



**PERBANDINGAN TUANGAN ALOI Cu,
ALOI Ag, dan ALOI Ni-Cr TERHADAP
KERAPATAN TEPI**

**KARYA TULIS ILMIAH
(SKRIPSI)**



Asal :	Hadiah	Klass
Peringkat :	Pemberian	67.67
U.C. Induk :		WIS
Pengkatalog :		SP

Pembimbing :

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

Oleh :

Herina Widianti
011610101112

**FAKULTAS KEDOKTERAN GIGI
UNIVERSITAS JEMBER
2005**

**PERBANDINGAN TUANGAN ALOI Cu,
ALOI Ag dan ALOI Ni-Cr TERHADAP
KERAPATAN TEPI**

KARYA TULIS ILMIAH

(SKRIPSI)

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

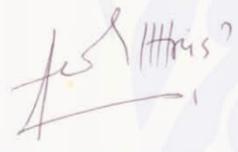
Oleh :

HERINA WIDIANTI
011610101112

Dosen Pembimbing Utama


drg. FX Ady Soesetijo, Sp.Pro.
NIP. 131 660 770

Dosen Pembimbing Anggota


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 :

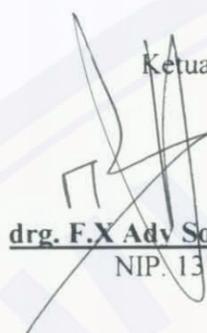
Hari : Selasa

Tanggal : 30 Agustus 2005

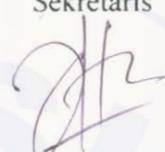
Tempat : Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember

Tim Penguji

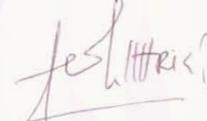
Ketua


drg. FX Adv Soesetijo, Sp.Pro.
NIP. 131 660 770

Sekretaris


drg. Amivatun Naini, M.kes.
NIP. 132 232 443

Anggota


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

Mengesahkan
Dekan Fakultas Kedokteran Gigi
Universitas Jember

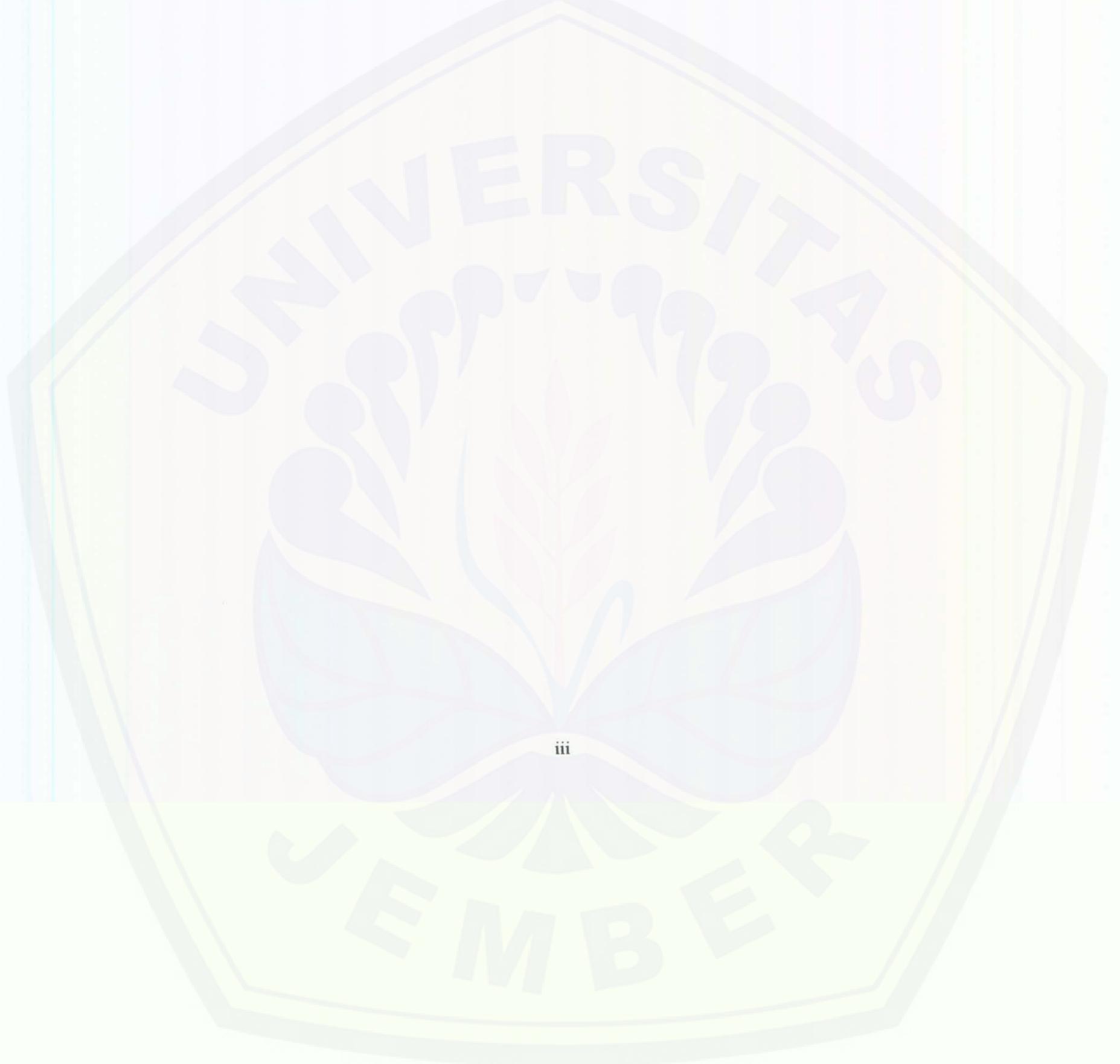



drg. Zahreni Hamzah, M.S.
NIP. 131 558 576

MOTTO

“Kesuksesan itu 99% dipengaruhi oleh kerja keras, dan hanya 1 % saja dipengaruhi oleh kejeniusan”(Einstein)

“Gunakan waktu sebaik-baiknya karena waktu tidak akan pernah kembali dan jadikan setiap waktu untuk menjadi selalu lebih baik”



PERSEMBAHAN

- *Rabb-Ku, Allah SWT Yang Maha Pengasih Lagi Maha Penyayang,* kupakanatkan puji syukur atas anugerah hidayah dan rahmat-Mu .
- *Bapak dan Ibuku tercinta,* yang telah memberikan curahan kasih sayang, dukungan dan do`a dalam setiap langkahku.
- *Adikku (Kris dan Dinar)* yang aku sayangi dan menyayangiku, yang turut mendo`akanku.
- Special thanks, Dedicated to my beloved *JATMIKO YUNIAR E.P* yang selalu menyemangatiku dan memberikan perhatiannya. Thanks for your support.
- Tribute for *my almamater,* I'll take your name.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, penulis bersyukur atas karunia dan rahmat-Nya sehingga dapat menyelesaikan penelitian dengan judul **“Perbandingan Tuangan Aloi Cu, Aloi Ag dan Aloi NiCr Terhadap Kerapatan Tepi”**.

Penulis menyadari bahwa penelitian ini tidak akan terwujud tanpa motivasi dan bantuan berupa tenaga, pikiran, waktu serta bimbingan dari berbagai pihak yang bersedia membantu penulis, sehingga pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terimakasih kepada :

1. **drg. Zahreni Hamzah, M.S.**, selaku Dekan Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember yang telah berkenan memberikan kesempatan bagi penulis hingga terselesaikannya penulisan ini.
2. **drg. FX Ady Soesetijo, Sp.Pros.**, selaku Dosen Pembimbing Utama dan **drg. Dewi kristiana M.Kes.**, selaku Dosen Pembimbing Anggota yang dengan sabar membimbing dan memberikan petunjuk dalam penulisan Karya Tulis Ilmiah ini.
3. **drg. Amiyatun Naini, M.Kes.**, selaku sekretaris yang telah memberikan bimbingan dalam penyelesaian Karya Tulis Ilmiah ini.
4. **Ir. Marzuki**, selaku Dekan Fakultas Teknik Pertanian Universitas Jember, yang telah berkenan mengizinkan penggunaan laboratorium untuk penelitian ini.
5. **Dr.Achmad Soebagyo**, selaku kepala laboratorium Teknologi Hasil Pertanian universitas Jember, yang telah berkenan memberikan pengarahan dalam melakukan penelitian ini.
6. Kepala Taman Bacaan Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember beserta staf, yang telah memberikan fasilitas bahan acuan dalam penulisan ini.
7. Guru-guruku tercinta, *pahlawan tanpa tanda jasa* yang telah memberikan ilmu pengetahuannya kepadaku.

8. Teman se-penelitianku Reni dan Silvi, akhirnya perjuangan kita tidak sia-sia, terimakasih atas kerjasamanya, *Bravo*.
9. Sahabatku Hindun, Khusnul, dan Lilis, serta teman-teman angkatan '01 Fakultas Kedokteran Gigi Unej yang telah membantuku menyelesaikan penelitianku.
10. Pak tomo yang telah sabar membantu penelitian di laboratorium IMTKG.
11. Mas Paijo di rental pojok, terimakasih edit fotonya.
12. Mbak Sari yang telah membantu penelitianku di laboratorium THP.
13. Semua pihak yang telah membantu serta memberikan dorongan pada penulis selama proses penyelesaian Karya Tulis Ini.

Semoga segala bimbingan dan bantuan yang telah diberikan kepada penulis ini, mendapatkan imbalan yang setimpal dari Allah SWT.

Dengan berbagai keterbatasan dalam pembuatan penelitian ini, penulis menyadari masih banyak hal yang jauh dari kesempurnaan. Maka masukkan yang bersifat membangun sangat penulis harapkan. Untuk itu penulis mengucapkan terimakasih.

Jember, Juli 2005

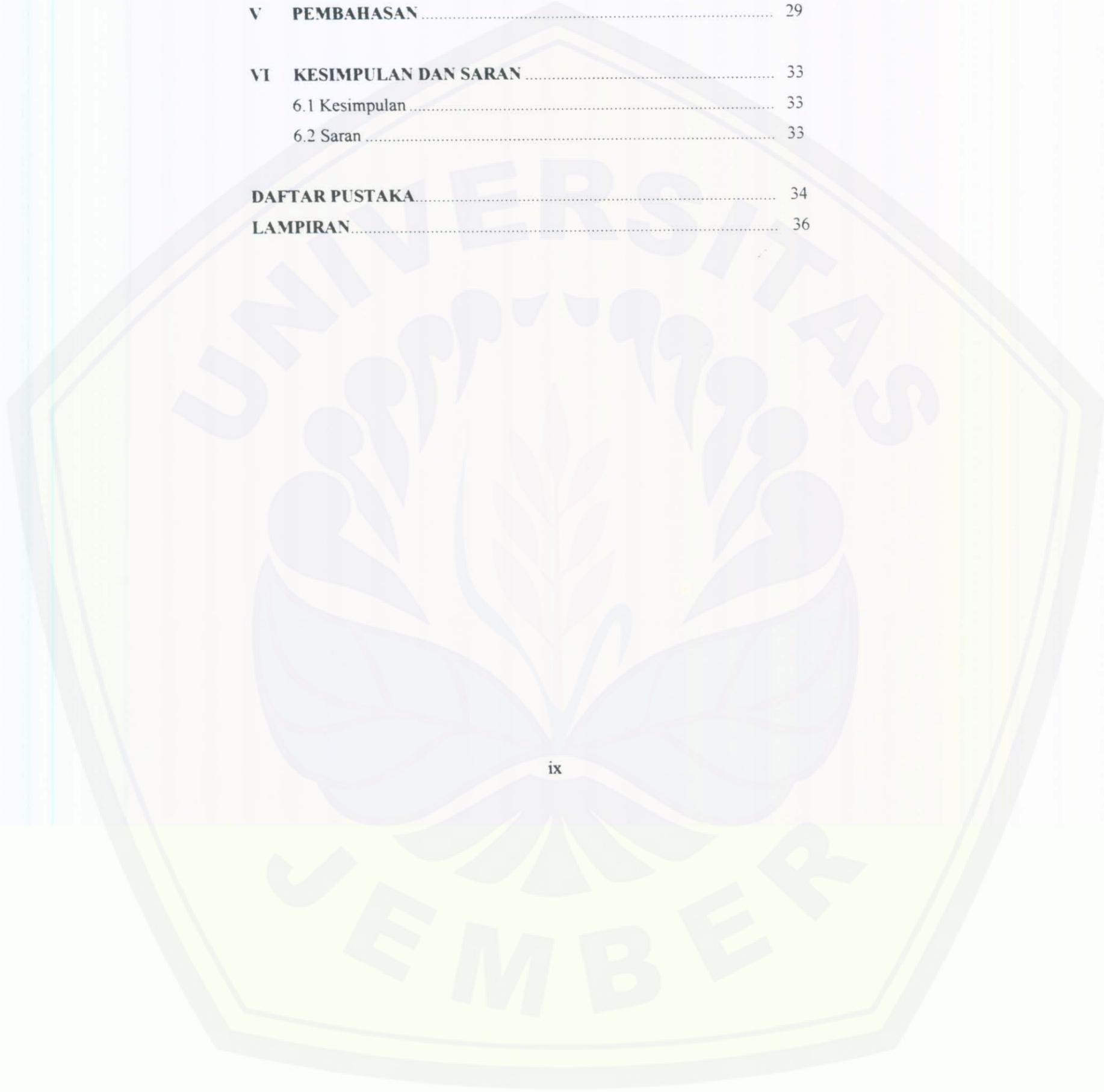
Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
RINGKASAN	xii
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 Definisi Aloi	4
2.2 Tujuan Penggunaan Aloi	4
2.3 Pembuatan Aloi	5
2.4 Sifat-sifat Aloi	7
2.5 Penggolongan Aloi	7
2.6 Aloi Ag (Perak)	8
2.7 Aloi Cu (Tembaga)	9
2.8 Aloi NiCr (Nikel-Kromium)	10
2.9 Proses Penuangan Logam	11

