

DISERTASI
PENGARUH KEKURANGAN KALSIMUM DAN PROTEIN
PRENATAL DAN POSNATAL TERHADAP
KALSIFIKASI GIGI DAN TULANG

KAJIAN EKSPERIMENTAL LABORATORIS
DAN HISTOLOGIS PADA TIKUS



PINANDI SRI PUDYANI

PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS AIRLANGGA
SURABAYA
1997

**PENGARUH KEKURANGAN KALSIMUM DAN PROTEIN
PRENATAL DAN POSNATAL TERHADAP
KALSIFIKASI GIGI DAN TULANG**

**KAJIAN EKSPERIMENTAL LABORATORIS
DAN HISTOLOGIS PADA TIKUS**

DISERTASI

Untuk memperoleh Gelar Doktor
dalam Ilmu Kedokteran
pada Program Pascasarjana Universitas Airlangga
dibawah pimpinan Rektor Universitas Airlangga

Prof. H. Soedarto, dr., DTM&H., Ph.D

..... dipertahankan di hadapan
Rapat Terbuka Senat Universitas Airlangga
Pada hari Kamis
tanggal 27 November 1997
pukul 10.00 W.I.B

Oleh :
PINANDI SRI PUDYANI
NIM : 099111064 D

Lembar Pengesahan

Disertasi ini Telah Disetujui Pada
tanggal 1 Nopember 1997

oleh
Promotor



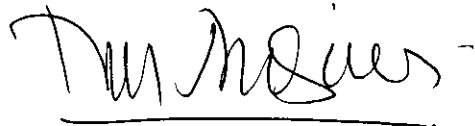
Prof. Dr. Nini Winoto, drg., Sp., Ort., MSc.
NIP. 130178039

Ko-Promotor I



Prof. H. Bambang Rahino Setokoesoemo, dr.
NIP : 130162016

Ko-Promotor II



Tonny Sadjimin, dr., DSAK., MPH., MSc., PhD.
NIP : 130354352

Telah diuji pada ujian tertutup
Tanggal 16 Agustus 1997

PANITIA PENGUJI DISERTASI

- Ketua : Prof. Sri Utari Purnomo, dr
Anggota : 1. Prof. Dr. Nini S Winoto, drg.,MSc., Sp.Ort. (promotor)
2. Prof. H. Bambang Rahino Setokoesoemo, dr. (kopromotor I)
3. Tonny Sadjimin, MPH.,MSc.,PhD.,DSAK. (kopromotor II)
4. Prof. H. Santoso, dr.
5. Prof. Harkati Dewanto, drg.,Sp.Ort.
6. Hastari Wasito, drh.,MSc.,PhD.

Ditetapkan dengan Surat Keputusan
Rektor Universitas Airlangga
No. : 6424/JO3/PP/1997

يَرْفَعُ اللَّهُ الَّذِينَ آمَنُوا مِنْكُمْ وَالَّذِينَ أُوتُوا الْعِلْمَ دَرَجَاتٍ

Niscaya Allah meninggikan orang-orang yang beriman di antara mu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat

QS Al-Mujadilah (58): 11

ILMU YANG DISERTAI DENGAN
IMAN DAN TAQWA KEPADA ALLAH SWT,
AKAN MEMPERINDAH KITA DIKALA KAYA
DAN MEMELIHARA KITA DIKALA MISKIN

UCAPAN TERIMAKASIH

Atas berkat rahmat dan karunia Allah SWT, penelitian dan penyusunan disertasi pada Program Pascasarjana Universitas Airlangga Surabaya ini dapat terselesaikan.

Pada kesempatan ini saya menyampaikan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada Pemerintah Republik Indonesia c.q. Menteri Pendidikan dan Kebudayaan melalui Tim Manajemen Program Doktor yang telah memberikan bantuan biaya pendidikan dan penelitian, sehingga meringankan beban saya dalam menyelesaikan disertasi ini.

Pada kesempatan ini pula saya mengucapkan terimakasih yang tulus kepada berbagai pihak yang telah berperan serta dalam mewujudkan disertasi ini, terutama kepada:

Rektor Universitas Airlangga, Prof. H. Soedarto, dr., DTM& H., Ph. D. dan Prof. H. Bambang Rahino Setokoesoemo, dr., mantan Rektor Universitas Airlangga, yang telah memberi kesempatan dan fasilitas kepada saya untuk mengikuti dan menyelesaikan pendidikan Program Doktor.

Prof. Dr. H. Soedijono, dr., selaku Direktur Pascasarjana Universitas Airlangga dan Prof. Dr. Soetarjadi, Apt. mantan Direktur Pascasarjana Universitas Airlangga yang telah memberi kesempatan, fasilitas dan berbagai kemudahan kepada saya untuk mengikuti pendidikan pada Program Pascasarjana Universitas Airlangga.

Prof. Dr. Nini Winoto, drg., M Sc., Sp.Ort. selaku promotor, Prof. H. Bambang Rahino Setokoesoemo, dr dan bapak Tonny Sadjimin, MPH., MSc., PhD., DSAK selaku kopromotor I dan II yang dengan penuh perhatian telah memberikan dorongan, bimbingan, dan saran yang amat berharga dan berguna bagi saya, semenjak masa awal memasuki Program Doktor sampai saat-saat terakhir penulisan disertasi ini. Nasihat dan bimbingannya telah memberikan banyak bekal dan suri teladan bagi saya.

Staf pengajar Program Doktor Program Pascasarjana Universitas Airlangga bidang Kedokteran sejak awal hingga akhir, yaitu: Prof. Abdulgani, Sh; Prof. H. Bambang Rahino S., dr; Prof. H. Moch. Soebagio Singgih, dr; Prof. WT. Maramis, dr; Prof. Hj. Glinka; Prof. Soeprpto, dr, Dr. Maria, drg; Fuad Amsyari, dr., MPH., PhD; Siti Pariani., MS., MSc., PhD; Dr. H.M. Zainudin, Apt; Prof. H. Santoso, dr; A. Sudana Wijaya, dr; Hastari Wasito, drh., MSc., PhD; Prof. Dr. M. Sri Karjati, dr., MSc; Prof. Purnomo Suryohudoyo, dr; yang telah meluaskan wawasan saya.

Rektor Universitas Gadjah Mada, Prof. Dr. Soekanto Reksohadiprojo dan Bapak Prof. Dr. H. Mochamad Adnan, Ir., MSc., mantan Rektor Universitas Gadjah Mada yang telah memberikan bantuan dan ijin sehingga saya dapat mengikuti program pendidikan S3.

Dekan Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Gadjah Mada Soetomo Nawawi, drg., DPH Dent., Sp.Ort. dan mantan Dekan Fakultas Kedokteran Gigi Subagyo Hardjowijoto, drg., Sp.Ort. yang telah memberi dorongan dan ijin

kepada saya untuk mengikuti Program pendidikan S3 pada Program Pascasarjana Universitas Airlangga Surabaya.

Prof. H. Santoso, dr, bapak Albert Sudanawijaya, dr, Lahmudin Dalimi, drs. atas pengarahan dan petunjuk dalam pengetahuan histologi serta pengambilan foto-foto histologis yang sangat baik dan dapat mendukung penyelesaian disertasi saya.

Unit Pemeliharaan Hewan Percobaan, Laboratorium Kimia dan Fisika Pusat Universitas Gadjah Mada dan Laboratorium Histologi Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga sebagai tempat dan pemberian fasilitas penelitian.

Saudara Dewi Ismimasithoh dari bagian Cincial Epimemiology dan Biostatistic Unit, Yanrezeki, SE., MM., Supervisor Informatika Disain Grafis PT. Da Vinci Yogyakarta, dan RM. Kuswardiyanto, N. atas partisipasinya mulai dari rancangan setting grafis, tata letak hingga tercetaknya disertasi ini.

Semua staf non edukatif dan bagian perpustakaan Fakultas Pascasarjana serta Fakultas Kedokteran Airlangga yang dengan senang hati membantu saya selama saya menyelesaikan disertasi saya.

Bapak dan ibu H Soedarno, SH serta bapak dan Ibu R.M. Harnito Soewondo yang telah dengan rela hati menolong saya sewaktu tinggal di Surabaya.

Semua pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu, yang secara langsung maupun tidak langsung telah membantu penulisan disertasi saya dari awal hingga akhir penulisan.

Pada kesempatan ini saya juga ingin menyampaikan rasa terimakasih dan hormat saya kepada kedua orang tua saya Bapak R.M. Sudardji Sosrosoeparto

(alm) dan ibu Hj. Nindiati Sudardji serta kepada kedua bapak dan ibu mertua saya. dr. KPH. Martohusodo (alm) dan ibu R.Ay. Suemi Martohusodo yang dengan penuh kasih sayang dan kesabarannya telah membimbing dan mendidik saya sehingga pada akhirnya saya mampu menyelesaikan pendidikan program doktor pada Program Pascasarjana Universitas Airlangga.

Pada akhirnya ucapan rasa terimakasih yang sedalam-dalamnya saya tujukan kepada yang tercinta suami saya Bambang Irawan, dr., DSPD., KKV., dan keempat putera-puteri saya: Andi Haryo Setiawan, Diani Diah Saraswati, Vita Yanti Anggraeni, Vina Yanti Susanti yang meskipun ditinggal oleh ibu untuk menuntut ilmu di Surabaya, tetapi tetap mampu menunjukkan kedisiplinan belajar dan menggantikan mengurus rumah tangga. Doa ibu terus menyertaimu, semoga keempat putera-puteri dan suami saya dapat mempunyai keinginan untuk menuntut ilmu setinggi-tingginya dan tetap iman dan taqwa kepada Allah SWT.

RINGKASAN

Tujuan dari penelitian ini ialah untuk mengetahui seberapa jauh pengaruh kekurangan kalsium, protein, dan gabungan kalsium dan protein pada periode pre dan posnatal terhadap kalsifikasi gigi dan tulang pada model tikus.

Penelitian dilakukan pada tikus (*Rattus norvegicus*) yang dibagi dalam 4 kelompok besar. Kelompok A adalah tikus yang mendapat makanan standar. Kelompok B adalah tikus yang mendapat makanan kurang kalsium, sedangkan kelompok C mendapat makanan kurang protein. Kelompok D adalah tikus yang mendapat makanan kurang kalsium dan protein. Kelompok A digunakan untuk melihat pengaruh kekurangan nutrisi tersebut pada periode posnatal, sedangkan kelompok B, C dan D digunakan untuk melihat pengaruh kekurangan nutrisi tersebut pada periode pre dan posnatal. Dari masing-masing kelompok, didapat 40 ekor anak tikus.

Setelah masa sapih, masing-masing kelompok anak tikus dibagi dalam 4 subkelompok anak tikus dengan makanan standar, subkelompok yang diberi makanan kurang kalsium, subkelompok yang diberi makanan kurang protein dan subkelompok yang diberi makanan kurang kalsium dan protein. Masing-masing subkelompok terdiri dari 10 ekor anak tikus. Makanan diberikan sampai usia 56 hari.

Untuk mengetahui bagaimana pengaruh kekurangan kalsium, protein, dan gabungan kalsium dan protein pada kalsifikasi gigi, maka diperiksa: kadar kalsium dan fosfor gigi, berat sampel gigi dan lebar lapisan predentin gigi. Untuk

mengetahui pengaruhnya pada tulang, maka diperiksa kadar kalsium dan fosfor pada tulang, berat sampel tulang dan lebar epiphysis tulang.

Untuk mengetahui perbedaan pengaruh pada keseluruhan kelompok, maka dilakukan analisis variansi 1 jalur, sedang untuk mengetahui bagaimana perbedaannya untuk tiap-tiap subkelompok dilakukan uji t .

Hasil menunjukkan bahwa pada anak tikus dari kelompok A, hambatan kalsifikasi gigi dan tulang paling besar adalah karena kekurangan kalsium dan protein. Hasil yang sama diperoleh pada anak tikus dari kelompok B, C dan D, yaitu: kekurangan kalsium dan protein merupakan penyebab paling besar pada hambatan kalsifikasi gigi dan tulang pada masa pre dan posnatal.. Pemberian makanan standar pada anak tikus yang mengalami kekurangan kalsium kalsium, protein, atau kalsium-protein sebelumnya tidak menyebabkan kalsifikasi gigi dan tulang. Kesimpulan penelitian ialah bahwa kekurangan kalsium-protein menghambat terjadinya kalsifikasi gigi dan tulang pada masa pre dan posnatal. Hambatan ini bersifat ireversibel.

BAB 3	KERANGKA KONSEPTUAL DAN HIPOTESIS PENELITIAN	
	3.1. Kerangka Konseptual Penelitian	47
	3.2. Hipotesis	51
BAB 4	METODE PENELITIAN	
	4.1. Rancangan Penelitian : Experimental	52
	4.2. Besar Sampel	52
	4.3. Variabel Penelitian	52
	4.4. Bahan Penelitian	55
	4.5. Alat atau instrumen penelitian	63
	4.6. Lokasi dan waktu penelitian	63
	4.7. Prosedur pengambilan data	64
	4.8. Analisis Data	69
BAB 5	HASIL PENELITIAN DAN ANALISIS HASIL PENELITIAN	
	5.1. Hasil Penelitian	70
BAB 6	PEMBAHASAN	119
BAB 7	KESIMPULAN DAN SARAN	
	KESIMPULAN	151
	SARAN	151
	DAFTAR PUSTAKA	153
	DAFTAR LAMPIRAN	
	LAMPIRAN 1 : Hasil analisis variansi 1 jalur pada kelompok A,B,C dan D untuk kadar kalsium gigi dan tulang, kadar fosfor gigi dan tulang, berat sampel gigi dan tulang, lebar predentin gigi dan lebar epiphysis tulang.	
	LAMPIRAN 2 : Hasil uji t kadar kalsium gigi dan tulang, kadar fosfor gigi dan tulang, berat sampel gigi dan tulang, lebar predentin gigi, lebar epiphysis tulang pada masing-masing kelompok penelitian.	
	LAMPIRAN 3 : Deskripsi data penelitian	

DAFTAR GRAFIK

Grafik 1a	Rerata dan simpangan baku kadar kalsium gigi kelompok A ₀ -A _{III}	71
Grafik 1b	Rerata dan simpangan baku kadar kalsium tulang kelompok A ₀ -A _{III}	71
Grafik 2a	Rerata dan simpangan baku kadar fosfor gigi kelompok A ₀ -A _{III}	72
Grafik 2b	Rerata dan simpangan baku kadar fosfor tulang kelompok A ₀ -A _{III}	72
Grafik 3a	Rerata dan simpangan baku berat sampel gigi kelompok A ₀ -A _{III}	73
Grafik 3b	Rerata dan simpangan baku berat sampel tulang kelompok A ₀ -A _{III}	73
Grafik 4a	Rerata dan simpangan baku lebar predentin gigi kelompok A ₀ -A _{III}	74
Grafik 4b	Rerata dan simpangan baku lebar epiphysis tulang kelompok A ₀ -A _{III}	74
Grafik 5a	Rerata dan simpangan baku kadar kalsium gigi kelompok B ₀ -B _{III}	79
Grafik 5b	Rerata dan simpangan baku kadar kalsium tulang kelompok B ₀ -B _{III}	79
Grafik 6a	Rerata dan simpangan baku kadar fosfor gigi kelompok B ₀ -B _{III}	80
Grafik 6b	Rerata dan simpangan baku kadar fosfor tulang kelompok B ₀ -B _{III}	80
Grafik 7a	Rerata dan simpangan baku berat sampel gigi kelompok B ₀ -B _{III}	81
Grafik 7b	Rerata dan simpangan baku berat sampel tulang kelompok B ₀ -B _{III}	81
Grafik 8a	Rerata dan simpangan baku lebar predentin gigi kelompok B ₀ -B _{III}	82
Grafik 8b	Rerata dan simpangan baku lebar epiphysis tulang kelompok B ₀ -B _{III}	82
Grafik 9a	Rerata dan simpangan baku kadar kalsium gigi kelompok C ₀ -C _{III}	85
Grafik 9b	Rerata dan simpangan baku kadar kalsium tulang kelompok C ₀ -C _{III}	85
Grafik 10a	Rerata dan simpangan baku kadar fosfor gigi kelompok C ₀ -C _{III}	86
Grafik 10b	Rerata dan simpangan baku kadar fosfor tulang kelompok C ₀ -C _{III}	86

Grafik 11a	Rerata dan simpangan baku berat sampel gigi kelompok C ₀ -C _{III}	87
Grafik 11b	Rerata dan simpangan baku berat sampel tulang kelompok C ₀ -C _{III}	87
Grafik 12a	Rerata dan simpangan baku lebar predentin gigi kelompok C ₀ -C _{III}	88
Grafik 12b	Rerata dan simpangan baku lebar epiphysis tulang kelompok C ₀ -C _{III}	88
Grafik 13a	Rerata dan simpangan baku kadar kalsium gigi kelompok D ₀ -D _{III}	91
Grafik 13b	Rerata dan simpangan baku kadar kalsium tulang kelompok D ₀ -D _{III}	91
Grafik 14a	Rerata dan simpangan baku kadar fosfor gigi kelompok D ₀ -D _{III}	92
Grafik 14b	Rerata dan simpangan baku kadar fosfor tulang kelompok D ₀ -D _{III}	92
Grafik 15a	Rerata dan simpangan baku berat sampel gigi kelompok D ₀ -D _{III}	93
Grafik 15b	Rerata dan simpangan baku berat sampel tulang kelompok D ₀ -D _{III}	93
Grafik 16a	Rerata dan simpangan baku lebar predentin gigi kelompok D ₀ -D _{III}	94
Grafik 16b	Rerata dan simpangan baku lebar epiphysis tulang kelompok D ₀ -D _{III}	94
Grafik 17a	Rerata dan simpangan baku kadar kalsium gigi sub kelompok A ₀ -D ₀	97
Grafik 17b	Rerata dan simpangan baku kadar kalsium tulang sub kelompok A ₀ -D ₀	97
Grafik 18a	Rerata dan simpangan baku kadar fosfor gigi sub kelompok A ₀ -D ₀	98
Grafik 18b	Rerata dan simpangan baku kadar fosfor tulang sub kelompok A ₀ -D ₀	98
Grafik 19a	Rerata dan simpangan baku berat sampel gigi sub kelompok A ₀ -D ₀	99
Grafik 19b	Rerata dan simpangan baku berat sampel tulang sub kelompok A ₀ -D ₀	99
Grafik 20a	Rerata dan simpangan baku lebar predentin gigi sub kelompok A ₀ -D ₀	100
Grafik 20b	Rerata dan simpangan baku lebar epiphysis tulang sub kelompok A ₀ -D ₀	100
Grafik 21a	Rerata dan simpangan baku kadar kalsium gigi sub kelompok A ₁ -D ₁	104
Grafik 21b	Rerata dan simpangan baku kadar kalsium tulang sub kelompok A ₁ -D ₁	104

Grafik 22a	Rerata dan simpangan baku kadar fosfor gigi sub kelompok A _I -D _I	105
Grafik 22b	Rerata dan simpangan baku kadar fosfor tulang sub kelompok A _I -D _I	105
Grafik 23a	Rerata dan simpangan baku berat sampel gigi sub kelompok A _I -D _I	106
Grafik 23b	Rerata dan simpangan baku berat sampel tulang sub kelompok A _I -D _I	106
Grafik 24a	Rerata dan simpangan baku lebar predentin gigi sub kelompok A _I -D _I	107
Grafik 24b	Rerata dan simpangan baku lebar epiphysis tulang sub kelompok A _I -D _I	107
Grafik 25a	Rerata dan simpangan baku kadar kalsium gigi sub kelompok A _I -D _I	108
Grafik 25b	Rerata dan simpangan baku kadar kalsium sub kelompok A _{II} -D _{II}	108
Grafik 26a	Rerata dan simpangan baku kadar fosfor gigi sub kelompok A _{II} -D _{II}	109
Grafik 26b	Rerata dan simpangan baku kadar fosfor tulang sub kelompok A _{II} -D _{II}	109
Grafik 27a	Rerata dan simpangan baku berat sampel gigi sub kelompok A _{II} -D _{II}	109
Grafik 27b	Rerata dan simpangan baku berat sampel tulang sub kelompok A _{II} -D _{II}	109
Grafik 28a	Rerata dan simpangan baku lebar predentin gigi sub kelompok A _{II} -D _{II}	110
Grafik 28b	Rerata dan simpangan baku lebar epiphysis tulang sub kelompok A _{II} -D _{II}	110
Grafik 29a	Rerata dan simpangan baku kadar kalsium gigi sub kelompok A _{III} -D _{III}	111
Grafik 29b	Rerata dan simpangan baku kadar kalsium tulang sub kelompok A _{III} -D _{III}	111
Grafik 30a	Rerata dan simpangan baku kadar fosfor gigi sub kelompok A _{III} -D _{III}	112
Grafik 30b	Rerata dan simpangan baku kadar fosfor tulang sub kelompok A _{III} -D _{III}	112
Grafik 31a	Rerata dan simpangan baku berat sampel gigi sub kelompok A _{III} -D _{III}	112
Grafik 31b	Rerata dan simpangan baku berat sampel tulang sub kelompok A _{III} -D _{III}	112
Grafik 32a	Rerata dan simpangan baku lebar predentin gigi sub kelompok A _{III} -D _{III}	113
Grafik 32b	Rerata dan simpangan baku lebar epiphysis tulang sub kelompok A _{III} -D _{III}	113

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1	Gigi kelompok kontrol (A_0), pembesaran mikroskop 100 kali	75
Gambar 2	Gigi kelompok kontrol (A_0), pembesaran mikroskop 400 kali	75
Gambar 3	Tulang kelompok kontrol (A_0), pembesaran 100 kali	76
Gambar 4	Tulang kelompok kontrol (A_0), pembesaran mikroskop 32 kali	76
Gambar 5	Tulang kelompok kontrol (A_0), pembesaran mikroskop 100 kali	77
Gambar 6	Gigi kelompok A_{II} , pembesaran mikroskop 100 kali	77
Gambar 7	Gigi kelompok A_{III} , pembesaran mikroskop 400 kali	78
Gambar 8	Tulang kelompok A_{III} pembesaran mikroskop 32 kali	78
Gambar 9	Tulang kelompok A_{III} , pembesaran mikroskop 100 kali	79
Gambar 10	Gigi kelompok B_{III} , pembesaran mikroskop 100 kali	82
Gambar 11	Gigi kelompok B_{III} , pembesaran mikroskop 400 kali	83
Gambar 11a	gigi incisivus kelompok B_{III}	83
Gambar 12	Tulang kelompok B_{III} , pembesaran mikroskop 32 kali	84
Gambar 13	Tulang kelompok B_{III} , pembesaran mikroskop 100 kali	84
Gambar 14	Tulang kelompok C_{III} , pembesaran mikroskop 32 kali	88
Gambar 15	Tulang kelompok C_{III} , pembesaran mikroskop 100 kali	89
Gambar 16	Gigi kelompok C_{III} , pembesaran mikroskop 100 kali	89
Gambar 17	Gigi kelompok C_{III} , pembesaran mikroskop 400 kali	90
Gambar 17a	Gigi incisivus kelompok C_{III}	90
Gambar 18	Tulang kelompok D_{III} , pembesaran mikroskop 32 kali	94
Gambar 19	Tulang kelompok D_{III} , pembesaran mikroskop 100 kali	95
Gambar 19a	Gigi incisivus kelompok D_{III}	95

Gambar 20	Gigi kelompok D _{III} , pembesaran mikroskop 100 kali	96
Gambar 21	Gigi kelompok D _{III} , pembesaran mikroskop 400 kali	96
Gambar 22	Tulang kelompok B ₀ , pembesaran mikroskop 32 kali	100
Gambar 23	Tulang kelompok B ₀ , pembesaran mikroskop 100 kali	101
Gambar 24	Gigi kelompok B ₀ , pembesaran mikroskop 100 kali	101
Gambar 25	Gigi kelompok B ₀ , pembesaran mikroskop 400 kali	102
Gambar 26	Tulang kelompok C ₀ , pembesaran mikroskop 32 kali	102
Gambar 27	Gigi kelompok C ₀ , pembesaran mikroskop 100 kali	103
Gambar 28	Gigi kelompok C ₀ , pembesaran mikroskop 400 kali	103
Gambar 29	Tikus sub kelompok B _{III}	116
Gambar 30	Tikus sub kelompok B _{II}	117
Gambar 31	Tikus sub kelompok D _{III}	117
Gambar 32	Tikus sub kelompok C ₀	118
Gambar 33	Tikus sub kelompok D ₀	118
Bagan 1	Rancangan Penelitian	54
Bagan 2	Pengelompo Hewan Percobaan	57

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Permasalahan

Faktor pertumbuhan dan perkembangan memegang peranan penting dalam bidang ortodonsi. Pertumbuhan dan perkembangan anak akan menentukan status kematangan anak. Pertumbuhan pada umumnya didefinisikan sebagai penambahan ukuran dan massa sehingga dapat terjadi penambahan ukuran keseluruhan tubuh atau bagian tubuh atau organ. Perkembangan sesungguhnya adalah hambatan dan pemicuan ekspresi gen-gen sehingga gen-gen tersebut dapat mengekspresikan dirinya melalui diferensiasi dari organel-organel atau komponen-komponen dalam sel (Roche, 1986).

Status nutrisi selama kehamilan dan periode anak sangat mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan anak. Meskipun malnutrisi kemungkinan besar menyebabkan kelambatan pertumbuhan gigi, tetapi beberapa penelitian belum menunjukkan bukti yang jelas bagaimana pengaruhnya terhadap pertumbuhan dan perkembangan gigi-geligi. Data eksperimental menunjukkan bahwa kondisi prenatal termasuk diet, berpengaruh terhadap pertumbuhan dan perkembangan gigi-geligi. Tikus yang diberi makanan dengan kekurangan protein selama kehamilan dan menyusui, akan melahirkan anak yang tidak hanya kurang dalam ukuran, tetapi erupsi giginya juga terlambat (Delgado *et al.* 1975). Penelitian eksperimental pada binatang juga menunjukkan bahwa gangguan diet yang berat dalam jangka waktu lama selama periode kritis dentinogenesis dan amelogenesis mengakibatkan hambatan pada bentuk, komposisi kimia, struktur sel, waktu erupsi dan penampakan

anatomis gigi (Drezen, *cit.* Enwonwu, 1973). Nizel (1981) mengatakan bahwa kekurangan protein dan mineral berakibat juga pada pertumbuhan tulang rahang.

