

PEMBERIAN BEBERAPA DOSIS FLUORIDA TERHADAP  
KEKERASAN TULANG MAKSILA  
TIKUS *SPRAQUE DAWLEY*



KARYA TULIS ILMIAH  
(SKRIPSI)



Disusun Oleh:

YOSSY CHRISTIANTO

NIM. 951610101363

Acad	Hadiah	Klass
	Pembelian	617-6
Terima	: Tgl. 25 NOV 2002	CHR
No. Induk :		P e

FAKULTAS KEDOKTERAN GIGI  
UNIVERSITAS JEMBER

2002

PEMBERIAN BEBERAPA DOSIS FLUORIDA TERHADAP  
KEKERASAN TULANG MAKSILA  
TIKUS *SPRAQUE DAWLEY*

KARYA TULIS ILMIAH  
(SKRIPSI)

Diajukan Sebagai Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana  
Pada Fakultas Kedokteran Gigi  
Universitas Jember

Oleh:

YOSSY CHRISTIANTO

NIM. 951610101363

Dosen Pembimbing Utama

Dosen Pembimbing Anggota

  
Drg. Zahroni Hamzah, M.S.  
NIP. 131 558 576

  
Dr. H. Hari Basuki  
NIP. 140 244 070

FAKULTAS KEDOKTERAN GIGI  
UNIVERSITAS JEMBER

2002

Diterima Oleh:

Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember

Sebagai Karya Tulis Ilmiah (Skripsi)

**Dipertahankan Pada:**

Hari/Tanggal : Sabtu, 29 Juni 2002

Pukul : 10.00 BBWI

Tempat : Ruang Ujian Skripsi  
Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember

**Tim Penguji**

Ketua



Drg. Zaiteni Hamzah, M.S.  
NIP. 131 558 576

Sekretaris



Drg. Tecky Indriana, M.Kes.  
NIP. 132 162 515

Anggota

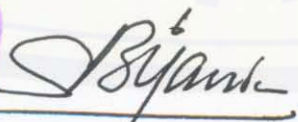


Dr. H. Hari Basuki  
NIP. 140 244 070

Mengesahkan,

Dekan Fakultas Kedokteran Gigi

Universitas Jember



Drg. H. Bob Soebijantoro, M.Sc., Sp.Prof.  
NIP. 130 238 901

**MOTTO**

“Percayalah kepada Tuhan dengan segenap hatimu, dan janganlah bersandar kepada pengertianmu sendiri. Akuilah Dia dalam segala lakumu, maka Ia akan meluruskan jalanmu” (*Amsal 3: 5,6*).

“Suatu perjalanan jika tidak ditempuh tidak akan pernah sampai, begitu juga suatu pekerjaan jika tidak dilaksanakan tidak akan pernah selesai” (*YsC*).

“Takut akan Tuhan adalah permulaan pengetahuan, tetapi orang bodoh menghina hikmat dan didikan” (*Amsal 1: 7*).

“Belajarlah bertanggung jawab memperhatikan hal-hal yang kecil, untuk bisa bertanggung jawab pada hal-hal yang lebih besar” (*YsC*).

PERSEMBAHAN

Kupersembahkan karya ini kepada:

- ❖ Kakek *Soewardi Tjiptoharsono* dan Nenek *Kasniti Anias*, terima kasih atas doa, pengorbanan, bimbingan dan kasih sayang yang diberikan,
- ❖ Almarhum eyang *Pirnaningtyas Iprajim*, eyang *Sewoko*, dan *RK. Soerjomihardjo*. terima kasih atas doa, pengorbanan, dan kasihnya,
- ❖ Ayahanda *Sunaryohadi* dan Ibunda *Susilowati*, terima kasih juga atas doa, pengorbanan, bimbingan dan kasih sayangnya,
- ❖ Saudara-saudaraku *Yunitha Ike Christyowati, S.Pd.*, *Yenny Triandhinaria*, *Agustina Chrisvitaningtyas*, *Septadina Netty Harsani*, terima kasih atas doa dan dukungannya,
- ❖ Almamater yang kubanggakan.

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala karunia dan rahmat yang telah diberikan, sehingga penyusunan skripsi yang berjudul “Pemberian Beberapa Dosis Fluorida Terhadap Kekerasan Tulang Maksila Tikus *Sprague dawley*” dapat diselesaikan dengan baik.

Penyusunan skripsi ini dimaksudkan untuk memenuhi persyaratan akademis dalam menyelesaikan Program Sarjana (Strata Satu) pada Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis banyak mendapatkan bantuan dan fasilitas dari berbagai pihak. Untuk itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

- 1) drg. H. Bob Soebijantoro, M.Sc., Sp.Pros., selaku dekan Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember, yang telah berkenan memberikan kesempatan bagi penulis untuk menyusun Karya Tulis Ilmiah,
- 2) drg. Zahreni Hamzah, M.S., selaku Dosen Pembimbing Utama (DPU) dan dr. H. Hari Basuki, selaku Dosen Pembimbing Anggota (DPA), juga drg. Tecky Indriana, M.Kes., selaku Sekretaris, yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan dalam menyelesaikan Karya Tulis Ilmiah ini,
- 3) pimpinan dan Staf Perpustakaan Universitas Jember yang telah menyediakan berbagai buku dan literatur,
- 4) pimpinan dan Staf Perpustakaan Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember yang telah menyediakan buku acuan bagi penulis,
- 5) segenap Teknisi Laboratorium Biomedik Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember dan Laboratorium Metalurgi Fakultas Teknik Industri Institut Teknologi Nasional Malang,
- 6) rekan-rekan mahasiswa Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember, terutama angkatan '95 (khususnya rekan skripsi Fisiologi: Vency, Widi, Lintang, Tri Wahyuni),

7) semua pihak yang telah banyak membantu dalam penyusunan Karya Tulis Ilmiah ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih terdapat kekurangan dan kesalahan, karena keterbatasan waktu dan dana. Namun, penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat.

Jember, Juni 2002

Penulis



DAFTAR ISI

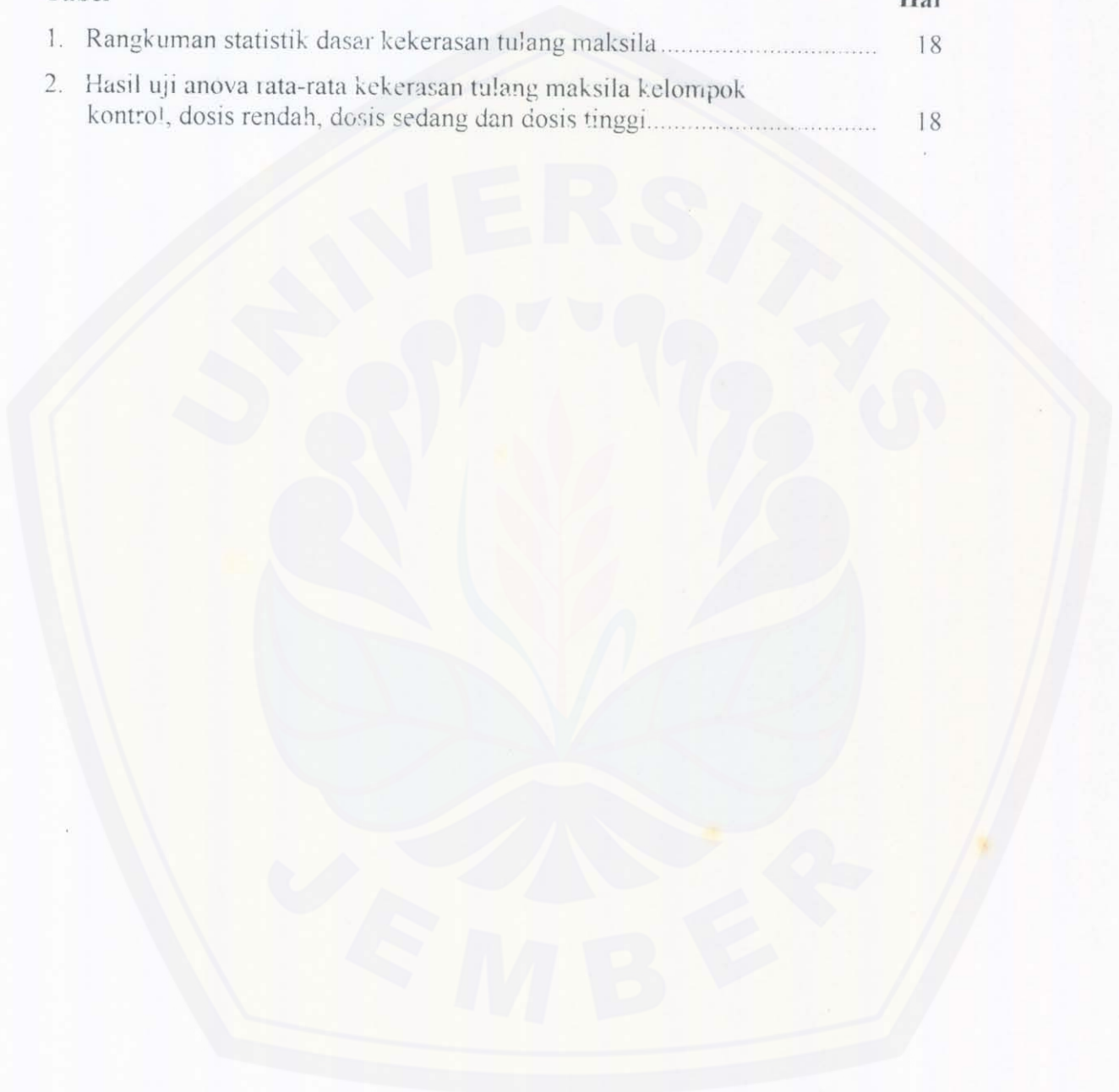
	Halaman
HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PENGANTAR .....	ii
HALAMAN PENGESAHAN .....	iii
HALAMAN MOTTO .....	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	v
KATA PENGANTAR .....	vi
DAFTAR ISI .....	viii
DAFTAR TABEL .....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR LAMPIRAN .....	xii
RINGKASAN .....	xiii
<b>I. PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Manfaat Penelitian .....	3
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>4</b>
2.1 Tulang .....	4
2.1.1 Struktur Tulang .....	5
2.1.2 Matriks Tulang .....	6
2.1.3 Fungsi Tulang .....	7
2.2 Anatomi Tulang Maksila .....	7
2.3 Fraktur Tulang Maksila .....	8
2.4 Fluorida .....	10
2.5 Uji Kekerasan .....	11



<b>III. METODE PENELITIAN</b> .....	13
3.1 Jenis Penelitian.....	13
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian.....	13
3.2.1 Tempat.....	13
3.2.2 Waktu.....	13
3.3 Identifikasi Variabel.....	13
3.3.1 Variabel Bebas.....	13
3.3.2 Variabel Terikat.....	13
3.3.3 Variabel Kendali.....	13
3.4 Bahan dan Alat Penelitian.....	13
3.4.1 Bahan Penelitian.....	13
3.4.2 Alat Penelitian.....	14
3.5 Sampel.....	14
3.5.1 Kriteria Sampel.....	14
3.5.2 Jumlah Sampel.....	15
3.6 Prosedur Penelitian.....	15
3.6.1 Tahap Persiapan.....	15
3.6.2 Tahap Uji Kekerasan.....	16
3.6.3 Cara Membaca Tabel.....	17
3.7 Analisis Data.....	17
<b>IV. HASIL DAN ANALISIS HASIL</b> .....	18
<b>V. PEMBAHASAN</b> .....	20
<b>VI. KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	24
6.1 Kesimpulan.....	24
6.2 Saran.....	24
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	25
<b>LAMPIRAN</b>	

