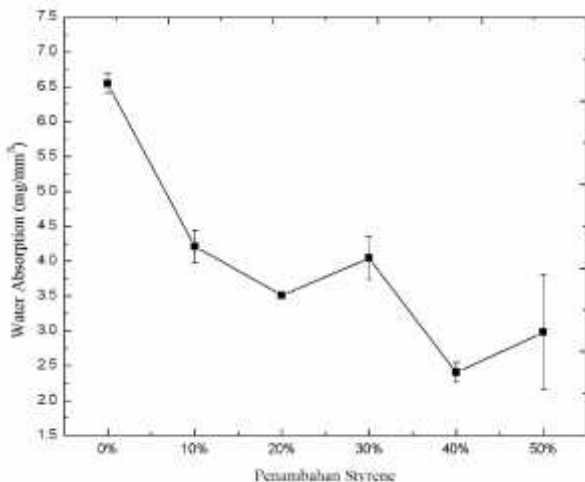
Pada gambar tersebut terlihat adanya porositas, yang ditunjukkan dengan lingkaran merah, baik pada polimer *poly(methyl methacrylate)* yang ditunjukkan pada gambar 3.a maupun kopolimer *poly(methyl methacrylate-co-styrene)* yang ditunjukkan pada gambar 3.b hingga 3.f. Penambahan monomer *styrene* sebesar 30 % berat (gambar 3.d)

menyebabkan rongga yang muncul dengan jumlah lebih banyak jika dibandingkan dengan variasi penambahan lainnya. Kemudian pada penambahan 50 % berat *styrene* (gambar 3.f) didapatkan bahwa rongga memiliki ukuran besar dengan jumlah lebih banyak jika dibandingkan dengan penambahan 40 % berat *styrene*, serta terdapat juga rongga yang berukuran kecil disekitar rongga yang berukuran besar.

Porositas muncul sebagai hasil dari proses pencampuran yang kurang baik antara komponen *powder* dan *liquid*. Hal ini menyebabkan pada beberapa daerah dari massa resin akan berisi lebih banyak monomer daripada yang lainnya. Selama proses polimerisasi, daerah ini menyusut lebih dari daerah yang lain, dan penyusutan tersebut cenderung menghasilkan rongga [6]. Penggunaan metode *fluid resin technique* dengan sistem *layer by layer* juga dapat menyebabkan rongga dari kopolimer yang disintesis. Hal ini dikarenakan porositas yang muncul dapat juga diakibatkan oleh udara yang terjebak selama proses penuangan resin yang bertahap. Adanya porositas atau rongga pada kopolimer yang disintesis dapat memengaruhi sifat-sifat mekanik dari kopolimer tersebut. Semakin banyaknya rongga yang muncul maka sifat mekanik polimer yang terbentuk cenderung menurun [11].

c. Analisis Pengujian Serap Air

Gambar 4 menunjukkan pengaruh penambahan monomer *styrene* terhadap nilai *water absorption* dan kopolimer *poly(methyl methacrylate-co-styrene)* yang berhasil disintesis.

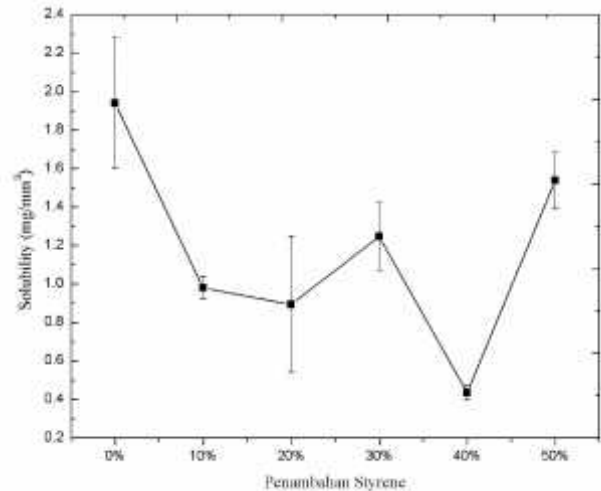


Gambar 4. Pengaruh penambahan *styrene* terhadap *water absorption* kopolimer *poly(methyl methacrylate-co-styrene)*

