

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Sterling Silver

Sterling silver biasanya mengandung perak dengan komposisi berat sebesar 92,5% dan 7,5% sisanya adalah logam lain, biasanya tembaga (Pinton, 1999). *Sterling silver* ini telah digunakan sebagai standar perhiasan sejak abad 14.

Penggunaan tembaga bertujuan untuk meningkatkan kekerasan perak. Akan tetapi, penggunaan tembaga akan memperburuk ketahanan *sterling silver* terhadap *tarnishing* dan oksidasi. *Tarnishing* adalah suatu proses perubahan warna permukaan perhiasan perak menjadi hitam akibat terbentuknya perak sulfida dan tembaga sulfida. (International Silver Research Organization, Roche, p.1, 2005). Sedangkan tembaga yang teroksidasi memicu terjadinya cacat *blowholes* dan porositas (Tjitro, dan Wibowo, 2003).

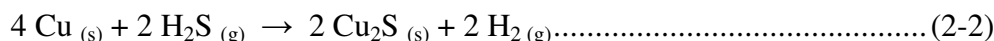
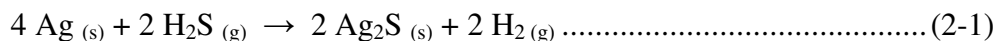
Meskipun *tarnishing* tidak terlalu berpengaruh pada sifat mekanik dari *sterling silver*, tetapi hal ini sangat berpengaruh pada dunia perhiasan yang sangat mementingkan nilai estetika. Sebenarnya, ada beberapa macam cara untuk mengurangi kontak antara perak dengan udara, antara lain dengan menggunakan lap khusus, menyimpan perhiasan perak di udara vakum, dan lain-lain. Namun, cara-cara tersebut sangatlah tidak praktis. Oleh karena itu, percobaan untuk mengembangkan *tarnish-resistant alloys* lebih banyak dilakukan. Percobaan-percobaan ini dilakukan dengan tetap mempertahankan kemurnian perak tetap 92,5%. Namun, masih belum ada percobaan yang berhasil membuat *sterling silver* tahan 100 % terhadap *tarnishing*.

2.1.1. Tarnishing

Proses ini adalah proses berubahnya warna dari permukaan perhiasan perak akibat reaksi kimia antara perak dan tembaga dengan sulfida (<http://en.wikipedia.org/wiki/tarnishing>). Sulfida terdapat di udara secara alamiah, serta merupakan salah satu

penyusun dari unsur udara (*International Silver Research Organization*, Michael T. Roche, p.2, 2005).

Reaksi *tarnishing* dapat dijabarkan sebagai berikut:

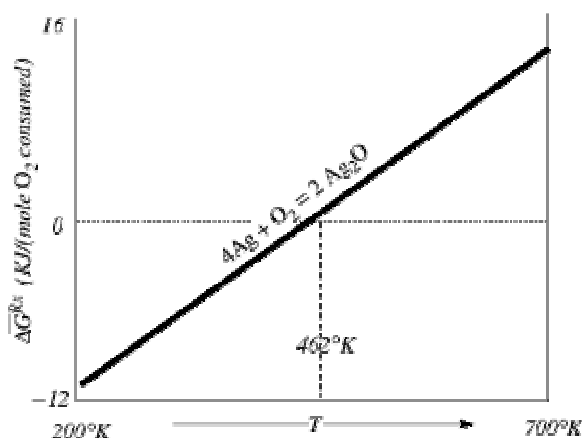


(Sumber: <http://en.wikipedia.org/wiki/tarnishing>)

Perak sulfida dan tembaga sulfida inilah yang menyebabkan permukaan dari perhiasan menjadi hitam (Pinton,1999).

2.1.2. Oksidasi

Selain bereaksi dengan sulfur, perak juga bereaksi dengan oksigen dengan temperatur tertentu seperti yang diperlihatkan pada gambar 2.1. Pada gambar 2.1., diperlihatkan bahwa semakin tinggi temperatur, reaksi perak semakin mudah terjadi. Yang mana dalam prosesnya, perak yang bereaksi dengan oksigen akan membentuk lapisan perak oksida yang berwarna hitam. Selain itu, tembaga juga akan bereaksi dengan oksigen untuk membentuk tembaga oksida. Pembentukan tembaga oksida akan memicu terjadinya cacat *blowholes* dan cacat porositas.