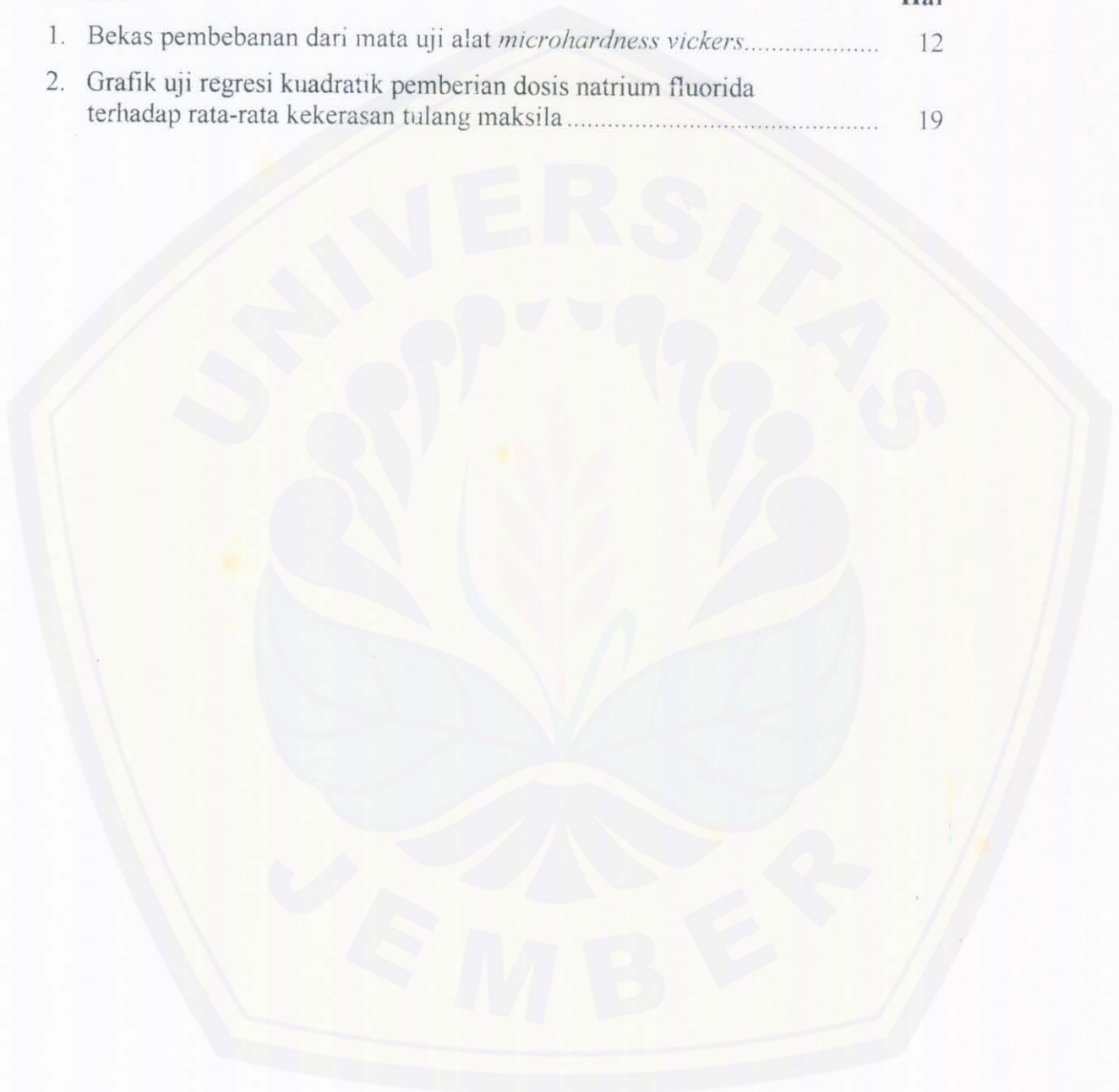
DAFTAR TABEL

<b>Tabel</b>	<b>Hal</b>
1. Rangkuman statistik dasar kekerasan tulang maksila.....	18
2. Hasil uji anova rata-rata kekerasan tulang maksila kelompok kontrol, dosis rendah, dosis sedang dan dosis tinggi.....	18



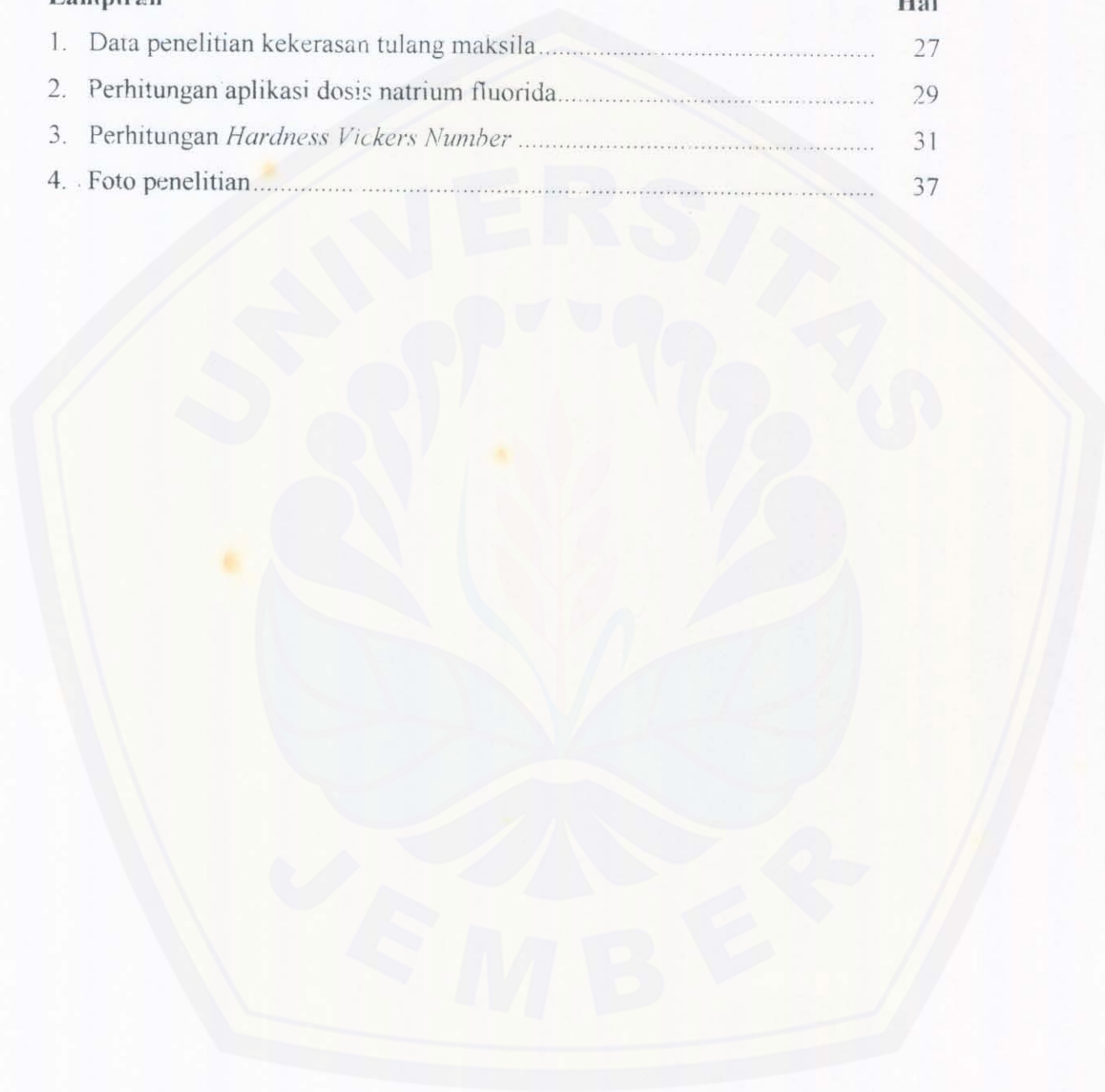
DAFTAR GAMBAR

Gambar	Hal
1. Bekas pembebanan dari mata uji alat <i>microhardness vickers</i> .....	12
2. Grafik uji regresi kuadratik pemberian dosis natrium fluorida terhadap rata-rata kekerasan tulang maksila.....	19



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Hal
1. Data penelitian kekerasan tulang maksila.....	27
2. Perhitungan aplikasi dosis natrium fluorida.....	29
3. Perhitungan <i>Hardness Vickers Number</i> .....	31
4. Foto penelitian.....	37



**Yossy Christianto NIM 951610101363** Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember. Judul penelitian **“Pemberian Beberapa Dosis Fluorida Terhadap Kekerasan Tulang Maksila Tikus *Sprague dawley*”**. Di bawah bimbingan drg. **Zahreni Hamzah, M.S.**, sebagai **Dosen Pembimbing Utama (DPU)** dan dr. **H. Hari Basuki** sebagai **Dosen Pembimbing Anggota (DPA)**.

## RINGKASAN

Tulang merupakan salah satu jaringan terkeras di dalam tubuh manusia, yang selama hidup mengalami resorpsi dan pembentukan tulang kembali. Pertumbuhan tulang normal sangat dipengaruhi oleh massa tulang maksimal yang dicapai pada masa pertumbuhan. Hal ini akan mengurangi resiko akibat kehilangan massa tulang pada periode usia lanjut. Tulang maksila kelihatan kokoh tapi tergolong rapuh dan mudah hancur, di samping itu kurang kompak dibandingkan dengan tulang mandibula.

Mineral merupakan salah satu bahan yang sangat dibutuhkan oleh tubuh, walau dalam jumlah yang sedikit. Beberapa mineral mempunyai fungsi mengatur proses biologis yang sangat penting, terutama pada pemeliharaan tulang yang normal harus tersedia mineral dan protein yang cukup. Salah satu mineral yang penting dalam tubuh adalah fluorida. Fluorida merupakan salah satu mineral yang cukup murah dan mudah didapat. Di pasaran fluorida dalam bentuk murni sulit didapat, maka pada penelitian ini digunakan natrium fluorida. Natrium fluorida mudah diabsorpsi dan mudah didistribusikan ke seluruh tubuh.

Penelitian in vitro ini menggunakan hewan percobaan tikus *Sprague dawley* betina yang telah dewasa dengan umur lebih kurang delapan bulan. Tikus ini dipelihara dengan kondisi yang sama, diberi makan dan minum sama, hingga berat badan rata-rata tikus  $\pm 200$  gr. Variabel bebas penelitian adalah dosis NaF, yang dikelompokkan menjadi empat kelompok (1) kelompok kontrol hanya mendapatkan aquades tanpa diberi natrium fluorida, (2) kelompok dosis rendah mendapatkan 1,2 mg NaF/ekor/hari, (3) kelompok dosis sedang mendapatkan 2,4 mg NaF/ekor/hari, dan (4) kelompok dosis tinggi mendapatkan 3,6 mg NaF/ekor/hari. Masing-masing mendapatkan perlakuan sesuai kelompoknya dengan cara memasukkan natrium fluorida dengan sondase lambung lewat mulut

tikus. Perlakuan dilakukan selama 12 minggu. Tikus kemudian dimatikan, lalu diambil tulang maksilanya, spesimen tulang yang di uji berukuran 5x3x1mm. Kemudian dilakukan pengukuran kekerasan dengan menggunakan *microhardness vickers* merek Mitutoyo buatan Jepang. Hasil ukur kemudian dijumlahkan dan dirata-rata, hasil rata-rata dikonversi ke tabel *vickers hardness number*, nilai pada tabel merupakan nilai kekerasan sampel.

Uji statistik anova dengan derajat kepercayaan 95% ( $\alpha=0,05$ ), tidak menunjukkan perbedaan yang bermakna antar perlakuan kelompok kontrol, dosis rendah, dosis sedang dan dosis tinggi. Pada hasil uji regresi menunjukkan kecenderungan kuadratik dengan persamaan garis  $y=-0,298x^2+3,0299x+56,111$  dan  $R^2=0,7034$ , dengan dosis tertinggi pada dosis sedang (2,4 mg NaF/ekor/hari).



## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Tulang merupakan salah satu jaringan terkeras di dalam tubuh manusia, yang memiliki kekuatan lebih rendah daripada tulang rawan. Sebagai unsur utama kerangka tubuh, tulang menyokong struktur-struktur berdaging, melindungi organ-organ vital yang terdapat di dalam rongga tengkorak dan dada (Junqueira dan Carneiro, 1982).

Selama hidup, tulang secara terus menerus diresorpsi dan tulang baru dibentuk. Pembentukan tulang baru ini sebagian besar terjadi melalui proses lokal yang berlangsung pada daerah-daerah kecil yang dibentuk oleh populasi sel yang disebut unit-unit remodeling tulang. Mula-mula osteoklas menyerap tulang, lalu osteoblas meletakkan tulang baru di daerah yang sama. Namun, juga terjadi *modelling drifts*, yang merubah bentuk tulang sewaktu tulang mengalami absorpsi di satu lokasi dan penambahan di lokasi lain (Ganong, 1999).

Pertumbuhan tulang normal sangat dipengaruhi oleh massa tulang maksimal (*peak bone mass*) yang dapat dicapai pada masa pertumbuhan. Apabila, massa tulang maksimal dapat dicapai lebih baik, maka hal ini akan mengurangi resiko akibat kehilangan massa kalsium tulang (*bone loss*) pada periode umur selanjutnya terutama pada usia lanjut (ILSI, 1990).

Degenerasi pada tulang ditunjukkan dengan adanya sindroma osteoporosis. Pada osteoporosis, matriks dan mineral hilang sehingga terjadi kehilangan massa tulang. Bila kehilangan masa tulang ini dipercepat atau berlebihan maka akan menyebabkan peningkatan insiden fraktur (Andrew dan Dixon, 1993).

Tulang-tulang pada sepertiga bagian tengah tulang fasial penampilannya kelihatan kuat, tetapi dalam kenyataannya tergolong rapuh dan sangat mudah hancur berkeping-keping (Banks, 1992). Hal ini menyebabkan banyak kasus trauma misalnya terbentur, terjatuh atau kecelakaan pada daerah sepertiga tengah fasial, khususnya maksila. Dengan keadaan tulang maksila yang demikian ini maka diperlukan kekerasan tulang maksila.

