

PERBANDINGAN KEKASARAN PERMUKAAN
LOGAM TUANG Cu ALOI (*ORDEN*), Ag ALOI (*WASHI*) dan
Ni-Cr ALOI (*DURABON*)

KARYA TULIS ILMIAH
(SKRIPSI)



Unit UPT Perpustakaan
UNIVERSITAS JEMBER



Diajukan Guna Memenuhi Syarat Untuk
Meraih Gelar Sarjana Kedokteran Gigi
Pada Fakultas Kedokteran Gigi
Universitas Jember

Pembimbing :

drg. FX Ady Soesetijo Sp. Pros. (DPU)
drg. Dewi Kristiana M.Kes. (DPA)

Oleh :

Reni Kurniasari
011610101077

FAKULTAS KEDOKTERAN GIGI
UNIVERSITAS JEMBER
2005

**PERBANDINGAN KEKASARAN PERMUKAAN
LOGAM TUANG Cu ALOI (*ORDEN*), Ag ALOI
(*WASHI*) dan Ni-Cr ALOI (*DURABON*)**

**KARYA TULIS ILMIAH
(SKRIPSI)**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Guna Memperoleh
Gelar Sarjana Kedokteran Gigi pada
Fakultas Kedokteran Gigi
Universitas Jember

Disusun oleh :

Reni Kurniasari

011610101077

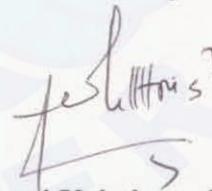
Dosen Pembimbing Utama

Dosen Pembimbing Anggota



drg. FX Ady Soesetijo, Sp. Pros.

NIP. 131 660 770



drg. Dewi Kristiana, M. Kes.

NIP. 132 206 085

**FAKULTAS KEDOKTERAN GIGI
UNIVERSITAS JEMBER**

2005

Diterima Oleh :

Fakultas Kedokteran Gigi

Universitas Jember

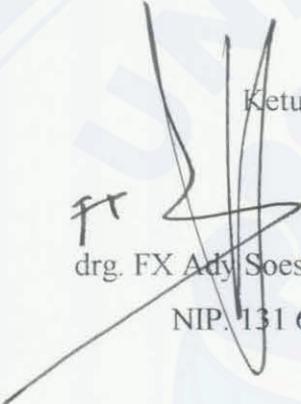
Sebagai Karya Tulis Ilmiah (Skripsi)

Dipertahankan pada :

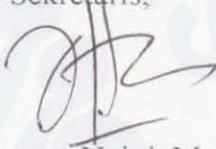
Hari : Jum'at

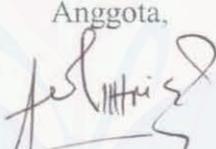
Tanggal : 17 Juni 2005

Tempat : Fakultas Kedokteran Gigi
Universitas Jember


Ketua,
drg. FX Ady Soesetijo, Sp. Pros.
NIP. 131 660 770

TIM PENGUJI,

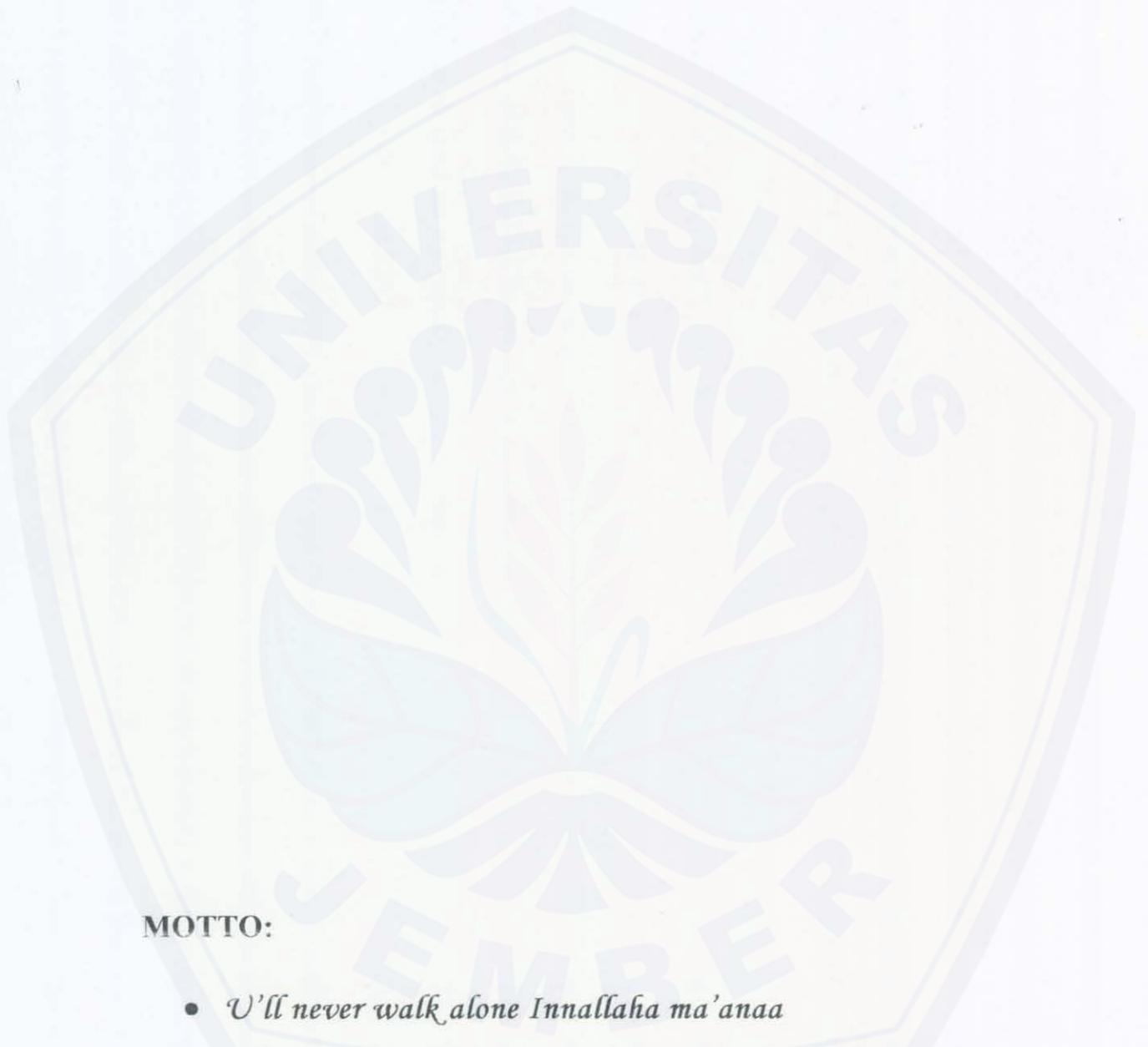

Sekretaris,
drg. Amiyatun Naini, M. Kes.
NIP. 132 232 443


Anggota,
drg. Dewi Kristiana, M. Kes.
NIP. 132 206 085

Mengesahkan
Dekan Fakultas Kedokteran Gigi
Universitas Jember



drg. Zahreni Hamzah, MS.
NIP. 131 53 576



MOTTO:

- *U'll never walk alone Innallaha ma'anaa*
- *Ma'kin besar kesulitan, ma'kin besar kemuliaan dari keberhasilan mengatasinya, innama'al 'usriyusra*

(Reni)

PERSEMBAHAN

Dengan segala hormat dan terima kasih, kupersembahkan karya ini untuk :

- *Ayahku Much Cholih dan Bunda Daryati atas semua pengorbanan, dukungan, do'a dan kasih sayang yang selalu mengiringi langkahku dengan tulus ikhlas tanpa harap kembali.*
- *Suamiku Nanang Krisnawan yang selalu setia dan sabar mendampingi langkahku dan memberikan cinta kasihnya, semangat, taunih dan segala pengorbanan hanya semata karena cinta padaNYA.*
- *Kakak-kakaku Ani Kurniatiningsih, A. Md. dan Briptu. Bowo Kurniawan yang selalu mendukung dan memberikan semangat hingga terselesaikan Karya Tulis Ilmiah ini.*
- *Agamaku*

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur bagi Allah SWT Sholawat dan salam semoga tercurah keharibaan junjungan Muhammad Rasulullah, keluarga dan para sahabat.
Amma ba'du

Hanya atas ijin dan pertolongan Allah, sehingga penulis dapat menyelesaikan Karya Tulis Ilmiah yang berjudul **Perbandingan Kekasaran Permukaan Logam Tuang Cu aloi (*Orden*), Ag aloi (*Washi*) dan Ni-Cr aloi (*Durabon*).**

Penulisan Karya Tulis Ilmiah ini tidak terlepas dari bantuan bimbingan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih kepada :

1. drg. Zahreni Hamzah, M.S., selaku Dekan Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember.
2. drg. FX Ady Soesetijo, Sp. Pros., selaku Dosen Pembimbing Utama dan drg. Dewi Kristiana, M. Kes., selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah memberikan bimbingan sejak awal penelitian hingga selesainya penyusunan Karya Tulis Ilmiah ini.
3. drg. Amiyatun Naini, M. Kes., selaku sekretaris yang telah memberikan masukan demi kesempurnaan Karya Tulis Ilmiah ini.
4. drg. Ristya Widi Endah Yani, selaku Dosen Wali yang telah membimbing penulis.
5. drg. Rudy Joelijanto, M. Biomed., yang telah memberi kesempatan penulis belajar dan memberikan bimbingannya.
6. Bapak dan Ibuku, mertua dan saudara-saudaraku serta semua keluarga tercinta terima kasih atas doa dan restunya.
7. Suamiku terkasih, atas kesetiiaannya selalu mendampingi dan memberikan semangat dan taujih dengan kasih sayang yang tulus demi meraih cintaNYA.

8. Sahabat-sahabatku Sylvia, Adisti, Yuska, Nurdin, Khusnul, Nugroho, Herina, Nana, Amel, Rini, Rina, Maya dan Ali, terima kasih selalu jadi sahabatku.
9. Adik-adikku yang lucu Adi brata, Adit, dan Agung.
10. Teman perjuangan mba Ve, Niken, Devi, Tyas dan Prila, moga kita bisa jadi mujahidah secerdas Aisyah.
11. Semua teman-teman angkatan 2001, bravo tuk kalian.
12. Semua pihak yang sudah turut mendukung dalam penyusunan Karya Tulis Ilmiah ini yang tidak bisa disebutkan satu persatu kiranya Allah membalas kebaikan kalian.

Penulis menyadari kelemahannya sebagai manusia dan Karya Tulis Ilmiah ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis selalu membuka diri untuk menerima kritik dan saran. Akhir kata semoga penulisan Karya Tulis Ilmiah ini dapat bermanfaat bagi perkembangan ilmu kedokteran gigi dan masyarakat umum, amin.

Jember, Juni 2005

Penulis

DAFTAR ISI

| | |
|--|----------|
| HALAMAN JUDUL | i |
| HALAMAN PENGAJUAN | ii |
| HALAMAN PENGESAHAN | iii |
| HALAMAN MOTTO | iv |
| HALAMAN PERSEMBAHAN | v |
| KATA PENGANTAR | vi |
| DAFTAR ISI | viii |
| DAFTAR TABEL | xi |
| DAFTAR GAMBAR | xii |
| DAFTAR LAMPIRAN | xiii |
| RINGKASAN | xiv |
| I. PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 3 |
| 1.3 Tujuan Penelitian | 3 |
| 1.4 Manfaat Penelitian | 3 |
| II TINJAUAN PUSTAKA | 4 |
| 2.1 Logam | 4 |
| 2.1.1 Definisi Logam | 4 |
| 2.1.2 Struktur Atom Logam | 4 |
| 2.1.3 Ikatan Logam | 4 |
| 2.1.4 Sifat-sifat Karakteristik Logam | 4 |
| 2.1.5 Bentuk Logam yang Tersedia | 5 |
| 2.1.6 Metode Pembuatan Logam | 5 |
| 2.1.7 Syarat Logam untuk Restorasi Tuang | 5 |
| 2.1.8 Keunggulan dan Kelemahan Logam | 6 |
| 2.2 Aloi | 7 |
| 2.2.1 Definisi Aloi | 7 |
| 2.2.2 Struktur Atom Aloi | 7 |

| | | |
|------------|---|-----------|
| 2.2.3 | Sifat-sifat Aloi..... | 8 |
| 2.2.4 | Penggolongan Aloi..... | 8 |
| 2.2.5 | Persyaratan Aloi..... | 10 |
| 2.3 | Logam Padu Tuang Tembaga..... | 10 |
| 2.4 | Logam Padu Tuang Perak..... | 11 |
| 2.5 | Logam Padu Tuang Ni-Cr..... | 12 |
| 2.6 | Pengecoran Logam..... | 13 |
| 2.7 | Kekasaran Permukaan..... | 14 |
| 2.7.1 | Definisi Kekasaran Permukaan..... | 14 |
| 2.7.2 | Penyebab dan Cara Pencegahan Kekasaran Permukaan..... | 14 |
| 2.8 | Hipotesis penelitian..... | 15 |
| III | METODE PENELITIAN..... | 16 |
| 3.1 | Jenis Tempat dan Waktu Penelitian..... | 16 |
| 3.1.1 | Jenis Penelitian..... | 16 |
| 3.1.2 | Tempat Penelitian..... | 16 |
| 3.1.2 | Waktu Penelitian..... | 16 |
| 3.2 | Objek Penelitian..... | 16 |
| 3.3 | Variabel Penelitian..... | 16 |
| 3.3.1 | Variabel Bebas..... | 16 |
| 3.3.2 | Variabel Terikat..... | 16 |
| 3.3.3 | Variabel Kendali..... | 16 |
| 3.4 | Definisi Operasional..... | 17 |
| 3.4.1 | Cu Aloi..... | 17 |
| 3.4.2 | Ag Aloi..... | 17 |
| 3.4.3 | Ni-Cr Aloi..... | 17 |
| 3.4.4 | Kekasaran Permukaan..... | 17 |
| 3.5 | Pengelompokan Besar Ulangan Sampel..... | 18 |
| 3.5.1 | Pengelompokan Sampel..... | 18 |
| 3.5.2 | Besar Ulangan Sampel..... | 18 |

| | | |
|-----------|-------------------------------------|-----------|
| 3.6 | Alat dan Bahan | 18 |
| 3.6.1 | Alat..... | 18 |
| 3.6.2 | Bahan..... | 19 |
| 3.7 | Prosedur Kerja..... | 19 |
| 3.7.1 | Persiapan Penelitian..... | 19 |
| 3.7.1 | Teknik Pengukuran Sampel | 22 |
| 3.8 | Analisa Data | 22 |
| IV | HASIL DAN ANALISA DATA | 23 |
| 4.1 | Hasil Penelitian..... | 23 |
| 4.2 | Analisa Data..... | 23 |
| V | PEMBAHASAN..... | 26 |
| VI | KESIMPULAN DAN SARAN | 30 |
| 6.1 | Kesimpulan | 30 |
| 6.2 | Saran..... | 30 |
| | DAFTAR PUSTAKA..... | 31 |
| | LAMPIRAN..... | 33 |

