

BAB II

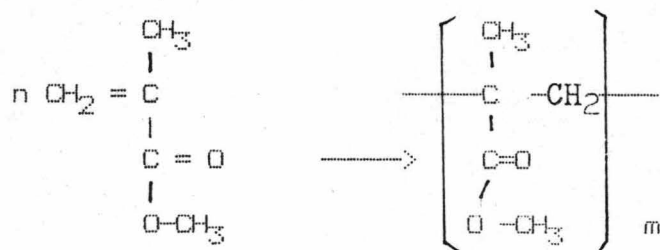
TINJAUAN PUSTAKA

2.1. STRUKTUR POLIMER

2.1.1. Definisi

Polimer adalah makromolekul yang tersusun dari beberapa bagian yang strukturnya tergantung dari monomer penyusunnya. Semua polimer sintesis tersusun dari suatu unit kimia tertentu yang disebut sebagai repeating unit atau struktural unit. Pada vinil polimer repeating unit mengandung atom yang sama dengan monomer, sedangkan pada poliester repeating unit mengandung lebih sedikit atom karena adanya formasi hasil sampingan.

Degree of polymerization (DP) adalah jumlah repeating unit dalam rantai polimer. Dengan demikian DP berhubungan dengan panjang rantai. Misalnya : di dalam polimer Methyl acrylate n ekuivalen dengan DP (persamaan reaksi 1). Disini bagian akhir tidak ditunjukkan karena hanya merupakan bagian kecil dari polimer.



(persamaan no:1)

Berat molekul (BM) dari sebuah rantai polimer dapat ditentukan apabila DP polimer diketahui.

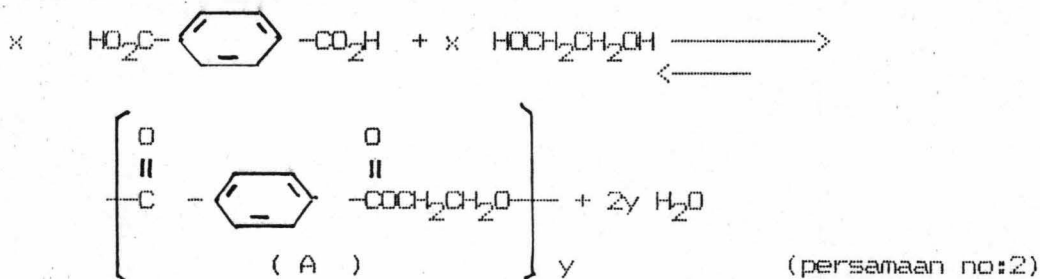
Contoh :

Diketahui jika $DP = 500$ (n) dan berat molekul repeating unit 86 ,maka dari data tersebut dapat dihitung :

$$BM = 500 \times 86 = 43.000$$

Pada proses polimerisasi kita akan mendapatkan polimer polimer dengan D P yang berbeda beda .Didalam kenyataannya tidak ada usaha untuk memisahkan polimer polimer dengan D P yang berbeda beda tersebut .Campuran polimer tersebut diatas disebut dengan polydispers .BM dari polydispers disebut DP rata rata .Untuk keperluan tertentu dipisahkan menjadi berbagai monodispers . B M dari sebuah monodispers disebut dengan DP absolut .Penentuan DP absolut penting untuk menentukan DP rata rata pada metoda viscometry (sub bab 2.2.).

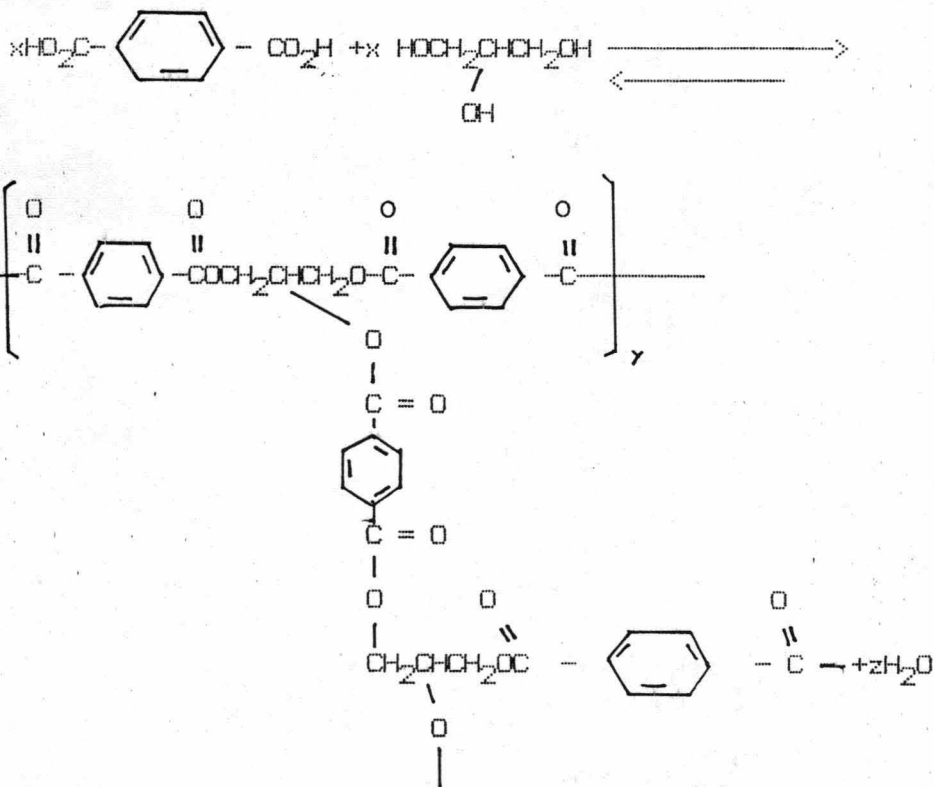
Jika polimer tersusun dari satu macam repeating unit hasilnya disebut homopolimer .Polimer semacam ini sudah diketahui pada persamaan reaksi no: 1 .Andaikan repeating unit pada methyl akrilat dinyatakan sebagai gugus A, maka polimernya adalah : A-A-A-A-A dan seterusnya .Apabila digunakan lebih dari satu repeating unit polimer yang dihasilkan disebut dengan kopolimer .Misal kopolimer yang terdiri dari x molekul dibasic acid dan x molekul glycol. Hal ini dapat dijelaskan dengan persamaan reaksi dibawah ini :



Apabila gugus $\left[\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{---C---} \end{array} \text{---} \text{C}_6\text{H}_4 \text{---} \begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{---C---O} \end{array} \right]$ disebut sebagai gugus

A' dan gugus $\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O}$ disebut B, maka polimer diatas dapat ditulis sebagai berikut : A'-B- A' -B dan seterusnya.