Mineral memegang peranan penting dalam hidup, walaupun diperlukan dalam jumlah yang sedikit sekali. Karena, beberapa mineral mempunyai fungsi mengatur proses biologis yang sangat penting. Pada pemeliharaan tulang yang normal harus tersedia protein dan mineral yang cukup. Seumur hidup mineral dalam tulang aktif dipertukarkan dan tulang secara tetap diresorpsi dan dibentuk kembali. Salah satu mineral tersebut adalah Natrium Fluorida (Ganong, 1995). Jumlah natrium fluorida yang dapat meningkatkan kekerasan tulang, sampai saat ini masih membingungkan. Fluorida di pasaran sangat banyak, tapi pada penelitian ini menggunakan natrium fluorida, karena natrium fluorida mudah diabsorpsi oleh tubuh dan juga mudah didistribusikan ke seluruh tubuh (Fejerskov, 1993).

Fluorida sebagai salah satu mineral yang cukup murah dan mudah didapat, saat ini mulai digunakan dalam upaya pencegahan dan perawatan osteoporosis dan resorpsi tulang yang berlebihan. Kemampuan fluorida untuk meningkatkan massa sangat tergantung pada kandungan mineral tulang, konsentrasi fluorida, dosis dan lama pemberian. Berdasarkan hasil penelitian terdahulu tentang pemberian fluorida, sampai saat ini masih kontradiktif dan membingungkan, karena pengaruhnya pada berbagai tulang tidak sama. Pemberian fluorida dalam dosis tertentu dapat menimbulkan gangguan kalsifikasi tulang, bahkan dilaporkan juga bahwa dijumpai penurunan daya tahan mekanis, walaupun massa tulang meningkat (Desqueker dan Declerck, 1993).

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian di atas maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

- 1) apakah fluorida dapat digunakan untuk meningkatkan kekerasan tulang maksila,
- 2) berapa dosis terbaik fluorida untuk meningkatkan kekerasan tulang maksila



### 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

- 1) mengukur kekerasan tulang maksila setelah pemberian fluorida dengan dosis tertentu,
- 2) membandingkan beberapa dosis fluorida terhadap kekerasan tulang maksila,
- 3) memperoleh dosis fluorida yang berguna untuk meningkatkan kekerasan tulang maksila.

### 1.4 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan dalam pengobatan osteoporosis dan resorpsi tulang, selain itu, data yang diperoleh dapat juga dimanfaatkan sebagai informasi ilmiah guna penelitian-penelitian lebih lanjut.



## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Tulang

Pertumbuhan tulang biasanya berhubungan dengan resorpsi parsial jaringan yang telah dibentuk dan pembentukan tulang baru pada saat bersamaan. Ini memungkinkan dipertahankannya bentuk tulang tersebut ketika sedang tumbuh. Pertumbuhan tulang tengkorak terutama disebabkan oleh pembentukan jaringan tulang oleh periosteum yang terletak di antara sutura-sutura dan pada permukaan luar tulang tersebut. Pada saat bersamaan terjadi resorpsi pada permukaan dalam. Karena tulang merupakan suatu jaringan yang sangat plastis, maka dapat memberikan reaksi terhadap pertumbuhan otak dan membentuk sebuah tengkorak dengan ukuran memadai (Junqueira dan Carneiro, 1982).

Bila tulang patah, menyebabkan perdarahan setempat dengan pembentukan bekuan darah, juga terjadi kerusakan matriks tulang dan kematian sel tulang di daerah fraktur tersebut. Selama penyembuhan, bekuan darah, sel-sel yang tersisa, dan matriks tulang yang rusak dikeluarkan. Periosteum dan endosteum di sekitar fraktur memberikan reaksi berupa proliferasi fibroblas, yang membentuk suatu jaringan selular di sekitar fraktur dan menembus diantara ujung-ujung patahan tersebut. Kemudian dibentuk tulang imatur dengan osifikasi endokondral dari fragmen kecil tulang rawan yang terdapat di dalam jaringan penyambung tersebut dan berkembang untuk pertama kalinya dalam daerah fraktur itu. Tulang ini juga dibentuk dengan osifikasi intramembranosa. Oleh karena itu, daerah-daerah tulang rawan, osifikasi intramembranosa, dan osifikasi endokondral dijumpai bersamaan bila terjadi perbaikan. Proses penyembuhan berlangsung sedemikian rupa sehingga trabekula yang dibentuk dengan tidak teratur oleh tulang imatur untuk sementara bersatu dengan ujung-ujung tulang yang patah sehingga membentuk suatu callus tulang (Junqueira dan Carneiro, 1982).

Degenerasi pada tulang ditunjukkan dengan adanya sindroma osteoporosis, yang dibedakan menjadi dua tipe yaitu osteoporosis tipe I (*postmenopousal*) dan tipe II (*senile*). Osteoporosis tipe I ditandai dengan

kehilangan tulang trabekular yang besar, dan penyebabnya defisiensi estrogen dan progesteron. Estrogen diduga berfungsi mengurangi resorpsi tulang, sedang progesteron berfungsi meningkatkan pembentukan tulang. Osteoporosis tipe II ditandai dengan hilangnya tulang kortikal dan konselus, dan penyebabnya adalah kemunduran metabolisme dan fungsi sel tulang (Riggs dan Melton, 1988).

Kehilangan tulang terjadi hampir pada semua tulang dalam tubuh, walaupun dalam kecepatan yang berbeda (Heersche, 1998). Hal ini sesuai dengan aktivitas tulang masing-masing. Semakin tinggi aktifitas tulang, kehilangan tulang semakin kecil, sebagaimana yang terjadi pada tulang mandibula dan maksila (Klemetti, 1996). Pada tulang maksila dan mandibula, yang menjaga keseimbangan massa tulang adalah aktivitas pengunyahan. Walaupun aktivitas pengunyahannya terus terjadi tetapi dilaporkan kandungan mineral tulang mandibula berkurang seiring dengan bertambahnya usia (Carlsson, 1992).

Kekerasan tulang rahang sangat diperlukan dengan tujuan untuk mengurangi terjadinya fraktur rahang. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi kekerasan tulang yaitu:

- 1) hubungan hidroksiapatit dengan serabut kolagen (Junqueira, Carneiro, dan Kelley, 1995),
- 2) aktivitas pengunyahan (Carlsson, 1992),
- 3) protein dan mineral dalam jumlah adekuat bagi pemeliharaan struktur tulang (Ganong, 1995).

### 2.1.1 Struktur Tulang

Liebgott (1995) melaporkan bahwa tulang seperti juga tulang rawan adalah suatu jaringan yang hidup terdiri dari sel-sel yang disebut osteoblast, yang nantinya akan menjadi osteosit di dalam suatu matriks.

Tulang terdiri dari bahan intersel yang mengalami kalsifikasi, matriks tulang, dan berbagai jenis sel: osteosit, yang ditemukan dalam rongga (lakuna) di dalam matriks; osteoblas, yang mensintesis komponen organik matriks tersebut; dan osteoklas, yang merupakan sel raksasa berinti banyak dan diperlukan dalam resorpsi dan perubahan bentuk jaringan tulang (Junqueira dan Carneiro, 1982).

### **Osteoblas**

Osteoblas bertanggung jawab untuk sintesa komponen-komponen organik matriks tulang (kolagen dan glikoprotein). Mereka terletak pada permukaan jaringan tulang secara berdampingan dalam suatu cara yang menyerupai epitel sederhana. Bila sedang giat mensintesa matriks, osteoblas berbentuk kuboid. Peranan osteoblas adalah mensekresikan kolagen tulang (Junqueira dan Carneiro, 1982).

### **Osteosit**

Osteosit yang asalnya dari osteoblas, terdapat dalam lakuna yang berada diantara lamel-lamel. Di dalam satu lakuna hanya terdapat satu osteosit. Juluran-juluran dari sel-sel bersebelahan saling berkontak melalui taut erat (*tight junction*) dan molekul-molekul melewati struktur ini untuk berpindah dari sel ke sel. Beberapa molekul juga mengadakan pertukaran diantara osteosit dan pembuluh darah melalui sejumlah kecil bahan ekstraseluler yang berlokasi diantara osteosit dan matriks tulang (Junqueira, Carneiro dan Kelley, 1995).

### **Osteoklas**

Osteoklas adalah sel motil bercabang banyak yang sangat besar. Bagian badan sel yang melebar mengandung 5 sampai 50 atau lebih inti. Cabang-cabang selnya tidak teratur dan mempunyai berbagai bentuk dan ukuran. Pada daerah terjadinya resorpsi tulang, osteoklas raksasa tampak terletak dalam lekukan yang terbentuk secara enzimatik dalam matriks. Osteoklas berasal dari penggabungan beberapa monosit darah, sehingga termasuk bagian dari sistem fagosit mononukleer (Junqueira, Carneiro dan Kelley, 1995).

#### **2.1.2 Matriks Tulang**

Tulang terdiri dari bahan anorganik dan organik. Bahan anorganik terdiri dari 50% berat kering matriks tulang. Kalsium dan fosfor sangat banyak, tetapi bikarbonat, sitrat, magnesium, kalium dan natrium juga ditemukan. Penyelidikan difraksi sinar X telah memperlihatkan bahwa kalsium dan fosfor membentuk kristal hidroksiapatit dengan komposisi  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ . Bahan organik tulang terdiri dari serabut kolagen 95% dan zat dasar amorf, yang mengandung

glikosaminoglikan yang berhubungan dengan protein. Hubungan hidroksiapatit dengan serabut kolagen bertanggung jawab untuk kekerasan dan resistensi yang merupakan ciri tulang (Junqueira dan Carneiro, 1982).

### 2.1.3 Fungsi Tulang

Tulang sebagai komponen besar dari tubuh mempunyai beberapa fungsi, seperti yang dinyatakan oleh Liebgott (1995) antara lain:

- a) *penopang*. Tulang-tulang menyediakan suatu rangka yang kaku bagi tubuh.
- b) *penggerak*. Untuk mengungkit otot-otot. Pelekatan otot biasanya pada tulang yang berdekatan dan dapat menggerakkan sebuah tulang dalam hubungannya dengan tulang yang lain.
- c) *pelindung*. Otak dan isi dada (*viscera thoracicae*) dilindungi oleh tulang.
- d) *pembentukan darah (Hemopoiesis)*. Sel-sel darah utama dibentuk dalam ruang sumsum tulang.
- e) *penyimpanan*. Kalsium dan fosfor disimpan di dalam tulang.

### 2.2 Anatomi Tulang Maksila

Tulang maksila merupakan sebuah tulang berongga udara yang besar, yang mengandung sinus maksilaris. Tulang ini merupakan tulang muka kedua yang terbesar setelah tulang mandibula (Liebgott, 1995).

Pada umumnya, maksila kiri dan kanan ikut membentuk sebagian besar rangka wajah bagian atas. Maksila ikut membentuk (1) bagian atas wajah, (2) regio infratemporalis, (3) dasar orbita, (4) dinding lateral kavum nasi, (5) dasar kavum nasi, dan (6) atap kavum oris. Maksila berartikulasi dengan (1) maksila sisi berlawanan, (2) os. nasale, (3) os. lakrimale, (4) os. ethmoidale, (5) os. palatinum, (6) os. frontale, (7) vomer, (8) os. zygomaticum, dan (9) concha inferior. Selain itu, gigi geligi rahang atas juga berartikulasi dengan gigi geligi rahang bawah melalui articulatio temporomandibularis (Liebgott, 1995).

Secara sederhana, maksila dapat dianggap sebagai corpus pyramidalis yang berlubang dan mempunyai empat sisi atau permukaan dan empat perlekatan prosesus (Liebgott, 1995).

**Permukaan**

- 1) permukaan anterior atau permukaan fasialis, membantu membentuk bagian atas wajah,
- 2) permukaan posterior atau permukaan infratemporalis, membentuk dinding anterior regio infratemporalis,
- 3) permukaan medialis atau permukaan nasalis adalah basis pyramidalis, membantu membentuk dinding lateral kavum nasi,
- 4) permukaan superior atau permukaan orbitalis adalah aspek superior yang membentuk dasar orbita.

**Prosesus**

- 1) prosesus Zygomaticus maksila, terletak pada aspek lateral. Merupakan bantalan maksila yang membentuk arcus zygomaticus. Prosesus zygomaticus adalah apeks pyramidalis,
- 2) prosesus Alveolaris maksila, membentuk socket dan tulang penopang gigi geligi atas. Prosesus alveolaris dari kedua maksila membentuk arcus dantal superior,
- 3) prosesus Frontalis maksila adalah potongan tulang yang menonjol ke atas dari aspek anterosuperior untuk berkontak dengan os. frontale di atasnya,
- 4) prosesus Palatinus maksila adalah lereng horisontal yang menonjol dari aspek medial maksila ke arah garis tengah dan ke prosesus sisi yang berlawanan. Membantu membentuk atap kavum oris dan dasar kavum nasi.

**2.3 Fraktur Tulang Maksila**

Fraktur wajah dapat dibagi menjadi fraktur bagian bawah wajah (mandibula) dan bagian tengah serta atas wajah (tulang wajah yang lain). Fraktur rahang sering terjadi pada kavum nasi dan kavum oris untuk tulang maksila dan pada collum mandibula untuk tulang mandibula.

Liebott (1995) berpendapat bahwa daerah fraktur bagian tengah dan atas wajah meliputi:

- 1) os. nasale paling sering terkena fraktur karena letaknya yang di depan. Fraktur umumnya transversal dan pergeseran biasanya ke satu sisi.

