

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Resin Akrilik

Resin akrilik digunakan sebagai basis gigi tiruan di bidang kedokteran gigi. Kurang lebih 95% gigi tiruan lepasan yang digunakan oleh pengguna gigi tiruan baik di Indonesia maupun di luar negeri terbuat dari resin akrilik. Resin akrilik sering digunakan karena biokompatibel dengan jaringan dalam rongga mulut dan memiliki sifat yang bagus secara fisik maupun mekanis. Sifat material tersebut antara lain daya serap air yang rendah, kekuatan mekanik tinggi, harga murah serta stabilitas warna yang baik apabila terkena cairan berwarna yang masuk ke dalam mulut dan tahan terhadap cairan asam. Tetapi resin akrilik ini memiliki kekurangan yaitu rentan untuk fraktur, porositas dan memiliki elastisitas yang tinggi. Sifat buruk fraktur dan elastisitas berkaitan dengan sifat mekanis bahan yang meliputi kekuatan tekan, kekuatan tarik, dan *modulus young*. Sedangkan porositas berkaitan dengan sifat fisik bahan yang terbentuk pada proses pencampuran bahan (Anusavice, 2004).

Resin akrilik ini tersedia dalam bentuk bubuk dan cairan. Bubuk atau polimer resin akrilik mempunyai karakteristik transparan, sewarna dengan gigi, atau berwarna merah muda yang menyerupai warna gusi (gingiva). Resin akrilik yang digunakan sebagai basis gigi tiruan menurut American Dental Assosiation No.12 (ISO 1567) yaitu resin akrilik *heat cured* dan resin akrilik *cold cured* (Power et al, 2006). Namun yang sering digunakan adalah resin akrilik *heat cured* karena memiliki kekuatan yang lebih baik dan porositasnya lebih kecil dibandingkan resin akrilik *cold cured*. Resin akrilik *cold cured* biasanya digunakan untuk

memperbaiki atau mereparasi akrilik gigi tiruan yang patah karena waktu manipulasinya yang relatif singkat (Anusavice, 2004).

### 2.1.1 Komposisi

Komposisi resin akrilik secara umum terdiri dari *polimer* dan *monomer*. Polimer terdiri dari *polymethyl methacrylate* yang juga mengandung *initiator*, *pigments*, *dyes*, *opacifier*, *dyead organic fibers*, *inorganics particles*. Polimer tersebut menghasilkan kekuatan mekanis yang berfungsi untuk menahan fraktur. *Monomer* resin akrilik yang berupa *methylmethacrylate* dan ada yang juga telah dicampur dengan bahan kimia lainnya seperti *tertiary aromatic amine* atau monomer yang telah dimodifikasi untuk polimerisasinya menggunakan panas dan cahaya. (Craig, 2012).

### 2.1.2 Karakteristik

#### 2.1.2.1 Pengerutan Polimerisasi

Pengerutan polimerisasi ini ada 2 yaitu pengerutan volumetrik dan pengerutan linier. Pada saat *monomer metilmetakrilat* terpolimerisasi untuk membentuk *polimetil metakrilat*, kepadatan massa bahan berubah dari 0,94 menjadi 1,19 g/cm<sup>3</sup>. Perubahan kepadatan ini menghasilkan pengerutan volumetrik sebesar 21%. Bila resin konvensional yang diaktifkan panas diaduk dengan rasio bubuk berbanding cairan=1:3 maka akibatnya akan terjadi pengerutan volumetrik sebesar 7%.

Pengerutan linier akan memberikan dampak pada adaptasi basis protesa serta interdigitasi tonjol. Semakin besar pengerutan linier, maka semakin besar pula ketidaksesuaian yang teramati pada tahap pasang coba suatu protesa. Apabila terjadi pengerutan volumetrik sebesar 7%, basis protesa resin akrilik

akan mengalami pengerutan linier kurang lebih 2%. Namun pada umumnya pengerutan linier kurang dari 1%.

### 2.1.2.2 Porositas

Gelembung yang berada diatas permukaan dan dibawah permukaan dapat mempengaruhi sifat fisik, estetika dan kebersihan basis protesa. Porositas cenderung terjadi pada bagian basis protesa yang paling tebal. Porositas tersebut akibat dari penguapan monomer yang tidak bereaksi serta polimer berberat molekul rendah, saat temperatur resin mencapai atau melebihi titik didih bahan tersebut. Porositas juga berasal dari pengadukan yang tidak tepat antara komponen polimer dan monomer. Selain itu porositas juga dapat terjadi karena belum tercapainya fase *dough* saat dimasukkan ke dalam cetakan gips. Bila ini terjadi, beberapa massa resin akan mengandung monomer yang lebih banyak dibandingkan yang lain. Penyebab porositas lainnya yaitu adanya tekukan atau tidak cukupnya bahan dalam rongga kuvet selama polimerisasi.

