

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Gypsum

Secara umum, produk gipsum berasal dari kalsium sulfat yang mengandung air dan kalsium sulfat yang tidak mengandung air yang dibentuk dari kalsinasi kalsium sulfat dihidrat yang disebut sebagai gipsum mineral. Kalsinasi dapat dikontrol untuk menghasilkan pelepasan air sebagian atau menyeluruh. Produk gipsum juga dapat diperoleh dari kalsinasi sintetis maupun kimiawi, yang juga digunakan pada pembuatan asam fosfat. Secara industri, semua bahan ini dikenal sebagai *plaster* gipsum. (J.O. Brien, 2008)

B. Jenis Produk Gypsum

Berbagai jenis produk gipsum yang terdaftar oleh spesifikasi *American Dental Association* no. 25 dalam buku Kenneth J. Annusavice (2004) diantaranya :

1. Tipe I (*Impression Plaster*)

Gips tipe ini sekarang mulai jarang digunakan untuk mencetak dalam kedokteran gigi sebab telah digantikan oleh bahan yang tidak terlalu kaku seperti hidrokoloid dan elastomer, sehingga gips tipe I terbatas digunakan untuk cetakan akhir, atau *wash*, untuk rahang edentulus. Gypsum tipe I digunakan untuk mencetak pasien yang telah kehilangan gigi, hal ini disebabkan sifatnya yang tidak elastis dan mudah patah. Apabila gipsum tipe ini digunakan untuk mencetak pada pasien yang memiliki gigi, maka *undercut* gigi tidak dapat tercetak dengan baik.

2. Tipe II (*Plaster Model*)

Gips tipe II digunakan terutama untuk keperluan laboratorium dan model akhir pencetakan rahang tidak bergigi. Pada dasarnya gipsum tipe II merupakan *plaster of Paris*, gipsum ini digunakan sebagai model studi dan

sebagai bahan pengikat model kerja ke *articulator*. Untuk model studi, *articulator mounting* dan flask gigi tiruan resin akrilik.

3. Tipe III (*Dental Stone*)

Gips tipe III ideal digunakan untuk membuat model kerja yang memerlukan kekuatan dan ketahanan abrasif yang tinggi seperti pada konstruksi protesa dan model ortodonsi. Gypsum tipe III memiliki karakteristik lebih keras dan lebih kuat dibandingkan gipsum tipe II sehingga lebih tahan lama. Dipergunakan untuk rencana perawatan dan untuk mengisi cetakan kerja. Model kerja digunakan dokter gigi atau laboran sebagai media pembuatan gigi tiruan.

4. Tipe IV (*Dental Stone Hight Strenght*)

Gips tipe IV sering dikenal sebagai *die stone* sebab gips tipe IV sangat cocok digunakan untuk membuat pola malam dari suatu restorasi, umumnya digunakan sebagai *die* pada *inlay*, mahkota dan jembatan gigi tiruan di bidang konservasi gigi. Gypsum tipe IV atau biasa disebut dengan *die stone* digunakan untuk media pembuatan *die*. Gypsum ini memiliki ketahanan terhadap abrasi yang cukup baik untuk menghindari perubahan bentuk gipsum saat mengukir *wax*, *w/p ratio* yang rendah dan kekuatannya dua kali lipat dari gipsum tipe III. Gypsum tipe IV atau biasa disebut dengan *die stone* digunakan untuk media pembuatan *die*

5. Tipe V (*Hight Strenght Hight Expansion Dental Stone*)

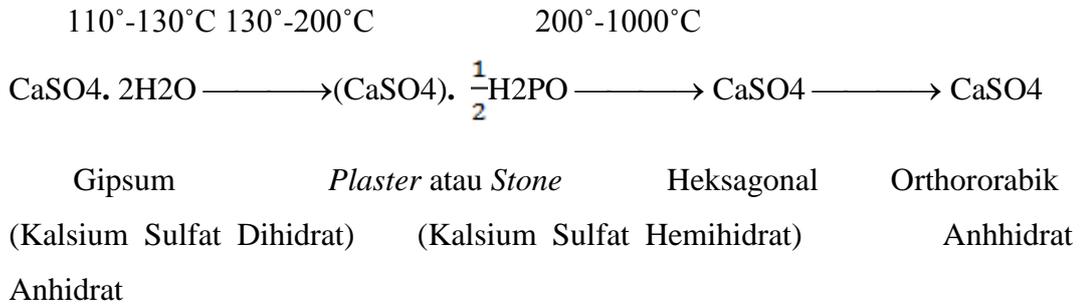
Di bidang kedokteran gigi biasanya digunakan untuk mengkompensasi besar pengerutan logam untuk dental casting. Gypsum tipe ini digunakan sebagai model kerja dalam pembuatan gigi tiruan berbasis logam. Dipergunakan untuk pembuatan *die* yang akan dicor menggunakan pemanasan tinggi

