

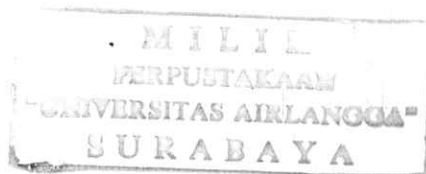
PENGARUH KONSENTRASI *ETHYLENGLYOLDIMETHACRYLAT*
TERHADAP KEKERASAN DAN KEKUATAN TRANSVERSAI
RESIN AKRILAT KURING PANAS
(Kajian Laboratoris pada Resin Akrlilat *Crosslink* dan *Non Crosslink*)



Oleh :

Mia Laksmi Lita Rosa, drg., M.Kes.

3000 322 99-3111



3000 322 99 3111

M I L I E
PERPUSTAKAAN
UNIVERSITAS AIRLANGGA
SURABAYA

1. DENTAL MATERIALS
2. TOOTH, ARTIFICIAL

PENGARUH KONSENTRASI *ETHYLENGLYCOLDIMETHACRYLATE*
TERHADAP KEKERASAN DAN KEKUATAN TRANSVERSAL
RESIN AKRILAT KURING PANAS

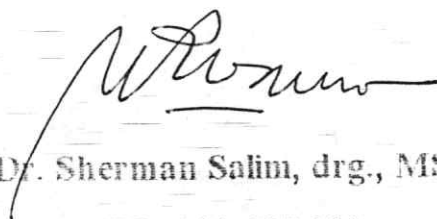
(Kajian Laboratoris pada Resin Akrilat *Crosslink* dan *Non Crosslink*)

KKA
KK
617.695
ROS
P

Oleh :

Mia Laksmi Lita Rosa, drg., M.Kes.

Mengetahui :



Dr. Sherman Salim, drg., MS.

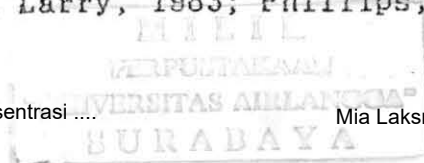
NIP. 130 687 388

I. PENGANTAR

A. Latar Belakang

Pemakaian gigi tiruan bagi orang Indonesia sekarang ini merupakan suatu hal yang tidak asing lagi. Hal ini dapat dilihat dari banyaknya pasien yang datang berkunjung ke dokter gigi ataupun ke klinik gigi untuk membuat gigi tiruan sebagai pengganti giginya yang hilang untuk mengembalikan fungsi pengunyahan, bicara dan penampilan.

Gigi tiruan lengkap terdiri dari dua bagian yaitu gigi buatan dan plat dasar. Plat dasar gigi tiruan bisa berupa logam, bukan logam atau kombinasi keduanya. Bahan bukan logam yang sering digunakan sebagai plat dasar gigi tiruan adalah polimer resin akrilat atau lebih dikenal sebagai polymethylmethacrylat (Williams dan Cunningham, 1979). Untuk pembuatan plat dasar gigi tiruan diperlukan suatu bahan yang memenuhi syarat estetika, mempunyai kekuatan yang cukup, tahan terhadap abrasi atau mempunyai kekerasan yang cukup, mempunyai ketepatan dimensi, tidak beracun dan tidak mengiritasi jaringan, tidak mendukung pertumbuhan bakteri, tidak larut dalam air dan air ludah (Farrel, 1971; Anderson, 1972; Greener dkk., 1972; Smith, 1973; Johnston dkk., 1981; Kelly, 1987), dan tidak boleh porus (the Academy of Denture Prosthetics, 1968; Davenport, 1972; David dan Larry, 1983; Phillips, 1991).



Resin akrilat mempunyai beberapa kekurangan antara lain: cenderung mempunyai porositas, menyerap air walaupun kecildan mempunyai kekerasan dan kekuatan transversal yang kurang memuaskan (Combe, 1986; Phillips, 1991).

Antara resin akrilat yang dimasak dengan metode konvensional dan resin akrilat yang dimasak dengan radiasi gelombang mikro, tidak ada perbedaan yang bermakna pada kekerasan dan kekuatan transversalnya (Reitz dkk., 1985) dan tidak ada perbedaan yang bermakna pada total rata-rata porositas (Bafile dkk., 1991). Pada pemakaian praktis sehari-hari hampir selalu resin akrilat dimasak dengan metode konvensional, karena biaya yang murah dan teknik pembuatan yang mudah. Kenyataan membuktikan bahwa pada teknik konvensional seringkali masih didapatkan porositas. Hal ini sesuai dengan pernyataan Melani (1981) bahwa untuk mencegah terjadinya porositas pada resin akrilat, suhu dan waktu untuk pemasakan akrilat harus dikontrol dengan tepat dan benar memakai alat kuring. Menurut Melani (1981), suhu dan waktu yang tepat untuk polimerisasi kuring panas adalah 80°C selama 90 menit ditambah 30 menit selama mendidih dan Faraj dan Ellis (1979) menyatakan bahwa kenaikan suhu di atas 80°C yang terlalu cepat dapat menyebabkan porositas internal, sedangkan Phillips (1991) menyatakan bahwa porositas terjadi karena rendahnya berat molekul polimer resin. Penelitian resin akrilat terus dikembangkan untuk mendapatkan

hasil yang diinginkan.

Salah satu tujuan pemakaian gigi tiruan adalah mengembalikan fungsi pengunyahan. Dalam melakukan fungsi kunyah, plat dasar gigi tiruan selalu kontak dengan makanan. Plat dasar gigi tiruan juga acapkali disikat dengan sikat gigi dan dalam waktu lama akan dapat menyebabkan terabrasinya plat dasar gigi tiruan. Daya tahan suatu bahan terhadap abrasi berhubungan dengan kekerasannya, oleh karena itu daya tahan abrasi yang rendah dari plat dasar gigi tiruan sangat tidak diinginkan. Karena dengan terabrasinya lapisan permukaan plat dasar gigi tiruan, akan menyebabkan plat dasar gigi tiruan permukaannya tidak halus, sukar dibersihkan, sehingga estetika jelek dan plat dasar gigi tiruan menjadi longgar (Horrison dkk., 1978). Abrasi yang terjadi secara terus menerus dapat menyebabkan patahnya plat dasar gigi tiruan. Patahnya plat dasar gigi tiruan biasanya berhubungan dengan fungsi kunyah (Smith, 1961; Johnston dkk., 1981; Combe, 1936). Salah satu sifat ideal yang harus dimiliki plat dasar adalah kekuatan yang besar, yang sering diukur dengan kekuatan transversalnya (Phillips, 1991). Uji kekuatan transversal ini bermanfaat karena jenis tekanan pada uji ini merupakan tekanan yang diterima plat dasar gigi tiruan selama pengunyahan (Craig dan Peyton, 1975).

Pemakaian bahan *crosslink* pada resin akrilat untuk

meningkatkan kekuatan mekanis resin akrilat semakin populer sejak diperkenalkan oleh Wolf (1962). Bahan *crosslink ethylenglycoldimethacrylat* dengan kadar 0% dan 20% ke atas terhadap volume monomer, menunjukkan pengaruh yang tidak bermakna terhadap ketahanan abrasi dan tidak ada hubungan antara kekuatan impak dan konsentrasi bahan tersebut (Horrison dkk., 1978), tetapi Basiran dan Haryo (1992) membuktikan *ethylenglycoldimethacrylat* 4% dapat meningkatkan kekuatan transversal resin akrilat. Ditunjang dengan penafsiran teoritis Haryo (1991) bahwa semakin besar konsentrasi bahan *crosslink ethylenglycoldimethacrylat* yang ditambahkan, semakin banyak terbentuk monomer sisa, yang dapat mengakibatkan penurunan kekuatan plat dasar gigi tiruan (Ferrancane dan Greener, 1984; Combe, 1986), hasil pembuktian yang berbeda di atas diduga disebabkan oleh perbedaan besarnya konsentrasi bahan *crosslink* yang dipergunakan. Pada penelitian Horrison dkk. (1978), konsentrasi bahan *crosslink* yang dipergunakan terlalu besar, sehingga tidak terjadi polimerisasi.

Pada polimer dan monomer yang beredar sekarang, ada yang telah mengandung *ethylenglycoldimethacrylat* (resin akrilat *crosslink*) dan ada yang tidak (resin akrilat *non crosslink*). Ikatan *crosslink* yang terjadi pada resin akrilat *crosslink* yang telah beredar dianggap belum memadai, karena masih seringnya terjadi porositas pada

pemasakan konvensional dan karena terjadinya porositas pada pemasakan konvensional dan karena belum adanya penelitian yang membandingkan persentase porositas antara kedua bahan tersebut, maka dalam penelitian ini akan menggunakan kedua bahan tersebut. Pada pra penelitian, penambahan 0% *ethylglycoldimethacrylat* pada resin akrilat *non crosslink* menghasilkan persentase porositas 14,646%, kekerasan 13,79 g/um² dan kekuatan transversal 858 kg/cm². Pada penambahan 1% *ethylglycoldimethacrylat* pada resin akrilat *non crosslink*, menurunkan persentase porositas menjadi 10,368%, dan meningkatkan kekerasan menjadi 19,165 g/um² disertai peningkatan kekuatan transversal menjadi 1035 kg/cm².

1. Perumusan masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut di atas maka dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

- a. Apakah penambahan *ethylglycoldimethacrylat* konsentrasi 2%, 4%, dan 6% akan mempengaruhi persentase porositas, kekerasan dan kekuatan transversal resin akrilat kuring panas?
- b. Apakah ada perbedaan persentase porositas, kekerasan dan kekuatan transversal antara resin akrilat *crosslink* dan *non crosslink* akibat penambahan *ethylglycoldimethacrylat* konsentrasi 2%, 4% dan 6%?

2. Kecualian penelitian

Sampai saat ini belum ada penelitian yang meneliti pengaruh konsentrasi *ethylenglycoldimethacrylat* terhadap porositas plat dasar gigi tiruan resin akrilat. Penelitian terdahulu yang pernah dilakukan adalah pengaruh penambahan *ethylenglycoldimethacrylat* 0 - 100% terhadap daya tahan abrasi dan kekuatan impak bahan dasar gigi tiruan resin akrilat. Penelitian lain adalah pengaruh *ethylenglycoldimethacrylat* pada uji kekuatan transversal hasil reparasi basis gigi tiruan resin akrilat.

3. Kegunaan penelitian

Kegunaan penelitian adalah memberikan informasi cara lain menghilangkan porositas bahan dasar gigi tiruan resin akrilat dan sekaligus memberikan informasi mengenai konsentrasi optimal *ethylenglycoldimethacrylat* yang dapat meningkatkan kekerasan dan kekuatan transversal bahan dasar gigi tiruan resin akrilat disertai penurunan persentase porositasnya.

B. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui apakah bahan *crosslink ethylenglycoldimethacrylat* konsentrasi 2%, 4% dan 6% akan mempengaruhi persentase porositas, kekerasan dan kekuatan transversal resin akrilat kuring panas yang dimasak dengan metode konvensional serta untuk

mengetahui apakah ada perbedaan antara resin akrilat *crosslink* dan *non crosslink* dalam menghasilkan persentase porositas, kekerasan dan kekuatan transversal akibat penambahan *ethylenglycoldimethacrylat* konsentrasi 2%, 4% dan 6%.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Telaah Pustaka

1. Resin akrilat untuk kedokteran gigi

Resin akrilat pertama kali diperkenalkan sebagai bahan dasar gigi tiruan pada tahun 1937 (Tylman dan Peyton, 1946; Craig, 1985). Di bidang kedokteran gigi, resin akrilat telah digunakan secara luas, tidak hanya untuk plat dasar gigi tiruan tetapi juga sebagai bahan restorasi, gigi tiruan, dan pemakaian lain (William dan Cunningham, 1979).