Dalam hubungannya dengan ketidak teraturan gigi dan maloklusi, keadaan ini dapat terjadi jika terdapat perubahan bentuk dan keterlambatan pertumbuhan rahang, sedang pertumbuhan dan perkembangan gigi-geligi normal. Maloklusi juga akan terjadi bila pertumbuhan tulang rahang normal sedang gigi-geligi mengalami hambatan, misalnya: gigi tanggal sebelum waktunya, agenesis gigi, atau keterlambatan erupsi (Krogman, 1971; Carraza, 1989; Moyers, 1988). Hal ini dapat terjadi oleh karena pertumbuhan gigi-geligi dan tulang rahang selain dipengaruhi faktor genetik, juga dipengaruhi oleh faktor nutrisi.

Penyebab utama dari keterlambatan pertumbuhan di negara berkembang adalah karena kekurangan makanan dan nutrien, kemudian baru penyakit dan penyebab lainnya. Akibat dari keadaan ini adalah jumlah anak di bawah lima tahun yang terlambat pertumbuhannya mencapai 50%. Pada beberapa kasus keterlambatan pertumbuhan terjadi sejak dalam kandungan, akibatnya bayi yang dilahirkan dengan berat badan kurang dari 2,5 kg mendekati 20% di beberapa negara yang sedang berkembang dibanding dengan negara lain yang jumlahnya kurang lebih 5%. Dari sejumlah bayi yang dilahirkan dengan berat badan yang kurang, 50% ukurannya memang kecil pada saat kelahiran dan tidak oleh karena lahir prematur (Royer dan Waterlow, 1985).

Kuantitas dan kualitas nutrisi ibu yang tepat dibutuhkan selama kehamilan untuk mendukung pembelahan sel, diferensiasi, dan replikasi sel untuk pertumbuhan dan persiapan jaringan pada waktu menyusui. Disamping protein, karbohidrat, dan

lemak, masih dibutuhkan vitamin dan mineral yang diperlukan dalam tahap progresif kehamilan untuk mencapai pertumbuhan dan perkembangan optimal anak termasuk tulang dan gigi.

Pertumbuhan janin tercepat terjadi antara umur 12 - 36 minggu kehamilan. Pada umur kehamilan ini kecepatan pertumbuhan berat badan bayi mencapai puncaknya yaitu: 200 - 225 gram/minggu, kemudian kecepatannya menurun setelah itu. Rata-rata berat badan bayi yang dilahirkan di negara berkembang kurang dibandingkan dengan negara Eropa, Amerika Serikat dan Kanada. Berbagai faktor penyebabnya antara lain: faktor genetik, periode yang pendek pada saat kecepatan pertumbuhan tinggi, kekurangan nutrisi ibu selama kehamilan atau komplikasi dengan penyakit infeksi (Royer dan Waterlow, 1985)

Protein, karbohidrat, lemak, vitamin dan mineral yang cukup tetap dibutuhkan oleh anak sesudah kelahiran untuk pertumbuhan dan perkembangan yang optimal. Kekurangan bahan-bahan tersebut pada masa pertumbuhan akan memperlambat pertumbuhan. Pada tulang, kekurangan ini akan memperlambat pertumbuhan pusat epiphysis yang akan berpengaruh pada tinggi badan, dan kualitas tulang. Protein merupakan bahan utama pembentuk benih gigi. Jika kebutuhan protein pada waktu pembentukan benih gigi tidak mencukupi, maka dapat terjadi anomali gigi seperti; mikrodonsia, anodonsia baik sebagian atau seluruhnya. Jika kekurangan bahan tersebut terjadi pada waktu pembentukan enamel, maka akan terjadi hipoplasi enamel. Jika terjadi kekurangan mineral pada waktu proses mineralisasi gigi maka akan terjadi hipokalsifikasi gigi, dan terlambatnya erupsi gigi (Navia, 1971; Vahlgvist, 1979; Metcoff, 1986).

Kematangan merupakan suatu proses yang konsepsinya lebih sukar. *American dictionary* mendefinisikan kematangan sebagai proses menjadi matang. Kematangan adalah suatu perubahan dari benih embrional sampai tiap-tiap bagian mencapai bentuk dan tingkat fungsional dewasa (Roche, 1986). Status kematangan tubuh banyak berpengaruh pada diagnosis, tujuan perawatan, rencana perawatan dan hasil perawatan ortodonsi. Prakiraan potensi pertumbuhan penting diketahui pada perawatan yang menggunakan kekuatan penarikan ekstra oral, penggunaan alat-alat ortodonsi fungsional, dan tindakan ortodonsi bedah. Pada rencana perawatan kasus-kasus yang meragukan, yaitu pada pengambilan keputusan pencabutan gigi untuk perawatan, maka harus diperhitungkan benar potensi pertumbuhan dan perkembangan anak. Prakiraan baik waktu maupun jumlah aktif pertumbuhan, khususnya pada kompleks kraniofasial akan sangat berguna bagi ahli ortodonsi (Smith, 1980; Moore, 1990; Lewis, 1991).

Dalam bidang ortodonsia pengamatan pertumbuhan dan perkembangan tidak hanya dilakukan pada komplek dentofasial saja, tetapi harus disertai dengan pengamatan pertumbuhan dan perkembangan tubuh anak secara keseluruhan. Interpretasi yang tepat tentang pola fasial skelet serta pertumbuhan dan perkembangan tubuh keseluruhan sangat penting dalam segi preventif dan interseptif kelainan dentofasial. Dengan demikian timbulnya anomali dentofasial dapat dicegah dan dapat dipertimbangkan tindakan yang tepat untuk menghindari terjadinya maloklusi yang berat (Gupta, 1976).

Potensi pertumbuhan dan perkembangan juga penting untuk penilaian prognosis kasus maloklusi selama periode retensi dan pasca retensi. Jika pada

periode tersebut tidak diperhatikan faktor pertumbuhan dan perkembangan, maka hasil perawatan yang telah dicapai dapat kembali seperti keadaan semula atau akan terjadi maloklusi baru (Gupta, 1976).

Penetapan status perkembangan anak paling baik ditetapkan dengan parameter biologis tidak hanya dengan umur kronologis. Identifikasi kemajuan tahap perkembangan sepanjang remaja sampai dewasa yang hanya ditetapkan dengan umur kronologis mempunyai validitas rendah (Fishman, 1982; Houston, 1980; Hagg, 1982; Moore, 1990). Umur kematangan yang dilihat dengan parameter biologis dapat memberi gambaran secara tepat tentang perkembangan, dan dapat digunakan untuk tujuan perbandingan kemajuan pertumbuhan. Proses kematangan ini seharusnya dipelajari secara seksama oleh para ahli ortodonsi oleh karena dapat memberi petunjuk penting pada anak yang sedang tumbuh, apakah terjadi proses pertumbuhan atau tidak (Fishman, 1987; Beunen *et al.* 1990).

Perubahan-perubahan yang menyertai kematangan terlihat pada beberapa bagian tubuh termasuk tulang kraniofasial dan gigi-geligi, waktu dan penampakan pusat penulangan, perubahan kontur yang khas pada tulang-tulang, tercapainya puncak pertumbuhan dan perkembangan. Pada laki-laki ditandai oleh perubahan suara dan pada perempuan ditandai oleh menstruasi (Lewis, 1991; Moore, 1990; Zerlin dan Hernandez, 1991). Kriteria yang dapat dipakai untuk menetapkan proses kematangan biologis adalah kematangan seksual, gigi dan tulang. Kematangan tulang ditandai oleh rangkaian perubahan yang berurutan yang dapat dikenali pada penampakan skelet selama periode anak. Beberapa perubahan diantaranya adalah

waktu dan rangkaian penampakan pusat penulangan, perubahan spesifik pada kontur tulang, waktu dan rangkaian penutupan terakhir dari lempeng pertumbuhan.

Secara radiografi, kematangan tulang dapat ditetapkan dengan membandingkan gambaran radiografi dari beberapa bagian skelet individu dengan gambaran standar berbagai tahap kematangan tulang yang didapatkan dari populasi. Prakiraan kematangan tulang anak secara radiografi paling sering didasarkan pada pemunculan tulang tangan dan tulang pergelangan tangan. Atlas Greulich dan Pyle merupakan sistem yang paling banyak digunakan di Amerika Serikat. Pengamatan kematangan tulang dilakukan pada tulang-tulang : radius, ulna, carpal, metacarpal, dan tulang phalanx dengan mengamati pertumbuhan dan perkembangan epiphysis dan diaphysis. Tercapainya bentuk dewasa tulang ialah bila epiphysis telah bersatu dengan diaphysis. Pada kelompok tulang carpal pengamatan kematangan tulang dilihat dari umur pemunculan masing-masing tulang carpal (Beunen, 1990; Zerlin dan Hernandez, 1991).

Kematangan gigi dapat dilihat secara radiografi dengan melihat tahap kalsifikasi gigi ataupun dengan menghitung jumlah gigi-gigi yang telah erupsi. Metode yang sering dipakai untuk menentukan tahap kalsifikasi gigi adalah metoda Demirjian, Goldstein dan Taranger (1973). Pada metoda ini tahap kalsifikasi gigi dibagi menjadi 8 tahap dimulai dengan tahap pertama yaitu pembentukan enamel pada mahkota gigi sampai dengan tahap terakhir pertumbuhan dan perkembangan gigi yang ditandai dengan menutupnya ujung akar gigi. Pada tahap ini membrana periodontalis sekitar akar dan ujung akar gigi menunjukkan ketebalan yang sama (Chertkow dan Fatti, 1979).

Proses perkembangan gigi dan tulang tidak merupakan proses yang berdiri sendiri, tetapi dipengaruhi oleh berbagai faktor, yaitu : faktor genetik, fungsional, nutrisi, endokrin dan metabolik. Carrazza *et al.* (1985) mengatakan pertumbuhan merupakan interaksi antara faktor genetik dan faktor ekstrinsik. Faktor yang diwariskan melalui instruksi genetik yang terdapat pada sel telur yang telah dibuahi akan menjelaskan kuantitas dan kualitas pertumbuhan. Hal ini ditandai dengan ciri khas adanya intensitas dan kecepatan pembelahan sel, derajat sensitivitas jaringan pada rangsang pertumbuhan, umur pubertas dan menutupnya kartilago pertumbuhan.

Hormon pertumbuhan GH (*Growth Hormon*) dan TH (*Thyroid Hormon*) merupakan penentu utama pada kecepatan pertumbuhan periode anak. Sedang kecepatan pertumbuhan dan kematangan tulang pada waktu dewasa terutama tergantung pada gonadal steroid bersama-sama dengan GH (*Growth Hormon*) dan TH (*Thyroid Hormon*). Hormon Parathyroid (PTH) yang dihasilkan oleh kelenjar parathyroid bersama dengan kalsitriol mempertahankan kalsium terionisasi dalam plasma dengan batas-batas yang sangat sempit, meskipun ada fluktuasi dalam *intake* kalsium, ekskresi dan penyimpanannya dalam tulang. Bila dihadapkan dengan diet kekurangan kalsium dalam jangka lama, penyerapan kalsium tidak cukup, sistem pengaturan kompleks yang mengikutsertakan PTH beraksi. PTH memulihkan konsentrasi kalsium cairan ekstra seluler normal dengan bekerja langsung pada tulang dan ginjal dan beraksi tidak langsung pada mukosa usus melalui perangsangan kalsitriol (Mac. Gillivray, 1987).

Faktor fungsional suatu organ berpengaruh pada pertumbuhan dan perkembangan gigi dan tulang. Pernafasan yang normal memerlukan saluran udara

yang memadai untuk jalan udara ke dalam paru-paru. Jalan udara ini didapatkan dari aktivitas otot lidah dan dinding pharynx dan posisi ke depan dari mandibula. Hambatan pada jalan nafas dapat terjadi oleh karena alergi, pembesaran dan peradangan tonsil atau adenoid, pembengkokan septum nasal, pelebaran conchae dan hipertrofi mukosa membran nasal. Bila hambatan ini berlangsung dalam jangka waktu lama dapat menyebabkan penyimpangan pola pertumbuhan wajah dan postur wajah. Demikian juga adanya gangguan dalam fungsi pengunyahan dan penelanan akan mengakibatkan gangguan pertumbuhan gigi-geligi, rahang dan wajah (Van der Linden, 1979).

Nutrisi mengandung berbagai nutrien yang merupakan energi dalam metabolisme tubuh. Nutrisi akan memberi energi yang diperlukan untuk aktifitas tubuh diantaranya adalah kontraksi otot, pertumbuhan dan pembelahan sel, pembuatan sel-sel darah (Ullrey dan Stowe, 1984).

Pada perkembangan jaringan gigi, nutrisi memegang peranan penting dan juga merupakan penyokong utama dalam menentukan lingkungan mulut dan kesehatan gigi. Faktor diet bersama dengan mikrobial berpengaruh terhadap kesehatan mulut tergantung dari kualitas, kuantitas dan frekuensi makanan yang dikonsumsi. Komposisi nutrien dalam makanan dapat mempengaruhi jaringan gigi melalui 2 periode yaitu pada tahap praerupsi dan pasca erupsi. Pada tahap praerupsi matriks organik memegang peranan penting. Pada periode ini harus didapatkan nutrien yang diperlukan untuk pembentukan dan kematangan gigi, jika terjadi kegagalan untuk mendapatkan nutrien tersebut maka akan berpengaruh terhadap struktur dan komposisi kimiawi, juga waktu erupsi gigi. Pada pasca erupsi, nutrien berpengaruh

terhadap koloni bakteri pada lingkungan yang berbeda-beda dalam rongga mulut. Komposisi dan frekuensi makanan yang dikonsumsi akan berperan terhadap seleksi dan perlekatan bakteri dan merangsang aktifitas metabolik massa bakteri atau penimbunan plak pada permukaan enamel. Komponen plak ada yang berpotensi patogenik sehingga akan menaikkan resiko karies gigi dan penyakit periodontal (Navia, 1979).

Kalsium merupakan salah satu nutrien yang sangat penting bagi metabolisme tubuh. Kalsium yang terdapat pada tulang berfungsi untuk integritas struktural skelet, sedang kalsium yang terdapat pada cairan intra dan ekstra seluler sangat penting untuk fungsi biokimia yang normal, termasuk eksitabilitas neuromuskular, pembekuan darah, integritas fungsi membran, enzimatis seluler, dan aktifitas sekretori. Kalsium merupakan bagian besar bahan anorganik pembentuk tulang, dentin, enamel dan semen. Kekurangan kalsium akan mempengaruhi kualitas kekerasan tulang, enamel dan dentin.

Tulang merupakan jaringan yang terdiri dari sel yang tertanam dalam matriks ekstra seluler yang terdiri dari serabut-serabut kolagen yang bersatu dengan substansi dasar mukopolisakarid. Jaringan matriks akan menjadi keras dengan adanya deposisi garam kalsium. Proporsi relatif komponen tersebut akan menentukan kualitas tulang, yaitu: kekerasan, fungsi dan peran metabolik tulang pada organisme.

Kalsifikasi matriks mengakibatkan kekakuan pada jaringan tulang sehingga memungkinkan berfungsi sebagai endoskelet. Dalam perkembangannya terlihat bahwa deposisi mineral yang pertama kali dalam bentuk amorf tidak sebagai kristal

alami, kemudian ada transformasi dari bentuk elastis dan mudah larut menjadi bentuk kristal yang lebih kaku. Tempat-tempat kalsifikasi dapat mudah dilihat dengan radiografi mikro. Proses kalsifikasi tulang berlangsung dalam waktu yang lama. Tempat-tempat perubahan dari bentuk amorf menjadi bentuk kristal tidak dapat diidentifikasi secara histologis maupun radiografi mikro, tempat ini kemungkinan besar terdapat pada tepi tulang atau di sepanjang saluran difus diantara kristal. Mineral amorf merupakan bagian yang melengkapi sistem pelumas yang merupakan perlengkapan adaptasi fisik tulang terhadap tekanan. Dengan bertambahnya umur maka proporsi dari bentuk amorf menjadi bentuk kristal berkurang sehingga tulang kurang elastis. Dengan peningkatan kalsifikasi sampai batas optimum maka tensil kekuatan bertambah. Jika tahap mineralisasi terlampaui tulang akan lebih mudah rusak dan fraktur tulang dapat terjadi pada beban yang lebih ringan (Storey, 1972).

Enamel, dentin dan semen adalah elemen pembentuk gigi. Pada perkembangannya, gigi juga mengalami proses kalsifikasi sampai tercapai kematangan. Proses pembentukan hidroksi apatit pada gigi dan tulang diatur oleh interaksi antara matriks dan mineral. Pada Jaringan mineralisasi beberapa makromolekul anion mengikat mineral. Pada ikatan itu beberapa molekul dapat mengatur ukuran dan bentuk kristal mineral, menentukan tempat awal dan tipe deposisi kristal. Fungsi jaringan kolagen adalah untuk tempat deposisi hidroksi apatit sedang vesikel matriks ekstraseluler berfungsi mempertahankan lingkungan untuk deposisi kristal (Boskey, 1992).

Komponen matriks organik dipercaya sebagai faktor penting pada pembentukan dentin, semen dan enamel. Dentin dan semen dibentuk dari proteoglycans, phosphoprotein dan protein yang biasanya terdapat pada tulang. Enamel berbeda secara fisik dari dentin dan semen karena dibentuk dari matriks protein non kolagen terutama amelogenin (Limeback, 1991).

Deposisi dan mineralisasi jaringan keras incisivus telah dipelajari pada anak tikus yang disusui oleh induk dengan makanan rendah kalsium dan pada anak tikus yang disapih dengan makanan rendah kalsium. Derajat mineralisasi enamel dan dentin dinilai dengan metoda kekerasan mikro pada ketebalan irisan transversal. Ketebalan enamel dan dentin, diameter irisan incisivus dan ruang pulpa diukur dengan radiografi mikro dari masing-masing irisan. Pada anak tikus yang disapih dengan makanan rendah kalsium terdapat pengurangan kekerasan mikro enamel akar gigi, dentin peripulpal, juga terdapat pengurangan yang bermakna pada diameter bukolingual, ketebalan enamel dan ketebalan dentin akar gigi pada sisi lingual. Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa pada anak tikus umur 30 hari yang disusui ibu dengan makanan rendah kalsium tidak terdapat perubahan deposisi dan mineralisasi enamel dan dentin incisivus, tetapi pada anak yang disapih dengan makanan rendah kalsium akan terjadi kelambatan mineralisasi jaringan keras gigi (Lozupone dan Favia, 1989).

Protein merupakan nutrien yang sangat penting bagi kelangsungan metabolisme tubuh. Kekurangan protein dapat menyebabkan hambatan proses kalsifikasi gigi dan penulangan tulang. Kekurangan protein dapat menyebabkan

hambatan dalam reaksi sintesis protein, hal ini akan menyebabkan modifikasi proses alami pada kalsifikasi matriks organik jaringan mineralisasi (Navia, 1979).

Telah dilakukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui perubahan yang mendasar tentang perubahan komposisi dan distribusi protein pada perkembangan enamel mulai dari tahap pembentukan sampai tahap kematangan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perkembangan enamel pada gigi manusia serupa dengan gigi binatang yang telah diperiksa sebelumnya. Perubahan asam amino dan distribusi protein menunjukkan 2 klasifikasi protein yaitu amelogenins dan amelins (Deutsch dan Alayoff, 1987).

Penelitian yang berkaitan dengan deposisi dan mineralisasi gigi dan tulang dianjurkan dikerjakan pada hewan percobaan tikus dengan alasan : secara histologis dan fisiologis jaringan gigi molar tikus sangat mirip dengan gigi molar manusia, juga bentuk, fungsi dan perkembangan gigi-giginya. Selain itu tikus dapat dipakai sebagai model untuk manusia meskipun metabolismenya dapat berbeda pada sesama mamalia, yaitu mulai dari absorpsi, metabolisme dalam tubuh dan ekskresi dalam dinamika dan kinetiknya. Juga umur yang pendek dari tikus tidak menghalangi penelitian secara longitudinal. Penelitian pertumbuhan pada tikus dapat dilakukan sampai batas umur 125 hari. Kogaya dan Furuhashi (1988) mengatakan bahwa pola distribusi kalsium pada odontoblas serupa pada sesama mamalia.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasar hal-hal tersebut di atas , maka timbul permasalahan;

1.2.1. Seberapa jauh kekurangan kalsium dan protein secara tunggal atau bersama-sama mempengaruhi pertumbuhan gigi dan tulang?

- 1.2.1.1. Apakah kelainan pertumbuhan gigi dan tulang pada masa pre-posnatal akibat kekurangan kalsium dan protein secara tunggal atau bersama-sama bersifat reversibel ?
- 1.2.1.2. Apakah kekurangan kalsium dan protein secara tunggal atau bersama-sama pada masa posnatal menimbulkan kelainan pada pertumbuhan gigi dan tulang?
- 1.2.1.3. Apakah ada perbedaan dalam derajat keparahan gangguan pertumbuhan gigi dan tulang akibat kekurangan kalsium dan protein secara tunggal atau bersama-sama yang terjadi pada masa pre-posnatal dan hanya pada masa posnatal ?

1.3. Tujuan Penelitian

1.3.1. Tujuan umum:

Tujuan umum penelitian ini ialah untuk mengukur seberapa jauh pengaruh kekurangan kalsium dan protein sebelum dan sesudah kelahiran.

1.3.2. Tujuan khusus:

1. Untuk mengetahui pengaruh kekurangan kalsium, protein dan gabungan kalsium dan protein pada posnatal terhadap kalsifikasi gigi dan tulang.
2. Untuk mengetahui pengaruh kekurangan kalsium, protein dan gabungan kalsium dan protein pada prenatal dan posnatal terhadap kalsifikasi gigi dan tulang.

1.4. Manfaat penelitian

Manfaat dari penelitian ini ialah, diharapkan hasil penelitian yang diperoleh dapat digunakan untuk tujuan :

1. Menambah ilmu pengetahuan tentang pengaruh nutrisi pada kalsifikasi gigi dan tulang khususnya kalsium dan protein.
2. Memberi informasi tentang kematangan gigi dan tulang yang dapat dipakai sebagai pertimbangan dalam melakukan perawatan ortodonti.

3. Mencegah timbulnya gangguan kalsifikasi gigi dan tulang yang lebih berat oleh karena kekurangan kalsium dan protein.
4. Untuk justifikasi pemberian kalsium dan protein pada ibu-ibu yang mengandung untuk usaha pencegahan terjadinya maloklusi.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Peran nutrisi dalam keseimbangan pertumbuhan dan perkembangan gigi dan rahang

Jumlah dan kualitas makanan akan menentukan pertumbuhan dan perkembangan gigi-geligi dan rahang. Telah banyak dilakukan penelitian tentang pengaruh malnutrisi terhadap pertumbuhan gigi-geligi dan kematangan tulang, termasuk tulang rahang (Gupta, 1976., Demirjian *et al.*, 1985; Gulati *et al.*, 1991). Nutrisi berpengaruh juga pada sistem pencernaan, pernafasan, dan timbulnya penyakit infeksi. Pada umumnya cacat fisik, kelemahan otot, kelainan postur tubuh disebut sebagai degenerasi ras, dan ini sering dihubungkan dengan keadaan malnutrisi. Kekurangan kalsium pada tulang akan menyebabkan riketsia dan pada gigi akan menyebabkan kegagalan kalsifikasi gigi maupun kegagalan pembentukan benih gigi. Kekurangan protein yang parah pada prenatal dapat menyebabkan kegagalan pembentukan benih gigi baik sebagian atau seluruhnya. Jika kekurangan berlanjut sampai setelah kelahiran, akan menyebabkan kelambatan kalsifikasi dan erupsi gigi serta kelambatan pertumbuhan tulang rahang (Nizel, 1981).

Dalam hubungannya dengan ketidak teraturan gigi dan maloklusi, keadaan ini dapat terjadi jika terdapat perubahan bentuk dan keterlambatan pertumbuhan rahang sedang pertumbuhan gigi normal. Maloklusi juga akan terjadi bila pertumbuhan tulang rahang normal sedang pertumbuhan gigi-geligi mengalami hambatan, misalnya: gigi tanggal sebelum waktunya, adanya agenese gigi atau adanya keterlambatan erupsi gigi (Moyers dan Krogman, 1971)

2.2. Pertumbuhan dan perkembangan

2.2.1. Pertumbuhan dan perkembangan tulang

Pertumbuhan pada umumnya didefinisikan sebagai penambahan ukuran dan massa, yaitu penambahan ukuran pada keseluruhan tubuh atau suatu organ. Pertumbuhan tulang dapat disebabkan oleh salah satu atau kombinasi dari ketiga proses di bawah ini:

- a. Hiperplasi, yaitu penambahan jumlah sel yang melibatkan replikasi DNA dan pembelahan sel.
- b. Hipertrofi, yaitu bertambah besarnya ukuran sel.
- c. Penimbunan bahan organik atau anorganik di rongga interseluler.

Setiap proses tersebut di atas terjadi selama pertumbuhan tulang, tetapi mana yang paling menonjol dari ketiga proses tersebut di atas terutama tergantung pada umur, kematangan dan bagian dari tulang. Selanjutnya dalam proses itu sering terdapat keadaan yang berlawanan pada area yang terbatas. Meskipun secara keseluruhan terdapat penambahan ukuran, tetapi sebagian tulang kemungkinan menjadi lebih kecil atau samasekali hilang. Pada area tersebut terdapat pengurangan jumlah sel, ukuran sel, atau pengurangan timbunan bahan organik dan anorganik. Pada umumnya yang terjadi adalah kombinasi dari ketiga proses tersebut (Roche, 1986).