2.10 Bahan Tanam.....	11
2.10.1 Bahan Tanam Gypsum-Bonded.....	12
2.10.2 Bahan Tanam Phosphate-Bonded.....	13
2.10.3 Bahan Tanam Silica-Bonded.....	14
2.11 Kerapatan Tepi hasil Tuangan.....	14
III METODE PENELITIAN.....	18
3.1 Jenis Penelitian.....	18
3.2 Objek Penelitian.....	18
3.3 Waktu dan Tempat Penelitian.....	18
3.4 Variabel Penelitian.....	18
3.4.1 Variabel Bebas.....	18
3.4.2 Variabel Terikat.....	18
3.4.3 Variabel Kendali.....	18
3.4.4 Definisi Operasional.....	19
3.4.4.1 Aloi Cu.....	19
3.4.4.2 Aloi Ag.....	19
3.4.4.3 Aloi NiCr.....	19
3.4.4.4 Kerapatan Tepi.....	19
3.5 Pengelompokan Besar Ulangan Sampel.....	20
3.5.1 Pengelompokan Sampel.....	20
3.5.2 Besar Ulangan Sampel.....	20
3.6 Alat dan Bahan.....	20
3.6.1 Alat.....	20
3.6.2 Bahan.....	20
3.7 Prosedur Kerja.....	21
3.7.1 Persiapan Penelitian.....	21
3.7.1.1 Proses Pembuatan Sampel.....	21
3.7.2 Teknik Pengukuran Sampel.....	24

3.8 Analisis Data.....	24
3.9 Skema Penelitian	25
IV HASIL DAN ANALISIS DATA	26
4.1 Hasil Penelitian.....	26
4.2 Analisis Data.....	26
V PEMBAHASAN	29
VI KESIMPULAN DAN SARAN	33
6.1 Kesimpulan	33
6.2 Saran	33
DAFTAR PUSTAKA.....	34
LAMPIRAN.....	36

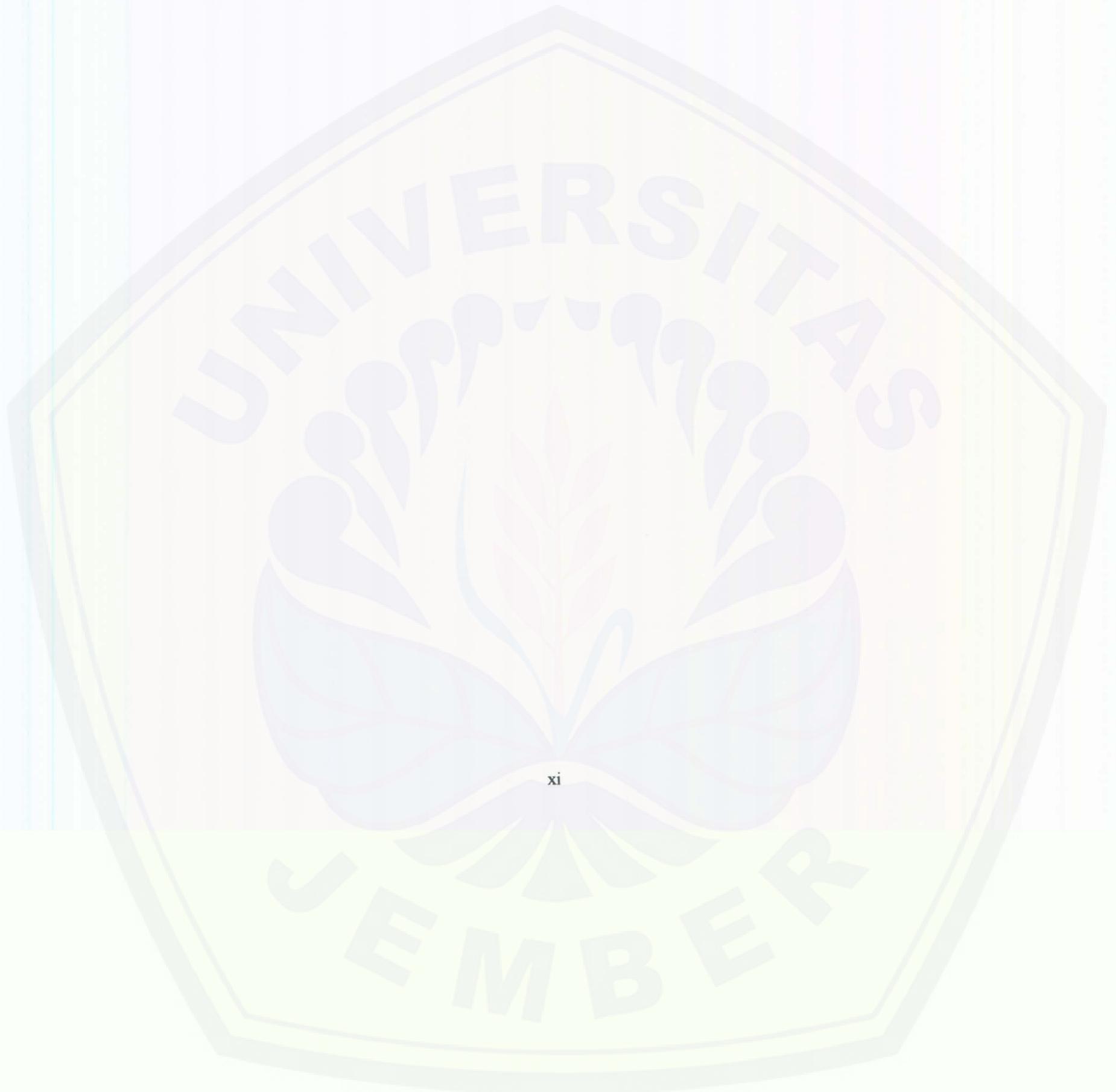


DAFTAR TABEL

	Halaman
1. Data Kerapatan Tepi Pada Berbagai Logam Tuang (Aloi Cu, Aloi Ag, dan Aloi NiCr).....	26
2. Hasil Uji Kenormalan Data (<i>One-Sample Kolmogorov Test</i>) Logam Tuang (aloi Cu, aloi Ag, aloi Ni-Cr) Yang Menunjukkan Data Ditarik Dari Distribusi Yang Simetris atau Normal($P>0,05$).....	27
3. Hasil Uji Kehomogenan Ragam (<i>Levene test</i>) Yang Menunjukkan Data Ditarik Dari Varian Yang Sama atau Homogen($P>0,05$).....	27
4. Hasil Uji <i>Anova</i> Yang Menunjukkan Adanya Perbedaan Yang Bermakna Terhadap Nilai Rata-rata Pengukuran Kerapatan Tepi Antara Aloi Cu,Aloi Ag,Aloi NiCr ($P<0,05$).....	27
5. Hasil Uji <i>Tukey HSD</i> Data Kerapatan Tepi Pada Berbagai Logam Tuang (Aloi Cu, Aloi Ag, dan Aloi NiCr).....	28

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Posisi Pemasangan Model Malam Dalam <i>Casting Ring</i>	21
Gambar 2. <i>Master Mould</i>	22



RINGKASAN

(HERINA WIDIANTI, Fakultas Kedokteran Gigi, Universitas Jember, 011610101112, PERBANDINGAN TUANGAN ALOI Cu, ALOI Ag dan ALOI Ni-Cr TERHADAP KERAPATAN TEPI) dibawah bimbingan drg. FX Ady Soesetijo, Sp.Pros. dan drg. Dewi Kristiana, M.Kes.

Logam yang digunakan di kedokteran gigi untuk membuat restorasi jarang menggunakan satu macam logam, karena jika digunakan kurang memenuhi syarat fisis, mekanis, biologis, kimia dan estetis. Untuk memperbaiki sifat tersebut dilakukan dengan cara mencampur beberapa logam dengan kadar yang berbeda, dengan tujuan sifat baik dari salah satu logam dapat menutupi sifat jelek logam yang lain. Logam campur atau paduan ini disebut aloi.

Prosedur pengolahan untuk dapat dijadikan bahan restorasi adalah dengan proses *casting* (penuangan). Pada proses penuangan akan mengalami penyusutan sewaktu berubah dari temperatur kamar dan bisa juga terjadi kesalahan-kesalahan selama penuangan sehingga mempengaruhi dimensi hasil tuangan.

Kerapatan tepi atau *marginal fit* restorasi tuangan logam sangat berpengaruh terhadap keberhasilan suatu restorasi tersebut. Salah satu cara untuk mengetahui kerapatan tepi suatu restorasi ialah dengan mengukur sela *marginal* restorasi tersebut.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui dan membandingkan kerapatan tepi hasil tuangan logam tuang aloi Cu, aloi Ag dan aloi Ni-Cr. Manfaat penelitian ini adalah dapat menjadi bahan pertimbangan di bidang kedokteran gigi dalam pemilihan bahan restorasi tuang yang memiliki kerapatan tepi paling kecil dalam usaha untuk memperoleh detail yang sebaik-baiknya.

Penelitian dilakukan pada bulan Januari 2005. Kerapatan tepi hasil tuangan aloi Cu, aloi Ag dan aloi Ni-Cr dilihat dari pengukuran sela *marginal* antara tepi cetakan model master dengan tepi *marginal* hasil restorasi tuangan. Sampel digolongkan menjadi tiga kelompok sesuai dengan jenisnya yaitu aloi Cu, aloi Ag dan aloi Ni-Cr dengan besar ulangan sampel untuk masing-masing kelompok sebanyak lima kali ulangan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa aloi Ni-Cr memiliki nilai kerapatan tepi yang paling kecil dibandingkan antara kedua jenis aloi lainnya yaitu aloi Cu dan aloi Ag. Hasil penghitungan uji *anova* antara ketiga aloi tersebut secara statistik menunjukkan adanya perbedaan kerapatan tepi yang bermakna. Lalu dilanjutkan dengan uji *Tukey Honestly Significant Difference (HSD)* yang menghasilkan bahwa perbedaan kerapatan tepi antara aloi Cu dengan aloi Ag menunjukkan hasil yang bermakna dengan nilai probabilitas 0,000 ($P < 0,05$) dan perbedaan kerapatan tepi antara aloi Cu dengan aloi NiCr menunjukkan hasil yang bermakna dengan nilai probabilitas 0,000 ($P < 0,05$) sedangkan perbedaan kerapatan tepi antara aloi Ag dan aloi NiCr adalah tidak bermakna dengan nilai probabilitas 0,3748 ($P < 0,05$). Hal ini dapat dikarenakan oleh perbedaan komposisi masing-masing aloi dimana pada aloi Ni-Cr terdapat kandungan 1,8% berilium yang dapat meningkatkan kemampuan cor pada dirinya sendiri. Juga penggunaan

bahan tanam yang digunakan akan memberikan perubahan terhadap penyusutan aloi dalam bentuk ekspansi dimana bahan tanam *phosphate bonded* memiliki ketahanan terhadap panas tinggi pada saat pengecoran dan dapat mengkompensasi penyusutan pada saat *casting*.





BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Penggunaan bahan logam di dalam teknologi kedokteran gigi sangat sering digunakan untuk membuat restorasi gigi. Oleh karena itu diperlukan pengembangan pengetahuan dalam penggunaan bahan logam tersebut agar dapat dimanfaatkan semaksimal dan seefisien mungkin (Philips, 1991)

Logam yang digunakan di kedokteran gigi untuk membuat restorasi jarang menggunakan satu macam logam, karena jika digunakan kurang memenuhi syarat fisis, mekanis, biologis, kimia dan estetis. Untuk memperbaiki sifat tersebut dilakukan dengan cara mencampur beberapa logam dengan kadar yang berbeda, dengan tujuan sifat baik dari salah satu logam dapat menutupi sifat jelek logam yang lain. Logam campur atau paduan ini disebut aloi (Combe, 1992).

Aloi yang digunakan digolongkan menjadi *precious alloy* dan *non precious alloy*. *Precious alloy* adalah aloi dari logam mulia sedangkan *non precious alloy* adalah aloi yang terbuat dari logam bukan logam mulia (McLean, 1979). Aloi logam mulia memiliki sifat yang lebih baik daripada aloi bukan logam mulia (Philips, 1991).