Polimer polimer yang terbentuk dari persamaan no: 1 dan No: 2 disebut dengan polimer linier. Pada persamaan reaksi no:2 glikol diganti dengan gliserol maka kita mendapatkan polimer tiga dimensi. Kopolimer berdimensi tiga disebut juga polimer jaring. Polimer jaring disebut juga crosslink polimer. Untuk lebih jelasnya seperti reaksi dibawah ini :



(persamaan no:3)

Suatu sifat yang disebut dengan dimensional stability tidak

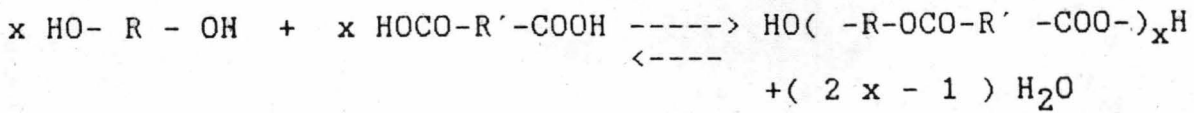
dijumpai pada sifat fisik polimer linier, namun dijumpai pada polimer yang berbentuk tiga dimensi. Sehingga polimer linier disebut sebagai termoplastic polymers, yang mempunyai titik lebur, dan polimer tiga dimensi disebut dengan termosetting polymers, yang tidak mempunyai titik lebur (Stevens, 1975; Odian, 1981).

2.1.2. PROSES POLIMERISASI

Menurut Moore (1962); Phillips et al (1969); Phillips (1973); Billmeyer (1984); Combe (1986), ada dua macam proses polimerisasi yaitu: polimerisasi kondensasi dan polimerisasi adisi. Polimer yang terbentuk disebut sebagai polimer kondensasi dan polimer adisi. Pada polimerisasi kondensasi selain terbentuk polimer juga ada hasil sampingan, seperti H_2O yang dijelaskan pada reaksi no: 2. Pada polimerisasi adisi tidak ada hasil samping. Contoh polimerisasi adisi seperti pada persamaan reaksi no:1. Apabila dibandingkan antara repeating unit dan monomernya, pada polimer kondensasi banyak dan macamnya atom berbeda. Sedangkan pada polimer adisi adalah sama.

2.1.2.1. Polimerisasi kondensasi

Reaksi ini adalah reaksi kimia antara dua molekul atau lebih yang kemudian membentuk molekul yang lebih besar dengan penghilangan molekul yang lebih kecil, sebagai contoh poliester yang dibentuk oleh reaksi kondensasi antara monomer difungsional. persamaan reaksi sebagai berikut:



Tipe dari hasil polimerisasi kondensasi ditentukan oleh banyaknya gugus yang terdapat pada monomer. Monomer monofungsional tidak mungkin berpolimerisasi. Monomer bifungsional akan menghasilkan linier polimer dan monomer polyfungsional akan menghasilkan crosslinked polimer (3 dimensi).

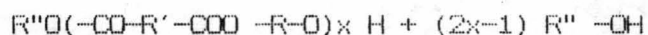
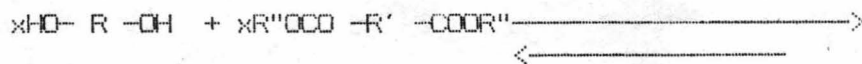
2.1.2.2. Esterifikasi dan transesterifikasi

Reaksi yang terjadi pada polimerisasi kondensasi pada dasarnya adalah reaksi gugus fungsional dari monomer yang satu dengan gugus fungsional dari monomer yang lain. Andaikan salah satu monomer mempunyai gugus fungsional $\text{O}=\text{C}-\text{X}$ dan yang lain mempunyai gugus Y maka reaksi yang terjadi dapat dijelaskan sebagai berikut :



dengan X atau Y = -OH ; -OR.

Pada persamaan reaksi no:2 dijumpai gugus fungsional Y = OH sedangkan X = OH. Pada proses polimerisasi ini hasil samping H_2O , maka proses ini disebut esterifikasi. Apabila X diganti dengan OR maka proses polimerisasi disebut dengan transesterifikasi. Hal ini dapat dijelaskan seperti dibawah ini :



(persamaan no:5)

Reaksi ini sering digunakan untuk membentuk poliester dengan adanya transesterifikasi .

2.1.2.2. Polimerisasi adisi

Pada sub bab 2.1.2. sudah dibicarakan konsep polimerisasi adisi. Contoh untuk polimerisasi digambarkan atau dijelaskan pada reaksi persamaan no: 1 . Polymethylmetacrylate adalah contoh polimerisasi adisi dan banyak digunakan dibidang kedokteran gigi

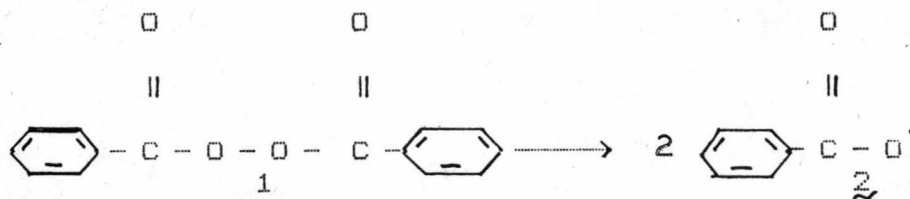
Berdasar pada mekanismenya maka polimerisasi berlangsung melalui tiga tahap :

- a. tahap inisiasi
- b. tahap propagasi
- c. tahap terminasi .

(Phillips,1973 ;William dan Cuningham ,1979 dan Combe,1986)

a. inisiasi

Pada polimerisasi adisi digunakan zat yang mudah terurai menjadi radikal .Zat yang paling sering digunakan adalah benzoyl peroksida, yang karena pengaruh panas dapat terurai, seperti pada reaksi dibawah ini :



(persamaan no: 6)

struktur 2 dapat ditulis sebagai R' .