C. Pembuatan Gips

Secara umum, gipsum dihaluskan dan dipanaskan pada temperatur 110°-120°C untuk mengeluarkan sebagian air dari kristalisasi. Ini berhubungan dengan tahap pertama dalam reaksi. Begitu temperatur semakin

ditingkatkan, sisa air dari kristalisasi dikeluarkan dan terbentuk produk yang diinginkan.

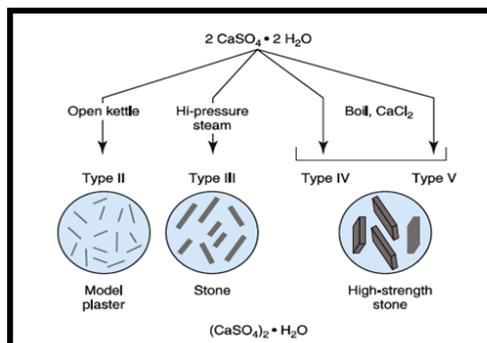
Reaksi yang menggambarkan urutan pengapuran kalsium sulfat dihidrat menjadi kalsium sulfat hemihidrat dalam pembuatan gipsum adalah sebagai berikut:



(sumber: Kenneth J. Annusavice, 2004)

Kandungan utama *plaster* dan *stone* gigi adalah kalsium sulfat hemihidrat $(\text{CaSO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (atau $\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$). Bergantung pada metode pengapuran, bentuk hemihidrat yang berbeda dapat diperoleh. Bila gipsum dipanaskan sampai temperatur seperti yang ditunjukkan pada bagian pertama reaksi dalam suatu ketel, tong atau pembakaran kapur terbuka akan terbentuk kristal hemihidrat.

Berbagai *stone* dan *plaster* tersedia di pasaran, terdiri dari satu bentuk hemihidrat. Meskipun merupakan produk yang diproses, bahan-bahan tersebut mengandung tambahan sedikit komponen lain seperti heksagonal yang tidak berubah, atau anhidrat ortorombik. Bahan tambahan gipsum dan garam lain juga ditambahkan untuk mengendalikan waktu pengerasan serta ekspansi. (Anusavice, 2004)



Gambar 2.1 Proses pembuatan gipsum

D. Reaksi Pengerasan Gypsum

Reaksi (1) menggambarkan urutan pengapuran kalsium sulfat dihidrat untuk menjadi kalsium sulfat hemihidrat, bahan awal yang digunakan untuk membentuk gipsum cor, model, bahan tanam, dan *plaster* cetak. Reaksi ini dapat dibalikkan sebagai berikut :



(sumber: Kenneth J. Anusavice, 2004)

Hasil dari reaksi tersebut adalah gipsum dan panas yang terjadi dalam reaksi eksotermik (melepas panas) setara dengan panas yang digunakan sebelumnya dalam pengapuran. Semua produk terbentuk selama pengapuran bereaksi dengan air untuk membentuk gipsum tetapi dengan tingkat yang berbeda.

Kristal hemihidrat 4 kali lebih larut dalam air daripada dihidrat pada temperatur (20°C) dapat diartikan sebagai berikut :

- a. Ketika hemihidrat diaduk dengan air, terbentuk suatu suspensi cair dan dapat dimanipulasi.
- b. Hemihidrat melarut sampai terbentuk larutan jenuh
- c. Larutan jenuh hemihidrat ini amat jenuh dengan dihidrat, sehingga dihidrat mengendap
- d. Begitu dihidrat mengendap, larutan tidak lagi jenuh dengan hemihidrat jadi terus melarut. Setelah itu pelarutan hemihidrat dan pengendapan dihidrat terjadi. Reaksi terus berlanjut sampai tidak ada lagi dihidrat yang mengendap. (Anusavice, 2004)

E. Suhu dan Kelembaban

Suhu air yang digunakan untuk pencampuran dan suhu lingkungan mempengaruhi *setting reaction* bahan gipsum. Jika suhu kamar (20-25°C) dinaikkan ke suhu tubuh (37,5°C), *setting time* menurun. Suhu air pencampur memiliki efek yang serupa. Namun, jika suhu air dinaikkan di atas 37,5°C, *setting time* akan meningkat, karena dihidrat menjadi lebih larut dalam air.