- 2) arcus Zygomaticus juga merupakan daerah wajah yang menonjol serta mudah terkena fraktur dan melesak. Fraktur pada bagian anterior arcus dapat meluas ke dinding lateral orbita.
- 3) dasar orbita terkena fraktur tidak langsung karena benturan pada mata. Bola mata dan isi orbita terdorong ke posterior pada os orbitale dan bila benturan cukup kuat orbita dapat mengalami fraktur sampai ke dasarnya yang berupa lamina orbitalis maksila yang tipis. Fraktur membuka hubungan antara orbita di bagian atas dan sinus maksila dibagian bawah.
- 4) processus alveolaris dan beberapa gigi dapat terlepas dari corpus maksila, biasanya mengenai daerah anterior yang lemah.

Fraktur mengenai beberapa tulang bagian tengah dan atas wajah seperti ditemukan oleh LeFort dapat dikelompokkan dalam tiga pola dasar yaitu:

- 1) *fraktur LeFort I* adalah garis fraktur yang meluas ke atas apeks gigi geligi atas melalui dasar septum nasi dan ke posterior, melalui processus pterygoideus. Jadi gigi geligi, processus alveolaris dan palatum akan terlepas dari bagian wajah lainnya.
- 2) *fraktur LeFort II* adalah fraktur yang lebih rumit, mengenai orbita dan sinus maksilaris di kedua sisi. Garis fraktur meluas melalui dinding posterolateral sinus maksilaris, dasar orbita, sepanjang canalis infraorbitalis dan melalui prosesus zygomaticus maksila. Garis fraktur juga meluas ke atas pada dinding medial orbita, melewati lamina orbitalis ossis ethmoidalis, os lacrimale dan jembatan hidung. Frakmen yang bergeser meliputi seluruh bagian anterior dan medial wajah, palatum, prosesus alveolaris dan gigi geligi.
- 3) *fraktur LeFort III* adalah fraktur yang sangat rumit, yang mengenai orbita dan basis cranium. Garis fraktur berjalan bilateral, melewati sutura zygomaticomaxillaris, melalui ala parva ossis sphenoidalis di dinding lateral orbita, fissura orbitalis superior dan os. ethmoidalis, os. lacrimale dan maksila pada jembatan hidung. Frakmen fraktur meliputi seluruh daerah wajah.

## 2.4 Fluorida

Pada pemeliharaan struktur tulang yang normal harus tersedia protein dan mineral dalam jumlah yang adekuat (Junqueira dan Carneiro, 1982). Mineral yang banyak pada tulang adalah kalsium dan fosfor yang membentuk hidroksiapatit. Suwelo (1992) menyatakan bahwa ion yang banyak diikat hidroksiapatit adalah fluorida. Sehingga dapat dikatakan fluorida sangat penting untuk tulang. Fluorida sangat beraneka ragam macamnya, tapi pada penelitian ini menggunakan natrium fluorida, karena natrium fluorida mudah diabsorpsi dan mudah didistribusikan ke seluruh tubuh (Fejerskov, 1993).

Pembahasan luas tentang penelitian kandungan fluorida dari berbagai jenis makanan dimuat dalam monograf WHO mengenai "Fluorida dan Kesehatan Manusia". Beberapa penelitian yang lebih baru melaporkan kandungan fluorida dari aneka ragam pangan. Adanya pengukuhan bahwa fluorida adalah suatu unsur mikro yang penting dalam gizi, dan adanya kebutuhan akan data baru yang dapat diandalkan mengenai konsumsi fluorida pada berbagai golongan umur, telah mendorong tumbuhnya perhatian baru terhadap kandungan fluorida pangan dan sumber fluorida lainnya (Nasution dan Karyadi, 1998).

Fluorida sebagai salah satu mineral yang cukup murah dan mudah didapat, saat ini mulai digunakan dalam upaya pencegahan dan perawatan osteoporosis dan resorpsi tulang yang berlebihan. Berdasarkan penelitian terdahulu, fluorida diduga mempunyai beberapa kegunaan antara lain merangsang (1) mitogenik osteoblas, (2) memperbaiki struktur tulang, (3) meningkatkan massa tulang, dan (4) meningkatkan kekuatan tulang. Kemampuan fluorida untuk meningkatkan massa sangat tergantung pada kandungan mineral tulang, konsentrasi fluorida, dosis dan lama pemberian. Berdasarkan hasil penelitian terdahulu tentang pemberian fluorida, sampai saat ini masih kontradiktif dan membingungkan, karena pengaruhnya pada berbagai tulang tidak sama, dalam dosis tertentu dapat menimbulkan gangguan kalsifikasi tulang (Desqueker dan Declerck, 1993).



## 2.5 Uji Kekerasan

Surdia (1979) menyatakan bahwa kekerasan adalah sifat ketahanan bahan terhadap deformasi plastis karena pembebanan setempat pada permukaan berupa goresan atau penekanan. Sifat ini banyak hubungannya dengan sifat kekuatan, daya tahan aus serta kemampuan dikerjakan dengan mesin.

Ada tiga macam pembebanan untuk pengujian kekerasan yaitu dengan goresan, menjatuhkan bola baja, dan penekanan. Penentuan pengukuran kekerasan dengan penekanan dapat diukur menurut Brineli, Vickers dan Rockwell.

Pengukuran secara Vickers dilakukan dengan penekanan oleh intan berbentuk piramida sama sisi kepada benda uji dengan beban tertentu kemudian mengukur ukuran bekas penekanan yang terbentuk di atasnya (Surdia, 1992). Penekan piramida intan ini bersudut puncak  $136^\circ$ . Nilai kekerasannya dinyatakan dengan HV yaitu perbandingan antara beban  $P$  kg dengan luas tapak tekan  $A$  mm, dengan rumus:

$$HV = \frac{P}{A} \quad \text{kg/mm}^2$$

$$= \frac{2P \sin \frac{\alpha}{2}}{d^2} \quad \text{kg/mm}^2$$

$$= \frac{2P \sin \frac{136}{2}}{d^2} \quad \text{kg/mm}^2$$

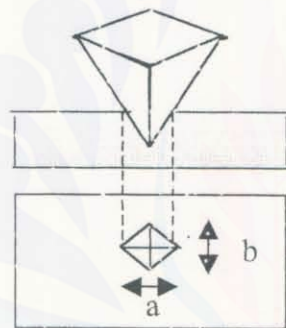
$$\text{atau } HV = 1,8544 \frac{P}{d^2} \quad \text{kg/mm}^2$$

Keterangan:  $P$  = beban tekan (5, 10, 20, 30, 50, 100 atau 120 kg)  
 $\alpha$  = sudut antara sisi-sisi piramida, sudut puncak  $136^\circ$   
 $d$  = panjang rata-rata kedua diagonal penekan  
 $A$  = luas tapak tekan  
 HV = kekerasan

Besar beban tekan tergantung dari macam dan tebal bahan. Semakin tipis, semakin kecil beban tekan yang dipakai. Prinsip pengukuran kekerasan didasarkan kepada kedalaman penekan masuk ke dalam bahan. Makin keras bahan makin dangkal masuknya intan dan makin lunak bahan makin dalam. Menurut

Surdia (1979), metode Vickers lebih sempurna daripada metode BrineII dan lebih banyak dipakai untuk standar internasional.

*Microhardness vickers* merupakan alat untuk mengukur kekerasan sesuatu benda keras dengan ukuran mikron yang menggunakan metode vickers, yang dapat digunakan untuk mengukur kekerasan tulang maksila tikus *Sprague dawley*. Microhardness ini dilengkapi sebuah mata uji berupa diamond dalam bentuk square di dasar piramida, bekas yang ditimbulkan berbentuk cekungan trapezium dengan garis diagonal pada cekungan, lalu diukur dan dirata-rata, nilai kekerasan dapat diperoleh dari hasil konversi pada tabel (Phillip, 1973). Lihat gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1. Bekas pembebanan dari mata uji alat *microhardness vickers*  
a = diagonal 1, b = diagonal 2

### III. METODE PENELITIAN



#### 3.1 Jenis Penelitian

Penelitian eksperimental laboratorik.

#### 3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

##### 3.2.1 Tempat

Laboratorium Biomedik Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember dan Laboratorium Metallurgi Fakultas Teknik Mesin Institut Teknologi Nasional Malang.

##### 3.2.2 Waktu

Bulan Juli sampai Desember 2001.

#### 3.3 Identifikasi Variabel

##### 3.3.1 Variabel Bebas

Dosis NaF yang dibagi dalam empat kelompok yaitu:

- 1) kelompok kontrol : mendapatkan larutan aquades/ 0 mg NaF/ekor/hari,
- 2) kelompok dosis rendah : mendapatkan 1,2 mg NaF/ekor/hari,
- 3) kelompok dosis sedang : mendapatkan 2,4 mg NaF/ekor/hari,
- 4) kelompok dosis tinggi : mendapatkan 3,6 mg NaF/ekor/hari.

##### 3.3.2 Variabel Terikat

Kekerasan tulang maksila.

##### 3.3.3 Variabel Kendali

Jenis kelamin tikus, umur tikus, kondisi klinis, prosedur penelitian.

#### 3.4 Bahan dan Alat Penelitian

##### 3.4.1 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah:

- 1) makanan ayam Par-GI 5-92,
- 2) natrium fluorida (NaF),
- 3) *formalin acetyl alcohol* (FAA),

4) Aquades,

5) Eter.

### 3.4.2 Alat Penelitian

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah:

1) tabung reaksi,

2) toples kaca,

3) gelas ukur,

4) pipet,

5) sondase lambung,

6) pisau bedah,

7) pinset,

8) sarung tangan dan masker,

9) kapas,

10) jarum dan benang,

11) ampelas,

12) *carborundum disk*,

13) *straight hand piece*, motor dan tali bur,

14) *microhardness vickers* merek Mitutoyo buatan Jepang.

## 3.5 Sampel

### 3.5.1 Kriteria Sampel

Hewan percobaan pada penelitian ini adalah tikus tipe *Sprague dawley* betina yang telah dewasa dengan umur  $\pm$  8 bulan, diperoleh dari Laboratorium Farmakologi Universitas Airlangga Surabaya. Tikus ini selanjutnya dipelihara dalam kandang yang dijaga kelembaban dan kebersihannya, mendapatkan sirkulasi udara dan sinar matahari yang cukup serta suasana yang tenang. Semua tikus ini diberi makanan Par-GI 5-92 dan diberi minuman aquades. Berat rata-rata tikus 200 gr. Tulang maksila dari tikus ini akan digunakan sebagai sampel dalam penelitian ini.

### 3.5.2 Jumlah Sampel

Penelitian ini menggunakan 24 sampel yang dibagi menjadi 4 kelompok, setiap kelompok terdiri dari 6 sampel.

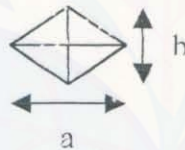
## 3.6 Prosedur Penelitian

### 3.6.1 Tahap Persiapan

- a. Sebelum perlakuan semua tikus sudah sesuai dengan kriteria, setelah itu secara acak tikus dibagi menjadi empat kelompok masing-masing terdiri dari enam tikus,
- b. Tahap berikutnya, masing-masing mendapatkan perlakuan yang berbeda-beda;  
Kelompok kontrol : mendapatkan larutan aquades/ 0 mg NaF/ekor/hari  
Kelompok dosis rendah : mendapatkan 1,2 mg NaF/ekor/hari  
Kelompok dosis sedang : mendapatkan 2,4 mg NaF/ekor/hari  
Kelompok dosis tinggi : mendapatkan 3,6 mg NaF/ekor/hari  
Perlakuan dilakukan selama 12 minggu,
- c. Cara pemberian NaF yaitu tikus kita pegang dengan tangan kiri dengan keadaan terlentang, lalu dengan tangan kanan kita masukkan NaF sesuai dosis dan kelompoknya masing-masing menggunakan sondase lambung melalui mulut sampai pada lambung tikus,
- d. Setelah 12 minggu, tikus dimatikan menggunakan eter yang diletakkan pada kapas dalam toples tertutup lalu dihirupkan dan selanjutnya tulang maksilanya diambil,
- e. Lalu tulang maksila dipisahkan dari jaringan lunak dan lemak dengan *skalpel* kemudian disimpan dalam larutan *Formalin Acetyl Alcohol* (FAA),
- f. Kemudian tulang maksila dikeringkan, lalu dipotong dengan menggunakan *straight hand piece* dan *carborundum disk* dengan ukuran 5 x 3 x 1 mm, permukaan yang tak rata diampelas,
- g. Lalu dilakukan pengukuran kekerasan tulang maksila dengan menggunakan *Microhardness Vickers* merek Mitutoyo.