Pada gambar 4 didapatkan bahwa dengan penambahan gugus *styrene* dalam rantai utama kopolimer mampu menurunkan nilai *water absorption*-nya. Nilai *water absorption* pada basis gigi tiruan bergantung pada *degree of hydrophobicity* dan porositas [16]. *Methyl methacrylate* mengandung gugus *carboxyl* yang dapat membentuk ikatan hidrogen dengan molekul air. Dengan penambahan gugus *styrene* dalam kopolimer dapat memunculkan interaksi hirofobik dengan adanya cincin aromatik [17]. Nilai *water absorption* pada basis gigi tiruan tidak hanya bergantung terhadap polaritas material penyusunnya, mekanisme difusi juga berperan dalam proses masuknya molekul air ke dalam rantai polimer [11]. Pada hasil SEM kopolimer yang ditunjukkan pada gambar 3, peningkatan nilai *water*

absorption pada kopolimer dengan penambahan kadar monomer *styrene* sebesar 30 % berat dan 50 % berat juga diakibatkan rongga-rongga yang muncul pada kedua penambahan tersebut. Dengan adanya rongga tersebut maka memudahkan molekul air untuk dapat masuk ke dalam bagian kopolimer yang telah disintesis sehingga meningkatkan nilai *water absorption*-nya.

Gambar 5 menunjukkan pengaruh penambahan monomer *styrene* terhadap nilai *solubility* kopolimer *poly(methyl methacrylate-co-styrene)* yang berhasil disintesis.



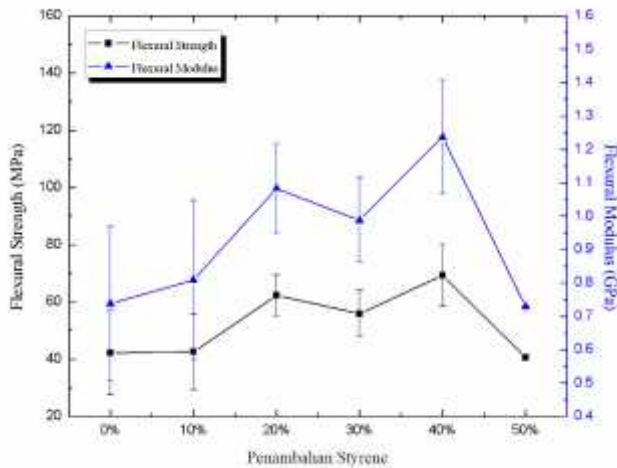
Gambar 5. Pengaruh penambahan *styrene* terhadap *solubility* kopolimer *poly(methyl methacrylate-co-styrene)*

Pada gambar 5 menunjukkan dengan penambahan *styrene* dalam rantai utama kopolimer mampu menurunkan nilai *solubility*-nya. Peningkatan nilai *solubility* pada penambahan 30 % berat dan 50 % berat *styrene* mengindikasikan adanya *residual monomer* dengan kadar yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan kopolimer dengan penambahan 10 % berat, 20 % berat, dan 40 % berat. Nilai *solubility* pada *denture base* memiliki korelasi dengan kemungkinan munculnya *residual monomer*. Terdapat korelasi antara *residual monomer* dengan *water absorption* [16]. Dengan adanya *residual monomer*, akan meningkatkan nilai *absorption* dan *solubility*. Indikasi ini juga akan dikorelasikan dengan hasil pengujian mekanik. Didapat juga adanya hubungan antara *residual monomer* dengan sifat mekanik. Dengan adanya *residual monomer* yang bertindak sebagai *plasticizer*, maka cenderung akan menurunkan sifat mekanik bahan basis gigi tiruan [17].

d. Analisis Pengujian Fleksural

Pengujian fleksural dilakukan karena dianggap yang paling cocok dalam membandingkan bahan basis gigi tiruan, dimana pengujian ini dapat mencerminkan tekanan kompleks yang terjadi selama proses mengunyah dan memberikan indikasi kekuatan bahan. Gambar 6 menunjukkan pengaruh penambahan monomer *styrene* terhadap nilai *flexural strength* dan *flexural modulus* kopolimer *poly(methyl methacrylate-co-styrene)* yang berhasil disintesis.