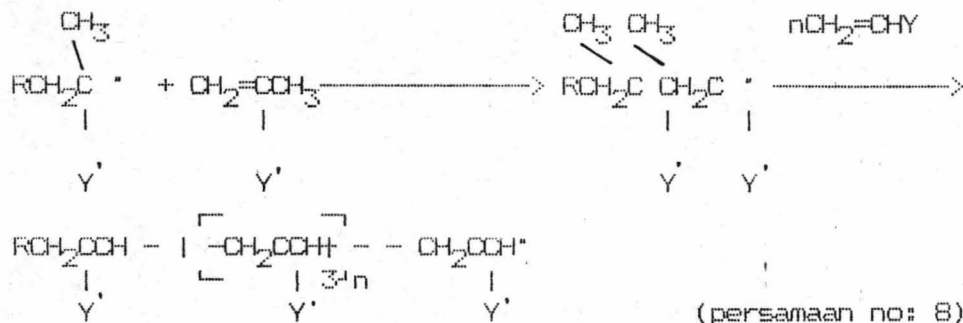
selanjutnya reaksi dibawah ini terjadi :



(persamaan no: 7)

b. Propagasi

Tahap ini adalah tahap terbentuknya polimer yang dapat digambarkan dengan persamaan reaksi dibawah ini :

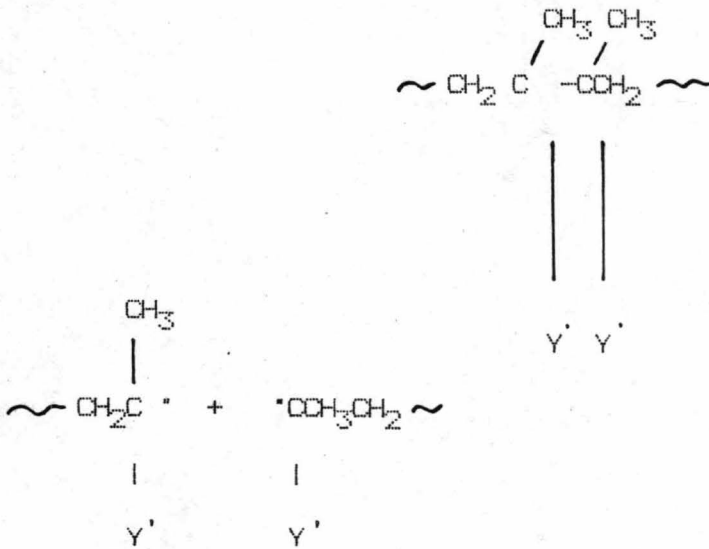


(persamaan no: 8)

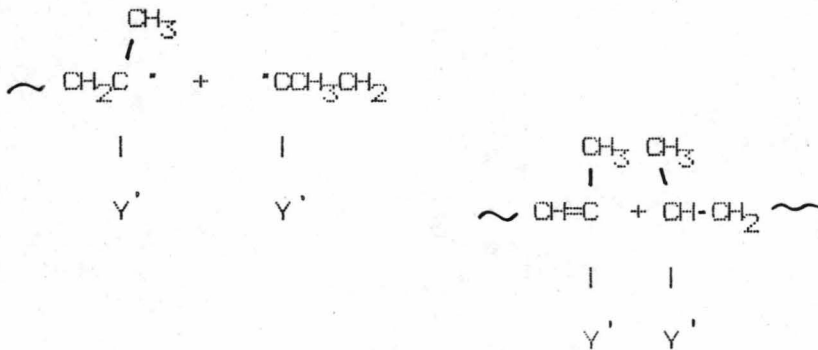
dimana gugus Y adalah OCOCH_3

c. Terminasi.

Pada tahap ini terbentuknya polimer radikal terhenti menurut persamaan reaksi no: 9 (disebut dengan radical coupling) dan no: 10 (disebut dengan disproporsionasi).Hal tersebut seperti reaksi dibawah ini :



(persamaan no:9)



(persamaan no: 10)

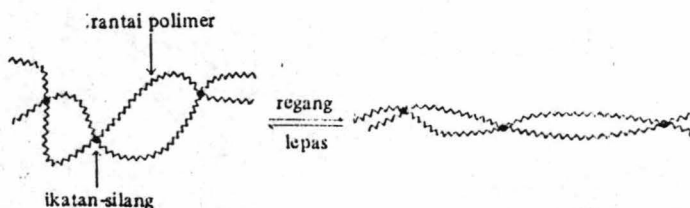
Berdasarkan mekanisme tersebut diatas polimerisasi adisi disebut chain growth polymerization sedangkan polimerisasi kondensasi disebut stepwise polymerization .

Kemungkinan terjadinya langkah-langkah terminasi tergantung konsentrasi inisiator yang digunakan .Makin besar konsentrasi inisiator yang digunakan ,makin besar kemungkinan terjadinya terminasi.Hal ini berarti bahwa polimer yang terjadi merupakan rantai yang lebih pendek .

2.1.3. Proses Crosslinking

Pada sub bab 2.1.1. dijelaskan mengenai perbedaan sifat termoplastis dan termiseting polimer. Yang dimaksudkan perbedaan sifat, terkait dengan dimensional stability. Polimer yang tidak mempunyai sifat dimensional stability mudah dirubah bentuknya. Sifat ini justru penting dan diperlukan sekali untuk membuat bentuk tertentu. Namun polimer semacam ini kurang kuat artinya mudah dideformasi. Oleh karena itu perlu difikirkan suatu proses yang memungkinkan perubahan dari termoplastis menjadi termoset, yang dapat diatur. Hal tersebut dimaksudkan sebagai proses crosslink. Cara mengaturnya menggunakan bahan crosslink. Besar kecil dari bahan crosslink yang digunakan menentukan cepat tidaknya terbentuknya termoset. (Williams & Cunningham, 1979; Combe, 1986).

Contoh proses crosslink adalah vulkanisasi karet. Karet sendiri adalah termoplastis, yang apabila digunakan sulfur (S) proses crosslinking terjadi dan akan menaikkan kekuatan karet. Apabila S yang digunakan cukup banyak maka crosslinking dapat menghasilkan polimer yang termoset (contoh ebonit). Apabila sedikit bahan yang digunakan, maka hasilnya seperti ban mobil yang tidak terlalu termoset dan tidak terlalu termoplastis (Stevens, 1975; Odian, 1981; Hart, 1982; Warsito Hardjosudirdjo, 1990).



Gambar 1 : rantai polimer crosslink

Bahan crosslink mempunyai sifat yang menambah atau menaikkan sifat mekanis, sehingga digunakan sebagai bahan campuran bahan gigi tiruan (Odian, 1981: Cabe, 1987).

2.2. BERAT MOLEKUL POLIMER

Berbeda dengan kebiasaan pada sintesa zat organik ,suatu zat polimer tidak dilakukan pemurnian hasil.Artinya polimer yang didapatkan adalah suatu polydispers .

Contoh: Proses polimer semacam ini didapatkan pada pembuatan basis gigi tiruan resin akrilat yang sering digunakan di bidang kedokteran gigi .