### 3.6.2 Tahap Uji Kekerasan

- Satu sampel diletakkan di bawah lensa objektif pada penjepit alat *microhardness vickers* agar tidak mudah bergerak, kemudian dicari fokusnya,
- Setelah fokus, lensa objektif diganti dengan mata uji dengan cara memutar kedudukannya,
- Selanjutnya pilih besar beban tekan dengan memutar tombol sesuai besar beban yang diinginkan,
- Lalu tekan tombol *on* untuk memulai pembebanan,
- Perlahan-lahan *diamond indenter* akan turun memberikan pembebanan, lampu akan menyala saat pembebanan,
- Lampu akan mati saat pembebanan selesai, *diamond indenter* akan perlahan-lahan naik, kemudian tekan tombol *off* untuk mengakhiri,
- Setelah itu mata uji diganti dengan lensa objektif dengan cara memutar kedudukannya seperti tadi,
- Kemudian kita amati hasil pembebanan melalui lensa objektif sampai fokus,
- Benarkan belah ketupat akan terlihat, setelah itu diukur panjang diagonalnya menggunakan alat ukur yang ada pada alat tersebut melalui lensa objektif,



- Panjang diagonal a diukur menggunakan alat ukur pada alat tersebut dalam arah horisontal, sedangkan, panjang diagonal b diukur menggunakan alat ukur pada alat tersebut dalam arah vertikal. Caranya, alat ukur berupa garis diletakkan pada satu titik, sedangkan, garis satunya diletakkan pada ujung titik satunya, sehingga panjangnya dalam ukuran mikron dapat diketahui. Kedua panjang diagonal ini sebagai data,
- Data kemudian dijumlahkan dan dirata-rata, hasil rata-rata dikonversi ke tabel *vickers hardness number*, nilai pada tabel merupakan nilai kekerasan satu sampel,
- Untuk memperoleh nilai rata-rata kekerasan satu kelompok, maka nilai kekerasan keenam sampel dalam satu kelompok dijumlahkan, lalu dirata-rata.

### 3.6.3 Cara Membaca Tabel

- a. Panjang rata-rata diagonal angkanya disesuaikan dengan kolom a (kolom vertikal), kekurangannya ditambahkan pada kolom sebelahnya (kolom horisontal),
- b. Kemudian dicari titik pertemuannya antara kolom vertikal dan kolom horisontal tersebut, maka diketahui angka kekerasan sesuai tabel, misalnya, panjang rata-rata diagonal 462,5 pada kolom vertikal hanya ada 460, maka kekurangan 2,5 ditambahkan pada kolom horisontal, dari titik pertemuan tersebut maka didapatkan angka 77,0 yang merupakan angka kekerasan sampel.

### 3.7 Analisis Data

Data yang diperoleh dianalisis dengan Anova untuk mengetahui pengaruh pemberian beberapa dosis fluorida terhadap kekerasan tulang maksila dengan derajat kepercayaan 95% ( $\alpha=0,05$ ) dan dilanjutkan uji Regresi untuk mengetahui hubungan antara dosis fluorida dengan rata-rata kekerasan tulang maksila.

IV. HASIL DAN ANALISIS HASIL



Rata-rata kekerasan tulang maksila tikus *Sprague dawley* setelah pemberian fluorida kelompok kontrol, dosis rendah, dosis sedang dan dosis tinggi dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 1. Rangkuman Statistik Dasar Kekerasan Tulang Maksila

Dosis (mgNaF/ekor/ hari)	N	$\bar{x}$ (mg/mm <sup>2</sup> )	Nilai Terendah	Nilai Tertinggi	Standart Deviasi	Standart Error
0	6	56,88	38,50	69,10	10,24	4,18
1,2	6	57,00	47,40	67,90	8,91	3,64
2,4	6	63,98	39,70	77,00	13,84	5,65
3,6	6	62,38	41,20	98,20	20,14	9,82

Keterangan : n = Jumlah Sampel

$\bar{x}$  = Rata-Rata Kekerasan Tulang Maksila

Berdasarkan tabel di atas, maka diketahui rata-rata kekerasan tulang maksila terendah terdapat pada kelompok kontrol (56,88 mg/mm<sup>2</sup>), kemudian meningkat pada kelompok dosis rendah (57,00 mg/mm<sup>2</sup>), meningkat lagi sampai pada kelompok dosis sedang (63,98 mg/mm<sup>2</sup>), dan terjadi penurunan pada kelompok dosis tinggi (62,38 mg/mm<sup>2</sup>).

Uji anova dengan derajat kepercayaan 95% ( $\alpha=0,05$ ) dilakukan untuk mengetahui ada tidaknya perbedaan yang bermakna dari rata-rata kekerasan tulang maksila kelompok kontrol, dosis rendah, dosis sedang dan dosis tinggi. Hasil uji anova dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

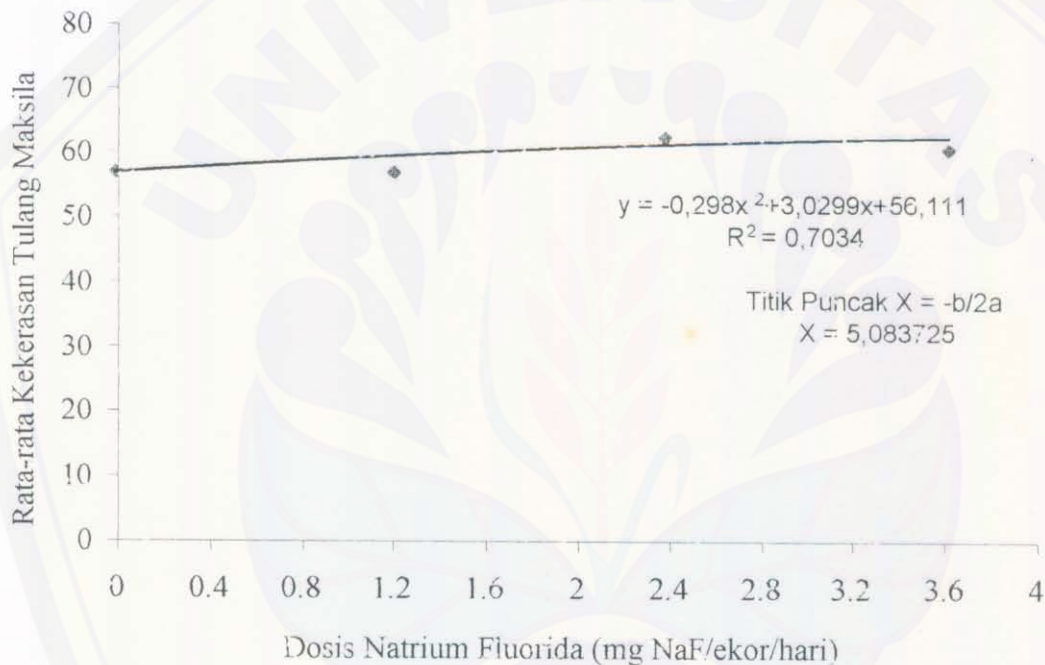
Tabel 2. Hasil uji anova rata-rata kekerasan tulang maksila kelompok kontrol, dosis rendah, dosis sedang dan dosis tinggi

	Jumlah Kuadrat	Derajat Kebebasan	Rata-rata Kuadrat	F Hitung	F Tabel ( $\alpha=0,05$ )
Antar kelompok	241,471	3	80,49	0,337	0,798
Dalam kelompok	4770,925	20	238,546		
Total	5012,396	23			



Berdasarkan tabel di atas, diketahui  $F_{\text{tabel}} = 0,798$  dan  $F_{\text{hitung}} = 0,037$ .  $F_{\text{hitung}} < F_{\text{Tabel}}$ , kesimpulan statistik tidak menunjukkan perbedaan yang bermakna dari rata-rata kekerasan tulang maksila kelompok kontrol, dosis rendah, dosis sedang dan dosis tinggi.

Uji regresi kuadratik dilakukan untuk mengetahui hubungan antara dosis fluorida dengan rata-rata kekerasan tulang maksila dan dosis yang paling tinggi rata-rata kekerasannya. Hasil uji regresi kuadratik dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 2. Grafik uji regresi kuadratik pemberian dosis natrium fluorida terhadap rata-rata kekerasan tulang maksila

Gambar di atas menunjukkan  $R^2 = 0,7034$ , berarti koefisien determinasinya 70%. Pemberian dosis natrium fluorida menunjukkan kecenderungan peningkatan rata-rata kekerasan tulang maksila sebesar 70% mulai kontrol, dosis rendah sampai pada dosis sedang, sedangkan sisanya mengalami penurunan pada dosis tinggi. Dosis yang paling baik adalah dosis sedang (2,4 mg NaF/ekor/hari) karena rata-rata kekerasannya paling tinggi.



## V. PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan pada keempat kelompok, diperoleh rata-rata kekerasan tulang maksila terendah pada kelompok kontrol ( $56,88 \text{ mg/mm}^2$ ), meningkat sedikit pada kelompok dosis rendah ( $57,00 \text{ mg/mm}^2$ ), meningkat lagi sampai pada kelompok dosis sedang ( $63,98 \text{ mg/mm}^2$ ) dan terjadi penurunan pada kelompok dosis tinggi ( $62,38 \text{ mg/mm}^2$ ). Pemberian fluorida dalam senyawa natrium fluorida (NaF) dapat meningkatkan rata-rata kekerasan tulang maksila tikus *Sprague dawley*. Peningkatan yang terjadi pada tiap kelompok tidak menunjukkan beda nilai yang cukup besar. Dengan demikian, NaF dapat digunakan untuk meningkatkan kekerasan tulang maksila.

Pada dasarnya pola peningkatan angka rata-rata kekerasan tulang pada tiap kelompok hampir sama, tapi hasil pada tiap kelompok berbeda. Hal ini karena kemampuan penyerapan fluorida ke tulang pada tiap kelompok tidak sama. Kelompok kontrol merupakan kelompok pembanding dan tak diberi cairan fluorida, tapi hanya diberi aquades. Aquades sudah mengandung fluorida walau konsentrasinya sangat rendah, sehingga kekerasannya terendah. Pada kelompok dosis rendah, dosis yang diberikan konsentrasi fluoridanya rendah, akibatnya sedikit yang diserap oleh tubuh. Fluorida banyak diekskresikan bersama feces dan urine, sehingga sedikit berikatan dengan mineral tulang. Akibatnya tulang kurang mengalami mineralisasi, sehingga kekerasannya rendah. Pada kelompok dosis sedang, fluorida punya konsentrasi yang tepat untuk berikatan dengan mineral tulang yaitu kalsium dan fosfor yang selanjutnya membentuk senyawa baru fluorapatit dan sisanya dikeluarkan bersama feces dan urine. Hal ini sesuai dengan pernyataan Turner, dkk, (1993) bahwa fluorida mudah diserap oleh tubuh ke dalam jaringan mineralisasi dan sisanya mudah dikeluarkan dalam urine. Mineralisasi yang terjadi menjadikan massa tulang meningkat sehingga tulang menjadi keras. Hal ini didukung oleh Ganong (1999) yang menyatakan bahwa fluorida merangsang osteoblas, menyebabkan tulang lebih padat. Tulang yang padat menyebabkan massa tulang meningkat sehingga kekerasan tulang juga meningkat. Sedangkan pada kelompok dosis tinggi, fluorida dengan konsentrasi

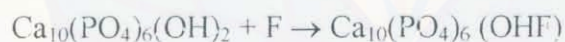
tinggi mampu berikatan dengan mineral tulang, tapi karena konsentrasinya yang tinggi ada sebagian yang mengalami mineralisasi, tapi ada juga yang dibuang. Mineral tulang menyerap fluorida pada batas ambang maksimal (100 mg/hari) menurut penelitian Desqueker dan Decierck (1993), bila melewati batas ambang maksimal maka akan jenuh sehingga ada yang dibuang bersama urine dan feces, akibatnya penyerapan fluorida ke tulang juga kurang maksimal, sehingga kekerasannya sedikit lebih rendah. Hal ini sesuai dengan pernyataan Turner (1993) tentang pemasukan fluorida oleh tulang yang diasumsikan bahwa fluorida mengikat tulang dengan cara nonlinier, seperti prosentase fluorida yang lebih kecil terlihat pada tulang jika pemasukan fluorida ditingkatkan pada tingkat yang lebih tinggi.

Berdasarkan uji Anova, antar perlakuan, tidak menunjukkan perbedaan yang bermakna pada tingkat kepercayaan  $\alpha = 0,05$ . Secara fisiologis, pemberian dosis yang berbeda yaitu kontrol, dosis rendah, dosis sedang dan dosis tinggi memperlihatkan hasil yang tidak berbeda nyata atau bermakna, hal ini karena rata-rata kekerasan tulang maksila yang dihasilkan perbedaannya tidak cukup besar. Banyak faktor untuk menjadikan tulang menjadi keras, tidak hanya tergantung pada dosis fluorida saja, tapi juga kandungan mineral tulang dalam mengikat fluorida. Ini sesuai dengan pernyataan Junqueira, Carneiro dan Kelley (1995) bahwa hidroksiapatit dan serabut kolagen bertanggung jawab terhadap kekerasan tulang dan harus ada pada pemeliharaan struktur tulang.