DAFTAR TABEL

| Nomor | Halaman |
|---|---------|
| 1. Hasil Rata-rata Pengukuran Kekasaran Permukaan Cu aloi (<i>Orden</i>), Ag aloi (<i>Washi</i>) dan Ni-Cr aloi (<i>Durabon</i>) | 23 |
| 2. Hasil <i>Analysis of Varians</i> dari Rata-rata Pengukuran Kekasaran Permukaan Cu aloi (<i>Orden</i>), Ag aloi (<i>Washi</i>) dan Ni-Cr aloi (<i>Durabon</i>)..... | 24 |
| 3. Kemaknaan Statistik dan Kekasaran Permukaan Antara Cu aloi (<i>Orden</i>), Ag aloi (<i>Washi</i>) dan Ni-Cr aloi (<i>Durabon</i>)..... | 24 |

DAFTAR GAMBAR

| | Halaman |
|---|---------|
| Gambar 1. <i>Master Mould</i> | 18 |
| Gambar 2. Kerangka Konsep Penelitian | 22 |
| Gambar 3. Foto Hasil Cu aloi..... | 35 |
| Gambar 4. Foto Hasil Ag aloi..... | 35 |
| Gambar 5. Foto Hasil Ni-Cr aloi..... | 36 |
| Gambar 6. Foto Alat <i>Surface Test Analyzer</i> | 37 |
| Gambar 7. Foto Oven <i>Nabetherm</i> | 37 |
| Gambar 8. Foto <i>Centrifugal Casting Machine</i> | 38 |
| Gambar 9. Foto Penyembur Api (<i>Blow Torch</i>)..... | 38 |
| Gambar 10. Foto Alat Penelitian..... | 39 |
| Gambar 11. Foto Bahan Penelitian | 39 |

DAFTAR LAMPIRAN

| | Halaman |
|---|---------|
| Lampiran 1. Analisa Data | 33 |
| Lampiran 2. Foto Hasil Penelitian | 35 |
| Lampiran 3. Foto Alat dan Bahan | 37 |



RINGKASAN

(Reni Kurniasari), NIM. 011610101077, Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember, Perbandingan Kekasaran Permukaan Logam Tuang Cu aloi (*Orden*), Ag aloi (*Washi*) dan Ni-Cr aloi (*Durabon*), Pembimbing drg. FX Ady Soesetijo, Sp. Pros. (DPU) dan drg. Dewi Kristiana, M. Kes. (DPA).

Logam dan aloi berperan penting dalam bidang kedokteran gigi. Material ini sering digunakan pada praktek kedokteran gigi, termasuk *dental* laboratorium, restorasi langsung dan tidak langsung serta alat yang digunakan untuk preparasi dan manipulasi gigi. Paduan logam dasar mempunyai kekuatan lebih baik dan lebih ekonomis dari segi biaya bila dibandingkan dengan paduan logam mulia terutama dalam pembuatan mahkota tiruan dan restorasi jembatan. Logam padu tuang tembaga (Cu aloi) dan logam padu tuang perak (Ag aloi) masih digunakan sebagai bahan restorasi karena cukup keras sehingga mampu menahan daya kunyah, dapat dipoles dengan baik, tidak menyebabkan efek samping dan mudah pengelolannya. Ni-Cr aloi secara luas digunakan untuk mengganti mahalannya *precious metal* aloi dan dapat mencegah korosi. Dalam mendeteksi logam tuang untuk suatu restorasi perlu dipertimbangkan kekasaran permukaan hasil tuangan logam, sebab kadang permukaan dari hasil tuangan logam, terutama pada daerah tertentu kasar dan tidak sesuai dengan cetakan. Kekasaran permukaan dari restorasi tuang bisa mempersulit dalam proses *finishing* atau *polishing* dan dapat memperlemah suatu restorasi tuang. Permukaan yang kasar merupakan faktor yang paling besar untuk terjadinya perlekatan plak. Oleh karena itu, penulis ingin mengetahui apakah ada perbedaan kekasaran permukaan hasil tuangan Cu aloi, Ag aloi dan Ni-Cr aloi. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui perbedaan kekasaran permukaan hasil tuangan ketiga aloi tersebut di atas. Sehingga dapat bermanfaat sebagai informasi dalam pemilihan bahan restorasi tuang.

Jenis penelitian ini merupakan observasional analitik, untuk masing-masing kelompok sampel sebanyak lima kali ulangan. Pengukuran sampel menggunakan *surface test analyzer*. Data yang diperoleh dirata-rata, kemudian dianalisis dengan menggunakan uji *anova* satu arah dan dilanjutkan dengan uji *Tukey HSD*.

Hasil penelitian menunjukkan rata-rata pengukuran kekasaran permukaan ketiga aloi tersebut di atas terdapat perbedaan kekasaran permukaan yang bermakna, dan nilai rata-rata yang paling kecil adalah Ni-Cr aloi.

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam bidang kedokteran gigi, kita mengenal perawatan geligi tiruan, dalam istilah kedokteran gigi disebut juga *protesa*. *Protesa* adalah suatu alat yang digunakan untuk menggantikan salah satu atau lebih gigi asli yang hilang serta jaringan pendukungnya. *Protesa* tersebut dapat berupa *protesa* lepasan maupun *protesa* cekat (Gunadi, 1991). Gigi tiruan cekat adalah menggantikan gigi yang hilang dengan mempertahankan dan memelihara kesehatan gigi yang masih ada beserta seluruh sistem pengunyahan supaya dapat berfungsi dengan baik. Gigi tiruan cekat memiliki beberapa kelebihan yaitu; lebih menyerupai gigi asli, lebih nyaman, estetik lebih baik, lebih mudah diterima oleh penderita (Kusumawaty, 2003). Menurut Karlina (2003), bahan yang lebih tahan terhadap daya kunyah biasanya digunakan logam sedangkan untuk kepentingan estetik biasanya logam dipadukan dengan keramik yang diletakkan pada bagian-bagian fasial.

Logam dan aloi berperan penting dalam bidang kedokteran gigi. Material ini sering digunakan pada praktek kedokteran gigi, termasuk *dental* laboratorium, restorasi langsung (tumpatan amalgam) dan tidak langsung (gigi tiruan jembatan dan rangka gigi tiruan) serta alat yang digunakan untuk preparasi dan manipulasi gigi (Craig, 1983). Logam campur (aloi) digunakan di bidang kedokteran gigi untuk berbagai keperluan, salah satu di antaranya adalah sebagai bahan untuk membuat rangka gigi tiruan. Dibandingkan dengan bahan lain yang biasa digunakan misalnya keramik, logam campur lebih menguntungkan karena kekuatan dan kekerasan yang dimilikinya memungkinkan praktisi dokter gigi membuat desain rangka gigi tiruan yang lebih sederhana dan tipis, sehingga gigi tiruan yang dihasilkan lebih nyaman dipakai (Dahar, 1996). Paduan logam dasar mempunyai kekuatan lebih baik dan lebih ekonomis dari segi biaya bila dibandingkan dengan paduan logam mulia terutama dalam pembuatan mahkota

tiruan dan restorasi jembatan. Temperatur dari logam paduan dasar mempunyai rentang yang lebih besar dibanding paduan logam mulia (Irawan, 2002).

Menurut Combe (1992), logam untuk membuat mahkota, jembatan dan rangka gigi tiruan sebagian mengandung elemen yang tidak murni. Pada umumnya digunakan *aliose* yang mengandung tembaga, perak, platinum, paladium, nikel dan seng. Penggunaan logam tuang paduan perak dan logam tuang paduan tembaga cukup populer dengan merek dagangnya. Logam tuang paduan perak dan logam tuang paduan tembaga banyak digunakan untuk restorasi tuang seperti mahkota, jembatan, *onlay* dan *inlay* (Soufyan, 1986). Logam padu tuang tembaga (Cu aloi) dan logam padu tuang perak (Ag aloi) masih digunakan sebagai bahan restorasi karena cukup keras sehingga mampu menahan daya kunyah, dapat dipoles dengan baik, tidak menyebabkan efek samping dan mudah pengelolannya. Walaupun logam ini bisa mengalami tarnis dan korosi, tetapi masih dalam batas yang dapat diterima sebagai bahan restorasi di dalam mulut (Sylvani, 1995). Menurut Craig (1983), Ni-Cr aloi secara luas digunakan untuk mengganti mahalanya *precious metal* aloi dan dapat mencegah korosi. Kebanyakan aloi yang mengandung nikel penggunaannya dalam bidang kedokteran gigi sebagai bahan membuat *hand instruments* dan peralatan dari *stainless steel* yang kontak dengan jaringan lunak pasien ([http:// www.nipera.org/dental_2cpm](http://www.nipera.org/dental_2cpm)).

Dalam mendeteksi logam tuang untuk suatu restorasi tuang perlu dipertimbangkan kekasaran permukaan hasil tuangan logam, terutama pada daerah tertentu kasar dan tidak sesuai dengan cetakan (Phillips, 1984). Kekasaran permukaan dari restorasi tuang bisa mempersulit dalam proses *finishing* atau *polishing* dan dapat memperlemah suatu restorasi tuang (<http://www.ncbi.nlm.gov/entrez/query>). Menurut Jang (2001), permukaan yang kasar merupakan faktor yang paling besar untuk terjadinya perlekatan plak. Menurut Phillips (1991), kekasaran permukaan logam adalah iregularitas permukaan dimana tinggi, lebar dan arahnya menentukan pola utama dari suatu permukaan logam. Dalam penelitian ini membandingkan derajat kekasaran hasil tuangan logam padu tuang Ag (*Washi*), logam padu tuang Cu (*Orden*), logam padu tuang Ni-Cr (*Durabon*).

Menurut Jang (2001), dalam penelitiannya membandingkan kekasaran permukaan hasil tuangan titanium murni (cp-Ti) dengan Co-Cr RPD *frame works*, tidak ditemukan perbedaan pada lokasi atau penyebaran dari porositas dan perbedaan yang tidak signifikan pada kekasaran permukaan kedua tipe *frame works* tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

1. Apakah ada perbedaan kekasaran hasil tuangan logam tuang Cu aloi, logam tuang Ag aloi, logam tuang Ni-Cr aloi.
2. Manakah di antara hasil tuangan logam tuang Cu aloi, logam tuang Ag aloi, logam tuang Ni-Cr aloi yang mempunyai derajat kekasaran paling kecil.

1.3 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui perbedaan kekasaran hasil tuangan logam tuang Cu aloi, logam tuang Ag aloi, logam tuang Ni-Cr aloi.
2. Mengetahui mana yang mempunyai tingkat kekasaran terkecil dari hasil tuangan logam tuang Cu aloi, logam tuang Ag aloi, logam tuang Ni-Cr aloi.

1.4 Manfaat Penelitian

Dapat digunakan sebagai informasi pemilihan bahan restorasi tuang yang memiliki kekasaran paling kecil, bagi praktisi dokter gigi pada khususnya dan masyarakat pada umumnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Logam

2.1.1 Definisi Logam

Logam adalah suatu elektropositif ; yaitu, sebagai donor proton ion hidrogen yang bermuatan positif. Dari lebih 100 elemen dalam tabel periodik, sebanyak 68 adalah logam, delapan menyerupai logam (*metalloid*) dalam berbagai aspek (misal silikon, arsenik dan boron) dan sisa lainnya berupa non-logam (Combe, 1992). Menurut Craig (1983), logam terdiri dari beberapa elemen ion positif di dalam larutan. Logam dan aloi mempunyai peranan penting dalam bidang kedokteran gigi. Hampir semua aspek dari praktek kedokteran gigi menggunakan material ini termasuk laboratorium kedokteran gigi, restorasi langsung dan tidak langsung, alat-alat kedokteran gigi untuk preparasi dan manipulasi gigi.

2.1.2 Struktur Atom Logam

Logam biasanya mempunyai struktur kristal padat. Ketika logam atau aloi dalam keadaan dingin, proses pematatannya adalah satu kristal dan di sisi yang spesifik disebut inti (Craig, 1983).