Gambar 2.1. Diagram Ellingham untuk Perak (Sumber: <http://www.chem.mtu.edu/skkawatr/Ellingham.pdf>)

2.2. Perak

Perak mempunyai simbol kimia Ag yang berasal dari huruf latin, yaitu “*Argent*”. Seperti emas, perak seringkali dipertimbangkan sebagai logam yang berharga, mempunyai kemampuan dapat ditempa yang sangat baik, dan *ductility* yang sangat tinggi. Logam ini lebih keras dibandingkan dengan emas, tetapi lebih lunak dibandingkan dengan tembaga.

Perak murni (*fine silver*) mempunyai ketahanan terhadap *tarnishing* yang paling tinggi. Akan tetapi perak murni mempunyai kelemahan, yaitu terlalu lunak. Sehingga perak murni tidak cocok untuk digunakan dalam berbagai aplikasi (*International Silver Research Organization*, Roche, p.2 ,2005).



Gambar 2.2. Berbagai Aplikasi dari Perak yang Telah Diproses Setengah Jadi
(Sumber: <http://www.handyharmancanada.com/hbpm/silver/silver.htm>)

2.2.1. Kegunaan Perak

Perak digunakan untuk perhiasan koin dan peralatan apapun yang terbuat dari perak. Sedangkan penggunaan yang lain adalah untuk kontak elektrik, fotografi proses, penggabungan logam, pengecatan yang terbuat dari logam, dan keperluan untuk kesehatan gigi.

Kemurnian dari perak yang paling tinggi adalah 99,99% (biasanya dianggap sebagai 100%). Akan tetapi, karena kelunakannya dan kemudahannya untuk rusak, maka perak murni sangat jarang digunakan.

2.2.2. Berbagai Standar Internasional Perak

Berikut standar-standar perak lain yang berlaku secara internasional:

- *Fine Silver* : Paduan ini memiliki tingkat kemurnian perak 99,99%. *Fine silver* sering digunakan untuk membuat logam batangan untuk pertukaran barang internasional. Dalam dunia modern, sudah banyak diketahui bahwa perak murni terlalu lunak untuk kebutuhan umum.
- *Britannia Silver* : Paduan ini lebih murni dibandingkan dengan *sterling* yang mana komposisinya adalah 95,84% Ag dan 4,16% Cu. Perak ini ditandai dengan simbol tulisan Britannia dan simbol kepala singa. Simbol ini digunakan sebagai standar bahan plat yang terbuat dari perak di Inggris pada tahun 1697 sampai 1720. Dan sampai sekarang masih digunakan di Inggris dan Irlandia, akan tetapi simbolnya diganti menjadi “958”, dengan tulisan *Brittania*.
- *Mexican Silver* : Kandungan perak dalam paduan ini lebih murni dibandingkan dengan “*sterling silver*”. Hal ini dikarenakan paduan ini memiliki kadar perak 95%, dan sisanya sebesar 5% adalah tembaga.
- *Coin Silver* : Perak ini mempunyai kadar perak sebesar 90% dan sisanya adalah tembaga.

2.3. Sulfida

Dalam dunia kimia, sulfida (dalam bahasa Inggris atau Kanada berarti *sulphide*) berbentuk senyawa ataupun kombinasi antara sulfur dengan nomor oksidasi -2, dengan elemen kimia lainnya baik secara sengaja maupun secara bebas. Beberapa komponen sulfur yang kovalen, seperti karbon disulfida (CS_2) ataupun hidrogen sulfida (H_2S), juga dianggap sebagai bagian dari sulfida. R-S-R' (yang mana R and R'

adalah organik bebas), dapat juga dikatakan sebagai sulfida atau (jika R,R' adalah alkil) dialkil sulfida.

Ion sulfida, S^{2-} adalah anion dengan muatan sebesar 2 netron. Di dalam larutan cair, ion sulfida ada dalam jumlah sangat banyak di dalam alkalin pH (pH yang tinggi, yang berarti juga larutan basa). Hal ini dikarenakan di dalam larutan asam, ion H^+ akan bergabung dengan ion sulfida membentuk HS^- atau H_2S .

Sulfur dalam sulfida (atau dalam grup fungsional sulfida) terdapat pada kondisi oksidasi yang paling rendah. Disulfida adalah komponen yang mempunyai 2 atom sulfur yang secara kovalen terikat bersama, dan secara kovalen atau secara ionik terikat dengan keseluruhan dari molekul atau komponen itu.