Mac.Gillivray (1987) mengatakan bahwa pertumbuhan jaringan terdiri dari tahap permulaan, yaitu adanya pembelahan sel yang cepat (hiperplasi). Pada periode ini jika terjadi penyakit yang mengganggu replikasi DNA dapat menyebabkan hambatan pertumbuhan yang menetap oleh karena jaringan tidak dapat menambah jumlah sel. Tahap kedua ditandai dengan adanya baik hiperplasi maupun

penambahan ukuran sel (hipertrofi). Pada tahap akhir hanya terjadi penambahan ukuran sel untuk mencapai ukuran organ dewasa.

Tahap-tahap hiperplasi, hipertrofi dan hipertrofi atau tahap akhir yang hanya ditandai dengan adanya hipertrofi saja, tidak terjadi secara serentak pada semua organ, juga kurun waktu tiap-tiap tahap bervariasi pada berbagai jaringan, oleh karena itu pertumbuhan dalam arti perilaku seluler tidak merupakan proses yang homogen. Status kematangan dapat dicapai dengan adanya integritas yang baik dari masing-masing fenomena pertumbuhan. Perkembangan sesungguhnya adalah hambatan dan pemicuan ekspresi gen sehingga gen-gen dapat mengekspresikan dirinya melalui diferensiasi organel-organel atau komponen-komponen dalam sel.

Kematangan merupakan suatu proses yang konsepnya lebih sukar. Pada tulang, kematangan adalah suatu perubahan jaringan, yaitu adanya perubahan dari benih embrional sampai tiap-tiap bagian mencapai bentuk dan tingkat fungsional dewasa. Karakteristik kematangan pada orang dewasa menggambarkan kematangan untuk orang dewasa normal pada umumnya dan tidak dapat menunjukkan variasi antar individu (Roche, 1986). Menurut Mac.Gillvray (1987) kematangan dikatakan sebagai periode keseimbangan antara proses regenerasi dan degenerasi. Proses ini diikuti oleh adanya proses penuaan yang ditandai dengan ciri khas, yaitu : lebih banyak jaringan yang mengalami degenerasi daripada regenerasi. Kebanyakan penelitian mendukung hipotesis bahwa jaringan pertamakali tumbuh dengan multiplikasi seluler kemudian diikuti dengan penambahan ukuran sel, tetapi Sands *et al.* (1979) mengatakan bahwa penambahan ukuran sel terjadi pada tahap pertama,

kemudian diikuti dengan multiplikasi sel yang akan terus menerus terjadi selama tahap-tahap pertumbuhan.

2.2.2. Kematangan tulang

Untuk penggunaan yang efektif, indikator kematangan harus digunakan selama proses maturasi tiap-tiap anak dan harus dilakukan secara seragam (Pyle dan Hoer, 1969). Oleh karena keterbatasan pada jadwal pemeriksaan radiografi berseri, maka beberapa tingkatan indikator kadang-kadang terlompati pada beberapa anak.

Indikator kematangan memperlihatkan bentuk 3 dimensi pada area kalsifikasi. Pada tulang yang lebih matang, maka kontur luar akan berubah oleh karena adanya perbedaan kecepatan aposisi tulang dan resorpsi pada berbagai permukaan tulang. Bagian-bagian dari permukaan tulang yang mendekati paralel terhadap pusat sumbu sinar radiografis, akan menghasilkan daerah putih yang padat pada gambaran radiografi, dan gambaran ini merupakan indikator kematangan tulang. Jika daerahnya panjang dan sempit, maka disebut: garis *radiopaque*. Radiograf yang digunakan untuk menetapkan umur gigi harus dilakukan di bawah kondisi standar oleh karena garis besar gambaran radiografis tulang atau bayangan daerah atau garis *radiopaque* tergantung dari inklinasi sinar radiografis (Roche, 1986).

Penetapan status perkembangan anak biasanya dihubungkan dengan perubahan-perubahan fisik yang terjadi oleh karena adanya pertumbuhan, misalnya: tahap ossifikasi skelet, tercapainya puncak kecepatan pertumbuhan, atau perubahan-perubahan yang menunjukkan kematangan anak, tahap perkembangan pada symphysis menti, regio condylar mandibula dan perubahan-perubahan spesifik

pada kontur tulang (Grave dan Brown, 1976; Kyaer, 1989; Zerín dan Hernandez, 1991).

Meskipun pertumbuhan terjadi pada deret yang konstan, tetapi umur pencapaian puncak pertumbuhan pada anak sangat bervariasi. Faktor genetik, ras dan lingkungan berpengaruh pada kecepatan perkembangan anak usia prepubertal dan remaja (Grave *et al.* 1976; Chertkow dan Fatti, 1979).

Oleh karena pertumbuhan dan perkembangan anak sangat bervariasi, maka prakiraan umur biologis yang didasarkan pada hari lahirnya atau umur kronologis tidak tepat, oleh karena tiap anak mempunyai kematangan biologis yang berbeda. Umur kronologis hanya merupakan pengukuran pertama untuk menetapkan perkembangan anak. Kematangan biologis menunjukkan seberapa jauh pertumbuhan yang telah dicapai oleh anak dalam proses menuju dewasa. Perkembangan kematangan menunjukkan keseluruhan kemajuan biologis sepanjang kehidupan (Andersen dan Van der Linden, 1979; Beunen *et al.* 1990; Moore, 1990).

Meskipun kemajuan pertumbuhan biasanya mudah diperkirakan, tetapi waktu yang sebenarnya amat bervariasi diantara individu. Oleh karena banyaknya variasi pada pertumbuhan dan perkembangan anak, maka berbagai kriteria telah dikenalkan untuk menetapkan tahap-tahap perkembangan. Kriteria yang dapat dipergunakan untuk menetapkan kematangan adalah : umur tulang, umur-umur tertentu dengan timbulnya tanda kelamin sekunder dan umur gigi (Kataja *et al.* 1989).

Demirjian (1985) menggunakan 5 pengukuran untuk menetapkan kematangan biologis, yaitu: menstruasi pada anak perempuan, tercapainya puncak kecepatan pertumbuhan, kematangan tulang yang telah mencapai 75%, penampakan tulang

ulnar sesamoid, dan perkembangan gigi-gigi yang telah mencapai 90%. Diantara variabel-variabel tersebut di atas, variabilitas yang paling kecil terdapat pada hubungan antara timbulnya menstruasi dan tercapainya 90% kematangan dental. Korelasi yang bermakna pada $P < 0.05$ terdapat pada hubungan antara umur tercapainya puncak pertumbuhan, timbulnya menstruasi dan kematangan tulang. Hubungan yang paling dekat terdapat antara waktu timbulnya menstruasi dan waktu tercapainya puncak kecepatan pertumbuhan, sedang penampakan ulnar sesamoid berkorelasi tinggi dengan kematangan tulang.

Parameter lain yang dapat dipakai untuk menentukan kematangan biologis adalah; tercapainya puncak kecepatan pertumbuhan yang dilihat dari tinggi badan posisi berdiri, perubahan suara pada anak laki-laki (Moore *et al.* 1990). Diantara berbagai kriteria kematangan tubuh, yang paling banyak digunakan adalah umur tulang atau kematangan tulang yang ditetapkan secara radiografis.

Penulangan dapat dilihat secara radiografis karena tulang terlihat opak oleh adanya kalsium yang terkandung dalam tulang. Kematangan tulang ditentukan oleh jumlah pusat penulangan yang ada dan stadium perkembangan masing-masing tulang kemudian dibandingkan dengan standar. Secara teoritis semua bagian skelet dapat dipakai untuk menetapkan umur tulang. Dalam praktek ortodonsi sering dipakai tulang tangan dan pergelangan tangan, karena merupakan bagian tubuh yang paling mudah digunakan, dosis yang dipakai kecil dan tulang tangan mempunyai banyak tulang dan epiphysis. Tulang-tulang tangan, epiphysis distalis radius dan ulna mempunyai beberapa pusat kalsifikasi tulang pada umur yang berbeda-beda selama periode anak, dan ini dapat digunakan pada ortodonsi (Andersen dan Van der

Linden, 1979; Chertkow dan Fatti, 1979; Salzmann, 1974; Harrison *et al.* 1977; Beunen *et al.* 1990; Moore, *et al.* 1990; Zerín dan Hernandez, 1991).

Kematangan tulang atau umur tulang sebenarnya sudah dapat ditetapkan sejak tahun-tahun pertama kehidupan. Lombay (1983), menetapkan kematangan tulang pada tahun pertama kehidupan dengan menggunakan pusat-pusat penulangan pada caput humeri. Peneliti lain, yaitu Hernandez *et al.* (1988) mengenalkan metoda baru untuk menetapkan umur tulang pada tahun kedua kehidupan. Pusat penulangan yang diperiksa adalah: calcaneus, cuboid, cuneiform ke 3, ephiphysis distalis tibia dan fibula. Untuk memeriksa pusat-pusat penulangan tersebut digunakan radiografi lateral kaki dan mata kaki. Leite *et al.* (1987) mengatakan bahwa jari-jari tangan I, II, III dapat dipakai untuk menetapkan umur tulang dengan validitas yang sama dibandingkan dengan penggunaan seluruh tulang tangan dan pergelangan tangan.

Standar yang dapat dipakai untuk menetapkan kematangan tulang yang didasarkan pada radiografi tulang tangan dan pergelangan tangan adalah atlas Greulich-pyle dan metoda Tanner dkk. Jika pemeriksaan ditujukan pada individu, maka pengukuran yang paling umum digunakan adalah metoda Tanner-White house. Metoda baru yang tidak hanya memberikan perkiraan umur penulangan secara individual tetapi dapat juga menunjukkan tingkat kesalahan adalah metoda yang disusun oleh Roche, Chumlea dan Thissen tahun 1988 (Grave dan Brown, 1976; Chertkow dan Fatti, 1979; Wenzel *et al.* 1984; Zhen dan Baolin, 1986; Beunen, 1990; Zerín dan Hernandez, 1991).

Pada praktek ortodonsi, pengukuran perkembangan fisik dilengkapi dengan penetapan umur skeletal. Indikator perkembangan merupakan petunjuk yang lebih

informatif daripada umur kronologis, umumnya dipakai pada penggunaan klinik dan *auxologis*. Praktek yang umum dilakukan untuk membandingkan pengukuran Cephalometrik masing-masing anak terhadap umur kronologis yang didasarkan pada standar pertumbuhan normal tidak dapat melengkapi dasar biologis untuk evaluasi pertumbuhan dan prakiraan waktu perawatan ortodonsi. Umur kematangan dapat memberi gambaran secara tepat tentang perkembangan dan dapat digunakan untuk tujuan perbandingan kemajuan perkembangan diantara anak. Penerapan metoda pengukuran kematangan tubuh yang didasarkan pada radiografi tulang tangan dan pergelangan tangan telah dilakukan diantara berbagai bangsa. Zhen dan Baolin (1986) memeriksa anak sekolah umur 7-17 tahun di kota Harbin China Utara dengan metoda TW2. Ternyata umur tulangnya sebanding dengan anak perempuan standar British umur 7-9 dan pada anak laki-laki umur 7-10 tahun. Ada beberapa anak yang umur tulangnya 6 bulan sampai 1 tahun mendahului standar British.

Takai dan Akiyoshi (1983) memeriksa kematangan tulang pada anak Jepang di Kyushu Barat dengan menggunakan metoda Tanner-Whitehouse (1975) yang disingkat dengan metoda TW 2. Anak yang diperiksa umur 4-15 tahun. Anak Kyushu Barat mengalami keterlambatan skor kematangan tulang (RUS=Radius Ulna Scores, carpals, dan 20 tulang) pada anak laki-laki dibawah umur 12 tahun dan 10 tahun untuk wanita dan selebihnya itu kematangan tulangnya lebih awal dari anak standar British.

Wenzel *et al.* (1984) meneliti kematangan tulang pada anak Austria dengan metoda Greulich-Pyle dan TW2. Pada penggunaan metoda Greulich-Pyle terdapat beberapa penyimpangan pada usia pubertas dan setelah pubertas terutama pada anak

laki-laki. Umur tulang menurut RUS dan 20 tulang mendekati standar meskipun secara keseluruhan umur tulang menurut RUS pada anak perempuan setelah umur 10 1/2 tahun lebih awal daripada standar. Beunen *et al.* (1990) meneliti kematangan tulang pada anak usia muda di Belgia dengan menggunakan metoda Tanner Whitehouse (TW 2). Hasil yang didapatkan adalah anak laki-laki Belgia mempunyai skor RUS lebih awal tetapi ada keterlambatan pada tulang carpal dibanding dengan standar British. Anak perempuan Belgia kematangan tulangnya lebih awal baik pada skor RUS maupun tulang carpalnya dibanding dengan standar British. Dibanding dengan kematangan tulang pada standar British, maka kematangan tulang anak Belgia lebih mendekati kematangan tulang pada beberapa negara Eropa.

Ye *et al.* 1992, telah memeriksa kematangan tulang pada 2122 anak normal umur 2-20 tahun di kota Changsa China Selatan dengan menggunakan metoda skoring TW2. Didapatkan bahwa rata-rata kematangan tulang pada anak sampai usia pubertas lebih rendah daripada standar British, tetapi setelah pubertas, skor kematangan tulangnya lebih tinggi.

Howell, (1992) mengadakan pengukuran berseri pada tinggi duduk dan berdiri pada anak. Hasilnya menunjukkan bahwa pertumbuhan terus berlanjut di sekitar umur kematangan tulang jika ditetapkan dari fusi epiphysis pada tulang tangan dan pergelangan tangan. Kenaikan paling banyak terdapat pada tinggi duduk, hal ini menunjukkan banyaknya pertumbuhan spinal. Keadaan ini dapat juga untuk menghitung potensi kecepatan pertumbuhan idiopatik scoliosis selain kematangan tulang.

2.2.3. Pertumbuhan dan perkembangan gigi

Gigi-gigi tersusun dalam 2 kurva parabola, 1 di rahang atas dan yang lainnya di rahang bawah. Masing-masing kurva membentuk lengkung gigi. Lengkung gigi rahang atas sedikit lebih besar dari lengkung rahang bawah, sehingga dalam keadaan normal gigi-gigi rahang atas sedikit menutup gigi-gigi rahang bawah.

Gigi terdiri dari: mahkota gigi, leher gigi dan akar gigi yang terletak dalam *processus alveolaris mandibula* atau maksila. Komponen-komponen yang membentuk gigi adalah enamel, dentin, semen dan pulpa gigi. Enamel merupakan bagian yang paling keras dari gigi, bahan anorganik yang terkandung di dalamnya adalah 96%. Enamel prismata atau *enamel rod* dibentuk oleh ameloblas, dan enamel ini terbentang dari permukaan sampai ke dalam dentin. Pada penampang melintang adalah: heksa gonal, oval, polygonal atau bersisik. Berdiameter kurang lebih 5 mikron. Pada pemeriksaan dengan mikroskop elektron, bagian tepi lebih banyak bahan anorganiknya. Bagian ini disebut *Rod Sheat*, garis miring merupakan garis-garis melintang dengan jarak 4 mikron.

Dentin merupakan massa terbesar dari gigi, mengandung 69% bahan anorganik. Dentin merupakan massa kekuningan dan komposisinya menyerupai tulang. Bagian-bagian dentin yang tidak mengapur adalah: lapisan granular Tomes, lapisan ini akan terletak di dekat *Dentino cementaljunction*.

Komposisi dan morfologi semen sama dengan tulang. Letak semen adalah pada akar gigi. Ada 2 bentuk semen yaitu semen aseluler dan semen seluler. Fungsi semen adalah sebagai pelindung dentin dan untuk perlekatan gigi pada *processus*

alveolaris. Pada pulpa dentis terdapat sel-sel seperti mesenchym, serabut-serabut retikuler dan kolagen. Juga terdapat pembuluh darah dan serabut saraf.

Semua komponen gigi berasal dari mesoderm kecuali enamel yang berasal dari ectoderm. Tanda pembentukan gigi tampak pada janin umur kurang lebih lima minggu. Ectoderm pada rahang atas dan bawah menebal ke jaringan mesenchym di bawahnya membentuk labio-dental lamina yang akan menjadi dental lamina dan sebagian pecah membentuk vestibulum oris. Pada dental lamina dibentuk 10 tonjolan seperti kuntum bunga, yaitu benih gigi desidui.

Pada minggu ke sepuluh sampai ke duabelas pada sisi lingual dari benih gigi desidui, dental lamina membentuk benih gigi permanen. Dental lamina tumbuh ke belakang dan pada bagian ini dibentuk pada masing-masing sisi 3 benih gigi molar. Dari sini dapat disimpulkan bahwa semua benih gigi sudah dibentuk pada minggu kesepuluh sampai minggu ke duabelas intra uterin.

Jaringan mesenchym di bawah lekukan enamel (*knot*) memadat membentuk primordium dental papila yang akan masuk ke dasar benih gigi dan kemudian akan membentuk *cap stage* enamel organ dan setelah itu *bell stage* enamel organ. Terjadi juga pepadatan di sekitar enamel organ sehingga terbentuk *dental sac* atau *dental follicle*. Pembentukan dentin dimulai sekitar minggu ke duapuluh. Serabut-serabut reticuler dari pulpa dentis bergabung dengan membrana basalis membentuk membrana preformativa. Sel-sel mesenchym dekat membrana preformativa membentuk odontoblas, yaitu sel-sel silindris yang tersusun seperti epitel. Sel-sel odontoblas membentuk serabut-serabut kolagen dan bahan dasar yaitu predentin. Predentin akan mengalami kalsifikasi menjadi dentin.

Sel-sel odontoblas tetap di permukaan dan hanya meninggalkan tonjolan sitoplasma dalam dentin atau predentin. Tonjolan ini disebut serabut-serabut Tomes. Tonjolan ini terdapat dalam saluran yang disebut *canaliculi dentinalis*. Sesudah gigi selesai dibentuk odontoblas tetap aktif dan akan membentuk sekunder dentin atau reparatif dentin yang terbentuk jika ada rangsang patologis.

Pembentukan enamel dimulai sesudah selapis dentin terbentuk. *Inner enamel epithelium* yang sudah berdiferensiasi menjadi ameloblas pada segmen dekat dentin tampak granular dan ini disebut *processus Tomes*. Bagian ini menghasilkan bahan organik yang merupakan matriks enamel prismata. Ameloblas mundur secara sinkron dengan adanya pembentukan matriks dan tonjolan sitoplasmanya terkurung dentin. Kalsifikasi terus berlangsung sampai enamel prismata mencapai panjang sepenuhnya (Ham, 1974 ; Moyers, 1988).

Gigi-geligi manusia adalah *diphyodont*, terdiri dari 2 set gigi, yaitu gigi desidui dan gigi permanen, sedang gigi-geligi tikus adalah *monophyodont* yang terdiri dari 1 set gigi yaitu 1 incisivus dan 3 buah gigi molar pada tiap kwadran.

Gigi incisivus tikus terletak di sebelah anterior gigi molar. Gigi incisivus rahang atas memanjang kebawah melebihi gigi molar rahang bawah. Gigi ini tumbuh, kalsifikasi dan erupsi sepanjang hidup dan juga akan mengalami pengikisan terus menerus oleh karena atrisi. Oleh karena itu tanda atau catatan oleh karena perlakuan pada enamel dan dentin akan hilang setelah 40 - 50 hari.

Gigi molar tikus lebih mempunyai persamaan dengan perkembangan gigi molar manusia dan perkembangan ini dapat diamati sampai tikus berumur 125 hari. Abrasi pada gigi molar tikus sangat lambat oleh karena itu tanda yang terjadi oleh

karena perlakuan pada dentin dan enamel maupun pengamatan pertumbuhan gigi lebih mendekati permanen dan dapat dilihat pada waktu yang lebih lama (Farris dan Griffith, 1967).

Mekanisme kalsifikasi gigi pada tikus baru sedikit dimengerti. Kemungkinan merupakan proses kimia dengan pengendapan garam kalsium pada medium protein, yaitu jaringan matriks dengan hasil adanya pembentukan *calcospherite* dan adanya fenomena *Liesgang*. Periode kalsifikasi merupakan tahap paling peka untuk perkembangan bahkan peka terhadap variasi normal metabolisme tubuh (Farris dan Griffith, 1967).

Enamel, dentin dan semen adalah elemen pembentuk gigi. Pada perkembangannya, gigi juga mengalami proses kalsifikasi sampai terjadi kematangan. Kalsium, magnesium dan fosfor merupakan mineral utama dan memegang peranan utama dalam proses mineralisasi. Proses pembentukan hidroksi apatit pada gigi dan tulang diatur oleh interaksi antara matriks dan mineral. Pada jaringan mineralisasi beberapa makromolekul anion mengikat mineral. Pada ikatan itu beberapa molekul dapat mengatur ukuran dan bentuk kristal mineral, menentukan tempat awal dan tipe deposisi kristal (Boskey, 1992).

Bentuk kristal pada tulang dan dentin lebih kecil daripada yang terdapat pada enamel. Pada awal pertumbuhan kristal enamel bertambah panjang, tebal dan lebar sampai seluruh lapisan enamel disekresikan. Setelah tercapai kematangan, kristal hanya bertambah tebal dan lebar. Bentuk kristal pada irisan adalah hexagonal (Warshawsky, 1987). Pengamatan bentuk, tipe dan ukuran rata-rata kristal mineral pada berbagai jaringan mineralisasi telah dilakukan dengan menggunakan metoda

SAX (*Small-angle-x ray-scattering*). Pada tendon kaki kalkun kristal mineral berbentuk lempeng dengan ketebalan 2 μm , sedang pada tulang calvaria, femur dan puncak iliaca tikus dan anjing berbentuk jarum dengan ketebalan 3-4 μm (Koller, 1992).

2.2.4. Kematangan gigi

Sistem gigi-geligi merupakan bagian yang tidak dapat dipisahkan dari tubuh, maka harus dipelajari sejajar dengan indikator kematangan biologis yang lain, seperti: umur tulang, menstruasi dan tinggi badan. Pengetahuan tentang perkembangan gigi dapat diterapkan tidak hanya dalam bidang dan ortodonsi, tetapi dalam bidang lain seperti antropologi, endokrinologi, nutrisi dan odontologi forensik (Demirjian, 1986).

Kematangan gigi atau umur gigi dapat didasarkan baik pada gigi desidui maupun gigi permanen. Gigi-geligi telah digunakan berabad-abad untuk menetapkan umur kronologis hewan dalam bidang biologi dan kedokteran hewan. Jumlah dan macam gigi yang terdapat dalam mulut bersama dengan jumlah abrasi, dan bentuk abrasi merupakan dasar untuk menentukan umur kronologis. Metoda ini jika diterapkan pada manusia untuk memprakirakan perkembangan anak banyak sekali kerugiannya. Pada manusia banyak variasi dalam waktu erupsi gigi. Selanjutnya waktu pemunculan gigi tergantung faktor lokal dan lingkungan (Andersen dan Van der Linden, 1979).

Erupsi paling banyak dipakai untuk parameter untuk menetapkan umur gigi, dimana prosedurnya cepat dan mudah. Istilah erupsi secara umum diartikan bahwa tonjol gigi telah muncul di permukaan gusi. Sesungguhnya erupsi tidak merupakan

fenomena spontan dimana gigi menyembul di gusi, tetapi lebih merupakan gerakan ke atas yang terus-menerus dari benih gigi. Benih gigi bergerak dari dalam sampai ke tepi tulang alveolus dan kemudian sampai ke dataran oklusal.

Sebenarnya erupsi gigi merupakan indikator kematangan yang mudah dijalankan, tetapi waktu penampakkannya lebih bervariasi daripada penampakan tulang. Demikian juga erupsi gigi lebih bervariasi daripada proses kalsifikasi gigi (Nolla, 1960; Andersen dan Van der Linden, 1979; Demirjian, 1987; Siera, 1987). Kematangan gigi yang ditentukan dengan erupsi gigi juga mempunyai kerugian yang lain, yaitu: diantara periode gigi desidui dan gigi permanen tidak ada gigi yang erupsi dalam jangka waktu yang panjang. Beberapa gigi erupsi lebih simultan atau kurang simultan selama periode waktu yang pendek, dan adanya periode peralihan dari erupsi gigi-gigi incisivi ke gigi posterior.

Untuk menghindari hal-hal tersebut maka kematangan gigi ditentukan dengan melihat tahap kalsifikasi gigi-gigi dengan rontgenogram. Untuk menentukan tahap kalsifikasi gigi, maka gambaran kalsifikasi masing-masing gigi yang diperoleh dari radiografi panoramik gigi dan rahang dibandingkan dengan tahap kalsifikasi menurut Demirjian, Goldstein dan Taranger. Pemeriksaan dilakukan pada sisi kiri. Gigi posterior rahang atas diabaikan oleh karena adanya *superimposed* jaringan kalsifikasi pada regio ini tidak dapat menggambarkan tahap perkembangan yang sebenarnya. Gigi yang diamati adalah gigi caninus rahang atas dan rahang bawah, gigi premolar satu dan premolar dua rahang bawah dan gigi molar dua rahang bawah (Hagg dan Taranger, 1985). Kalsifikasi gigi adalah proses yang progresif, terus-menerus dan kumulatif. Kisaran waktu untuk kalsifikasi gigi desidui dan gigi

permanen kecuali gigi M3 adalah dari usia 5 bulan prenatal sampai umur 15 tahun. Proses pembentukan dan kalsifikasi gigi sama untuk semua gigi, perbedaannya hanya terdapat pada morfologi dan kecepatan pertumbuhan. Penetapan umur gigi tidak perlu mempergunakan semua gigi-geligi oleh karena biasanya gigi-gigi tumbuh bilateral simetris (Andersen dan Van der Linden, 1979; Kataja *et al.* 1989).