Porositas dibedakan menjadi 2 yaitu :

- a. *Shrinkage porosity* : terlihat seperti gelembung yang tak beraturan dan hampir terdapat diseluruh massa resin akrilik baik di permukaan ataupun di dalamnya.
- b. *Gaseous porosity* : tampak gelembung kecil halus yang biasanya terdapat dibagian yang tebal dan bagian yang terletak jauh dari sumber panas luar.

Timbulnya porositas dapat diminimalkan dengan menjamin homogenitas resin yang sebesar mungkin. Penggunaan rasio polimer berbanding monomer yang tepat serta prosedur pengadukan yang terkontrol dengan baik membentuk keadaan ini (Anusavice 2004).

### 2.1.2.3 Penyerapan Air

*Polimetil metakrilat* menyerap air relatif sedikit ketika ditempatkan pada lingkungan basah. Namun air yang diserap ini akan menimbulkan efek yang nyata pada sifat mekanik dan dimensi polimer. Umumnya mekanisme penyerapan air yang terjadi adalah difusi yaitu berpindahnya suatu substansi melalui rongga, atau melalui substansi kedua (Anusavice 2004). Penyerapan air terjadi akibat porositas yang dalam dan kekasaran permukaan (Ghani et al. , 2012).

*Polimetil metakrilat* memiliki nilai penyerapan air sebesar  $0,69 \text{ mg/cm}^2$ . Diperkirakan bahwa setiap 1% peningkatan berat disebabkan penyerapan air, sehingga resin akrilik akan mengalami ekspansi linier sebesar 0,23%. Percobaan laboratorium menunjukkan bahwa ekspansi linier akibat penyerapan air adalah hampir sama dengan pengerutan termal yang diakibatkan oleh proses polimerisasi (Anusavice 2004).

### 2.1.2.4 Crazing

*Crazing* adalah garis retakan kecil atau halus yang timbul pada permukaan protesa. *Crazing* pada resin yang transparan menimbulkan penampilan berkabut atau tidak terang. *Crazing* dapat menurunkan kekuatan gigi tiruan menurun (*weakening effect*). Pada resin berwarna, *crazing* menimbulkan gambaran putih, hal ini disebabkan oleh faktor dibawah ini (Anusavice, 2004):

- a. *Mechanical stress* (tekanan mekanik) akibat pembasahan dan pengeringan gigi tiruan yang berulang-ulang, sehingga menyebabkan kontraksi dan ekspansi.
- b. Tekanan yang terjadi akibat koefisien ekspansi temperatur yang berbeda antara gigi artifisial dan basis gigi tiruan akrilik.

c. Peranan pelarut, ketika gigi tiruan direparasi, monomer (*etil alcohol*) berkontak dengan resin dan dapat menyebabkan *crazing*.

#### 2.1.2.5 Ketepatan Dimensi

Faktor-faktor yang berpengaruh terhadap ketepatan dimensi antara lain, ekspansi *mould* saat *packing*; ekspansi temperatur pada fase *dough*; *shrinkage* pada polimerisasi; panas yang berlebihan pada waktu *polishing*; stabilitas dimensi; dan fraktur (kepatahan) yang keras atau *fatigue* (Anusavice, 2004).

#### 2.1.2.6 Konduktivitas Termal

Konduktivitas termal dari polimetil metakrilat (PPMA) rata – rata  $6 \times 10^{-4}$  cal/g/cm<sup>2</sup>. Nilai ini merupakan nilai yang sangat rendah dan dapat menimbulkan masalah ketika gigi tiruan digunakan oleh pasien. Hal tersebut dikarenakan basis gigi tiruan berperan sebagai isolator didalam mulut (Craig, 2006). Apabila pasien mengkonsumsi minuman yang terlalu panas tanpa menyadarinya, dapat menimbulkan rasa panas di kerongkongan ataupun pada esofagus (Noort, 2013).

#### 2.1.2.7 Sifat Lainnya

Tidak beracun, tidak larut dalam cairan mulut, estetik baik, radiolusen, mudah diproses, mudah direparasi dan dapat terjadi perubahan dimensi (Combe,1992).

### 2.1.3 Macam Resin Akrilik

#### 2.1.3.1 Resin Akrilik *Heat cured*

Merupakan resin akrilik yang polimerisasinya dengan bantuan pemanasan. Energi termal yang diperlukan dalam polimerisasi dapat diperoleh dengan menggunakan perendaman air. Penggunaan energi termal menyebabkan dekomposisi peroksida dan terbentuknya radikal bebas. Radikal bebas yang terbentuk akan mengawali proses polimerisasi (Etcket et.al, 2004).