Bahan logam untuk restorasi gigi yang paling sering digunakan sebagai alternatif pemilihan bahan di bidang kedokteran adalah bahan *non precious alloy* karena harganya relatif lebih murah dan memiliki sifat fisik serta sifat mekanik yang hampir sama dengan aloi logam mulia. Sekarang telah digunakan beberapa aloi bukan logam mulia dengan harga yang jauh lebih murah dengan proses pengolahan yang cukup sederhana, serta dapat dilakukan di laboratorium yang sederhana. Aloi tersebut di antaranya adalah aloi Cu, aloi Ag dan aloi Ni-Cr. Biasanya yang sering digunakan adalah Orden, Cavex, Progold, Albatal, Platan dan Dorabond yang merupakan merk dagang dengan komposisi dan spesifikasi yang tidak dicantumkan. Orden termasuk aloi Cu,

platan termasuk aloi Ni-Cu sedangkan Cavex, Progold dan Albatel termasuk aloi Ag dan Dorabond termasuk aloi Ni-Cr .

Prosedur pengolahan untuk dapat dijadikan bahan restorasi adalah dengan proses *casting* (penuangan). Hasil penuangan ini diharapkan detail yang sama dengan cetakan yang telah disesuaikan dengan kebutuhan. Akan tetapi dalam proses penuangan banyak hal yang dapat mempengaruhi hasilnya termasuk adanya perubahan dimensi. Pada proses penuangan akan mengalami penyusutan sewaktu berubah dari temperatur kamar dan bisa juga terjadi kesalahan-kesalahan selama penuangan sehingga mempengaruhi dimensi hasil tuangan (Ronny, 1999).

Ketepatan tuang ini selain ditentukan oleh tindakan selama proses penuangan juga ditentukan oleh sifat fisik bahan itu sendiri. Kesalahan dalam penuangan menyebabkan suatu tuangan mungkin tidak akurat, mempunyai permukaan yang kasar atau porus. Keberhasilan penuangan logam salah satunya dapat diukur dari ketepatan hasil tuangan. Untuk memperoleh hasil tuangan yang bagus dapat diupayakan dengan cara menekan seminimal mungkin kesalahan yang terjadi selama proses penuangan. Disamping itu juga harus dipertimbangkan sifat dari bahan itu sendiri, yang salah satunya ialah bahwa bahan harus mempunyai tingkat ketepatan yang tinggi (Combe, 1992).

Ketepatan tepi suatu restorasi dipengaruhi beberapa faktor di antaranya yaitu: jenis logam, bahan tanam, teknik penanaman. Ketepatan tepi atau *marginal fit* restorasi tuangan logam sangat berpengaruh terhadap keberhasilan suatu restorasi tersebut. Ketepatan tepi yang baik dari suatu restorasi dapat mengurangi kemungkinan terjadi kembali karies dan dan penyakit periodontal. Salah satu cara untuk mengetahui ketepatan tepi suatu restorasi ialah dengan mengukur sela *marginal* restorasi tersebut (Soekartono,2001).

1.2 Rumusan Masalah

1. Apakah ada perbedaan kerapatan tepi hasil tuangan logam tuang aloi Cu, aloi Ag dan logam tuang aloi Ni-Cr.
2. Manakah diantara hasil tuangan logam tuang aloi Cu, aloi Ag dan logam tuang aloi Ni-Cr yang mempunyai kerapatan tepi paling kecil.

1.3 Tujuan Penelitian

1. Membandingkan kerapatan tepi hasil tuangan logam tuang aloi Cu, aloi Ag dan aloi Ni-Cr.
2. Untuk mengetahui kerapatan tepi aloi Cu, aloi Ag dan aloi Ni-Cr

1.4 Manfaat Penelitian

Dari hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan dan perhatian bagi para praktisi di bidang kedokteran gigi pada umumnya dan bidang protodonsia pada khususnya dalam pemilihan bahan restorasi tuang yang memiliki kerapatan tepi paling kecil dalam usaha untuk memperoleh detail yang sebaik-baiknya.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Definisi Aloi

Aloi atau aliase adalah campuran dua atau lebih elemen logam. kadang-kadang unsur terpentingnya berupa suatu non logam. asal saja campuran elemen tersebut masih menunjukkan sifat-sifat logam (Combe, 1992).

Aloi merupakan bahan tradisional yang menggunakan struktur kuat. Bahan tersebut menghantar panas dan listrik dengan baik dan umumnya mengkilat (Wilson dkk,1987)

2.2 Tujuan Penggunaan Aloi

Penggunaan logam murni di bidang kedokteran gigi jarang menggunakan logam murni, karena logam murni jika digunakan untuk suatu restorasi gigi dianggap terlalu lunak dan rapuh. Oleh karena itu, para peneliti berusaha memperbaiki sifat-sifat fisik dan mekanik logam dengan mencampur dua atau beberapa logam dengan kadar yang berbeda, di mana elemen-elemen yang membentuk logam campur tersebut saling memperbaiki sifat-sifat yang merugikan. (Combe, 1992)

Logam dan aloi digunakan untuk memulihkan dan mengembalikan semua permasalahan pergigian, misalnya bahan tumpatan yaitu menggunakan *silver alloy* yang berisi Ag-Sn-Cu dicampur dengan mercury ([http : //r-curtis.umds/bds3a/metallurgy.HTM](http://r-curtis.umds/bds3a/metallurgy.HTM))

Aloi digunakan di bidang kedokteran gigi untuk berbagai keperluan, salah satu diantaranya adalah sebagai bahan untuk membuat restorasi dibandingkan yang lain yang biasa digunakan. Aloi lebih menguntungkan karena kekuatan dan kekerasan yang dimilikinya memungkinkan praktisi membuat desain restorasi yang dihasilkan lebih nyaman dipakai (Dahar, 1996)

Tujuan digunakannya aloi adalah untuk memperoleh sifat-sifat fisik mekanik dan kimia yang memenuhi persyaratan dalam penggunaanya di dalam mulut (Skinner, 1991).

Logam dan aloi yang digunakan sebagai pengganti aloi emas dalam pemakaian di kedokteran gigi harus memiliki karakteristik dasar minimal tertentu yaitu seperti berikut dibawah ini. (Craig, 2002)

1. Sifat kimia aloi tidak mengandung racun yang berbahaya atau efek alergi pada pasien atau operator.
2. Secara kimiawi pemakaiannya harus tahan korosi dan perubahan fisik ketika berada dalam cairan rongga mulut.
3. Dari sifat fisik dan mekaniknya seperti konduktivitas panas, temperatur cair, koefisien ekspansi termal dan kekuatannya harus memuaskan dan digunakan untuk berbagai macam pemakaian.
4. Tenaga ahli dibutuhkan untuk pembuatan dan penggunaannya harus dapat dikerjakan oleh dokter gigi dan peteknik gigi.
5. Logam, aloi dan komponen material untuk pembuatannya harus banyak tersedia, relatif tidak mahal dan dapat cepat digunakan walaupun dalam keadaan darurat.

Oleh karena sifat-sifat logam emas mendekati syarat-syarat di atas, maka sejak jaman dahulu logam ini digunakan sebagai bahan restorasi gigi dan aloi yang mengandung emas merupakan bahan pembuatan mahkota dan jembatan yang paling berhasil. Emas sebagai logam mulia harganya relatif mahal, oleh karena itu para ahli secara terus-menerus melakukan penelitian-penelitian dengan cara memadukan beberapa logam non emas (*non precious alloy*). Hasilnya adalah bermacam-macam aloi yang beredar di pasaran dengan berbagai merek dagang seperti: Orden, Cavex, Progold, Albatal, Dorabond, dan sebagainya. Semua aloi tersebut berhasil dengan baik sebagai bahan restorasi (Philips,2004)

2.3 Pembuatan Alois

Prinsip pembuatan aloi pada dasarnya sama dengan pembuatan logam murni, hanya kurva suhu-waktu yang sering berbeda. Dengan demikian berarti pembuatan aloi dapat melalui penuangan, pekerjaan dingin, serbuk *metallurgi*, dan *electroforming* (Craig,2002)

Penuangan merupakan pekerjaan mencairkan aloi dan membentuknya di dalam cetakan. *Die-casting* yang digunakan untuk mencetak merupakan cetakan permanen dari logam. Pekerjaan dingin pada umumnya aloi dapat ditempa menjadi lembaran, ditarik, atau digulung. AloI dapat ditarik melalui suatu *die* untuk mendapatkan bentuk kawat. Sedangkan pada serbuk metalurgi, serbuk aloi dapat dipres di bawah tekanan tinggi untuk mendapatkan bahan dengan bentuk yang dikehendaki. Pada proses *electroforming*, aloi dapat dilapiskan pada permukaan yang bersifat penghantar (*conducting surface*) dengan proses elektrolisa (Carig, 2002)

Aloi yang merupakan kumpulan dua logam atau lebih diklasifikasikan berdasarkan jumlah unsur yang membentuk AloI yaitu aloi *binary* (terdiri dari dua konstitusi), aloi *ternary* (terdiri tiga konstitusi), aloi *quaternary* (terdiri empat konstitusi), *quinary* (terdiri dari lima konstitusi) dan seterusnya. Begitu jumlah unsur meningkat lebih dari dua penyusun maka strukturnya menjadi lebih kompleks, sehingga hanya aloi *binary* yang dapat dipelajari secara detail (Philips,2004)

Stainless steel atau baja tahan karat merupakan AloI yang mengandung besi, karbon, kromium, dan kadang-kadang nikel. Ada dua tipe *stainless steel* yang penting yaitu pertama, *stainless steel austenitic* yang mengandung jumlah kromium dan nikel yang sama banyak dengan struktur *austenitic*, yaitu campuran padatan yang tetap bertahan meskipun didinginkan sampai ke suhu kamar. AloI ini bisa mengandung 18% kromium dan 8% nikel (sering disebut *stainless steel 18/8*) atau masing-masing sebanyak 12% (*stainless steel 12/12*). Bahan-bahan ini dapat dikeraskan dengan *cold working*, tetapi tidak dapat dikeraskan dengan *heat treatment* dan juga tidak sesuai untuk bahan instrumen pemotong. *Stainless steel 18/8* dapat dipergunakan sebagai bahan untuk pembuatan landasan gigi tiruan dan untuk kawat ortodonsia. Kedua, *Stainless steel martensitic*, bisa mengandung 12 sampai 13% kromium dan sejumlah kecil karbon tetapi tidak ada unsur utama lain. AloI ini dapat dikeraskan dengan *heat treatment* (Combe,1992).

2.4 Sifat-sifat Aloi

Aloi mempunyai sifat-sifat sebagai berikut dibawah ini.(Musaikan, 1983)

- a. Sifat-sifat fisik aloi meliputi : koefisien ekspansi termal, konduktivitas panas, 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 korosi dan ketahanan korosi.
- c. Sifat-sifat mekanik aloi yaitu : modulus elastisitas, kekerasan, tegangan tarik, tegangan tekan, tegangan mulur, tegangan tumbuk, tegangan lelah, tegangan puntir, keuletan dan regangan.

Banyak faktor yang mempengaruhi sifat mekanik aloi, dimana faktor-faktor tersebut satu sama lain berkaitan. Sifat fisik dan kimia aloi juga dapat mempengaruhi sifat mekanik. Sifat mekanik aloi dipengaruhi oleh faktor sebagai berikut ini.

- a. Komposisi dan prosentase elemen-elemen pembentuk aloi, karena elemen-elemen pembentuk aloi mempunyai fungsi saling memperbaiki sifat-sifat yang merugikan yang terdapat pada elemen-elemen tersebut.
- b. Perlakuan panas pada logam, karena pada proses pembentukan aloi cenderung terjadi perubahan yang hebat terhadap struktur logam dan juga terdapat tegangan dalam yang besar, terutama pada proses pendinginan.

2.5 Penggolongan Aloi

Pada dasarnya penggolongan aloi adalah sebagai berikut dibawah ini.(Mc. Lean, 1979)

- a. *Noble-Metal Alloy System* terdiri dari beberapa macam yaitu sebagai berikut :
 1. Aloi yang mengandung kadar emas tinggi terdiri dari 2 macam yaitu pertama *Gold-Platinum-Palladium Alloy* merupakan aloi yang terbuat dari campuran emas, platina, paladium dan elemen-elemen lain

pembentuk aloi. Kedua, *Gold-Platinum-Tantalium Alloy* merupakan aloi yang terbuat dari campuran emas, platina, tantalium dan elemen-elemen lain pembentuk aloi.

2. Aloii yang mengandung kadar emas rendah yaitu *Gold-Palladium-Silver Alloy* merupakan aloi yang terbuat dari campuran emas, paladium, perak dan elemen-elemen lain pembentuk aloi.
 3. Aloii yang tidak mengandung emas yaitu *Palladium-Silver Alloy* merupakan aloi yang terbuat dari campuran paladium, perak dan elemen-elemen lain pembentuk aloi.
- b. *Base-Metal Alloy System* yang terdiri dari 2 macam yaitu yang pertama *Nickel-Chromium Alloy* merupakan aloi yang terbuat dari campuran nikel, kromium dan elemen-elemen lain pembentuk aloi. Kedua yaitu *Cobalt-Chromium Alloy* merupakan aloi yang terbuat dari campuran kobalt, kromium dan elemen-elemen lain pembentuk aloi.