Identitas polydispers ditentukan dengan penentuan B.M. rata rata ,misalnya pada proses crosslinking (lihat sub bab 2.1.3.) . Hasil crosslinking yang sudah terjadi dapat diamati dari B.M hasil proses . Makin besar crosslinking yang terjadi , makin besar berat molekulnya .

Ada tiga macam konsep B.M. rata rata yang digunakan untuk,identifikasi polydispers .

Number average of molecular weight (M_n) yang dirumuskan sebagai berikut :

$$M_n = \frac{\sum N_i \cdot M_i}{\sum N_i}$$

N_i = banyaknya mol polimer dengan derajat polimer i .

M_i = B.M. dari polimer dengan derajat polimerisasi i .

Derajat polimerisasi yang dimaksud adalah derajat polimerisasi absolut.

Weight average of molecular weight (M . W) yang dirumuskan sebagai berikut :

$$M_w = \frac{\sum m_i \cdot M_i}{\sum m_i}$$

m_i = berat polimer dengan derajat polimerisasi i .

M_i = berat molekul polimer dengan derajat polimerisasi i .

Viscosity average of molecular weight (M.V) yang dirumuskan sebagai berikut :

$$M_v = \frac{\sum (m_i \cdot M_i)^{1/a}}{\sum m_i}$$

a = konstanta .

2.2.1. Metode Viscosimetry

Didalam tesis ini penentuan B.M. rata rata dilakukan dengan metode viskositas, menggunakan oswalt viskosimeter .Dari percobaan ini viskositas relatif dapat ditentukan .Yang dimaksud dengan viskositas relatif adalah sebagai berikut :

$$\eta_{rel} = \eta / \eta_0 = t / t_0$$

η dan η_0 adalah viskositas suatu zat dan pelarut

pada unit yang sama dan sebanding dengan waktu alir (t dan t_0) .

Dari viskositas relatif dapat dihitung viskositas spesifik yang dapat dijabarkan sesuai perumusan sebagai berikut :

$$\eta_{sp} = \frac{\eta - \eta_0}{\eta_0} = \frac{t - t_0}{t_0} = \eta_{rel} - 1$$

akhirnya dapat ditentukan viskositas intrinsik , yang dapat dijabarkan sebagai berikut :

$$\eta_{red} = \text{reduced viscosity} = \eta_{sp} / c$$

$$\eta_{inh} = \text{inherent viscosity} = \ln \eta_{red} / C$$

$$\eta_{intrinsik} = \eta = (\eta_{sp}/C)_{c=0} = (\eta_{inh})_{c=0}$$

Apabila harga viskositas intrinsik diketahui , maka M_v dapat ditentukan dengan menggunakan rumus Mark Houwink $\eta = K \cdot M^a$ dimana K dan a adalah konstanta dari polimer dan pelarutnya (Moore, 1962 ; Stevens, 1975 dan Saunders, 1976).

2.3. PERSYARATAN BASIS GIGI TIRUAN

Menurut Smith (1973) dan Combe (1986) , bahan untuk membuat basis gigi tiruan hendaknya memenuhi syarat sebagai berikut :

- 2.3.1. tidak beracun dan tidak mengiritasi jaringan mulut.
- 2.3.2. tidak dipengaruhi oleh cairan mulut.
- 2.3.3. Elastisitas modulus yang tinggi sehingga

IR PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS AIRLANGGA
meskipun dalam ukuran yang sangat tipis masih mempunyai kekuatan yang cukup.

- 2.3.4. Tidak mudah berubah bentuk apabila mendapat tekanan .
- 2.3.5. Mempunyai kekuatan transversa yang cukup besar.
- 2.3.6. Mempunyai titik leleh yang lebih tinggi dari suhu makanan atau cairan yang masuk kedalam mulut.
- 2.3.7. Harus memberikan estetika yang baik dan tidak berubah warna serta bersifat translusen.
- 2.3.8. Bersifat radioopak ,sehingga apabila terjadi keadaan tertelan dapat dilakukan pemeriksaan rontgenologi .
- 2.3.9. Apabila patah dapat dilakukan reparasi .
- 2.3.10. Mudah dibersihkan dan relatif murah .
- 2.3.11. Memenuhi persyaratan mekanis dan bersifat biokompatibel .

Sampai saat ini belum ada bahan yang memenuhi semua persyaratan seperti yang disebutkan di atas. Bahan resin akrilat dikembangkan untuk mendapatkan hasil seperti yang diinginkan.

Smith (1973) ; Anderson (1972) ; (P r i c e , 1986) mengatakan bahwa dengan menggunakan co polymer woven glass fabric, rubber graftcopolymer atau elastomer rubber graftcopolymer akan dihasilkan suatu resin yang mempunyai kekuatan impak yang lebih besar.

modifikasi bahan resin akrilat sehingga mendapat kekuatan yang meningkat dapat ditambahkan bahan crosslink , bahan kopolimer.

2.4. PERBEDAAN SIFAT RESIN AKRILAT JENIS HEAT CURED DAN COLD CURED .

Resin akrilik jenis heat cured mempunyai perbedaan dengan jenis cold cured antara lain seperti :

2.4.1. Metode mengaktifkan Benzoyl peroksida •

Pada jenis heat cured , proses polimerisasi berlangsung dengan panas. Apabila suhu naik di atas 60°C maka benzoyl peroksida akan mengalami dekomposisi menjadi radikal bebas. Radikal bebas yang terbentuk akan bereaksi dengan monomer.

Pada resin jenis cold cured:

Di dalam mengaktifkan benzoyl 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 et., al., 1979).

Perbedaan metode aktivasi benzoyl peroksida tersebut menghasilkan perbedaan lama proses polimerisasi. Menurut Gardjito (1981) waktu yang tepat untuk proses polimerisasi heat cured ialah 80°C selama 90 menit ditambah 30 menit selama mendidih (100°C). Sedangkan untuk jenis cold cured menurut Phillips (1973) lama proses polimerisasi diperlukan waktu yang lebih singkat, seperti pada salah satu merk, hanya diperlukan waktu

sekitar 20 menit.

2.4.2. Monomer sisa setelah polimerisasi berlangsung

Jenis heat cured : 0,2% - 0,5%
cold cured : 5% (Phillips *et. al.*, 1969;
 Anderson, 1972).

2.4.3. stabilitas warna resin akrilat

jenis heat cured : stabil
cold cured : kurang stabil sehingga akan
 cepat mengalami perubahan warna (Anderson, 1972).