2.3.1. Peringatan Dalam Penggunaan Sulfida

Banyak sulfida yang sangat beracun terutama lewat pernafasan dan injeksi, terutama jika ion dari logam itu juga beracun. Sebagai tambahan, banyak sulfida, jika diekspos dengan mineral atom yang asam akan melepaskan hidrogen sulfida yang sangat berbahaya, dan hal ini juga termasuk asam lambung kita.

Dan juga banyak sulfida, kebanyakan organik sulfida, sangat mudah untuk meledak. Jika sulfida meledak, gas-gas yang terjadi biasanya akan mengeluarkan gas beracun sulfur dioksida.

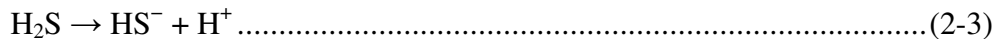
2.4. Hidrogen Sulfida

Hidrogen sulfida (H_2S) adalah gas yang tidak berwarna, beracun, mudah meledak, dan dapat menyebabkan pembusukan telur. Hal ini sering terjadi ketika bakteri menghancurkan material organik, pada saat tanpa adanya oksigen, seperti di rawa-rawa ataupun selokan. Hal ini juga terjadi pada gas vulkanik, gas alami, dan beberapa air sumur.

Hidrogen sulfida juga dapat dikatakan sebagai *sulfane*, sulfur hidrid, dihidrogen monosulfida, *sulfurated hydrogen*, *sewer gas*, dan *stink damp*. IUPAC menyetujui nama “Hidrogen sulfida” dan “*sulfane*”. Nama yang terakhir ini digunakan pada keadaan khusus untuk pemberian nama senyawa yang lebih rumit.

Hidrogen sulfida adalah hidrid kovalen yang secara kimia hampir sama dengan air (H_2O), yang mana pada tabel periodik, oksigen dan sulfur terdapat dalam grup yang sama.

Gas ini adalah asam yang kadar keasamannya rendah, yang mana gas ini terdiri dari kation hidrogen H^+ , dan anion hidrosulfida HS^- . Yang mana reaksi kimianya adalah sebagai berikut:



$$K_a = 1.3 \times 10^{-7} \text{ mol/L}; \text{p}K_a = 6.89$$

Hidrogen sulfida bereaksi dengan alkalis dan logam untuk membentuk logam, garam dari hidrogen sulfida.

Logam yang telah bereaksi dengan sulfida umumnya berwarna hitam, yang mana reaksi ini paling tampak pada perhiasan perak.. Hal ini dikarenakan hidrogen sulfida yang terdapat di udara bereaksi dengan perak untuk membentuk perak sulfida.

Hidrogen sulfida merubah susunan kristal dari beberapa baja, dan membuat baja-baja tersebut menjadi getas, serta membuat baja tersebut mengalami cacat *sulphide stress cracking* (yang mana hal ini menjadi perhatian utama untuk industri gas asam).

Sedikit hidrogen sulfida dapat dieliminir dengan membakarnya menjadi sulfur dioksida, yang mana gas ini juga korosif, namun lebih tidak beracun.

2.5. Tembaga

Tembaga adalah logam dengan warna merah, dengan konduktivitas elektrik dan termal yang sangat tinggi. Di antara seluruh logam, hanya perak yang mempunyai konduktivitas elektrik yang lebih tinggi. Tembaga mempunyai warna yang khas. Hal ini dikarenakan tembaga merefleksikan sinar warna merah dan jingga dalam spektrum cahaya.



Gambar 2.3. Batangan Tembaga Murni (Sumber: <http://en.wikipedia.org/wiki/copper>)

2.5.1. Sejarah Tembaga

Pada zaman Yunani kuno, logam ini dikenal dengan nama *chalkos* (χαλκός). Tembaga adalah sumber daya yang sangat penting untuk Romawi dan Yunani kuno. Pada zaman Roma kuno, logam ini dikenal dengan nama *aes cyprium*. *Aes* telah menjadi istilah yang umum untuk paduan tembaga seperti perunggu dan logam yang lain, dan nama *cyprium* dipakai karena logam ini paling banyak ditambang di Siprus. Kemudian, istilah ini disederhanakan menjadi *cuprum* dan akhirnya diterjemahkan dalam bahasa Inggris menjadi *copper*.