Selain penggolongan tersebut aloi juga digolongkan menjadi *precious alloy* dan *non precious alloy*. *Precious alloy* adalah aloi dari logam mulia sedangkan *non precious alloy* adalah aloi yang terbuat dari logam bukan logam mulia.

Menurut Mc. Lean (1979) elemen-elemen lain yang ikut membentuk aloi adalah sebagai berikut dibawah ini.

- a. Pada *precious alloy* antara lain juga mengandung timah, seng, iridium, indium, perak dan tembaga.
- b. Pada *non precious alloy* antara lain mengandung molibdenum, magnesium, besi, mangan, aluminium, silikon, berilium, karbon, tembaga dan kobalt yang terdapat dalam *cobalt-chromium alloy*. Sedangkan didalam aloi nikel-kromium mengandung molibdenum, mangan, besi, berilium, tembaga, karbon dan silikon.

2.6 Aloii Ag (Perak)

Perak diketahui sebagai penghantar panas dan listrik yang paling baik , lebih kuat dan keras dibandingkan emas tetapi lebih lunak dari tembaga. Titik

lebur perak pada 961,9 C, dimana titik leburnya dibawah titik lebur tembaga dan emas. *Dry air* pada berbagai temperatur tidak akan mengubah keadaannya, tetapi kombinasi dengan *sulfur, chlorin, phospor* akan menguapkan elemen dan komponen yang dikandungnya.

Makanan-makanan yang mengandung komponen sulfur menyebabkan warna perak memudar dengan hebat, hal itulah alasannya perak tidak dipertimbangkan sebagai logam mulia pada kedokteran gigi. Perak murni mengikat oksigen dalam jumlah yang cukup pada saat melebur, yang akan menimbulkan kesulitan pada penuangan, karena gas akan terbentuk selama pemadatan. Sebagai akibatnya timbul pit-pit kecil, porus, dan kekasaran pada permukaan cetak. Tendensi ini dapat berkurang bila ditambahkan 5%-10% tembaga pada perak. Inilah alasannya dibuat aloi daripada logam murni. Perak murni tidak digunakan pada restorasi gigi., karena sulfid hitam akan terbentuk diatas logam didalam rongga mulut. Penambahan paladium dalam jumlah kecil pada aloi Ag, dapat mencegah korosi aloi didalam rongga mulut. Walaupun perak dapat bergabung dengan paladium, tetapi penambahan elemen lain untuk aloi seperti tembaga atau indium, mungkin dapat menyebabkan bentukan *multiple phase* dan meningkatkan korosi (Craig, 2002).

Menurut Philips (1991), perak kebanyakan lebih di sukai karena dapat memberikan efek alami pada aloi. Perak juga akan memberikan warna keputihan pada aloi dan mencerahkan warna kuning dari logam emas, dan menetralsisir warna kemerahan yang dihasilkan oleh tembaga.

2.7 Aloi Cu (Tembaga)

Tembaga merupakan elemen terpenting kedua yang menyusun aloi karena tembaga dapat meningkatkan kekuatan dan kekerasan aloi. Ada beberapa alasan mengapa jumlah tembaga diberikan dalam jumlah terbatas, karena tembaga akan mengurangi ketahanan aloi terhadap korosi. Biasanya tidak lebih dari 10-12% dari tembaga, dapat digunakan dalam restorasi gigi yang akan digunakan dalam rongga mulut (Philips, 1991).

Tembaga adalah suatu logam yang dapat ditempa dan logam yang ulet dengan kemampuan menghantar listrik dan suhu tinggi, yang bercirikan warna merah. Bentuk tembaga yang padat merupakan gabungan dari emas dan paladium yang merupakan komponen mulia yang penting pada aloi gigi (Craig, *et al.* 2002).

Menurut Irawan, dkk (2002) dalam penelitiannya dikatakan bahwa paduan berbasis tembaga, dalam penggunaannya memperlihatkan terjadi korosi awal bila direndam dalam air liur buatan.

Tembaga mempunyai khasiat sebagai berikut dibawah ini (Combe, 1992).

- a.) Memberikan warna yang kemerah-merahan bila terdapat dalam jumlah yang cukup.
- b.) Bersifat mengurangi kekerasan/densitas dari aloi. Densitasnya kurang lebih separoh dari densitas emas.

2.8 AloI Ni-Cr (Nikel-Kromium)

Nikel-Kromium secara umum dikenal sebagai *non precious alloys* (logam campur bukan logam mulia), dan mengandung 70%-80% nikel, sekitar 15% kromium untuk mengurangi sifat korosi dan logam termasuk aluminium, beryllium dan manganese (Combe, 1992).

Aloi emas kekuatannya lebih rendah dan harganya lebih tinggi dibandingkan dengan aloi nikel-kromium sehingga aloi nikel-kromium semakin banyak digunakan (Inoue, 1992).

Sifat aloi nikel-kromium adalah sebagai berikut dibawah ini (Mc.Cabe, 1990 ; Philips, 1991).

- b. Sifat fisik meliputi temperatur lebih tinggi dibandingkan emas yaitu berkisar antara 1200° C-1500° C, massa jenis 8 gram/cm³ dan kontraksi logam berkisar 2,05 %-2,33 %.
- c. Sifat mekanik meliputi kekerasan sebesar 300 vickers, modulus elastisitas 220 Gpa, *proportional* limit 230 Mpa dan tegangan tarik ultimate lebih besar antara 90.000-120.000 Psi, *shrinkage casting* 2,0 % dan *ductility* sampai 30 % *elongation*.

- d. Sifat kimia yaitu dapat menarik klorine dan lebih mudah korosi dibandingkan aloi nikel-kromium mempunyai ketahanan korosi yang sangat baik, oleh karena adanya *passivating effect*. Aloinya ditutup dengan lapisan tipis *chromic oxide* yang melindungi aloi dari benturan. Aloinya nikel-kromium juga mampu menahan stres yang tinggi tanpa mengalami deformasi permanen (Mc. Cabe, 1990).

2.9 Proses Penuangan Logam

Pada umumnya aloi yang digunakan untuk restorasi dikerjakan dengan cara penuangan (Dahar, 1996). Pemanasan aloi yang berlebihan akan menyebabkan oksidasi atau kristalisasi tertunda sehingga menyebabkan kerusakan dinding cetakan. Suhu cetakan harus cukup besar untuk menjamin ekspansi cetakan yang sempurna dan mencegah kristalisasi prematur yang dapat menyebabkan pengisian cetakan oleh aloi kurang sempurna. (Mc. Cabe, 1990).

Coran dibuat dari logam yang dicairkan, dituang ke dalam cetakan, kemudian dibiarkan mendingin dan membeku (Surdia, 1982). Prosedur pengolahan untuk dapat dijadikan bahan restorasi adalah dengan proses pengecoran dimana logam dileburkan (dicairkan) kemudian dituangkan ke dalam ruang cetakan (*mould space*) yang telah dibuat dengan proses lilin hilang (*lost wax technique*). Dalam kedokteran gigi, prosedur pengecoran logam dengan cara *lost wax technique* baru dipakai pada permulaan abad ke-20. Tahap kerja terdiri dari pemasangan saluran tuang (*sprue*) pada pola lilin, pemendaman, pembakaran dan pengecoran (Craig, 2002).

2.10 Bahan Tanam

Bahan tanam tuang merupakan suatu bahan yang digunakan untuk menanam model atau pola malam, kemudian model malam yang telah selesai ditanam tadi akan dibakar habis sehingga meninggalkan bekas yang berupa rongga. Nantinya rongga tersebut akan diisi oleh logam cair dengan cara menuang. Menurut jenisnya bahan tanam terbagi menjadi tiga yaitu : *gypsum*

bonded dipakai untuk pembuatan suatu tuangan yang memerlukan panas mendekati 1200°C, *phosphate bonded* dipakai untuk pembuatan suatu tuangan yang memerlukan panas diatas 1200°C dan *silica bonded* dipakai sebagai alternatif dari bahan tanam *phosphate bonded*. (Soekartono, 2001).

Menurut Mc. Cabe (1994) faktor utama yang diperlukan untuk pemilihan bahan tanam adalah kesesuaian suhu yang digunakan pada saat pengecoran (*casting*) dengan titik lebur logam campur yang dicor. Beberapa jenis logam campur emas mempunyai suhu pengecoran sekitar 900°C akan tetapi beberapa logam campur krom (Cr) membutuhkan suhu pengecoran sekitar 1450°C. oleh sebab itu bahan tanam yang dipilih untuk melakukan pengecoran ialah bahan tanam yang tahan terhadap panas tinggi pada saat dilakukan pengecoran dan dapat mengkompensasi adanya *casting shrinkage* (penyusutan pada saat *casting*).

2.10.1 Bahan Tanam Gypsum-Bonded

Komposisi yang terdapat pada *Gypsum-Bonded* ini yaitu : (Combe, 1992)

- a) Silika bentuk *allotropic* (misalnya *crystalite* atau kuarsa) yang berfungsi sebagai pengeras dan menimbulkan ekspansi cetakan dengan ekspansi termis dan inversi.
- b) *Calcium Sulphate Hemihydrate Autoclaved* yang berfungsi untuk bereaksi dengan air atau pada hidrasi agar bergabung bersama silika memberi kekuatan yang cukup pada cetakan dan turut serta memberi pengaruh ekspansi pada cetakan dengan adanya ekspansi selama *setting*.
- c) Bahan pereduksi seperti serbuk *Charcoal*, untuk mereduksi oksida-oksida yang terbentuk pada logam.
- d) Bahan kimia pemudifikasi seperti asam *boric* atau natrium klorida untuk menghalangi kontraksi sewaktu pemanasan.

2.10.2 Bahan Tanam *Phosphate-Bonded*

Salah satu bahan tanam yang tahan terhadap panas tinggi dan mengkompensasi adanya *casting shrinkage* adalah *phosphate bonded*.

Komposisi *phosphate bonded* merupakan bahan tanam tuang yang mempunyai komposisi mirip dengan bahan tanam *gypsum bonded*. Bahan *phosphate bonded* terdiri dari *refractory fillers* dan *binder* (bahan pengikat) biasanya berbentuk bubuk dan cairan. Komposisi bubuk terdiri dari magnesium oksida, amonium fosfat dan silika yang berbentuk kristobalit, kuarts, atau pencampuran keduanya dengan konsentrasi mendekati 80%. Sedang bahan pengikat terdiri dari oksida amonium (sebagai bahan dasar) dan fosfat dalam bentuk asam. Semula yang dipakai adalah asam fosforik, tetapi telah digantikan dengan monoamonium fosfat, karena monoamonium dapat bergabung dengan bubuk bahan tanam. Pada pencampuran dengan air atau dengan solusi koloid silika, maka reaksi antara fosfat dengan oksida terjadi untuk membentuk magnesium amonium fosfat.



Seperti juga bahan tanam lainnya bahan tanam *phosphate bonded* mempunyai syarat sebagai berikut (Mc.Cabe,1990), bahan tanam dapat membentuk *mould* (rongga untuk menuang, yang menghasilkan tuangan yang sesuai dengan bentuknya). Bahan tanam *phosphate bonded* mempunyai sifat porus pada waktu set, seperti pada bahan tanam yang mengandung gipsum dan kekuatan, sehingga pada waktu pemasan kekuatannya akan bertambah, kemungkinan akibat adanya interaksi kimia antara bahan silika dengan *binder*, juga mempunyai ekspansi pada waktu reaksi pengerasan, analog dengan pertumbuhan kristal gipsum. Ekspansi bahan tanam *phosphate bonded* sekitar 2% adalah kombinasi dari ekspansi pada saat pengerasan dan ekspansi termal (Soekartono,2001).

2.10.3 Bahan Tanam Silica-Bonded

Reaksi *setting* bahan tanam ini meliputi hal-hal di bawah ini :

a) Tahap 1. Hidrolisa

Etil silika dapat dihidrolisa menjadi asam *salicic* dengan pembebasan etil alkohol. Pada prakteknya dipergunakan bentuk polimerisasi etil silika menghasilkan suatu sol *poly (salicic acid)*.

b) Tahap 2. Pembentukan Gel

Sol bercampur dengan *crystalite* atau *quartz*, kemudian pembentukan gel berlangsung di bawah keadaan alkali dengan penambahan magnesium oksida. Pada tahap ini terjadi sedikit kontraksi.

c) Tahap 3. Pengeringan

Sewaktu pemanasan terjadi kontraksi lebih lanjut dan hilangnya alkohol serta air yang menyebabkan cetakan yang terbuat dari partikel silika tersusun rapat satu sama lain.

Sifat-sifat bahan tanam ini terjadi perubahan dimensi dan perubahan porositas. Pada perubahan dimensi termal ekspansi dalam jumlah yang sangat besar yang disebabkan oleh besarnya prosentase silika dalam bahan. Ekspansi ini biasanya cukup untuk mengimbangi *setting* kontraksi dari bahan tanam dan kontraksi bahan Aloi sewaktu dituang. Sedangkan pada perubahan porositas, partikel bahan yang telah dibentuk tersusun sangat rapat satu sama lain sehingga porositas sangat kecil (tidak terlihat). Untuk memberi jalan lepasnya udara dari cetakan maka dibuat rongga atau lubang udara (Combe, 1992).