2.3. Hubungan antara kematangan tulang dan kematangan gigi

Kriteria-kriteria yang dapat dipakai untuk menentukan kematangan tubuh adalah kematangan tulang, gigi dan kematangan seksual. Struktur gigi yaitu enamel, dentin dan semen hampir sama dengan tulang dan proses kematangannya juga sama yaitu dengan deposisi mineral terutama kalsium dan fosfor. Banyak peneliti telah menghubungkan antara kematangan tulang dan kematangan gigi, meskipun demikian sampai saat ini belum didapatkan suatu kesatuan pendapat.

Andersen *et al.*(1975), mendapatkan hubungan yang erat antara umur tulang, umur gigi, dan umur kronologis. Kemudian Demirjian *et al.*(1985), mendapatkan korelasi sedang antara ke 3 hal tersebut di atas. Korelasi yang tinggi antara umur gigi dan umur tulang didapatkan pada penelitian Demisch dan Wartmann (1956); Liliequest dan Lundberg (1971). Penelitian tentang hubungan kematangan tulang dan gigi oleh Pinandi, (1983; 1986) didapatkan korelasi positif yang tinggi antara penulangan tulang-tulang tangan, kalsifikasi gigi-gigi dan erupsi gigi. Lewis (1990) mendapatkan hubungan positif yang sedang antara umur gigi dan umur tulang. Rerata umur gigi pada subyek penelitiannya lebih tinggi 6 bulan daripada umur kronologis baik pada anak laki-laki maupun anak perempuan. Hal ini menunjukkan bahwa populasi di daerah penelitiannya, kematangan giginya sedikit lebih awal

dibanding dari populasi acuan. Dalam penelitian ini kematangan gigi diukur dengan standar Bolton. Rerata umur tulang yang ditetapkan dengan atlas Greulich-Pyle juga sedikit lebih besar dibanding populasi acuan.

Engstrom *et al.* (1983) meneliti hubungan antara perkembangan gigi M3 dengan kematangan tulang dan umur kronologis. Dikatakan bahwa tidak ada perbedaan yang bermakna antara kedua jenis kelamin meskipun perkembangan gigi kelihatan lebih cepat pada laki-laki. Dari penelitian ini didapatkan korelasi antara umur kronologis dan perkembangan gigi M3 dengan r pada laki-laki = 0,85 sedang pada wanita $r = 0,77$. Juga didapatkan korelasi yang kuat antara umur kronologis dan umur tulang dan antara perkembangan gigi M3 dengan umur tulang dengan $r = 0.72$. M3 jarang diikuti untuk menetapkan kematangan gigi, tetapi sebetulnya ada segi keuntungannya karena gigi M3 mempunyai kecenderungan berkembang dalam waktu yang lama.

Lewis (1990) mempergunakan standar Bolton sebagai kriteria kematangan gigi, sedang untuk kematangan tulang dipergunakan atlas Greulich-Pyle. Pada beberapa anak perbedaan antara umur gigi dan umur tulang berkisar dari 6 bulan sampai 36 bulan. Perbedaan kurang dari 6 bulan didapatkan sejumlah anak dimana persentasenya kurang dari 40%. Analisis regresi menunjukkan adanya korelasi yang sedang antara kedua pengukuran tersebut di atas. Satu pengukuran kematangan tidak dapat dipergunakan untuk menyimpulkan kriteria kematangan yang lain.

2.4. Faktor-faktor yang berpengaruh terhadap pertumbuhan dan perkembangan

Faktor-faktor heriditer, lingkungan geografis, nutrisi, jenis kelamin, ras, hormonal memepengaruhi pertumbuhan dan perkembangan (Arvytas, 1974). Carrazza *et al.*, (1985) mengatakan bahwa pertumbuhan merupakan interaksi antara faktor genetik dan lingkungan.

2.4.1. Faktor genetik

Faktor-faktor yang diwariskan melalui instruksi genetik yang terdapat pada sel telur yang telah dibuahi, akan menjelaskan kualitas dan kuantitas pertumbuhan, yang ditandai dengan ciri khas adanya intensitas dan kecepatan pembelahan sel, derajat sensitivitas jaringan pada rangsang pertumbuhan, umur pubertas, dan menutupnya kartilago pertumbuhan. Pertumbuhan juga dipengaruhi oleh faktor lingkungan, yang berperan melalui komponen biologis dan psikologis. Faktor lingkungan atau faktor pertumbuhan ekstrinsik adalah: nutrisi, rangsang biopsikologis, pengaruh iklim, dan bahan-bahan penyebab infeksi.

Perbedaan ukuran, proporsi, dan komposisi tubuh selama pertumbuhan menuju usia dewasa merupakan hasil interaksi antara materi genetik dan nutrisi selama perkembangan prenatal dan posnatal. Begitu dekat hubungan antara kedua faktor tersebut sehingga variabel yang satu sering menutupi variabel yang lain. Pada beberapa populasi perbedaan pemisahan kedua variabel tersebut belum sepenuhnya jelas. Efek maternal tidak hanya membantu menentukan ukuran pada saat konsepsi, tetapi kemungkinan mempengaruhi panjang bayi setelah kelahiran dan kemungkinan juga sampai ke generasi ke 2 dan ke 3 (Garn *et al.* 1979).

Mekanisme genetik mempengaruhi 2 aspek pertumbuhan yang secara alami merupakan poligenik. Pertama adalah pengaturan kecepatan multiplikasi sel, dengan demikian menentukan ukuran tubuh keseluruhan, dan yang kedua adalah pengaturan langkah kematangan. Faktor genetik juga mengatur kematangan biologis anak. Hal ini paling baik jika dilihat dari pola familial yang menggambarkan kematangan seksual yang awal atau terlambat dan umur pencapaian sosok dewasa. (Garn, 1979).

2.4.2. Pengaruh faktor lingkungan terhadap pertumbuhan

Faktor ini dapat berupa faktor penyakit, misalnya penyakit infeksi bakteri, virus, penyakit ricketsia, diarrhea, dan cacing dapat menyebabkan adanya hambatan pertumbuhan. Demikian juga faktor sosioekonomi seperti struktur keluarga, pola pemberian makanan, dan jarak kelahiran dapat mempengaruhi pertumbuhan (Chen, 1979). Penelitian yang dilakukan oleh Wilson *et al.* (1988) tentang pengaruh faktor lingkungan terhadap waktu menstruasi dan ovulasi pertama dari kera Rhesus dan seberapa faktor tersebut mempengaruhi kecepatan pertumbuhan menunjukkan bahwa pemaparan terhadap lingkungan alami akan memperlambat waktu kematangan seksual, kematangan tulang dan mineralisasi gigi.

2.4.3. Pengaruh faktor seksual terhadap pertumbuhan

Pada waktu kelahiran, laki-laki sedikit lebih panjang dan berat daripada perempuan. Keadaan ini secara statistik akan bermakna untuk berat badan sampai umur 2 tahun dan untuk tinggi badan sampai umur 4 tahun. Lingkar kepala dan dimensi skeletal yang diukur dari lebar bicondylar femur dan humerus laki-laki

secara konsisten lebih tinggi selama periode prasekolah dan sesungguhnya selama keseluruhan periode perkembangan (Karlberg *et al.*, cit. Vahlguist, 1976).

2.4.4. Pengaruh faktor ras terhadap pertumbuhan

Tinggi badan dan berat badan pada usia dewasa tetap banyak berbeda pada beberapa bagian dunia. Dimulai dengan penelitian Greulich (1957), Melbin, (1962), bukti-bukti telah dikumpulkan untuk menganalisa perbedaan-perbedaan tersebut, jika tidak predominan maka perbedaan ini dipikirkan disebabkan oleh faktor lingkungan, yaitu lingkungan prenatal dan permulaan posnatal (Habiicht *et al.* 1974; Eksmyr, *cit.* Vahlguist, 1979). Jika faktor lingkungan menyokong pertumbuhan dan tetap ada perbedaan tinggi badan dan berat badan pada usia dewasa, maka perbedaan ini disebabkan oleh pengaruh ras. Sebagai contoh adalah suku Pygmies, kekerdilan yang terjadi disebabkan oleh karena adanya kelainan pada sensitivitas seluler pada hormon pertumbuhan atau adanya faktor *sulfation* (Royer, 1974).

2.4.5. Faktor nutrisi

Nutrisi mengandung berbagai nutrien yang merupakan bahan bakar dalam metabolisme tubuh. Nutrisi akan memberi energi yang diperlukan untuk aktifitas tubuh, diantaranya adalah: kontraksi otot, pertumbuhan dan pembelahan sel, pembuatan sel-sel darah (Ullrey & Stowe, 1984).

2.5. Pengaruh kalsium terhadap mineralisasi tulang dan gigi

Kalsium telah dikenal sebagai elemen dasar pada nutrisi binatang sekitar 100 tahun. Dalam hal pembentukan tulang, fungsi kalsium sangat penting. Tulang tidak

hanya penyangga atau komponen struktural tubuh, tetapi juga merupakan jaringan fisiologis yang penting untuk sumber persediaan kalsium dalam mempertahankan homeostasis (Bronner, 1964; Christakis, 1984; Jackson *et al.* 1985). Pada waktu kelahiran skeleton mengandung 25 gram kalsium, dan setelah kematangan tubuh mengandung 1000-1200 gram kalsium. Perbedaan itu disebabkan oleh karena faktor diet (Bronner, 1964; Heany, 1991).

Kepentingan kalsium dari segi fisiologis dapat dibagi menjadi 2 bagian besar, yaitu:

1. Kalsium yang terdapat pada tulang disediakan untuk integritas struktural skelet.
2. Kalsium yang terdapat pada cairan intra dan ekstra seluler sangat penting untuk fungsi biokimia yang normal, termasuk eksitabilitas neuromuskular, pembekuan darah, integritas dan fungsi membran, enzimatis seluler, dan aktifitas sekretori (Mac.Gillivray, 1987).

Kepentingan ion kalsium dari segi biokimia termasuk dalam mempertahankan konsentrasi kalsium intra dan ekstraseluler agar tetap konstan. Dengan demikian dapat dicapai kontrol sistem hormonal yang baik (Stewart, 1987). Tubuh orang dewasa normal mengandung kalsium yang jumlahnya mendekati 1000 gram. Kurang lebih 99% kalsium tersebut terdapat dalam skelet, kebanyakan dalam bentuk hidroksiapatit, struktur kristal kalsium fosfat dan bentuk ion hidroksil. Meskipun hanya kurang lebih 1% kalsium dalam skelet yang bebas bertukar dengan kalsium ekstraseluler, tetapi pertukaran ini merupakan gudang penyimpanan yang penting atau sebagai bufer dari 5000-10.000 mg kalsium. Hampir 1% dari keseluruhan

kalsium tubuh terdapat pada jaringan lunak dan jaringan ekstraseluler. Konsentrasi ion kalsium pada cairan intraseluler rendah, yaitu sekitar 10^{-6} M.

Plasma kalsium terdapat dalam 3 bentuk:

1. Ion kalsium bebas (50%)
2. Dalam bentuk ikatan dengan asam organik (10%), fungsinya belum jelas.
3. Terikat dengan protein (40%), berfungsi sebagai timbunan.

Kalsium bebas dalam bentuk ion kalsium merupakan bentuk kalsium aktif dan konsentrasinya dipertahankan dalam batas yang sangat sempit (1.1-1.5 m Mol/l). Kurang lebih 90% kalsium yang terikat dalam protein terikat dengan albumin, dan 10% dengan globulin (Mac.Gillivray, 1987).

Jumlah retensi kalsium selama masa pertumbuhan telah dihitung oleh para ahli selama beberapa tahun, hasilnya adalah sebagai berikut: untuk anak-anak harus ada retensi 100 mg/hari, pada remaja 220 mg/hari dan pada usia antara 20-30 tahun adalah 20-30 mg/hari. Kurang dari jumlah yang telah disebutkan di atas akan menyebabkan pemendekan skelet. Efisiensi absorpsi selama pertumbuhan jumlahnya tidak lebih dari 35-40% meskipun selama kebutuhan skeletal maksimal (Heany, 1991).

Ferguson dan Hartles (1966) menyimpulkan bahwa makanan yang diberikan tanpa kalsium dapat menyebabkan berat gigi seri tikus-tikus percobaan berkurang secara nyata. Gigi terdiri dari enamel, dentin dan semen. Enamel adalah lapisan luar yang melindungi dentin. Kualitas gigi sangat dipengaruhi oleh kekerasan enamel dan kekuatan dentin. Bagian terbesar dari enamel dan dentin adalah bahan anorganik.

Pada enamel sebanyak 96% dan pada dentin 70%. Sebanyak sekitar 37% dari bahan anorganik tersebut adalah kalsium (Nizel, 1981).

Gilsanz *et al.* (1991), meneliti pengaruh diet rendah kalsium (0,15%), kalsium dalam jumlah normal (0,45%) dan diet tinggi kalsium (1,35%) terhadap kekerasan tulang pada masa pertumbuhan kelinci. Penelitian dilakukan dengan cara QCT (*Quantitative Computed Tomografi*) untuk meneliti kekerasan tulang vertebra. Hasil yang didapatkan pada umur kematangan tulang (umur 35 minggu) yaitu: pada kelompok rendah kalsium kekerasan tulang vertebra kurang dari kelompok lainnya, penutupan epiphysis lebih lambat, terdapat pengurangan ketebalan jaringan kortikal pada Lumbal III. Kesimpulannya ialah bahwa pengurangan diet kalsium selama masa pertumbuhan akan mengurangi massa tulang optimal (*peak bone mass*) pada kematangan tulang, tetapi diet kalsium diatas kebutuhan normal tidak akan menaikkan massa tulang optimal.

Penelitian tentang kemampuan tikus betina dengan mineralisasi yang jelek untuk meningkatkan mineralisasi tulang sebagai respon terhadap kenaikan diet kalsium telah dilakukan pada 2 kelompok tikus pada siklus kehidupan yang berbeda, yaitu; pada usia 6-9 minggu saat periode kematangan seksual dan pada usia 100 hari saat tercapainya mineralisasi skeletal pada usia dewasa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kenaikan diet kalsium akan meningkatkan jumlah total kalsium dalam tulang. Riwayat diet kalsium pada hewan muda akan mempengaruhi deposisi mineral pada tulang. Pada binatang yang diet kalsiumnya dihilangkan maka akan terjadi peningkatan trabekular tulang dan penurunan ketebalan tulang kortikal

dibanding dengan hewan yang mendapat diet kalsium 0,5% secara terus menerus (Thomas *et al.* 1991).

Kogaya dan Furuhashi (1988) telah mempelajari distribusi kalsium pada beberapa macam sel-sel pembentuk jaringan keras (sekretori dan maturasi ameloblas, odontoblas, osteoblas, chondrosit, dan sel-sel pembentuk osteodentin) pada mamalia, amphibi, dan ikan dengan menggunakan tehnik *potassium pyroantimonate*. Selain pada odontoblas mamalia, semua tipe sel-sel pembentuk jaringan keras pada dasarnya menunjukkan pola distribusi yang sama. Perbedaan pola distribusi kalsium diantara sel-sel pembentuk jaringan keras tidak ada hubungannya dengan jaringan asal, yaitu apakah dari ektodermal atau mesodermal (ectomesenchymal). Berdasar penelitian sebelumnya diperkirakan bahwa pola distribusi kalsium berhubungan dengan phylogeni dan sistem fisiologik Ca-ATP ase.

Translokasi kalsium dari cairan ekstra seluler kedalam jaringan matriks mineralisasi selama pertumbuhan jaringan keras belum begitu diketahui. Ada 2 jalan dimana pergerakan kalsium kemungkinan terjadi, yaitu: secara difusi melalui ruang periseluler dan yang kedua melalui transpor transeluler. Semen dan tulang merupakan jaringan yang sukar untuk penelitian tentang sistem tersebut dan sedikit informasi yang diketahui tentang keterlibatan ke 2 proses tersebut di atas.

Enamel merupakan jaringan yang lebih mudah dipelajari. Adanya bukti dari ikatan yang erat antara kalsium dan interiseluler dalam lapisan ameloblas pada semua tahap pembentukan enamel menunjukkan bahwa gerakan kalsium terjadi oleh karena transpor transeluler. Berdasar pada penemuan-penemuan yang telah dipublikasi, hipotesis tentang mekanisme transpor transeluler lebih maju. Diperkirakan bahwa

pada tingkatan yang rendah transpor kalsium ke dalam sekretori ameloblas, kalsium yang terikat dengan protein tidak terlibat secara langsung. Selama tahap kematangan, pada waktu influks kalsium ke dalam matriks sangat meningkat, kalsium yang terikat dengan protein kelihatannya memudahkan transpor dan juga mencegah kenaikan konsentrasi ion kalsium yang tidak fisiologis di dalam sitosolik. Fenomena translokasi kalsium dari cairan ekstra seluler ke dalam matriks mineralisasi serupa pada jaringan keras berbagai mamalia (Bawden, 1988).

Lokalisasi ultrastruktural kalsium pada preodontoblas dan preameloblas telah dipelajari dengan menggunakan tehnik *pyroantimonate*. Terdapat perbedaan yang jelas pola distribusi kalsium antara keduanya. Pada preodontoblas, hasil reaksi pyroantimonat terutama terdapat pada regio Golgi, ruang inter selular sisi lateral, granula sekretori khususnya bagian lateral badan sel, dan beberapa terdapat juga dalam mitokhondria dan membran plasma. Pada preameloblas, endapan reaksi *pyroantimonat* terdapat pada mitokhondria, nuklei, dan sisi dalam membran plasma, meskipun demikian beberapa hasil reaksi terdapat pada ruang inter seluler, granula semacam lysosome dan granula sekretori. Diameter hasil reaksi granular mendekati 20-40 um, menempel lebih dulu pada ujung pertumbuhan kristal yang berbentuk seperti jarum pada matriks enamel (Kogaya dan Furuhashi, 1986).

Kogaya dan Furuhashi (1987), mengatakan bahwa dengan teknik *pyroantimonat* didapatkan hasil bahwa pola distribusi kalsium pada odontoblas ikan *Hoplognathus fasciatus* serupa dengan distribusi kalsium pada osteoblas mamalia.

2.6. Pengaruh Fosfor terhadap Mineralisasi Gigi

Fosfor merupakan salah satu pembentuk terbesar bahan anorganik gigi dan tulang disamping kalsium. Rasio antara kalsium dan fosfor dalam makanan sangat mempengaruhi pertumbuhan, reproduksi, kandungan kalsium dan fosfor dalam serum darah. Rasio antara kalsium dalam fosfor dalam makanan lebih penting dalam menjelaskan pertumbuhan dan kalsifikasi tulang daripada konsentrasi tiap elemen dalam makanan. Mc.Coy (1971), menyimpulkan bahwa rasio kalsium-fosfor yang paling baik untuk pertumbuhan dan pembentukan tulang berkisar antara 2:1 dan 1:1. Kadar fosfor yang baik adalah 0,56% sampai 0,69%.

Kebutuhan kalsium dan fosfor untuk pertumbuhan yang optimal, reproduksi dan kalsifikasi tulang dapat dicapai dengan pemberian makanan yang mengandung 0,5 sampai 0,6% kalsium dan konsentrasi fosfor yang sama atau sedikit dibawahnya, Jumlah kalsium yang dibutuhkan per hari adalah 40 - 50 mg kalsium dan fosfor adalah 35 - 45 mg perhari. Pada percobaan yang menggunakan diet fosfor 0,017% dan kalsium normal (0,4%), maka tikus dalam umur pertumbuhan akan mengalami kelambatan pertumbuhan antara 5 - 6 minggu, kemudian terjadi penurunan berat badan dan mati setelah 2 - 3 minggu. Pada skelet terdapat area *rarefaction* yang menyolok disertai dengan ketidakmampuan untuk berjalan, berdiri, dan bernafas. Retensi nitrogen positif untuk 5 minggu kemudian menjadi negatif disertai dengan penurunan berat badan.

Fungsi fosfor dalam tubuh:

1. Bahan pembentuk skelet
2. Dalam sel, berperan dalam pembelahan sel, dan reproduksi.

3. Pembentuk fosfatida, yaitu bagian penting dari plasma (Ullrey dan Stowe, 1984)

2.7. Pengaruh protein terhadap mineralisasi tulang dan gigi

Protein merupakan nutrien yang sangat penting bagi kelangsungan metabolisme tubuh. PEM (Protein-energy malnutrition) telah didefinisikan oleh WHO dan FAO (1973) sebagai kisaran keadaan patologis yang timbul sesuai dengan kekurangannya. Dalam berbagai variasi proporsi protein dan kalori, PEM paling sering terjadi pada bayi dan anak-anak, dan biasanya disertai dengan infeksi (Jelliffe, 1979). PEM akan timbul jika kebutuhan protein tubuh, energi untuk metabolisme, ataupun keduanya tidak dapat dipenuhi melalui diet. Kekurangan protein dan energi biasanya terjadi bersama-sama, tetapi kadang-kadang keadaan yang satu lebih dominan dari yang lain. Keadaan yang cukup berat dapat menimbulkan keadaan yang disebut sindrom marasmus atau kwashiorkor (Torun dan Viteri, 1988).

Istilah PEM saat ini telah mengganti istilah PCM (Protein-calori malnutrition). Satuan joule menggantikan kalori sebagai pengukuran energi pada nutrisi. PEM lain dengan kebanyakan penyakit. Pada keadaan ini tubuh tidak menunjukkan adanya respons untuk menyerbu organisme ataupun pemutusan struktur endogenous atau mekanisme internal.

PEM merupakan mekanisme berseri terhadap kerusakan lingkungan. Mula-mula akan terjadi adaptasi, tetapi jika kerusakan lingkungan tetap terjadi atau menjadi lebih parah, maka tidak akan terjadi adaptasi fisiologis maupun lingkungan, tetapi akan terjadi maladaptasi yang mengakibatkan gejala dan tanda klinis yang nyata (Jelliffe, 1979).

Kekurangan nutrisi dapat mempengaruhi kesehatan mulut, dengan beberapa jalan, yaitu;

1. Mengubah lingkungan kimia dari sel yang berhubungan dengan pembentukan jaringan, misalnya: enamel. Kekurangan nutrisi akan merubah struktur, komposisi, fisikokimia lingkungan gigi sebelum erupsi.
2. Mempengaruhi sistem seluler enzim yang terlibat dalam proses mineralisasi baik secara mandiri ataupun bersama dengan hormon.
3. Menghambat reaksi sintetik protein dengan demikian akan memodifikasi kalsifikasi matriks organik secara alami pada jaringan mineralisasi.
4. Akan merubah kecepatan aliran, kuantitas, fisik, kimiawi atau proses imunologi saliva.
5. Menghambat proses remineralisasi yang terjadi pada permukaan gigi yang sedang erupsi.
6. Mempengaruhi multiplikasi, implantasi, dan metabolisme flora plak gigi (Navia, 1979).

Menurut Nizel (1966, 1981) kandungan protein pada enamel berbeda dengan dentin. Pada enamel terdiri dari 0.2-0.4% bahan organik. Enamel yang berasal dari jaringan ektodermal seperti juga rambut, kuku, epidermis, maka jaringan-jaringan tersebut mengandung protein yang tidak larut yaitu euteratin. Asam amino yang terdapat pada enamel yang matang ialah glycine, alanin, hydroxyprolin dan sejumlah kecil cystine. Protein yang terdapat pada enamel yang belum matang mengandung sejumlah besar prolin yang berfungsi sebagai bahan kolagen, asam gotamat, dan histigen.

Dentin mengandung 21-22% bahan organik. Asam amino pada dentin adalah glycine, alanin, proline dan hydroxyproline yang secara kimiawi mirip dengan kolagen.

Dibanding dengan tulang, gigi tidak begitu peka terhadap kekurangan protein atau asam amino. Meskipun demikian pada kekurangan lysine dan tryptophan akan terjadi hambatan pembentukan matriks dentin dengan ciri khas yaitu adanya beberapa area interglobuler. Ciri khas yang lain yaitu adanya lapisan dentin yang tidak teratur.

Miwa *et al.* (1990), mengatakan bahwa pada anak tikus yang lahir dari induk yang diberi diet rendah protein akan terjadi agregasi proteoglikan dan proteoglikan dengan berat molekul yang tinggi. Pada penelitian ini didapatkan bahwa kandungan kalsium pada tulang tidak berbeda bermakna dengan kelompok kontrol. Diduga protein energi malnutrisi memperlambat perubahan karakter proteoglikan dan ini akan berpengaruh pada mineralisasi tulang anak yang dikandung.

Penelitian tentang hubungan antara umur gigi, umur tulang dan umur kronologis pada anak normal dan malnutrisi telah dilakukan oleh Gulati *et al.* (1991). Dari penelitian ini didapatkan adanya korelasi yang tinggi ($r = 0,9584$) antara kematangan dental dan skeletal. Korelasi yang tinggi juga didapatkan antara umur kronologis dan umur dental dan umur skeletal ($r = 0,8635$ dan $r = 0,8716$). Malnutrisi mempunyai pengaruh yang merugikan pada umur tulang dan umur gigi. Malnutrisi yang parah akan lebih berpengaruh pada umur tulang dan umur gigi. Hal ini didukung oleh penelitian Beli *et al.* (1990) tentang adanya keterlambatan

penulangan pada anak Kwashiorkor. Dari 20 anak yang diperiksa, 50 % mengalami keterlambatan penulangan.

Triratana *et al.* (1990) mendapatkan adanya keterlambatan yang bermakna pada erupsi gigi permanen anak malnutrisi. Dari penelitiannya juga didapatkan korelasi yang tinggi antara umur, tinggi badan, berat badan, dan waktu erupsi gigi permanen.

2.8. Manfaat kalsifikasi gigi dan tulang dalam bidang ortodonsia

Dalam bidang ortodonsia, pertumbuhan dan perkembangan tubuh anak, terutama pertumbuhan dan perkembangan tulang dan gigi merupakan dasar untuk menentukan diagnosis, rencana perawatan, macam perawatan dan prognosis suatu kasus maloklusi. Untuk mengetahui pertumbuhan dan perkembangan tulang dan gigi, biasanya dilihat dari tahap kalsifikasi tulang dan gigi yang dapat diprakirakan dari gambaran rontgenogram.