Bahan gipsium bersifat higroskopis (menyerap air dari udara) sampai batas tertentu. Jika *plaster model*, *stone*, atau *die stone* dibiarkan dalam wadah terbuka selama beberapa hari, ia menyerap air dari udara. Untuk menghindari perubahan dalam laju *setting reaction*, bahan gipsium harus disimpan dalam wadah tertutup untuk melindunginya dari kelembaban.

F. Perbandingan Air / Bubuk (W/P Ratio)

Perbandingan air dengan bubuk didefinisikan sebagai jumlah air dalam mililiter yang ditambahkan ke 100 gram bubuk. Sesuai dengan ketentuan rasio air-bubuk, umumnya dinyatakan sebagai bagian kecil seperti 4% atau 0,45. Bagian kecil ini dapat diartikan bahwa 45 ml air ditambahkan ke 100 g bubuk. Untuk jenis gipsium tertentu, semakin tinggi rasio air-bubuk, semakin pekat konsistensi campuran. Tabel 1 menunjukkan rasio bubuk air untuk gips *plaster*, *dental stone*, dan *dental stone high-strength*. Ada beberapa variasi rasio yang sudah ditentukan oleh pabrik, contohnya ada pada tabel. Gips *plaster* umumnya memiliki rasio air-bubuk tertinggi dan *stone high-strength* memiliki ratio terendah. Karena semua bahan membutuhkan sekitar 19 ml air untuk setiap 100 g bubuk untuk mengubah dari hemihidrat menjadi dihidrat, maka setiap air yang lebih dari 19 ml disebut berlebih. Fakta ini juga ditunjukkan dalam Tabel 2.1. Oleh karena itu, gips *plaster* memiliki kelebihan air paling banyak (18 hingga 31 ml). Kelebihan air yang dibutuhkan untuk pencampuran adalah fungsi dari ukuran partikel hemihidrat

Rasio air-bubuk mempengaruhi sifat fisik bahan gipsium. Penggunaan air yang berlebihan memperpanjang *setting time* dan mengurangi kekuatan (Tabel 2.2). Kekuatan berkurang disebabkan kelebihan air yang digunakan dalam campuran sehingga meninggalkan lubang pada penguapan. Kelebihan air juga mengurangi *setting expansion* bahan gipsium. Meskipun tergoda untuk menambah *setting time* dengan menggunakan lebih banyak air, tidak disarankan karena kekuatan material akan berkurang dan ekspansi materi tidak akan sesuai. Oleh karena itu mengikuti rekomendasi pabrik sangat penting untuk menentukan rasio bubuk-air. Pabrik menawarkan produk yang berbeda dengan *setting time* yang berbeda yang telah disesuaikan dengan penggunaan akselerator atau retarder. (J.C Wataha, 2013)

Tabel 2.1. Jumlah air yang digunakan untuk mencampur bahan gipsum

Gipsum	Pencampuran Air (ml/ 100g bubuk)	Kelebihan Air (ml/ 100g bubuk)
<i>Gips Plaster</i>	37-50	18-31
<i>Dental Stone</i>	28-32	9-13
<i>Dental Stone High-Strength (Tipe IV &V)</i>	19-24	0-5

(Sumber: J.C. Wataha, 2013)

Tabel 2.2. Efek rasio air-bubuk terhadap *setting time* dan kekuatan tekan gips *plaster*

Rasio Air-Bubuk (ml/g)	<i>Initial Setting Time</i> (Menit)	Kekuatan Tekan setelah 1 jam (MPa)
0,45	8	12,5
0,50	11	11,0
0,55	14	9,0

(Sumber: J.C. Wataha, 2013)