Lebih dari 95% plat dasar gigi tiruan sekarang ini menggunakan resin akrilat (Phillips, 1991). Meskipun demikian bukan berarti resin akrilat memiliki semua syarat ideal sebagai bahan dasar gigi tiruan. Keistimewaan resin akrilat yang paling penting adalah kemampuan meniru warna jaringan gusi dan bersifat transparan. Sifat-sifat yang lain adalah tidak beracun, tidak mengiritasi jaringan, tidak mendukung pertumbuhan bakteri, tidak berasa, tidak berbau, tidak larut dalam air dan air ludah (Greener dkk., 1972).

a. Komposisi dan bentuk fisik resin akrilat. Bahan resin akrilat terdiri dari serbuk dan cairan (Anderson, 1976; Combe, 1986; Philips, 1991). Serbuk mengandung komponen utama polimetil metakrilat 0,2-0,5, benzoil peroksida sebagai penggerak awal atau inisiator untuk

berlangsungnya polimerisasi, dan sekitar 1% pigmen yang tercampur dalam partikel polimer supaya diperoleh warna yang sesuai dengan jaringan gusi. Cairan mengandung monomer metil metakrilat, dan 0,6% hidrokinon sebagai penghambat reaksi untuk mencegah polimerisasi selama penyimpanan monomer. Kadang-kadang terdapat bahan *crosslink* berupa senyawa organik seperti ethylene glycol dimetacrylate untuk meningkatkan kekuatan dan kekerasan resin akrilat sehingga tahan terhadap goresan. Bila monomer (gambar 1a) dan monomer (gambar 1b) dicampur maka akan terjadi reaksi, yang menghasilkan massa yang plastis dan dapat dibentuk dalam cetakan. Massa plastis terbentuk karena sebagian polimer larut ke dalam monomer.

b. Macam proses polimerisasi resin akrilat. Sesuai dengan jenis resin akrilatnya, proses polimerisasi resin akrilat terdiri dari: 1) resin akrilat kuring panas dapat diproses dengan: a) proses perebusan konvensional yaitu resin akrilat berpolimerasi melalui mekanisme radikal bebas. Pada awal polimerasi diperlukan pengaktifan yang terjadi dari peruraian benzoil peroksida karena pengaruh panas. Pada proses konvensional ini resin akrilat harus direbus dengan waktu dan suhu tertentu; b) proses radiasi gelombang mikro yaitu proses pemasakan resin akrilat dengan memakai radiasi gelombang mikro dengan jumlah watt dan waktu tertentu; 2) resin akrilat kuring dingin. Pada jenis ini dalam mengaktifkan benzoil peroksidanya agar terbentuk radikal bebas digunakan aktivator zat

kimia yaitu golongan *amine* seperti dimethyl p-tholuidin, sehingga polimerisasi dapat berlangsung pada suhu kamar (Anderson, 1972; Fraunhofer, 1975; O' Brein dan Rydge, 1978 dan Craig dkk., 1979).

c. Tingkatan proses polimerisasi. Proses polimerisasi terjadi dalam 3 tingkatan yaitu (Combe, 1986) yaitu:

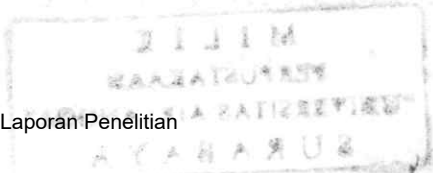
- 1) inisiasi. Pada tahap ini digunakan zat yang mudah terurai menjadi radikal bebas, suatu jenis bahan kimia yang sangat reaktif yang mempunyai inisiator yang dipergunakan adalah benzoil peroksida dan sebagai aktivator adalah pemanasan. Benzoil peroksida ini akan menghasilkan dua radikal bebas, selanjutnya radikal bebas ini dapat terurai dan menghasilkan radikal bebas yang lain yang dapat berfungsi sebagai pemula polimerisasi vinil yang disebut sebagai radikal bebas dan ditulis dengan R;
- 2) Propagasi adalah tahap pembentukan rantai polimer yang lain. Pada tahap ini terjadi reaksi antara molekul dengan radikal bebas sebagai awal dari terbentuknya rantai polimer;
- 3) terminasi adalah tahap yang tercapai bila dua radikal bebas bereaksi membentuk molekul yang stabil. Kemungkinan terjadinya langkah-langkah terminasi tergantung konsentrasi inisiator yang digunakan. Makin besar konsentrasi yang digunakan, makin besar kemungkinan terjadinya terminasi. Hal ini berarti bahwa polimer yang terjadi merupakan rantai yang lebih pendek. Di dalam

proses polimerisasi polimer resin akrilat setelah tingkatan terminasi, pada tingkat selanjutnya terjadi ikatan *crosslink*. Pada tingkat ini rantai-rantai polimer yang terbentuk sesuai dengan derajat polimerisasinya (DP) dan menentukan berat molekulnya. Kenaikan berat molekul akan diikuti dengan kenaikan kekuatannya, sebaliknya peningkatan monomer sisa akan menurunkan kekuatan polimer yang terjadi (Stevens, 1975; Odian, 1981 dan Cabe, 1987).

d. Sifat fisik resin akrilat. Secara umum dapat dibagi tiga (Craig dan Peyton, 1975) yaitu: 1) karakteristik thermal yang terdiri dari: a) konduktivitas termal. Resin akrilat merupakan konduktor yang buruk dibanding logam atau logam paduan (Combe, 1986); b) koefisien ekspansi termal. Koefisien ekspansi termal resin akrilat lebih tinggi daripada email gigi dan bahan kedokteran gigi lainnya (ADA, 1974); 2) karakteristik kekuatan mekanis terdiri dari: a) kekuatan tarik. Resin akrilat mempunyai kekuatan tarik yang memadai untuk gigi tiruan lengkap dan sebagian (Craig dan Peyton, 1975); b) batas proporsional. Perpanjangan dan modulus elastisitas. Resin akrilat memiliki nilai yang memuaskan dalam batas proporsional dan modulus elastisitasnya sebagai bahan kedokteran gigi (Tylman dan Peyton, 1946); c) kekuatan benturan. Kekuatan benturan adalah energi yang diperlukan untuk mematahkan bahan dengan kekuatan yang tiba-tiba. Kekuatan benturan resin akrilat tidak memenuhi sifat-sifat ideal yang disyaratkan bagi bahan plat dasar

gigi tiruan (Phillips, 1991); d) kekerasan. Resin akrilat mempunyai *Knoop Hardness Number* (KHN) yang rendah, sehingga mudah tergores dan abrasi (Craig dan Peyton, 1975); e) kekuatan transversal. Tes kekuatan transversal adalah gabungan antara tes kekuatan tarik, kekuatan tekan dan modulus elastisitas (Phillips, 1991). Hasil uji ini akan memperlihatkan suatu kekuatan pembengkokan serta besar beban yang dapat ditahan oleh bahan. Kekuatan transversal dari material diperoleh dengan cara membebani sampel yang ditahan pada kedua ujungnya dengan beban yang diletakkan di tengah-tengah sampel (Craig dan Peyton, 1975). Tes kekuatan transversal ini dipakai lebih banyak daripada tes kekuatan tarik dan kekuatan tekan, karena jenis tes ini lebih mewakili tipe tekanan yang diterima gigi tiruan di dalam mulut selama pengunyahan; 3) sifat-sifat lain antara lain: a) estetis. Resin akrilat memiliki sifat estetis yang sangat memuaskan. Warnanya menyerupai jaringan mulut dan tetap stabil dalam kondisi mulut serta mempunyai sifat optik yang baik (Combe, 1986); b) densitas. Resin akrilat mempunyai densitas yang rendah. Densitas yang rendah ini umumnya dikehendaki untuk bahan-bahan kedokteran gigi (Tylman dan Peyton, 1946). Densitas atau kerapatan dapat diukur dengan Densimeter. Sifat ini diperlukan untuk membantu retensi gigi tiruan rahang atas (Combe, 1986); c) kelarutan. Resin akrilat larut dalam beberapa pelarut

The text in this section is extremely faint and illegible, appearing to be a series of lines of a document or report.



organik termasuk monomernya, chloroform dan acetone (Greener dkk., 1972). Menurut Craig dan Peyton (1975), resin akrilat larut dalam pelarut organik seperti aromatic hidrokarbon, keton dan ester; d) penyerapan air. Penyerapan air oleh resin akrilat merupakan aksi dari permukaan dan proses imbibisi. Proses imbibisi ini karena adanya struktur seperti bunga karang/sponge (Tylman dan Peyton, 1946). Phillips (1991) menyatakan bahwa akrilat menyerap air secara perlahan-lahan dalam jangka waktu tertentu. Penyerapan secara primer terjadi dengan adanya sifat polar, yaitu gugus $-COOH$ (karboksil) dari molekul resin. Mekanisme penyerapan melalui difusi molekul air sesuai hukum difusi. Difusi diduga terjadi di antara makromolekul, yang akan memisahkannya satu dengan yang lain, akibatnya kekuatan resin akan berkurang. Resin akrilat mempunyai koefisien difusi yang rendah, sehingga untuk mencapai kejenuhan kandungan air dalam resin diperlukan waktu dan juga tergantung pada ketebalan bahan tersebut. Plat dasar gigi tiruan resin akrilat memerlukan waktu sekitar 17 hari untuk mencapai kejenuhan kandungan air pada suhu kamar, Combe (1986).

e. Persyaratan resin akrilat (sebagai plat dasar gigi tiruan). Menurut Combe (1986) resin akrilat untuk dibuat plat dasar gigi tiruan hendaknya memenuhi syarat sebagai berikut: 1) tidak beracun dan tidak mengiritasi; 2) tidak dipengaruhi oleh cairan mulut dan tidak larut serta tidak bersifat menyerap; 3) mempunyai kekuatan

mekanis yang cukup, antara lain: a) elastisitas modulus yang tinggi sehingga meskipun dalam ukuran yang sangat tipis masih mempunyai kekuatan yang cukup; b) batas proporsional yang tinggi sehingga plat dasar gigi tiruan tidak berubah bentuk apabila terkena tekanan; c) kekuatan (transversal) yang cukup besar; d) kekerasan (daya tahan abrasi) yang cukup besar; e) mempunyai kekuatan yang besar sehingga gigi tiruan tersebut tidak patah bila terkena beban impak yang dapat timbul oleh karena penderita yang mengenakan gigi tiruan mengalami kecelakaan ataupun gigi tiruan jatuh ke lantai; f) mempunyai *fatigue strength* yang besar, 4) mempunyai sifat fisik antara lain: a) mempunyai ekspansi termal atau pemuaian termal yang sesuai dengan bahan gigi, b) penghantaran termal yang tinggi, c) bobot jenis yang rendah (ringan) untuk menahan retensi gigi tiruan rahang atas, d) mempunyai titik leleh yang lebih tinggi dari temperatur makanan atau cairan yang masuk ke dalam mulut, 5) harus memberikan estetik yang baik dan tidak berubah warna. Bahan tersebut harus transparan dan translusen dan mudah diberi warna, 6) pertimbangan-pertimbangan lain adalah: a) sebaiknya bersifat radio opaque sehingga apabila gigi tiruan tersebut sebagian patah dan tertelan atau masuk ke dalam saluran pernafasan dapat mudah ditentukan lokasinya dengan pertolongan sinar X, b) harus mudah dibuat dengan peralatan sederhana dan relatif murah, c) jika patah

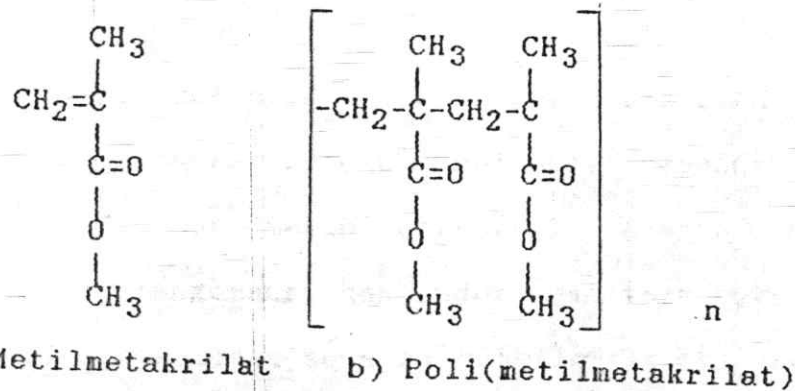
mudah direparasi, d) harus tidak berubah dimensi baik dalam proses pembuatan maupun selama pemakaian, e) harus mudah dibersihkan. Sampai saat ini belum ada bahan yang mempunyai semua persyaratan seperti yang disebutkan di atas. Bahan resin akrilat dikembangkan untuk mendapatkan hasil seperti yang diinginkan. Untuk menambah kekuatan resin akrilat dapat digunakan butadina stirena yang dicampur dengan monomer yang mengandung bahan *crosslink* (Combe, 1986).

f. Faktor-faktor yang mempengaruhi kekuatan resin akrilat. Kekuatan resin akrilat sebagai material plat dasar gigi tiruan, termasuk juga kekuatan transversalnya, dipengaruhi oleh: 1) berat molekul dan struktur atau komposisi. Kekuatan resin berbanding lurus dengan derajat polimerisasi (Skinner dan Phillips, 1982). Derajat Polimerisasi didefinisikan sebagai jumlah pengulangan unit dalam polimer atau sejumlah unit monomer yang bergabung bersama. Berat molekul suatu zat sebanding dengan derajat polimerisasi dikalikan berat molekul dari unit yang diulang (Combe, 1986). Kekuatan mekanis resin memadai apabila derajat polimerisasi relatif tinggi, paling sedikit dengan 150-200 kali pengulangan unit. Kekuatan resin bertambah sangat cepat dengan pertambahan derajat polimerisasi hingga tercapai berat molekul (BM) tertentu. Di atas BM tersebut, tidak terjadi banyak perubahan kekuatan dalam polimerisasi selanjutnya (Skinner dan Phillips, 1982). Phillips (1991) menyatakan

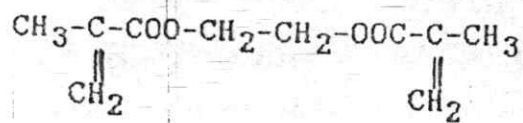
bahwa perbandingan yang tepat antara polimer dan monomer akan mempengaruhi struktur akhir resin. Ketidaktepatan perbandingan polimer dan monomer dapat menyebabkan rendahnya kekuatan resin. Menurut Skinner dan Phillips (1982), jika rantainya *crosslink* kekuatannya meningkat;

2) teknik prosesing. Combe (1986) menyatakan bahwa kekuatan akrilat dipengaruhi oleh berat molekul, kandungan monomer sisa, banyaknya porositas dan masuknya zat lain. Prosesing dengan menggunakan teknik konvensional akan mempengaruhi Berat Molekul, kandungan monomer sisa dan banyaknya porositas. Berat Molekul sebanding dengan derajat polimerisasi polimer. Makin rendah derajat polimerisasi polimer, makin rendah kekuatannya. Untuk porositas, semakin sedikit porositas semakin tinggi kekuatannya. Sedangkan kandungan monomer sisa akan bereaksi sebagai *plasticiser*, yang menyebabkan resin lebih lemah; 3) lingkungan. Kekuatan dan kekakuan resin berkurang sesudah menyerap air. Difusi air terjadi di antara makromolekul, yang akan memisahkannya satu dengan yang lain, akibatnya kekuatan resin akan berkurang (Phillips, 1991). Menurut Billmeyer (1984) air akan masuk di antara polimer, menyebabkan terjadinya ikatan hidrogen, sehingga polimer menjadi lunak dan kehilangan kekuatannya. Resin akrilat larut dalam pelarut organik, termasuk monomer, kloroform dan aseton. Resin akrilat juga tidak tahan terhadap cairan antiseptik dan etil alkohol, akibat yang ditimbul-

kan adalah terjadi *crazing* pada permukaan, sehingga kekuatan dan kekerasan resin akrilik akan menurun (Greener dkk., 1972).