2.4.4. perubahan kesaksamaan dimensi setelah polimerisasi berlangsung

Jenis heat cured : 2%
cold cured : kurang 0,1%
 (Anderson, 1972 ; Craig *et. al.*, 1979)

2.4.5. Kekuatan transversa

heat cured : cold cured = 100 : 80
 Hal ini terjadi karena adanya perbedaan berat molekul polimer pada akhir proses polimerisasi.
 (Phillips, *et. al.* 1969 ; Anderson, 1972)

2.4.6. Perbandingan serbuk dan cairan pada adonan.

heat cured * : 3,3 ml : 1 ml (isi/isi)
 2,5 gram : 1 gram (berat/berat)
 2,3 gram : 1 ml (berat/isi)

cold cured ** : 7 : 2 dengan tekanan
5 : 2 tanpa tekanan,
dengan waktu polimerisasi
selama 10 menit.

2.4.7. Komposisi serbuk dan cairan

heat cured : serbuk polimer terdiri dari

2.4.7.1. komposisi utama polymethylmetacrylat .

2.4.7.2. inisiator benzoyl peroksida (0,5%).

2.4.7.3. pigmen tercampur dalam polimer.

Cairan monomer terdiri dari :

2.4.7.4. methylmetacrylate

2.4.7.5. inhibitor (hydroquinon) sedikit

2.4.7.6. cross linking agent (ethylene glycol
dimetacrylate)

2.4.7.7. ko polimer.

cold cured :

komposisi serbuk maupun cairan sama dengan jenis heat cured , perbedaannya terletak pada susunan cairan yaitu : pada cold cured resin akrilat ditambah aktivator seperti tertiary aromatic amines (dimetyl p toluidin). (Farrell, 1971; O'Brain dan Rydge ,1978;Combe,1986 dan Cabe ,1987).

2.5. TRANSVERSE STRENGTH (kekuatan transversa)

Apabila suatu gigi tiruan patah dan dilakukan tindakan reparasi dengan proses heat cured ataupun cold cured diharapkan mempunyai ketahanan terhadap bahan pada waktu berfungsi. Pengujian terhadap kekuatan beban yang akan mengakibatkan lenturan dan patahnya resin akrilat tersebut ialah dengan uji terhadap transverse strength . Yang dimaksud dengan transverse strength (TS) ialah suatu uji ketahanan pada batang uji yang didukung pada masing-masing ujungnya dibawah suatu kekuatan beban tertentu, dengan formula matematik sebagai berikut :

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

S = transverse strength

L = panjang/jarak pendukung (cm)

P = beban (kg)

b = lebar (cm)

d = tebal (cm)

Ukuran batang uji yang digunakan berukuran panjang x lebar x tebal = 65 mm x 10 ± 0,03 mm x 2,5 ± 0,03 mm.

(Skinner, 1958; Kelly, 1967; Peyton dan Craig, 1971; A.D.A. no:12, 1974; Ruyter et. al., 1980). Beyli dan Fraunhofer, 1981 ; Chitchumnong, et. al., 1989).

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Leong dan Grant (1971) didapatkan hasil bahwa resin akrilat jenis heat cured

yang direparasi dengan jenis cold cured akan menghasilkan jenis nilai transverse strength yang lebih rendah dari semula. Dari penelitian sebelumnya oleh Stanford, Burns dan Paffenbarger (1955, cit Leong dan Grant, 1971) didapatkan hasil 80% dari kekuatan semula apabila digunakan jenis heat cured dan 60% apabila digunakan jenis cold cured. Sedangkan oleh Mc Crorie dan Anderson (1960 cit Leong dan Grant, 1971) hanya didapat sebesar 57%. Dari penelitian Ware dan Docking (1950, Cit Beyli dan Von Fraunhofer, 1980) hasil reparasi resin akrilik dengan proses jenis heat cured menghasilkan nilai transverse strength sampai 75% dari bahan semula.

Sedangkan menurut Haryo.M.Dipoyono (1984), transverse strength heat cured pada hasil reparasi sebesar 77,93% dan 69.92% apabila digunakan jenis cold cured.

Kekuatan cold cured resin akrilik hanya 80% dibandingkan jenis heat cured. Hal ini dikarenakan kekuatan dari resin akrilik di atur oleh berat molekul yang terbentuk oleh derajat polimerisasi, yaitu berat molekul jenis heat cured lebih besar dari pada jenis cold cured pada akhir proses polimerisasi (Phillips, et. al., 1969). Kenaikan berat molekul inilah yang menyebabkan kenaikan kekuatannya. Perbedaan kekuatan pada jenis cold cured kemungkinan disebabkan oleh adanya kandungan monomer sisa (Muramatsu, 1977 ; Economon et.al ,1980).

‡ AD Initernational Limited Detrey Materials Divisions
London England.

‡‡ Dentimex - Zeist Holand.

2.6. SISTEM KEKEBALAN TUBUH

Menurut Kresno (1984) dan Roitt (1985) di dalam tubuh terdapat suatu sistem yang disebut sistem Limforetikuler. Sistem ini merupakan jaringan atau kumpulan sel yang letaknya tersebar di seluruh tubuh, misalnya didalam sumsum tulang, kelenjar limfe, limpa, thimus dan organ lain. Jaringan ini terdiri atas bermacam-macam sel yang masing-masing dapat menunjukkan tanggap terhadap suatu rangsangan, baik secara langsung maupun dengan cara melepaskan zat-zat tertentu. Rangsangan terhadap sel-sel tersebut terjadi apabila ke dalam tubuh masuk suatu zat yang oleh jaringan tadi dianggap asing, yang disebut antigen.

Bila sistem imun mendapat rangsangan antigen, maka ada dua jenis tanggap imunologik yang dapat terjadi, yaitu tanggap imunologik non spesifik dan tanggap imunologik spesifik.

2.6.1. Tanggap Imunologik non spesifik

Salah satu upaya tubuh untuk mempertahankan diri terhadap masuknya antigen adalah dengan meniadakan antigen tersebut secara non spesifik dengan cara fagositosis. Di dalam hal ini makrofag memegang peran penting, disamping neutrofil, eosinofil dan monosit. Supaya dapat terjadi fagositosis, maka sel-sel fagosit tersebut harus berada dalam jarak dekat dengan partikel atau antigen sasaran, dan hal ini dimungkinkan berkat dilepaskannya substansi yang disebut faktor leukotaktik atau kemotaktik. Diperlukan pula opsonin, yaitu imunoglobulin bersama sistem komplemen yang melapisi permukaan sel atau antigen sasaran

sehingga memudahkan sel itu difagositosis.