2.1.3 Ikatan Logam

Menurut Combe (1992), sebuah atom logam dengan mudah dapat melepas sebagian elektron luarnya menghasilkan ion positif. Padatan logam yang mengandung ion positif ini dapat bergabung dengan suatu elektron bebas. Mobilitas elektron tersebut menunjukkan kemampuan logam untuk menghantarkan panas dan listrik.

2.1.4 Sifat-sifat Karakteristik Logam

Menurut Combe (1992), sifat karakteristik logam pada umumnya adalah sebagai berikut di bawah ini.

- a. Keras,
- b. Berkilat,

- c. Berat, ini berkaitan dengan berat atom elemen dan tipe struktur kisi yang menentukan bagaimana eratnya atom-atom tersebut tersusun,
- d. Penghantar panas dan penghantar listrik yang disebabkan sifat ikatan logam,
- e. *Opaque* karena elektron-elektron bebas mengabsorpsi energi elektromagnetik cahaya, dan
- f. Liat dan dapat dibentuk.

2.1.5 Bentuk Logam yang Tersedia

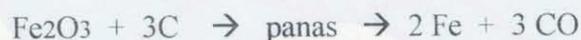
Logam dapat diperoleh baik sebagai elemen murni atau gabungan dengan elemen lain dalam bentuk bijih. Berupa bijih yang terdiri dari gabungan logam bersama-sama dengan bahan bumi yang tidak dikehendaki. Sebelum berubah menjadi logam, bijih biasanya menempuh proses sebagai berikut: pengasahan (*grinding*), pengayakan (*grading*) sesuai dengan besar dan kualitasnya, dan *density* (Combe, 1992).

2.1.6 Metode Pembuatan Logam

Menurut Combe (1992), beberapa metode pembuatan logam seperti di bawah ini.

a. *Thermal Methods*

Beberapa oksida dapat langsung diubah menjadi logam dengan pemberian pereduksi, misalnya:



b. *Hydro-metallurgical Methods*

Bijih direndam dalam suatu cairan pelarut yang diencerkan seperti asam sulfur. Elektrolisa cairan tersebut akan menghasilkan logam yang sangat murni, contohnya: perak, seng dan tembaga.

c. *Thermo-electrolytic*

Dikerjakan dengan elektrolisa suatu mineral yang dicairkan, biasanya dipergunakan pada alumunium, kalsium, sodium dan lain-lain.

2.1.7 Syarat Logam untuk Restorasi Tuang

Syarat-syarat yang harus dimiliki dari suatu logam untuk pembuatan *inlay*, *onlay*, mahkota dan jembatan adalah sebagai berikut di bawah ini.

- a. Dapat bertahan terhadap keadaan di dalam mulut,
- b. Cukup kuat untuk menahan daya kunyah,
- c. Cukup keras untuk menahan kikisan artikulasi,
- d. Mudah dikerjakan di laboratorium gigi dengan alat-alat yang lazim/ sederhana,
- e. Mudah peleburannya,
- f. Tidak berubah warna, tidak mempunyai rasa dan tidak beracun, dan
- g. Tidak kehilangan sifat-sifatnya selama diolah menjadi restorasi (Martanto, 1981).

2.1.8 Keunggulan dan Kelemahan Logam

Logam sebagai bahan rangka geligi tiruan memiliki beberapa keunggulan seperti di bawah ini.

a. Penghantar Termis

Karena logam merupakan penghantar panas yang baik, maka setiap perubahan suhu yang terjadi langsung disalurkan ke jaringan di bawahnya. Rangsang seperti ini akan menstimulasi dan mempertahankan kesehatan jaringan.

b. Kestabilan Dimensi

Basis yang terbuat dari aloi emas maupun krom-kobalt tidak saja lebih tepat, tetapi juga mampu mempertahankan bentuk tanpa terjadi perubahan selama pemakaian dalam mulut. Hal ini disebabkan tidak terjadi *internal strain* selama proses pembuatannya, sehingga tidak terjadi perubahan bentuk dan volume. Kestabilan bentuk basis akan menciptakan kecermatan kontak dengan jaringan mulut di bawahnya, sehingga meningkatkan retensi. Inilah yang disebut *internal surface tension*.

c. Mudah Pembersihannya

Aloi adalah bahan yang tahan abrasi, karena itu permukaannya tetap licin dan mengkilat, serta tidak menyerap cairan mulut. Sifat ini membuat deposit makanan maupun kalkulus sulit melekat. Walaupun terjadi, kalkulus dapat dengan mudah dibersihkan secara mekanis. Karena karakteristik ini, basis logam ini disebut *naturally cleaner* dibanding resin.

d. Kekuatan maksimal dengan ketebalan minimal

Basis logam dapat dibuat lebih tipis daripada resin, tetapi cukup kuat dan tegar, sehingga ruang gerak bagi lidah relatif lebih luas.

Disamping beberapa keunggulan, logam juga memiliki beberapa kelemahan sebagai berikut di bawah ini.

- a. Warna basis logam tidak harmonis dengan warna jaringan sekitarnya sehingga bila dipakai di bagian anterior akan mengganggu faktor estetik,
- b. Relatif lebih berat, terutama aloi emas untuk rahang atas,
- c. Perluasan basis metal sampai ke lipatan bukal maupun pengembalian kontur pipi dan bibir sulit dilakukan dengan basis metal,
- d. Teknik pembuatannya lebih rumit dan mahal, dan
- e. Korosi dan tarnis (Gunadi, 1991).

2.2 Aloi

2.2.1 Definisi Aloi

Logam murni sangat jarang dipergunakan di kedokteran gigi (kecuali lembaran emas dan platinum dalam pembuatan porselen di laboratorium). Pada umumnya logam murni terlalu lunak dan terlalu liat untuk dipergunakan dalam pemakaian di kedokteran gigi. Sifat mekanis ini dapat ditingkatkan dengan mencampur beberapa macam logam. Campuran beberapa macam logam ini disebut aloi. Aloi atau *aliose* adalah campuran dua atau lebih elemen logam, kadang-kadang konstitusi terpentingnya mungkin berupa *metalloid* atau bahkan suatu non logam, asal saja campuran elemen tersebut masih menunjukkan sifat-sifat logam (Combe, 1992). Tidak semua logam dapat dilebur menjadi satu dengan logam yang lainnya, beberapa logam tidak dapat dilebur pada semua logam yang lain (Craig, 1983).

2.2.2 Struktur Atom Aloi

Aloi mempunyai struktur kristal seperti logam murni atau mempunyai struktur atom lainnya misalnya *eutectic* atau *intermetallic compounds*. Struktur atom aloi dapat dilihat dengan menggunakan mikroskop elektron dengan resolusi

tinggi. Struktur mikro aloi dapat dilihat dengan memoles permukaan aloi (Craig, 1983).

2.2.3 Sifat-sifat AloI

Menurut Musaikan (1983), aloi mempunyai sifat-sifat sebagai berikut di bawah ini.

- a. Sifat-sifat fisik aloi meliputi: koefisien ekspansi termal, konduktivitas pada temperatur cair, temperatur beku, temperatur uap, temperatur kristalisasi, berat spesifik, sifat magnetis dan berat jenis,
- b. Sifat-sifat kimia aloi meliputi: kemampuan bereaksi dengan elemen-elemen lain, valensi, nomor atom, laju reaksi dan ketahanan korosi, dan
- c. Sifat-sifat mekanik aloi yaitu: modulus elastisitas, kekerasan, tegangan tarik, tegangan mulur, tegangan tumbuk, tegangan lelah, tegangan puntir, keuletan dan regangan.

Sifat-sifat mekanis suatu aloi dapat sangat berbeda dengan komponen logam atau *metaloid* aslinya (Combe, 1992). Banyak faktor yang mempengaruhi sifat mekanik aloi, dimana faktor-faktor tersebut satu sama lain berkaitan. Sifat fisik dan kimia juga dapat saling mempengaruhi sifat mekanik. Sifat mekanik aloi dipengaruhi oleh faktor sebagai berikut di bawah ini.

- a. Komposisi dan persentase elemen-elemen pembentuk aloi, karena elemen-elemen aloi mempunyai sifat saling memperbaiki sifat-sifat merugikan yang terdapat pada elemen-elemen tersebut, dan
- b. Perlakuan panas pada logam, karena pada proses pembentukan aloi cenderung terjadi perubahan yang besar, terutama pada proses pendinginan (Musaikan, 1983).

2.2.4 Penggolongan AloI

Aloi di bidang kedokteran gigi sekarang telah banyak dikembangkan dalam berbagai macam penggolongan. Menurut Mc Lean (1979), pada dasarnya penggolongan aloi berpedoman pada penggolongan sebagai berikut di bawah ini.

1. *Noble-Metal Alloy System* terdiri dari aloi-aloi di bawah ini.

- a. AloI yang mengandung kadar emas tinggi, yaitu:

- *Gold-Platinum-Palladium alloy*, merupakan logam paduan yang terbuat dari campuran emas, platina, paladium dan elemen-elemen lain pembentuk aloi.
- *Gold-Platinum-Tantalium alloy*, merupakan logam paduan yang terbuat dari campuran emas, platina, tantalium dan elemen-elemen lain pembentuk aloi.

b. Aloi yang mengandung kadar emas rendah, yaitu:

Gold-Palladium-Silver Alloy, merupakan logam paduan yang terbuat dari campuran emas, paladium, perak dan elemen-elemen lain pembentuk aloi.

c. Aloi yang tidak mengandung emas, yaitu:

Palladium-Silver Alloy, merupakan logam paduan yang terbuat dari campuran paladium, perak dan elemen-elemen lain pembentuk aloi.

2. *Base-Metal Alloy System* terdiri dari aloi-aloi di bawah ini.

a. *Nickel-Chromium Alloy*, merupakan logam paduan yang terbuat dari campuran nikel, kromium dan elemen-elemen lain pembentuk aloi.

b. *Cobalt-Chromium Alloy*, merupakan logam paduan yang terbuat dari campuran kobalt, kromium dan elemen-elemen lain pembentuk aloi.

Selain penggolongan tersebut beberapa peneliti lain menggolongkan aloi menjadi *Precious Alloy* dan *Non Precious Alloy*. *Precious Alloy* adalah aloi yang terbuat dari logam mulia sedangkan *Non Precious Alloy* adalah aloi yang terbuat dari bukan logam mulia.

Menurut Combe (1992), penggolongan aloi berdasarkan pemakaian di kedokteran gigi, yaitu sebagai berikut di bawah ini.

- Aloi tipe I, dipergunakan pada keadaan dimana tidak ada beban yang besar, misalnya pada kavitas klas III dan Klas V.
- Aloi tipe II, kebanyakan dipergunakan untuk segala tipe *inlay*.
- Aloi tipe III, dipergunakan untuk keperluan mahkota dan jembatan, dan pada keadaan dimana ditemui beban yang sangat besar.
- Aloi tipe IV, dipergunakan untuk gigi tiruan sebagian tuangan dan untuk cangkolan.

2.2.5 Persyaratan Aloi

Aloi tuang hendaknya mempunyai sifat-sifat seperti berikut di bawah ini.

- a. Biokompatibilitas, harus tidak menyebabkan alergi dan harus tidak mengandung komponen yang mengandung toksik yang dapat menyebabkan bahaya selama pekerjaan menggerinda, mengasah dan pemolesan di laboratorium
- b. Mempunyai daya tahan yang baik terhadap korosi dan tarnis.
- c. Mempunyai sifat-sifat mekanis yang baik, misalnya:
 - *Yield stress* tinggi apabila hasil restorasi akan menerima beban yang besar di dalam mulut.
 - Bila aloi tidak cukup *ductile*, maka dapat patah selama pekerjaan pemolesan.
 - *Hardness* atau kekerasan aloi merupakan petunjuk apakah aloi tersebut sukar diasah dan dihaluskan.
- d. Kemudahan penuangan, aloi yang mempunyai densitas tinggi dan *fluiditas* yang baik sewaktu mencair, akan lebih mudah dituang dibandingkan dengan aloi yang mempunyai densitas rendah.
- e. Biaya, idealnya suatu aloi hendaknya tidak mahal, baik harganya maupun biaya mengerjakan di laboratorium (Combe, 1992).

2.3 Logam Padu Tuang Tembaga

Logam campur tembaga merupakan salah satu bahan di bidang kedokteran gigi yang digunakan sebagai restorasi tuang. Jenis logam ini masih digunakan karena manipulasinya mudah, harga murah dan mudah didapat. Soekartono (2003), menyatakan bahwa 81,82% responden menggunakan jenis logam ini sebagai bahan restorasi tuang. Logam campur tembaga ini tidak ada informasi data tentang sifat-sifat mekanis, terutama kekerasan permukaan sesudah mendapat perlakuan *hardening heat treatment* (Soekartono, 2003). Tembaga mungkin adalah elemen terpenting kedua penyusun aloi karena tembaga dapat meningkatkan kekuatan dan kekerasan aloi (Phillips, 1984). Macam coran paduan tembaga adalah perunggu, kuningan dan aluminium (Surdia dan Chijiwa, 1982).

Restorasi logam yang mengandung unsur Cu atau Ag dan logam berat lainnya mempunyai daya antibakteri yang disebut oligodinamik. Cara kerja logam berat dalam membunuh bakteri diperkirakan dengan merusak enzim pada dinding sel bakteri yang mengandung gugus sulfidril (Sylvani, 1999).

Menurut Combe (1992), pengaruh tembaga yang membangun aloi sebagai berikut di bawah ini.