Gambar 1. Monomer dan polymer



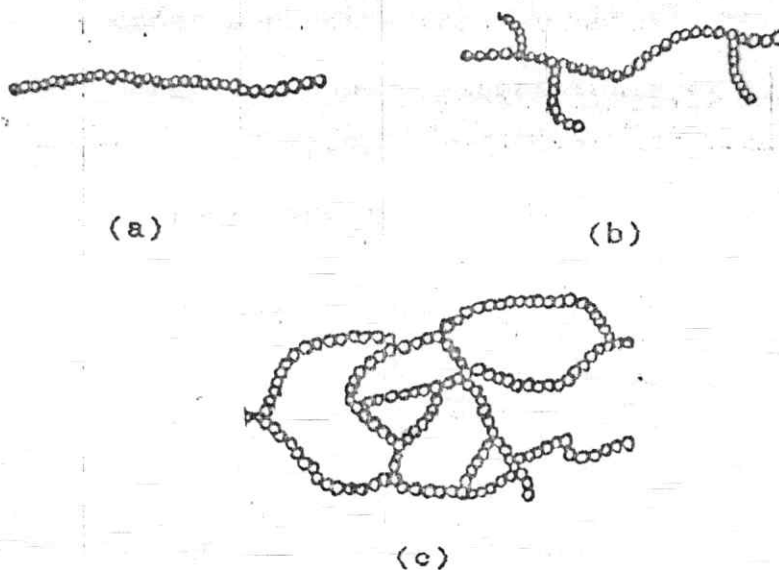
Gambar 2. Ethylenglycoldimethacrylat

2. Bahan crosslink

Polimer merupakan suatu molekul besar yang dibentuk oleh pengulangan unit yang kecil. Dalam beberapa kasus pengulangan ini berbentuk lurus, dalam kasus lain ikatan-ikatan bercabang atau dapat juga saling bertautan membentuk jaringan 3 dimensi (ikatan silang atau *crosslink*) karena adanya senyawa bahan *crosslink*. Jenis struktur polimer dapat dilihat pada gambar 3. Ikatan silang tersebut terjadi karena rantai molekul bersama-sama membentuk anyaman silang. Ikatan silang yang meluas dari polimer akan menyebabkan polimer menjadi keras dan

tahan terhadap pelarut (Craig dan Peyton, 1975; Combe, 1986).

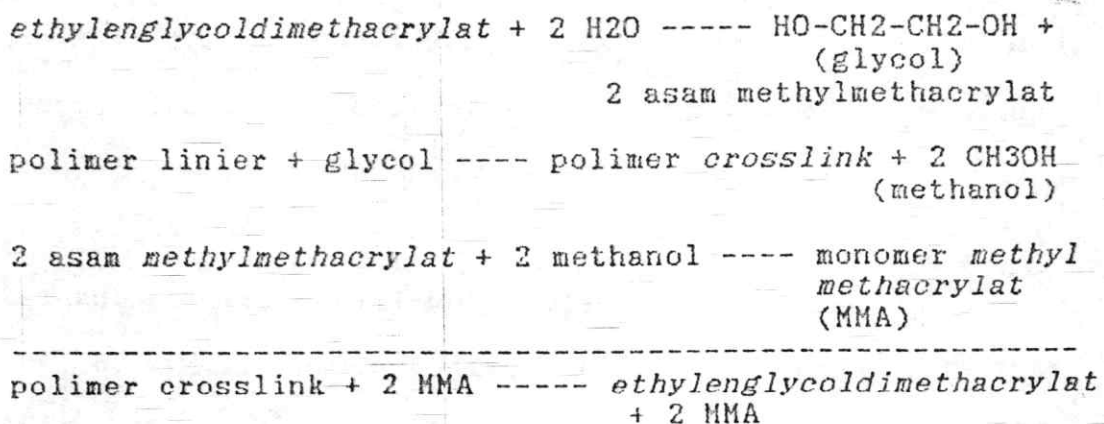
Monomer mempunyai gugus polar seperti hidroksil (-OH) dan karboksil (-COO-) menyebabkan polimernya juga mengandung gugus-gugus polar dan biasanya dapat mengembang karena adanya zat cair polar, seperti air atau alkohol. Makin besar berat molekul polimer, kecenderungan pengembangan tersebut makin berkurang. Adanya bahan *crosslink* juga mengurangi kecenderungan tersebut. Sisa monomer dapat berperilaku sebagai *plasticiser* dan menunjang pelonggaran struktur jaringan polimer (Jastrzebski, 1976).



Gambar 3. a. Struktur polimer lurus
 b. Struktur polimer bercabang
 c. Struktur polimer bertaut silang berbentuk jaringan tiga dimensi (Craig dan Peyton, 1975).

Adanya struktur *crosslink* akan menurunkan laju difusi zat cair ke dalam polimer, sehingga adanya struktur *crosslink* diharapkan dapat meningkatkan kekuatan dan ketahanan polimer. Dalam keadaan jumlah bahan *crosslink* yang berlebihan akan menyebabkan adanya molekul-molekul bahan *crosslink* yang tidak bereaksi sebagai sisa. Keadaan ini akan menyebabkan berkurangnya kekerasan polimer (Anderson, 1972).

Bahan *ethylglycoldimethacrylat* sebagai bahan *crosslink* mengalami hidrolisa menjadi glycol dan asam methylnmethacrylat. Polimer linier yang terjadi dengan glycol akan membentuk *crosslink* polimer dan mengeluarkan methanol. Bahan asam methylnmethacrylat dengan methanol tersebut dapat membentuk monomer methylnmethacrylat lagi. Glycol dengan monomer membentuk *ethylglycoldimethacrylat* dan seterusnya seperti persamaan reaksi di bawah ini (Haryo, 1991).



Dari persamaan reaksi tersebut disimpulkan bahwa

pembentukan *crosslink* polimer dengan *ethylenglycoldimethacrylat* disertai dengan pembentukan monomer. Jadi terjadinya polimer *crosslink* mengakibatkan kenaikan berat molekul diikuti dengan pembentukan monomer. Dari penafsiran teoritis ini dapat ditarik kesimpulan bahwa semakin banyak terbentuk monomer sisa.

3. Porositas

a. Macam porositas ditinjau dari proses terjadinya

Porositas internal adalah gelembung pada permukaan dan di dalam lempeng akrilat terutama pada bagian lempeng akrilat yang tebal dan porositas kontraksi adalah porositas yang terjadi bila *mould* tidak terisi penuh adonan atau apabila pada proses kuring adonan tidak mendapat tekanan cukup (Anderson; 1976). Porositas tidak didapatkan bila proses kuring pada suhu 70°C dengan tekanan yang cukup pada kuvet, porositas didapatkan bila diproses pada suhu 100°C (Faraj, dan Ellis, 1979). Porositas disebabkan oleh pemanasan yang terlalu cepat (Atkinson dan Grant, 1966). Porositas terjadi bila masa *dough* tidak mendapatkan cukup tekanan selama proses kuring (Craig dan Peyton, 1975). Porositas terjadi karena rendahnya berat molekul polimer (Phillips, 1991).

b. Pengujian porositas.

Melani (1981) menghitung porositas dengan memakai bantuan mikroskop, tanpa membedakan ukuran dan bentuk porositas, tapi hanya memperhatikan jumlah porositas di bagian tengah dari sampel. Perhi-

tungan porositas yang lebih terinci telah dilakukan oleh Keller dan Lautenschlager (1985) dengan mengukur densitas sampel memakai densimeter, kemudian prosentase porositas dapat dihitung dengan memakai rumus sebagai berikut:

$$\text{Persentase porositas} = \left(1 - \frac{X}{\text{hip}}\right) \times 100\%$$

X = rata-rata densitas resin akrilat (diukur dengan densimeter) dan hip = rata-rata densitas resin akrilat yang ideal = 1,19 gr/cm³.

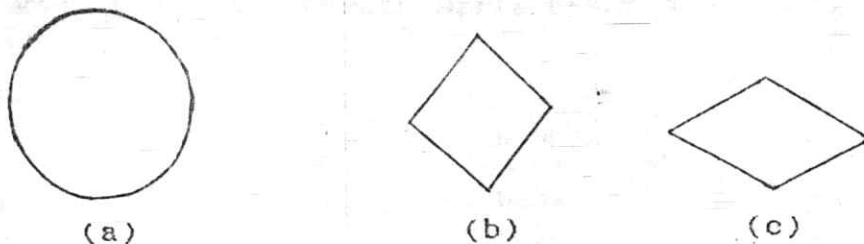
4. Pengujian kekerasan

Untuk pengukuran kekerasan dapat dilakukan dengan mengukur ketahanan bahan terhadap penetrasi indenter (penakik atau pemukul) yang ditekan dengan beban dan waktu tertentu terhadap permukaan bahan (Craig dan Peyton, 1975; Tarigan, 1983). Beberapa cara pengujian kekerasan yang biasa dilakukan untuk bahan yang dipergunakan di bidang kedokteran gigi adalah cara Brinel, Knoop, Rockwell, Vickers dan Sierbaum *hardness test* (Phillips, 1991). Masing-masing alat tes ini sedikit berbeda satu dengan lainnya, tetapi mempunyai prinsip kerja yang sama berupa penetrasi dari suatu bentukan simetris pada permukaan obyek yang diteliti. Bentuk dari indenter dapat berupa *steel ball*, *steel cone*, *diamond pyramid*.

Berat beban bervariasi sesuai dengan metode pengete-

san. Aplikasi kekuatan beban terhadap pemukul akan menghasilkan suatu bentukan simetris yang dapat diukur kedalamanannya atau lebarnya.

Pengujian cara Brinell merupakan pengujian yang tertua, dipergunakan untuk mengukur kekerasan bahan alloy. Pengujian ini menggunakan penakik bola yang ditekan pada permukaan bahan yang hendak diuji (Craig dan Peyton, 1975). Pengujian kekerasan cara Knoop menggunakan penakik *diamond* berbentuk kerucut, beban dan waktu peneakan diatur sesuai dengan jenis bahan yang hendak diukur kekerasannya. Pengujian kekerasan dengan cara Vickers juga dilakukan dengan penakik *diamond* berbentuk pyramid dengan sudut sebesar 136° , dengan beban yang hendak diukur kekerasannya (Craig dan Peyton, 1975; Phillips, 1991).



Gambar 4. Bentuk dari indentasi yang dihasilkan oleh tes kekerasan (Combe, 1986).

- a. Brinell
- b. Vickers
- c. Knoop

Bila lokasi yang akan diuji kekerasannya cukup kecil, lapisan yang sangat tipis maka digunakan *microhard-*

ness (Tukon tester), maka sebelum diuji kekerasannya sampel harus dipoles terlebih dahulu. Untuk pengamatan identasi *microhardness* tester dilengkapi dengan mikroskop. Rumus yang digunakan adalah:

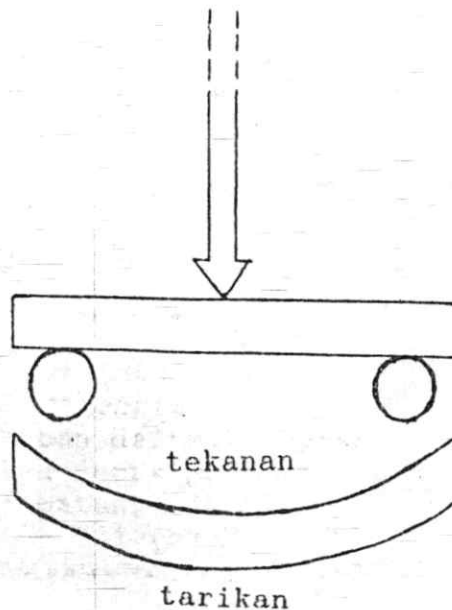
$$Hv = 1854,4 \frac{P}{d^2}$$

Hv= angka kekerasan Vickers ($g/\mu m^2$), P = beban (g), d = diagonal rata-rata (μm).

5. Pengujian kekuatan transversal

Uji kekuatan transversal atau sering disebut flexural strength menurut Phillips (1991) adalah gabungan antara uji kekuatan tarik, kekuatan tekan dan modulus elastisitas (gambar 5). Hasil uji ini akan memperlihatkan suatu kekuatan pembengkokan serta besar beban yang dapat ditahan oleh bahan. Kekuatan transversal dari bahan diperoleh dengan cara membebani sampel yang didukung pada masing-masing ujungnya dengan beban yang diletakkan di tengah-tengah sampel (Craig dan Peyton, 1975). Uji kekuatan transversal ini dipakai lebih banyak daripada uji kekuatan tarik dan kekuatan tekan, karena jenis uji ini lebih mewakili tipe tekanan yang diterima plat dasar gigi tiruan sewaktu pengunyahan. Dengan pengujian ini diketahui bahwa bahan yang ulet sanggup mendukung tekanan yang lebih besar, sedangkan bahan yang rapuh akan menunjukkan pelengkungan yang lebih kecil sebelum patah, mes-

kipun kemungkinan mempunyai kekuatan rentang (tensile) yang lebih tinggi (Grunewald dkk., 1952).



Gambar 5. Kekuatan transversal.