Hasil uji regresi menunjukkan kecenderungan peningkatan rata-rata kekerasan tulang maksila mulai kelompok kontrol, meningkat pada kelompok dosis rendah dan lebih tinggi pada dosis sedang dan mengalami penurunan pada dosis tinggi. Berdasarkan di atas memperlihatkan bahwa dosis NaF terbaik yang dapat meningkatkan kekerasan tulang maksila adalah dosis sedang. Uji regresi menghasilkan  $R^2=0,7034$  berarti koefisien determinasinya 70%, ini menunjukkan bahwa data masih dekat dengan garis regresi. Pollet dan Nasrullah (1994) menyatakan bahwa R dekat 1 (atau -1) menunjukkan data masih dekat dengan garis regresi kuadratik, sehingga terdapat hubungan. Scheffler (1987) juga menyatakan bahwa salah satu peubah dapat diterangkan oleh peubah lainnya.

Artinya bahwa 70% pemberian dosis natrium fluorida mempunyai kecenderungan meningkatkan rata-rata kekerasan tulang maksila, sedangkan sisanya 30% (100%-70%) menyebabkan faktor lain. Jadi dengan pemberian dosis natrium fluorida cenderung meningkatkan rata-rata kekerasan tulang maksila sampai pada dosis sedang dan mengalami penurunan pada dosis tinggi. Sehingga dapat dikatakan bahwa dosis sedang merupakan dosis terbaik karena rata-rata kekerasannya tertinggi.

Meningkatnya kekerasan tulang maksila tikus *Sprague dawley* ini, oleh karena pada dasarnya komposisi tulang tikus ini terdiri dari bahan organik dan anorganik. Diantaranya bahan anorganik mineral seperti kalsium dan fosfor yang membentuk kristal hidroksiapatit dengan komposisi  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$  yang kemudian berikatan dengan ion fluorida, ion fluorida menggantikan gugus hidroksil pada hidroksiapatit yang selanjutnya membentuk senyawa baru fluorapatit yang lebih tahan terhadap asam sehingga ikatannya kuat, tidak mudah rapuh sehingga kekuatan dan kekerasan tulang terbentuk. Hal ini sesuai dengan pernyataan Suwelo (1992) bahwa ion paling penting yang diharapkan banyak diikat oleh hidroksiapatit adalah ion fluorida. Dengan penambahan fluorida, hidroksiapatit akan berubah menjadi fluorapatit, yang lebih tahan terhadap asam, lihat persamaannya,



Sedangkan, bahan organik tulang terdiri dari serabut kolagen 95% dan zat amorf, yang mengandung glikoaminoglukan yang berhubungan dengan protein. Hubungan hidroksiapatit dengan serabut kolagen bertanggung jawab untuk kekerasan dan resistensi yang merupakan ciri tulang (Junqueira dan Carneiro, 1982).

Selama pertumbuhan tulang, jaringannya merupakan vaskularisasi yang tinggi dan mudah mendapat fluorida. Ini merupakan periode aktif pembentukan tulang saat pertumbuhan kristal dan kecepatan pemasukan fluor tinggi. Pemasukan fluorida pada tulang yang sedang berkembang dan konsentrasi fluorida lebih banyak pada yang muda daripada yang tua (Turner, dkk, 1993). Fluorida yang diserap oleh tulang menyebabkan terbentuknya tulang baru

(Ganong, 1999). Terbentuknya tulang baru ini menjadikan massa tulang meningkat sehingga kekuatan dan kekerasan tulang juga meningkat.

Mekanisme masuknya fluorida ke dalam tubuh khususnya tulang secara sistemik pada dasarnya ada empat komponen yang perlu diperhatikan, yaitu ingesi, absorpsi, distribusi, dan retensi fluorida dalam tubuh dan akhirnya eliminasi. Masing-masing komponen dalam prosesnya saling mempengaruhi, sehingga menentukan hasil akhirnya. Sekali fluorida diingsi, kemudian akan diabsorpsi. Absorpsinya terutama terjadi di dalam lambung. Jumlah dan komposisi makanan di dalam lambung akan mempengaruhi jumlah dan kecepatan absorpsinya. Jika lambung pada waktu ingesi berisi makanan yang bisa berikatan dengan kuat dengan fluorida, maka fluorida akan diekskresikan bersama-sama feces, dan tak akan diabsorpsi. Apabila sebagian besar senyawa fluorida masuk ke dalam perut yang kosong, biasanya akan diabsorpsi sempurna. Sesudah diabsorpsi, fluorida didistribusikan ke seluruh tubuh sebagian diikat oleh jaringan-jaringan tubuh yang mengalami mineralisasi, terutama di dalam kerangka. Sedangkan sisanya dieliminasi lewat ginjal (Fejerskov, 1993).



## VI. KESIMPULAN DAN SARAN

### 6.1 KESIMPULAN

Setelah dilakukan pembahasan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- a) Rata-rata kekerasan tulang maksila terendah terdapat pada kelompok kontrol ( $56,88 \text{ mg/mm}^2$ ), kemudian meningkat pada kelompok dosis rendah ( $57,00 \text{ mg/mm}^2$ ), meningkat lagi pada kelompok dosis sedang ( $63,98 \text{ mg/mm}^2$ ) dan terjadi penurunan pada kelompok dosis tinggi ( $62,38 \text{ mg/mm}^2$ ), secara statistik tidak menunjukkan perbedaan yang bermakna,
- b) Fluorida dalam senyawa natrium fluorida (NaF) dapat digunakan untuk meningkatkan rata-rata kekerasan tulang maksila tikus *Sprague dawley*, walaupun peningkatannya tidak cukup besar,
- c) Uji anova tidak menunjukkan perbedaan yang bermakna,
- d) Terdapat kecenderungan peningkatan rata-rata kekerasan tulang maksila setelah pemberian dosis natrium fluorida sebesar 70%. Dosis terbaik untuk meningkatkan kekerasan tulang maksila tikus *Sprague dawley* yaitu 2,4 mg NaF/ekor/hari,

### 6.2 SARAN

- a) Perlu penelitian lebih lanjut tentang fluorida terutama untuk membandingkan kekerasan tulang maksila dan mandibula,
- b) Perlu penelitian lebih lanjut tentang fluorida terutama untuk pencegahan dan pengobatan osteoporosis dan resorpsi tulang,
- c) Perlu penelitian lebih lanjut tentang fluorida yang dikombinasi dengan kalsium dan fosfor.

DAFTAR PUSTAKA

- Andrew, D. dan Dixon, 1993, **Anatomi Untuk Kedokteran Gigi Edisi 3**, Hipokrates, Jakarta.
- Banks, P., 1992, **Fraktur Sepertiga Tengah Skeleton Fasial Edisi 4**, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Carlsson, G.E., and Haraldson, T., 1992, **Fundamental Aspects of Mandibular Atrophy**, Warthington and Branemark, Chicago.
- Desqueker, J., and Declerck, K., 1993, **Fluor in the Treatment of Osteoporosis, An Overview of Thirty Years Clinical Research**, Schweiz, Med-wochensekh.
- Fejerkov, O., Manji, F, Baelum, V, Moller, I.J, 1993, **Fluorosis (Dental Fluorosis) Edisi 1**, Hipokrates, Jakarta.
- Ganong, W.F., 1995, **Fisiologi Kedokteran Edisi 14**, EGC, Jakarta.
- , 1999, **Fisiologi Kedokteran Edisi 17**, EGC, Jakarta.
- Heersche, J.N.M., Bellows, C.G, Ishida, Y., 1998, The Decrease in Bone Mass Associated with Aging and Menopause, **J. Prosthet. Dent.**77:3:201-205.
- ILSI (International Life Science Institute Nutritional Foundation), 1990, **Present Knowledge in Nutritional 6<sup>th</sup> rd**, Washington DC.
- Junqueira, L.C., Corneiro, J. and Kelley, 1995, **Histologi Dasar Edisi 8**, EGC, Jakarta.
- Junqueira, L.C., Corneiro, J., 1982, **Histologi Dasar Edisi 3**, EGC, Jakarta.
- Klemetti, E., 1996, A Review of Residual Ridge Resorption and Bone Density, Kuopio, Finland. **J. Prosthet. Dent.**75:5:512-514.
- Liebott, B., 1995, **Dasar-Dasar Anatomi Kedokteran Gigi Edisi Revisi**, EGC, Jakarta.
- Nasution, A.H dan Karyadi, D., 1998, **Pengetahuan Gizi Mutakhir**, Jakarta.
- Phillips, R.W, 1973, **Science of Dental Material 7<sup>th</sup> ed**, W.B Sounder Co., New York.
- Pollet dan Nasrullah, 1994, **Penggunaan Metode Statistika Untuk Ilmu Hayati**, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.

- Riggs, L and Melton, L.J, 1988, **Osteoporosis, Etiology, Diagnosis and Management, 3<sup>rd</sup> Edition**, Raven Press, New York.
- Scheffler, W.C., 1987, **Statistik Untuk Biologi, Farmasi, Kedokteran dan Ilmu Yang Bertautan**, Penerbit ITB, Bandung.
- Surdia, T., 1979, **Pengetahuan Logam Jilid 2**, Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, Jakarta.
- , 1992, **Pengetahuan Bahan Teknik**, Pradnya Paramita, Jakarta.
- Suwelo, I.S., 1992, **Karies Gigi Pada Anak Dengan Pelbagai Faktor Etiologi Edisi 1**, EGC, Jakarta.
- Turner, CH, Boivin, G, Meunier, PJ, 1993, A Mathematical Model for Fluoride Uptake by The Skeleton, **J. Prosthet. Dent.** 52:130.



**Lampiran 1. Data Penelitian Kekerasan Tulang Maksila**

## A. Kelompok Kontrol (0 mg NaF/ekor/hari)

No. sampel	Panjang diagonal a ( $\mu\text{m}$ )	Panjang diagonal b ( $\mu\text{m}$ )	Rata-rata diagonal ( $\mu\text{m}$ )	Kekerasan dari tabel ( $\text{mg}/\text{mm}^2$ )
1.	487,00	553,00	520,00	60,90
2.	500,00	568,00	534,00	57,70
3.	489,00	487,00	488,00	69,10
4.	558,00	484,00	521,00	60,70
5.	547,00	760,00	653,50	38,50
6.	540,00	560,00	550,00	54,40
Jumlah Rata-rata				341,30 56,88

## B. Kelompok Dosis Rendah (1,2 mg NaF/ekor/hari)

No. sampel	Panjang diagonal a ( $\mu\text{m}$ )	Panjang diagonal b ( $\mu\text{m}$ )	Rata-rata diagonal ( $\mu\text{m}$ )	Kekerasan dari tabel ( $\text{mg}/\text{mm}^2$ )
1.	505,00	480,00	492,50	67,90
2.	538,00	572,00	555,00	53,40
3.	500,00	545,00	522,50	60,30
4.	569,00	608,00	588,50	47,50
5.	618,00	561,00	589,50	47,40
6.	520,00	510,00	501,50	65,50
Jumlah Rata-rata				342,00 57,00

Lanjutan lampiran 1

C. Kelompok Dosis Sedang (2,4 mg NaF/ekor/hari)

No. sampel	Panjang diagonal a ( $\mu\text{m}$ )	Panjang diagonal b ( $\mu\text{m}$ )	Rata-rata diagonal ( $\mu\text{m}$ )	Kekerasan dari tabel ( $\text{mg}/\text{mm}^2$ )
1.	450,00	475,00	462,50	77,00
2.	503,00	518,00	510,50	63,20
3.	514,00	419,00	466,50	75,70
4.	522,00	450,00	486,00	69,70
5.	550,00	510,00	530,00	58,60
6.	653,00	635,00	644,00	39,70
Jumlah Rata-rata				383,90 63,98

D. Kelompok Dosis Tinggi (3,6 mg NaF/ekor/hari)

No. sampel	Panjang diagonal a ( $\mu\text{m}$ )	Panjang diagonal b ( $\mu\text{m}$ )	Rata-rata diagonal ( $\mu\text{m}$ )	Kekerasan dari tabel ( $\text{mg}/\text{mm}^2$ )
1.	338,00	481,00	409,50	98,20
2.	620,00	510,00	565,00	51,60
3.	392,00	828,00	610,00	44,20
4.	540,00	330,00	435,00	87,00
5.	562,00	562,00	562,00	52,10
6.	643,00	621,00	632,00	41,20
Jumlah Rata-rata				374,30 62,38

**Lampiran 2. Perhitungan Aplikasi Dosis Natrium Fluorida**

Aplikasi pada laboratorium (pemberian per oral)

Patokan pada rat = 0,02 ml/gr BB/hari

Misal BB rat = 200 gr

$$= 200 \text{ gr} \times 0,02 \text{ ml/gr/BB}$$

$$= 4 \text{ ml (per oral)}$$

❖ Dosis NaF 50 mg/hari

Rata-rata orang dewasa 50 kg

$$\begin{aligned} \text{Jadi dosis NaF} &= \frac{50 \text{ mg / kgBB / hari}}{50} \\ &= 1 \text{ mg/kgBB/hari} = 0,001 \text{ mg/grBB/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Dosis hewan} &= 6 \times \text{dosis manusia} \\ &= 6 \times 0,001 \text{ mg/grBB/hari} \\ &= 0,006 \text{ mg/grBB/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Aplikasi dosis I} &= 0,006 \text{ mg/grBB/hari} \sim 0,02 \text{ ml/ekor} \\ &= 0,006 \text{ mg/grBB/hari} \times 200 \text{ gr} \\ &= 1,2 \text{ mg/hari/tikus} \end{aligned}$$