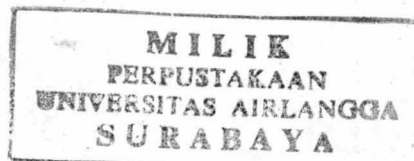
Fagositosis adalah proses dimana benda asing, misal bakteri dimakan lekosit. Fungsi ini akan berlangsung apabila ada rangsang masuknya bakteri patogen atau masuknya benda asing. (Ogmundsdottir, 1980; Meltzer et.al,1982, Roitt,et.al ,1985 ; Roitt, 1985)

Sel-sel fagosit (makrofag) mempunyai beberapa fungsi utama yang saling terkait yaitu :melaksanakan proses fagositosis, melaksanakan reaksi sitotoksik ,mengolah dan menyajikan antigen kepada sel limfosit T dan B ,dan menghasilkan limfokin terutama Interleukin 1. (Adams et al, 1982; Kresno ,1984;Bendtzen, 1985; Roitt et.al ,1985).

Sistem fagositosis terdiri dari 2 sistem yang saling melengkapi dan berkembang dari alur Mieloid. Kedua buah sistem tersebut adalah : sistem fagosit sel polimorfonuklir dan sistem fagosit sel berinti tunggal atau monosit. (Roitt, 1985)

Sel utama pada sistem fagosit sel polimorfonuklir adalah netrofil, yang dibentuk di dalam sumsum tulang kemudian migrasi ke dalam peredaran darah.

Sel utama kedua, pada sistem fagosit sel polimorfonuklir adalah eosinofil, yang berkembang di dalam sumsum tulang, sebelum migrasi ke dalam aliran darah dan ke jaringan tubuh. Eosinofil berfungsi utama yaitu : menghancurkan larva cacing ,sedang menetralisasi faktor radang,adalah fungsi utama sel mas dan basofil.



Sistem fagosit sel berinti tunggal terdiri dari populasi sel yang disebut makrofag. Sel ini juga berperan didalam sintesis protein pada sistem komplemen dengan mengeluarkan faktor yang mempengaruhi proses peradangan dan mengatur tanggap kekebalan dengan mengeluarkan glikoprotein seperti Interferon, Inteleukin 1.

Makrofag tersebar diseluruh bagian tubuh. Makrofag muda yang terdapat pada aliran darah disebut monosit. Makrofag dewasa yang ditemukan dalam jaringan ikat disebut histiosit, di perbatasan sinusoid hati di sebut sel Kupffer. Makrofag di otak disebut mikroglia dan di paru-paru disebut makrofag alveolar. (Adams et. al, 1982 ; Meltzer at.al ,1982 ; Roitt et.al ,1985; Roitt ,1985).

Tanggap kekebalan humoral mempunyai peranan penting di dalam sistem fagositosis melalui pengaktifan komplemen pada proses kemotaksis. Fagositosis bakteri oleh makrofag merupakan suatu mekanisme pertahanan induk semang yang sentral dimana antibodi dan komplemen nampak memainkan peranan penting. (Bendtzen,1985 ;Schneider dan Dy ,1985).

2.6.1.1.Pengujian Fungsi Fagosit.

Kepentingan pengujian fungsi fagosit , karena sistem fagositosis merupakan mekanisme awal pertahanan tubuh setelah masuknya antigen.

Metoda pengujian fungsi fagosit dapat dilakukan secara in-vivo, diantaranya ialah metode Carbon Clearance Test , yang berdasarkan pada kecepatan eliminasi partikel karbon dari

darah oleh sel-sel fagosit.

Pada uji pembersihan karbon in-vivo stimulasi aktivitas pembersihan sistem reticulo endotelial, dari suspensi kolloid partikel karbon (tinta pelikan) dari darah tikus yang diinjeksi intra venous, merupakan ukuran efisiensi fungsional dari sistem reticulo endotelial / fagosit mononuklear. (Floch, et. al., 1984; Halpern, et. al., 1951). Pada uji pemberian partikel karbon eliminasi dilakukan oleh makrofag seperti pada organ paru-paru, hati dan limpa. Hal ini merupakan dasar dari Carbon Clearance tersebut (Mine, et. al., 1983), dan sesuai pada penelitian Biozzi, Halpern, Stiffel dan Benacerraf. Para penulis ini memperoleh siapan karbon koloida yang bersifat stabil dalam aliran darah dan tidak menimbulkan Trombosis dalam paru-paru. Partikel-partikel karbon memiliki ukuran yang merata dan berdiameter 2.500 nm. Bilamana sediaan diinjeksikan melalui pembuluh darah maka karbon akan dicerna oleh fagosit intraseluler dalam hati dan limpa. Sel-sel Kupffer yang terdapat di hati mengambil sekitar 90% dan makrofag limpa 10%. Dengan dosis yang telah dibakukan, angka pembersihan dari aliran darah proporsional dengan aktifitas fagositik retikuloendotelial.

Angka fagositosis tergantung dari konsentrasi awal, sebanding dengan konsentrasi dalam darah, dan berbanding terbalik terhadap jumlah karbon yang telah difagositosis. (Weir, 1978).

Indeks fagositosis (K) dinyatakan dalam rumus sebagai berikut :

$$K = \frac{\log C (1) - \log C (ke n)}{T (n) - T (1)}$$

Keterangan :

- K = konstanta eliminasi karbon dari darah oleh fagosit dalam fungsi waktu.
- C (n) dan C (1) = konsentrasi karbon dalam darah yang dinyatakan dalam mg/ml pada interval waktu (1) menit sampai ke menit (n)
- T (n) dan T (1) = saat pengambilan darah yang dinyatakan dalam menit. (Weir, 1978 ; Bendryman Soedjoko, 1988)

2.6.2. Tanggap Imunologik Spesifik

Tanggap imunologik spesifik dimulai dengan aktivitas makrofag yang telah memproses antigen demikian rupa hingga dapat menimbulkan interaksi dengan sel-sel sistem imun. Dengan rangsangan antigen ini sel-sel sistem imun berproliferasi dan berdiferensiasi hingga menjadi sel yang memiliki kompetensi imunologik dan mampu meniadakan antigen.

Walaupun antigen pada kontak pertama (tanggap primer) ini dapat ditiadakan dan sel-sel sistem imun kemudian mengadakan involusi , namun tanggap primer tersebut sempat mengakibatkan terbentuknya kelompok sel yang disebut memory cell yang dapat

mengenali antigen itu. Apabila macam antigen yang sama dikemudian hari masuk ke dalam tubuh, maka kelompok sel tersebut mengadakan tanggap terhadap antigen itu secara spesifik (tanggap sekunder).