G. Setting Time

Secara keseluruhan *setting time* untuk bahan gipsum dapat dibagi menjadi *initial setting time* dan *final setting time*. *Initial setting time* adalah interval antara waktu air dan bubuk dicampur dan waktu ketika campuran tidak dapat lagi dituangkan ke dalam cetakan atau *mold space*. Oleh karena itu, *initial setting time* identik dengan waktu pengerjaan bahan. Secara klinis, *initial setting time* dapat diamati ketika bahan yang baru dicampur kehilangan kilau. Secara kimia, kehilangan kilau ini terjadi karena reaksi kimia hemihidrat menghabiskan air dan air permukaan ditarik ke dalam sebagian besar material. Gipsum tidak boleh dimanipulasi setelah *initial setting time* karena masih lemah dan bisa patah. *Initial setting time* terjadi dalam waktu 8 hingga 16 menit dari awal pencampuran menurut *American National Standards Institute-American Dental Association (ANSI-ADA) Spesifikasi No. 25 (ISO 6873 [2000])*.

Final setting time didefinisikan sebagai waktu ketika perubahan hemihidrat menjadi dihidrat sudah selesai. Secara klinis, ini berarti bahwa gipsum kemudian dapat dilepaskan dari cetakan atau dimanipulasi tanpa ada distorsi atau patah. *Final setting time* sulit untuk dilihat secara klinis tetapi dapat dideteksi dengan cara merasakan hilangnya reaksi panas. Secara tradisional, gipsum melewati *setting time* dari 45 hingga 60 menit sebagai waktu yang berubah-ubah, meskipun beberapa bahan tanam dapat mencapai *final setting time* hanya dalam 20 menit. *Final setting time* diukur secara berubah-ubah oleh kemampuan jarum (jarum Gilmore) untuk menembus ke dalam material. Menurut definisi, bahan mencapai *final setting time* ketika jarum Gilmore tidak dapat menembus ke dalam massa sampai di bawah beban yang sudah ditentukan. (J.C Wataha, 2013)

Adapun faktor-faktor yang memengaruhi *setting time* menurut Robert G. Craig (1997) dan Kenneth J. Annusavice (2004) antara lain:

1. Rasio Air/Bubuk
2. Pengadukan
3. Suhu
4. Akselerator dan Retarder
5. Kehalusan Partikel

H. Akselerator dan Retarder

Laju reaksi gipsum dapat diubah oleh bahan kimia yang ditambahkan ke dalam bubuk gipsum. Akselerator adalah bahan kimia yang dapat meningkatkan kecepatan *setting time*, sedangkan retarder memiliki efek sebaliknya. Beberapa akselerator dan retarder bekerja dengan mengubah kelarutan bentuk kalsium sulfat dihidrat maupun kalsium sulfat hemihidrat. Akselerator membuat dihidrat lebih mudah larut daripada hemihidrat karena akselerator mempercepat laju reaksi dihidrat sehingga pengerasan ke bentuk padat akan lebih cepat. Potasium sulfat adalah akselerator efektif yang bekerja dengan mekanisme ini. Larutan 2% dari potasium sulfat dapat menggantikan air murni sehingga mengurangi *setting time plaster model* dari 10 menit menjadi 4 menit. Retarder membuat hemihidrat hanya sedikit lebih

mudah larut daripada dihidrat. Karena itu, reaksi berlangsung lebih lambat menuju dihidrat. Boraks merupakan bahan kimia dengan rumus $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ dapat membuat *setting time* lebih lama pada produk gipsum hingga beberapa jam jika ditambahkan pada konsentrasi 2%.

Bahan kimia lain bertindak sebagai akselerator atau retarder di mekanisme yang berbeda. Mengatur partikel gipsum (dihidrat) dan mempercepat reaksi dengan bertindak sebagai tempat nukleasi di mana partikel dihidrat baru dapat terbentuk. Partikel-partikel ini disebut *terra alba* dengan konsentrasi 0,5% hingga 1,0% ditambahkan ke dalam air dapat membuat *setting time* menjadi singkat. Partikel koloid lain seperti darah, saliva, agar-agar, atau *alginate* yang tidak dimanipulasi, dapat memperlambat *setting reaction* gipsum. Koloid adalah partikel protein halus atau bahan kimia yang tersuspensi dalam cairan. Koloid ini mengikat hemihidrat dan mengganggu penambahan air untuk membentuk dihidrat. Hasilnya adalah permukaan yang lunak dan mudah terkikis pada gipsum. Untuk menghindari masalah ini, *impression* harus dibilas secara menyeluruh dalam air dingin untuk menghilangkan bekas darah dan air liur sebelum *impression* dituangkan. (J.C Wataha, 2013)