Tembaga telah diketahui menjadi bagian dari peradaban yang paling kuno yang tercatat dalam rekor sejarah. Tembaga mempunyai sejarah dari penggunaan paling tidak 10,000 tahun. Liontin perak telah ditemukan di Irak utara pada sekitar 8700 BC. Pada 5000 BC, ada tanda-tanda bahwa tembaga dapat di-smelting, yaitu proses pemurnian tembaga dari tembaga oksida seperti *malachite* atau *azurite*. Sedangkan tembaga mulai digunakan di dalam dunia emas sekitar tahun 4000 BC.



Gambar 2.4. Tembaga Murni (Sumber: <http://en.wikipedia.org/wiki/copper>)

Dalam dunia alkimia, simbol dari tembaga disimbolkan sebagai simbol dari planet Venus, seperti yang terlihat pada gambar 2.5.



Gambar 2.5. Simbol *Alchemical* Tembaga (Sumber: <http://en.wikipedia.org/wiki/copper>)

2.5.2. Penambangan Tembaga

Tembaga dapat ditemukan sebagai tembaga alami dalam bentuk mineral. Bijih tembaga kebanyakan diekstrak dari tambang terbuka di dalam *copper porphyry deposits* yang mengandung sekitar 0,4-1,0% tembaga. Contohnya tambang terbuka adalah Chuquibambilla di Chili dan El Chino di New Mexico.

Tembaga mempunyai sifat *ductile* dan mudah dibentuk, sehingga penggunaannya sangatlah luas, seperti:

- Kawat tembaga.
- Pipa tembaga.
- Knop pintu dan aplikasi lain di dalam peralatan rumah tangga.
- *Statuary: The Statue of Liberty*, seperti contoh yaitu mengandung 179,200 pounds (81.3 ton) tembaga.
- Elektromagnet.
- Relai elektronik.
- Dipadukan dengan nikel, seperti *cupronickel* dan monel, digunakan sebagai logam tahan korosi dalam pembuatan kapal.
- Sebagai komponen dari koin, biasanya paduan *cupronickel*.
- Dalam peralatan masak, seperti panci penggorengan.
- Most *flatware* (pisau, garpu, sendok), yang mana mengandung tembaga (*nickel silver*).
- *Sterling silver*, yang mana biasanya mengandung beberapa persen *copper*.

2.6. Nikel

Nikel adalah salah satu material logam yang terdapat pada tabel periodik, yang mana logam ini mempunyai simbol Ni dan nomor atom 28.

2.6.1. Sejarah Nikel

Penggunaan nikel telah dilakukan sejak dahulu kala, kurang lebih sekitar 3500 BC. Perunggu yang terdapat di Siria hingga sekarangpun masih mengandung nikel sebanyak 2%. Lebih jauh lagi, sejarah Cina pernah menggunakannya sekitar 1400 hingga 1700 BC. Pada zaman itu, orang Cina menyebutnya sebagai tembaga putih. Uniknya, saat itu orang sering keliru membedakan bijih perak dengan bijih nikel. Sedangkan penggunaan nikel sebagai uang koin terjadi pada tahun 1881.

2.6.2. Karakteristik Nikel

Nikel adalah logam yang berwarna putih perak , dan menyerupai warna *stainless steel*. Nikel berasal dari grup besi. Logam ini adalah logam yang sangat keras, dapat ditempa, dan *ductile*. Logam ini mempunyai struktur kristal FCC, dengan lattice parameter 0,356 nm di mana radius dari atomnya sebesar 0,126 nm.

2.6.3. Penambangan Nikel

Penambangan bahan mentah nikel dibagi menjadi dua tipe dari dua bijih deposit. Yang pertama adalah *latteries*, yang mana bijih logamnya adalah *limonit nikelferrous* $(\text{Fe,Ni})\text{O}(\text{OH})$ dan *garnierite*, biasa disebut dengan *hydrous nickel silicate* $(\text{Ni,Mg})_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})$. Yang kedua adalah *magmatic sulfida deposits* yang mana asalnya dari bijih logam *pentlandite* $(\text{Ni,Fe})_9\text{S}_8$.

Sedangkan tempat penambangannya terdapat di Sudbury, Ontario, Kanada., Rusia, Kaledonia Baru, Australia, Kuba, dan Indonesia. Daerah produksi nikel terbesar terdapat di daerah Rusia, yang mana penambangannya dilakukan sebanyak 267.000 ton setahun. Australia serta Kanada menempati urutan kedua dan ketiga dengan 207 dan 189,3 ton per tahun.