### 2.1.3.2 Resin Akrilik Polimerisasi Microwave

Gelombang mikro adalah gelombang elektromagnetik dalam rentang frekuensi megahertz untuk mengaktifkan proses polimerisasi basis resin akrilik. Prosedur ini sangat disederhanakan pada tahun 1983, dengan pengenalan serat kaca khusus, cocok untuk digunakan dalam oven *microwave*. Resin akrilik dicampur dalam bubuk yang tepat, dalam waktu yang sangat singkat sekitar 3 menit. Kontrol yang cermat dari waktu dan jumlah *watt* dari oven adalah penting untuk menghasilkan resin bebas pori dan memastikan polimerisasi lengkap (Eckert et.al, 2004).

### 2.1.3.3 Resin Akrilik Polimerisasi Cahaya

Resin akrilik diaktifkan cahaya, yang juga disebut resin *visible light curing* (VLC), adalah kopolimer dari dimetakrilat uretan dan resin akrilik kopolimer bersama dengan silika *microfine*. Proses polimerisasi diaktifkan dengan menempatkan resin akrilik yang telah dicampur dalam  *moldable* di model master pada sebuah meja berputar, dalam ruang cahaya dengan intensitas cahaya yang tinggi dari 400-500 nm, untuk periode sekitar 10 menit (Eckert et.al, 2004).

### 2.1.3.4 Resin Akrilik *Self Cured/Cold Cured*

Merupakan resin akrilik yang teraktivasi secara kimia. Resin yang teraktivasi secara kimia tidak memerlukan penggunaan energy termal dan dapat dilakukan pada suhu kamar. Aktivasi kimia dapat dicapai melalui penambahan amintersier terhadap monomer. Bila komponen powder dan liquid diaduk, amintersier akan menyebabkan terpisahnya benzoil peroksida sehingga dihasilkan radikal bebas dan polimerisasi dimulai (Eckert et.al, 2004).

### 2.1.3.5 Resin Akrilik Thermoplastis

Resin akrilik yang terdiri dari butiran butiran termoplastik yang terdapat dalam *catridge* logam dan polimerisasinya tanpa menggunakan reaksi kimia. Resin akrilik ini polimerisasinya menggunakan pemanasan *catridge* dalam perangkat khusus yang diberi temperatur hingga 250°C. Resin akrilik ini memiliki sifat hidroskopis (kemampuan zat untuk menyerap molekul air dari sekitarnya) sehingga tingkat penyerapan airnya sangat tinggi namun resin akrilik ini memiliki estetika dan kompatibilitas yang baik (Valittu, 2012).

### 2.1.4 Keuntungan dan Kerugian Resin Akrilik

Anusavice (2004) menyatakan bahwa resin akrilik memiliki keuntungan dan kerugian. Keuntungan dari resin akrilik adalah warna dan translusensi baik, mirip dengan jaringan asli, permanen, manipulasinya mudah, memiliki kekuatannya adekuat, gaya berat spesifik rendah, resistensi pada pertumbuhan bakteri baik, harga relatif terjangkau dan nyaman pada pemakaian sedangkan kerugian yang dimiliki resin akrilik adalah mengalami perubahan dimensi selama pembasahan dan pengeringan serta selama pemrosesan ulang, dapat berubah bentuk selama proses perbaikan, konduktor termal yang kurang baik.