Pada gambar 6 didapatkan nilai *flexural strength* dan *flexural modulus* kopolimer *poly(methyl methacrylate-co-styrene)* meningkat seiring dengan penambahan *styrene*. Namun terjadi penurunan nilai *flexural strength* dan *flexural modulus* ketika diberikan penambahan *styrene* sebesar 30 % berat dan 50 % berat.

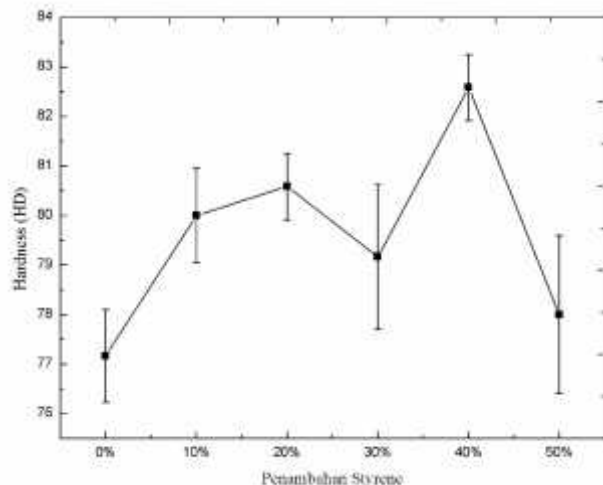


Gambar 6. Pengaruh penambahan *styrene* terhadap *flexural strength* dan *flexural modulus* kopolimer *poly(methyl methacrylate-co-styrene)*

Terdapat beberapa faktor yang memengaruhi sifat fleksural pada resin akrilik, antara lain *residual monomer*, *water absorption*, dan porositas [18]. Hal ini sesuai dengan hasil pengujian *water absorption* yang ditunjukkan pada gambar 4 dan *solubility* yang ditunjukkan pada gambar 5. Jika dikaitkan terhadap *solubility*-nya, indikasi adanya *residual monomer* memengaruhi *flexural strength* dari basis gigi tiruan karena sifat *plasticizing*-nya [19]. Dengan adanya bagian yang bersifat *plasticizing* membuat sifat mekanik polimer menurun. Indikasi adanya *residual monomer* juga menyebabkan munculnya porositas yang dapat berpengaruh terhadap sifat mekanik [20]. Hal ini sesuai dengan munculnya rongga yang terlihat pada hasil pengujian SEM yang ditunjukkan pada gambar 3.

e. Analisis Pengujian Kekerasan

Gambar 7 menunjukkan pengaruh penambahan monomer *styrene* terhadap nilai kekerasan kopolimer *poly(methyl methacrylate-co-styrene)* yang berhasil disintesis.



Gambar 7. Pengaruh penambahan *styrene* terhadap kekerasan kopolimer *poly(methyl methacrylate-co-styrene)*

Adanya gugus *rigid benzene* yang masuk ke dalam rantai utama polimer, seiring dengan penambahan monomer *styrene*, maka kekerasan senyawa akrilik yang termodifikasi akan menunjukkan tren peningkatan [21]. Nilai kekerasan juga berhubungan dengan *residual monomer* pada resin akrilik basis gigi tiruan. Nilai kekerasan juga menurun

dengan meningkatnya nilai *water absorption*. Penurunan nilai kekerasan pada penambahan 30 % berat dan 50 % berat memiliki kesamaan tren dengan nilai *water absorption*, *solubility*, *flexural strength*, dan *flexural modulus*-nya.

Hasil pengujian yang telah dilakukan kemudian dibandingkan dengan standar *ANSI/ADA Specification No. 12 (ISO 1567) for Denture Base Resin* untuk menentukan kopolimer yang disintesis memenuhi persyaratan menjadi bahan basis gigi tiruan. Pada tabel 2 diberikan perbandingan sifat fisik dan mekanik kopolimer yang telah disintesis dengan sifat fisik dan mekanik yang dibutuhkan untuk menjadi bahan basis gigi tiruan.