- a. Emas dan tembaga dapat membentuk campuran padatan dalam segala perbandingan.
- b. *Liquidus* dan *solidus* sangat berdekatan dan bertemu pada satu titik, aloi semacam ini menunjukkan tendensi kecil untuk membentuk struktur berinti.
- c. Bila tembaga dipadu dengan emas maka titik cair aloi yang diperoleh lebih rendah dari titik cair emas.
- d. Terjadi pengerasan campuran dan dapat terjadi *order hardening* pada aloi yang mengandung sekitar 40% sampai dengan 88% emas apabila berada pada suhu yang sesuai.
- e. Memberikan warna kemerah-merahan bila terdapat dalam jumlah yang cukup.
- f. Bersifat mengurangi kekerasan/densitas dari aloi. Densitasnya kurang lebih separuh dari densitas emas.

2.4 Logam Padu Tuang Perak

Menurut Combe (1992), perak menghasilkan campuran padatan dengan emas pada segala perbandingan dan terjadi campuran padatan sebagian pada sistem *Silver-Copper* pada aloi kedokteran gigi mempunyai pengaruh sebagai berikut di bawah ini.

- a. Sedikit meningkatkan kekerasan dan kekuatan dengan adanya *solution hardening* bila dalam aloi terdapat tembaga serta pada kondisi suhu yang sesuai.
- b. Memungkinkan terjadinya tarnis.
- c. Perak cair dapat menyerap gas seperti oksigen sehingga cenderung sebagai penyebab terjadinya porositas sewaktu penuangan.



- d. Cenderung memperputih warna aloi serta mengatasi pengaruh warna kemerah-merahan yang ditimbulkan oleh tembaga.

Ag aloi adalah suatu aloi air raksa dengan satu atau beberapa logam lain. Pada suhu kamar air raksa didapati berupa cairan, titik bekunya adalah -39°C . Dapat segera mengalami reaksi amalgamisasi dengan logam seperti perak/*silver*, tin dan tembaga menghasilkan bahan padat (Combe, 1992).

Sifat bahan ini sangat mempengaruhi ketahanannya di dalam mulut. Sifat-sifat Ag aloi dipengaruhi oleh komposisi, proses atau cara publikasi, dan cara manipulasi, yang semuanya mempengaruhi kualitas dan kuantitas fasa-fasa yang ada di dalamnya. Beberapa jenis logam mempunyai daya antibakteri yang kuat, daya antibakterinya adalah arsen, kemudian diikuti merkuri, tembaga dan perak. Beberapa restorasi amalgam juga telah diteliti daya antibakterinya dan menunjukkan bahwa restorasi amalgam yang mengandung unsur merkuri, tembaga dan perak mempunyai daya antibakteri yang berbeda-beda terhadap kelompok bakteri laktobasilus dan streptokokus dan aktinomises (Sylvani, 1999).

2.5 Logam Padu Tuang Ni-Cr

Kebanyakan aloi yang mengandung nikel digunakan dalam bidang kedokteran gigi seperti jarum suntik, *hand instruments* dan peralatan dari *stainless steel* yang akan kontak secara langsung dengan jaringan lunak pasien (http://www.nipera.org/dental_2.cpm). Ni-Cr aloi secara luas digunakan sebagai pengganti mahalnya *precious metal alloy*. Komposisi Ni-Cr aloi terdiri dari 70% sampai 80% nikel, kurang lebih 15% kromium untuk mencegah korosi, dan logam lainnya termasuk alumunium, berilium dan mangan (Craig, 1983). Ni-Cr aloi dapat dimanfaatkan lagi untuk dituang ulang asal dicampur dengan logam baru (*ingot*) dalam perbandingan yang sama pada setiap kali penuangan ulang (Dahar, 1996).

Menurut Combe (1992), Ni-Cr aloi mempunyai kebaikan dan kekurangan.

- a. Kebaikan Ni-Cr aloi sebagai berikut di bawah ini.
- Daya tahan korosi baik oleh karena pemasifan oleh kromium.
 - *Creep* selama pembakaran porselen hanya sedikit.

- Mempunyai modulus elastisitas tinggi sehingga dapat dibuat cukup tipis.
 - *Yield strength* tinggi.
- b. Kekurangan Ni-Cr aloi sebagai berikut di bawah ini.
- Nikel dapat menimbulkan alergi.
 - Berilium bersifat toksik sehingga agak berbahaya sewaktu pekerjaan menuang di laboratorium, juga sewaktu menggerinda, mengasah dan memoles hasil tuangan.
 - Kemungkinan sukar dituang disebabkan oleh karena densitas yang rendah dan besarnya pengerutan selama pendinginan.
 - Sukar diasah dan dihaluskan oleh karena kekerasannya.
 - Biasa terjadi kegagalan *adhesive bonding* dengan porselen.

2.6 Pengecoran Logam

Cara pengecoran logam dengan menggunakan lilin sebagai pola yang kemudian dihilangkan dengan cara dibakar, telah sejak lama dikenal dalam pembuatan patung-patung dan benda-benda seni lain. Dalam *lost wax technique* ini pola lilin meleleh, mencair kemudian mengabut yang meninggalkan rongga cetakan yang selanjutnya dituang dengan logam cair sampai penuh. Setelah logam membeku, bahan tahan api yang meliputi logam dihilangkan dan hasilnya ialah suatu benda dari logam yang meniru bentuk dan ukuran (merupakan replika) dari pola lilin yang telah dihilangkan tadi (Martanto, 1981)

Dalam kedokteran gigi, prosedur pengecoran logam dengan cara ini (*lost wax technique*) baru dipakai pada permulaan abad ke-20. Tahap kerja pengecoran logam terdiri dari bagian di bawah ini.

- a. Pemasangan saluran cor (*sprue*),
- b. Pemendaman,
- c. Pembakaran, dan
- d. Pengecoran (Martanto, 1981).

2.7 Kekasaran Permukaan

2.7.1 Definisi Kekasaran Permukaan

Kekasaran permukaan didefinisikan sebagai iregularitas permukaan dimana tinggi, lebar dan arahnya menentukan pola utama dari suatu permukaan. Iregularitas permukaan mengacu pada ketidaksempurnaan lokal, semacam nodul, yang tidak mewakili total area permukaan (Phillips, 1991).

2.7.2 Penyebab dan Cara Pencegahan Kekasaran Permukaan

Kadang permukaan *casting* pada tempat-tempat tertentu sedemikian kasarnya sehingga coran tidak dapat masuk dipreparasi. Kemungkinan penyebab utama dari kasarnya permukaan adalah adanya gelembung-gelembung udara yang melekat pada pola malam pada waktu pemendaman (Phillips, 1984). Cara yang terbaik untuk menghilangkan gelembung-gelembung udara adalah pengadukan *investment* dan pemendaman di bawah *vacuum* (Martanto, 1981).

Menurut Combe (1992), kekasaran permukaan *casting* juga dikarenakan permukaan bahan pendam lunak, untuk mengatasi hal ini perlu dicegah penggunaan perbandingan air dan bubuk terlalu tinggi. Menurut Martanto (1981), kekasaran macam lain seperti urat-urat atau gelombang-gelombang kecil dapat disebabkan oleh suatu lapisan air yang terdapat pada permukaan lilin pada waktu pemendaman. Kekasaran semacam ini sering terjadi jika *investment* terlampau cair atau permukaan lilin yang masih berminyak. Cara pencegahannya adalah dengan cermat membasahi permukaan lilin dengan bahan-bahan pembasah (*wetting agent*). Kekasaran permukaan juga dapat disebabkan oleh bagian-bagian *investment* atau *flux* yang memasuki ruangan cetak. Cacat semacam ini dapat dicegah dengan menggunakan *sprue* lilin atau *sprue* pin logam yang dilapisi lilin. Pemanasan tabung cor yang terlampau cepat menyebabkan ekspansi yang tidak merata dan sebagai akibatnya terjadi retakan-retakan pada permukaan cetakan, cacat ini tidak akan terjadi pada pengecoran dengan teknik ekspansi higroskopis. Sebab lain dari kekasaran permukaan coran adalah permukaan cetakan yang hancur oleh karena pemanasan (*burn out*) yang terlampau tinggi atau terlampau lama. Untuk mencegah terjadinya hal tersebut di atas, tabung cor jangan dipanaskan terlampau lama dengan suhu tinggi. Menurut Phillips (2004), jika ada

benda asing yang masuk ke dalam *mould*, permukaan tuangan dapat menjadi kasar, misalnya dasar *crucible former* yang kasar dengan bahan tanam yang menggelantung padanya bisa menggores bahan tanam sewaktu dilepas sehingga ada pecahan bahan tanam yang terbawa masuk ke dalam cetakan bersama logam cair. Pelepasan *sprue* yang tidak hati-hati juga dapat menimbulkan hal yang sama. Selain hal yang disebutkan di atas kekasaran permukaan dapat diakibatkan oleh kontaminasi sulfur, baik karena rusaknya bahan tanam pada temperatur tinggi atau kandungan sulfur yang tinggi dalam semburan api. Hal ini juga dapat mengakibatkan masuknya karbon, karena karbon dapat diserap oleh logam campur selama pengecoran. Partikel-partikel ini dapat menjurus ke pembentukan karbida atau bahkan menciptakan lapisan karbon yang kasar mata sehingga berpengaruh pada kekasaran permukaan logam tuang.

2.8 Hipotesis Penelitian

Adanya perbedaan tingkat kekasaran permukaan hasil logam tuang Cu aloi (*Orden*), Ag aloi (*Washi*) dan Ni-Cr aloi (*Durabon*).

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Tempat dan Waktu Penelitian

3.1.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian observasional analitik.

3.1.2 Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Ilmu Material dan Teknologi Kedokteran Gigi (IMTKG) Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember dan Laboratorium Teknik Manufaktur Fakultas Teknik Mesin Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya.

3.1.3 Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Maret-April 2005.

3.2 Objek Penelitian

Objek yang diteliti adalah logam padu tuang Cu-aloi (*Orden*), Ag aloi (*Washi*) dan Ni-Cr aloi (*Durabon*).

3.3 Variabel Penelitian

3.3.1 Variabel Bebas

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah Cu-aloi (*Orden*), Ag aloi (*Washi*) dan Ni-Cr aloi (*Durabon*).

3.3.2 Variabel Terikat

Variabel terikat dalam penelitian ini adalah kekasaran permukaan hasil logam tuang.

3.3.3 Variabel Kendali

Variabel kendali dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut di bawah ini.

- a. Suhu ruangan (37°C)
- b. Teknik *spruing* dengan metode *direct spruing*
- c. *Crucible former* terbuat dari *baseplate waxes* dengan diameter 2 cm, tinggi 2 cm dan sudutnya 160°

- d. Pemakaian dan konsistensi bahan pendam dengan rasio 0,30 yang artinya di dalam 30 cc air dilarutkan 100 gram bahan tanam
- e. Berat logam yang dicor
- f. Bahan bakar (*Pertamax*) untuk pengecoran logam
- g. Pemakaian *Centrifugal Casting Machine*
- h. Alat penyembur api
- i. Penggunaan api yang keluar dari alat penyembur api memakai zona reduksi
- j. Pemakaian bubuk borax (sebagai *flux*) saat pengecoran untuk mencegah terjadinya oksidasi
- k. Kriteria logam cair yaitu; logam yang dipanaskan terlihat mengkilat dan warna yang dipancarkan tidak boleh lebih terang daripada oranye muda.

3.4 Definisi Operasional

3.4.1 Cu aloi

Cu aloi adalah logam padu tuang dengan komposisi utama 81-88% tembaga (Phillips, 2004).

3.4.2 Ag aloi

Ag aloi adalah logam padu tuang dengan komposisi utama 65% perak (Phillips, 2004).

3.4.3 Ni-Cr aloi

Ni-Cr aloi adalah logam padu tuang yang mengandung 70% sampai 80% nikel dan kurang lebih 15% kromium (Craig, 1983).

3.4.4 Kekasaran Permukaan

Kekasaran permukaan adalah iregularitas permukaan logam (R_a) yaitu rata-rata dari kekasaran permukaan dalam satu garis yang diukur dengan menggunakan alat *surface test analyzer* sebanyak tiga kali pengukuran pada satu permukaan dengan daerah yang berbeda (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query>).

3.5 Pengelompokan Besar Ulangan Sampel

3.5.1 Pengelompokan Sampel

Sampel digolongkan menjadi tiga kelompok sesuai dengan jenisnya yaitu; Cu aloi, Ag aloi dan Ni-Cr aloi.

3.5.2 Besar Ulangan Sampel

Untuk masing-masing kelompok sebanyak lima kali ulangan. Sesuai dengan pernyataan Chatfield (1983), bahwa di dalam penelitian perbandingan jumlah sampel yang diamati masing-masing perlakuan dinamakan besar ulangan sampel. Prinsip dasar penelitian ini adalah lebih dari satu ulangan untuk masing-masing perlakuan sudah cukup mewakili.

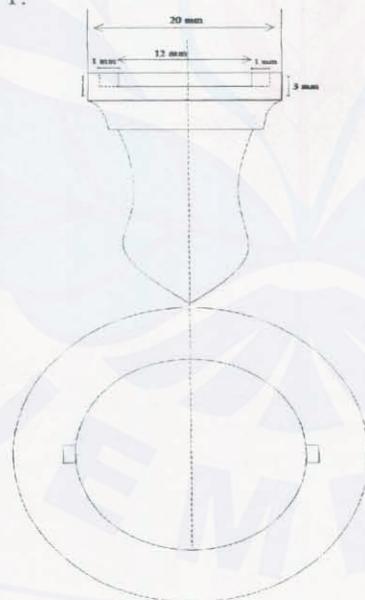
3.6 Alat dan Bahan

3.6.1 Alat

Alat yang dipergunakan adalah sebagai berikut di bawah ini.

- a. Cetakan atau *master mould*

Gambar 1.