### 2.2 Resin Akrilik self Cured/Cold Cured

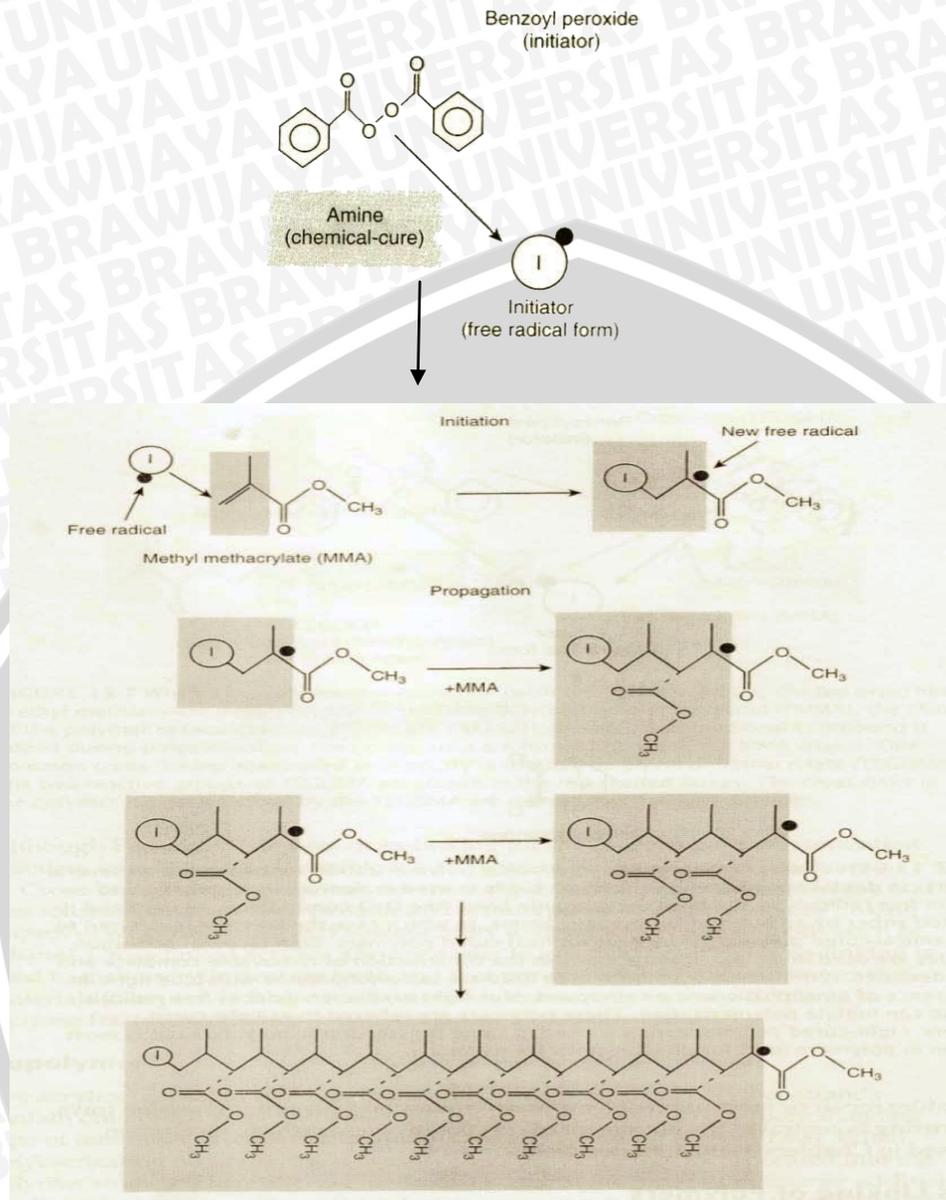
Resin akrilik menggunakan aktivator kimia untuk proses polimerisasi. Aktivasi kimia ini tak memerlukan energi kimia dan karenanya hanya dapat dilakukan pada temperatur ruang. Bahan kimia yang digunakan ini berupa *amin tersier* seperti *dimetil-para-toluidin*. Ketika komponen monomer dan polimer bereaksi pada fase aktivasi terjadi reaksi *dimetil-para-toluidin* dengan *benzoin peroksida* yang menghasilkan radikal bebas. Terbentuknya radikal bebas ini

memicu terjadinya polimerisasi. Polimerisasi yang terjadi sama seperti polimerisasi yang terjadi dengan aktivasi termal (Anusavice, 2004).

### 2.2.1 Komposisi

Akrilik ini terdiri dari 2 bagian yaitu bubuk polimer dan cairan monomer. Komposisi bubuk polimer adalah *poli( metil metakrilat )*, *organic peroxide initiator*, agen *titanium dioksida* dan pigmen inorganik (untuk warna). Bubuk polimer yaitu *poli (metil metakrilat)* adalah resin transparan yang dapat membiaskan cahaya ultraviolet hingga cahaya yang memiliki panjang gelombang 250nm. Bubuk polimer mempunyai kekerasan dari 18 hingga 20 Knoop Number. Kekuatan tensilnya kira-kira dalam 60 Mpa, massa jenisnya adalah 1,19 g/cm<sup>2</sup> dan modulus elastisitas kira-kira 2.4 Gpa (2400 Mpa). Polimer ini sangat stabil. Ia tidak mengalami diskolorisasi dalam cahaya ultraviolet, secara kimiawi stabil dalam panas dan melembut pada 125°C dan dapat dibentuk seperti bahan termoplastik. Depolimerisasi terjadi pada temperatur di antara 125°C dan 200°C. Sekitar temperatur 450°C, 90% polimer telah terdepolimerisasi membentuk monomer (Power et.al., 2008).

Cairan monomer terdiri dari jenis *amine (dimetil-para-toluidin)* yang berfungsi sebagai *reducing agent* atau biasanya disebut *initiator*. *Reducing agent* ini bereaksi dengan *benzoyl peroxide* pada temperatur kamar untuk menghasilkan radikal bebas peroksida, yang akan menginisiasi proses polimerisasi monomer. Setelah itu polimerisasi akan berlanjut hingga mencapai fase terminasi (pada fase akhir pembentukan rantai) atau fase *stiff* (pada tahap pencampuran resin akrilik *cold cured*) (Power et.al., 2008).