2.11 Kerapatan Tepi Hasil Tuang logam

Ketepatan marginal atau kerapatan tepi suatu restorasi dapat dilihat dari pengukuran sela *marginal* yang terjadi pada suatu restorasi tuang. Hasil tuang yang akurat dari proses penuangan logam didapatkan apabila pengkerutan logam yang terjadi pada waktu proses pendinginan logam cair dapat diimbangi oleh ekspansi ruang tuang (*mould*). Ekspansi yang terjadi pada ruang tuang

(*mooid*). Ekspansi yang terjadi pada ruang tuang didapat pada waktu proses pengerasan bahan tanam tuang dan proses pemanasan bahan tanam tuang. (Craig *et al* dalam Soekartono, 2001)

Perbedaan dimensi suatu cairan logam dapat terjadi sebelum dan selama proses pengecoran logam dilakukan. Pemrosesan penuangan logam sering mengalami perubahan dimensi yang disebabkan oleh sifat fisik dan mekanik bahan yang digunakan. Salah satu faktor kritis yang penting dalam penuangan adalah mempertahankan secara tepat rongga cetak yang dihasilkan dari pola malam di dalam bahan tanam. Sehingga diperoleh duplikasi secara tepat oleh logam yang mengisinya. (Palmer *et al*, 1961 dalam Hamzah, 1989)

Perubahan dimensi yang dihasilkan pada waktu penuangan menurut Combe(1992) adalah dapat berubah hal-hal sebagai berikut di bawah ini :

- a) Tuangan terlalu besar disebabkan oleh adanya ekspansi cetakan yang terlalu besar. Untuk menghindari terjadinya ekspansi ini yaitu dengan menggunakan suhu yang benar dan menggunakan tipe bahan tanam yang sesuai dengan aloi yang akan dituang.
- b) Hasil tuangan yang terlalu kecil, hal ini disebabkan ekspansi cetakan yang terlalu kecil. Untuk menghindari hal ini dengan cara memanaskan bambung tuang dengan suhu yang cukup.
- c) Tuangan berubah bentuk, hal ini disebabkan pola malam berubah bentuk.

Untuk tuangan yang luas kekuatan bahan tanam mempengaruhi penyusutan tuangan. Penanaman yang kuat lebih tahan terhadap penyusutan tuangan awal daripada penanaman yang lemah, selain itu kebaikan dan keakuratan tuang dapat dipengaruhi oleh teknik spruing. Kesalahan dalam pembuatan dan penempatan *sprue* akan berpengaruh terhadap hasil penuangan aloi. Teknik *sprue* yang salah akan menyebabkan *localized shrinkage porosity* yang terjadi apabila ukuran saluran cor terlalu kecil dan *back pressure porosity* yang terjadi apabila *sprue* terlalu pendek, sehingga gas yang terperangkap tidak dapat keluar (Philips, 1991).

Keseimbangan antara suhu aloi yang melebur dengan suhu cetakan adalah penting dalam rangka menghasilkan tuangan yang sempurna dan

akurat dengan struktur partikel yang baik, karena kenaikan suhu lebur akan meningkatkan *ductility*, tetapi juga menghasilkan permukaan tuangan yang lebih kasar (Mc. Cabe, 1990). Selain itu untuk menghindari udara yang terjebak agar tidak terjadi porositas perlu adanya ventilasi sehingga udara akan keluar melalui ventilasi dan tidak mempengaruhi keakuratan atau kontur tuangan (Philips, 1991)

Kesalahan-kesalahan yang mungkin terjadi dalam penuangan di antaranya adalah sebagai berikut di bawah ini :

- a) *Finning* (pembentukan sayap) dan *bubling* (pengelembungan).
- b) Penuangan yang tidak sempurna.
- c) Porositas dalam penuangan.
- d) Tuangan terlalu besar dan terlalu kecil (Mc. Cabe, 1990).

Hasil tuangan yang terlalu besar dan terlalu kecil, hal ini dipengaruhi oleh adanya ekspansi dan kontraksi yang terjadi selama penuangan yang dapat menyebabkan perubahan dimensi. Perubahan dimensi yang terlihat dari hasil tuangan aloi adalah adanya penyusutan penuangan. Hal ini dapat dikompensasi dengan perimbangan ekspansi bahan tanam dan tidak memanaskan bumbung tuang pada suhu yang cukup tinggi (Mc. Cabe, 1990).

Penuangan yang tidak sempurna dapat disebabkan karena penempatan atau teknik *spruing* yang salah. *Sprue* harus ditempatkan pada titik/ ketebalan yang terbesar pada model malam. Hal ini bertujuan untuk membantu penyerapan panas yang lebih luas pada daerah tersebut dan untuk mencegah terjadinya pemadatan prematur yang dapat menyebabkan ketidaksempurnaan pengisian cetakan. Ketidaksempurnaan tuangan ini juga disebabkan aloi yang tidak cukup cair atau suhu cetakan yang terlalu rendah, sehingga pemadatan aloi terjadi sebelum cetakan terisi semua. Keseimbangan antar suhu lebur aloi dengan suhu cetakan merupakan bagian yang terpenting dalam menghasilkan kesempurnaan tuangan. Mesin *casting* juga mempengaruhi hasil tuangan, apabila dorongan/gaya yang dihasilkan selama penuangan tidak mencukupi akan menyebabkan aloi tidak mencukupi akan menyebabkan aloi tidak mengalir secara sempurna ke seluruh bagian cetakan (Mc. Cabe, 1990).

Sedangkan menurut Combe (1992) penyebab hasil tuangan tidak sempurna adalah sebagai berikut di bawah ini.

- a) Bahan aloi yang dipergunakan tidak cukup.
- b) Alooi tidak dapat masuk ke dalam bagian cetakan yang tipis.
- c) Cetakan terlalu dingin sehingga menimbulkan pepadatan prematur dari alooi.
- d) Saluran terhalang oleh benda asing seperti partikel fluk atau bahan tanam atau sisa malam yang tidak terbakar.
- e) Terjadi tekan-balik (*back pressure*) oleh gas dalam cetakan.

Alooi belum mencair sempurna atau gaya yang diberi untuk menekan bahan masuk ke dalam cetakan terlalu kecil.



BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian observasional analitik.

3.2 Objek Penelitian

Objek yang diteliti adalah logam padu tuang aloi Ag, aloi Cu, aloi Ni-Cr dengan merek dagang Orden, Washi dan Dorabon.

3.3 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Ilmu Material dan Teknologi Kedokteran Gigi (IMTKG) Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember, Laboratorium Bromo Probolinggo, dan Laboratorium Fakultas Pertanian Universitas Jember pada bulan Januari 2005.

3.4 Variabel Penelitian

3.4.1 Variabel Bebas

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah tuangan aloi Cu, aloi Ag dan aloi Ni-Cr.

3.4.2 Variabel Terikat

Variabel terikat dalam penelitian ini adalah kerapatan tepi hasil logam tuang.

3.4.3 Variabel Kendali

Variabel kendali dalam penelitian ini yaitu :

- a. Suhu ruangan (suhu kamar)
- b. Teknik *spruing*
- c. *Crucible former*
- d. Pemakaian dan konsistensi bahan pendam
- e. Berat Logam yang dicor
- f. Bahan bakar pengecoran logam

- g. Pemakaian *Centrifugal Casting Machine*
- h. Alat penyembur api
- i. Penggunaan api yang keluar dari alat penyembur
- j. Pemakaian bubuk *borax* (sebagai *flux*) saat pengecoran untuk mencegah terjadinya oksidasi
- k. Kriteria logam cair

Dalam hal ini kriteria logam cair adalah keadaan logam yang siap dimasukkan ke dalam cetakkan, yaitu ditandai dengan : pada saat tempat pencair logam digerakkan bola menggelinding dengan bebas seperti air raksa, pergerakan permukaan logam lebih lincah dan logam berwarna oranye muda.

3.4.4 Definisi Operasional

3.4.4.1 Aloi Cu

Aloi Cu adalah logam padu tuang yang mengandung tembaga (Combe,1992)

3.4.4.2 Aloi Ag

Aloi Ag adalah logam padu tuang yang mengandung perak (Combe,1992).

3.4.4.3 Aloi Ni-Cr

Aloi Ni-Cr adalah logam padu tuang yang mengandung 70%-80% nikel dan sekitar 15% kromium (Combe,1992).

3.4.4.4 Kerapatan Tepi

Kerapatan tepi yaitu kerapatan dari hasil tuangan yang disesuaikan dengan cetakan model master, dan dapat dilihat dari pengukuran sela *marginal* yang terjadi pada suatu restorasi tuang, yaitu jarak antara tepi cetakan model master dengan tepi *marginal* hasil restorasi tuangan dan diukur menggunakan *Stereo microscope* (Soekartono,2001).

3.5 Pengelompokan Besar Ulangan Sampel

3.5.1 Pengelompokan Sampel

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

3.5.2 Besar Ulangan Sampel

Untuk masing-masing kelompok yaitu aloi Cu, aloi Ag, dan aloi NiCr sebanyak lima kali ulangan (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 :

- a. Model master (lihat gambar)
- b. Lampu spiritus
- c. Pisau malam
- d. Pisau model
- e. *Glass plate*
- f. Mangkuk karet (*bowl*)
- g. Pengaduk (*spatula semen*)
- h. *Casting ring* (terbuat dari besi dengan tebal 1mm, diameter 5cm, tinggi 5cm)
- i. *Crucible former* (terbuat dari karet dengan diameter 5cm, tinggi 2cm)
- j. Oven merek Nabetherm dengan suhu maksimal 1200°C dan kompor *LPG*
- k. *Centrifugal casting machine* merek Neycraft
- l. Alat penyembur api (*blow torch*)
- m. *Stereo microscope* merk Jeulin buatan China tipe XTX

3.6.2 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan adalah :

- a. Cu *cast* aloi merk Orden, AOKI, Japan (titik lebur 750°C)

- b. Ag cast aloi merek Washi
- c. Ni-Cr cast aloi merek Dorabon
- d. Malam cor biru merek Prepon buatan Bayer, Jerman
- e. Spiritus
- f. *Investment material phosphate bonded*
- g. *Borax*
- h. Bensin super.

3.7 Prosedur Kerja

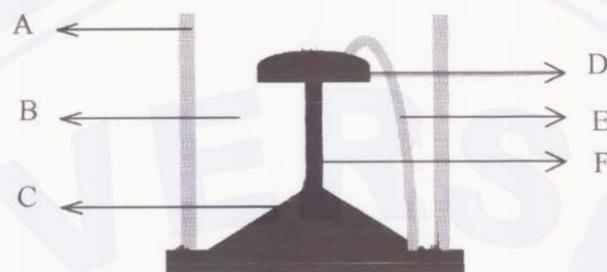
3.7.1 Persiapan Penelitian

Pada persiapan penelitian terhadap objek yang akan diteliti, tahap yang dilakukan meliputi :

3.7.1.1 Proses Pembuatan Sampel

- a. Sampel dibuat dengan cara memanaskan malam tuang sampai cair dalam *Nierbekken* diatas nyala api, diusahakan jangan sampai malam tersebut berasap agar tidak ada unsur malam tuang yang hilang atau menguap.
- b. Kemudian malam yang sudah cair dituang kedalam *master mould*. Setelah malam tuang terlihat mulai membeku ditunggu sampai lima menit, kemudian model malam dikeluarkan, kelebihan malam diperiksa kelengkapannya. Pembuatan model malam sebanyak 15 sampel dilakukan dalam satu hari, dengan tujuan untuk menyamakan perlakuan.
- c. Membuat *sprue* dengan diameter 2mm. Selanjutnya *sprue* dilekatkan pada bagian tengah dari tinggi model malam yang merupakan daerah tertebal, dengan arah tegak lurus dan ujung *sprue* lainnya di lekatkan pada corong tepat pada puncaknya.
- d. Tahap selanjutnya, melekatkan model malam tersebut pada *crucible former* dengan posisi diatur sedemikian rupa sehingga jarak antara dasar bumbung tuang sebesar kurang lebih 6 mm.
- e. Pembuatan *ventilasi* dengan diameter lebih kecil dari *sprue* dan selanjutnya dipasang pada *crucible former* dengan posisi sejajar dengan *sprue*.
- f. Pembersihan pola malam, *sprue* dan *ventilasi* dengan air sabun menggunakan kuas kemudian diirigasi dengan air bersih.