Tahap kalsifikasi tulang tangan dan pergelangan tangan biasanya dipakai sebagai indikator untuk menentukan kematangan tulang. Umur tulang ditetapkan dengan membandingkan rontgenogram tulang tangan dan pergelangan tangan dengan standar yang tertera pada atlas radiogram perkembangan tulang.

Penelitian menunjukkan bahwa puncak kecepatan pertumbuhan tinggi badan berhubungan erat dengan puncak kecepatan pertumbuhan dimensi fasial dan dengan kalsifikasi tulang metacarpophalangeal sesamoid. Hubungan ini sangat membantu ortodontis dalam menentukan diagnosis dan rencana perawatan (Grave *et al.* 1971).

Umur gigi dapat ditera dari gigi yang telah erupsi, tetapi variasinya sangat besar sehingga kurang tepat. Perkembangan gigi paling baik ditetapkan dengan

melihat tahap kalsifikasi gigi yang dilihat dari rontgenogram kemudian dibandingkan dengan standar perkembangan gigi karena proses pembentukan gigi merupakan proses yang progresif, terus menerus dan kumulatif (Andersen dan Van der Lienden, 1979). Menurut Coutinho *et al.* (1993), kalsifikasi gigi caninus mandibula dapat digunakan sebagai tahap pertama diagnosis untuk menentukan puncak pertumbuhan pada masa pubertal. Tahap perkembangan gigi caninus mandibula bersama dengan radiogram intra oral atau panoramik gigi dapat digunakan untuk memprakirakan perkembangan biologis anak tanpa harus melakukan rontgen foto tulang tangan dan pergelangan tangan.

Kalsifikasi tulang dan gigi dapat dipakai untuk menentukan kualitas tulang dan gigi. Dari tahap kalsifikasi tulang dan gigi anak pada suatu saat itu dapat ditetapkan adanya hipokalsifikasi, atau hiperkalsifikasi. Menurut Midgett (1981) hipokalsifikasi tulang mempercepat pergerakan gigi pada perawatan ortodonsi. Hiperostosis tulang, hipercementosis gigi akan menghambat pergerakan gigi pada perawatan ortodonsi dan erupsi gigi (Permar dan Melfi, 1977).

Kualitas tulang sangat mendukung keberhasilan perawatan ortodonsi, oleh karena dalam menggerakkan gigi akan terjadi perubahan pada tulang alveolus. Kekuatan pada gigi, akan menyebabkan resorpsi tulang pada sisi tekanan dan pembentukan tulang pada sisi yang mengalami tegangan. Daerah tekanan terjadi pada daerah yang terkena kekuatan, tekanan atau tarikan.

Pada gigi yang akan digerakkan ke lingual, tekanan dikenakan pada gigi dengan arah lingual. Kekuatan akan mengakibatkan adanya dorongan gigi terhadap alveolus yang kemudian akan menekan ligamentum periodontal diantara gigi dan

dinding tulang. Tidak lama kemudian resorpsi tulang akan terjadi pada sisi yang terkena tekanan. Dengan Bergeraknya gigi ke arah lingual, sisi labial dari gigi akan terdorong dari alveolus. Keadaan ini akan sedikit melebarkan ruang pada ligamentum dan menyebabkan daerah tekanan pada ligamentum periodontal, dan pada sisi ini akan terbentuk tulang. Oleh karena itu, proses resorpsi dan aposisi tulang pada pergerakan gigi karena alat ortodonsi hanya terjadi dengan baik kalau keadaan tulang baik serta tekanan dan tarikan optimal (Gianelly dan Goldman, 1971).

BAB 3 KERANGKA KONSEPTUAL DAN HIPOTESIS PENELITIAN

3.1. Kerangka Konseptual Penelitian

Proses pertumbuhan dan perkembangan wajah merupakan suatu kerjasama antara bentuk dan fungsi. Untuk mengetahui tatanan polamorfogenetik yang dipengaruhi oleh kekuatan-kekuatan epigenetik dan lingkungan sangat penting diketahui faktor-faktor yang mempengaruhinya. Hal ini merupakan pengetahuan yang sangat penting dibidang ortodonsia karena sebagian besar tinjauan pustaka mengatakan bahwa kasus maloklusi yang memerlukan perawatan ortodonsi terjadi pada masa pertumbuhan dentofasial dan perawatannya akan menyebabkan terjadinya perubahan pada pertumbuhan dental dan fasial skelet

Beberapa macam maloklusi, yaitu oklusi yang menyimpang dari oklusi normal akan timbul sebagai akibat adanya pertumbuhan dental dan fasial skelet yang tidak sesuai.

Dasar yang dipakai untuk melakukan perawatan ortodonsi adalah pertumbuhan dan perkembangan. Oleh karena itu setiap ortodontis harus dapat mengetahui sampai dimana pertumbuhan dan perkembangan dan apakah pertumbuhan dan perkembangan saat itu normal atau mengalami hambatan serta apakah sedang meningkat atau tidak ada pertumbuhan. Prakiraan ini penting diketahui untuk menentukan saat erupsi gigi-geligi.

Status kematangan tubuh banyak berpengaruh pada diagnosis, tujuan perawatan, rencana perawatan dan hasil perawatan ortodonsi. Prakiraan potensi pertumbuhan penting diketahui pada perawatan yang menggunakan kekuatan

penarikan ekstra oral, penggunaan alat-alat ortodonsi fungsional, dan tindakan ortodonsi bedah. Pada rencana perawatan kasus-kasus yang meragukan, potensi pertumbuhan dan perkembangan anak harus diperhitungkan dengan tepat. Prakiraan baik waktu maupun jumlah aktif pertumbuhan, khususnya kompleks kraniofasial akan sangat berguna bagi ahli ortodonsi (Smith, 1980; Moore, 1990; Lewis, 1991). Potensi pertumbuhan juga penting untuk penilaian prognosis kasus maloklusi selama periode retensi dan pasca retensi. Jika pada periode tersebut tidak diperhatikan faktor pertumbuhan dan perkembangan, maka hasil yang telah dicapai dapat kembali seperti keadaan semula atau akan terjadi maloklusi baru (Gupta, 1976).

Penetapan status perkembangan tidak dapat ditentukan dengan umur kronologis, yaitu umur yang dihitung dari hari lahirnya karena validitasnya rendah (Fishman, 1982; Houston, 1980; Hagg, 1982; Moore, 1990). Tiap individu mempunyai kematangan biologis yang berbeda. Umur kronologis hanya merupakan pengukuran pertama untuk menetapkan pertumbuhan. Yang dapat dipergunakan untuk menentukan status pertumbuhan adalah umur biologis. Umur biologis menggambarkan kematangan tubuh yang telah dicapai pada saat itu dan dapat dipakai untuk tujuan perbandingan kemajuan pertumbuhan. Proses kematangan ini sebaiknya dipelajari secara seksama oleh para ahli ortodonsi, karena dapat memberi petunjuk penting pada anak yang sedang tumbuh, apakah terjadi proses pertumbuhan atau tidak (Fishman, 1987; Beunen *et al.* 1990)

Kriteria yang dapat dipakai untuk menetapkan umur biologis adalah: kematangan tulang, kematangan gigi dan kematangan seksual. Struktur jaringan gigi

yaitu enamel, dentin dan semen hampir sama dengan struktur jaringan tulang yang terdiri dari jaringan matriks, bahan-bahan anorganik dan bahan-bahan organik dengan persentase yang berbeda. Proses kematangan gigi dan tulang terjadi oleh karena deposisi mineral-mineral pada jaringan matriks.

Pertumbuhan gigi dan tulang dipengaruhi oleh faktor-faktor lingkungan, hormonal dan genetik (Arvytas, 1974; Carraza, 1985). Nutrisi termasuk salah satu faktor lingkungan yang mempengaruhi pertumbuhan gigi dan tulang sejak prenatal. Pada perkembangan jaringan gigi, nutrisi memegang peranan penting dan juga merupakan penyokong utama dalam menentukan lingkungan mulut dan kesehatan gigi. Komposisi nutrien dalam makanan dapat mempengaruhi jaringan gigi melalui 2 periode, yaitu tahap pra erupsi dan pasca erupsi. Pada tahap pra erupsi, matriks organik memegang peranan penting. Pada periode ini harus didapatkan nutrien yang diperlukan untuk pembentukan dan kematangan gigi. Jika terjadi kegagalan untuk mendapatkan nutrien tersebut, maka akan berpengaruh terhadap struktur dan komposisi kimia, juga waktu erupsi gigi (Navia, 1979; Roth dan Calmes, 1981).

Pembentukan tulang terjadi secara berkesinambungan. Nutrien dapat mempengaruhi pembentukan tulang dengan jalan menghambat diferensiasi seluler, merubah reaksi terhadap faktor pertumbuhan tulang dengan jalan menghambat diferensiasi seluler, merubah reaksi terhadap faktor pertumbuhan tulang dan mempengaruhi kecepatan sintesis unsur pokok matriks. Unsur pokok matriks yaitu protein kolagen dan non kolagen, masing-masing mempunyai peranan spesifik pada pembentukan tulang, pemeliharaan atau proses resorpsi. Kalsium merupakan nutrien yang mempunyai pengaruh terhadap pembentukan tulang pada tingkat seluler.

Nutrien yang mempengaruhi sintesis protein pada umumnya juga berpengaruh pada pertumbuhan tulang (Roughead dan Kunkel, 1991).

Nutrien yang sangat penting untuk pertumbuhan gigi dan tulang adalah kalsium dan protein. Kekurangan kalsium dan protein dapat mempengaruhi pertumbuhan gigi dan tulang. Menurut Roth dan Calmes (1981) ada dua metabolisme utama dalam pembentukan gigi dan tulang yang rentan terhadap kekurangan nutrisi. Kedua proses tersebut adalah sintesis protein untuk membentuk matriks gigi dan tulang terdiri dari jaringan kolagen dan non kolagen protein, kemudian diikuti proses kalsifikasi matriks jaringan. Kalsium merupakan bagian besar bahan anorganik pembentuk tulang, enamel, dentin dan semen. Kekurangan kalsium akan mempengaruhi kualitas kekerasan tulang, enamel, dentin dan semen.

Protein merupakan nutrisi yang sangat penting bagi kelangsungan metabolisme tubuh. Kekurangan protein dapat menyebabkan hambatan proses kalsifikasi gigi dan tulang. Kekurangan protein dapat menyebabkan hambatan dalam reaksi sintesis protein, hal ini akan menyebabkan modifikasi proses alami pada kalsifikasi matriks organik jaringan mineralisasi (Navia, 1979).

Salah satu bentuk kalsium dalam plasma jaringan adalah terikat dalam protein (Heany, 1991). Dengan demikian dapat dikatakan protein juga penting untuk metabolisme kalsium, selain protein merupakan bahan pembentuk matriks gigi dan tulang.

3.2. Hipotesis

Berdasar keterangan-keterangan tersebut diatas dapat disusun hipotesis sebagai berikut:

- 3.2.1. Kekurangan kalsium dan protein secara tunggal atau bersama-sama menghambat pertumbuhan gigi dan tulang
 - 3.2.1.1. Kekurangan kalsium dan protein secara tunggal atau bersama-sama pada masa pre-posnatal akan mengakibatkan kelainan pertumbuhan gigi dan tulang yang sifatnya ireversibel.
 - 3.2.1.2. Kekurangan kalsium dan protein secara tunggal atau bersama-sama pada masa posnatal menimbulkan kelainan pada pertumbuhan gigi dan tulang.
 - 3.2.1.3. Terdapat perbedaan dalam derajat keparahan gangguan pertumbuhan gigi dan tulang akibat kekurangan kalsium atau protein secara tunggal atau bersama-sama yang terjadi pada masa pre-posnatal dan hanya pada masa posnatal.

BAB 4 METODE PENELITIAN

- 4.1. **Rancangan Penelitian** : Eksperimental
- 4.2. **Besar Sampel** : Pada penelitian ini terdapat 16 sub kelompok penelitian, besar sampel pada masing-masing sub kelompok adalah 10 ekor anak tikus, sehingga besar sampel keseluruhan adalah 160 ekor anak tikus.

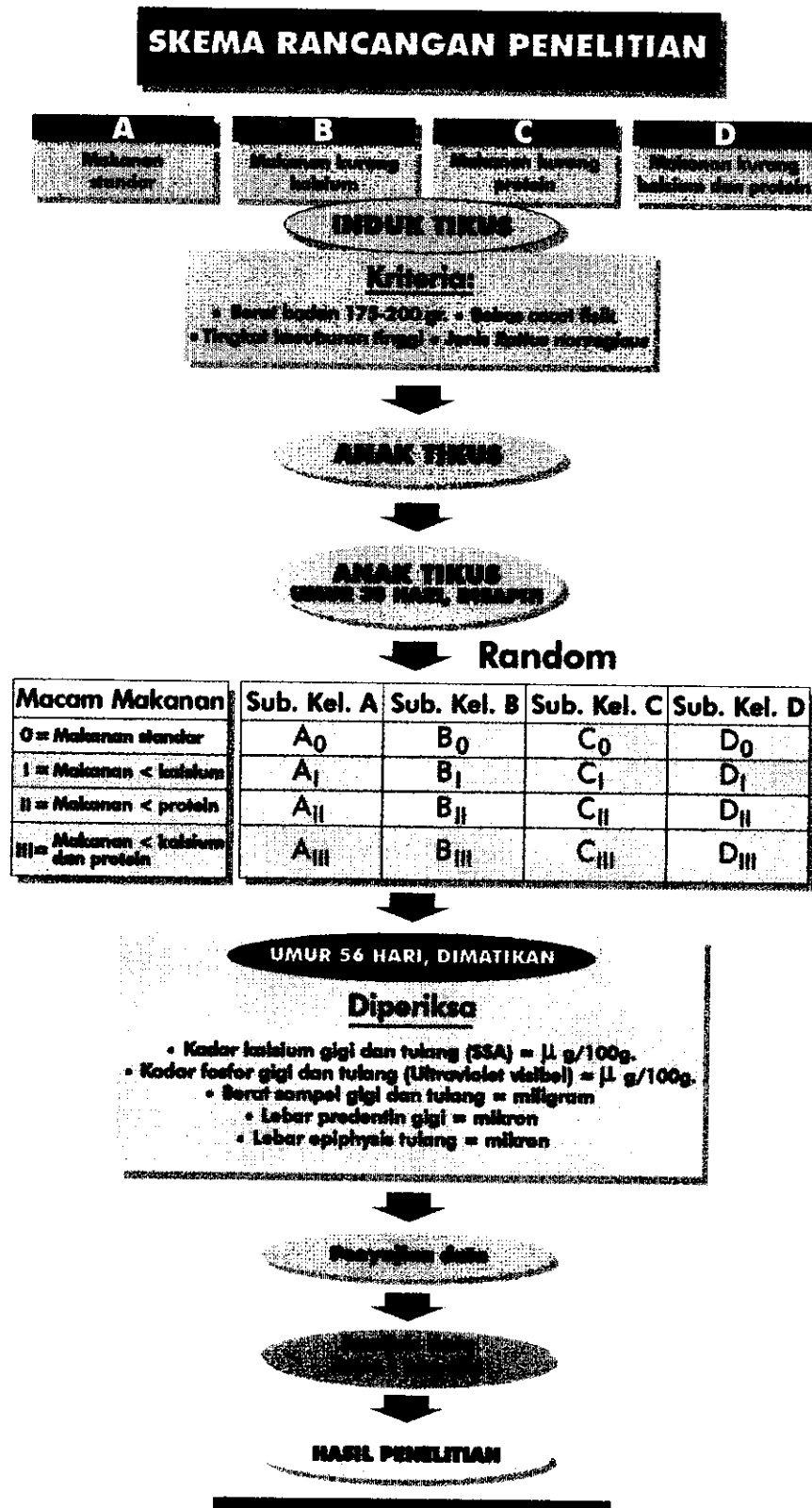
4.3. Variabel Penelitian

- 4.3.1. Variabel pengaruh : 1. Diet kalsium
2. Diet protein
- 4.3.2. Variabel terpengaruh : 1. Kadar kalsium dalam gigi dan tulang
2. Kadar fosfor dalam gigi dan tulang
3. Berat sampel gigi
4. Berat sampel tulang
5. Lebar lapisan predentin gigi
6. Lebar epiphysis tulang
- 4.3.3. Variabel terkendali : 1. Umur subyek penelitian
2. Diet subyek penelitian
3. Temperatur
4. Lingkungan kandang
- 4.3.4. Variabel tak terkendali : 1. Faktor genetik
2. Faktor hormonal
3. Jenis Kelamin

4.3.2. Definisi Operasional Variabel

- A. Kadar kalsium dalam gigi dan tulang
- Kadar kalsium dalam gigi dan tulang ialah jumlah kandungan kalsium dalam gigi dan tulang yang dapat diketahui dengan penggunaan metode SSA (Spektrofotometri serapan atom) lihat halaman 65.
- B. Kadar fosfor dalam gigi dan tulang ialah jumlah fosfor atau dalam bentuk senyawa fosfat dalam gigi dan tulang yang dapat diketahui dengan penggunaan metode Spektrofotometri Ultra Violet-Visibel (lihat halaman 66).
- C. Berat sampel gigi .
- Diukur dari gigi incisivus rahang atas dalam miligram.
- D. Berat sampel tulang.
- Diukur dari tulang femur kiri dalam miligram.
- E. Lebar lapisan predentin.
- Ketebalan lapisan sel predentin gigi diukur dari sediaan histologis gigi molar kanan bawah tikus, diukur dalam mikron.
- F. Lebar epiphysis tulang.
- Ketebalan lapisan epiphysis tulang diukur dari sediaan histologis lempeng epiphysis distal tulang femur kanan, diukur dalam mikron.
- G. Umur subyek penelitian.
- Pemberian kekurangan makanan diberikan sampai umur 56 hari, dengan alasan pada umur 56 hari tikus sudah mencapai umur dewasa dan gigi sudah erupsi sempurna.
- F. Temperatur.
- Temperatur kandang dijaga temperaturnya kurang lebih 20 - 26 °C.

4.3.3. Bagan1: rancangan penelitian.



4.4. Bahan Penelitian

Subyek penelitian terdiri dari kelompok-kelompok tikus (*Rattus norvegicus*). Dipilih hewan percobaan jenis *Rattus norvegicus* oleh karena secara histologis dan fisiologis jaringan gigi pada molar sangat mirip dengan gigi molar manusia. Juga bentuk, fungsi, pertumbuhan dan perkembangan gigi-gigi molar tikus mirip dengan pertumbuhan dan perkembangan gigi molar manusia. Penelitian tentang pertumbuhan dan perkembangan dapat dilakukan sampai batas umur 125 hari.

Abrasi gigi-gigi molar tikus sangat lambat sehingga dapat dicatat perubahan-perubahan selama masa pertumbuhan, tetapi pada gigi incisivus atrisi berlangsung sampai umur 40-50 hari dan gigi ini terus menerus erupsi.

Kriteria subyek penelitian :

1. Berat badan induk dipilih antara 175-200 gram.
2. Umur induk tikus 3 bulan

Cara menyiapkan hewan percobaan

1. Seleksi induk :

Dipilih induk dengan berat badan memenuhi syarat, yaitu antara 175-200 gram, bebas dari cacat fisik. Induk dipilih dari famili yang punya kesuburan tinggi.

2. Metoda pengawinan tikus *Rattus norvegicus*

Induk pertama kali dikawinkan pada umur 100-120 hari. Tikus jantan dan betina yang akan dikawinkan dipilih yang umurnya hampir sama. Untuk mendapatkan keturunan yang banyak, maka digunakan cara sebagai berikut: Tiga tikus betina dan tikus jantan yang I dicampurkan pada hari Senin kemudian pada hari Sabtu berikutnya tikus jantan diambil. Pada hari Senin berikutnya tikus jantan ke II dimasukkan dalam kandang dan hari Sabtu berikutnya tikus jantan ke II diambil. Sebelum 21 hari perkawinan, tikus betina

dipisahkan kandangnya dan ditunggu sampai anaknya lahir, atau dapat juga induk tikus tersebut tidak bunting. Setelah melahirkan induk diberi waktu istirahat kurang lebih 2 minggu untuk kemudian dikawinkan lagi.

Tanda-tanda kehamilan adalah sebagai berikut :

- a. Berat badan tikus naik antara 25-30 gram
- b. Terdapat pembesaran abdomen setelah usia 13 hari kehamilan. Tanda kehamilan awal dapat diketahui dengan pemeriksaan *vaginal plague*

3. Persiapan kandang

Kandang dijaga temperaturnya, yaitu antara 20-26⁰ C, selain itu juga diperhatikan kelembapan dan sirkulasi uapnya. Untuk mengatasi faktor-faktor di atas maka kandang diberi pendingin.

A. Pengelompokan hewan percobaan.

Untuk mengetahui pengaruh pemberian nutrisi prenatal dan posnatal terhadap proses kalsifikasi gigi dan tulang maka dibuat 2 kelompok induk tikus.

Kelompok I:

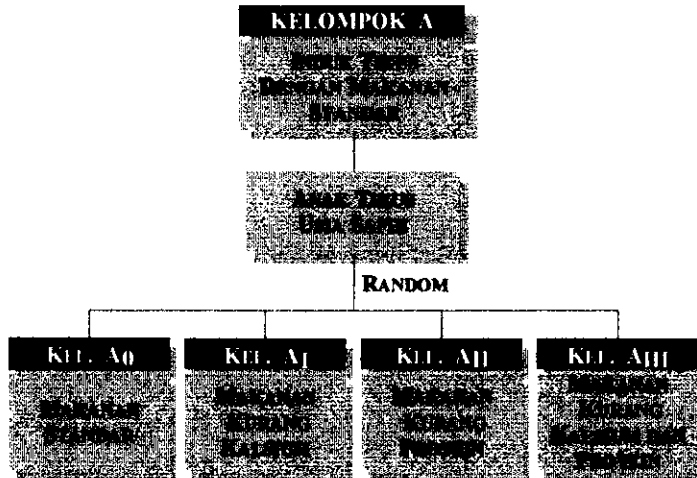
Ialah kelompok induk tikus yang mendapat makanan standar pada waktu mengandung, kemudian anak yang lahir dikelompokkan dalam kelompok-kelompok dengan kekurangan nutrisi tertentu.

Kelompok II:

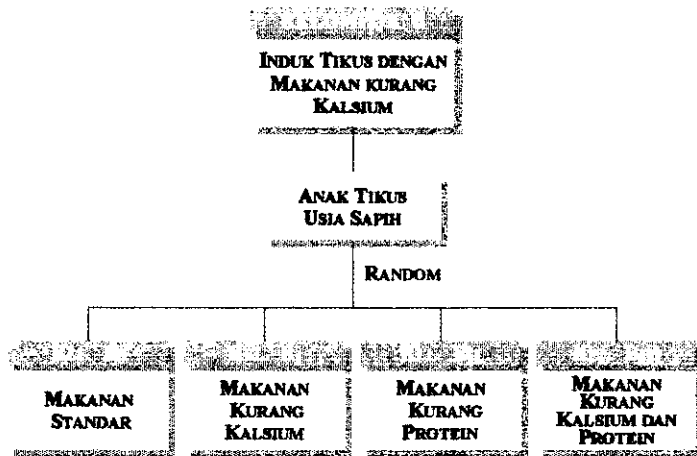
Ialah kelompok induk tikus yang mendapat makanan dengan kekurangan nutrisi tertentu pada waktu mengandung, kemudian anak yang lahir dikelompokkan dalam kelompok-kelompok dengan kekurangan nutrisi tertentu.

Bagan 2: Pengelompokan hewan percobaan.