Gambar 2.1: Cara kerja dari *tertiary aromatic amine* (Power et.al,2008)

### 2.2.2 Manipulasi

Proses manipulasi resin akrilik *cold cured* awalnya dilakukan dengan mencampurkan polimer dan monomer akrilik terlebih dahulu sebelum akhirnya diproses dalam sebuah kuwet dengan menggunakan teknik *molding*-tekanan.

Pencampuran polimer dan monomer resin akrilik *cold cured* melewati beberapa tahap yaitu: (Power et. al , 2008)

a) *Sandy stage*

Merupakan tahap pertama saat polimer dan monomer dicampur dan adonan terlihat masih seperti pasir, sedikit kasar dan berbutir

b) *Stringy stage*

Pada tahap ini monomer menyerang permukaan masing-masing butiran polimer. Beberapa rantai polimer terdispersi dalam monomer cair. Rantai-rantai polimer ini melepaskan jalinan ikatan sehingga meningkatkan kekentalan adukan. Tahap ini mempunyai ciri yaitu berserat-serat dan lengkat bila ditarik.

c) *Dough stage*

Pada tahap ini jumlah rantai polimer yang memasuki larutan meningkat. Polimer larut kedalam monomer meskipun terdapat sejumlah polimer yang masih belum terlarut. Waktu yang diperlukan untuk mencapai *dough stage* disebut *dogging time*. *Working time* terjadi hingga fase *dough stage* berakhir yaitu selama lebih kurang 3 menit. Bila fase ini berakhir, campuran sudah tidak bisa dimanipulasi. Ciri-ciri lain tahap *dough stage* ini yaitu adonan tidak melekat pada pot porselin yang digunakan.

Setelah *dough stage* maka berlanjut ke tahap *packing*. Pada tahap ini adonan dimasukkan ke dalam cetakan kuvet yang sebelumnya telah diolesi CMS (*Cold Mould Seal*). Guna dari CMS ini adalah sebagai isolasi adonan dan sebagai pelapis *mould*. CMS yang melapisi permukaan *mould* ini dapat menutupi porositas yang ada pada permukaan *mould* sehingga adonan yang diletakkan tidak akan masuk pada porus tersebut. Selain itu, CMS juga berfungsi sebagai *separator* agar adonan mudah dilepaskan. Setelah itu cetakan dilapisi dengan

plastik dan dilakukan pengepresan dengan alat press hidrolik dengan tekanan 900psi Tahap pengepressan kuvet dilakukan berulang-ulang sampai bentuk dalam campuran tersebut sesuai dengan cetakan. Pada pengepresan terakhir, plastik yang ada pada cetakan dilepas, kemudian dilakukan pengepresan kembali dan dibiarkan dalam suhu kamar tanpa dilakukan *curing* seperti pada resin akrilik *heat cured*. Waktu yang dibutuhkan *cold cured* untuk mencapai fase ini  $\pm 5$  menit. Hal tersebut dikarenakan saat pengadukan monomer dan polimer dilakukan pada pot porcelen yang terbuka sehingga terjadi penguapan monomer yang lebih tinggi dan menyebabkan waktu tercapainya *dough stage* lebih cepat (Manapallil, 2003).

d) *Rubbery stage*

Pada tahap *rubbery* ini, monomer yang ada pada adonan dihabiskan dengan penguapan dan penembusan lebih jauh ke dalam butir-butir polimer yang masih tersisa. Ciri-ciri tahap ini adalah adonan akan bersifat seperti karet, yaitu akan terasa kenyal dan akan terasa memantul bila ditekan atau diregangkan.

e) *Stiff stage*

Pada tahap *stiff* ini, adonan akan berubah menjadi keras oleh karena adanya penguapan monomer bebas. Ciri-ciri tahap ini adalah adonan akan tampak kering dan memiliki ketahanan (tidak rusak) saat diberi perlakuan mekanik (ditarik, diregangkan). Setelah mencapai tahap ini maka adonan dikeluarkan dari kuvet.

Pada tahap *finishing*, akrilik yang sudah jadi dirapikan dengan menggunakan *handpiece straight low speed* dan mata bur poles (stone dan rubber). Hal ini dilakukan agar permukaan akrilik menjadi lebih halus. kemudian

akrilik yang telah halus dipoles dengan menggunakan *crypt* hingga menjadi mengkilap.