I. Manipulasi

Manipulasi yang tepat terhadap material gipsum sangat penting bagi pekerjaan di laboratorium. Manipulasi dapat dibagi ke dalam beberapa fase yaitu pengukuran dan kombinasi antara bubuk dan cairan, spatulasi, menuangkan, dan disinfeksi (gambar 2.2).



Gambar 2.2 Langkah-langkah manipulasi yang tepat terhadap gipsum

1. Pemakaian dan Kombinasi *W/P Ratio*

Setiap bahan gipsum memiliki rasio air-bubuk yang direkomendasikan (lihat Tabel 2.1). Rasio air-bubuk mempengaruhi konsistensi campuran, kekuatan bahan, dan waktu ekspansi dan pengaturannya. Oleh karena itu, takaran air dan bubuk yang benar sangat penting, Jumlah air diukur dengan menggunakan gelas ukur berskala kecil dalam mililiter, dan bubuk diukur pada skala berdasarkan massa dan bukan berdasarkan volume.

Ketika bubuk dan air ditambahkan ke mangkuk pencampuran (lihat Gambar 2.2), air harus ditambahkan terlebih dahulu, kemudian bubuk ditaburkan ke dalam air secara perlahan selama sekitar 30 detik. Teknik ini memungkinkan udara yang terperangkap dalam bubuk hilang, sehingga mengurangi jumlah gelembung. Bahkan ketika menggunakan *mixer* listrik dengan *vacuum*, disarankan untuk menambahkan bubuk ke dalam air. Reaksi bubuk dengan air tidak akan terjadi secara luas tanpa spatulasi/pengadukan.

2. Spatulasi (Pengadukan)

Spatulasi adalah mencampur bubuk dan air bersama-sama bisa dilakukan secara mekanis (alat mesin) atau dengan manual (tangan). Bahan *plaster* biasanya dicampur dalam mangkuk karet yang fleksibel (Gambar 2.2). *Stone* dapat dicampur baik secara mekanis atau dengan tangan, tetapi *high-strength die stone* hampir selalu dicampur secara mekanis.

Ketika gipsum dicampur dengan manual, massa bubuk dan air diaduk menggunakan spatula dengan laju sekitar 2 putaran per detik selama 1 menit. Saat mencampur, harus mengikis sisi mangkuk dengan spatula untuk memastikan bahwa air membasahi semua bubuk.

Ketika gipsum dicampur dengan mesin atau *mixer* listrik, operator harus mengaduk sedikit bubuk dan air bersama-sama selama beberapa detik untuk memastikan bahwa *mixer* mekanis akan bekerja secara efektif. *Mixer* listrik digerakkan oleh tenaga listrik dan terhubung ke saluran *vacuum* selama pencampuran untuk mengurangi udara dalam mangkuk dan jumlah gelembung dalam campuran. *Mixer* listrik biasanya digunakan untuk mencampur material *die* dan berputar dengan kecepatan tinggi. Dengan demikian, mengikuti arahan pabrik untuk waktu pencampuran secara tepat adalah penting karena

dapat berpengaruh secara signifikan terhadap sifat fisik gipsum dan *setting time*. (J.C. Wataha, 2013)

Proses pengadukan memiliki efek yang pasti terhadap *setting time* dan *setting expansion*. Peningkatan jumlah pengadukan dapat memperpendek *setting time*. Jumlah pengadukan dapat dipengaruhi oleh kecepatan, durasi waktu pengadukan, dan kombinasi dari keduanya. Ketika bubuk gips dicampurkan dengan air, reaksi kimia mulai berlangsung, dan beberapa kalsium sulfat dihidrat terbentuk. Selama proses pengadukan, kalsium sulfat dihidrat yang baru saja terbentuk pecah menjadi kristal-kristal yang lebih kecil dan mulai membentuk nukleus pusat yang baru. Peningkatan jumlah pengadukan dapat menyebabkan terbentuknya nukleus pusat, sehingga perubahan dari kalsium sulfat hemihidrat menjadi kalsium sulfat dihidrat membutuhkan waktu yang lebih singkat dibandingkan biasanya.