Beberapa penelitian menggunakan bermacam-macam ukuran batang uji, seperti Johnston, dkk. (1981) di dalam penelitiannya mereka menggunakan ukuran panjang x lebar x tebal = 80 mm x 10 mm x 2,5 mm. Sedangkan Yasdanie dan Mahood (1985) memakai ukuran panjang x lebar x tebal = 62 mm x 10,5 mm x 3 mm. Eha Djulaeha (1985) menggunakan ukuran panjang x lebar x tebal = 65 mm x 10 mm x 2,5 mm.

Menurut American Dental Association (1974) pengujian kekuatan transversal menggunakan batang uji dengan ukuran standar yaitu panjang x lebar x tebal = 65 mm x 10 ± 0,03 mm x 2,5 ± 0,03 mm. Ukuran yang sama juga dikemukakan oleh Skinner (1958), Kelly (1967), Peyton dan Craig (1971) Ruyter dkk (1980), Beyli dan Von Fraunhofer (1981),

Chitchumnong dkk (1989) dan Haryo (1991). Sebelum dilakukan tes, batang uji direndam dalam air suling dengan suhu 37⁰C selama 48 jam (American Dental Association, 1974).

Formula matematik dari *Digital Universal Testing Machine* adalah:

$$S = \frac{3 L P}{2 b d^2} \text{ kg/cm}^2$$

Keterangan:

S = *transverse strength*

P = besarnya beban dalam kilogram

L = panjang atau jarak pendukung (cm)

b = lebar dari batang uji (cm)

d = tebal batang uji (cm)

B. Landasan Teori

Lebih dari 95% plat dasar gigi tiruan menggunakan resin akrilat. Resin akrilat cenderung mempunyai kekurangan antara lain: cenderung porus dan mempunyai kekerasan dan kekuatan transversal yang kurang memuaskan. Porositas yang banyak, kekerasan dan kekuatan transversal yang rendah dari resin akrilat sangat tidak diinginkan.

Pada pemakaian praktis sehari-hari hampir selalu resin akrilat dalam kuvet dimasukkan dalam panci berisi air dan direbus selama 1 jam sampai mendidih. Kenyataan membuktikan bahwa dengan memakai teknik konvensional ini, acapkali terjadi porositas. Hanya karena alasan ekonomis dan relatif mudah teknik konvensional ini masih digunakan.

Bahan *crosslink ethylenglycoldimethacrylat* 4% ter-

bukti dapat meningkatkan kekuatan transversal resin akrilat, tetapi pada konsentrasi 20% ke atas terbukti pengaruhnya tidak bermakna terhadap kekerasan. Bahan *crosslink ethylenglycoldimethacrylat* dapat meningkatkan kekuatan resin akrilat disertai dengan pembentukan monomer pada akhir polimerisasi. Dalam keadaan jumlah bahan *crosslink* yang berlebihan akan menyebabkan adanya molekul-molekul bahan *crosslink* yang tidak bereaksi (sebagai sisa) dan semakin banyak terbentuk monomer sisa pada akhir polimerisasi.

Porositas pada polimer resin akrilat bisa terjadi karena rendahnya berat molekul polimer. Bahan *crosslink ethylenglycoldimethacrylat* terbukti dapat meningkatkan berat molekul polimer.

Resin akrilat mempunyai sifat menyerap air, karena monomer resin mempunyai gugus polar yang menyebabkan polimernya juga mengandung gugus polar dan biasanya dapat mengembang karena adanya zat cair polar seperti air atau alkohol. Air akan masuk di antara polimer, menyebabkan terjadinya ikatan hidrogen. Ditunjang dengan monomer sisa dan bahan *crosslink* yang berlebih yang dapat berperilaku sebagai *plasticiser* dan menunjang pelonggaran struktur polimer. Hal ini berarti dapat meningkatkan porositas disertai penurunan kekerasan dan kekuatan transversal.

Penambahan *crosslink ethylenglycoldimethacrylat* pada resin akrilat menyebabkan terjadinya ikatan *crosslink*.

Ikatan *crosslink* yang meluas menyebabkan besarnya berat molekul polimer dan mengurangi kecenderungan resin dalam menyerap air, sehingga walaupun resin direbus dengan panas yang tidak terkontrol memakai teknik konvensional, tidak akan menyebabkan terjadinya porositas disertai penurunan kekerasan dan kekuatan transversal, pada konsentrasi di antara 2% - 6% bahan *crosslink ethylenglycol-dimethacrylat* yang ditambahkan. Semakin berat molekul polimer, semakin berkurang kecenderungan polimer untuk mengembang karena difusi zat cair di antara makromolekul juga menurun, sehingga akan mengurangi terjadi porositas disertai peningkatan kekerasan dan kekuatan transversal.

C. Hipotesis

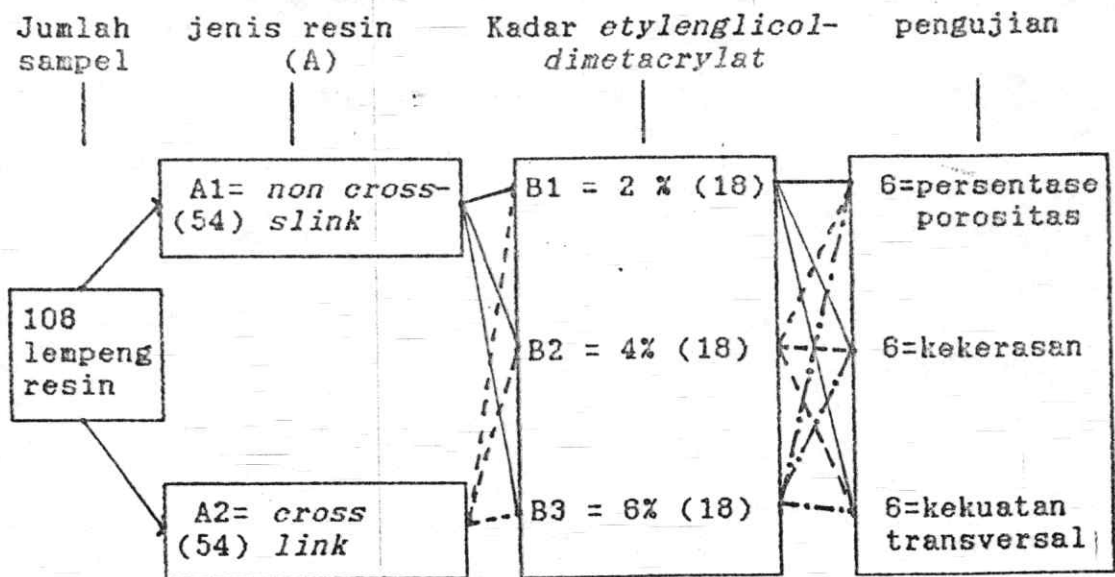
Berdasarkan permasalahan yang dirumuskan dan dari tinjauan pustaka serta pemikiran landasan teori, maka diajukan hipotesis sebagai berikut:

1. Penambahan *ethylenglycoldimethacrylat* konsentrasi 2%, 4% dan 6% mempengaruhi persentase porositas, kekerasan dan kekuatan transversal resin akrilat kuring panas.
2. Ada perbedaan persentase porositas, kekerasan dan kekuatan transversal antara resin akrilat *crosslink* dan *non crosslink* akibat penambahan *ethylenglycoldimethacrylat* konsentrasi 2%, 4% dan 6%.

D. Rencana Penelitian

1. Persiapan sampel

Pada penelitian ini kelompok sampel A1 berupa 54 lempeng resin akrilat dari bahan non *crosslink* dan kelompok sampel A2 berupa 54 lempeng resin akrilat dari bahan *crosslink* dengan ukuran yang sama yaitu 65 x 10 x 2,5 mm. Monomer kelompok A1 dan A2 sebelum dicampur dengan polimernya dibagi dalam 3 grup yaitu grup B1 ditambah dengan *ethylenglycoldimethacrylat* 2%, grup B2 ditambah dengan *ethylenglycoldimethacrylat* 4% dan grup B3 ditambah *ethylenglycoldimethacrylat* 6%. Tiap-tiap grup berjumlah 18 sampel (gambar 6). Selanjutnya dari 18 sampel tersebut, 6 sampel diuji persen porositasnya, 6 sampel diuji kekerasannya dan 6 sampel diuji kekuatan transversalnya.



Gambar 6. Diagram alir pembagian sampel.

2. Jenis penelitian: eksperimental laboratoris.
3. Rancangan penelitian: faktorial 2 jalan (Pratiknya, 1986)
4. Identifikasi variabel:
 - a. Variabel pengaruh: 1) konsentrasi *ethylenglycoldimethacrylat*, yaitu konsentrasi yang diperoleh dari pengenceran *ethylenglycoldimethacrylat* 98%, terbagi dalam 2%, 4% dan 6%; 2) jenis resin akrilat, yaitu resin akrilat *crosslink* dan resin akrilat *non crosslink*.
 - b. Variabel terpengaruh: 1) persentase porositas; 2) kekerasan; 3) kekuatan transversal.
 - c. Variabel terkendali: karakteristik subyek yang dikendalikan dengan pembuatan sampel yang sama.

III. CARA PENELITIAN

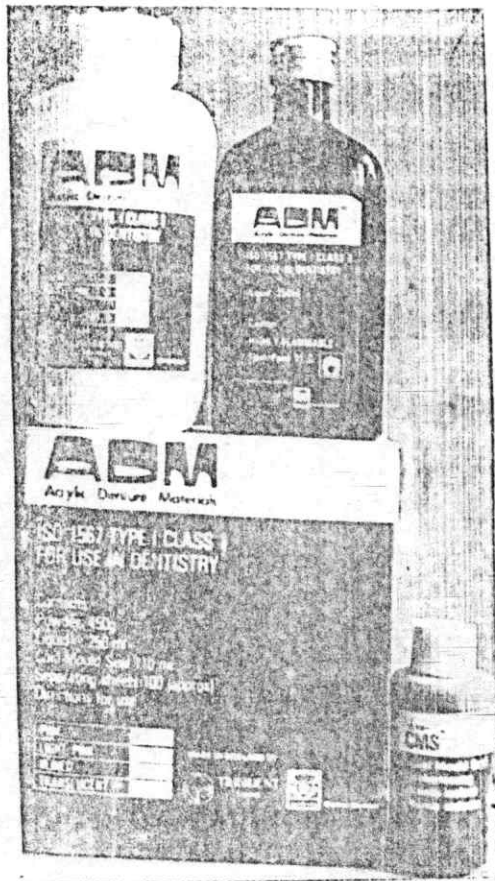
A. Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah:

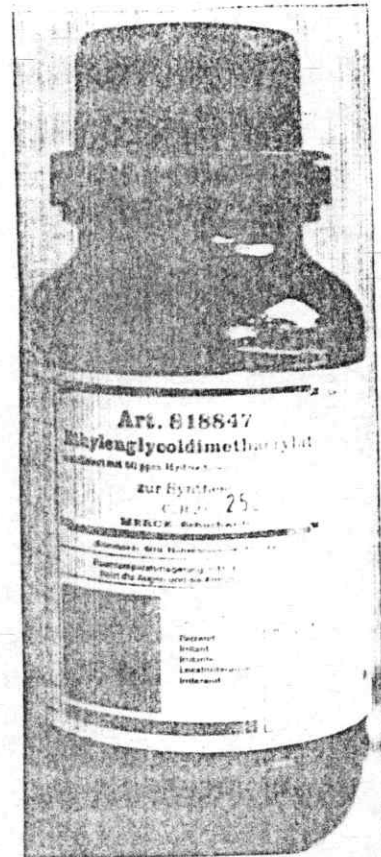
1. Resin akrilat kuring panas yang mengandung bahan *crosslink* merk Stellan (gambar 7) dan resin akrilat yang tidak mengandung bahan *crosslink* merk ADM (gambar 8).
2. Bahan *crosslink ethylenglycoldimetacrylat* (gambar 9).
3. Gips keras (moldano, Bayer), kertas gosok, vaselin kertas selopan.



Gambar 7. Resin akrilat *crosslink*.