### 2.2.3 Karakteristik

Secara pengamatan fisik resin, yang teraktivasi secara kimia umumnya menunjukkan pengerutan yang agak lebih sedikit dibandingkan resin akrilik yang teraktivasi dengan menggunakan energi termal meskipun menggunakan aktivator berupa termal ini terjadi polimerisasi yang lebih sempurna. Polimerisasi ini sangat mempengaruhi dimensi resin akrilik itu sendiri. Selain itu kestabilan warna pada resin akrilik *cold cured* lebih rendah dibandingkan dengan resin akrilik *heat cured*. Hal ini disebabkan oleh amin tersier yang teraktivasi secara kimia. Gugus amin tersebut rentan terhadap oksidasi dan selanjutnya terjadi perubahan warna yang mempengaruhi penampilan resin. Pada dasarnya perubahan warna resin-resin ini dapat diminimalkan melalui penambahan komponen didalam polimer resin akrilik *cold cured* yang mencegah oksidasi tersebut.

Resin akrilik *cold cured* ini memiliki sifat mekanis terdiri dari atas kekuatan tarik, kekuatan *fatigue*, kekuatan impak dan kekuatan transversa. Sifat-sifat mekanis tersebut merupakan ketahanan yang dimiliki oleh resin akrilik *cold cured* saat terkena gaya atau distribusi tekanan. Sifat mekanis resin akrilik yang rendah menyebabkan resin akrilik mudah fraktur dan retak. Kekuatan tarik ialah kekuatan resin akrilik *cold cured* menerima beban yang cenderung merenggangkan bahan tersebut dan kekuatan tarik resin akrilik *cold cured* cukup rendah yaitu sekitar 52 Mpa. Kekuatan *fatigue* adalah kekuatan suatu bahan ketika bahan tersebut menerima beban yang diberikan secara berulang-ulang hingga dapat menyebabkan fraktur pada bahan tersebut dan kekuatan *fatigue*

resin akrilik *cold cured* cukup rendah juga yaitu sekitar 75 Mpa. Kekuatan impak adalah ketahanan resin akrilik *cold cured* dari fraktur ketika tidak digunakan sedangkan kekuatan transversa adalah kekuatan resin akrilik *cold cured* dari fraktur ketika digunakan (Anusavice, 2004).

#### 2.2.3.4 Proses Polimerisasi

Proses pembuatan gigi tiruan dengan menggunakan aktivator bahan kimia ini menggunakan teknik molding tekanan. Proses polimerisasinya lebih cepat dibandingkan dengan menggunakan temperatur tetapi harus diperhatikan konsistensi bahan dan kecepatan polimerisasinya (Anusavice, 2004).

Pengerasan awal dari resin akrilik ini terjadi dalam 30 menit setelah penutupan kuvet terakhir. Namun diragukan bahwa polimerisasinya telah berhasil, maka kuvet tetap ditahan di bawah tekanan selama minimal 3 jam (Anusavice, 2004).

Pada umumnya proses polimerisasi terjadi dalam 3 tingkatan yaitu :

a. Aktivasi : suatu proses kimia antara *dimetil-para-toluidin* (yang terdapat dalam monomer) dengan *benzoyl peroxide* (yang terdapat pada polimer) sehingga menghasilkan 2 radikal bebas per satu molekul *benzoyl peroxide*. Hal tersebut dapat terjadi dikarenakan *benzoyl peroxide* tadi terurai akibat bereaksi secara kimia dengan *dimetil-para-toluidin*. Terbentuknya radikal bebas ini memulai proses polimerisasi resin akrilik *cold cured* ini.

b. Inisiasi

Pada proses ini energi yang dibutuhkan hanya sedikit sehingga reaksi rantai berlanjut terus menerus hingga semua monomer telah diubah menjadi polimer meskipun polimerisasi yang terjadi tidak sempurna.

c. Propagasi

Pada tahap ini terjadi penggabungan rantai secara langsung atau pertukaran hidrogen dari satu rantai ke rantai yang lain.

#### d. Terminasi

Terjadi ketika radikal bebas tadi yang aktif menjadi suatu molekul yang tidak aktif dan tercipta suatu molekul baru untuk pertumbuhan selanjutnya. Hal tersebut terjadi ketika molekul monomer dapat diaktifkan dengan pertumbuhan makromolekul sedemikian rupa sehingga terjadi pengakhiran (Anusavice, 2004).

### 2.3 Kekuatan Transversa

Kekuatan transversa adalah kekuatan yang mempengaruhi resin akrilik dalam hal ketahanan terhadap fraktur saat digunakan (Isfahan, 2013). Uji kekuatan transversa dapat memberikan gambaran tentang ketahanan benda dalam menerima beban pada waktu pengunyahan. Sifat fisik dan mekanik bahan mempengaruhi kenyamanan pemakai gigi tiruan dan alat piranti ortodonti pada saat pengunyahan. Uji kekuatan transversa lebih banyak digunakan daripada uji kekuatan tarik, karena uji kekuatan transversa dapat mewakili tipe – tipe kekuatan yang diterima alat dalam mulut selama pengunyahan (Andrade, 2004).