- b. Lampu spiritus
- c. Pisau malam dan pisau model
- d. *Glass plate*
- e. Mangkuk karet (*bowl*)

- f. Pengaduk (*spatula gips*)
- g. *Casting ring* (terbuat dari besi dengan tebal 1 mm, diameter 2 cm dan tinggi 5 cm)
- h. *Crucible former* (terbuat dari *baseplate waxes* dengan diameter 2 cm, tinggi 2 cm dan sudutnya 160°)
- i. Oven merek *Nabetherm* dengan suhu maksimal 1200°C dan kompor *LPG*
- j. *Centrifugal Casting Machine* merek *Neycraft*
- k. Alat penyembur api (*blow torch*)
- l. *Straight dan Contra Angle Handpiece* merek *W&H*, Austria
- m. Alat pulas merek *Varo*, Jerman
- n. *Nierbekken*
- o. *Surface Test Analyzer* merek *Mitutoyo*, Singapura.

3.6.2 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan adalah sebagai berikut di bawah ini.

- a. Cu aloi merek *Orden*, AOKI, Jepang (titik lebur 750°C)
- b. Ag aloi merek *Washi* buatan OSAKA, Jepang (titik lebur 961,9°C)
- c. Ni-Cr aloi merek *Durabon* buatan Matech, U.S.A (titik lebur 1200°C)
- d. Malam cor biru merek *Prepon* buatan Bayer, Jerman
- e. Spiritus
- f. *Investment materials* merek *Gypsum Bonded* buatan Bayer, Jerman
- g. *Investment materials* merek *Phosphate Bonded* buatan Bayer, Jerman
- h. Borax
- i. Bensin super merek *Pertamax* buatan Pertamina, Indonesia

3.7 Prosedur Kerja

3.7.1 Persiapan Penelitian

Pada persiapan penelitian adalah mempersiapkan alat dan bahan yang akan digunakan. Tahap-tahap penelitian yang dilakukan meliputi bagian sebagai berikut di bawah ini.

- a. Membuat sampel dengan cara memanaskan malam tuang biru sampai cair dalam *Nierbekken* di atas nyala api bunsen, mengusahakan jangan sampai malam tersebut menguap agar tidak merusak bentuk kristal dan unsur-unsur yang terkandung dalam malam tuang biru tersebut.
- b. Kemudian menuang malam yang sudah mencair ke dalam cetakan master menggunakan pisau malam.
- c. Setelah malam tuang *setting* atau membeku, kemudian mengeluarkan model malam, memeriksa kelengkapannya dan merapikannya. Membuat model malam yang dilakukan secara berurutan sebanyak 15 sampel, dengan tujuan untuk mengkondisikan perlakuan yang sama.
- d. Membuat *sprue* dengan diameter 2 mm, panjang 7 mm yang terbuat dari plastik (potongan *cotton bud*). Selanjutnya melekatkan *sprue* pada permukaan bagian tengah lingkaran dari model malam yang merupakan daerah tertebal dari model malam, sedangkan ujung *sprue* lainnya dilekatkan pada *crucible former*.
- e. Membuat ventilasi yang terbuat dari *baseplate waxes* dengan diameter 1 mm dan panjang disesuaikan kebutuhan. Selanjutnya memasang ventilasi pada *crucible former* dengan posisi sejajar *sprue*. Jarak ujung ventilasi 1 mm dari pola malam, 2 mm dari dinding bambung tuang dan 2 mm dari dasar bambung tuang.
- f. Melakukan *wetting* yaitu pembasahan pola malam menggunakan air sabun dengan tujuan untuk menghilangkan kotoran dan menurunkan tegangan permukaan pada pola malam.
- g. Melakukan *painting* atau pengolesan bahan tanam encer pada seluruh permukaan model malam, tujuannya adalah agar bahan tanam menempati atau mengisi permukaan model malam dengan sangat detil, kemudian menaburkan bubuk bahan tanam di atasnya agar bahan tanam menjadi kuat dan padat.
- h. Memasang *casting ring* pada *crucible former* kemudian memperhatikan posisi model malam terhadap tepi bambung tuang dari dasar, atas dan tepi samping berjarak 6 mm.

- i. Kemudian membuat adonan bahan tanam dengan rasio 0,30 yang artinya di dalam 30 cc air dilarutkan 100 gram bahan tanam.
- j. Setelah adonan homogen, kemudian memasukkan adonan tersebut ke dalam bambung tuang di atas *vibrator* sampai penuh dan menunggu hingga *setting*.
- k. Kemudian melepaskan *crucible former* dari bambung tuang
- l. Melakukan pembuangan malam (*burning out*) dengan meletakkan bambung tuang di atas nyala api kompor dengan posisi menempatkan bagian *crucible former* menghadap nyala api, dengan tujuan untuk menghilangkan malam, sehingga membentuk ruangan cetak (*mould space*).
- m. Segera setelah buang malam dilanjutkan pengovenan pada temperatur sesuai dengan kebutuhan yaitu, bambung tuang yang akan diisi Cu aloi (*Orden*) dengan titik lebur 750°C dan Ag aloi (*Washi*) dengan titik lebur 961,9°C dipanaskan pada suhu 700°C sedangkan bambung tuang yang akan diisi Ni-Cr aloi (*Durabon*) dengan titik lebur 1200°C dipanaskan pada suhu 1180°C dengan tujuan untuk mengimbangi koefisien termal logam yang akan dituang.
- n. Kemudian mempersiapkan aloi yang akan dituang, menempatkannya pada *muvel* yang dilapisi dengan *asbestos* lain dan menyiapkan kecepatan putaran *centrifugal casting machine* 1,5 x 360° putaran.
- o. Menempatkan *casting ring* pada *centrifugal casting machine* segera setelah pengovenan mencapai suhu yang dibutuhkan masing-masing aloi tersebut di atas.
- p. Melebur aloi dengan alat penyembur api menggunakan zona reduksi yang berbahan bakar bensin super (*Pertamax*). Setelah aloi mencair segera menuanginya ke dalam bambung tuang. Setelah pengecoran selesai membiarkannya sampai mencapai suhu kamar/suhu ruangan kemudian satu persatu bahan tanam dibuka dan dibersihkan dari sisa-sisa bahan tanam.

- q. Kemudian memotong *sprue* tepat di daerah perlekatannya pada sampel dan melakukan *polishing* memakai alat pulas.
- s. Mengelompokkan masing-masing logam sesuai dengan jenisnya dan mempersiapkan untuk pengukuran kekasaran permukaan logam hasil tuang.

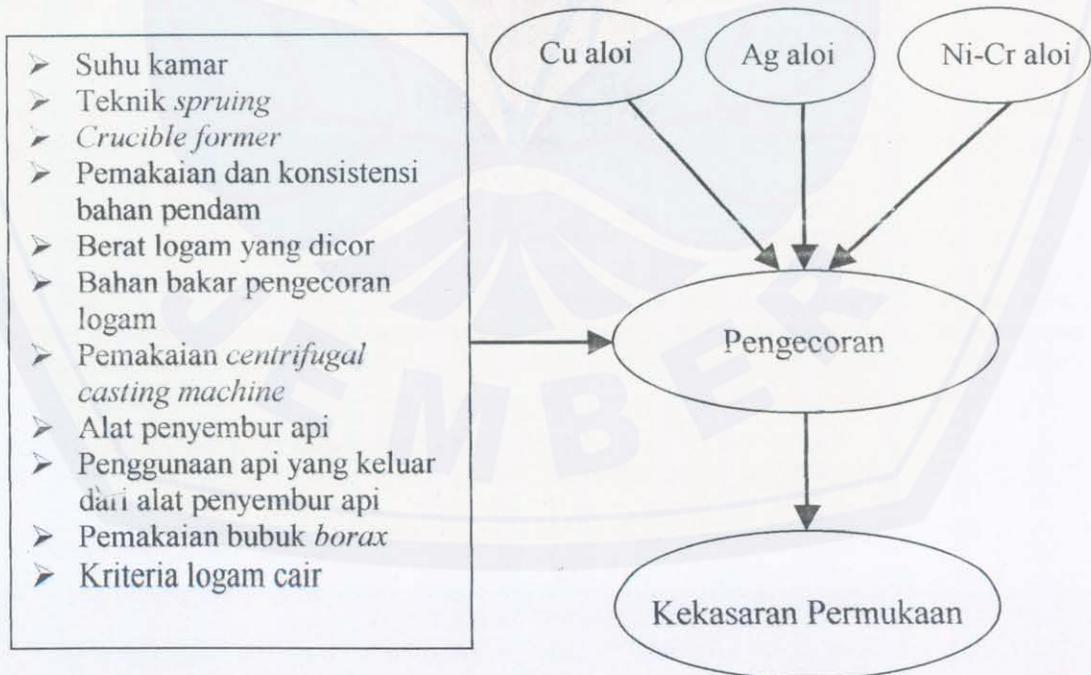
3.7.2 Teknik Pengukuran Sampel

Masing-masing sampel yang telah dipersiapkan, dilakukan pengukuran menggunakan *surface test analyzer* untuk mengetahui nilai kekasaran permukaan logam, setiap sampel dilakukan pengukuran sebanyak tiga kali pada satu permukaan dengan daerah yang berbeda kemudian dirata-rata.

3.8 Analisa Data

Data yang diperoleh dirata-rata diuji *Kolmogorov-smirnov* dan *Levene Statistics* kemudian dilakukan uji *anova* satu arah dan dilanjutkan dengan uji *Tukey HSD* untuk mengetahui ada tidaknya perbedaan ketiga kelompok sampel.

Gambar 2. Kerangka Konsep Penelitian



BAB IV

HASIL DAN ANALISA DATA

4.1 Hasil Penelitian

Hasil penelitian dari rata-rata pengukuran kekasaran permukaan Cu aloi (*Orden*), Ag aloi (*Washi*), dan Ni-Cr aloi (*Durabon*) dinyatakan dalam satuan mikrometer (μm) dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil Rata-rata Pengukuran Kekasaran Permukaan Cu aloi (*Orden*), Ag aloi (*Washi*), dan Ni-Cr aloi (*Durabon*).

| Sampel | Rata-rata (Ra) Kekasaran Permukaan (μm) | | |
|-----------------|--|-----------------------------|----------------------------------|
| | Cu aloi (<i>Orden</i>) | Ag aloi (<i>Washi</i>) | Ni-Cr aloi (<i>Durabon</i>) |
| I | 1,20 | 0,95 | 0,65 |
| II | 1,30 | 1,00 | 0,60 |
| III | 1,30 | 0,95 | 0,65 |
| IV | 1,30 | 0,95 | 0,70 |
| V | 1,25 | 0,90 | 0,65 |
| Rata-rata total | 1,2700 | 0,9500 | 0,6500 |
| Standar deviasi | 0,044 | 0,035 | 0,035 |

4.2 Analisa Data

Hasil rata-rata pengukuran kekasaran permukaan Cu aloi (*Orden*), Ag aloi (*Washi*) dan Ni-Cr aloi (*Durabon*) kemudian dilakukan uji *Kolmogorov-Smirnov* dan *Levene Statistics* untuk mengetahui kenormalan dan kehomogenan data tersebut. Hasil uji kenormalan menunjukkan kemaknaan Cu aloi $p=0,5777$, Ag aloi $p=0,759$ dan Ni-Cr aloi $p=0,759$ yang berarti data tersebut normal ($p>0,05$). Hasil uji homogenitas terhadap ketiga jenis hasil tuangan aloi menunjukkan kemaknaan $p=0,0525$ ($p>0,05$) yang berarti data tersebut homogen. Setelah diketahui bahwa data tersebut normal dan homogen, kemudian dapat dilanjutkan dengan uji beda untuk beberapa variabel menggunakan uji *anova* satu arah, yang dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil *Analysis of Varians* dari Rata-rata Pengukuran Kekasaran Permukaan Cu aloi (*Orden*), Ag aloi (*Washi*) dan Ni-Cr aloi (*Durabon*)

| Jenis logam | N | Rata-rata | SD | P |
|-------------------------------|---|-----------|-------|-------|
| Cu aloi (<i>Orden</i>) | 5 | 1,27 | 0,447 | 0,000 |
| Ag aloi (<i>Washi</i>) | 5 | 0,95 | 0,353 | 0,000 |
| Ni-Cr aloi (<i>Durabon</i>) | 5 | 0,65 | 0,353 | 0,000 |

Dari hasil uji *anova* yang dilakukan, menunjukkan adanya perbedaan yang secara statistik bermakna terhadap nilai rata-rata pengukuran kekasaran permukaan Cu aloi (*Orden*), Ag aloi (*Washi*) dan Ni-Cr aloi (*Durabon*) dengan $p < 0,05$ sebagaimana tertera pada tabel 2.

Setelah dilakukan uji *anova* satu arah, yang menunjukkan kemaknaan ketiga jenis logam tersebut di atas dilakukan uji *Tukey HSD* untuk mengetahui kemaknaan statistik dari masing-masing jenis aloi dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Kemaknaan Statistik dan Kekasaran Permukaan Antara Cu aloi (*Orden*), Ag aloi (*Washi*) dan Ni-Cr aloi (*Durabon*).

| Logam | Logam pembanding | Rata-rata | Statistik Error | Probabilitas |
|----------------------------------|-------------------------------|-----------|-----------------|--------------|
| Cu aloi (<i>Orden</i>) | Ag aloi (<i>Washi</i>) | 0,3200* | 0,244 | 0,000 |
| | Ni-Cr aloi (<i>Durabon</i>) | 0,6200* | 0,244 | 0,000 |
| Ag aloi (<i>Washi</i>) | Cu aloi (<i>Orden</i>) | -0,3200* | 0,244 | 0,000 |
| | Ni-Cr aloi (<i>Durabon</i>) | 0,3000* | 0,244 | 0,000 |
| Ni-Cr aloi (<i>Durabon</i>) | Cu aloi (<i>Orden</i>) | -0,6200* | 0,244 | 0,000 |
| | Ag aloi (<i>Washi</i>) | -0,3000 | 0,244 | 0,000 |

Dari tabel 3. dapat diketahui bahwa beda rata-rata kekasaran permukaan Cu aloi (*Orden*) dan Ag aloi (*Washi*) 0,3200 dengan probabilitas 0,000 ($p < 0,05$) ada perbedaan bermakna kekasaran permukaan Cu aloi (*Orden*) dan Ag aloi (*Washi*).