Ada tiga macam tahapan dalam timbulnya imunitas spesifik, yaitu :

2.6.2.1. Aktifitas reaksi imunologik bersifat seluler, berupa proliferasi dan diferensiasi populasi sel yang dikenal sebagai limfosit T. Limfosit T. ini berubah menjadi sel-sel yang dapat menghancurkan antigen secara langsung atau dengan cara mengeluarkan limfokin. Sel ini disebut sel T-efektor (T-sitotoksik). Di samping itu populasi limfosit ini dapat juga berubah menjadi sel-sel yang mengatur produksi antibodi oleh sel B atau sel plasma dan juga mengatur aktivitas sel efektor. Sel-sel ini disebut limfosit T-penolong (helper) dan limfosit T-penekan (supressor).

2.6.2.2. Aktifitas reaksi bersifat humoral, berupa perubahan populasi limfosit B menjadi sel plasma yang dapat melepaskan antibodi ke dalam darah. Antibodi ini berikatan dengan antigen yang masuk dan membentuk kompleks yang mengaktivasi komplemen. Akibatnya adalah netralisasi kompleks tersebut.

2.6.2.3. Interaksi antara tanggap imunologik seluler dengan tanggap imunologik humoral, diantaranya dikenal dengan tanggap seluler tergantung antibodi .

Berdasarkan adanya mekanisme reaksi imunologik yang berbeda, maka uji terhadap fungsi tanggap imunologis digolongkan dalam jenis-jenis uji (test) tanggap imunologis seluler dan uji

(test) tanggap imunologis humoral.

Uji tanggap imunologik seluler dilakukan apabila ada indikasi devisiensi atau disfungsi sel T yang merupakan latar belakang berbagai kelainan imunopatologik, diantaranya pada keadaan autoimun, penyakit kompleks imun, dan lain-lain.

Ada 2 kelompok uji (test) tanggap imunologik seluler ini, yaitu pengukuran jumlah populasi serta sub populasi limfosit dan pengukuran kemampuan fungsional limfosit.

Pengukuran kemampuan fungsional limfosit in-vitro seperti :

a) tanggap terhadap mitogen, antigen dan sel alogenik, serta b) kemampuan pembentukan imunoglobulin atau limfokin dan c) kemampuan untuk menyebabkan sitotoksisitas seluler.

Yang perlu diperhatikan adalah penentuan fungsi tanggap imunologik seluler secara in-vitro tidak selalu mencerminkan fungsi in-vivonya karena di dalam tubuh banyak faktor lain yang berpengaruh terhadap fungsi limfosit, sehingga ada keterbatasan dalam menafsirkan hasil penentuan kemampuan fungsional tersebut. Tidak ada satupun uji (test) in-vitro yang dapat menyatakan kemampuan fungsional limfosit in-vivo secara tepat, namun hasil pengujian itu dianggap mempunyai korelasi dengan ekspresi biologik limfosit di dalam tubuh.

Pada tanggap imunologik humoral, terjadi perubahan populasi limfosit B menjadi sel plasma, yang dapat melepaskan antibodi ke dalam darah. Secara kolektif molekul antibodi merupakan protein yang disebut imunoglobulin (Ig). Berdasarkan struktur molekulnya imunoglobulin dibagi menjadi 5 kelas yaitu : Ig G, Ig M, Ig D, Ig

A dan Ig E. (Kresno, 1984 ; dan Roitt, 1985; Stites et. al., 1982)

2.7. Pengujian Biokompatibilitas .

(Carpenter, 1975; Weir, 1978; Suzuki et. al., 1986)

Suatu contoh sederhana dari transfer jaringan adalah transfusi darah dan yang lazim misal transplantasi kulit. Apabila suatu transplantasi dilakukan, tanggap masing-masing individu akan bervariasi menurut pengalaman sebelumnya seperti :

2.7.1. Jika penerima memiliki antibodi bersirkulasi terhadap komponen-komponen antigenik dari jaringan yang dicangkokkan (graft), penolakan akut atau hiperakut mungkin akan terjadi. Hal ini merupakan kasus apabila golongan darah ABO donor dan penerima tidak cocok.

2.7.2. Jika kulit atau jaringan lain ditransfer dari seorang individu ke individu lain dari galur yang sama jaringan tersebut kelihatannya dapat diterima beberapa jam atau hari; revaskularisasi terjadi, dan jaringan mempertahankan warna sehat. Jaringan atau organ dapat menerima fungsi normalnya, seperti misalnya ekskresi urine atau produksi hormon. Kendati demikian, jika donor dan penerima secara genetik tidak identik, lima atau enam hari setelah transplantasi jaringan akan bertambah gelap dan keunguan, nekrosis terjadi, dan menjelang 11 hingga 17 hari seluruh jaringan graft terkelupas dan ditolak. Sehubungan dengan organ-organ padat, tanda-tanda awal dari penolakan meliputi hilangnya fungsi. Jaringan menjadi makin banyak kandungan sel-sel mononuklear dari berbagai jenis dalam

proses rejeksi seperti limfosit, monosit, makrofag jaringan dan sel plasma. Tanggap ini dikenal sebagai sekelompok reaksi tahap pertama.

2.7.3. Host yang menjalani reaksi tahap pertama bersifat hipersensitif terhadap graft lain dari donor yang sama atau yang secara genetik identik. Jika graft lain dibuat dari donor, reaksi tahap ke dua timbul. Ini serupa dengan reaksi tahap pertama kecuali penolakannya terjadi lebih cepat.

Karena keberhasilan transplantasi jaringan tergantung pada kemiripan antigen antara sel-sel donor dan sel-sel resipien, maka salah satu cara untuk memperpanjang penerimaan suatu graft adalah pengujian pendahuluan dan pemilihan donor yang paling banyak tersedia. Jika seseorang memiliki akses ke serangkaian antisera uji yang cocok, maka dimungkinkan untuk memastikan antigen-antigen histokompatibilitas atau biokompatibilitas dari resipien dan selanjutnya mencari seorang donor dengan antigen yang paling mendekati.

Pengujian biakan campuran limfosit (Mixed Lymphocytoid Culture / MLC) dilakukan terutama untuk mengetahui apakah ada kecocokan antara donor dengan resipien untuk tujuan transplantasi.