❖ Dosis NaF 100 mg/hari

Rata-rata orang dewasa 50 kg

$$\begin{aligned} \text{Jadi dosis NaF} &= \frac{100 \text{ mg / kgBB / hari}}{50} \\ &= 2 \text{ mg/kgBB/hari} = 0,002 \text{ mg/grBB/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Dosis hewan} &= 6 \times \text{dosis manusia} \\ &= 6 \times 0,002 \text{ mg/grBB/hari} \\ &= 0,0012 \text{ mg/grBB/hari} \end{aligned}$$

## Lanjutan lampiran 2

$$\begin{aligned}\text{Aplikasi dosis II} &= 0,0012 \text{ mg/grBB/hari} \sim 0,02 \text{ ml/ekor} \\ &= 0,0012 \text{ mg/grBB/hari} \times 200\text{gr} \\ &= 2,4 \text{ mg/hari/tikus}\end{aligned}$$

❖ Dosis NaF 150 mg/hari

Rata-rata orang dewasa 50 kg

$$\begin{aligned}\text{Jadi dosis NaF} &= \frac{150\text{mg} / \text{kgBB} / \text{hari}}{50} \\ &= 3 \text{ mg/kgBB/hari} = 0,003 \text{ mg/grBB/hari} \\ \text{Dosis hewan} &= 6 \times \text{dosis manusia} \\ &= 6 \times 0,003 \text{ mg/grBB/hari} \\ &= 0,0018 \text{ mg/grBB/hari} \\ \text{Aplikasi dosis III} &= 0,0018 \text{ mg/grBB/hari} \sim 0,02 \text{ ml/ekor} \\ &= 0,0018 \text{ mg/grBB/hari} \times 200\text{gr} \\ &= 3,6 \text{ mg/hari/tikus}\end{aligned}$$

Lampiran 3. Perhitungan Hardness Vickers Number

$$HV = 0.102F / S - 0.102 \cdot 2^a \cdot F^a \cdot \ln(\theta / 2) / d^2$$

$$= 0.1891 \cdot F / d^2 - 1.854 \cdot (0.102 \cdot F) / d^2$$

- HV : ビッカース硬さ
- F : 試験荷重 (H)
- S : くぼみの表面積 (mm<sup>2</sup>)
- d : くぼみの対角線の長さの平均 (mm) = (d<sub>1</sub> + d<sub>2</sub>) / 2
- θ : ダイヤモンド圧子の対面角 (136°)

5.5 倍の対物レンズを使用した場合

- d = n / 5.44 / 1000 (d-mm)
- a : オクリャーの読み取り値

$$HV = 0.1891 \cdot F / (n / 5.44 / 1000)^2$$

$$= 1854 \cdot (0.102 \cdot F) \cdot 10^3 / d_1^2$$

□□□□ HV ○○○○ … 硬さ表示

d<sub>1</sub> : くぼみの対角線の長さの平均 (μm)

この算出表は MVK-E 3 で (5.5 X) 対物レンズと標準計測接眼鏡 (目盛印部分に赤い帯線のあるオクリャー) を使用した時に使います。オクリャーの読み取り値 [ n ] で算出していますので読み表寸法 [ d μm ] は n / 5.44 の値です。(約 0.184 μm / d i v) (2.5 X) 対物レンズを使用する時は読み取り値を 2 倍して本表より算出して下さい。

$$HV = 0.102F / S - 0.102 \cdot 2^a \cdot F^a \cdot \ln(\theta / 2) / d^2$$

$$= 0.1891 \cdot F / d^2 - 1.854 \cdot (0.102 \cdot F) / d^2$$

- HV: Vickers hardness number
- F: Test force (H)
- S: Surface area of indentation (mm<sup>2</sup>)
- d: Diagonal length of indentation (mm) = (d<sub>1</sub> + d<sub>2</sub>) / 2
- θ: Angle between opposite face of indenter (136°)

When objective lens 55X is used

- d = n / 5.44 / 1000 (d-mm)
- a: Reading of measuring eyepiece

$$HV = 0.1891 \cdot F / (n / 5.44 / 1000)^2$$

$$= 1854 \cdot (0.102 \cdot F) \cdot 10^3 / d_1^2$$

□□□□ HV ○○○○

d<sub>1</sub>: Diagonal length of indentation (μm)

This calculation table applies to the case where the objective lens (X55) and the standard measuring eyepiece are used on the HVK-E3.

Since calculation is based on the reading "n" of the measuring eyepiece, the actual dimension of an indentation "d μm" is n/5.44 (approx. 0.184 μm/division).

When the X25 objective lens is used, double the reading.

Vielckers Hoedness Number

a	0.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5
100.0	1646	1630	1614	1598	1582	1567	1552	1537	1522	1508
105.0	1493	1479	1465	1451	1437	1425	1411	1398	1386	1373
110.0	1361	1348	1336	1324	1312	1301	1289	1278	1267	1256
115.0	1245	1234	1223	1213	1203	1192	1182	1172	1163	1153
120.0	1143	1134	1124	1115	1106	1097	1088	1079	1071	1062
125.0	1054	1045	1037	1029	1021	1013	1005	997	989	982
130.0	974	967	959	952	945	938	931	924	917	910
135.0	903	897	890	884	877	871	864	858	852	846
140.0	840	834	828	822	816	811	805	799	794	788
145.0	783	778	772	767	762	757	752	747	742	737
150.0	732	727	722	717	713	708	703	699	694	690
155.0	685	681	676	672	668	664	659	655	651	647
160.0	643	639	635	631	627	623	620	616	612	608
165.0	605	601	597	594	590	587	583	580	576	573
170.0	570	566	563	560	556	553	550	547	544	541
175.0	538	535	531	528	525	523	520	517	514	511
180.0	508	505	503	500	497	494	492	489	486	484
185.0	481	478	476	473	471	468	466	463	461	458
190.0	456	454	451	449	447	444	442	440	437	435
195.0	433	431	429	426	424	422	420	418	416	414
200.0	412	410	407	405	403	401	400	398	396	394
205.0	392	390	388	386	384	382	381	379	377	375
210.0	373	372	370	368	366	365	363	361	359	358
215.0	356	355	353	351	350	348	346	345	343	342
220.0	340	339	337	336	334	333	331	330	328	327
225.0	325	324	322	321	319	318	317	315	314	313
230.0	311	310	309	307	306	305	303	302	301	299
235.0	298	297	296	294	293	292	291	289	288	287
240.0	286	285	283	282	281	280	279	278	277	275
245.0	274	273	272	271	270	269	268	267	266	264
250.0	263	262	261	260	259	258	257	256	255	254
255.0	253	252	251	250	249	248	247	246	245	244
260.0	244	243	242	241	240	239	238	237	236	235
265.0	234	234	233	232	231	230	229	228	228	227
270.0	226	225	224	223	223	222	221	220	219	218
275.0	218	217	216	215	215	214	213	212	211	211
280.0	210	209	208	208	207	206	206	205	204	203
285.0	203	202	201	201	200	199	198	198	197	196
290.0	196	195	194	194	193	192	192	191	190	190
295.0	189	189	188	187	187	186	185	185	184	184
300.0	183	182	182	181	181	180	179	179	178	178
305.0	177	176	176	175	175	174	174	173	172	172
310.0	171	171	170	170	169	169	168	168	167	166
315.0	166	166	165	164	164	163	163	162	162	161
320.0	161	160	160	159	159	158	158	157	157	156

a	Vickers Hardness Number									
	0.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5
325.0	156	155	155	154	154	153	153	153	152	152
330.0	151	151	150	150	149	149	148	148	148	147
335.0	147	146	146	145	145	145	144	144	143	143
340.0	142	142	142	141	141	140	140	140	139	139
345.0	138	138	138	137	137	136	136	136	135	135
350.0	134	134	134	133	133	132	132	132	131	131
355.0	131	130	130	130	129	129	128	128	128	127
360.0	127	127	126	126	126	125	125	125	124	124
365.0	124	123	123	123	122	122	122	121	121	121
370.0	120	120	120	119	119	119	118	118	118	117
375.0	117	117	116	116	116	116	115	115	115	114
380.0	114	114	113	113	113	113	112	112	112	111
385.0	111	111	110	110	110	110	109	109	109	109
390.0	108	108	108	107	107	107	107	106	106	106
395.0	106	105	105	105	104	104	104	104	103	103
400.0	103	103	102	102	102	102	101	101	101	101
405.0	100	100	99.9	99.6	99.4	99.1	98.9	98.7	98.4	98.2
410.0	97.9	97.7	97.5	97.2	97.0	96.8	96.5	96.3	96.1	95.8
415.0	95.6	95.4	95.1	94.9	94.7	94.5	94.2	94.0	93.8	93.6
420.0	93.3	93.1	92.9	92.7	92.4	92.2	92.0	91.8	91.6	91.4
425.0	91.1	90.9	90.7	90.5	90.3	90.1	89.9	89.7	89.5	89.2
430.0	89.0	88.8	88.6	88.4	88.2	88.0	87.8	87.6	87.4	87.2
435.0	87.0	86.8	86.6	86.4	86.2	86.0	85.8	85.6	85.4	85.2
440.0	85.0	84.8	84.7	84.5	84.3	84.1	83.9	83.7	83.5	83.3
445.0	83.1	83.0	82.8	82.6	82.4	82.2	82.0	81.8	81.7	81.5
450.0	81.3	81.1	80.9	80.8	80.6	80.4	80.2	80.0	79.9	79.7
455.0	79.5	79.3	79.2	79.0	78.8	78.7	78.5	78.3	78.1	78.0
460.0	77.8	77.6	77.5	77.3	77.1	77.0	76.8	76.6	76.5	76.3
465.0	76.1	76.0	75.8	75.7	75.5	75.3	75.2	75.0	74.8	74.7
470.0	74.5	74.4	74.2	74.1	73.9	73.7	73.6	73.4	73.3	73.1
475.0	73.0	72.8	72.7	72.5	72.4	72.2	72.1	71.9	71.8	71.6
480.0	71.5	71.3	71.2	71.0	70.9	70.7	70.6	70.4	70.3	70.1
485.0	70.0	69.8	69.7	69.6	69.4	69.3	69.1	69.0	68.8	68.7
490.0	68.6	68.4	68.3	68.2	68.0	67.9	67.7	67.6	67.5	67.3
495.0	67.2	67.1	66.9	66.8	66.7	66.5	66.4	66.2	66.1	66.0
500.0	65.9	65.7	65.6	65.5	65.3	65.2	65.1	64.9	64.8	64.7
505.0	64.6	64.4	64.3	64.2	64.0	63.9	63.8	63.7	63.5	63.4
510.0	63.3	63.2	63.0	62.9	62.8	62.7	62.6	62.4	62.3	62.2
515.0	62.1	62.0	61.8	61.7	61.6	61.5	61.4	61.2	61.1	61.0
520.0	60.9	60.8	60.7	60.5	60.4	60.3	60.2	60.1	60.0	59.8
525.0	59.7	59.6	59.5	59.4	59.3	59.2	59.1	58.9	58.8	58.7
530.0	58.6	58.5	58.4	58.3	58.2	58.1	58.0	57.8	57.7	57.6
535.0	57.5	57.4	57.3	57.2	57.1	57.0	56.9	56.8	56.7	56.6
540.0	56.5	56.4	56.2	56.1	56.0	55.9	55.8	55.7	55.6	55.5
545.0	55.4	55.3	55.2	55.1	55.0	54.9	54.8	54.7	54.6	54.5