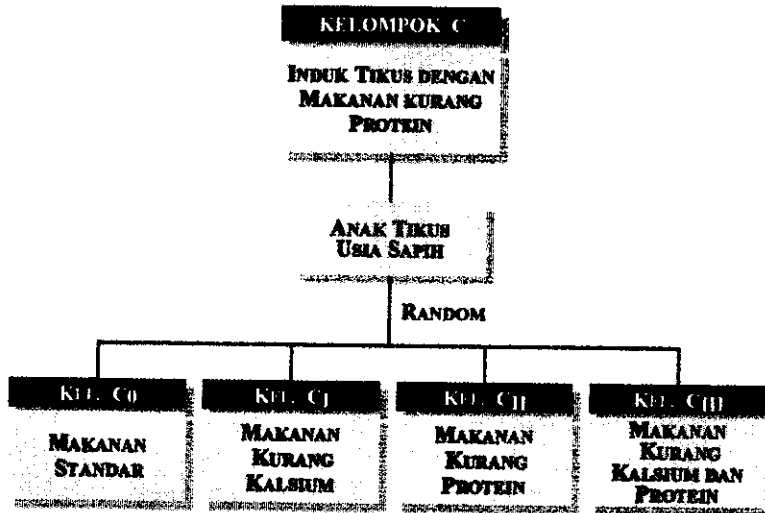
**I
INDUK TIKUS DENGAN MAKANAN STANDAR PADA WAKTU HAMIL**



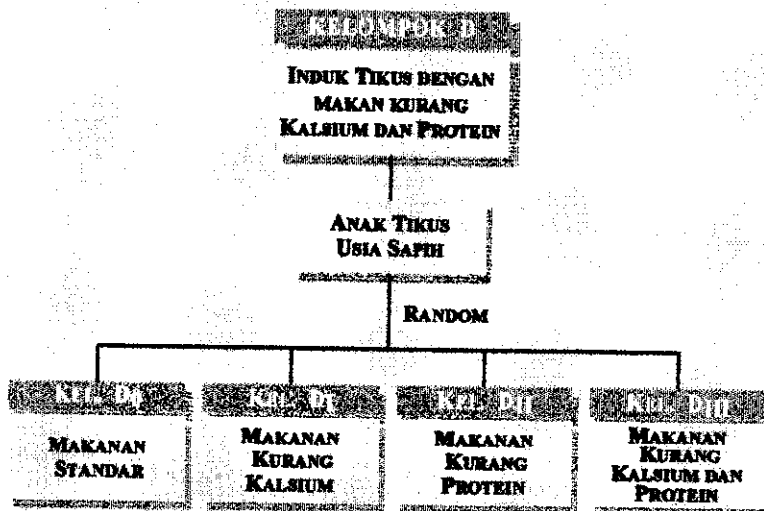
**II.
INDUK TIKUS DENGAN KEKURANGAN KALSIUM**



III
INDUK TIKUS DENGAN MAKANAN KURANG PROTEIN



IV
INDUK TIKUS DENGAN DIET KURANG PROTEIN DAN KALSIMUM WAKTU HAMIL



4.4.4. Daftar Susunan Pemberian Makanan dan Mineral

KETERANGAN	SMS	SMRK	SMRPr 4%	SMRKRPr 4%	SMRPr 10%	SMRPr & K 10%
Bahan baku	%	%	%	%	%	%
Kasein	25	25	4	4	10	10
Sukrosa	30,5	31,5	48,5	49,5	41,5	43,5
Tepung jagung	30	30	30	30	30	30
Selulosa	5	5	8	8	8	8
Minyak jagung	5	5	5	5	5	5
Vitamin dan campuran mineral	4,5	-	4,5	-	4,5	-
Campuran mineral bebas kalsium	-	3,5	-	3,5	-	3,5
Susunan mineral	g/kg	g/kg	g/kg	g/kg	g/kg	g/kg
<i>Kalsium fosfat dibasis</i>	500 g	-	500 g	-	500 g	-
<i>Natrium fosfat monobasa</i>	-	500 g	-	209 g	-	209 g
<i>Natrium khlorida</i>	74 g	74 g	74 g	74 g	74 g	74 g
<i>Kalium sulfat</i>	52 g	52 g	52 g	52 g	52 g	52 g
<i>Kalsium fosfat monobasa)</i>	-	-	-	264 g	-	264 g
<i>Magnesium oksida</i>	24 g	24 g	24 g	24 g	24 g	24 g
<i>Mangan Karbonat</i>	3,5 g	3,5 g	3,5 g	3,5 g	3,5 g	3,5 g
<i>Ferri sitrat</i>	6 g	6 g	6 g	6 g	6 g	6 g
<i>Zink karbonat</i>	1,6 g	1,6 g	1,6 g	1,6 g	1,6 g	1,6 g
<i>Kupri karbonat</i>	0,3 g	0,3 g	0,3 g	0,3 g	0,3 g	0,3 g
<i>Kalium yodat</i>	0,01 g	0,01 g	0,01 g	0,01 g	0,01 g	0,01 g
<i>Natrium Silinit</i>	0,01 g	0,01 g	0,01 g	0,01 g	0,01 g	0,01 g
<i>Krom kalium sulfat</i>	0,55 g	0,55 g	0,55 g	-	0,55 g	-
<i>Cr Potasium Sulfat 12 H₂O</i>	-	-	-	0,55 g	-	0,55 g
<i>Sukrosa</i>	338,03 g	338,03 g	338,03 g	365,03 g	338,03 g	165,03 g

Keterangan : SMS = Susunan Makanan Standar, SMRK = Susunan Makanan Rendah Kalsium, SMRPr = Susunan Makanan Rendah Protein (4%), SMRKRPr 4% = Susunan Makanan Rendah Kalsium dan Rendah Protein (4%), SMRPr 10% = Susunan Makanan Rendah Protein (10%), SMRPr & K 10% = Susunan Makanan Rendah Protein & Kalsium (10%)

Dikutip dari : Nutrient Requirement of Laboratory Animals 3rd ed., 1978. The National Research Council., National Academy at Sciences., Washington D.C.

Selain susunan makanan diatas, seluruh subyek penelitian diberi tambahan 1 cc/hari kalysmon sirup. Tiap 5 ml. cairan mengandung: lysin HCl 200 mg.; l-glutamic acid 25 mg.; vit. A 2.500 iu.; vit. B₁ 2,5 mg.; vit. B₂ 1,5 mg.; vit. B₆ 3 mg.; vit. B₁₂ 2 meg.; vit. C 50 mg.; vit. D 500 iu. d-panthenol 5 mg. niacinamide 10 mg.

Subyek penelitian dipilih secara random. Pada penelitian ini terdapat 16 kelompok subyek penelitian. Jumlah subyek penelitian pada masing-masing kelompok adalah 10 ekor. Pengelompokan subyek penelitian adalah sebagai berikut:

Kelompok A.

Kelompok A ialah kelompok subyek penelitian yang berasal dari induk tikus yang diberi makanan standar pada waktu hamil, melahirkan dan menyusui. Anak-anak yang lahir dikelompokkan menjadi :

Kelompok A₀ :

ialah kelompok anak tikus yang mendapat makanan standar setelah anak tikus berumur 1 bulan sampai anak tikus berumur 56 hari.

Kelompok A_I :

ialah kelompok anak tikus yang mendapat makanan dengan kekurangan kalsium setelah anak tikus berumur 1 bulan sampai anak tikus berumur 56 hari.

Kelompok A_{II} :

ialah kelompok anak tikus yang mendapat makanan dengan kekurangan protein (4%) setelah anak tikus berumur 1 bulan sampai anak tikus berumur 56 hari.

Kelompok A_{III} :

ialah kelompok anak tikus yang mendapat makanan kurang kalsium dan protein (4%) mulai anak tikus berumur 1 bulan sampai anak tikus berumur 56 hari.

Kelompok B

Kelompok B ialah kelompok subyek penelitian yang berasal dari induk tikus yang diberi makanan dengan kekurangan kalsium selama hamil, melahirkan dan menyusui. Anak-anak yang dilahirkan dikelompokkan menjadi:

Kelompok B₀

ialah kelompok anak tikus yang mendapat makanan standar diberikan setelah anak tikus berumur 1 bulan sampai anak tikus berumur 56 hari.

Kelompok B_I

Ialah kelompok anak tikus yang mendapat makanan dengan kekurangan kalsium yang diberikan setelah anak tikus berumur 1 bulan sampai anak tikus berumur 56 hari.

Kelompok B_{II}

Ialah kelompok anak tikus yang mendapat makanan dengan kekurangan protein (4%) selama 1 bulan yang diberikan setelah anak tikus berumur 1 bulan sampai berumur 56 hari.

Kelompok B_{III}

Ialah kelompok anak tikus yang mendapat makanan kurang kalsium dan protein (4%) yang diberikan setelah anak tikus berumur 1 bulan sampai anak tikus berumur 56 hari.

Kelompok C

Kelompok C ialah kelompok subyek penelitian yang berasal dari induk tikus yang diberi makanan dengan kekurangan protein (10%) selama buting. Anak yang dilahirkan kemudian dikelompokkan menjadi:

Kelompok C₀

Ialah kelompok anak tikus yang mendapat makanan standar yang diberikan setelah anak tikus berumur 1 bulan sampai anak tikus berumur 56 hari.

Kelompok C_I

Ialah kelompok anak tikus yang mendapat makanan dengan kekurangan kalsium mulai anak tikus berumur 1 bulan sampai anak tikus berumur 56 hari.

Kelompok C_{II}

Ialah kelompok anak tikus yang mendapat makanan kurang protein (4%) mulai anak tikus berumur 1 bulan sampai umur 56 hari. Sebelum anak tikus berumur 1 bulan, maka induk tetap diberi makanan dengan kekurangan protein (10%).

Kelompok C_{III}

Ialah kelompok anak tikus yang mendapat makanan dengan kekurangan kalsium dan protein 4%. Sebelum anak tikus berumur 1 bulan maka induk tetap diberi makanan dengan kekurangan protein (10%). Setelah disapih (umur 1 bulan) anak tikus diberi makanan rendah protein 4% dan rendah kalsium sampai anak tikus berumur 56 hari.

Kelompok D

Kelompok D ialah kelompok subyek penelitian yang berasal dari induk tikus yang diberi makanan dengan kekurangan kalsium dan protein (10%) selama hamil, melahirkan dan menyusui. Anak yang dilahirkan kemudian dikelompokkan menjadi:

Kelompok D₀

Ialah kelompok anak tikus yang mendapat makanan standar yang diberikan setelah anak tikus berumur 1 bulan sampai anak tikus berumur 56 hari. Sebelum anak tikus berumur 1 bulan induk tetap diberi makanan kekurangan kalsium dan protein (10%).

Kelompok D_I

Ialah kelompok anak tikus yang mendapat makanan dengan kekurangan kalsium yang diberikan setelah anak tikus berumur 1 bulan sampai anak tikus berumur 56 hari. Sebelum anak tikus berumur 1 bulan induk tetap diberi makanan kekurangan kalsium dan protein (10%).

Kelompok D_{II}

Ialah kelompok anak tikus yang mendapat makanan dengan kekurangan protein (4%) yang diberikan setelah anak tikus berumur 1 bulan sampai anak tikus berumur 56 hari. Sebelum anak tikus berumur 1 bulan induk tetap diberi makanan kekurangan kalsium dan protein (10%).

Kelompok D_{III}

lalah kelompok anak tikus yang mendapat makanan kurang kalsium dan protein (4%) setelah anak tikus berumur 1 bulan sampai anak tikus berumur 56 hari . Sebelum anak tikus berumur 1 bulan induk tetap diberi makanan kekurangan kalsium dan protein (10%).

Setelah anak tikus berumur 56 hari, maka anak tikus dimatikan dan diperiksa :

- a. Kadar kalsium dalam tulang dan gigi pada masing-masing kelompok penelitian dengan metoda SSA. (menurut metoda Narsito, 1992)
- b. Kadar fosfor dalam tulang dan gigi pada masing-masing kelompok penelitian dengan metoda spektrofotometri Ultra violet visibel. (Menurut Metoda Narsito, 1992)
- c. Kalsifikasi tulang diperiksa secara histologis dengan mengukur lebar lempeng epiphyseal distal tulang femur kanan pada masing-masing kelompok penelitian.
- d. Kalsifikasi gigi diperiksa secara histologis dengan mengukur lebar lapisan predentin gigi molar bawah kanan pada masing-masing kelompok penelitian.

4.5. Alat atau instrumen penelitian

1. *Microwave Digestion System*, MIS 1200 mega, untuk pembuatan larutan cuplikan untuk pengukuran kalsium dan fosfor pada sampel gigi dan tulang.
2. Alat SSA merk Hitachi z. 8.000 untuk penentuan kadar kalsium dan fosfor.
3. Skalpel, pinset, gunting dek gelas, gelas penutup, mikrotom untuk pembuatan preparat histologi.

4.6. Lokasi dan waktu penelitian

Pemeliharaan hewan percobaan dilakukan di Unit Pemeliharaan Hewan Percobaan (UPHP Universitas Gajah Mada). Pembuatan preparat histologi dilakukan di laboratorium Histologi Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga. Pemeriksaan

SSA dan ultraviolet visibel untuk penentuan kadar kalsium dan fosfor dilakukan di laboratorium kimia dan fisika pusat di Universitas Gajah Mada.

Waktu penelitian:

Oktober 1993 - Desember 1995

4.7. Prosedur pengambilan data

Penetapan kalsium dalam tulang dan gigi dilakukan dengan metoda SSA (Spektrofotometri Serapan Atom).

Spektrofotometri Serapan Atom adalah suatu metoda analisis yang didasarkan pada proses penyerapan energi radiasi oleh atom-atom yang berada pada tingkat tenaga dasar (*ground state*). Penyerapan tersebut menyebabkan menyebabkan tereksitasinya elektron dalam kulit atom ke tingkat tenaga yang lebih tinggi (*exited state*).

Pengurangan intensitas radiasi yang diberikan sebanding dengan jumlah atom pada tingkat tenaga dasar yang menyerap energi radiasi tersebut. Dengan mengukur intensitas radiasi yang diteruskan (transmitansi) atau mengukur intensitas radiasi yang diserap (absorbansi), maka konsentrasi unsur di dalam cuplikan dapat ditentukan.

Pembuatan larutan cuplikan untuk pengukuran kalsium dan fosfor pada sampel gigi dan tulang.

Alat : *Microwave Digestion System*, MLS 1200 mega

Cara :

1. Sampel ditimbang dan dimasukkan dalam tabung
2. Tambah HNO₃ (65%) 2-5 ml

3. Tambah H₂ O₂ (20%) 0,5-2 ml. Tutup isi tabung dan masukkan dalam microwave.
4. Dibuat program untuk destruksi sampel sebagai berikut:
 - Tahap 1 250 W 1 menit
 - Tahap 2 0 W..... 1 menit
 - Tahap 3 250 W 5 menit
 - Tahap 4 400 W 5 menit
 - Tahap 5 650 W 5 menit
5. Setelah program terlaksana tabung dikeluarkan dan didinginkan, kemudian larutan cuplikan ditambah dengan akuades menjadi 100 ml. dan disimpan dalam botol polyetilan untuk penentuan kadar kalsium dan fosfor.

Penentuan Kadar Kalsium

Peralatan :

Alat SSA merk Hitachi Z. 8000, kompor listrik, gelas beker ukuran 25 ml, labu takar ukuran 25 ml, botol polietilen ukuran 5 ml, pipet mikro ukuran 10-100 ul, pipet mikro ukuran 1000-5000 ul.

Bahan :

1. Larutan sediaan kalsium 1000 ppm, buatan Merck . Art. 994
2. Titrisol
3. Larutan lanthanum 10% akuades
4. Gas asitelin.

Parameter pengukuran

1. Arus lampu.....7,5 mA
2. Panjang gelombang422, 7 μ m
3. Lebar celah0,4 μ m
4. Kebutuhan udara.....9,5 l/menit

5. Kebutuhan asetilen2,5 l/menit
6. Tinggi pembakar 10,0 mm
7. Kebututan alir cuplikan.....5ml/detik
8. Waktu pengukuran.....2 detik

Cara Kerja:

1. Disiapkan sejumlah labu ukur 100 ml. Kemudian dibuat deret standar 1, 2, 4, 8, 16 ppm dengan cara mengencerkan larutan induk Kalsium 1000 ppm.
2. Ambil cuplikan 1 ml, masukkan dalam labu, kemudian ditambah 1 ml larutan Lanthanum 10% dan ditambah akuades sampai tanda pada labu ukur yang menunjukkan angka 100 ml.
3. Analisis Kalsium dalam cuplikan dan standar dengan SSA sesuai dengan parameter pengukuran

Perhitungan:

Dari hasil analisis didapat konsentrasi kalsium cuplikan.

$$\text{PPm akhir kalsium} = \frac{\text{ppm kalsium pada pemoacaan}}{\text{berat sampel}} \times \text{volume akhir} \times \text{faktor pengenceran}$$

Penentuan Fosfor dengan Spectrofotometer Ultra Violet-Visible

Pereaksi

1. Larutan Amonium molidovanadat

Larutan 1,5 gram NH_4VO_3 dalam 400 ml HNO_3 (1:1) dicampur dengan larutan 90 gram $(\text{NH}_4)_6\text{MO}_7\text{O}_{24} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ dalam 400 ml air, kemudian diencerkan menjadi 1 liter di dalam labu takar dan disimpan dalam botol plastik.

2. Larutan standar fosfor

0,959 gram garam KH_2PO_4 dilarutkan dan diencerkan dalam air menjadi 500 ml. Kemudian diambil sebanyak 15 ml dan diencerkan menjadi 1 liter dalam labu takar dan disimpan dalam botol plastik.

Alat utama : Spektrofotometer Hitachi, Ultra Violet Visibel.

Cara kerja :

1. Disiapkan sejumlah labu takar ukuran 50 ml, labu yang pertama diisi 15,0 ml air (sebagai blangko), yang ke 2 diisi 15 ml larutan standar fosfor dan selebihnya masing-masing diisi dengan larutan cuplikan.
2. Masing-masing labu takar ditambah 10 ml larutan Amonium molidovanadat kemudian diencerkan sampai tanda yang menunjuk angka 50 ml.
3. Absorbansi larutan standar dan larutan cuplikan diamati pada panjang gelombang 430 μM dengan larutan blangko sebagai pembanding.

Perhitungan :

Dari hasil analisis di dapat konsentrasi fosfor cuplikan

$$\text{Ppm akhir fosfor} = \frac{\text{Ppm fosfor pada pembacaan}}{\text{berat sample}} \times \text{Volume akhir} \times \text{faktor pengenceran}$$

Cara penyediaan preparat histologis.

1. Dilakukan pembiusan binatang percobaan dengan aether dan dimatikan
2. Kemudian dilakukan pengambilan jaringan yang dibutuhkan, yaitu: bagian distal femur kanan, dan deretan gigi molar rahang bawah kanan.
3. Jaringan yang akan diperiksa difiksasi dengan larutan fixatif, yang terdiri dari 50 cc $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 5%, 10 cc formalin, 5 cc asam cuka glacial dan aqua (ad 100 cc). Fiksasi jaringan dilakukan selama 2 hari.
4. Dilakukan pencucian dengan air mengalir selama 1 malam.

5. Setelah pencucian dengan air, maka dilakukan dehidrasi dengan alkohol 70%, 80%, 90% dan 96%. Untuk tiap konsentrasi dilakukan selama 2 hari.
 6. Rehidrasi dengan alkohol 90%, 80%, 70% dan aquades. Tiap konsentrasi dilakukan selama 1 jam.
 7. Dekalsifikasi dilakukan pada hari berikutnya dengan larutan yang mengandung
 - AlCl₃..... 7 gram
 - Acid formic..... 5 cc
 - HCl 37%..... 8,5 cc
 - ad aqua 100 cc
- Kelunakan jaringan dipes dengan jarum. Kemudian dicuci dengan air 1 malam.
8. Dilakukan netralisasi pada hari berikutnya dengan bahan Na₂ SO₄ 2%. Larutan diganti beberapa kali, yaitu 2 x diganti dalam waktu 24 jam.
 9. Dilakukan pencucian dengan air mengalir selama semalam.
 10. Dehidrasi dengan larutan alkohol 70%, 80%, 95% dan alkohol absolut masing-masing dalam waktu 1 jam.
 11. Dilakukan penjemihan dengan xylol I dan xylol II masing-masing selama 1 jam.
 12. Dilakukan infiltrasi dengan parafin cair.
 13. Pencetakan dalam bentuk blok parafin.
 14. Dilakukan pengirisan jaringan dengan *rotary microtome* setebal 6 μ (mikron).
 15. Kemudian irisan ditempel ke dek glas.
 16. Dilakukan pewarnaan dengan *Haemato xylilin eosin*.
 17. Kemudian dilakukan *mounting* yaitu penutupan dengan *cover glass*, pada
 18. Pengeringan

Satuan pengukuran variabel penelitian

- a. Kadar kalsium gigi dan tulang diukur dalam $\mu\text{gr}/100$ gr. berat sampel.
- b. Kadar fosfor gigi dan tulang diukur dalam $\mu\text{gr}/100$ gr. berat sampel.
- c. Berat sampel gigi dan tulang diukur dalam miligram.
- d. Lebar lapisan predentin gigi diukur dalam mikron.
- e. Lebar lempengan epiphysis tulang diukur dalam mikron.

Cara pengukuran lebar predentin dan epiphysis tulang mikroskop

Pengukuran dilakukan dengan menggunakan:

1. *Objective micrometer* (dari Olympus) yang berbentuk garis, jarak grit = 0,01 mm = 10 μ . Alat ini dipasang dibawah mikroskop.
2. *Eyepiece micrometer* (dari Olympus) = *Ocular micrometer* yang berbentuk kotak-kotak.

Tiap pembesaran, ukuran kotak di *eyepiece* dikalibrasi dengan *objective micrometer* pembesaran pada *eyepiece* = 10. Pada pembesaran objective 10, didapatkan 10 kotak = 70 μ .

4.8. Analisis Data

Untuk mengetahui pengaruh nutrisi terhadap kalsifikasi gigi dan tulang pada keseluruhan kelompok maka dilakukan uji statistik dengan analisis Variansi 1 jalur. Untuk mengetahui pengaruh perlakuan pada variabel penelitian pada masing-masing kelompok dan sub kelompok dilakukan uji t.

BAB 5 HASIL PENELITIAN DAN ANALISIS HASIL PENELITIAN

5.1. Hasil Penelitian

Telah dilakukan penelitian tentang pengaruh kekurangan kalsium, protein dan kekurangan kalsium dan protein; pada 2 kelompok tikus yaitu Kelompok A adalah kelompok perlakuan posnatal dan kelompok B, C, D, adalah kelompok perlakuan prenatal dan posnatal. Masing-masing kelompok dibagi menjadi 4 subkelompok, dengan jumlah sampel masing-masing subkelompok 10 ekor tikus sehingga jumlah sampel keseluruhan 160 anak tikus terdiri dari A₀, A_I, A_{II}, A_{III}; B₀, B_I, B_{II}, B_{III}; C₀, C_I, C_{II}, C_{III} dan D₀, D_I, D_{II}, dan D_{III}.

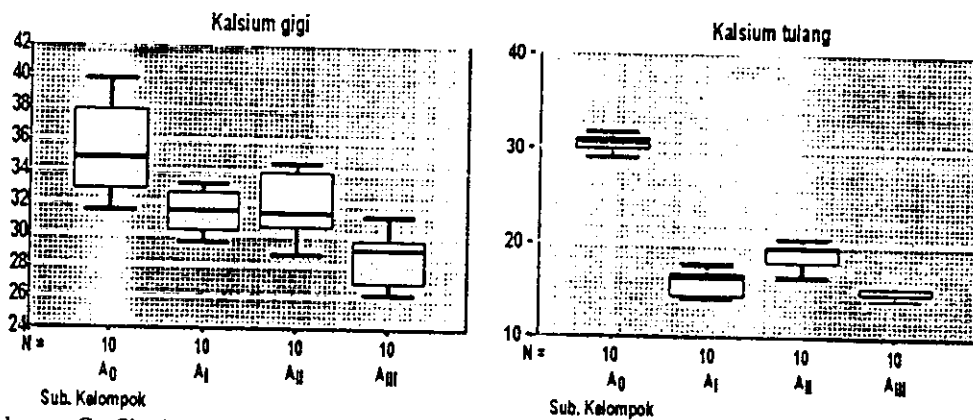
- I. Sub kelompok A₀, B₀, C₀, dan D₀ ialah sub kelompok dengan pemberian makanan standar setelah anak tikus disapih sampai anak tikus berumur 56 hari.
- II. Sub kelompok A_I, B_I, C_I, D_I ialah sub kelompok dengan pemberian makanan kurang kalsium setelah anak tikus disapih sampai anak tikus berumur 56 hari.
- III. Sub kelompok A_{II}, B_{II}, C_{II}, dan D_{II} ialah sub kelompok dengan pemberian makanan kurang protein setelah anak tikus disapih sampai anak tikus berumur 56 hari.
- IV. Sub kelompok A_{III}, B_{III}, C_{III}, dan D_{III} ialah sub kelompok dengan pemberian makanan kurang kalsium dan protein setelah anak tikus disapih sampai anak tikus berumur 56 hari.

Untuk mengetahui apakah ada pengaruh perlakuan pada variabel penelitian, yaitu: kadar kalsium gigi dan tulang, kadar fosfor gigi dan tulang, berat sampel gigi dan tulang, lebar lapisan predentin gigi dan lebar lempeng epiphysis tulang diantara kelompok-kelompok penelitian, maka dilakukan uji analisis variansi 1 jalur. Untuk

mengetahui perbedaan pengaruh perlakuan pada masing-masing sub kelompok penelitian maka dilakukan uji t.

Satuan ukuran yang digunakan dalam penelitian ini ialah : kadar kalsium gigi dan tulang diukur dalam $\mu\text{g}/100 \text{ g}$, kadar fosfor gigi dan tulang diukur dalam $\mu\text{g}/100 \text{ g}$ berat sampel gigi dan tulang dalam miligram, lebar lapisan predentin gigi dalam mikron, dan lebar lempeng epiphysis tulang dalam mikron.

5.1. Hasil uji t kadar kalsium gigi dan tulang, kadar fosfor gigi dan tulang, berat sampel gigi dan tulang, lebar predentin gigi dan lebar epiphysis tulang antar sub kelompok dalam kelompok A. (tabel 1-8, lampiran 2)

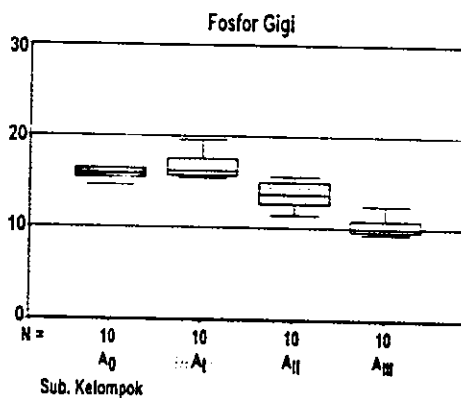


Gambar : Grafik 1a Rerata dan kuartil kadar kalsium gigi kelompok A₀-A_{III}

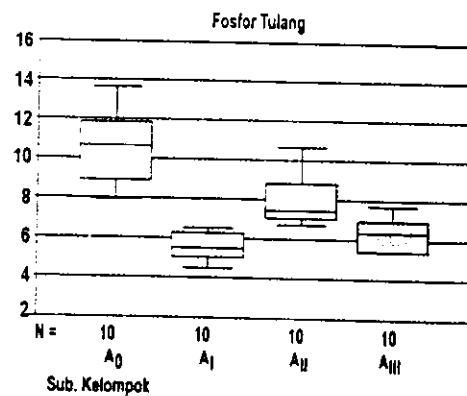
Gambar : Grafik 1b Rerata dan kuartil kadar kalsium tulang kelompok A₀-A_{III}

5.2.1.1. Uji t antar sub kelompok dalam kelompok A untuk kadar kalsium gigi menunjukkan bahwa subkelompok A_{III} (sub kelompok yang diberi makanan kurang kalsium dan protein sejak anak tikus disapih sampai berumur 56 hari) kalsifikasi giginya lebih terhambat daripada sub kelompok A₀ (sub kelompok anak tikus yang

diberi makanan standar sejak disapih sampai umur 56 hari), A_I (sub kelompok anak tikus yang diberi makanan kurang kalsium sejak disapih sampai berumur 56 hari) dan sub kelompok A_{II} (sub kelompok anak tikus yang diberi makanan dengan kekurangan protein sejak disapih sampai umur 56 hari), dengan kemaknaan terlihat pada tabel 1. Kadar kalsium gigi sub kelompok $A_{III} = 28,626 \pm 1,570$, subkelompok $A_0 = 35,276 \pm 2,958$, $A_I = 31,500 \pm 1,287$, $A_{II} = 31,750 \pm 1,993$ (Grafik 1a). Sedangkan uji t antar sub kelompok dalam kelompok A untuk kadar kalsium tulang didapatkan bahwa sub kelompok A_{III} kalsifikasi tulangnya lebih terhambat dari kelompok A_0 , A_I dan A_{II} dengan kemaknaan terlihat pada tabel 2. Kadar kalsium tulang pada sub kelompok $A_{III} = 14,882 \pm 0,445$, $A_0 = 30,357 \pm 0,035$, $A_I = 16,079 \pm 1,337$, dan $A_{II} = 18,858 \pm 1,467$ (Grafik 1b).