- g. Dilakukan *painting* atau pengolesan bahan tanam encer pada seluruh permukaan restorasi.
- h. *Casting ring* dipasang diatas *crucible former* dengan *sprue* dan model malam tegak lurus di tengah-tengah serta *ventilasi* berada di sebelahnya (lihat gambar).
- i. Kemudian dibuat adonan bahan tanam dan air dengan perbandingan 95 gr : 45 cc sesuai petunjuk pabrik.
- j. Setelah homogen adonan tersebut dimasukkan ke dalam bumbung tuang di atas *vibrator* sampai penuh dan ditunggu hingga *setting*.
- k. *Crucible former* kemudian dilepaskan

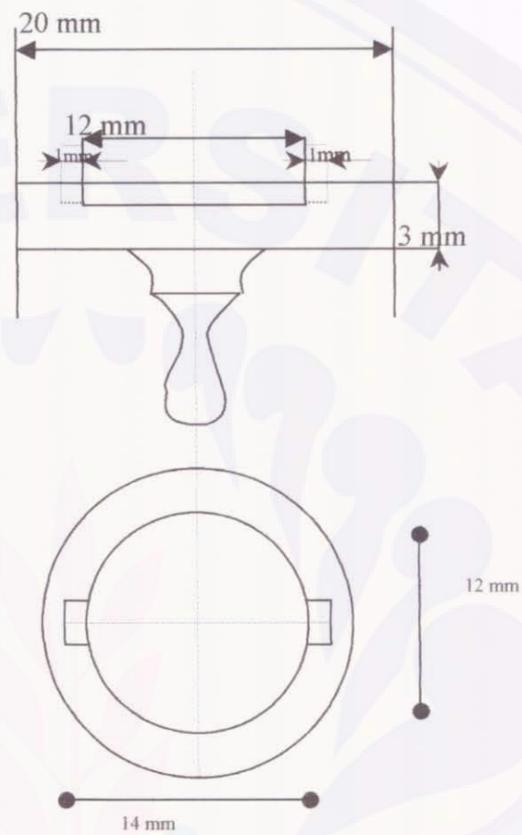


Gambar 1. Posisi pemasangan model malam dalam casting ring

- | | |
|---------------------------|-----------------|
| A. <i>Casting ring</i> | D. Model malam |
| B. Bahan tanam | E. Ventilasi |
| C. <i>Crucible former</i> | F. <i>Sprue</i> |

- l. Dilakukan pembuangan malam dengan meletakkan bumbung tuang diatas kompor menghadap bawah untuk menghilangkan malam, sehingga terbentuk ruangan cetak (*mould*).
- m. Setelah tidak ada malam yang mengalir keluar, bumbung tuang diperiksa dengan meletakkan *glasslab* diatasnya. Proses ini selesai jika tidak ada uap yang menempel di *glasslab*.
- n. Dilanjutkan pengovenan dengan suhu yang sama dengan titik lebur masing-masing logam.
- o. Dilakukan pengecoran logam meliputi aloi Ag, aloi Cu, aloi Ni-Cr menggunakan *centrifugal casting machine* dengan bahan bakar bensin

- super. Bila logam tampak bergerak sebagai tanda logam sudah meleleh, maka logam siap dituang ke dalam bambung tuang.
- p. Setelah pengecoran selesai, dibiarkan sampai mencapai suhu kamar kurang lebih selama 60 menit, bahan tanam dibuka dan hasil coran diambil kemudian dibersihkan dari sisa-sisa bahan tanam.
- q. *Sprue* dipotong tepat di daerah perlekatan pada sampel.
- r. Masing-masing logam dikelompokkan sesuai dengan jenisnya disiapkan untuk pengukuran kerapatan tepi logam hasil tuang.
- s. Melakukan penghitungan dengan menggunakan pengamatan dibawah mikroskop *stereo*.



Gambar 2. Master Mould

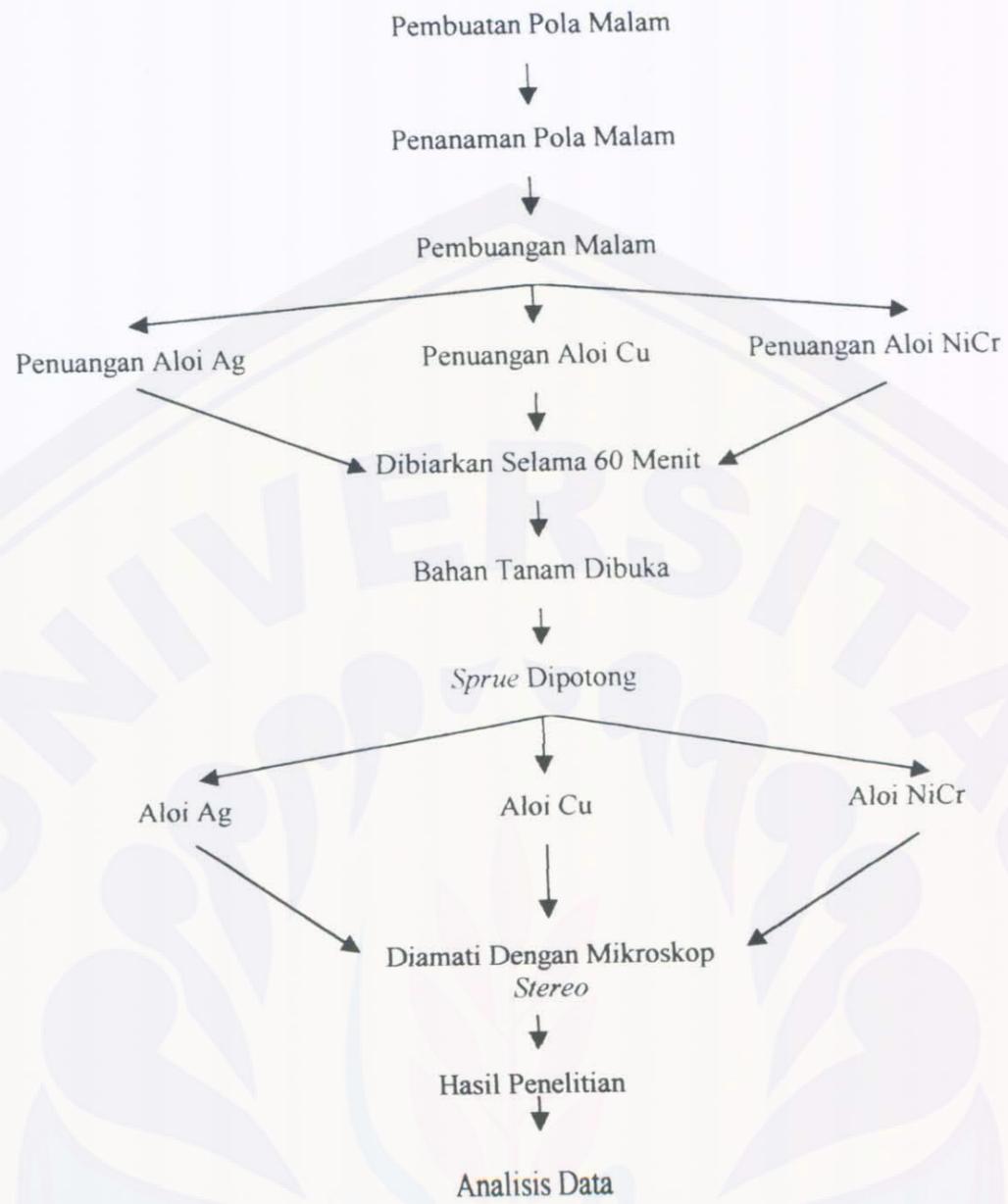
3.7.2 Teknik Pengukuran Sampel

Masing-masing sampel yang telah disiapkan, dilakukan pengukuran kerapatan tepi dengan pengamatan dibawah mikroskop. Pengukuran dilakukan dengan cara masing-masing sampel dimasukkan kedalam *master mould* kemudian kaca skala diletakan diatasnya untuk mengukur celah atau jarak tepi sampel (pada tepi diagonal yang telah ditentukan) terhadap dinding cetakan *master mould* dan diamati dibawah mikroskop *stereo*.

3.8 Analisis Data

Sebelum dilakukan analisa data, hasil pengukuran tiap sampel dirata-rata sehingga didapatkan nilai rata-rata kerapatan tepi untuk tiap sampel dari tiga jenis logam. Lalu sebelum data di uji dengan uji anova maka dilakukan uji kenormalan data menggunakan *kolmogorov smirnov test* dan *Levene test* untuk menguji kehomogenan suatu ragam dari populasi tertentu. Kemudian data yang didapat dilakukan uji-*Anova* dan uji *Tukey Honestly Significant Difference (Tukey HSD)*.

3.9 Skema Penelitian



BAB IV HASIL DAN ANALISIS DATA

4.1 Hasil Penelitian

Hasil penelitian yang menunjukkan rata-rata pengukuran kerapatan tepi pada tuangan aloi Cu, aloi Ag, dan aloi NiCr dinyatakan dalam satuan mikrometer (μm) dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Data Kerapatan Tepi Pada Berbagai Logam Tuang (Aloi Cu, Aloi Ag, dan Aloi NiCr)

Sampel	Rata-rata kerapatan tepi aloi Cu, aloi Ag dan aloi NiCr (μm)		
	Aloi Cu	Aloi Ag	Aloi NiCr
I	342,5	107,5	90,0
II	275,0	160,0	85,0
III	250,0	125,0	82,5
IV	225,0	95,0	105,0
V	245,0	75,0	47,5

4.2 Analisis Data

Hasil uji *anova* yang dilakukan, menunjukkan adanya perbedaan yang secara statistik bermakna terhadap nilai rata-rata pengukuran kerapatan tepi aloi Cu, aloi Ag dan aloi NiCr dengan $P < 0,05$. Sebelum dilakukan uji *anova* perlu dilakukan uji kenormalan data dan uji kehomogen ragam untuk memenuhi asumsi pada uji *anova*, sebagaimana tertera pada tabel 2,3,dan 4.

Tabel 2. Hasil uji kenormalan data kerapatan tepi pada berbagai logam tuang (aloi Cu, aloi Ag, aloi NiCr) yang menunjukkan data ditarik dari distribusi yang simetris atau normal ($P > 0,05$)

	N	Mean	SD	P
Aloi Cu	5	267,500	45,552	0,914
Aloi Ag	5	112,500	32,210	0,999
Aloi NiCr	5	82,000	21,169	0,725

Tabel 3. Hasil uji kehomogenan ragam (*Levene test*) yang menunjukkan data ditarik dari varian yang sama atau homogen ($P > 0,05$)

	N	Mean	SD	P
Aloi Cu	5	267,500	45,552	0,360
Aloi Ag	5	112,500	32,210	
Aloi NiCr	5	82,000	21,169	

Tabel 4. Hasil uji *anova* yang menunjukkan adanya perbedaan yang bermakna terhadap nilai rata-rata pengukuran kerapatan tepi antara aloi Cu, aloi Ag, aloi NiCr ($P < 0,05$)

	N	Mean	SD	P
Aloi Cu	5	267,500	45,552	0,000
Aloi Ag	5	112,500	32,210	
Aloi NiCr	5	82,000	21,169	

Dari kemaknaan uji *anova* terhadap ketiga jenis aloi tersebut dilakukan uji-Tukey *Honestly significant difference (HSD)* untuk mengetahui jenis logam mana yang berbeda (kemaknaan statistik dari masing-masing aloi) sebagaimana dikemukakan pada tabel 5.

Tabel 5. Hasil Uji Tukey HSD Data Kerapatan Tepi Pada Berbagai Logam Tuang (Aloi Cu, Aloi Ag dan Aloi NiCr).

Logam Tuang	Probabilitas (P)
Aloi Cu-Aloi Ag	0,000
Aloi Cu-Aloi NiCr	0,000
Aloi Ag-Aloi NiCr	0,372

Berdasarkan uji *Tukey HSD* (table 5) perbandingan kerapatan tepi antara aloi Cu dan aloi Ag dengan nilai signifikansi 0,000 ($P < 0,05$) serta perbandingan kerapatan tepi aloi Cu dan aloi Ag dengan nilai signifikansi 0,000 ($P < 0,05$) menunjukkan bahwa perbandingan kerapatan tepi antara kedua logam tersebut terdapat perbedaan yang bermakna. Sedangkan perbandingan kerapatan tepi antara aloi Ag dan Aloi NiCr dengan nilai signifikansi 0,372 menunjukkan bahwa perbandingan kerapatan tepi antara kedua logam tersebut tidak terdapat perbedaan yang bermakna.

Keterangan tabel :

- N = jumlah sampel
- Mean = nilai rata-rata
- SD = simpangan deviasi
- P = probabilitas

BAB V PEMBAHASAN

Kerapatan tepi suatu restorasi dapat dilihat dari pengukuran sela *marginal* yang terjadi pada suatu restorasi tuang. Hasil tuang yang akurat dari proses penuangan logam didapatkan apabila pengkerutan logam yang terjadi pada waktu proses pendinginan logam cair dapat diimbangi oleh ekspansi ruang tuang (*mould*). Ekspansi yang terjadi pada ruang tuang (*mould*) didapat pada waktu pengerasan bahan tanam tuang dan proses pemanasan bahan tanam tuang (Soekartono,2001).

Pada penelitian ini dilakukan penghitungan terhadap kerapatan tepi yang terjadi antara tepi hasil tuangan ketiga bahan logam yaitu aloi Cu, aloi Ag dan aloi Ni-Cr. Berdasarkan hasil pengamatan pengukuran kerapatan tepi aloi Cu, aloi Ag dan aloi Ni-Cr, nilai rata-ratanya menunjukkan bahwa ketiga aloi tersebut sama-sama mengalami pengkerutan (*shrinkage*) yang mempengaruhi kerapatan tepinya. Hal ini sesuai dengan pernyataan Philips (2004) yang mengatakan bahwa kebanyakan logam dan logam campur, termasuk emas dan logam campur logam mulia akan menyusut ketika berubah dari bentuk cair ke bentuk padat. Namun dapat diketahui adanya perbedaan tingkat terjadinya *shrinkage* dan hasilnya lebih nyata ketika dilakukan pengamatan dibawah mikroskop. Perbedaan yang cukup besar yaitu terjadi antara aloi Ag dan aloi NiCr terhadap aloi Cu.