Kekuatan transversa dari resin akrilik dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti berat molekul, ukuran partikel polimer, residual monomer, komposisi *plasticizer*, jumlah dari *cross-linking agent*, porositas dan ketebalan dari bahan. Suatu basis gigi tiruan harus mempunyai kekuatan transversa yang cukup adekuat untuk menahan tekanan mastikasi dan tekanan lain dari dalam rongga mulut. Akan tetapi, basis juga harus dapat dibuat setipis mungkin untuk memberi kenyamanan dan estetik pada pasien (Chirtoc, 1995).

Pengukuran kekuatan transversa pada resin akrilik *cold cured* ini dengan cara metode pengukuran tekanan tarik, kompresi dan geseran secara simultan. Bila beban diberikan, bahan akan melengkung. Regangan yang dihasilkan diwakili oleh berkurangnya panjang permukaan atas (regangan kompresi) dari batangan contoh (penurunan diameter lempeng) dan kenaikan panjang atau diameter permukaan bawah (regangan tarik). Akibatnya, tekanan utama pada permukaan atas adalah kompresi, sedangkan pada permukaan bawah adalah tarikan (Titi, 2006).

Kekuatan transversa ditentukan melalui formula :  $S = 3Wl/2bd^2$ , dimana :

$W$  = fracture load

$l$  = jarak antara 2 penyokong

$b$  = lebar sampel

$d$  = ketebalan sampel

Nilai yang diperoleh dalam kg/mm<sup>2</sup> ditukarkan ke megapascals (MPa) melalui perkalian dengan 9.8 .



Gambar 2.2: Alat *Universal Testing Machine Type PM 100 Tarno Grocky* (Sumber: laboratorium teknik mesin Politeknik Negeri Malang)

## 2.4 Temperatur

Temperatur adalah panas dinginnya badan atau hawa (Wamuji, 2008). Metode pemberian perlakuan temperatur terhadap resin akrilik *cold cured* dapat dilakukan dengan menggunakan microwave dan air yang mendidih. Temperatur mempengaruhi proses polimerisasi (Younis, 2012). Ketika temperatur yang diberikan melebihi batas normal maka menimbulkan porus pada resin akrilik yang mempengaruhi sifat mekanik resin akrilik tetapi saat temperatur yang diberikan kurang dari batas normal maka berakibat tidak terjadinya polimerisasi (Anusavice, 2004). Pada penelitian Younis (2012) digunakan temperatur (20, 24, 28, 32, 37, 45, 50)<sup>o</sup>C untuk proses polimerisasi resin akrilik *cold cured* dan didapatkan bahwa temperatur antara (28,32,37)<sup>o</sup>C merupakan temperatur yang optimal untuk meningkatkan kekuatan impak.

Pada penelitian Fazal Ghani dan Rafique Moosa menjelaskan bahwa temperatur mempengaruhi sisa monomer yang terdapat pada resin akrilik *heat cured*. Ketika temperatur yang diberikan rendah maka sisa monomer yang tersisa akan sangat banyak dan mempengaruhi kekuatan transversa yang dimiliki oleh resin akrilik (Ghani et. al, 2012). Teori tersebut berlaku juga untuk resin akrilik *cold cured*. Hal tersebut telah dibuktikan oleh Dr. Prajapai hardik, Dr. Rupal, Dr. Anandmayee, Dr. Chanshyam yang membuktikan bahwa temperatur mempengaruhi keefektifan reaksi kimia antara komponen monomer dan polimer serta sisa monomer yang terdapat pada resin akrilik *cold cured*. Semakin rendah temperatur yang diberikan semakin tidak efektif reaksi kimia antara monomer dan polimer yang mengakibatkan polimerisasi yang terjadi tidak sempurna dan sisa

monomer yang tersisa sangat banyak sehingga kekuatan mekanis resin akrilik *cold cured* menjadi buruk. Kekuatan mekanis dari resin akrilik *cold cured* akan bagus ketika pemberian temperatur yang maksimal pada penelitian tersebut (pada penelitian tersebut menggunakan 70°C sebagai temperatur tertinggi) (Prajapai et. al,2016).