Pada tabel 3. juga dapat diketahui bahwa beda rata-rata kekasaran permukaan Cu aloi (*Orden*) dan Ni-Cr aloi (*Durabon*) 0,6200 dengan probabilitas

0,000 ($p < 0,05$) ada perbedaan bermakna kekasaran permukaan Cu aloi (*Orden*) dan Ni-Cr aloi (*Durabon*).

Dari tabel 3. dapat diketahui bahwa beda rata-rata kekasaran permukaan Ag aloi (*Washi*) dan Ni-Cr aloi (*Durabon*) 0,3000 dengan probabilitas 0,000 ($p < 0,05$) ada perbedaan bermakna kekasaran permukaan antara Ag aloi (*Washi*) dan Ni-Cr aloi (*Durabon*).



BAB V PEMBAHASAN

Logam dan aloi berperan penting dalam bidang kedokteran gigi. Material ini sering digunakan pada praktek kedokteran gigi, termasuk *dental* laboratorium, restorasi langsung dan tidak langsung serta alat yang digunakan untuk preparasi dan manipulasi gigi (Craig, 1983). Dalam mendeteksi logam tuang untuk suatu restorasi perlu dipertimbangkan kekasaran permukaan hasil tuangan logam, sebab kadang permukaan dari hasil tuangan logam, terutama pada daerah tertentu kasar dan tidak sesuai dengan cetakan (Phillips, 1984). Menurut Phillips (1991), kekasaran permukaan logam adalah iregularitas permukaan logam dimana tinggi, lebar dan arahnya menentukan pola utama dari suatu permukaan. Penelitian ini membandingkan derajat kekasaran hasil tuangan Cu aloi (*Orden*), Ag aloi (*Washi*) dan Ni-Cr aloi (*Durabon*). Masing-masing kelompok aloi terdiri dari lima sampel. Rata-rata kekasaran permukaan (Ra) aloi ini diukur menggunakan *surface test analyzer* sebanyak tiga kali pengukuran pada satu permukaan dengan daerah yang berbeda kemudian hasilnya dirata-rata (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query>).

Berdasarkan hasil pengamatan pengukuran kekasaran permukaan yang dilakukan terhadap hasil penuangan Cu aloi (*Orden*), Ag aloi (*Washi*), dan Ni-Cr aloi (*Durabon*) dapat diketahui bahwa ketiga aloi nilai rata-ratanya menunjukkan adanya perbedaan kekasaran permukaan dan hasil analisa data tersebut dapat diketahui adanya perbedaan kekasaran permukaan yang bermakna antara ketiga jenis aloi tersebut di atas.

Menurut Phillips (2004), aloi terbuat dari beribu-ribu kristal kecil yang dinamakan *polikristalin* dan masing-masing kristal dalam struktur aloi disebut sebagai butiran. Ukuran butiran ketiga aloi tersebut di atas berbeda, hal ini merupakan salah satu penyebab adanya perbedaan kekasaran permukaan aloi tersebut di atas. Perbedaan kekasaran permukaan ketiga jenis aloi tersebut di atas, dengan memperhatikan beberapa hal yang menjadi variabel kendali dimungkinkan oleh karena perbedaan titik lebur antara ketiga jenis aloi tersebut, Cu aloi (*Orden*)

memiliki titik lebur 750°C dan Ag aloi (*Washi*) memiliki titik lebur $961,9^{\circ}\text{C}$, sedangkan untuk Ni-Cr aloi (*Durabon*) titik leburnya 1200°C . Faktor tinggi rendahnya titik lebur masing-masing aloi dapat dihubungkan dengan lamanya pemanasan pada proses pengecoran, sehingga mengakibatkan perubahan struktur fisik aloi yang mempengaruhi kekasaran permukaan. Menurut Lewis (1975), menyatakan bahwa pada proses pengecoran jangan sampai terjadi pemanasan yang jauh melampaui titik lebur aloi (*overheating*). Apabila terjadi *overheating* maka secara mikroskopis akan mempengaruhi struktur molekuler dari aloinya. Jika pemanasan aloi sebelum *casting* terlalu tinggi, permukaan *investment* akan rusak sehingga dihasilkan permukaan yang kasar dari hasil tuangan tersebut (Phillips, 1991). Pemanasan sebelum *casting* tidak boleh lebih dari 700°C (1292°F) dan harus sesegera mungkin dilakukan *casting*. Mempertahankan temperatur yang tinggi untuk jangka waktu lama akan mengakibatkan kontaminasi sulfur pada hasil tuangan logam dan menjadi kasar akibat rusaknya bahan tanam (Phillips, 2004). Pada penelitian ini digunakan *investment* yang berbeda disesuaikan dengan titik lebur masing-masing aloi. Bahan tanam yang digunakan Cu aloi dan Ag aloi adalah *investment materials gypsum bonded*, apabila bahan tanam ini dibakar di atas suhu 700°C akan menghasilkan gas sulfur yang mencemari hasil tuangan aloi. Sedangkan Ni-Cr aloi menggunakan *investment materials phosphate bonded* yang dapat memperkecil kontaminasi hasil tuangan aloi dan merupakan bahan tanam yang memberi ketahanan syok termal pada temperatur tinggi (*refractoriness*) serta ekspansi termal yang tinggi pada saat melebur. Oleh karena perbedaan *investment* ini juga mempengaruhi terjadinya perbedaan kekasaran permukaan ketiga aloi tersebut di atas. Perbedaan ini mungkin berkaitan dengan ukuran partikel dari bahan tanam dan kemampuannya untuk melakukan *intimate contact* pada permukaan model malam, sehingga bahan tanam dapat mengisi atau menempati secara detil pada seluruh permukaan model malam (Phillips, 2004).

Adanya perbedaan yang bermakna perbandingan kekasaran permukaan antara Cu aloi (*Orden*) dan Ag aloi (*Washi*), dimungkinkan juga karena perbedaan densitas yaitu Cu $8,96\text{ gm/cm}^3$ dan Ag mempunyai densitas $10,49\text{ gm/cm}^3$,

dimana densitas yang semakin rendah mempersulit aloi tersebut masuk ke dalam *mould* sehingga memiliki *castability* yang kurang baik dan berpengaruh pada kekasaran permukaan tuangan (Soufyan, 1986).

Jika Ni-Cr aloi dibandingkan dengan kedua aloi tersebut di atas, maka Ni-Cr aloi mempunyai nilai rata-rata kekasaran permukaan yang paling rendah. Hal ini dikarenakan Ni-Cr aloi terdiri dari $\pm 15\%$ Cr yang dapat memberikan resistensi terhadap oksidasi dan penguapan pada temperatur lebih dari 760°C (<http://www.key-to-metals.com>). Nikel baik sekali dalam ketahanan panas dan ketahanan korosinya, tidak rusak oleh air laut dan alkali (Surdia, 2000). Sedangkan tembaga dan perak adalah unsur logam yang lebih mulia daripada hidrogen. Oleh karena itu, jika terdapat oksigen yang larut di dalamnya logam tembaga maupun perak cenderung akan mengalami korosi (Sylvani, 1995). Menurut Phillips (2004), porositas di permukaan luar akibat korosi adalah faktor dari kekasaran permukaan, pada setiap permukaan yang mengalami korosi sudah pasti permukaan tersebut kasar, tetapi permukaan yang kasar belum tentu itu terdapat porus akibat korosi. Menurut Combe (1992), penggunaan tembaga dalam jumlah yang sedikit pada aloi kedokteran gigi dapat menghambat korosi. Perak mengikat oksigen dalam jumlah yang cukup pada saat melebur, hal ini akan menimbulkan kesulitan dalam penuangan karena gas akan terbentuk selama pemadatan. Sebagai akibatnya, timbul *pit-pit* kecil, porus, dan kekasaran pada permukaan cetak (Craig, 1983). Menurut Dahar (1996), logam campuran *Palladium-Silver* yang dituang berulang ditemukan peningkatan unsur-unsur logam yang teroksidasi terutama unsur perak (Ag) meskipun sudah dilakukan penambahan logam baru sebanyak 50%.

Dari beberapa pernyataan di atas yang mendukung penelitian ini dapat diketahui bahwa Ni-Cr aloi (*Durabon*) memiliki nilai rata-rata kekasaran permukaan yang paling kecil dibandingkan dengan Cu aloi (*Orden*) dan Ag aloi (*Washi*). Dalam penelitian ini yang diteliti hanya kekasaran permukaan antara Cu aloi (*Orden*), Ag aloi (*Washi*), dan Ni-Cr aloi (*Durabon*) saja, serta merupakan penelitian awal, diharapkan dari hasil penelitian ini dapat dilakukan penelitian lebih lanjut dengan membandingkan jenis aloi lain yang mempunyai struktur fisik

lebih baik dari Ni-Cr aloi dan memperhatikan variabel kendali, misalnya dalam proses *polishing* menggunakan *sandblasting* sampai *grade* 600. Selain itu setelah proses penuangan logam perlu dilakukan *pickling* yaitu, perendaman hasil logam tuang ke dalam asam hidroklorat 50%, asam fosfat 50%, asam nitrat 50% dan asam klorida 50%, dengan tujuan untuk membersihkan hasil tuangan logam dari sisa bahan tanam maupun lapisan oksida, sehingga menurunkan terjadinya korosi yang akan mempengaruhi kekasaran permukaan logam tuang.

Dengan teknik pengerjaan yang benar, bertambahnya kekasaran permukaan pada tuangan seharusnya tidak menjadi faktor utama di dalam keakuratan dimensi. Tetapi, ada variabel-variabel yang tidak dapat dikendalikan pada saat proses pengecoran sehingga mengakibatkan terjadinya kekasaran permukaan. Pemanasan yang terlalu cepat dapat menyebabkan retaknya bahan tanam, pada keadaan ini lapisan luar bahan tanam menjadi lebih cepat panas dari bagian dalamnya, sehingga menimbulkan tekanan kompresi pada lapisan luar yang melawan tekanan tarik pada bagian tengah dari *mould*. Kurangnya pemanasan juga dapat berpengaruh terhadap kekasaran permukaan logam tuang, hal ini mengakibatkan pembuangan model malam tidak sempurna dan terdapat sisa karbon. Walaupun proses pemanasan tepat sesuai dengan titik lebur aloi, saat akan dilakukan *casting*, api dari *blow torch* dimatikan sedangkan logam memadat dalam waktu satu detik atau kurang. Meskipun logam masih cukup lunak, pada tahap awal tetap terjadi penurunan *flow* sehingga rongga cetak tidak terisi secara sempurna (Phillips, 2004).

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian tentang pengukuran kekasaran permukaan Cu aloi (*Orden*), Ag aloi (*Washi*) dan Ni-Cr aloi (*Durabon*) didapatkan kesimpulan sebagai berikut.

1. Dari ketiga aloi di atas terdapat perbedaan kekasaran permukaan yang bermakna.
2. Dari ketiga jenis aloi di atas Ni-Cr aloi memiliki nilai rata-rata kekasaran permukaan yang paling kecil.

5.2 Saran

Penelitian lebih lanjut dengan membandingkan jenis aloi lain yang mempunyai struktur fisik lebih baik dari Ni-Cr aloi.



DAFTAR PUSTAKA

- Chatfield, C. 1983. *Statistics for Technology*. 3th Edition. London: Chapman and Hall.
- Combe, EC. 1992. *Notes on Dental Materials*. 6th Edition. London: Churchill Livingstone.
- Craig, RG; Obrien, W dan Powers J. 1983. *Dental Materials Properties and Manipulation*. 3th Edition. London: The C.V Mosby Company.
- Dahar, E. 1996. *Pengaruh Penuangan Berulang Logam Campur Antamal 101 Terhadap Kekerasan dan Komposisi Hasil Tuangan*. Majalah Kedokteran Gigi USU No.1. Nov. 1996. Sumatra: FKG USU.
- Gunadi, H; Margo, A; Burhan, LK; Suryatenggara, F; dan Setiyabudi, I. 1991. *Ilmu Geligi Tiruan Sebagian Lepas*. Jilid I. Jakarta: Hipokrates.
- http://www.key_to_metals.com. *Nickel and Nickel Alloys*.
- <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query>. *Effect of Casting Technique on Surface Roughness and Consequent Mass Loss After Polishing of Ni-Cr and Co-Cr Base Metal Alloys; A Comparative Study with Titanium*.
- http://www.nipera.org/dental_2.cfm 1.2 *Properties of Nickel*.
- Irawan, B; Wakasa, K. dan Yamaki, M. 2002. *Paduan Ni-Cu-Mn sebagai Logam Alternatif Kedokteran Gigi: Efek Perendaman Dalam Larutan 0,1% Sodium Sulfida*. Jurnal Kedokteran Gigi FKG UI Vol 9/No 3. Jakarta: FKG UI.
- Jang, KS; Youn, SJ dan Kim, YS. 2001. *Comparison of Castability and Surface Roughness of Commercially Pure Titanium and Cobalt-Chromium Denture Frame Works*. Journal Prosthetic Dentistry 2001; 86: 93. USA: The C.V Mosby Company.
- Karlina, E dan Irawan, B. 2003. *Titanium Sebagai Logam Kedokteran Gigi (Tinjauan Sifat Castability Biocompatibility dan Ikatan Titanum Keramik)*. Jurnal Kedokteran Gigi Universitas Indonesia. Jakarta: FKG UI.
- Kusumawaty, M; Ismiyati, T dan Heryanti. 2003. *Retensi Gigi Pendukung Overdenture pada Gigi Tiruan Cekat*. Jurnal Ilmiah dan Teknologi Kedokteran Gigi FKG UPDM Vol I. No 3 Oktober 2003. Jakarta: FKG UPDM.