(Craig, 1997).

3. Menuangkan Model

Beberapa metode umum ada untuk menuangkan gips. Pada metode pertama, potongan-potongan lilin lunak yang disebut *boxing wax* dibungkus disekeliling *impression* untuk membentuk cetakan. Secara umum, lilin diperpanjang sekitar 1 cm di luar sisi jaringan *impression* untuk memberikan dasar bagi model. Dalam memanipulasi lilin harus berhati-hati agar tidak merusak *impression*. Gipsum campuran kemudian ditempatkan ke dalam *impression* secara bertahap menggunakan spatula, dengan menggunakan getaran untuk meningkatkan aliran material ke dalam *impression*. Lakukan dengan hati-hati agar gipsum mengalir melintasi *impression* dan menghindari udara yang terjebak. Penambahan gipsum dilakukan sampai cetakan diisi sepenuhnya.

Metode kedua untuk menuangkan gipsum dimulai dengan menuangkan ke dalam gigi dan permukaan jaringan lunak. *Impression* yang terisi kemudian dapat dibalik dan ditempatkan pada tumpukan gipsum yang baru saja dicampur ditempatkan pada permukaan yang tidak menyerap seperti lempengan gelas. Tumpukan ini akan membentuk dasar. Dengan metode ini,

konsistensi bahan dasar harus cukup tebal sehingga *impression* tidak akan meresap ke dasar.

Terlepas dari metode yang digunakan untuk menuangkan ke *impression*, *impression* tidak boleh dilepas dari gipsum selama 45 hingga 60 menit untuk memastikan *final setting time* terjadi. Pelepasan awal sering mematahkan model, sehingga membutuhkan *impression* yang baru. Salah satu indikasi bahwa *final setting time* telah dimulai terjadi ketika model menjadi hangat. Panas adalah hasil dari reaksi eksotermik ketika hemihidrat berubah menjadi dihidrat. Pastikan *alginate* tidak mengering sebelum dituang. Selain mengubah *impression*, kualitas gipsum yang dituangkan dalam *alginate* kering juga buruk karena menyerap sebagian air dari campuran gipsum.

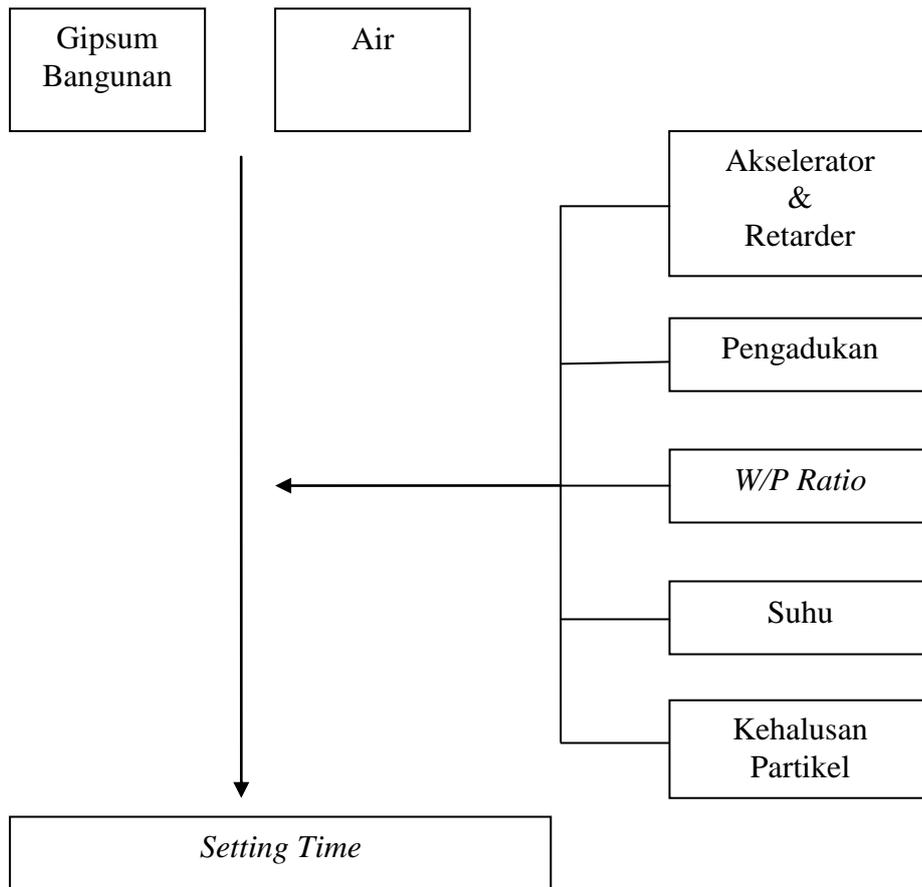
Selain itu, cetakan *alginate* harus dibilas sepenuhnya dan didesinfeksi sebelum dituang. Setiap sisa air di *impression* harus dihapus atau gipsum akan melemah karena terlalu banyak air. Ujung-ujung *impression alginate* tidak boleh mengering setelah dituangkan dengan gipsum karena menjadi keras dan tidak fleksibel, yang meningkatkan risiko patah gigi ketika *impression* dilepas. *Impression* yang sudah dituang dapat tetap lembab dengan menyimpannya di lingkungan yang lembab, seperti humididor atau handuk kertas basah setelah *initial setting time*.