Gambar 8. Resin akrilat
non crosslink

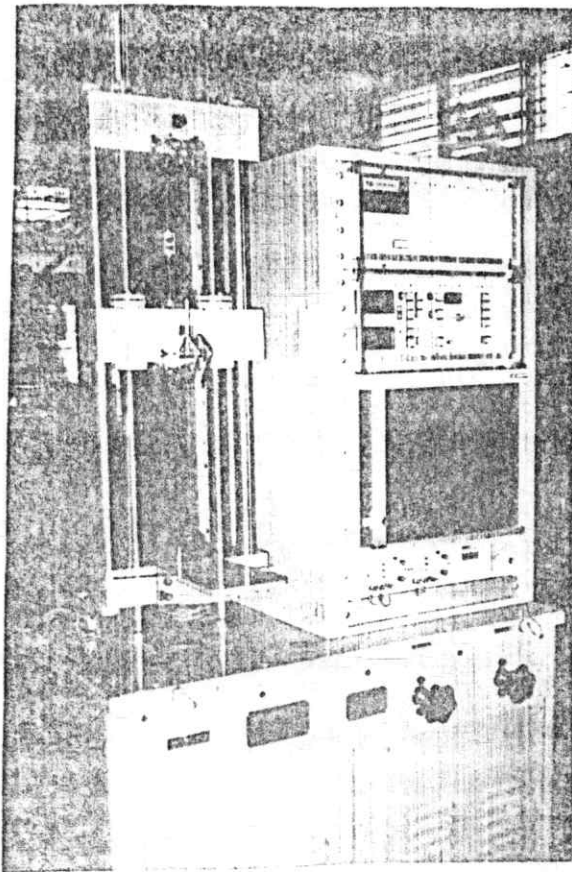


Gambar 9. Bahan crosslink
ethylenglycoldimethacrylat

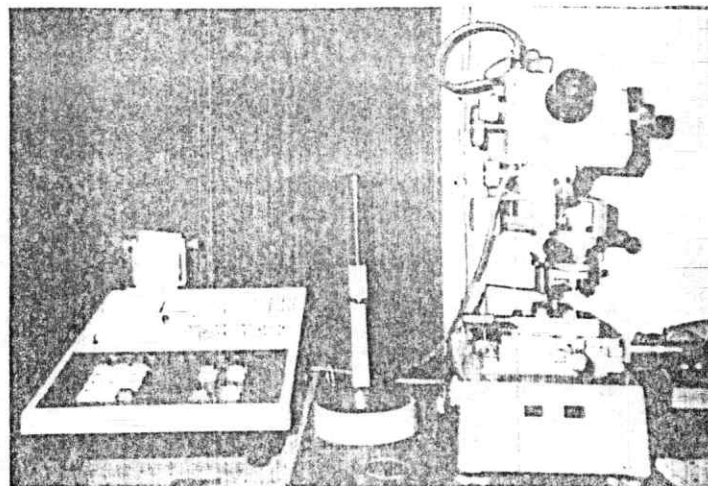
B. Alat Penelitian

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah:

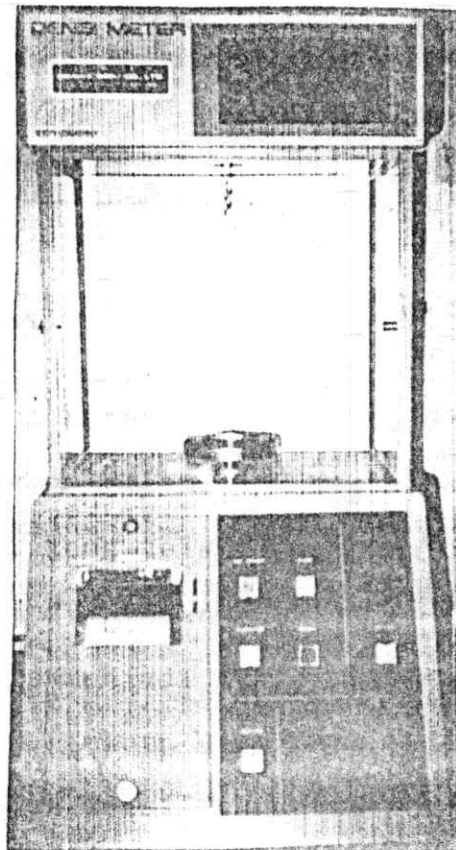
1. *Universal testing machine* merk Torsee untuk mengukur kekuatan transversal (gambar 10).
2.  untuk menguji kekerasan resin akrilat setelah ditambah *ethylneglycoldimetacrylat* (gambar 11).
3. *Automatic Densimeter* (Tokyo-Japan) untuk mengukur persentase porositas (gambar 12).



Gambar 10. *Universal testing machine* merek Torsee.



Gambar

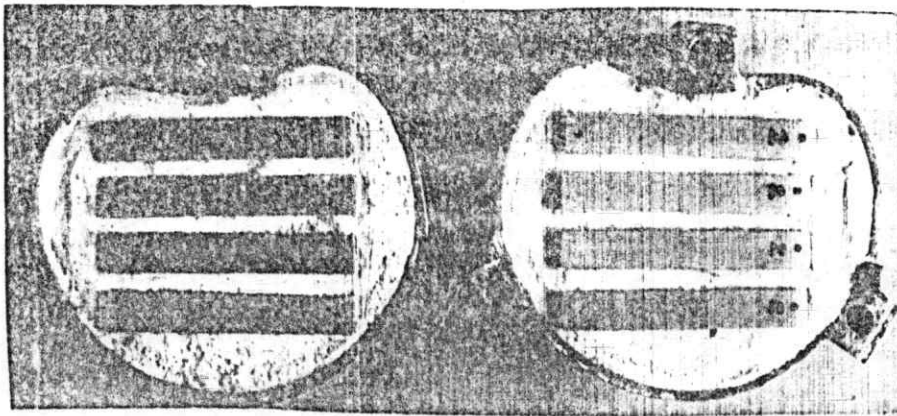


Gambar 12. Automatic Densimeter .

C. Jalan Penelitian

1. Pembuatan Sampel

Sampel pada penelitian ini dicetak dengan alat cetakan dari logam dengan ukuran 65 x 10 x 2,5 mm (gambar 13).



Gambar 13. Alat cetak dari logam dan sampel resin akrilat dalam kuvet

a. Pengisian gips keras dalam kuvet. Gips keras diaduk dengan sistim vakum selama 1/2 menit, kemudian dimasukkan ke dalam kuvet yang telah disiapkan di atas vibrator. 4 Cetakan logam diletakkan di tengah-tengah kuvet, didiamkan sampai gips menjadi keras lebih kurang 10 menit. Setelah keras permukaan gips keras diolesi dengan vaselin dan kuvet atas diisi dengan adonan gips di atas vibrator, lalu dipress. Sesudah gips keras kemudian kuvet dibuka dan cetakan logam dikeluarkan. Prosedur ini dilakukan pada semua kuvet.

b. Pembuatan larutan (Haryo, 1991). Untuk membuat larutan *ethylenglicoldimetacrylat* 2%, 4%, dan 6% dari bahan *ethylenglycoldimetacrylat* 98% digunakan cara perhitungan sebagai berikut, misal:

Bahan *ethylenglycoldimetacrylat* yang digunakan = y ml
densitasnya = z gram/ml.

1 ml *ethylenglycoldimetacrylat* = z gram = 0,98 gram *ethylenglycoldimetacrylat* murni

Y ml *ethylglycoldimetacrylat* = $y \cdot 0,98 \cdot z$ gram
ethylglycoldimetacrylat murni.

Monomer yang digunakan = X_1 ml

densitasnya = p gram/ml

1 ml monomer berat = p gram

X_1 ml monomer berat = $p \cdot X_1$ gram

10 cc (untuk setiap 23 gram bubuk polimer)

Ethylglycoldimetacrylat 98% yang digunakan y ml.

Monomer yang dibutuhkan = $(X_1 - y)$ ml

$(X_1 - y)$ cc monomer = $(X_1 - y) p$ gram

Bahan campuran = $X + (X_1 - y)p + 0,98 Y \cdot Z$

$$\text{Kadar } 2\% = \frac{\text{Berat } \textit{ethylglycoldimetacrylat}}{\text{Berat bahan campuran}} \times 100\% = 2\%$$

$$\frac{0,98 \cdot Y \cdot Z}{X + (X_1 - Y) p - 0,98 \cdot Y \cdot Z} \times 100 = 2$$

$$Y = \frac{X + X_1 p}{48,02 Z + p} \text{ ml } \textit{ethylglycoldimetacrylat}$$

P = adalah density monomer *methylmetacrylate* (MMA) =
 0,9482

Z = density *ethylglycoldimetacrylat* = 1,05

X = 23 gram

X_1 = 10 cc

X_1 = 10 - y

Untuk kadar 4%

$$Y = \frac{X + X_1 p}{23,52 + p} \text{ ml } \textit{ethylglycoldimetacrylat}$$

Untuk kadar 6%

$$Y = \frac{X + X_1 p}{15,35 + p} \text{ ml ethylenglycoldimetacrylat}$$

c. Teknik pengisian resin akrilat. Pengadukan adonan monomer dan polimer dilakukan dalam pot porselin. Perbandingan polimer (bubuk) dan larutan (monomer + ethylenglycoldimetacrylat) adalah 23 gram : 10 cc (sesuai petunjuk pabrik). Untuk setiap 4 sampel membutuhkan 1 adonan. Pada suhu kamar setelah 5 menit adonan mencapai *dough stage*. *Mold* yang permukaannya telah diolesi dengan *could mold seal* diisi penuh dengan adonan *dough* secara rambang lalu beri celophan. Kemudian kuvet ditutup dan dengan *hidraulic press* dipres perlahan-lahan untuk menutup kuvet; kemudian kuvet dibuka lagi, akrilat yang berlebihan dipotong, lalu kuvet ditutup kembali tanpa celophan dan dipres dengan tekanan 50 kg/m². Kuvet dipindahkan pada klem, kemudian direndam dalam air pada suhu kamar selama 1 jam. Setiap sampel diperlakukan dengan cara sama.

d. Teknik pemasakan resin akrilat. Setelah direndam 1 jam, kuvet pada klem dimasukkan pada panci yang berisi air dan dipanaskan 1 jam sampai mendidih, setelah mendidih ditambah waktunya 30 menit. Lalu dibiarkan dingin dan kemudian sampel dikeluarkan dari kuvet. Selanjutnya masing-masing sampel diuji persentase porositasnya, kekerasannya dan kekuatan transversalnya.

2. Uji persentase porositas

Persentase porositas dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\% \text{ porositas} = \left(1 - \frac{X}{\text{hip}}\right) \times 100\% \quad (\text{Keller dan Lautenschlager, 1985})$$

X = rata-rata densitas resin akrilat (diukur dengan alat Densimeter)

hip = rata-rata densitas resin akrilat yang ideal: 1,19 gr/cm³

Cara pengukuran densitas dengan densimeter adalah sebagai berikut: tekan tombol *reset* pada komputer, letakkan jepitan pada pengait di neraca, kemudian tekan tombol *tare* (dianjurkan menunjukkan angka 0,000). Lepaskan jepitan dari pengait neraca dan kunci sampel pada jepitan. Gantung jepitan dengan sampel dinaikkan pada pengait neraca, berat sampel di udara akan dapat dilihat pada monitor. Dengan hati-hati tekan tombol *start*, gelas kimia akan bereaksi dan akan berhenti pada bagian atas dan sampel akan tercelup dalam cairan, berat cairan akan diketahui dan gelas kimia secara otomatis akan turun dan densitas sampel akan diketahui. Printer akan menuliskan berat sampel di udara, berat sampel di air dan densitas dari sampel tersebut.

3. Uji kekuatan transversal. Mula-mula *digital universal testing machine* dihubungkan dengan arus listrik, kemudian memilih beban 250 kg. Tekan *pump on* (pompa hidrolis).

Dari tabel 2 diketahui bahwa:

- Ada perbedaan pengaruh sangat bermakna antara resin akrilat *crosslink* dan resin akrilat *non crosslink* terhadap persentase porositas ($p < 0,01$).
- Pengaruh berbagai konsentrasi *ethylenglycoldimethacrylat* terhadap persentase porositas, berbeda sangat bermakna ($p < 0,01$).

Selanjutnya untuk mengetahui perbedaan rerata persentase porositas antar perlakuan yang diberikan dilakukan uji-t dan hasilnya dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Uji-t mengenai persentase porositas antar jenis resin dan antar konsentrasi *ethylenglycoldimethacrylat*.

Samber	t	p
A1-A2	-5,604	0,000 ^{***}
D1-D2	-6,999	0,000 ^{***}
F1-F3	-11,809	0,000 ^{***}
F2-F3	-4,850	0,000 ^{***}

Keterangan:

- A1 = resin akrilat *non crosslink*
 A2 = resin akrilat *crosslink*
 D1 = konsentrasi *ethylenglycoldimethacrylat* 2%
 D2 = konsentrasi *ethylenglycoldimethacrylat* 4%
 D3 = konsentrasi *ethylenglycoldimethacrylat* 6%

t = nilai uji t

p = probabilitas

*** = berbeda sangat bermakna

Keterangan ini juga berlaku untuk tabel 6 dan 9

Dari hasil uji-t pada tabel 3 diketahui bahwa terdapat perbedaan pengaruh yang sangat bermakna antara resin akrilat *crosslink* dan resin akrilat *non crosslink* terhadap persentase porositas ($p < 0,01$).

Mendekatkan jarak dengan menekan *C. H. Down*, sehingga alat penekan menempel pada sampel. Setelah sampel menempel, beban dan defleksi dibuat 0. *Load valve* dibuka perlahan-lahan sehingga angka pada load menunjukkan pembebanan, diamati hingga sampel patah. Amati dan catat angka di load.

4. Uji kekerasan. Sampel yang akan diuji diletakkan pada tempat yang telah ditentukan pada *microhardness tester* (*vickers*). Sentuhkan piramid diamond pada sampel dengan hati-hati. Letakkan beban yang diinginkan, Bekas indenter halus sekali, digunakan mikroskop dengan pembesaran 400 kali.

D. Analisis Hasil Penelitian

Data yang diperoleh dianalisis secara statistik menggunakan analisis variansi 2 jalan. Untuk menguji perbedaan pengaruh antar perlakuan digunakan uji-t. Taraf signifikansi yang diambil pada penelitian ini adalah 1%.

IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

Hasil yang diperoleh pada penelitian tentang pengaruh konsentrasi *ethylenglycoldimethacrylat* pada resin akrilat *crosslink* dan *non crosslink*, terhadap persentase porositas, kekerasan dan kekuatan transversalnya adalah sebagai berikut:

1. Pengaruh konsentrasi *ethylenglycoldimethacrylat* terhadap persentase porositas resin akrilat *crosslink* dan *non crosslink*

Hasil ini diperoleh dari data yang dikelompokkan sesuai dengan kelompok perlakuan yang diberikan yaitu, kelompok resin akrilat *crosslink* dan resin akrilat *non crosslink* yang ditambah dengan *ethylenglycoldimethacrylat* 2%, 4%, dan 6%, selanjutnya masing-masing sampel sesuai dengan kelompok perlakuan diambil secara random untuk diukur persentase porositasnya. Hasil rerata persentase porositas terlihat pada tabel 1.

Tabel 1. Nilai rerata persentase porositas resin akrilat *crosslink* dan *non crosslink* setelah ditambah *ethylenglycoldimethacrylat* dengan konsentrasi 2%, 4% dan 6% (dalam %).