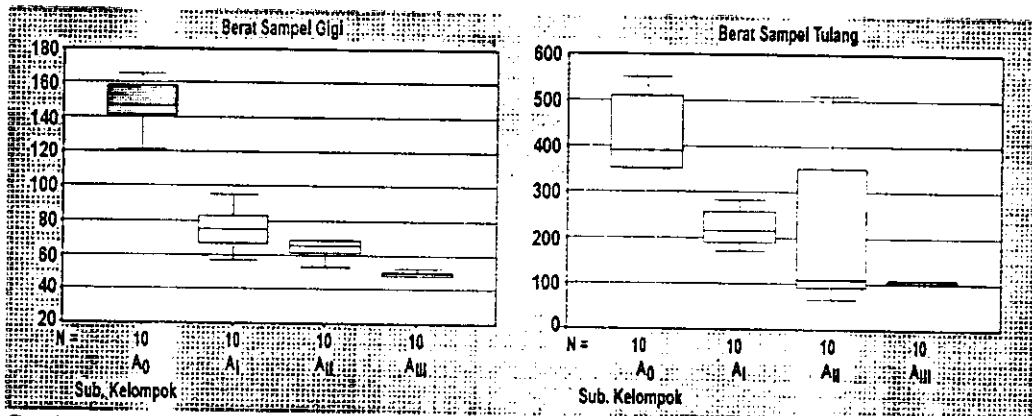
Gambar : Grafik 2a Rerata dan kuartil kadar fosfor gigi kelompok A_0 - A_{III}



Gambar : Grafik 2b Rerata dan kuartil kadar fosfor tulang kelompok A_0 - A_{III}

5.1.2. Uji t antar sub kelompok dalam kelompok A untuk kadar fosfor gigi menunjukkan kalsifikasi gigi pada sub kelompok A_{III} lebih terhambat dari sub kelompok A_0 , A_I , dan A_{II} dengan kemaknaan terlihat pada tabel 3. Kadar fosfor gigi

sub kelompok $A_{III} = 10,315 \pm 0,965$, $A_0 = 17,261 \pm 3,604$, $A_I = 16,389 \pm 1,773$, dan $A_{II} = 14,070 \pm 2,538$ (Grafik 2a). Uji t antar sub kelompok dalam kelompok A untuk kadar fosfor tulang menunjukkan bahwa sub kelompok A_{III} kalsifikasi tulangnya lebih terhambat dari subkelompok A_0 , A_I , dan A_{II} dengan kemaknaan terlihat pada tabel 4. Kadar fosfor tulang pada sub kelompok $A_{III} = 6,362 \pm 0,904$, $A_0 = 10,544 \pm 1,802$, $A_I = 5,787 \pm 1,062$ dan $A_{II} = 8,039 \pm 1,375$ (Grafik 2b).



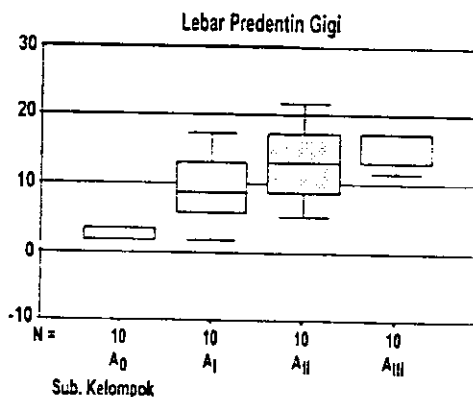
Gambar : Grafik 3a Rerata dan kuartil berat sampel gigi kelompok A_0 - A_{III}

Gambar : Grafik 3b Rerata dan kuartil berat sampel tulang kelompok A_0 - A_{III}

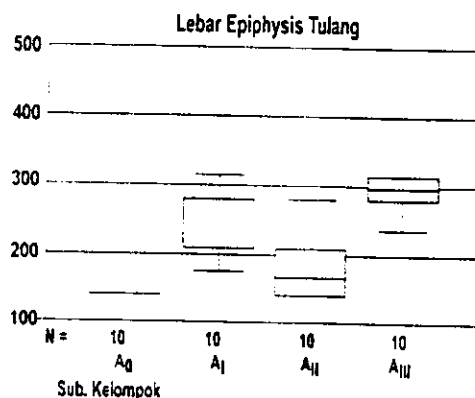
5.1.3. Uji t antar sub kelompok dalam kelompok A untuk berat sampel gigi menunjukkan pada sub kelompok A_{III} kalsifikasi giginya lebih terhambat dari sub kelompok A_0 , A_I , dan A_{II} dengan kemaknaan terlihat pada tabel 5. Berat sampel gigi sub kelompok $A_{III} = 49,750 \pm 1,429$, $A_0 = 147,700 \pm 13,776$, $A_I = 75,521 \pm 11,147$, dan $A_{II} = 61,980 \pm 11,680$ (Grafik 3a). Dari uji t antar subkelompok dalam kelompok A untuk berat sampel tulang didapatkan bahwa kalsifikasi tulang pada subkelompok A_{III} lebih terhambat dari sub kelompok A_0 , A_I , dan A_{II} dengan kemaknaan terlihat

pada tabel 6. Berat sampel tulang pada sub kelompok $A_{III} = 113,010 \pm 18,997$, $A_0 = 425,770 \pm 82,691$, $A_I = 226,010 \pm 38,218$, dan $A_{II} = 223,810 \pm 180,869$ (Grafik 3b).

5.1.4. Uji t antar sub kelompok dalam kelompok A untuk lebar predentin gigi menunjukkan kalsifikasi gigi pada sub kelompok A_{III} lebih terhambat dari sub kelompok A_0 , A_I , dan A_{II} dengan kemaknaan pada tabel 7, Lebar lapisan predentin gigi untuk sub kelompok $A_{III} = 17,793 \pm 4,994$, $A_0 = 2,275 \pm 0,815$, $A_I = 10,092 \pm 5,159$ dan $A_{II} = 13,652 \pm 5,073$ (Grafik 4a). Uji t antar sub kelompok dalam kelompok A untuk lebar lempeng epiphysis tulang didapatkan bahwa kalsifikasi tulang pada sub kelompok A_{III} lebih terhambat dari sub kelompok A_0 , A_I dan A_{II} dengan kemaknaan terlihat pada tabel 8. Lebar lempeng epiphysis tulang pada sub kelompok $A_{III} = 312,630 \pm 67,628$, $A_0 = 143,500 \pm 11,068$, $A_I = 238,000 \pm 54,221$ dan $A_{II} = 186,200 \pm 54,116$ (Grafik 4b).

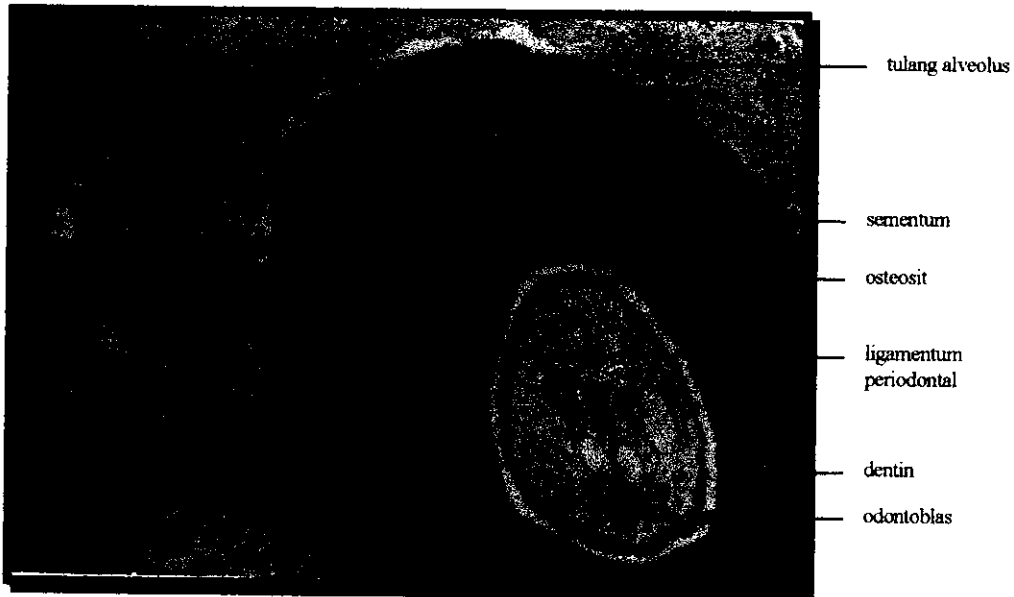


Gambar : Grafik 4a Rerata dan kuartil lebar predentin gigi kelompok A_0 - A_{III}



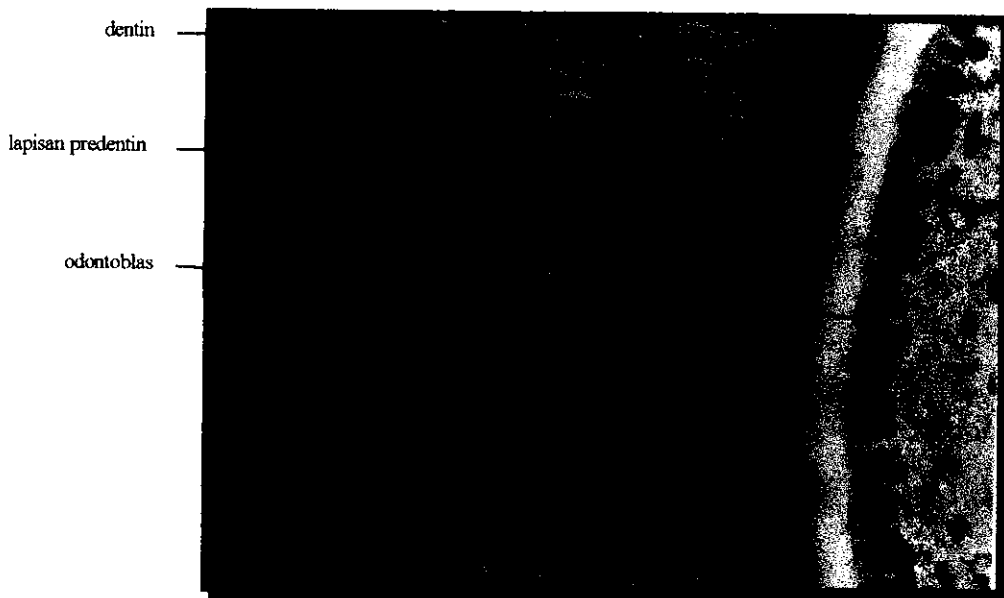
Gambar : Grafik 4b Rerata dan kuartil lebar epiphysis tulang kelompok A_0 - A_{III}

5.1.5. Gambaran histologis gigi dan tulang kelompok A



Gambar 1 : Gigi kelompok kontrol (A_0), pembesaran mikroskop 100 kali

Menunjukkan gambaran histologis gigi molar pada kontrol (A_0) pada pembesaran mikroskop 100 kali. Lapisan predentin tampak sangat tipis. Lapisan dentin telah terbentuk sempurna dan terlihat odontoblas yang tersusun teratur.



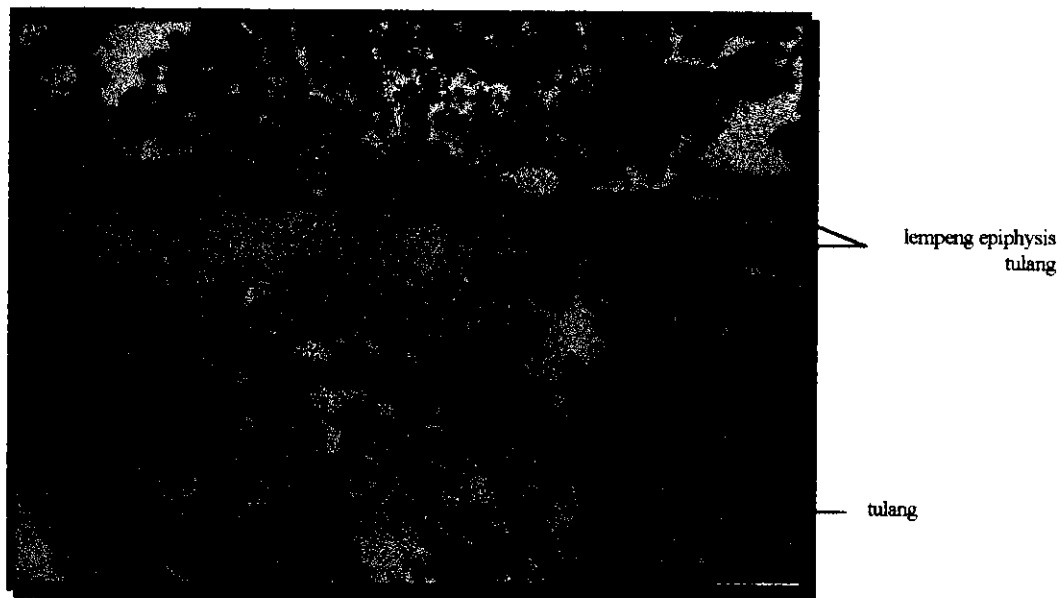
Gambar 2 : Gigi kelompok kontrol (A_0), pembesaran mikroskop 400 kali

Memperlihatkan gambaran histologis gigi molar kelompok kontrol (A_0) pada pembesaran mikroskop 400 kali.



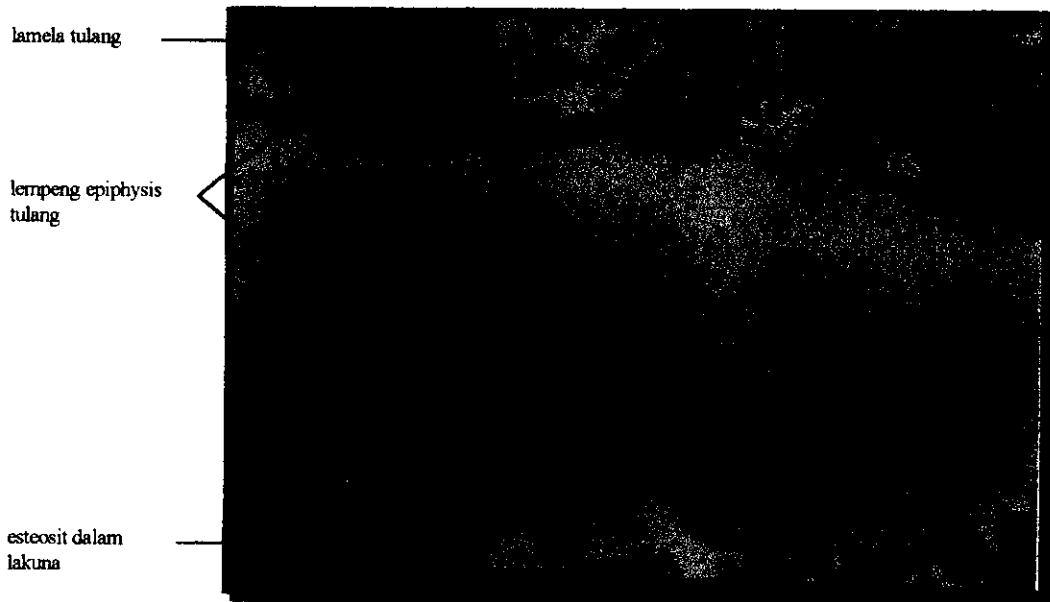
Gambar 3 : Tulang kelompok kontrol (A_0), pembesaran 100 kali

Memperlihatkan gambaran histologis epiphysis distal tulang femur tikus. Kelompok kontrol (A_0) pada pembesaran mikroskop 100 kali. Lebar lapisan tulang kortikal yang terbentuk menunjukkan tidak adanya hambatan dalam kalsifikasi tulang.



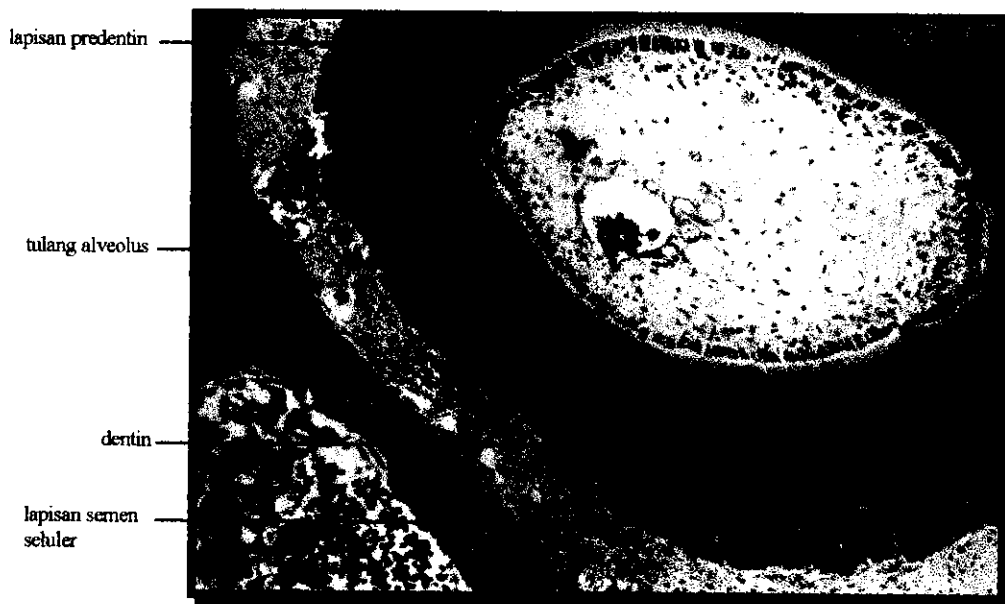
Gambar 4 : Tulang kelompok kontrol (A_0), pembesaran mikroskop 32 kali.

Menunjukkan lebar lempeng epiphysis distal tulang femur kelompok kontrol (A_0), pada pembesaran mikroskop 32 kali. Lempeng epiphysis tampak telah menipis, hal ini menunjukkan bahwa pertumbuhan tulang telah hampir selesai.



Gambar 5 : Tulang kelompok kontrol (A_0), pembesaran mikroskop 100 kali.

Menunjukkan lebar lempeng epiphysis tulang kelompok kontrol (A_0), pada pembesaran mikroskop 100 kali. Pada kelompok kontrol, telah terbentuk lamelae tulang dan telah banyak terbentuk tulang trabekula. Hal ini menunjukkan tidak adanya hambatan dalam pertumbuhan tulang.



Gambar 6 : Gigi sub kelompok A_{III} , pembesaran mikroskop 100 kali.

Memperlihatkan gambaran histologis gigi pada sub kelompok A_{III} . Lapisan predentin tampak lebih lebar dan lapisan dentin yang terbentuk lebih tipis dari kelompok kontrol.



Gambar 7 : Gigi sub kelompok A_{III}, pembesaran mikroskop 400 kali.

Menunjukkan gambaran histologis gigi molar sub kelompok A_{III} pada pembesaran mikroskop 400 kali.



Gambar 8 : Tulang kelompok A_{III}, pembesaran mikroskop 32 kali

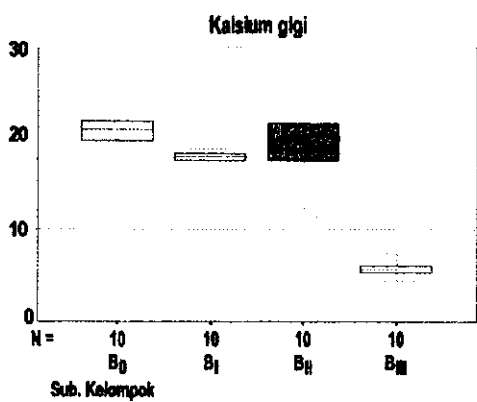
Memperlihatkan lebar epiphysis tulang pada sub kelompok A_{III} pada pembesaran mikroskop 32 kali. Lempeng epiphysis tulang pada sub kelompok ini masih tampak lebar. Tulang trabekula yang terbentuk cukup banyak, dan terdapat penipisan tulang kortikal.



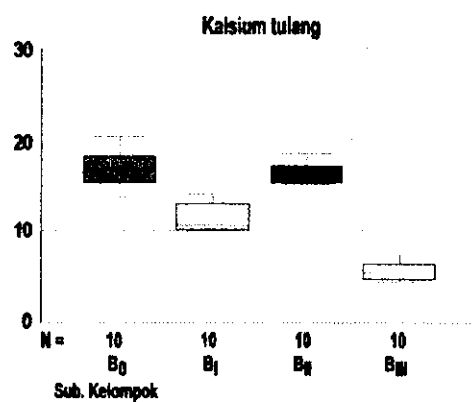
Gambarn 9 : Tulang kelompok A_{III}, pembesaran mikroskop 100 kali.

Menunjukkan lebar lempeng epiphysis tulang pada sub kelompok A_{III} dengan pembesaran mikroskop 100 kali..

5.2. Hasil analisis kadar kalsium gigi dan tulang, kadar fosfor gigi dan tulang, berat sample gigi dan tulang, lebar lapisan predentin gigi dan lebar lempeng epiphysis tulang antar sub kelompok dalam kelompok B. (tabel 9-16, lampiran 2)

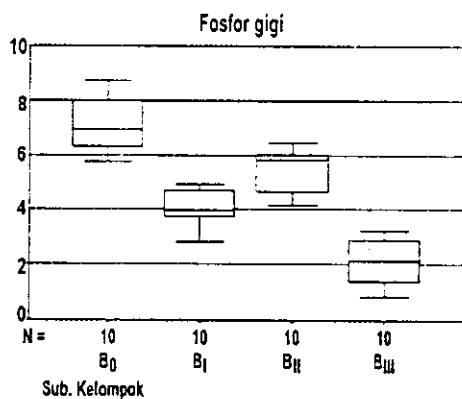


Gambar : Grafik 5a Rerata dan kuartil kadar kalsium gigi kelompok B₀-B_{III}

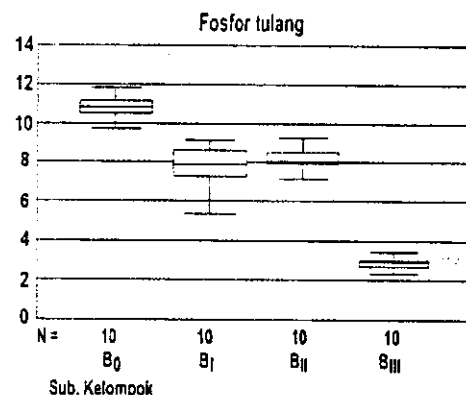


Gambar : Grafik 5b Rerata dan kuartil kadar kalsium tulang kelompok B₀-B_{III}

5.2.1. Uji t antar sub kelompok untuk kadar kalsium gigi didapatkan bahwa sub kelompok B_{III} (sub kelompok anak tikus yang diberi makanan kurang kalsium sejak disapih sampai umur 56 hari) kalsifikasi giginya lebih terhambat dari sub kelompok B₀ (sub kelompok anak tikus yang diberi makanan standar sejak disapih sampai berumur 56 hari), B_I (sub kelompok anak tikus yang diberi makanan kurang kalsium sejak disapih sampai umur 56 hari), dan B_{II} (sub kelompok anak tikus yang diberi makanan kurang protein sejak disapih sampai umur 56 hari) dengan kemaknaan terlihat pada tabel 9. Kadar kalsium gigi pada sub kelompok B_{III} = $5,768 \pm 0,877$, B₀ = $21,403 \pm 2,051$, B_I = $17,689 \pm 1,034$ dan B_{II} = $18,637 \pm 3,226$ (Grafik 5a).



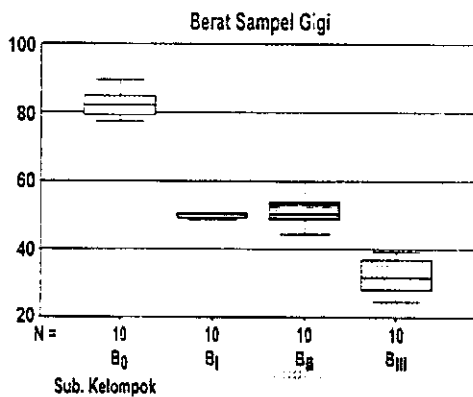
Gambar : Grafik 6a Rerata dan kuartil kadar fosfor gigi kelompok B₀-B_{III}



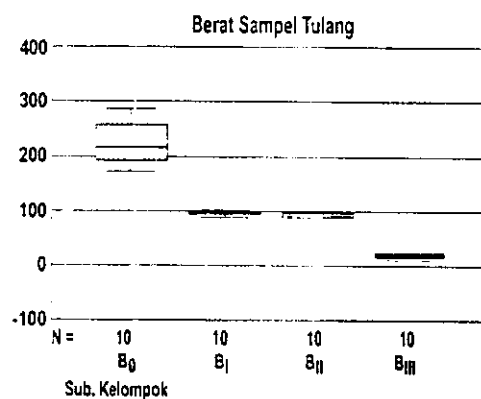
Gambar : Grafik 6b Rerata dan kuartil kadar fosfor tulang kelompok B₀-B_{III}

Uji t antar sub kelompok untuk kadar kalsium tulang menunjukkan bahwa sub kelompok B_{III} kalsifikasi tulangnya lebih terhambat dari kelompok B₀, B_I, dan B_{II} dengan kemaknaan terlihat pada tabel 10. Kadar kalsium tulang pada sub kelompok B_{III} = $5,689 \pm 1,025$, B₀ = $16,700 \pm 2,020$, B_I = $11,555 \pm 1,625$ dan B_{II} = $16,285 \pm 1,281$ (Grafik 5b).