4. Disinfeksi

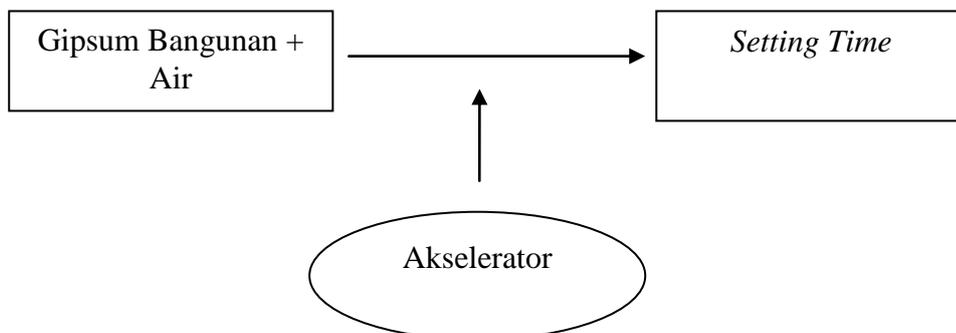
Model dan cetakan dapat didisinfeksi dengan semprotan iodoform (cairan pembunuh bakteri) yang digunakan sesuai dengan instruksi pabrik atau dengan cara direndam dalam larutan dengan perbandingan 1:10 larutan natrium hipoklorit 5% selama 30 menit. Model yang didisinfeksi harus diperiksa dengan cermat untuk melihat kerusakan pada permukaannya, karena tidak semua disinfektan kompatibel dengan produk gipsum. Untuk model yang memerlukan sterilisasi lengkap, model gipsum dapat disterilkan dalam etilen oksida. *Autoclave* dan *chemiclave* tidak dapat digunakan karena dapat merusak model. Secara umum, disinfeksi cetakan lebih disukai karena lebih mudah daripada disinfeksi model dan juga dapat mencegah kontaminasi barang pada saat dipindahkan ke laboratorium gigi. (J.C Wataha, 2013)

J. Kerangka Teori

Menurut Robert G. Craig (1997) dan Kenneth J. Annusavice (2004) terdapat 5 faktor yang mempengaruhi *setting time* pada saat kita melakukan manipulasi bahan gipsum yaitu akselerator dan retarder, pengadukan, *w/p ratio*, suhu, dan kehalusan partikel. Sehingga apabila dideskripsikan pada kerangka teori maka akan berbentuk sebagai berikut :



K. Kerangka Konsep



L. Hipotesis

H_0 : Tidak ada Perubahan *setting time* bahan gipsum bangunan setelah ditambahkan garam dapur sebagai akselerator

H_1 : Ada Perubahan *setting time* bahan gipsum bangunan setelah ditambahkan garam dapur sebagai akselerator

Variabel Dependen : *Setting time* pada bahan gipsum bangunan

Variabel Independen : Garam dapur sebagai akselerator