- Lewis, A. J. 1975. *Metallographic Changes and Phase Identification in A Hickle Base Alloy Upon Fusion and Casting*. Australian Dental Journal. No : 20. Australia: The C.V Mosby Company.
- Martanto. 1981. *Ilmu Mahkota dan Jembatan*. Jilid I. Bandung: Alumni.
- Mc Cabe, JF. 1990. *Applied Dental Materials*. 7th Edition. London: Oxford Blackwell Scientific Publication.
- Mc Lean, JW. 1979. *The Future of Restorative Materials*. The Journal of Prosthetic Dentistry Vol 42 No 2. USA: The C.V Mosby Company.
- Musaikan, 1983. *Beberapa Faktor yang Mempengaruhi Sifat Mekanik Logam untuk Restorasi Gigi*. Naskah Ilmiah Peringatan 55 Tahun PDGI. Surabaya: PDGI.
- Phillips, RW. 1984. *Element of Dental Materials for Dental Hygienists and Assistants*. 4th Edition. Philadelphia: W.B Saunders Company.
- Phillips, RW. 1991. *Science of Dental Materials*. 9th Edition. Philadelphia: W.B Saunders Company.
- Phillips, RW. 2004. *Buku Ajar Ilmu Bahan Kedokteran Gigi*. Edisi 10. Terjemahan drg. Lilian Yuwono, dari *Science of Dental Materials*. Jakarta: EGC.
- Soekartono, H; Amir, S. 2003. *Kekerasan Permukaan Logam Campur Tembaga Setelah Laku Panas*. Majalah Kedokteran Gigi FKG UNAIR. Surabaya: FKG UNAIR.
- Soufyan, AI. 1986. *Perbedaan Castability Logam Tuang Paduan Perak dan Logam Tuang Paduan Tembaga*. Majalah Kedokteran Gigi FKG UNAIR. Surabaya: FKG UNAIR.
- Sylvani, A. 1995. *Biokorosi Logam Padu Tuang Cu dan Logam Padu Tuang Ag*. Majalah Kedokteran Gigi FKG UNAIR Vol 23 No 1:1-4 1995. Surabaya : FKG UNAIR
- Sylvani, A. 1999. *Daya Antibakteri Logam Padu Tembaga dan Logam Perak Terhadap Streptococcus Mutans*. Majalah Kedokteran Gigi FKG UNAIR Vol 32 No 1:26-29 1999. Surabaya: FKG UNAIR
- Surdia, T dan Chijiwa K. 1982. *Teknik Pengecoran Logam*. Jakarta: PT Pradaya Paramita.

Data Average Surface Roughness Pada Berbagai Jenis Logam Tuang

Case Summaries^a

| | | Cu Alloy (Orden) | Ag Alloy (Washi) | Ni-Cr Alloy (Durabon) |
|-------|----------------|---------------------|---------------------|--------------------------|
| 1 | | 1.20 | .95 | .65 |
| 2 | | 1.30 | 1.00 | .60 |
| 3 | | 1.30 | .95 | .65 |
| 4 | | 1.30 | .95 | .70 |
| 5 | | 1.25 | .90 | .65 |
| Total | Mean | 1.2700 | .9500 | .6500 |
| | Std. Deviation | 4.472E-02 | 3.536E-02 | 3.536E-02 |

a. Limited to first 100 cases.

Uji Distribusi Normal

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

| | | Cu Alloy (Orden) | Ag Alloy (Washi) | Ni-Cr Alloy (Durabon) |
|----------------------------------|----------------|---------------------|---------------------|--------------------------|
| N | | 5 | 5 | 5 |
| Normal Parameters ^{a,b} | Mean | 1.2700 | .9500 | .6500 |
| | Std. Deviation | 4.472E-02 | 3.536E-02 | 3.536E-02 |
| Most Extreme Differences | Absolute | .349 | .300 | .300 |
| | Positive | .251 | .300 | .300 |
| | Negative | -.349 | -.300 | -.300 |
| Kolmogorov-Smirnov Z | | .780 | .671 | .671 |
| Asymp. Sig. (2-tailed) | | .577 | .759 | .759 |

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

Uji Kehomogenan Ragam

Test of Homogeneity of Variance

| | | Levene Statistic | df1 | df2 | Sig. |
|-------------------|---|---------------------|-----|-------|------|
| Average Roughness | Based on Mean | .681 | 2 | 12 | .525 |
| | Based on Median | .143 | 2 | 12 | .868 |
| | Based on Median and with adjusted df | .143 | 2 | 9.561 | .869 |
| | Based on trimmed mean | .628 | 2 | 12 | .550 |

Oneway

Descriptives

| Average Roughness | | 95% Confidence Interval for Mean | | | | | | | |
|-----------------------|----|----------------------------------|----------------|------------|-------------|-------------|---------|---------|--|
| | N | Mean | Std. Deviation | Std. Error | Lower Bound | Upper Bound | Minimum | Maximum | |
| Cu Alloy (Orden) | 5 | 1.2700 | 4.472E-02 | 2.000E-02 | 1.2145 | 1.3255 | 1.20 | 1.30 | |
| Ag Alloy (Washi) | 5 | .9500 | 3.536E-02 | 1.581E-02 | .9061 | .9939 | .90 | 1.00 | |
| Ni-Cr Alloy (Durabon) | 5 | .6500 | 3.536E-02 | 1.581E-02 | .6061 | .6939 | .60 | .70 | |
| Total | 15 | .9567 | .2645 | 6.829E-02 | .8102 | 1.1031 | .60 | 1.30 | |

Test of Homogeneity of Variances

Average Roughness

| Levene Statistic | df1 | df2 | Sig. |
|------------------|-----|-----|------|
| .681 | 2 | 12 | .525 |

ANOVA

Average Roughness

| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|----------------|----------------|----|-------------|---------|------|
| Between Groups | .961 | 2 | .481 | 320.444 | .000 |
| Within Groups | 1.800E-02 | 12 | 1.500E-03 | | |
| Total | .979 | 14 | | | |

Post Hoc Tests

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Average Roughness
Tukey HSD

| (I) Logam | (J) Logam | Mean Difference (I-J) | Std. Error | Sig. | 95% Confidence Interval | |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------|------|-------------------------|-------------|
| | | | | | Lower Bound | Upper Bound |
| Cu Alloy (Orden) | Ag Alloy (Washi) | .3200* | 2.449E-02 | .000 | .2547 | .3853 |
| | Ni-Cr Alloy (Durabon) | .6200* | 2.449E-02 | .000 | .5547 | .6853 |
| Ag Alloy (Washi) | Cu Alloy (Orden) | -.3200* | 2.449E-02 | .000 | -.3853 | -.2547 |
| | Ni-Cr Alloy (Durabon) | .3000* | 2.449E-02 | .000 | .2347 | .3653 |
| Ni-Cr Alloy (Durabon) | Cu Alloy (Orden) | -.6200* | 2.449E-02 | .000 | -.6853 | -.5547 |
| | Ag Alloy (Washi) | -.3000* | 2.449E-02 | .000 | -.3653 | -.2347 |

*. The mean difference is significant at the .05 level.

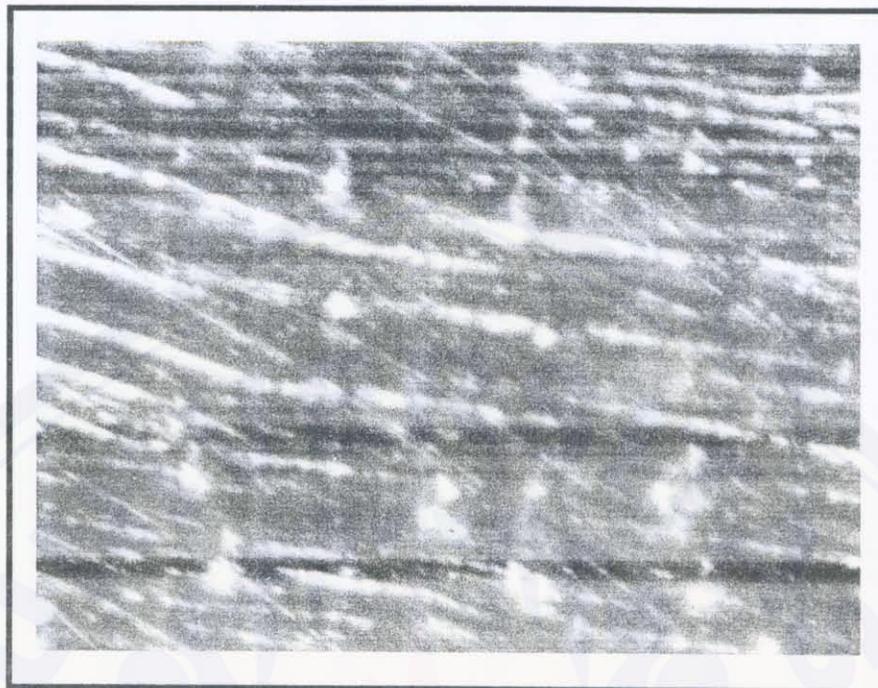
Homogeneous Subsets

Average Roughness

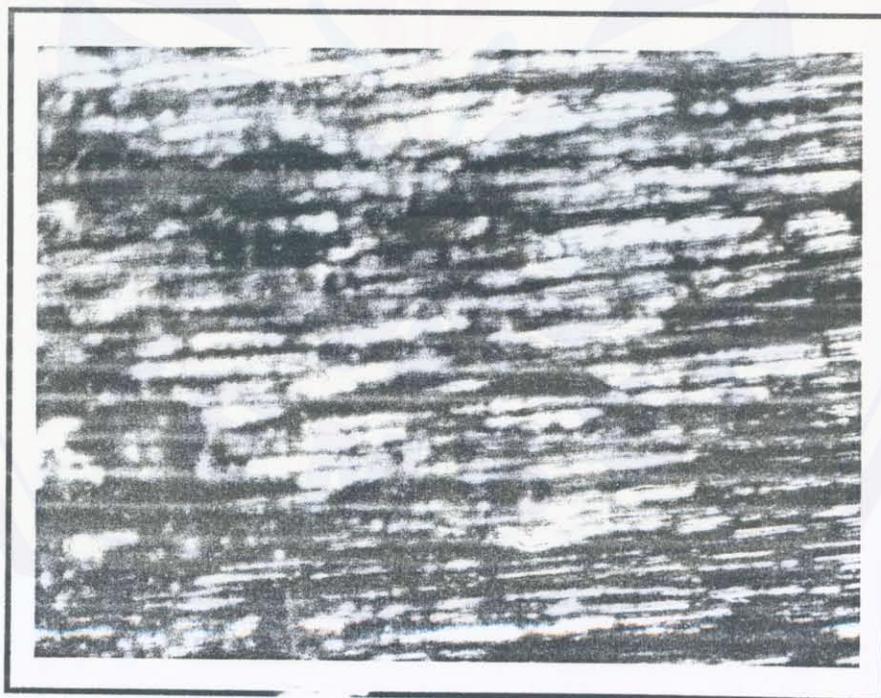
| Tukey HSD ^a | | Subset for alpha = .05 | | |
|------------------------|---|------------------------|-------|--------|
| Logam | N | 1 | 2 | 3 |
| Ni-Cr Alloy (Durabon) | 5 | .6500 | | |
| Ag Alloy (Washi) | 5 | | .9500 | |
| Cu Alloy (Orden) | 5 | | | 1.2700 |
| Sig. | | 1.000 | 1.000 | 1.000 |

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

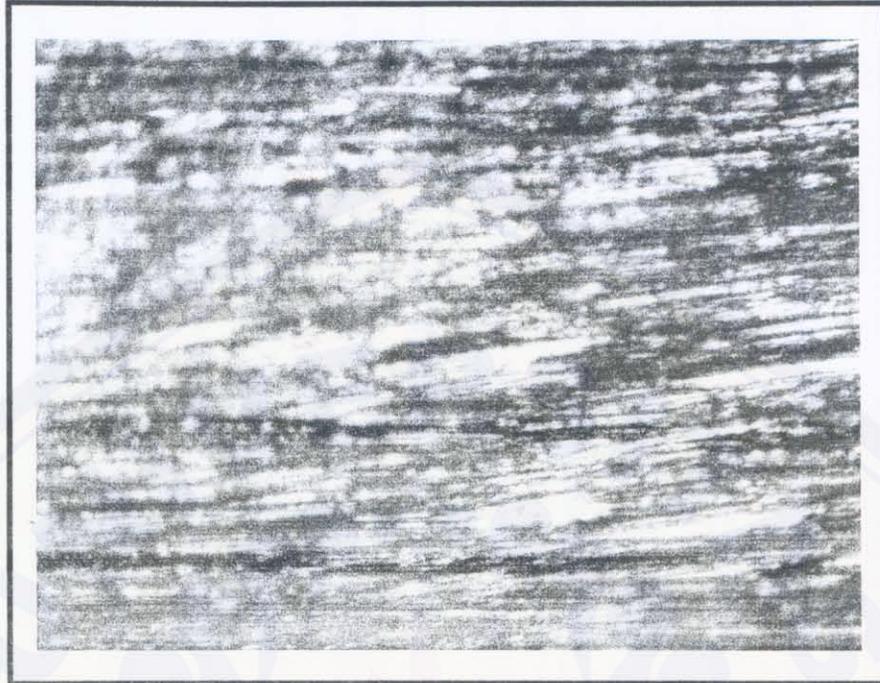
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 5.000.