Konsent.	Jenis resin akrilat	
	A1	A2
B1	1,285 ± 0,461	7,842 ± 0,503
B2	8,040 ± 0,268	9,705 ± 0,446
B3	11,737 ± 0,580	12,015 ± 2,532

Keterangan:

A1: resin akrilat *non crosslink*

A2: resin akrilat *crosslink*

B1: Konsentrasi *ethylenglycoldimethacrylat* 2%

B2: Konsentrasi *ethylenglycoldimethacrylat* 4%

B3: Konsentrasi *ethylenglycoldimethacrylat* 6%

± : Deviasi standar

Keterangan ini berlaku juga untuk tabel 4 dan 7.

Untuk mengetahui perbedaan pengaruh penambahan konsentrasi *ethylenglycoldimethacrylat* terhadap persentase porositas resin akrilat *crosslink* dan *non crosslink* dapat diketahui hasilnya dengan analisis variansi 2 jalan yang rangkumannya dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Tabel rangkuman anava 2 jalan mengenai persentase porositas antar jenis resin dan antar konsentrasi *ethylenglycoldimethacrylat*

Sumber Var.	JK	db	RK	F	P
Antar A	72,250	1	72,250	31,403	0,000**
Antar B	324,246	2	162,123	70,467	0,000**

Keterangan: A: jenis bahan resin akrilat

B: Konsentrasi *ethylenglycoldimethacrylat*

JK: Jumlah kwadrat

db: derajat bebas

RK: rerata kwadrat

F: nilai uji F

P: probabilitas

** : berbeda sangat bermakna

Keterangan ini juga berlaku untuk tabel 5 dan 8.

Pada tabel 2 diketahui bahwa:

- a. Ada perbedaan pengaruh sangat bermakna antara resin akrilat *crosslink* dan resin akrilat *non crosslink* terhadap persentase porositas ($p < 0,01$).
- b. Pengaruh berbagai konsentrasi *ethylenglycoldimethacrylat* terhadap persentase porositas, berbeda sangat bermakna ($p < 0,01$).

Selanjutnya untuk mengetahui perbedaan rerata persentase porositas antar perlakuan yang diberikan dilakukan uji-t dan hasilnya dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Uji-t mengenai persentase porositas antar jenis resin dan antar konsentrasi *ethylenglycoldimethacrylat*.

Suaber	t	p
A1-A2	-5,604	0,000**
B1-B2	-6,959	0,000**
B1-B3	-11,809	0,000**
B2-B3	-4,850	0,000**

Keterangan:

A1 = resin akrilat *non crosslink*

A2 = resin akrilat *crosslink*

B1 = konsentrasi *ethylenglycoldimethacrylat* 2%

B2 = konsentrasi *ethylenglycoldimethacrylat* 4%

B3 = konsentrasi *ethylenglycoldimethacrylat* 6%

t = nilai uji t

p = probabilitas

**= berbeda sangat bermakna

Keterangan ini juga berlaku untuk tabel 6 dan 9

Dari hasil uji-t pada tabel 3 diketahui bahwa terdapat perbedaan pengaruh yang sangat bermakna antara resin akrilat *crosslink* dan resin akrilat *non crosslink* terhadap persentase porositas ($p < 0,01$).

Pengaruh ~~bagai~~ ~~isi~~ konsentrasi *ethylglycoldimethacrylat* terhadap ~~persentase~~ porositas, menunjukkan perbedaan yang sangat bermakna ($p < 0,01$).

2. Pengaruh ~~kontras~~ rasi *ethylglycoldimethacrylat* terhadap ~~kekera~~ ~~res~~ resin akrilat *crosslink* dan *non crosslink*

Hasil ini diperoleh dari data yang dikelompokkan sesuai dengan kelompok perlakuan yang diberikan yaitu, kelompok resin akrilat *crosslink* dan resin akrilat *non crosslink* yang ditambah dengan *ethylglycoldimethacrylat* 2%, 4%, dan 6% kemudian sampel direndam air suhu kamar selama 48 jam selanjutnya masing-masing sampel, sesuai dengan kelompok perlakuan diambil secara random untuk diukur kekerasannya. Hasil rerata kekerasan dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Nilai rerata kekerasan resin akrilat *crosslink* dan *non crosslink* setelah ditambah *ethylglycoldimethacrylat* dengan konsentrasi 2%, 4% dan 6% (cm^2/um^2)

Konsent.	Jenis resin akrilat	
	A1	A2
2%	21,290 \pm 0,531	20,332 \pm 0,275
4%	20,265 \pm 0,691	18,990 \pm 0,372
6%	18,357 \pm 0,313	17,325 \pm 0,597

Untuk mengetahui perbedaan pengaruh penambahan konsentrasi *ethylglycoldimethacrylat* terhadap kekerasan resin akrilat *crosslink* dan *non crosslink* dapat diketahui

hasilnya dengan analisis variansi 2 jalan yang rangkumannya dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Tabel rangkuman anava 2 jalan mengenai kekerasan antar jenis resin dan antar konsentrasi *ethylenglycoldimethacrylat*

Sumber Var.	JK	db	RK	F	P
Antar A	10,660	1	10,660	44,756	0,000 ^{**}
Antar B	53,653	2	26,827	112,629	0,000 ^{**}

Pada tabel 5 diketahui bahwa:

- Ada perbedaan pengaruh sangat bermakna antara resin akrilat *crosslink* dan resin akrilat *non crosslink* terhadap kekerasan ($p < 0,01$).
- Pengaruh berbagai konsentrasi *ethylenglycoldimethacrylat* terhadap kekerasan, berbeda sangat bermakna ($p < 0,01$).

Selanjutnya untuk mengetahui perbedaan rerata kekerasan antar perlakuan yang diberikan dilakukan uji-t dan hasilnya dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6. Uji-t mengenai kekerasan antar jenis resin dan antar konsentrasi *ethylenglycoldimethacrylat*

Sumber	t	p
A1-A2	6,690	0,000 ^{**}
B1-B2	5,939	0,000 ^{**}
B1-B3	14,906	0,000 ^{**}
B2-B3	8,967	0,000 ^{**}

Dari hasil uji-t pada tabel 6 diketahui bahwa terda-

pat perbedaan pengaruh yang sangat bermakna antara resin akrilat *crosslink* dan resin akrilat *non crosslink* terhadap kekerasan ($p < 0,01$).

Pengaruh berbagai konsentrasi *ethylenglycoldimethacrylat* terhadap kekerasan, menunjukkan perbedaan yang sangat bermakna ($p < 0,01$).

3. Pengaruh konsentrasi *ethylenglycoldimethacrylat* terhadap kekuatan transversal resin akrilat *crosslink* dan *non crosslink*

Hasil ini diperoleh dari data yang dikelompokkan sesuai dengan kelompok perlakuan yang diberikan yaitu, kelompok resin akrilat *crosslink* dan resin akrilat *non crosslink* yang ditambah dengan *ethylenglycoldimethacrylat* 2%, 4%, dan 6%, kemudian sampel direndam air suhu kamar selama 48 jam selanjutnya masing-masing sampel sesuai dengan kelompok perlakuan diambil secara random untuk diukur kekuatannya transversalnya. Hasil rerata kekuatan transversal dapat dilihat pada tabel 7.

Tabel 7. Nilai rerata kekuatan transversal resin akrilat *crosslink* dan *non crosslink* setelah ditambah *ethylenglycoldimethacrylat* dengan konsentrasi 2%, 4% dan 6% (dalam kg/cm^2)

Konsent.	Jenis resin akrilat	
	A1	A2
B1	1478 \pm 31,673	1326 \pm 75,419
B2	1144 \pm 47,193	1068 \pm 58,788
B3	1004 \pm 43,377	942 \pm 43,433

Untuk mengetahui perbedaan pengaruh penambahan konsentrasi *ethylenglycoldimethacrylat* terhadap kekuatan transversal resin akrilat *crosslink* dan *non crosslink* dapat dilihat hasilnya dengan analisis variansi 2 jalan yang rangkumannya dapat dilihat pada tabel 8.

Tabel 8. Tabel rangkuman anava 2 jalan mengenai kekuatan transversal antar jenis resin dan antar konsentrasi *ethylenglycoldimethacrylat*

Sumber Var.	JK	db	RK	F	P
Antar A	84.099,930	1	84.099,930	31,259	0,000**
Antar B	1.157.384,000	2	578.692,000	215,095	0,000**

Pada tabel 8 diketahui bahwa:

- Ada perbedaan pengaruh sangat bermakna antara resin akrilat *crosslink* dan resin akrilat *non crosslink* terhadap kekuatan transversal ($p < 0,01$).
- Pengaruh berbagai konsentrasi *ethylenglycoldimethacrylat* terhadap kekuatan transversal, berbeda sangat bermakna ($p < 0,01$).

Selanjutnya untuk mengetahui perbedaan rerata kekuatan transversal antar perlakuan yang diberikan dilakukan uji-t dan hasilnya dapat dilihat pada tabel 9.

Tabel 9. Uji-t mengenai kekuatan transversal antar jenis resin dan antar konsentrasi *ethylenglycoldimethacrylat*

Suaber	t	p
A1-A2	5,591	0,000 ^{***}
B1-B2	13,978	0,000 ^{***}
B1-B3	20,259	0,000 ^{***}
B2-B3	6,281	0,000 ^{***}

Dari hasil uji-t pada tabel 9 diketahui bahwa terdapat perbedaan pengaruh yang sangat bermakna antara resin akrilat *crosslink* dan resin akrilat *non crosslink* terhadap kekuatan transversal ($p < 0,01$).

Pengaruh berbagai konsentrasi *ethylenglycoldimethacrylat* terhadap kekuatan transversal, menunjukkan perbedaan yang sangat bermakna ($p < 0,01$).

B. Pembahasan

Pengaruh konsentrasi *ethylenglycoldimethacrylat* terhadap porositas resin akrilat kering panas pada tabel 1 menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi bahan *crosslink* yang ditambahkan, semakin besar persentase porositasnya. Hasil uji persentase porositas terkecil, didapatkan pada resin akrilat non crosslink yang ditambah *ethylenglycoldimethacrylat* 2% (kelompok A1B1), diikuti ke-

lompok A2B1, A1B2, A2B2, A1B3, dan persentase porositas terbesar, didapatkan pada resin akrilat crosslink yang ditambah *ethylenglycoldimethacrylat* 6% (kelompok A2B3). Pada Anava 2 jalan (tabel 2) menunjukkan adanya perbedaan pengaruh yang sangat bermakna ($p < 0,01$) antara resin akrilat *crosslink* dan *non crosslink* terhadap persentase porositasnya. Sedangkan pengaruh berbagai konsentrasi *ethylenglycoldimethacrylat* terhadap persentase porositas, berbeda sangat bermakna ($p < 0,01$). Pada uji-t (tabel 3) terbukti bahwa terdapat perbedaan pengaruh yang sangat bermakna antara resin akrilat *crosslink* dan *non crosslink* terhadap persentase porositasnya ($p < 0,01$) dan pengaruh berbagai konsentrasi terhadap persentase porositas, menunjukkan perbedaan yang sangat bermakna ($p < 0,01$).

Pada penambahan 2% *ethylenglycoldimethacrylat* ke dalam resin akrilat *non crosslink* menunjukkan persentase porositas yang minimal. Hal ini dimungkinkan karena *ethylenglycoldimethacrylat* yang ditambahkan bereaksi dengan monomer resin akrilat menghasilkan polimer *crosslink*. Polimer *crosslink* ini terjadi karena rantai molekul polimer bersama-sama membentuk anyaman *crosslink*. Anyaman *crosslink* ini menyebabkan: 1) polimer menjadi keras dan tahan terhadap pelarut (Craig dan Peyton, 1975; Combe, 1986), 2) berat molekul polimer menjadi besar dan diikuti dengan kekuatan yang besar (Moore, 1962; Farrel, 1971; Phillips, 1991; Stevens 1975; Melani, 1981; Odian, 1981; Bilmeyer, 1984; Combe, 1986). Dengan berat molekul

yang besar kecenderungan polimer untuk mengembang karena adanya zat cair polar seperti air atau alkohol akan berkurang (Jastrzebski, 1976). Pengikatan air dapat terjadi melalui pembentukan ikatan hidrogen karena molekul monomer mengandung gugus-gugus C=C dan C=O serta gugus OH, yang bersifat polar. Dengan air (yang juga bersifat polar) dapat terjadi interaksi polar-polar (Bilmeier, 1984), sehingga kepadatan akan meningkat, dan hal ini akan memperkecil terjadinya porositas.

Pada penambahan 4% *ethylglycoldimethacrylat* ke dalam resin akrilat *non crosslink* terjadi reaksi oligomer di antara bahan *ethylglycoldimethacrylat* sendiri. Oligomer ini adalah polimer dengan DP rendah, di mana pada keadaan encer tidak mempengaruhi viskositas, apabila konsentrasi ditingkatkan di atas 4% maka oligomer dari *ethylglycoldimethacrylat* akan menjadi padat, polimerisasi tidak terjadi. Dengan demikian BM pada konsentrasi 4% lebih kecil bila dibandingkan dengan konsentrasi 2% dan pada konsentrasi 4% mempunyai persentase porositas lebih besar, bila dibandingkan dengan konsentrasi 2%.