2.6.4. Aplikasi Nikel

Kurang lebih 65% dari nikel dikonsumsi di negara bagian barat untuk pembuatan *austenitic stainless steel*. Sedangkan 12% digunakan untuk *superalloys* dan untuk pembuatan koin digunakan 25% nikel. Sedangkan sisanya digunakan untuk paduan baja, baterai *rechargeable*, katalis, koin, produk pengecoran, dan *plating*. Penggunaan terbesar terjadi di Jepang yang menggunakan 169.600 ton per tahun pada tahun 2005.

Aplikasi dalam kehidupan sehari-hari:

- a. *Stainless steel* dan sebagai paduan untuk memperoleh ketahanan korosi dan oksidasi.
- b. Baja nikel digunakan untuk plat yang digunakan keperluan perang.
- c. Digunakan sebagai paduan baja *Alnico* untuk keperluan magnet.
- d. Sebagai paduan yang dikombinasikan dengan tembaga untuk memperoleh logam monel.
- e. Sebagai kawat canggih yang digunakan dalam pembuatan memori robot.
- f. Sebagai paduan yang digunakan untuk baterai yang dapat diisi ulang, seperti logam nikel hidrit, dan baterai nikel kadmium.
- g. Untuk keperluan koin. Di Amerika dan Kanada, nikel digunakan dalam koin 5 sen.
- h. Untuk keperluan *electroplating*.
- i. Untuk berbagai macam kebutuhan eksperimen kimia
- j. Bahkan nikel digunakan untuk katalis dalam pembuatan *hydrogenating* minyak sayur.

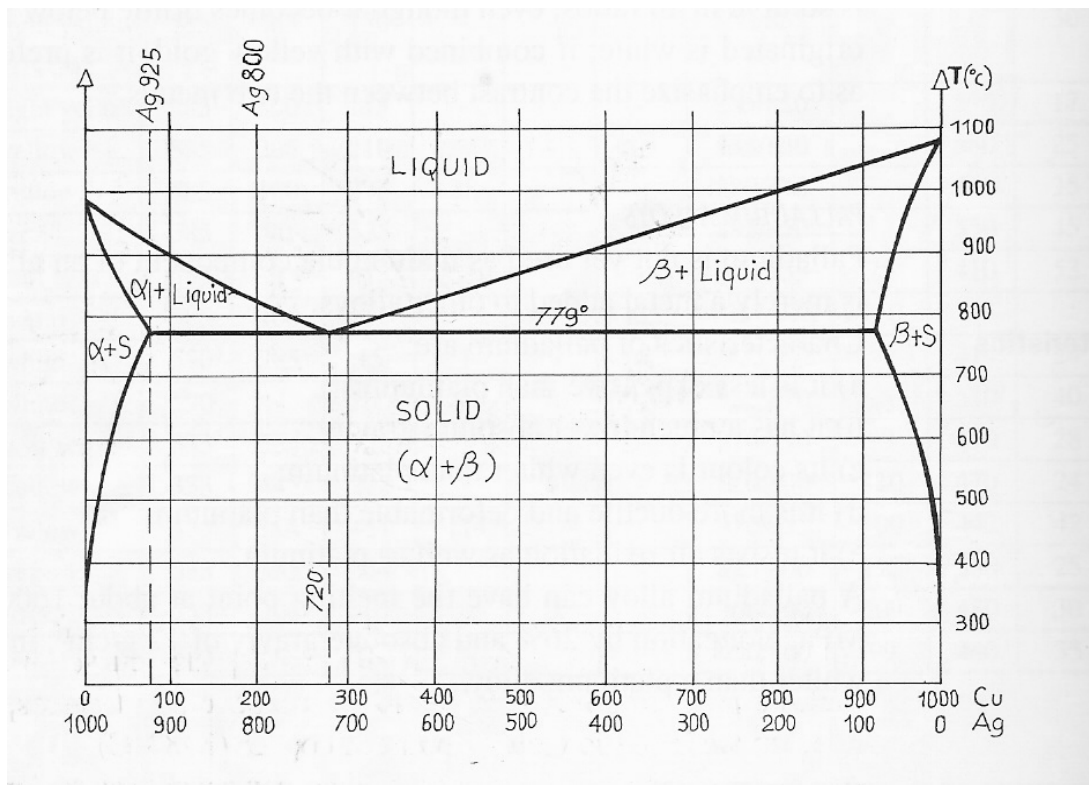
2.7. Pengaruh Penambahan Berbagai Kandungan Logam pada Paduan Perak

Ni : Lebih dari 1% nikel dapat ditambahkan dalam paduan perak-tembaga. Nikel berguna untuk menghambat pertumbuhan butir dan meningkatkan ketahanan perak terhadap oksidasi. Sedangkan jika lebih dari 2,5% Ni ditambahkan, maka nikel tersebut tidak dapat dilarutkan oleh perak. Juga penggunaan nikel akan sia-sia sehingga akan menjadi elemen yang beracun. Seperti yang telah diketahui, penggunaan nikel yang berlebihan akan menyebabkan *allergy dermatitis*, *carcinogenic* dan bahkan kematian pada manusia (Pinton, 1999, p. 234).