Vickers Hardness Number

a	0.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5
550.0	54.4	54.3	54.2	54.1	54.0	53.9	53.8	53.7	53.6	53.5
555.0	53.4	53.4	53.3	53.2	53.1	53.0	52.9	52.8	52.7	52.6
560.0	52.5	52.4	52.3	52.2	52.1	52.0	51.9	51.8	51.8	51.7
565.0	51.6	51.5	51.4	51.3	51.2	51.1	51.0	50.9	50.8	50.8
570.0	50.7	50.6	50.5	50.4	50.3	50.2	50.1	50.1	50.0	49.9
575.0	49.8	49.7	49.6	49.5	49.4	49.4	49.3	49.2	49.1	49.0
580.0	48.9	48.9	48.8	48.7	48.6	48.5	48.4	48.4	48.3	48.2
585.0	48.1	48.0	47.9	47.9	47.8	47.7	47.6	47.5	47.5	47.4
590.0	47.3	47.2	47.1	47.1	47.0	46.9	46.8	46.7	46.7	46.6
595.0	46.5	46.4	46.3	46.3	46.2	46.1	46.0	46.0	45.9	45.8
600.0	45.7	45.7	45.6	45.5	45.4	45.4	45.3	45.2	45.1	45.1
605.0	45.0	44.9	44.8	44.8	44.7	44.6	44.5	44.5	44.4	44.3
610.0	44.2	44.2	44.1	44.0	44.0	43.9	43.8	43.7	43.7	43.6
615.0	43.5	43.5	43.4	43.3	43.2	43.2	43.1	43.0	43.0	42.9
620.0	42.8	42.8	42.7	42.6	42.6	42.5	42.4	42.3	42.3	42.2
625.0	42.1	42.1	42.0	41.9	41.9	41.8	41.7	41.7	41.5	41.5
630.0	41.5	41.4	41.3	41.3	41.2	41.2	41.1	41.0	41.0	40.9
635.0	40.8	40.8	40.7	40.6	40.6	40.5	40.4	40.4	40.3	40.2
640.0	40.2	40.1	40.1	40.0	39.9	39.9	39.8	39.8	39.7	39.6
645.0	39.6	39.5	39.5	39.4	39.3	39.3	39.2	39.1	39.1	39.0
650.0	39.0	38.9	38.8	38.8	38.7	38.7	38.6	38.5	38.5	38.4
655.0	38.4	38.3	38.3	38.2	38.1	38.1	38.0	38.0	37.9	37.9
660.0	37.8	37.7	37.7	37.6	37.6	37.5	37.5	37.4	37.3	37.3
665.0	37.2	37.2	37.1	37.1	37.0	36.9	36.9	36.8	36.8	36.7
670.0	36.7	36.6	36.6	36.5	36.5	36.4	36.3	36.3	36.2	36.2
675.0	36.1	36.1	36.0	36.0	35.9	35.9	35.8	35.8	35.7	35.7
680.0	35.6	35.6	35.5	35.4	35.4	35.3	35.3	35.2	35.2	35.1
685.0	35.1	35.0	35.0	34.9	34.9	34.8	34.8	34.7	34.7	34.6
690.0	34.6	34.5	34.5	34.4	34.4	34.3	34.3	34.2	34.2	34.1
695.0	34.1	34.0	34.0	33.9	33.9	33.8	33.8	33.7	33.7	33.6
700.0	33.6	33.6	33.5	33.5	33.4	33.4	33.3	33.3	33.2	33.2
705.0	33.1	33.1	33.0	33.0	32.9	32.9	32.8	32.8	32.8	32.7
710.0	32.7	32.6	32.6	32.5	32.5	32.4	32.4	32.3	32.3	32.2
715.0	32.2	32.2	32.1	32.1	32.0	32.0	31.9	31.9	31.8	31.8
720.0	31.8	31.7	31.7	31.6	31.6	31.5	31.5	31.5	31.4	31.4
725.0	31.3	31.3	31.2	31.2	31.1	31.1	31.1	31.0	31.0	30.9
730.0	30.9	30.9	30.8	30.8	30.7	30.7	30.6	30.6	30.6	30.5
735.0	30.5	30.4	30.4	30.4	30.3	30.3	30.2	30.2	30.1	30.1
740.0	30.1	30.0	30.0	29.9	29.9	29.9	29.8	29.8	29.7	29.7
745.0	29.7	29.6	29.6	29.5	29.5	29.5	29.4	29.4	29.3	29.3
750.0	29.3	29.2	29.2	29.2	29.1	29.1	29.0	29.0	29.0	28.9
755.0	28.9	28.8	28.8	28.8	28.7	28.7	28.7	28.6	28.6	28.5
760.0	28.5	28.5	28.4	28.4	28.4	28.3	28.3	28.2	28.2	28.1
765.0	28.1	28.1	28.1	28.0	28.0	27.9	27.9	27.9	27.8	27.8
770.0	27.8	27.7	27.7	27.7	27.6	27.6	27.6	27.5	27.5	27.4



a	Vickers Hardness Number									
	0.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5
775.0	27.4	27.4	27.3	27.3	27.3	27.2	27.2	27.2	27.1	27.1
780.0	27.1	27.0	27.0	27.0	26.9	26.9	26.9	26.8	26.8	26.8
785.0	26.7	26.7	26.6	26.6	26.6	26.5	26.5	26.5	26.4	26.4
790.0	26.4	26.3	26.3	26.3	26.2	26.2	26.2	26.1	26.1	26.1
795.0	26.0	26.0	26.0	26.0	25.9	25.9	25.9	25.8	25.8	25.8
800.0	25.7	25.7	25.7	25.6	25.6	25.6	25.5	25.5	25.5	25.4
805.0	25.4	25.4	25.3	25.3	25.3	25.2	25.2	25.2	25.2	25.1
810.0	25.1	25.1	25.0	25.0	25.0	24.9	24.9	24.9	24.8	24.8
815.0	24.8	24.8	24.7	24.7	24.7	24.6	24.6	24.6	24.5	24.5
820.0	24.5	24.5	24.4	24.4	24.4	24.3	24.3	24.3	24.2	24.2
825.0	24.2	24.2	24.1	24.1	24.1	24.0	24.0	24.0	24.0	23.9
830.0	23.9	23.9	23.8	23.8	23.8	23.8	23.7	23.7	23.7	23.6
835.0	23.6	23.6	23.6	23.5	23.5	23.5	23.4	23.4	23.4	23.4
840.0	23.3	23.3	23.3	23.2	23.2	23.2	23.2	23.1	23.1	23.1
845.0	23.1	23.0	23.0	23.0	22.9	22.9	22.9	22.9	22.8	22.8
850.0	22.8	22.8	22.7	22.7	22.7	22.7	22.6	22.6	22.6	22.5
855.0	22.5	22.5	22.5	22.4	22.4	22.4	22.4	22.3	22.3	22.3
860.0	22.3	22.2	22.2	22.2	22.2	22.1	22.1	22.1	22.1	22.0
865.0	22.0	22.0	22.0	21.9	21.9	21.9	21.9	21.8	21.8	21.8
870.0	21.8	21.7	21.7	21.7	21.7	21.6	21.6	21.6	21.6	21.5
875.0	21.5	21.5	21.5	21.4	21.4	21.4	21.4	21.3	21.3	21.3
880.0	21.3	21.2	21.2	21.2	21.2	21.1	21.1	21.1	21.1	21.0
885.0	21.0	21.0	21.0	20.9	20.9	20.9	20.9	20.9	20.8	20.8
890.0	20.8	20.8	20.7	20.7	20.7	20.7	20.6	20.6	20.6	20.6
895.0	20.6	20.5	20.5	20.5	20.5	20.4	20.4	20.4	20.4	20.3
900.0	20.3	20.3	20.3	20.3	20.2	20.2	20.2	20.2	20.1	20.1
905.0	20.1	20.1	20.1	20.0	20.0	20.0	20.0	19.9	19.9	19.9
910.0	19.9	19.9	19.8	19.8	19.8	19.8	19.6	19.7	19.7	19.7
915.0	19.7	19.6	19.6	19.6	19.6	19.6	19.5	19.5	19.5	19.5
920.0	19.5	19.4	19.4	19.4	19.4	19.3	19.3	19.3	19.3	19.3
925.0	19.2	19.2	19.2	19.2	19.2	19.1	19.1	19.1	19.1	19.1
930.0	19.0	19.0	19.0	19.0	19.0	18.9	18.9	18.9	18.9	18.9
935.0	18.8	18.8	18.8	18.8	18.8	18.7	18.7	18.7	18.7	18.7
940.0	18.6	18.6	18.6	18.6	18.6	18.5	18.5	18.5	18.5	18.5
945.0	18.4	18.4	18.4	18.4	18.4	18.3	18.3	18.3	18.3	18.3
950.0	18.2	18.2	18.2	18.2	18.2	18.1	18.1	18.1	18.1	18.1
955.0	18.1	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	17.9	17.9	17.9	17.9

Lampiran 4. Foto Penelitian

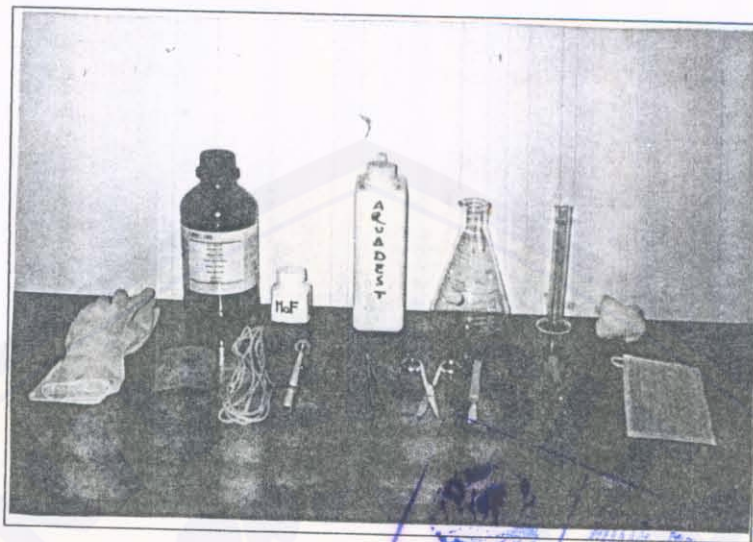


Foto 1. Alat dan Bahan Penelitian

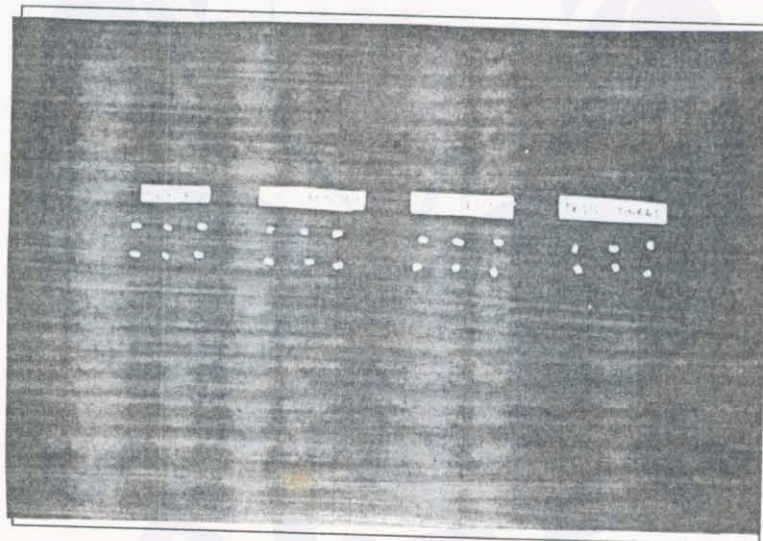


Foto 2. Sampel Penelitian

STAMP: UNIT Perpustakaan UNIVERSITAS JEMBER

Lanjutan lampiran 4.

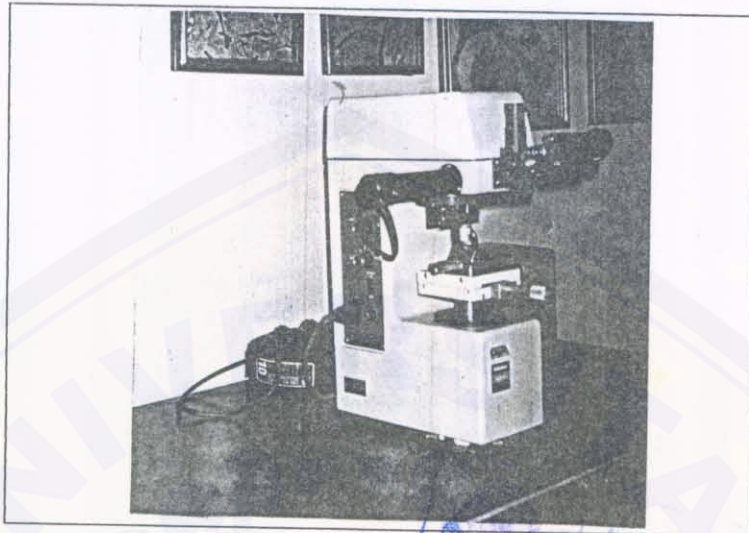


Foto 3. Alat uji *Microhardness Vickers* merk Mitutoyo

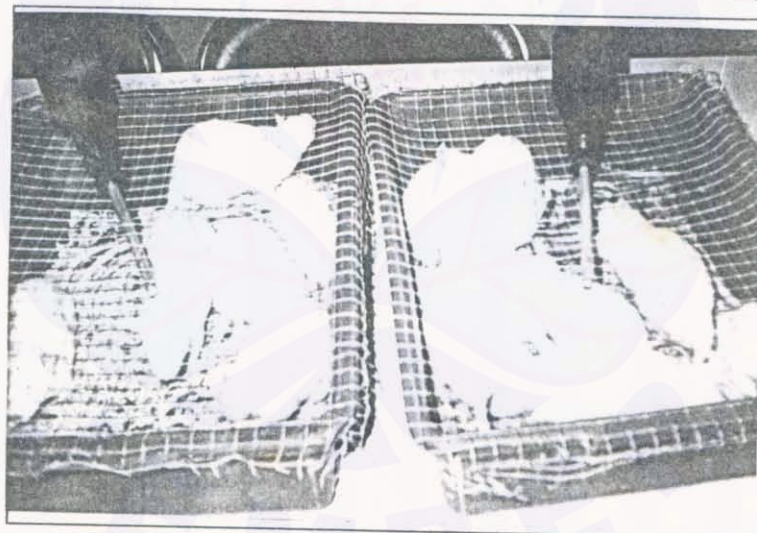


Foto 4. Tikus *Sprague dawley*