## 2.5 Gypsum

Menurut Anusavice (2004), gipsum adalah mineral hasil tambang atau merupakan suatu produk samping dari beberapa proses kimia. Gipsum yang digunakan untuk kedokteran gigi adalah kalsium sulfat dihidrat murni. Kekerasan dari gipsum ini dipengaruhi oleh rasio dari takaran air dan kalsium sulfat hemihidrat serta durasi lama pengadukan. Gipsum memiliki kegunaan yang berbeda-beda sesuai dengan tipe yaitu:

1. Tipe I: *Plaster of paris* yang digunakan untuk mencetak tetapi sudah jarang digunakan karena sudah digantikan oleh bahan yang kurang kaku seperti elastomer dan hidrokoloid.
2. Tipe II: tipe yang digunakan untuk mengisi kuvet dalam pembuatan protesa, biasanya berwarna putih alami.
3. Tipe III: tipe yang digunakan untuk membuat model *die stone*, pembuatan model yang digunakan pada konstruksi protesa.
4. Tipe IV: memiliki kekerasan yang luar biasa. Biasanya untuk pembuatan *die stone*.
5. Tipe V : memiliki kekerasan yang lebih keras dari tipe IV. Biasanya digunakan untuk bahan pembuatan model master. Tipe V lebih sering digunakan

dibandingkan dengan tipe IV karena memiliki sifat kekuatan yang lebih keras dan lebih bagus.

### 2.5.1 Karakteristik

Gypsum memiliki beberapa karakteristik meliputi:

a. Perubahan Dimensi

Perubahan dimensi dipengaruhi oleh *setting* ekspansi dari gipsum. Semakin tinggi atau besar nilai *setting* ekspansi maka perubahan dimensi semakin besar. Normalnya toleransi *setting* ekspansi untuk gipsum keras adalah 0,08% sampai dengan 0,1%.

b. Kekuatan Kompresi

Kerapuhan gipsum disebabkan oleh kandungan air yang terlalu banyak yang terserap oleh gipsum ketika manipulasi. Model gigitruan harus menggunakan gipsum yang tahan terhadap fraktur dan abrasi.

c. *Setting Time*

Penambahan air pada pemanipulasian gipsum berguna untuk proses pengerasan gipsum tetapi kandungan air yang terserap terlalu besar akan menyebabkan *setting time* menjadi panjang.

d. Rasio air bubuk

Rasio air bubuk tiap jenis gipsum berbeda-beda. Gipsum tipe II membutuhkan lebih banyak air pada saat manipulasi dikarenakan bentuk partikel gipsum tipe II tidak beraturan dan lebih porus. Gipsum tipe III membutuhkan lebih sedikit air dari pada gipsum tipe II. Gipsum tipe IV membutuhkan lebih sedikit air dari pada gipsum tipe III dan gipsum tipe V membutuhkan air lebih sedikit dari pada gipsum tipe IV. Gipsum tipe II dengan rasio 100gr:45ml, gipsum tipe III yang biasa digunakan dengan rasio 100gr:28ml, gipsum tipe IV 100gr:22ml dan

gypsum tipe V dengan rasio 100gr:10ml. Jika penambahan air terlalu banyak akan berakibat *setting time* lebih lama dan adonan akan menjadi lebih tipis (Anusavie, 2004).

e. *Setting* Ekspansi

Selama proses pengerasan gypsum, seluruh tipe gypsum akan mengalami ekspansi. Hal tersebut harus dihindari semaksimal mungkin dalam pembuatan model gigitiruan karena dapat mempengaruhi perubahan dimensi gypsum.

### 2.5.2 Manipulasi

Manipulasi dapat mempengaruhi hasil dari gypsum. Manipulasi dibagi menjadi beberapa fase yaitu pengukuran bubuk dan air, pengadukan, penuangan, dan desinfeksi. Setiap bahan gypsum memiliki rasio air bubuk dan rasio yang berbeda-beda. Rasio air bubuk harus diperhatikan karena mempengaruhi konsistensi campuran, kekuatan material, *setting time* dan *setting* ekspansi. Tindakan mencampur bubuk dan air bersama-sama disebut pengadukan. Pengadukan bahan gypsum dapat dilakukan dengan tangan atau mekanis. Bahan plaster biasanya diaduk dengan tangan dalam mangkuk karet fleksibel. Bahan *stone* dapat diaduk secara mekanis atau dengan tangan, namun bahan *dental stone high strength* hampir selalu dengan metode pengadukan mekanis. Saat gypsum diaduk dengan tangan, bubuk dan air diaduk menggunakan spatula dengan kecepatan sekitar 2 putaran per detik selama sekitar 1 menit. Jika gypsum dicampur dengan *mixer*, operator harus mengaduk bubuk dan air dengan tangan selama beberapa detik untuk memastikan bahwa pengadukan mekanik akan bekerja secara efektif (Craig, 2006).

Terlepas dari metode yang digunakan untuk mencampur bahan, vibrator hampir selalu digunakan untuk membantu menghilangkan gelembung yang terbentuk selama pencampuran. Biasanya, campuran tersebut digetarkan selama 10 sampai 15 detik untuk memaksa gelembung ke atas campuran. Getaran juga digunakan untuk memudahkan memindahkan gips ke bahan cetak atau wadah lainnya (Anusavice, 2004).