Pada penambahan 6% *ethylglycoldimethacrylat* ke dalam resin akrilat *non crosslink* semakin besar persentase porositasnya, bila dibandingkan dengan konsentrasi 2% dan 4%. Hal ini sesuai dengan penafsiran teoritis Haryo (1990) bahwa semakin banyak konsentrasi *ethylglycoldimethacrylat* yang ditambahkan, semakin banyak terbentuk

monomer sisa. Monomer sisa dapat menurunkan kekuatan resin (Ferracane dan Greener, 1984) karena monomer sisa dapat berfungsi sebagai *plastisiser*. Dalam polimer, ditunjang oleh adanya monomer yang berlebihan, maka kepadatan dari *crosslink* menurun, karena monomer sisa akan mengisi ruang-ruang di dalam jaringan polimer, menunjang pelonggaran struktur polimer dan meningkatkan persentase porositas (Jastrzebski, 1976; Phillips, 1991). Penjelasan tersebut sekaligus dapat menerangkan mengapa nilai rerata persentase porositas resin akrilat *crosslink* lebih besar dari *non crosslink*. Karena pada resin akrilat *crosslink* sudah mengandung *ethylenglycoldimethacrylat*. Dari hasil penelitian ini dapat diketahui bahwa konsentrasi optimal *ethylenglycoldimethacrylat* yang dapat menurunkan persentase porositas resin akrilat adalah 2%.

Pengaruh konsentrasi *ethylenglycoldimethacrylat* terhadap kekerasan resin akrilat kuring panas pada tabel 4 menunjukkan hasil yang sebaliknya, yaitu bahwa semakin besar konsentrasi *ethylenglycoldimethacrylat* yang ditambahkan semakin berkurang kekerasannya. Hasil uji kekerasan terbesar didapatkan pada resin akrilat *non crosslink* yang ditambah *ethylenglycoldimethacrylat* 2% (kelompok A1B1) diikuti kelompok A2B1, A1B2, A2B2, A1B3 dan kekerasan terkecil didapatkan pada resin akrilat *crosslink* yang ditambah *ethylenglycoldimethacrylat* 6% (kelompok A2B3). Pada Anava 2 jalan (tabel 5) menunjukkan adanya perbedaan pengaruh yang sangat bermakna ($p < 0,01$) antara resin akri-

lat *crosslink* dan *non crosslink* terhadap kekerasan. Sedangkan pengaruh berbagai konsentrasi *ethylenglycoldimethacrylat* terhadap kekerasan, berbeda sangat bermakna ($p < 0,01$). Pada uji-t (tabel 6) terbukti bahwa terdapat perbedaan pengaruh yang sangat bermakna ($p < 0,01$) antara resin akrilat *crosslink* dan *non crosslink* terhadap kekerasan dan pengaruh berbagai konsentrasi *ethylenglycoldimethacrylat* terhadap kekerasan, menunjukkan perbedaan yang sangat bermakna ($p < 0,01$).

Pada penambahan 2% *ethylenglycoldimethacrylat* kedalam resin akrilat *non crosslink* menunjukkan kekerasan yang maksimal. Hal ini dimungkinkan karena *ethylenglycoldimethacrylat* yang ditambahkan bereaksi dengan monomer resin akrilat menghasilkan polimer *crosslink*. Polimer *crosslink* ini terjadi karena rantai molekul polimer bersama-sama membentuk anyaman *crosslink*. Anyaman *crosslink* ini menyebabkan: 1) polimer menjadi keras dan tahan terhadap pelarut (Craig dan Peyton, 1975; Combe, 1986), 2) berat molekul polimer menjadi besar dan diikuti dengan kekuatan yang besar (Moore, 1962; Farrel, 1971; Phillips, 1981; Stevens, 1975; Melani, 1981; Odian, 1981; Bilmeyer, 1984; Combe, 1986). Dengan berat molekul yang besar kecenderungan polimer untuk mengembang karena adanya zat cair polar seperti air atau alkohol akan berkurang (Jastrzebski, 1976). Pengikatan air dapat terjadi melalui pembentukan ikatan hidrogen karena molekul monomer me-

ngandung gugus-gugus C=C dan C=O serta gugus OH, yang bersifat polar. Dengan air (yang juga bersifat polar) dapat terjadi interaksi polar-polar (Bilmeyer, 1984), sehingga kepadatan akan meningkat, dan hal ini akan meningkatkan kekerasan.

Pada penambahan 4% *ethylenglycoldimethacrylat* kedalam resin akrilat *non crosslink* terjadi reaksi oligomer di antara bahan *ethylenglycoldimethacrylat* sendiri. Oligomer ini adalah polimer dengan DP rendah, dimana pada keadaan encer tidak mempengaruhi viskositas, apabila konsentrasi ditingkatkan di atas 4% maka oligomer dari *ethylenglycoldimethacrylat* akan menjadi padat, polimerisasi tidak terjadi. Dengan demikian BM pada konsentrasi 4% lebih kecil bila dibandingkan dengan konsentrasi 2% dan pada konsentrasi 4% mempunyai kekerasan lebih kecil bila dibandingkan dengan konsentrasi 2%.

Pada penambahan 6% *ethylenglycoldimethacrylat* kedalam resin akrilat *non crosslink* semakin kecil kekerasannya bila dibandingkan dengan konsentrasi 2% dan 4%. Hal ini sesuai dengan penafsiran teoritis Haryo (1990) bahwa semakin banyak konsentrasi *ethylenglycoldimethacrylat* yang ditambahkan, semakin banyak terbentuk monomer sisa. Monomer sisa dapat menurunkan kekuatan resin (Ferracane dan Greener, 1984) karena monomer sisa dapat berfungsi sebagai *plastisiser*. Dalam polimer, ditunjang oleh adanya monomer yang berlebihan, maka kepadatan dari *crosslink* menurun, karena monomer sisa akan mengisi ruang-ruang di

dalam jaringan polimer, menunjang pelonggaran struktur polimer dan menurunkan kekerasan (Jastrzebski, 1976; Phillips, 1991). Penjelasan tersebut sekaligus dapat menerangkan mengapa nilai rerata kekerasan resin akrilat *crosslink* lebih kecil dari *non crosslink*. Karena pada resin akrilat *crosslink* sudah mengandung *ethylenglycoldimethacrylat*. Dari hasil penelitian ini dapat diketahui bahwa konsentrasi optimal *ethylenglycoldimethacrylat* yang dapat meningkatkan kekerasan resin akrilat adalah 2%. Hasil penelitian ini tidak sependapat dengan penelitian Horrison dkk. (1978) yang menyatakan bahwa *ethylenglycoldimethacrylat* tidak mempunyai pengaruh terhadap ketahanan abrasi atau kekerasan.

Pengaruh konsentrasi *ethylenglycoldimethacrylat* terhadap kekuatan transversal resin akrilat kuring panas pada tabel 7 menunjukkan hasil yang sama dengan pengaruhnya terhadap kekerasan, yaitu bahwa semakin besar konsentrasi *ethylenglycoldimethacrylat* yang ditambahkan semakin berkurang kekuatan transversalnya. Hasil uji kekuatan transversal terbesar didapatkan pada resin akrilat *non crosslink* yang ditambah *ethylenglycoldimethacrylat* 2% (kelompok A1B1) diikuti kelompok A2B1, A1B2, A2B2, A1B3 dan kekuatan transversal terkecil didapatkan pada resin akrilat *crosslink* yang ditambah *ethylenglycoldimethacrylat* 6% (kelompok A2B3). Pada Anava 2 jalan (tabel 8) menunjukkan adanya perbedaan yang sangat bermakna ($p < 0,01$)

antara resin akrilat *crosslink* dan *non crosslink* terhadap kekuatan transversal. Sedangkan pengaruh berbagai konsentrasi *ethylenglycoldimethacrylat* terhadap kekuatan transversal berbeda sangat bermakna ($p < 0,01$). Pada uji-t (tabel 9) terbukti bahwa terdapat perbedaan pengaruh yang sangat bermakna ($p < 0,01$) antara resin akrilat *crosslink* dan *non crosslink* terhadap kekuatan transversal dan pengaruh berbagai konsentrasi *ethylenglycoldimethacrylat* terhadap kekuatan transversal, menunjukkan perbedaan yang sangat bermakna ($p < 0,01$).

Pada penambahan 2% *ethylenglycoldimethacrylat* kedalam resin akrilat *non crosslink* menunjukkan kekuatan transversal yang maksimal. Hal ini dimungkinkan karena *ethylenglycoldimethacrylat* yang ditambahkan bereaksi dengan monomer resin akrilat menghasilkan polimer *crosslink*. Polimer *crosslink* ini terjadi karena rantai molekul polimer bersama-sama membentuk anyaman *crosslink*. Anyaman *crosslink* ini menyebabkan: 1) polimer menjadi keras dan tahan terhadap pelarut (Craig dan Peyton, 1975; Combe, 1986), 2) berat molekul polimer menjadi besar dan diikuti dengan kekuatan yang besar (Moore, 1962; Farrel, 1971; Phillips, 1991; Stevens, 1975; Melani, 1981; Odian, 1981; Bilmeyer, 1984; Combe, 1986). Dengan berat molekul yang besar kecenderungan polimer untuk mengembang karena adanya zat cair polar seperti air atau alkohol akan berkurang (Astruc, 1979). Pengikatan air dapat terjadi melalui pembentukan ikatan hidrogen karena molekul mono-

mer mengandung gugus-gugus C=C dan C=O serta gugus OH, yang bersifat polar. Dengan air (yang juga bersifat polar) dapat terjadi interaksi polar-polar (Bilmeyer, 1984), sehingga kepadatan akan meningkat, dan hal ini akan meningkatkan kekuatan transversalnya.

Pada penambahan 4% *ethylglycoldimethacrylat* kedalam resin akrilat *non crosslink* terjadi reaksi oligomer di antara bahan *ethylglycoldimethacrylat* sendiri. Oligomer ini adalah polimer dengan DP rendah, di mana pada keadaan encer tidak mempengaruhi viskositas, apabila konsentrasi ditingkatkan di atas 4% maka oligomer dari *ethylglycoldimethacrylat* akan menjadi padat polimerisasi tidak terjadi. Dengan demikian BM pada konsentrasi 4% lebih kecil bila dibandingkan dengan konsentrasi 2% dan pada konsentrasi 4% mempunyai kekuatan transversal yang lebih kecil bila dibandingkan dengan konsentrasi 2%.

Pada penambahan 6% *ethylglycoldimethacrylat* kedalam resin akrilat *non crosslink* semakin kecil kekuatan transversalnya bila dibandingkan dengan konsentrasi 2% dan 4%. Hal ini sesuai dengan penafsiran teoritis Haryo (1990) bahwa semakin banyak konsentrasi *ethylglycoldimethacrylat* yang ditambahkan, semakin banyak terbentuk monomer sisa. Monomer sisa dapat menurunkan kekuatan resin (Ferracane dan Greener, 1984) karena monomer sisa dapat berfungsi sebagai *plastisiser*. Dalam polimer, ditunjang oleh adanya monomer yang berlebihan, maka kepadat-

an dari *crosslink* menurun, karena monomer sisa akan mengisi ruang-ruang di dalam jaringan polimer, menunjang pelonggaran struktur polimer dan menurunkan kekuatan transversalnya (Jastrzebski, 1976; Phillips, 1991). Penjelasan tersebut sekaligus dapat menerangkan mengapa nilai rerata kekuatan transversal resin akrilat *crosslink* lebih kecil dari *non crosslink*. Karena pada resin akrilat *crosslink* sudah mengandung *ethylenglycoldimethacrylat*. dari hasil penelitian ini dapat diketahui bahwa konsentrasi optimal *ethylenglycoldimethacrylat* yang dapat meningkatkan kekuatan transversal resin akrilat adalah 2%. hasil penelitian ini sesuai dengan pendapat Basiran dan Haryo (1991), yang mengatakan bahwa bahan *crosslink ethylenglycoldimethacrylat* mempunyai pengaruh terhadap kekuatan transversal.

Dari seluruh penjelasan di atas, menegaskan bahwa hipotesis yang menyatakan bahwa bahan *crosslink ethylenglycoldimethacrylat* berpengaruh terhadap persentase porositas, kekerasan dan kekuatan transversal dapat diterima. Demikian juga hipotesis yang menyatakan bahwa ada perbedaan persentase porositas, kekerasan dan kekuatan transversal antara resin akrilat *crosslink* dan *non crosslink* akibat penambahan *ethylenglycoldimethacrylat* konsentrasi 2%, 4%, dan 6%.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan mengenai pengaruh konsentrasi *ethylenglycoldimethacrylat* terhadap persentase porositas, kekerasan dan kekuatan transversal resin akrilat kuring panas, dapat diambil kesimpulan bahwa:

1. Penambahan bahan *crosslink ethylenglycoldimethacrylat* konsentrasi 2%, 4% dan 6% mempengaruhi persentase porositas, kekerasan dan kekuatan transversal resin akrilat kuring panas.
 - a. Penambahan bahan *crosslink ethylenglycoldimethacrylat* 2% meningkatkan dengan optimal kekerasan (maksimal 21,290 g/um²) dan kekuatan transversal (maksimal 1478 kg/cm²) resin akrilat kuring panas.
 - b. Penambahan bahan *crosslink ethylenglycoldimethacrylat* 2% menurunkan dengan optimal persentase porositas (minimal 1,285%) resin akrilat kuring panas.
2. Antara resin akrilat *crosslink* dan *non crosslink* menunjukkan perbedaan dalam menghasilkan persentase porositas, kekerasan dan kekuatan transversal, pada konsentrasi 2%, 4% dan 6% *ethylenglycoldimethacrylat* yang ditambahkan.
 - a. Kekerasan dan kekuatan transversal resin akrilat *non crosslink* lebih besar daripada resin akrilat *crosslink* pada penambahan *ethylenglycoldimethacry-*

lat konsentrasi 2%, 4% dan 6%.

- b. Persentase porositas resin akrilat *non crosslink* lebih kecil daripada resin akrilat *crosslink* pada penambahan *ethylenglycoldimethacrylat* konsentrasi 2%, 4% dan 6%.