Tabel 2. Sifat mekanik kopolimer dan spesifikasi bahan basis gigi tiruan

Sifat	ISO 1567	Kopolimer dengan penambahan <i>styrene</i>					
		0%	10%	20%	30%	40%	50%
<i>Water Absorption</i> ($\mu\text{g}/\text{mm}^3$) <i>maximum</i>	32	6.54	4.20	3.50	4.04	2.40	2.97
<i>Solubility</i> ($\mu\text{g}/\text{mm}^3$) <i>maximum</i>	1,6	1,94	0,97	0,89	1,24	0,43	1,53
<i>Flexural Strength</i> (MPa) <i>minimum</i>	65	42,22	42,61	62,29	55,88	69,33	40,73
<i>Flexural Modulus</i> (GPa) <i>Minimum</i>	2,0	0,73	0,80	1,08	0,98	1,23	0,72
<i>Hardness</i> (HD)	-	77,16	80	80,58	79,16	82,58	78

Pada tabel tersebut didapatkan bahwa kopolimer dengan komposisi penambahan *styrene* 40 % berat merupakan komposisi yang paling mendekati dengan persyaratan yang diminta standar *ANSI/ADA Specification No. 12 (ISO 1567) for Denture Base Resin*.

IV. KESIMPULAN

Dari analisis yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa penambahan *styrene* dalam kopolimer *poly(methyl methacrylate-co-styrene)* menyebabkan penurunan nilai *water absorption* dan *solubility*, peningkatan nilai *flexural strength* dan *flexural modulus*, dan peningkatan nilai kekerasannya. Kopolimer dengan penambahan *styrene* 40 % berat memiliki sifat fisik dan mekanik yang mendekati persyaratan sebagai bahan basis gigi tiruan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kementerian Kesehatan RI. 2007. *Riset Kesehatan Dasar Nasional Tahun 2007*. Jakarta : Kementerian Kesehatan RI
- [2] Ningsih, Agustini Ria, Noor Hafidah, dan Nanang Krisnawan. *Perbedaan Kekuatan Tekan Basis Gigi Tiruan Berbahan Termoplastik Nilon pada Beberapa Ketebalan*. Jurnal Ilmiah FKG (2015) Universitas Muhammadiyah Surakarta
- [3] Karthick, R., P. Sirishiha, dan M. Ravi Sankar. *Mechanical and Tribological Properties of PMMA-Seashell Based Biocomposite for Dental Application*. 3rd International Conference on Material Processing and Characterization 2014; doi: 10.1016/j.mspro.2014.07.234
- [4] Kurata, Shigeaki, Kumiko Morishita, Kazuo Shimoyama, dan Kozo Uemoto. *Basic Study on the Application of Novel Functional Monomer to a Denture Resin*. Dental Materials Jurnal 27(2) : 273-277, 2008