Reaksi limfosit campuran tergantung dari fakta , bahwa limfosit limfosit yang secara genetik tidak mirip dikultur bersama akan mengalami transformasi blast dan mitosis dan masing masing populasi limfosit bereaksi dengan antigen histokompatibilitas asing . Uji tersebut akan menjadi sangat sensitif apabila sediaan thymidine yang berlabel ,blast sel

yang secara aktif melakukan replikasi digunakan sebagai indikator transformasi blast. Limfosit disiapkan dari donor dan resipien dalam satu tempat seperti umumnya biakan campur dilakukan, dan ditambahkan thymidine yang berlabel setelah diinkubasi (biasanya 4-5 hari). Penyerapan thymidine yang berlabel sebagai bukti dari pembentukan DNA, yang sesuai dengan pembelahan sel. Pembelahan sel dan penyerapan thymidine tidak terjadi pada satu atau dua hari pertama. Jumlah thymidine yang berlabel dan yang diikat oleh biakan ditentukan dengan pencacah skintilisasi β kounter. Hal ini akan memberikan suatu indeks perbedaan histokompatibilitas atau biokompatibilitas antar dua individu. Reaksi ini terutama untuk mendeteksi ketidaksesuaian antigen transplantasi utama dan reaksi ini juga tidak mengidentifikasi antigen, melainkan menunjukkan derajat ketidaksesuaiannya. Uji seperti ini memiliki dua arah yaitu limfosit donor bereaksi dengan limfosit resipien dan sebaliknya.

2.8. K u l t u r j a r i n g a n

Sampai saat ini bahan-bahan kedokteran gigi distandarisasi melalui uji mekanis dan kimiawi, tetapi jarang dilakukan uji biologi atau imunologi.

Salah satu uji ialah dengan teknik kultur jaringan. Pengujian dimaksudkan untuk mengetahui cytotoxic efek dari bahan. Di dalam kedokteran gigi khususnya dental material, resin akrilat cold cured sering digunakan. Cytotoxic monomer dari resin akrilat jenis cold cured akan berkurang selama proses polimerisasi dan akan berubah non cytotoxic setelah

polimerisasi selesai. Bahan yang digunakan di kedokteran gigi seharusnya biokompatibel. Pengamatan biokompatibilitas dapat dilakukan dengan sarana kultur jaringan. Teknik in vitro sangat berbeda dengan teknik in vivo, karenanya perlu untuk meneliti respon biologi terhadap berbagai bahan kedokteran gigi sebelum digunakan di dalam klinis. Metode in vitro dengan menggunakan kultur jaringan mempermudah kontrol test dan membantu kepastian ketetapan statistik yang lebih baik dari sistem in vivo, sehingga dengan pengembangan teknik kultur jaringan, penelitian invitro memungkinkan menjadi metode penting untuk standarisasi bahan kedokteran gigi secara biologik. (Kawahara, *et. al.*, 1968).

Bahan kedokteran gigi dibedakan dalam tiga tipe ialah :

2.8.1. tipe mouldable atau bisa dicetak dengan pencampuran, cor, atau polimerisasi.

2.8.2. tipe unmouldable untuk test bentuk dan ukuran spesimen, tipe ini termasuk gigi tiruan, bahan implant dan bahan isi saluran akar.

2.8.3. tipe cairan/pasta : tipe ini tidak dapat untuk test bentuk dan ukuran spesimen, misal bahan cetak.

Percobaan in vitro memperlihatkan hasil yang berbeda, tergantung dari ukuran spesimen. (Nakamura, *et. al.*, 1983 ; Nakamura dan Kawahara, 1984)

Waktu yang diperlukan untuk uji dengan sarana kultur jaringan jangka panjang ialah 20 minggu. Waktu ini sudah mencukupi untuk menentukan seluruh kecenderungan. Test biokompatibilitas jangka panjang ini untuk mendapatkan kepastian fungsi yang tepat , karena bahan-bahan kedokteran gigi akan di

insersikan di dalam mulut dalam jangka waktu yang lama.

Sedangkankan untuk penelitian jangka pendek pengamatan dapat dilakukan mulai saat penanaman (0 hari) sampai hari ke 7 dengan pengamatan tertinggi 48 jam. (Kawahara, et. al., 1968).

Menurut Nakamura et. al.(1983), Untuk penelitian jangka pendek diperlukan waktu selama 6 minggu.

Keadaan rongga mulut berhubungan dengan tanggap imun seperti : cairan mulut, suhu, perubahan pH, fauna mulut, obat-obatan, rokok, kontak dengan alat rehabilitasi atau bahan restorasi tak sejenis, masuknya makanan, oral hygiene, yang kesemuanya sangat kompleks pada pengamatan in vivo. Sehingga atas pertimbangan masalah yang kompleks, biaya yang tinggi serta masalah etis para peneliti tetap berpegang pada uji in vitro yang hasilnya cukup memberi kejelasan (Nakamura, et. al., 1983).

Reaksi mulut terhadap gigi tiruan resin akrilat sering meliputi gejala seperti rasa mulut terbakar, kemerah-merahan, dan erosi dari mukosa mulut. Hal ini disebabkan beberapa faktor penyebab meliputi : trauma dari gigi tiruan yang tidak tepat, lokal iritasi kimia, hiper sensitivitas akrilat, radang lokal atau umum akibat reaksi dengan akrilat. Reaksi alergi yang disebabkan oleh monomer akrilat sangat jarang didapat, dan sebenarnya merupakan alergi kontak atau sering disebut Stomatitis Venenata . Gejala ini terlihat pada minggu I. Jikalau polimerisasi sempurna reaksi alergi kontak dapat dihindarkan . (Giunta et. al., 1979 ; Austin & Basker, 1980; Ali et. al., 1986)
Reaksi hipersensitivitas terhadap bahan dapat terjadi karena monomer methylmetacrylate adalah bahan yang reaktif dan dapat

menyebabkan alergi kontak dengan bentuk reaksi udem dari kulit dan mukosa. Di sini sering dijumpai kesukaran untuk membedakan antara iritasi dan reaksi alergi (Stungis dan Fink, 1969).

Menurut Giunta, et. al., (1979) alergi kontak karena akrilat cold cured merupakan kasus yang sangat langka. Yang mungkin disebabkan oleh sisa monomer yang akan menimbulkan stomatitis dengan gejala seperti reaksi kemerah-merahan di bawah basis gigi tiruan.

Pada kasus klinis sering dijumpai traumatic ulcer , epulis fissuratum, papillary hyperplasia, sebagai akibat terlalu lama memakai gigi tiruan, occlusal disharmonie , over extended ataupun infeksi candida albicans (Miller, 1973).

Infeksi tersebut dimungkinkan terjadi apabila oral hygiene kurang, sehingga akumulasi plak dapat merupakan media pertumbuhan bakteri. (Nater, et. al., 1978).