Cu : Penggunaan tembaga dalam perak dimaksudkan untuk meningkatkan *malleability*, kekerasan, dan *tensile strength* dari perak. Dan juga, tembaga dan perak dapat saling larut dalam keadaan padat (membentuk *solid α* dan *solid β*). Dari diagram 2.2., dapat kita ketahui bahwa dalam paduan perak-tembaga, jika kandungan dari tembaga ini meningkat, maka kekerasan, dan *tensile strength* akan meningkat. Hal ini berarti paduan yang memiliki paduan perak yang semakin tinggi akan mempunyai *machinability* yang semakin baik, namun tidak mudah berdeformasi dan aus pada penggunaan.

Al : Paduan yang mengandung aluminium 4-5% dapat larut dan tidak mempengaruhi karakteristik dan *workability*. Pada kandungan aluminium yang lebih tinggi, akan membuat paduan tersebut getas dengan pembuatan Ag_3Al .

S : Sulfur akan membentuk senyawa Ag_2S dan Cu_2S yang terletak pada batas butir ataupun di dalam butir. Kehadiran sulfur dapat diakibatkan oleh berbagai penyebab, antara lain material awal yang sudah mengandung sulfur, gas ataupun bahan bakar, dan pembuangan dari asam sulfida dari elektrolisis tembaga.



Gambar 2.6. Diagram Fase Perak-tembaga (Sumber: *Jewellery Technology*, Diego Pinton, 1999)

2.8. Proses Pengerjaan Perak

Proses pembuatan perhiasan perak terbagi menjadi dua, yaitu pembuatan secara *mechanical working* dan *casting*.

2.8.1. Mechanical Working

Proses ini meliputi produksi berbagai macam kalung dan gelang. Proses ini dimulai dari:

- (i) Persiapan bahan; proses ini dimulai dengan pencampuran bahan yang diperlukan, yang mana perak sebagai logam utama dan logam lain sebagai paduan untuk mendapatkan karakteristik yang diinginkan.

- (ii) Peleburan bahan; proses ini adalah proses peleburan perak dengan paduannya dengan suhu tertentu.
- (iii) Penipisan; proses ini menggunakan proses *cold rolling* untuk mendapatkan ketebalan serta diameter yang diinginkan.
- (iv) Pengerjaan oleh mesin.
- (v) *Plating*; proses ini adalah proses tambahan untuk melapisi logam dengan menggunakan proses *electroplating* untuk mendapatkan warna yang diinginkan (khususnya untuk permintaan warna yang spesifik).

2.8.2. Casting

Proses ini dilakukan untuk mendapatkan benda yang tidak dapat diperoleh oleh *mechanical working*, seperti untuk cincin, liontin, dan sebagainya. Dengan kata lain, proses ini dilakukan untuk mendapatkan produk yang dimensinya kecil, dan bentuk yang sulit dikerjakan oleh tangan.

2.8.2.1 Investment Casting

Investment casting adalah teknik yang sangat sering digunakan untuk mengecor material dengan dimensi hasil akhir berdimensi sangat kecil. Metode ini pertama kali digunakan untuk kebutuhan *dentistry*.

Proses ini memiliki keunggulan dibandingkan dengan proses lainnya, yaitu:

- a. Proses ini juga dapat digunakan untuk pembuatan proses masal dengan model yang berganti- ganti, hal ini dikarenakan pembuatan *dies*nya yang terbuat dari karet dan lilin. Hal inilah yang menyebabkan harganya lebih murah dibandingkan dengan dari logam apapun.
- b. Proses ini jauh lebih murah dibandingkan dengan jenis pengecoran yang lain.
- c. Proses ini tidak membutuhkan tenaga khusus untuk memindahkan cetakan, hal ini dikarenakan lilin yang menjadi *dies*nya memang dilelehkan, sehingga cetakannya dapat dikatakan 99% persis dengan *dies*nya.