Hasil rata-rata perbedaan kerapatan tepi yaitu untuk aloi Cu 267,5 μm , aloi Ag 112,5 μm dan aloi Ni-Cr 82 μm (lampiran 1). Sehingga bisa diambil kesimpulan bahwa dalam penelitian ini aloi Cu mempunyai kecenderungan untuk terjadinya *shrinkage* yang lebih besar daripada aloi Ag dan aloi NiCr.

Kemudian setelah dilakukan uji *anova* terhadap ketiga jenis hasil tuangan aloi ternyata menunjukkan adanya perbedaan kerapatan tepi yang bermakna dengan *probability* 0,000 ($P < 0,05$). Karena hasil penghitungan anava bermakna maka dilanjutkan dengan uji *Tukey Honestly Significant difference (HSD)* untuk mengetahui jenis logam mana yang berbeda.

Terjadinya penyusutan volume logam selama pemadatan berlangsung sangat sulit dikendalikan. Nilai penyusutan aloi berbeda-beda pada berbagai logam campur karena perbedaan komposisinya. Alois Ni-Cr yang memiliki nilai kerapatan tepi terendah dibandingkan kedua aloi tersebut diatas dapat dikarenakan adanya kandungan $\approx 1.8\%$ berilium didalam logam tuang Ni-Cr tersebut yang berfungsi untuk meningkatkan kemampuan cor pada dirinya sendiri sehingga bisa didapatkan detail yang lebih halus (Philips,2004). Sedangkan kandungan $\pm 15\%$ Cr dalam logam tuang Ni-Cr dapat memberikan resistensi terhadap oksidasi dan penguapan pada temperatur 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).

Dari beberapa faktor yang mungkin dapat menyebabkan terjadinya pengkerutan (*shrinkage*) sehingga mempengaruhi kerapatan tepi antara ketiga aloi adalah oleh karena faktor tinggi rendahnya titik lebur masing-masing aloi berhubungan dengan pemakaian bahan tanamnya. Sesuai dengan pendapat Craig (1965), yang menerangkan bahwa adanya ekspansi (pengembangan) *investment* pada waktu dipanasi, dan mendapatkan ketentuan bahwa pada pemanasan dengan temperatur yang berbeda maka *investment* mempunyai daya ekspansi yang berbeda pula. Seperti halnya juga yang dikemukakan oleh Hamzah (1995), bahwa hasil akhir suatu coran aloi merupakan resultante dari pengembangan bahan tanam dan pengkerutan aloi setelah proses penuangan. Mekanisme ini terjadi disebabkan oleh karena pada saat pemanasan terjadi proses pemuaiian partikel bahan tanam, selanjutnya terjadi ekspansi dan akhirnya menyebabkan perubahan dimensi *mould space*. Pada suhu pemanasan yang berbeda terjadi perubahan dimensi *mould space* yang berbeda pula dan hal inilah yang berpengaruh langsung terhadap hasil pengecoran aloi (terjadinya *shrinkage*).

Pada penelitian ini digunakan bahan tanam yang berbeda yaitu bahan tanam *gypsum bonded* dan bahan tanam *phosphate bonded* yang penggunaan masing-masing bahan tanam tersebut disesuaikan dengan titik lebur masing-masing aloi. Alois Cu memiliki titik lebur 750°C dan alois Ag memiliki titik lebur 830°C sedangkan alois NiCr titik leburnya pada suhu 1200°C . Untuk alois Ag dan

aloi Cu menggunakan bahan tanam *gypsum bonded* sedangkan aloi NiCr menggunakan bahan tanam *phosphate bonded* (Philips,2004).

Hal ini sesuai dengan Ronny (1999), mengemukakan bahwa penyusutan aloi dapat disebabkan oleh beberapa hal diantaranya dipengaruhi bahan tanam. Bahan tanam yang digunakan akan memberikan perimbangan terhadap penyusutan aloi dalam bentuk ekspansi. Ekspansi dari suatu bahan tanam dipengaruhi oleh temperatur pemanasan. Apabila bahan tanam dipanaskan dalam suhu tinggi maka bahan tanam akan mengalami kontraksi yang disertai dekomposisi. Dekomposisi ini tidak saja menyebabkan penyusutan tetapi juga menyebabkan kontaminasi aloi yang dituang. Pada saat temperatur turun setelah selesai proses penuangan akan terjadi kontraksi pada bahan tanam sehingga terjadi kurva ekspansi yang tidak sama dengan kurva kontraksi sehingga menyebabkan cetakan menjadi lebih kecil kurang lebih 1 % dari bentuk semula.

Soekartono (2001) mengemukakan bahwa salah satu bahan tanam yang tahan terhadap panas tinggi dan mengkompensasi adanya *casting shrinkage* adalah *phosphate bonded*. *Phosphate bonded* dipakai untuk pembuatan suatu tuangan yang memerlukan panas diatas 1200⁰C. Ekspansi bahan tanam *phosphate bonded* sekitar 2 % adalah kombinasi dari ekspansi pada saat pengerasan dan ekspansi termal.

Tinggi rendah kecenderungan terjadinya *shrinkage* salah satunya adalah oleh karena mekanisme ekspansi bahan tanam (*investment*). Mekanisme ekspansi ini berhubungan dengan persiapan pembuatan sampel pada tahap buang malam dan pemanasan (*pingovenan*) sampai suhunya sama dengan titik lebur. Pada tahap tersebut, pemanasan (*heating*) yang dilakukan adalah tidak sama (sesuai dengan aturan pabrik) yaitu disesuaikan dengan titik lebur masing-masing aloi yang berbeda. Yakni untuk aloi Cu dengan suhu 750⁰C, aloi Ag 830⁰C dan aloi Ni-Cr 1200⁰C.

Menurut Lewis (1975 : 378-383), menyatakan bahwa pada proses pengecoran aloi jangan sampai terjadi pemanasan yang jauh melampaui titik lebur aloi (*overheating*). Apabila terjadi *overheating* maka secara mikroskopis akan mempengaruhi struktur molekuler dari aloinya

Dari beberapa pernyataan diatas tentunya masih ada faktor lain yang menyebabkan penyusutan aloi yang berpengaruh terhadap kerapatan tepinya. Misalnya saja ketidakteelitian operator pada saat penanaman model malam atau pengecoran aloi, juga pada saat proses laboratoris yang sulit dikendalikan. Pada penelitian ini hanya diteliti kerapatan tepi antara aloi Cu, aloi Ag dan aloi Ni-Cr saja, sehingga diharapkan dari hasil penelitian ini dapat dilakukan penelitian lebih lanjut dengan membandingkan jenis-jenis aloi yang lainnya.



BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian tentang pengukuran kerapatan tepi Cu aloi, Ag aloi dan NiCr aloi didapatkan kesimpulan sebagai berikut.

1. Terdapat perbedaan kerapatan tepi yang bermakna dari ketiga aloi tersebut.
2. Dari ketiga jenis aloi diatas, aloi Ni-Cr memiliki nilai rata-rata kerapatan tepi yang paling kecil.

6.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang dilakukan yang sifatnya masih sederhana ini, maka perlu adanya penelitian lebih lanjut dengan membandingkan jenis aloi lain yang mempunyai karakteristik struktur fisik lebih baik dari aloi Ni-Cr untuk mendapatkan suatu kerapatan tepi yang paling akurat sesuai dengan kebutuhan yang diperlukan untuk restorasi gigi.



DAFTAR PUSTAKA

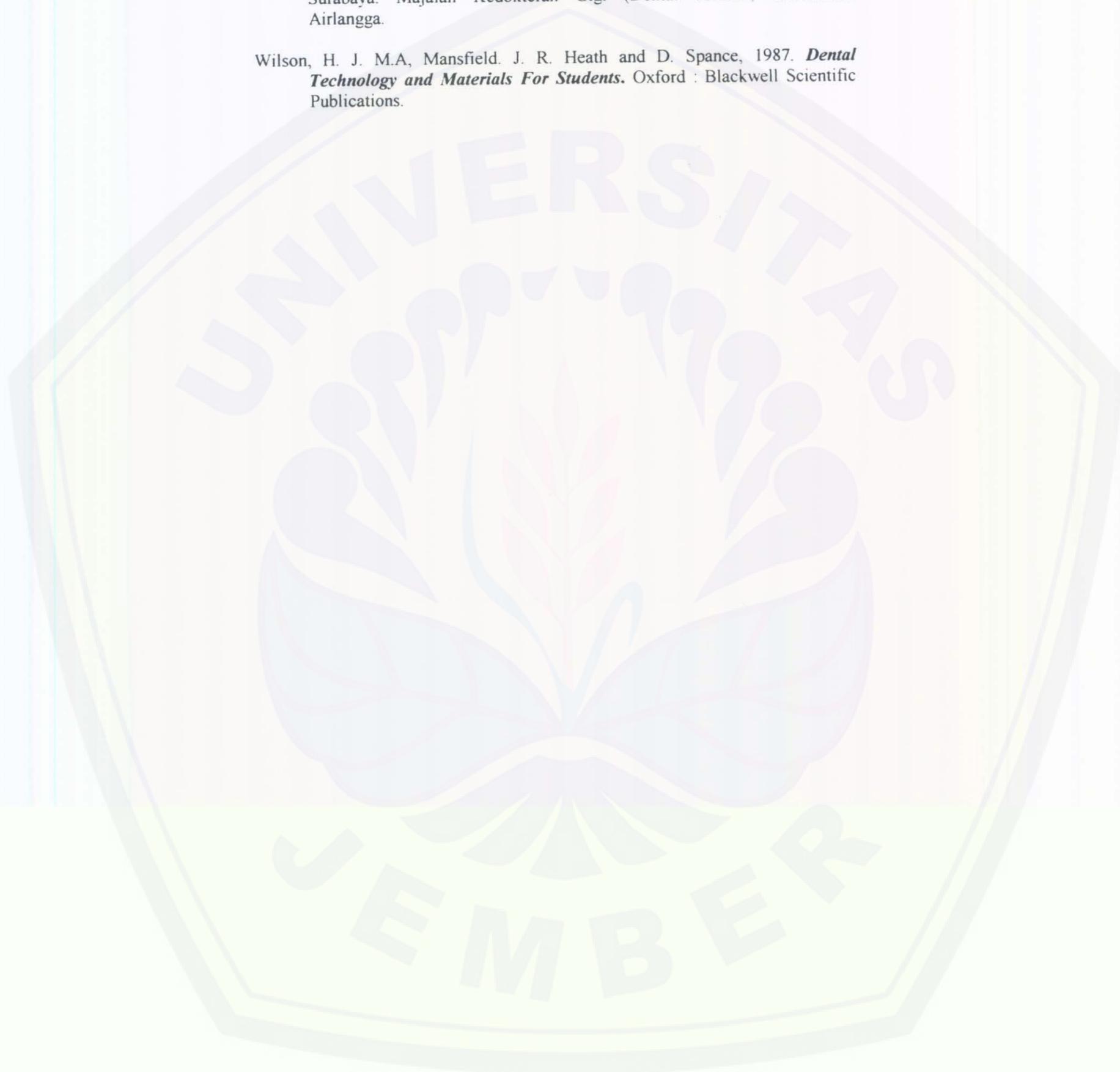
- Combe, E.C., (terjemahan Tarigan, S.) 1992, *Sari Dental Material*, Jakarta : Balai Pustaka.
- Craig, Robert G. et al., 2002, *Restorative Dental Materials*, St Louis: Mosby inc.
- Chatfield.C. 1983. *Statistics for technology*.3th edition, London : Champion and Hall.
- Dahar, E.,1996b, *Pengaruh Penuangan Berulang Logam Campur Antamal 101 terhadap Kekerasan dan Komposisi Hasil Tuangan*, Majalah Kedokteran Gigi USU.
- Hamzah, Z., 1989, *Pengaruh Ketebalan Kaoliner Kering terhadap Perubahan Dimensi Coran Logam*, Jember : Fakultas Pertanian Universitas Jember.
- [http : //r-curtis.umds.ac.uk/bds3a/metallurgy.HTM](http://r-curtis.umds.ac.uk/bds3a/metallurgy.HTM).
- Inoue, K.,T. Murakami, dan Y.Terada., 1992, *The Bond Strength of porcelain to Ni-Cr Alloy- The Influence of Tin or Chromium Plating*, J.Prost.dent.
- Irawan, B., K. Wakasa, dan M.Yamaki., 2002, *Paduan NI-CU-MN Sebagai Logam Alternatif Kedokteran Gigi : Efek Perendaman Dalam Larutan 0,1 % Sodium Sulfida*, Jakarta : Jurnal Kedokteran Gigi Universitas Indonesia.
- Lewis, A. J. 1975. *Metallographic Changes and Phase Identification in a Hickle Base Alloy Upon Fussion and Casting*. Australian Dental Journal. No : 20. Australia.
- Mc.Cabe, J.F., 1990, *Applied Dental Materials*,7th edition, London : Oxford Blackwell scientific Publication.
- Mc.Lean,J.W., 1979, *The Future Of Restorative Material*, J.Prost.Dent.
- Musaikan, 1983, *Beberapa Faktor Yang Mempengaruhi Sifat Mekanik Logam untuk Restorasi Gigi*, Naskah Ilmiah Peringatan 55 tahun Pendidikan Dokter Gigi di Surabaya, Surabaya : Airlangga University Press.
- Phillips, R.W., Skinner's, 1991, *Sciences of Dental Materials*, Philladelphia : WB.Sounders Co.
- Phillips, R.W.,2004. *Buku Ajar Ilmu Bahan Kedokteran Gigi*. Jakarta : EGC

Ronny,H.R., 1999, *Perimbangan Gypsum Bonded Investment terhadap Penyusutan Logam Paduan Emas Pada Saat Pengecoran*, Jurnal Kedokteran Gigi UI.