B. Saran

Walaupun pemasakan resin akrilat kuring panas dengan menggunakan teknik konvensional relatif mudah dan murah dan menghasilkan porositas, kekerasan, kekuatan transversal yang tidak berbeda dengan teknik gelombang mikro, serta terbukti bahwa bahan *crosslink ethylenglycoldimethacrylat* 2% dapat meningkatkan kualitas resin akrilat yang dimasak dengan teknik konvensional, tetapi masih perlu dilakukan penelitian lebih lanjut uji biokompatibilitas *in vivo ethylenglycoldimethacrylat* pada hewan percobaan, agar didapat hasil yang lebih sempurna.

VI. RINGKASAN

Pada masa sekarang, lebih dari 95% plat dasar gigi tiruan menggunakan resin akrilat (Phillips, 1991). Keistimewaan yang paling penting adalah kemampuan meniru warna jaringan gusi, bersifat transparan dan relatif murah. Pada pemakaian praktis sehari-hari hampir selalu resin akrilat dimasak dengan metode konvensional. Pada kenyataannya metode konvensional ini seringkali menghasilkan porositas. Porositas pada resin akrilat akan merusak daya tahan bahan terhadap pewarnaan, endapan kakulus (The Academi of Denture Prosthesis, 1968), memudahkan perkembangan mikroorganisme (Davenport, 1972), menyebabkan bau busuk akibat air ludah terperangkap dalam ruang porositas (David dan Larry, 1983) dan melemahkan resin (Phillips, 1991).

Selain porositas yang banyak, kekerasan dan kekuatan transversal yang rendah dari resin sangat tidak diinginkan. Kekerasan yang rendah dari resin akrilat akan menyebabkan plat dasar gigi tiruan mudah terkikis makanan atau lain-lain yang dimasukkan kedalam rongga mulut, pada waktu pengunyahan. Pengikisan yang terus-menerus akan menyebabkan patahnya plat dasar gigi tiruan. Untuk menguji kekuatan resin selama pengunyahan dapat dipakai uji kekuatan transversal (Craig dan Peyton, 1975).

Akhir-akhir ini pemakaian bahan *crosslink ethylen-glycoldimetaacrylat* semakin diminati, sejak Wolf menganjurkan penambahan bahan *crosslink* pada tahun 1962.

Horrison dkk. (1978) membuktikan bahan *crosslink ethylenglycoldimethacrylat* konsentrasi 0% dan 20% ke atas menunjukkan pengaruh yang tidak bermakna pada kekerasan resin akrilat kuring panas, tetapi Basiran dan Haryo (1992) dapat membuktikan bahan *crosslink ethylenglycoldimethacrylat* konsentrasi 4% menunjukkan pengaruh yang sangat bermakna terhadap kekuatan transversal resin akrilat kuring panas.

Salah satu usaha yang sering dilakukan untuk menghilangkan porositas adalah dengan mengatur suhu dan waktu pemasakan resin akrilat dengan tepat dan benar memakai *curing unit*, tetapi karena alasan ekonomis dan sederhana maka teknik perebusan secara konvensional memakai panci

~~sebelum dipanggang~~

Belum adanya penelitian yang menghubungkan pengaruh konsentrasi *ethylenglycoldimethacrylat* terhadap porositas resin akrilat serta banyaknya alternatif pemakaian metode konvensional untuk perebusan resin akrilat, maka penelitian ini dilakukan, dalam upaya mencari alternatif cara lain untuk menghilangkan porositas resin akrilat yang sering terjadi pada metode konvensional tanpa mengesampingkan kekerasan dan kekuatan transversal resin tersebut. Konsentrasi *ethylenglycoldimethacrylat* ditentukan berdasarkan pra penelitian.

Sampel pada penelitian ini berupa resin akrilat *crosslink* 54 buah dan resin akrilat *non crosslink* 54 buah di mana monomer sampel-sampel tersebut sebelum dicampur

dengan polimernya dibagi menjadi 3 kelompok yang diberi tambahan *ethylenglycoldimetacrylat* 2%, 4% dan 6% (masing-masing 18 sampel). Dari 18 sampel tersebut diambil secara random 6 buah diuji densitasnya dengan densimeter, kemudian dengan memakai rumus dapat diketahui persentase porositasnya. 12 buah sampel yang lain direndam dalam air suling pada suhu kamar selama 48 jam dan diambil 6 buah secara random untuk diuji kekerasannya dengan memakai *mikrohardness tester*, dan 6 buah yang lain diuji dengan *universal testing machine* dengan beban 250 kg dan kecepatan 0,5 mm/menit. Besarnya beban yang terbaca pada alat tersebut kemudian dimasukkan dalam rumus untuk mendapatkan besarnya kekuatan transversal masing-masing sampel tersebut. Pengujian ini dilakukan pada 3 kelompok dengan tambahan *ethylenglycoldimetacrylat* 2%, 4% dan 6% resin akrilat *crosslink* dan *non crosslink*.

Data yang didapat dianalisis dengan anava 2 jalan. Untuk mengetahui perbedaan pengaruh antar perlakuan dilakukan uji-t. Taraf signifikansi yang diambil pada penelitian ini adalah 1%.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa persentase porositas dan kekerasan dari sampel tersebut dipengaruhi oleh konsentrasi *ethylenglycoldimetacrylat* dan jenis resin ($p < 0,01$).

DAFTAR PUSTAKA

- American Dental Association; 1974. *Guide to Dental Materials and Devices*, 7th.ed., A.D.A. Chicago.
- Anderson, J.N.; 1972. *Applied Dental Materials*, 4th. ed., Blackwell Scientific Publication, Oxford.
- Anderson, J.N.; 1976. *Applied Dental Materials*, 5th. ed., Blackwell Scientific Publication, Oxford.
- Atkinson, H.F. dan Grant, A.A.; 1966. Exothermic reaction of polymethyl methacrylate, *Aust Dent J.* 11 (1) 38-42.
- Basiran, W. dan Haryo, M.D.; 1992. *Pengaruh Crosslink Agent Pada Uji Kelenturan Hasil Reparasi Basis Gigi Tiruan Resin Akrilat*, Penelitian Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Bafile, M.; Graser, G.N.; Myers, M.L. dan Li, E.K.H.; 1991. Porosity of denture resin cured by microwave energy, *J Prosthet Dent.* 66: 269-74.
- Billmeyer, F.W.; 1984. *Textbook of Polymer Materials*, 6th. ed., Blackwell Scientific Publication, Oxford.
- Beyli, M.S. dan Von Fraunhofer, J.A.; 1980. Repair of fractured acrylic resin, *J Prosthet Dent* 44: 497-503.
- Cabe Mc, J.F.; 1978. *Andersons Applied Dental Materials*, 6th. ed., Blackwell Scientific Publication, Oxford.
- Chitchumnong, P.; Brooks, S.G. dan Stafford, G.D; 1989. Comparison of three and four point flexural strength testing of dentures base polymers, *Dent Mater.* 5: 2-5.
- Combe, E.C.; 1986. *Notes on Dental Material*, 5th. ed., Churchill Livingstone, New York.
- Craig, R.G.; 1985. *Restorative Dental Material*, 7th. ed., The C.V. Mosby Company, St. Louis, London.
- Craig, R.G.; O Brein, W.J. dan Power, J.M.; 1979. *Dental Material*, 2nd. ed., The C.V. Mosby Company, St. Louis London.
- Craig, R.G. dan Peyton, F.A.; 1975. *Restorative Dental Material*, 5th. ed., The C.V. Mosby Company, St. Louis, London.

- Davenport, J.C.; 1972. The denture surface, *Br Dent J.* 133: 101-5.
- David, N.F. dan Larry, L.L.; 1983. Porosity in boilable acrylic resin, *J Prosthet Dent.* 49(1): 134.
- Eha Djulaeha Suhadjadi; 1985. *Pengaruh Etsa dengan Pelarut Chloroform dan Pelarut Aseton Terhadap Transver se Strength Reparasi Resin Akrilat*, Tesis Pasca Sarjana Universitas Airlangga, Surabaya.
- Faraj, S.A.A. dan Ellis, B.; 1979. The effect of processing temperature on the exotherm porosity and properties of acrylic denture base, *Br Dent J.* 147; 209-12.
- Farrel, J.; 1971. *Dental Material*, 1st. ed., Henry Kimpton Publisher, London.
- Ferrancane, J. L. dan Greener, E.H.; 1984. Fourier transform infrared analysis of degree of polymerization in unfilled resins method comparison, *J Dent Res.* 63(8) 1093-95.
- Fraunhofer, J.A.; 1975. *Scientific Aspect of Dental material* 1st. ed., Butter Worths, Boston.
- Greener, E.H.; Harcourt, J.K. dan Lavtenschlager, E.P.; 1972. *Material Science in Dentistry*, 1st. ed. The William and Wilkins Company, Baltimore.
- Gnunewald, A.H.; Paffenbarger, G.C. dan Dickson, G.; 1952. The effect of molding processes some properties of denture resins, *J Am Dent Assoc.* 44: 269-83.
- Haryo, M.D.; 1991. *Silanisasi Monomer Sebagai Upaya Peningkatan Kekuatan Polimer Resin Akrilat*, Disertasi, Airlangga University Press, Surabaya.
- Horrison, A.; Huggest, R. dan Jagger, R.C.; 1978. The effect of a cross-linking agent on the abrasion resistance and impact strength of an acrylic resin denture base material, *J Dent.* 6: 299.
- Jastrzebski, Z.D.; 1976. *The Nature and Properties of Engineering Material*, 2nd. ed., John Wiley and Sons, Inc New York, London Sidney Toronto.
- Johnston, R.P. Nichollis, J.T. dan Smith, D.E.; 1981. Flexure fatigue of 10 commonly used denture base resins, *J Prosthet Dent.* 46. 578-583.

- Keller, R.J. dan Lautenschlager, E.P.; 1935. Porosity reduction and its associated effect on the diametral, tensile strength of activated acrylic resin, *J Am Dent Assoc.* 74: 1273-78.
- Kelly, E.L.; 1967. Flexurefatigue resistance of heat curing polymethylmethacrylate, *Jam Dent Assoc.* 74: 1273-38.
- Melani, W.G.; 1981. *Hubungan Antara Suhu dan Waktu Proses Curing dengan Porositas dan Sisa Monomer Pada Polimerisasi Resin Akrilik Heat Cured*, Thesis Pasca Sarjana Universitas Airlangga, Surabaya.
- Moore, W.J.; 1962 *Physical Chemistry*, 3rd. ed., Prentice Hall, Inc Paris, USA.
- O'Briaen, W.J. dan Rydge, G.; 1978. *An Out Line of Dental Materials and Their Selection*, 1st. ed., W.B. Saunders Company, Philadelphia.
- Odian, G; 1981. *Principles of Polamerizations*, 2nd. ed., A Wiley Interscience Publication John Wiley and Sons, New York, Toronto.
- Peyton, F.A. dan Craig, R.G.; 1971. *Restorative Dental Material*, 4th. ed. The C.V. Mosby Company, St. Louis.
- Phillips, R.W.; 1991. *Science of Dental materials*, 9th. ed., W.B. Saunders Company, Philadelphia.
- Pratiknya, A.W.; 1966. *Dasar-Dasar Metodologi Penelitian Kedokteran dan Kesehatan*, Penerbit C.V. Rajawali, Jakarta.
- Reitz, P.V.; Sanders, J.L. dan Levin, B.; 1985. The curing of denture acrylic resins by mikrowave energy; Physical properties, *Quintessence Int*, 16: 547-51.
- Ruyter, E.; Rernat dan Svendsen, S.A.; 1980. Flexural properties of denture base polymer, *J Prosthet Dent.* 43: 35-44.
- Skinner, E.W.; 1958. *The Scientific of Dental Materials*, 4th. ed., W.B. Saunders Company, Philadelphia.
- Skinner, E.W. dan Phillips, R.W; 1982. *The Science of Dental Material*, 4th. ed., W.B. Saunders Company, Philadelphia.
- Smith, D.C.; 1961. The acrylic denture base mechanical evaluation of dental polymethylmethacrylate, *Br Dent J.* 11: 9-17.

- Smith, D.C.; 1973. Some aspect of recent development in denture base materials, *ASF Bulletin*, Des: 25-31.
- Stevens, P.M.; 1975. *Polimer Chemistry an Introduction*, 12nd. ed., Addison Wesley Publishing Co. London, Tokyo.
- The Academy of Denture Prosthetics; 1968. The final report of the workshop on the clinical requirements of ideal denture base material, *J prosthet Dent.* 20: 101-5.
- Tarigan Slamet; 1983. *Pengaruh Penambahan Akrilik Terhadap Kualitas Gigi Tiruan*. Tesis Pasca Sarjana Universitas Airlangga, Surabaya.
- Tylman, S.D. dan Peyton, F.A; 1946. *Acrylic and Other Synthetic Resin in Dentistry*, J.B. Lippincott Company, Philadelphia.
- William, D.F. dan Cunningham, A; 1979. *Material in Clinical Dentistry*, 1st. ed., Oxford University Press, New York.
- Wolf, E.M.; 1962. The effect of crosslinking agent on acrylic resins, *Aust Dent J.* Des: 439-44.
- Yasdanie, N. dan Mahood; 1985. Carbon fibers acrylic resin-resin composit an investigation of transverse strength, *J Prosthet Dent.* 54 (4) 542-47.

PAMERAN

01 AUG 2001

MILIK
PERPUSTAKAAN
"UNIVERSITAS AIRLANGGA"
SURABAYA

617.695 Pengaruh Konsentrasi
Ros
p

No. MHS	NAMA PEMINJAM	Tgl. Kembali

SELESAI