- [5] Hashem, Mohamed, Samah O. Alsaleem, Mansour K. Assery, Emad Braka Abdeslam, Sajit Vellappally, dan Sukumaran Anil. *A Comparative Study of the Mechanical Properties of the Light-cure and Conventional Denture Base Resins*. OHDM Vol 13 No 2. June 2014
- [6] Manappallil, John J., 2003. *Basic Dental Material*. New Delhi : Jaypee Brothers Medical Publisher (P) Ltd.
- [7] Aljosa, Ivanisevic, Lainovic Tijana, Blazic Larisa, dan Vilotic Marko. *Influence of Light-Curing Mode on the Mechanical Properties of Dental Resin Nanocomposites*. 24th DAAAM International Symposium on Intelligent Manufacturing and Automation, 2013; doi:10.1016/j.proeng.2014.03.071
- [8] Dizman, Cemil, Sahin Ates, Lokman Torun, dan Yusuf Yagci. *Synthesis, Characterization, and Photoinduced Curing of Polysulfones with (meth)acrylate Functionalities*. Journal of Organic Chemistry 2010; doi:10.3762/bjoc.6.56
- [9] Susanto, Annette Alexandra. 2005. *Pengaruh Ketebalan Bahan dan Lamanya Waktu Penyinaran terhadap Kekerasan Permukaan Resin Komposit Sinar*. Majalah Kedokteran Gigi Vol 38 No 1 (2005): 32-35
- [10] Stuart, Barbara. 2004. *InfraRed Spectroscopy : Fundamental and Applications*. USA : John Wiley & Sons.
- [11] Anusavice, Kenneth J., Chiayi Shen, dan H. Ralph Rawls. 2013. *Phillips' Science of Dental Materials*, 12th Ed. USA : Elsevier Science
- [12] Wagner, Herman L. *The Mark-Houwink-Sakurada Relation for Poly(methyl methacrylate)*. J. Phys. Chem. Ref. Data, Vol. 16, No. 2, 1986
- [13] Kawaguchi, Tomohiro, Lippo V.J. Lassila, Ai Tokue, Yukata Takahashi, dan Pekka K. Vallittu. *Influence of Molecular Weight of Poly(methyl methacrylate) Beads on the Properties and Structure of Cross-linked Denture Base Polymer*. Journal of The Mechanical Behavior of Biomedical materials 4 (2011) 1846-1851
- [14] Mori, Sadao. *Compositional Analysis and Infrared Spectra of Styrene - Methyl Methacrylate Random Copolymers*. Journal of Applied Polymer Science, Vol 38, 547-555 (1989).
- [15] Socrates, George. 2002. *Infrared and Raman Characteristic Group Frequencies*. 3rd Ed. USA : John Wiley & Sons, Ltd.
- [16] Shah, Jay, Nilesh Bulbule, Shilpa Kulkarni, Riddhi Shah, dan Dilip Kakade. *Comparative Evaluation of Sorption, Solubility and Microhardness of Heat Cure Polymethylmethacrylate Denture Base Resin & Flexible Denture Base Resin*. Journal of Clinical and Diagnostic Research. 2014 Aug, Vol-8(8); ZF01-ZF04; doi : 10.7860/JCDR/2014/8707.4770
- [17] Pfeiffer, Peter dan Ernst-Ulrich Rosenbauer. *Residual Methyl Methacrylate Monomer, Water Sorption, and Water Solubility of Hypoallergenic Denture Base Materials*. Journal of Prosthetic Dentistry Vol 92 no 1; doi: 10.1016/j.prosdent.2004.04.003
- [18] Saen-isara, Tassanaporn, Sirasa Yodmongkol, Surachai Dechkunakorn, Niwat Anuwongnukroh, Toemsak Sriksirin, Siriporn Tanodekaew, Theeralaksana Suddasthira, dan Wassana Wicha. *Comparative Study of the Flexural Strength and Flexural Modulus of Local Made Orthodontic Resin : A Pilot Study*. Journal of Advanced Materials Research Vol 746(2013) pp 303-307; doi : 10.4028/www.scientific.net/AMR.746.303
- [19] Gharechahi, Jafar, Nafiseh Asadzadeh, Foad Shahabian, dan Maryam Gharechahi. *Flexural Strength of Acrylic Resin Denture Bases Processed by Two Different Methods*. Journal of Dental Research Dental Clinics Dental Properties 2014; 8(3): 148-152; doi: 10.5681/joddd.2014.027
- [20] Dogan, A, B Bek, NN Cevik, dan A Usanmaz. *The Effect of Preparation Condition of Acrylic Denture Base Materials on the Level of Residual Monomer, Mechanical Properties and Water Absorption*. Journal of Dentistry 1995; 23(5); 313-318
- [21] Zhang, Yanhong, Yan Wang, Xianchao Kong, dan Dongmei Zhao. *The Polarity of Poly(methyl methacrylate) Copolymers*. Journal of Applied Mechanics and Material Vols 687-691 (2014) pp 4411-4414; doi: 10.4028/www.scientific.net/AMM.687-691.4411