Surdia, T., 1982, *Teknik Pengecoran Logam*, Jakarta : Pradnya paramita.

Soekartono,R.H., 2001, *Tehnik Higroskopis Pada Bahan Tanam Phosphate Bonded untuk Ketepatan Tepi Hasil Tuang Logam Campur NiCr*, Surabaya: Majalah Kedokteran Gigi (Dental Journal) Universitas Airlangga.

Wilson, H. J. M.A, Mansfield. J. R. Heath and D. Spance, 1987. *Dental Technology and Materials For Students*. Oxford : Blackwell Scientific Publications.



LAMPIRAN

Summarize

Kerapatan tepi pada berbagai logam tuang

	Alci Cu	Aloi Ag	Aloi Ni-Cr
1	342,5	107,5	90,0
2	275,0	160,0	85,0
3	250,0	125,0	105,0
4	225,0	95,0	47,5
5	245,0	75,0	
Total Mean	267.500	112.500	82.000
Std. Deviation	43.552	32.210	21.169

a.in (μm)

One-Sampel Kolmogorov-Smimov Test

		Alci Cu	Aloi Ag	Aloi Ni-Cr
N		5	5	5
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	267.500	112.500	82.000
	Std. Deviat	45.552	32.210	21.169
Most Extreme Differences	Absolute	.250	.162	.309
	Positive	.250	.162	.153
	Negative	.175	.130	.309
Kolmogorov asymp.Sig.(2-tailed)		.558	.362	.692
		.914	.666	.725

a. Test Ditrubution is normal

b. Calculated from data

Test of Homogeneity of variance

Kerapatan tepi (μm)

	Levene statistik	df1	df2	sig
Based on mean	1.115	2	12	.360
Based on median	.512	2	12	.612
Based on median and with adjusted df	.512	2	7.799	.618
Based on trimmed mean	1.067	2	12	.374

One Way**Kerapatan tepi (μm)**

		Alci Cu	Aloi Ag	Aloi Ni-Cr	Total
N		5	5	5	15
Mean		267.500	112500	52000	154.000
Std. Deviation		45.552	32210	21160	80.015
Std. Error		20.372	14405	9467	23.216
95% Confidence interval for mean	Lower Bound	210.940	72506	55715	104.207
	Upper Boun	324.060	152494	108285	203.793
Minimum		225,0	75,0	47,5	47,5
Maximum		342.5	160,0	105.0	342.5

Test of Homogeneity of Variances**Kerapatan tepi (μm)**

Levene statistik	df1	df2	sig
1115	2	12	360

Anova**Kerapatan tepi (μm)**

	Sum of Square	df	mean square	f	sig
Between Group	98.942.500	2	49.471.250	41682	.000
Within Group	14.242.500	2	1.186.875		
Total	113185.0	14			

Post Hoc Tests**Multiple Comparison**Dependent Variable: Kerapatan tepi (μm)

Tukey HSD

(I) Jenis Logam Tuang	(J) Jenis Logam Tuang	Mean deference (I-J)	Std. error	sig	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Aloi-Cu	Aloi Ag	155.000*	21.789	.000	96.870	213.130
	Aloi Ni-Cr	185.500*	21.789	.000	127.370	243.630
Aloi Ag	Aloi Cu	-155000*	21.789	.000	-213.130	-96.870
	Aloi Ni-Cr	30.500	21.789	.000	-27.630	88.630
Aloi Ni-Cr	Aloi Cu	-185.500*	21.789	.000	-243.630	-127.370
	Aloi Ag	-30.500	21.789	.000	-88.630	27.630

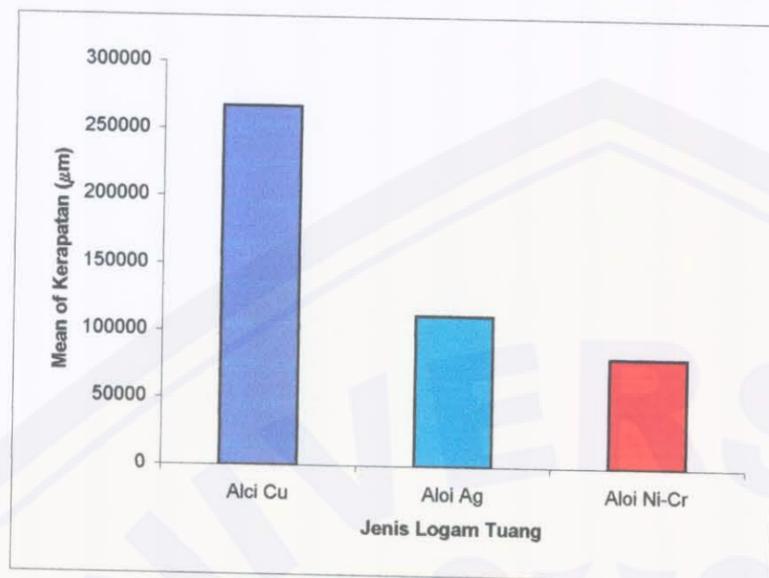
* The mean difference is significant at the 05 level

Homogenous SubsetsKerapatan tepi (μm)Tukey HSD^a

Jenis Logam Tuang	N	Subsets for alpha = 05	
		1	2
Aloi Ni-Cr	5	82.000	
Aloi Ag	5	112.500	
Aloi-Cu	5		267.500
Sig	5	.372	1.000

Means for group in homogeneous subsets are displayed

a. Uses Harmonic Mean sample Size = 5.000



LAMPIRAN

DATA KERAPATAN TEPI ALOI Cu, ALOI Ag DAN ALOI NiCr (μm)

Aloi Cu

Sampel	X1	X2	X3	X4	X
I	360	370	400	240	324,5
II	220	300	220	360	275
III	260	170	300	270	250
IV	200	220	250	230	225
V	310	220	110	340	245

Aloi Ag

Sampel	X1	X2	X3	X4	X
I	40	50	70	270	107,5
II	100	220	200	120	160
III	200	100	170	30	125
IV	70	10	230	70	95
V	100	60	50	90	75

Aloi NiCr

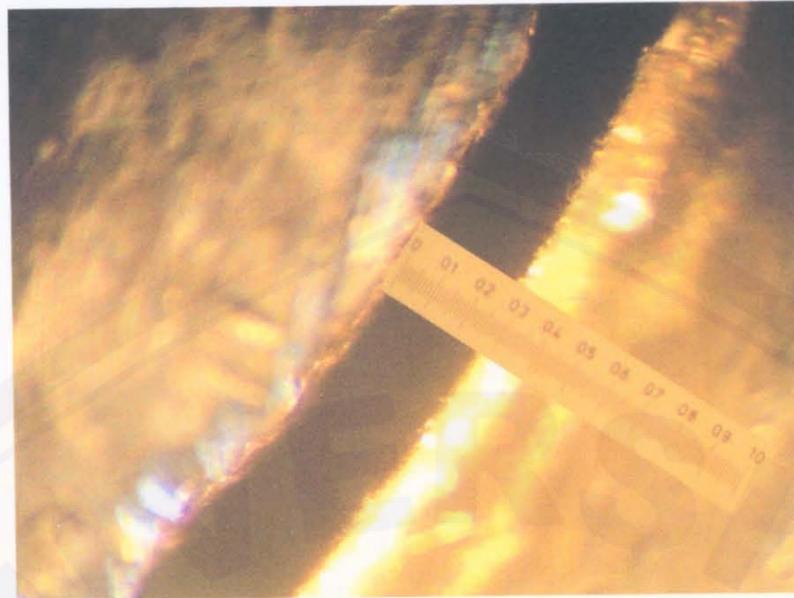
Sampel	X1	X2	X3	X4	X
I	80	40	170	70	90
II	220	30	20	70	85
III	100	150	50	30	82,5
IV	100	20	200	100	105
V	30	10	110	40	47,5



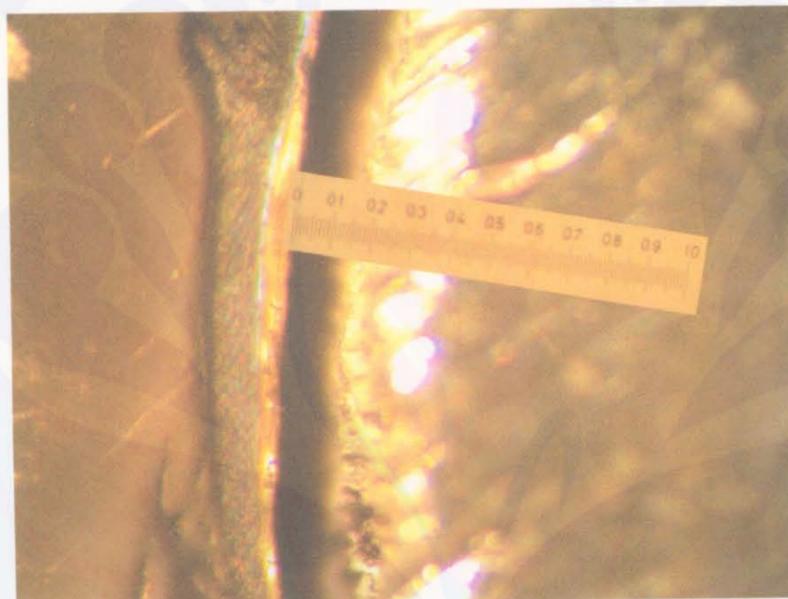
LAMPIRAN

Foto hasil pengukuran kerapatan tepi di bawah mikroskop dengan pembesaran 10X.

Aloi Cu



Aloi Ag



Aloi NiCr

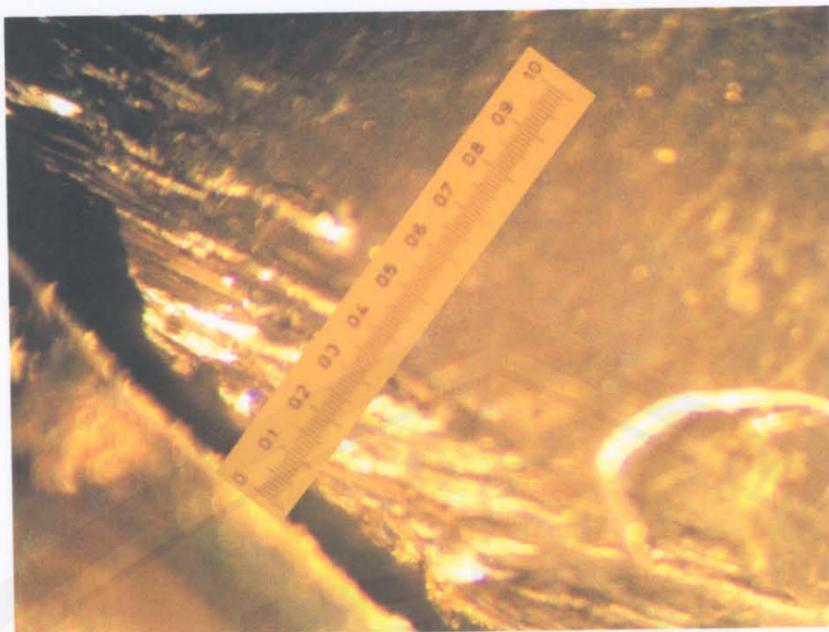


FOTO ALAT DAN BAHAN

1. Alat

A



B



C



D



Keterangan Gambar :

- A = Stereo Microscope
- B = Centrifugal Casting machine
- C = Oven Merek Nabetherm
- D = Blow Torch (Alat Penyembur Api)

Alat



Gambar 1

Keterangan foto: *Spatula*, *Pisau Model*, *Straight Handpiece*, *Contra Angle*, *Pisau Model*, *Tali Bur*, *Alat Pulas*, *Diamond Disk*, *Casting Ring*, *Crucible Former*, *Master Mold*, *Glass Plate*, *Mangkok Karet (Bowl)*, *Lampu Spirtus*, dan *Nierbekken* (Dari Kanan Ke Kiri).

2. Bahan



Gambar 2

Keterangan Gambar : Bensin Super, Spiritus, Cu Aloi, NiCr Aloi, Ag Aloi, Malam Cor Biru, Borax, Investment.