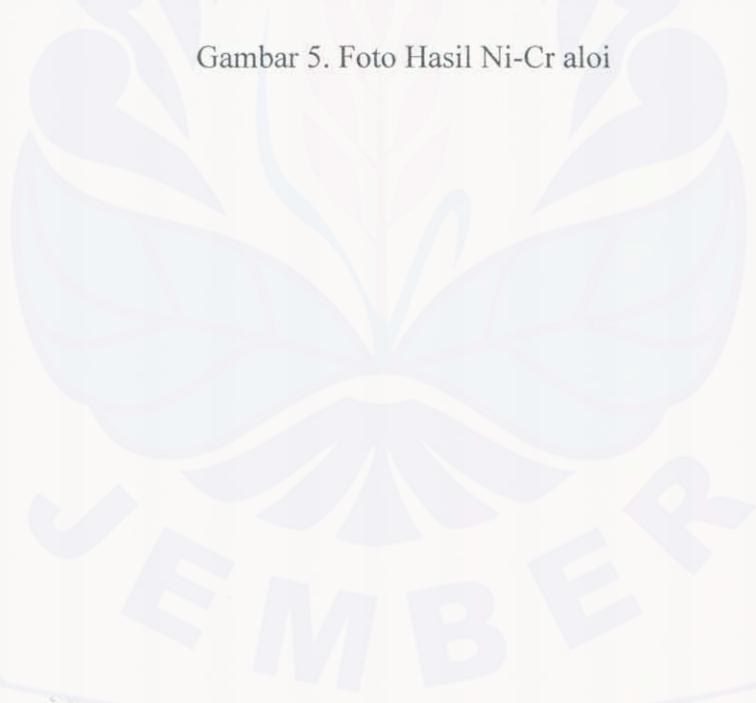
Gambar 3. Foto Hasil Cu aloi

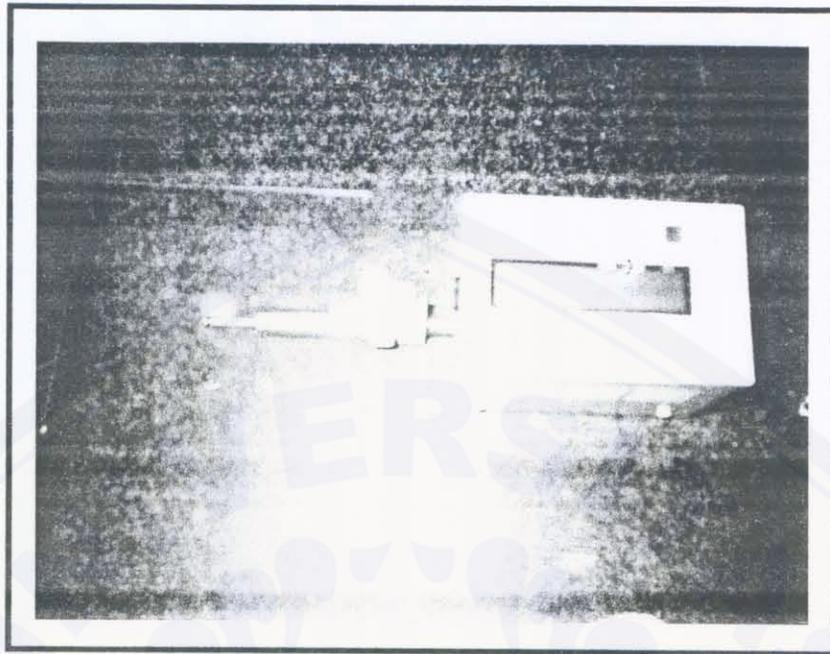


Gambar 4. Foto Hasil Ag aloi

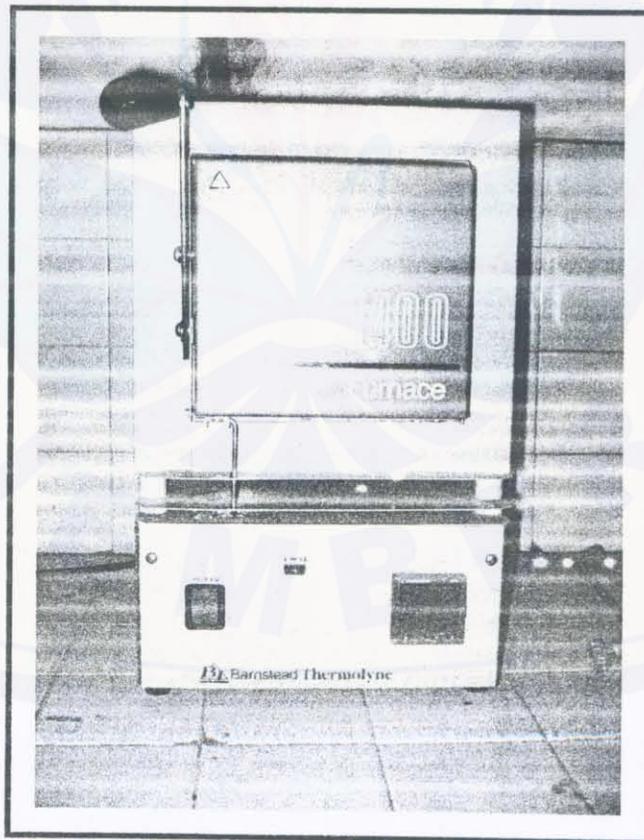


Gambar 5. Foto Hasil Ni-Cr aloi

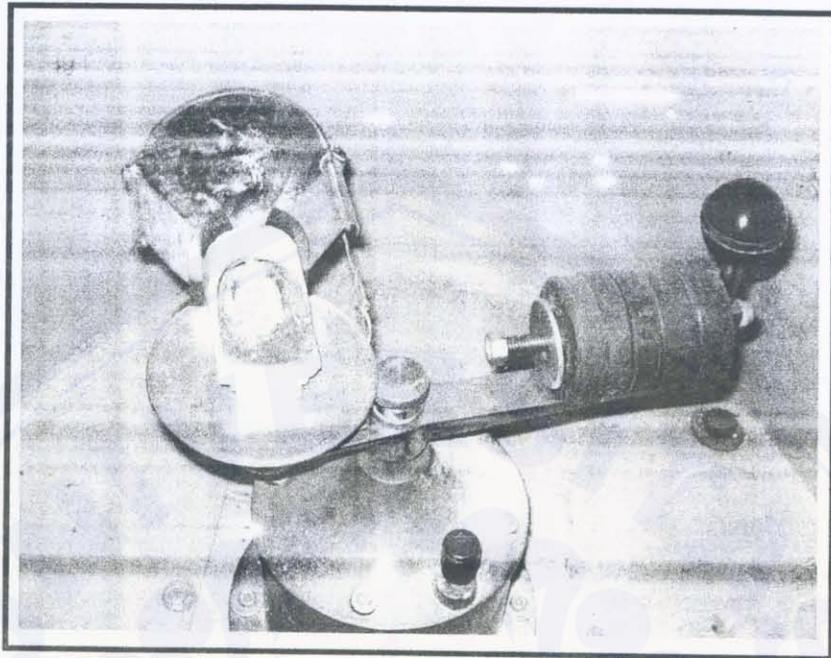




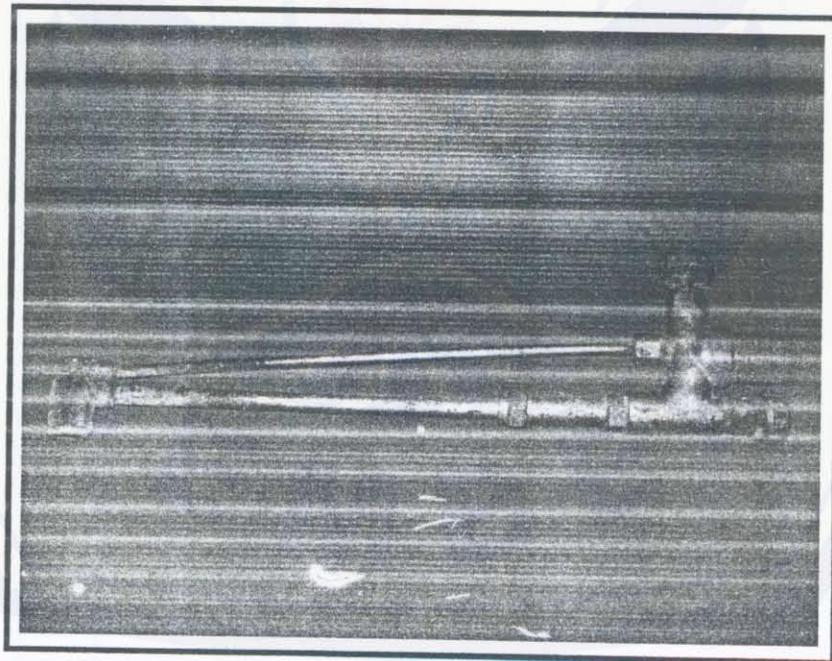
Gambar 6. Foto alat *Surface Test Analyzer*



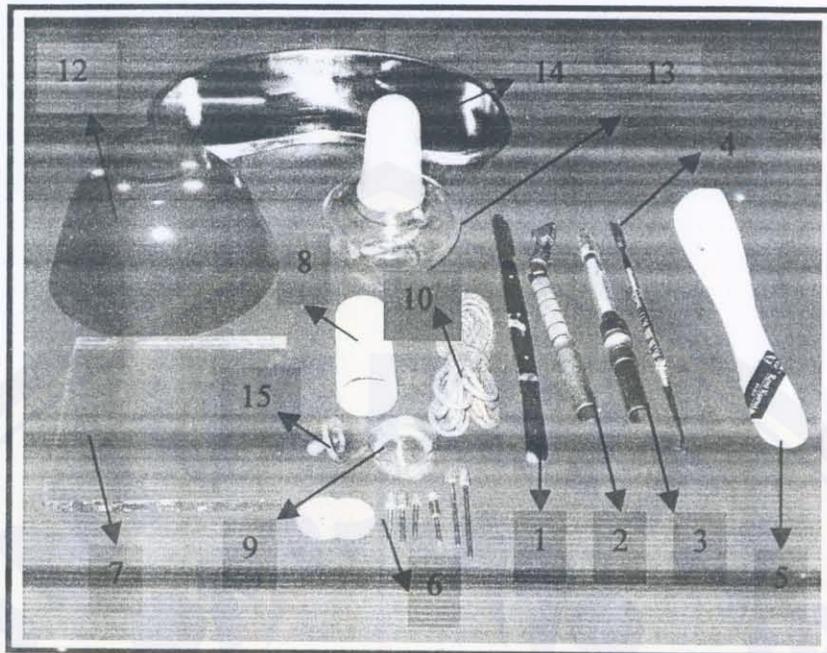
Gambar 7. Foto Oven *Nabetherm*



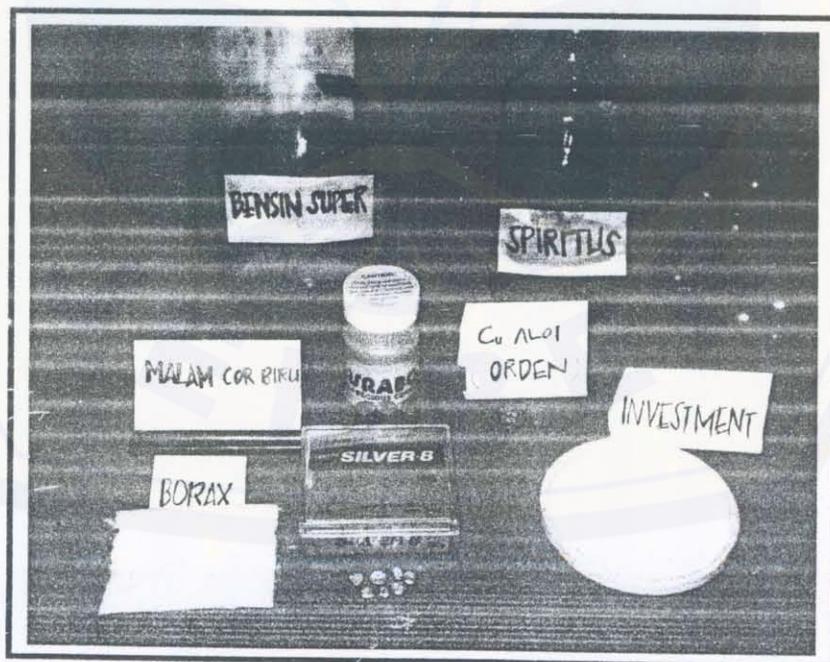
Gambar 8. Foto *Centrifugal Casting Machine*



Gambar 9. Foto *Penyembur Api (Blow Torch)*



Gambar 10. Foto Alat Penelitian : Pisau Malam(1), *Contra Angle Handpiece*(2), *Straight Handpiece*(3), Pisau Model(4), *Spatula Gips*(5), Alat Pulas(6), *Glass Plate*(7), *Casting Ring*(8), *Crucible Former*(9), Tali Bur (11), Mangkok Karet/*Bowl* (12), Bunsen (13), *Nierbekken*(14), *Mould Master* (15)



Gambar 11. Foto Bahan Penelitian