5.2.2. Uji t antar sub kelompok untuk kadar fosfor gigi menunjukkan bahwa sub kelompok B_{III} kalsifikasi giginya lebih terhambat dari sub kelompok B₀, B_I, dan B_{II} dengan kemaknaan terlihat pada tabel 11. Kadar fosfor gigi sub kelompok B_{III} = $2,970 \pm 0,504$, B₀ = $10,830 \pm 0,563$, B_I = $8,177 \pm 1,966$ dan B_{II} = $8,194 \pm 0,606$ (Grafik 6a). Uji t antar sub kelompok untuk kadar fosfor tulang didapatkan bahwa pada sub kelompok B_{III} kalsifikasi tulangnya lebih terhambat dari kalsifikasi tulang sub kelompok B₀, B_I, dan B_{II} dengan kemaknaan terlihat pada tabel 12. Kadar fosfor tulang sub kelompok B_{III} = $2,190 \pm 0,857$, B₀ = $6,831 \pm 1,701$, B_I = $4,034 \pm 0,657$ dan B_{II} = $5,340 \pm 1,788$ (Grafik 6b).



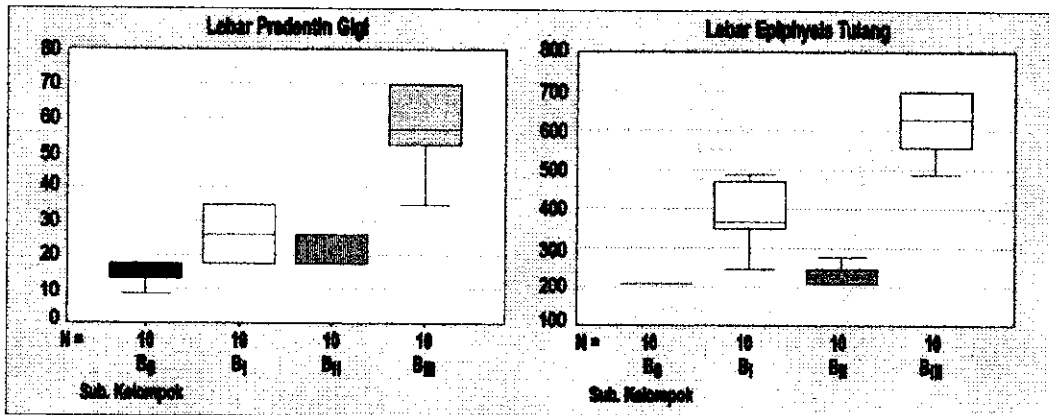
Gambar : Grafik 7a Rerata dan kuartil berat sampel gigi kelompok B₀-B_{III}



Gambar : Grafik 7b Rerata dan kuartil berat sampel tulang kelompok B₀-B_{III}

5.2.3. Uji t antar sub kelompok untuk berat sampel gigi menunjukkan bahwa kalsifikasi gigi pada subkelompok B_{III} lebih terhambat dari subkelompok B₀, B_I, dan B_{II} dengan kemaknaan terlihat pada tabel 13. Berat sampel gigi pada sub kelompok B_{III} = $34,340 \pm 10,097$, B₀ = $80,170 \pm 9,101$, B_I = $50,590 \pm 3,332$ dan B_{II} = $51,660 \pm 4,640$ (Grafik 7a). Uji t antar sub kelompok untuk berat sampel tulang menunjukkan bahwa kalsifikasi tulang pada sub kelompok B_{III} lebih terhambat dari sub kelompok

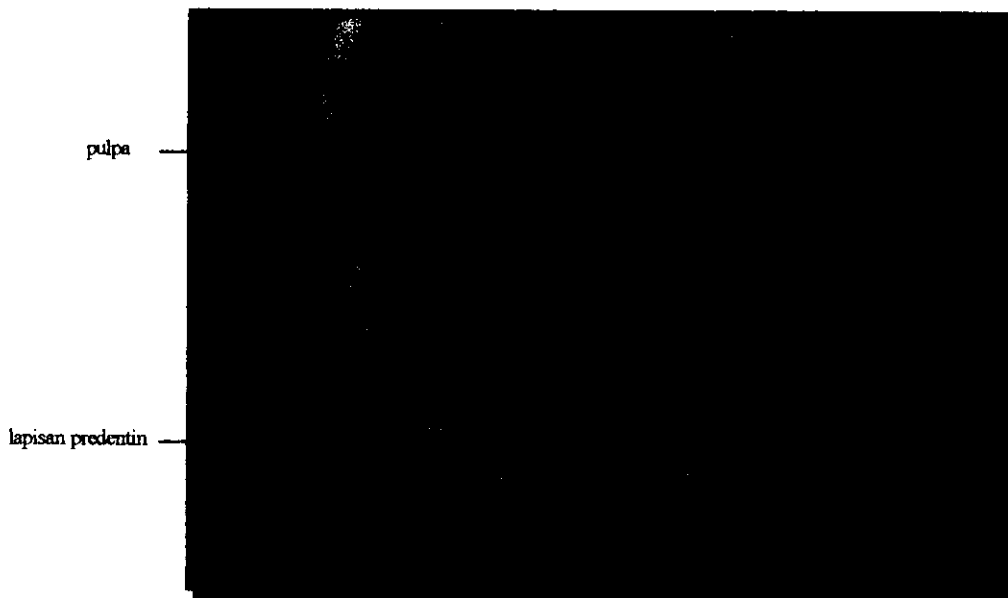
B₀, B_I, dan B_{II} dengan kemaknaan terlihat pada tabel 14. Berat sampel tulang pada sub kelompok B_{III} = 24,600 ± 15,618, B₀ = 226,010 ± 38,218, B_I = 96, 120 ± 7,163 dan B_{II} = 96,720 ± 5,234 (Grafik 7b).



Gambar : Grafik 8a Rerata dan kuartil lebar predentin gigi kelompok B₀-B_{III}

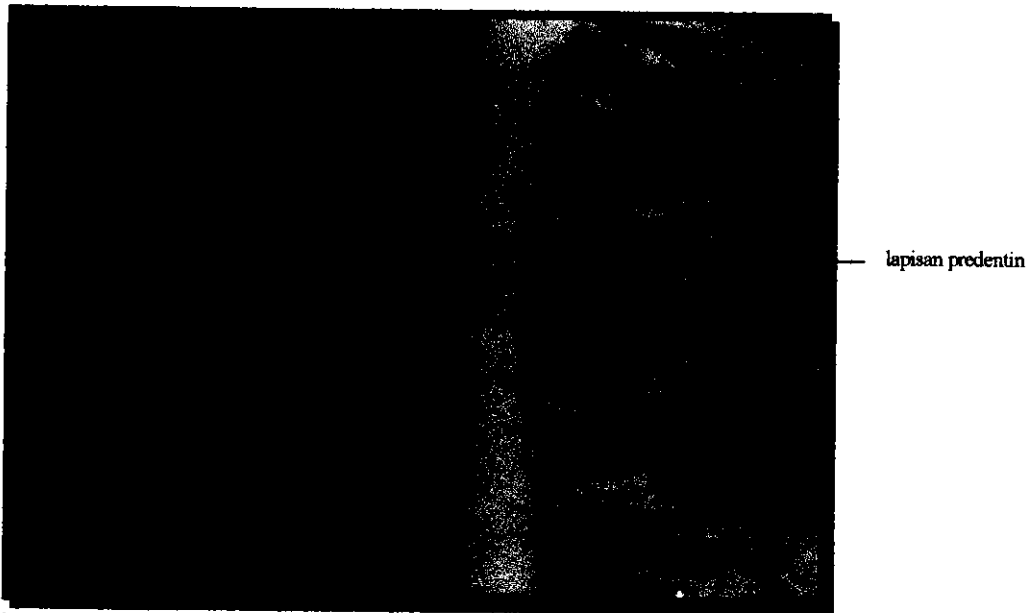
Gambar : Grafik 8b Rerata dan kuartil lebar epiphysis tulang kelompok B₀-B_{III}

5.1.6. Gambaran histologis gigi dan tulang pada sub kelompok B_{III}.



Gambar 10 : Gigi kelompok B_{III}, pembesaran mikroskop 100 kali.

Memperlihatkan gambaran histologis gigi molar sub kelompok B_{III} pada pembesaran mikroskop 100 kali. Lapisan predentin tampak masih sangat lebar. Terdapat degenerasi pada lapisan sel odontoblas. Lapisan predentin yang terbentuk lebih tipis.



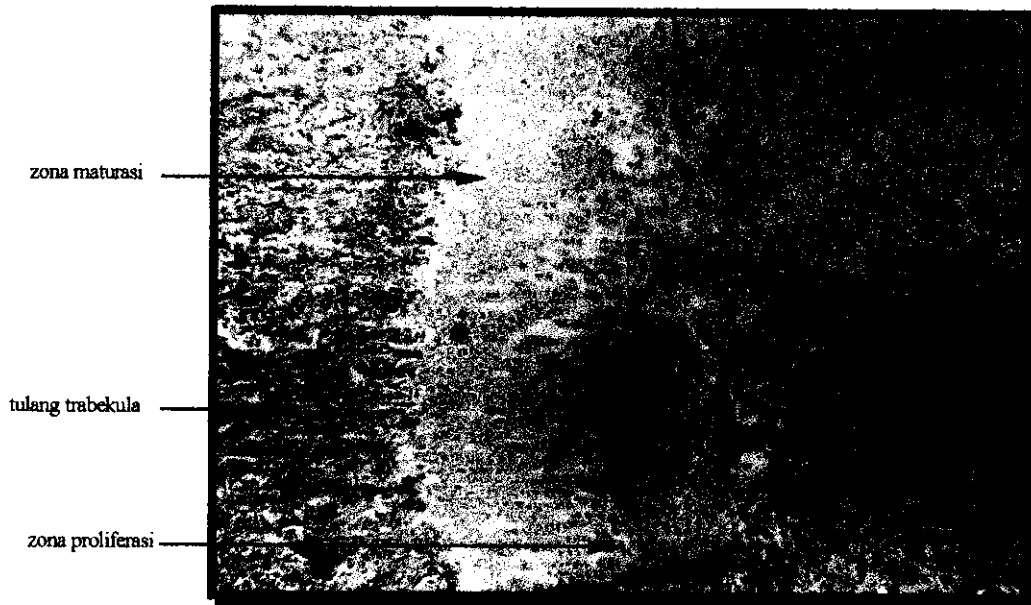
Gambar 11 : Gigi kelompok B_{III}, pembesaran mikroskop 400 kali.

Menunjukkan gambaran histologis gigi molar pada sub kelompok B_{III} pada pembesaran mikroskop 400 kali. Tampak lapisan predentin masih sangat lebar, dan adanya degenerasi sel odontoblas.



Gambar 11a : gigi incisivus kelompok B_{III}

Menunjukkan perbandingan gigi incisivus sub kelompok B_{III} dengan kelompok kontrol (A₀). Gigi Incisivus sub kelompok B_{III} tampak lebih kecil baik dalam hal panjang maupun ketebalannya.



Gambar 12 : Tulang kelompok B_{III}, pembesaran mikroskop 32 kali.

Menunjukkan gambaran histologis epiphysis tulang sub kelompok B_{III} pada pembesaran mikroskop 32 kali. Lempong epiphysis tampak sangat lebar. Tulang trabekula yang terbentuk masih sangat kurang. Hal ini menunjukkan adanya hambatan dalam kalsifikasi tulang.

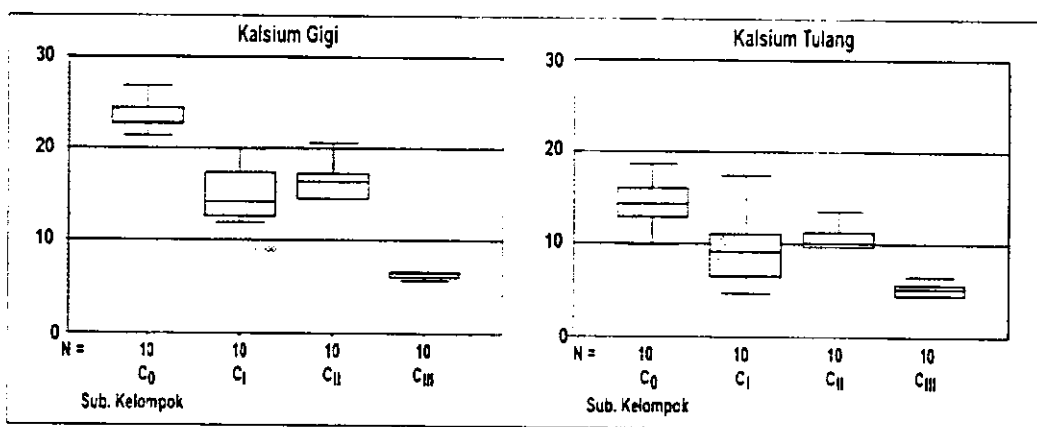


Gambar 13 : Tulang kelompok B_{III}, pembesaran mikroskop 100 kali.

Gambaran epiphysis distal tulang femur sub kelompok B_{III} pada pembesaran mikroskop 100 kali. Pada sub kelompok ini zona proliferasi masih tampak lebar. Hal ini menunjukkan bahwa pertumbuhan tulang masih aktif.

5.2.4. Uji t antar sub kelompok untuk lebar lapisan predentin gigi menunjukkan bahwa kalsifikasi gigi pada sub kelompok B_{III} lebih terhambat dari kalsifikasi gigi sub kelompok B₀, B_I, dan B_{II} dengan kemaknaan terlihat pada tabel 15. Lebar lapisan predentin gigi pada sub kelompok B_{III} = $56,000 \pm 13,173$, B₀ = $15,088 \pm 2,944$, B_I = $26,250 \pm 9,233$ dan B_{II} = $23,625 \pm 4,227$ (Grafik 8a). Uji t antar sub kelompok untuk lebar lempeng epiphysis tulang didapatkan bahwa kalsifikasi tulang pada sub kelompok B_{III} lebih terhambat dari sub kelompok B₀, B_I, dan B_{II} dengan kemaknaan terlihat pada tabel 16. Lebar lempeng epiphysis pada sub kelompok B_{III} = $623,000 \pm 83,805$, B₀ = $220,500 \pm 23,623$ dan B_{II} = $227,500 \pm 29,744$ (Grafik 8b).

5.3. Hasil analisis kadar kalsium gigi dan tulang, kadar fosfor gigi dan tulang, berat sampel gigi dan tulang, lebar lapisan predentin gigi dan lebar lempeng epiphysis tulang antar sub kelompok dalam kelompok C. (tabel 17-24, lampiran 2)

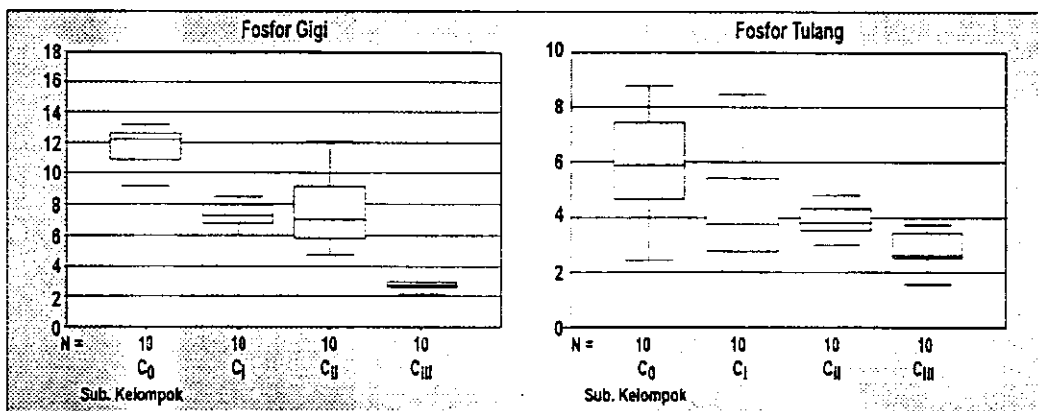


Gambar : Grafik 9a Rerata dan kuartil kadar kalsium gigi kelompok C₀-C_{III}

Gambar : Grafik 9b Rerata dan kuartil kadar kalsium tulang kelompok C₀-C_{III}

5.3.1. Uji t antar sub kelompok untuk kadar kalsium gigi menunjukkan bahwa kalsifikasi gigi pada sub kelompok C_{III} (sub kelompok anak tikus yang berasal dari

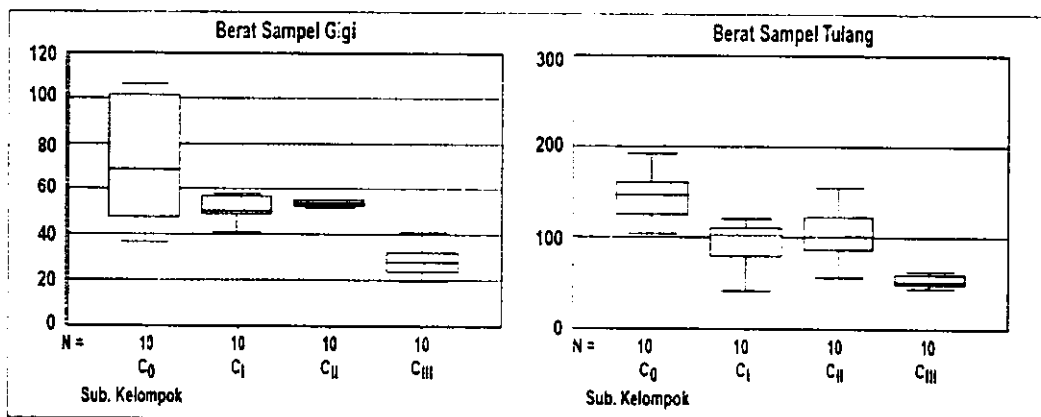
induk dengan kekurangan protein dan diberi makanan kurang kalsium dan protein sejak disapih samapi umur 56 hari) lebih terhambat dari kalsifikasi gigi dari pada sub kelompok C_0 (sub kelompok anak tikus yang berasal dari induk kurang protein dan diberi makanan standar sejak disapih sampai umur 56 hari), C_1 (sub kelompok anak tikus yang berasal dari induk dengan kekurangan protein dan diberi makanan kurang kalsium sejak disapih sampai umur 56 hari), dan C_{II} (sub kelompok anak tikus yang berasal dari induk kurang protein dan diberi makanan kurang protein sejak disapih sampai umur 56 hari) dengan kemaknaan terlihat pada tabel 17. Kadar kalsium gigi dalam sub kelompok $C_{III} = 6,707 \pm 1,324$, $C_0 = 23,241 \pm 2,101$, $C_1 = 15,205 \pm 2,643$ dan $C_{II} = 16,835 \pm 2,242$ (Grafik 9a). Uji t antar sub kelompok untuk kadar kalsium tulang menunjukkan bahwa kalsifikasi tulang pada sub kelompok C_{III} lebih terhambat dari kalsifikasi sub kelompok C_0 , C_1 , dan C_{II} dengan kemaknaan terlihat pada tabel 18. Kadar kalsium tulang pada sub kelompok $C_{III} = 5,249 \pm 0,764$, $C_0 = 13,397 \pm 2,469$, $C_1 = 9,878 \pm 3,994$ dan $C_{II} = 10,715 \pm 1,239$ (Grafik 9b).



Gambar : Grafik 10a Rerata dan kuartil kadar fosfor gigi kelompok C_0 - C_{III}

Gambar : Grafik 10b Rerata dan kuartil kadar fosfor tulang kelompok C_0 - C_{III}

5.3.2. Uji t antar sub kelompok untuk kadar fosfor gigi menunjukkan bahwa kalsifikasi gigi pada sub kelompok C_{III} lebih terhambat dari sub kelompok C₀, C_I, dan C_{II} dengan kemaknaan terlihat pada tabel 19. Kadar fosfor gigi pada sub kelompok C_{III} = $3,032 \pm 0,859$, C₀ = $12,174 \pm 1,835$, C_I = $7,545 \pm 1,310$ dan C_{II} = $7,578 \pm 2,278$ (Grafik 10a). Uji t antar sub kelompok untuk kadar fosfor tulang menunjukkan bahwa kalsifikasi tulang pada sub kelompok C_{III} lebih terhambat dari kalsifikasi tulang pada sub kelompok C₀, C_I, dan C_{II} dengan kemaknaan terlihat pada tabel 20. Kadar fosfor dalam tulang pada sub kelompok C_{III} = $2,762 \pm 0,676$, C₀ = $5,908 \pm 2,049$, C_I = $4,346 \pm 2,148$ dan C_{II} = $3,865 \pm 0,565$ (Grafik 10b).



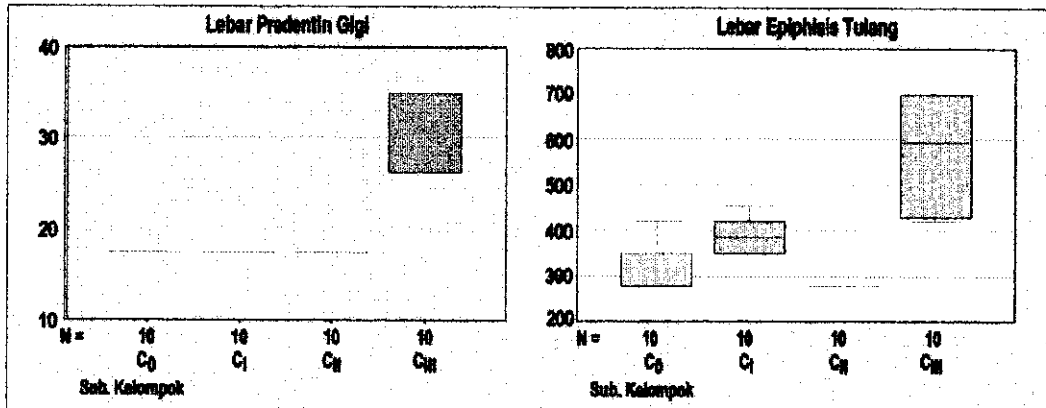
Gambar : Grafik 11a Rerata dan kuartil berat sampel gigi kelompok C₀-C_{III}

Gambar : Grafik 11b Rerata dan kuartil berat sampel tulang kelompok C₀-C_{III}

5.3.3. Uji t antar subkelompok untuk berat sampel gigi menunjukkan bahwa kalsifikasi gigi pada subkelompok C_{III} lebih terhambat dari sub kelompok C₀, C_I dan C_{II} dengan kemaknaan terlihat pada tabel 21. Berat sampel gigi pada sub kelompok C_{III} = $29,090 \pm 7,315$, C₀ = $72,760 \pm 26,033$, C_I = $52,700 \pm 8,413$ dan C_{II} = $54,430 \pm 4,552$ (Grafik 11a). Uji t antar subkelompok untuk berat sampel tulang menunjukkan bahwa kalsifikasi tulang pada sub kelompok C_{III} lebih terhambat dari kalsifikasi

tulang pada sub kelompok C₀, C_I dan C_{II} dengan kemaknaan terlihat pada tabel 22.

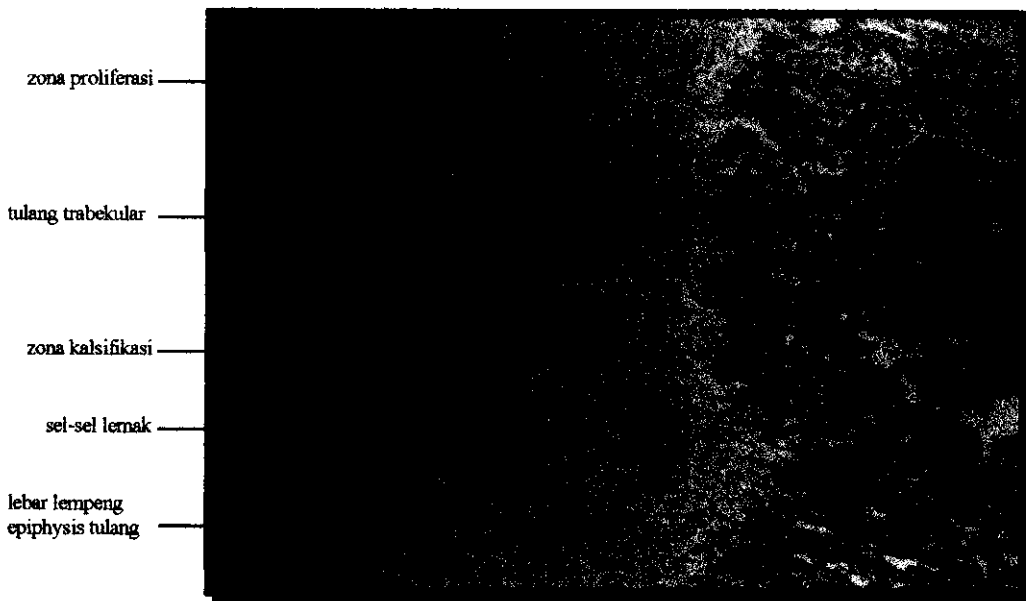
Berat sampel tulang pada sub kelompok C_{III} = 52,710 ± 6,645, C₀ = 144,640 ± 25,387, C_I = 101,910 ± 35,729 dan C_{II} = 103,020 ± 27,459 (Grafik 11b).



Gambar : Grafik 12a Rerata dan kuartil lebar predentin gigi kelompok C₀-C_{III}

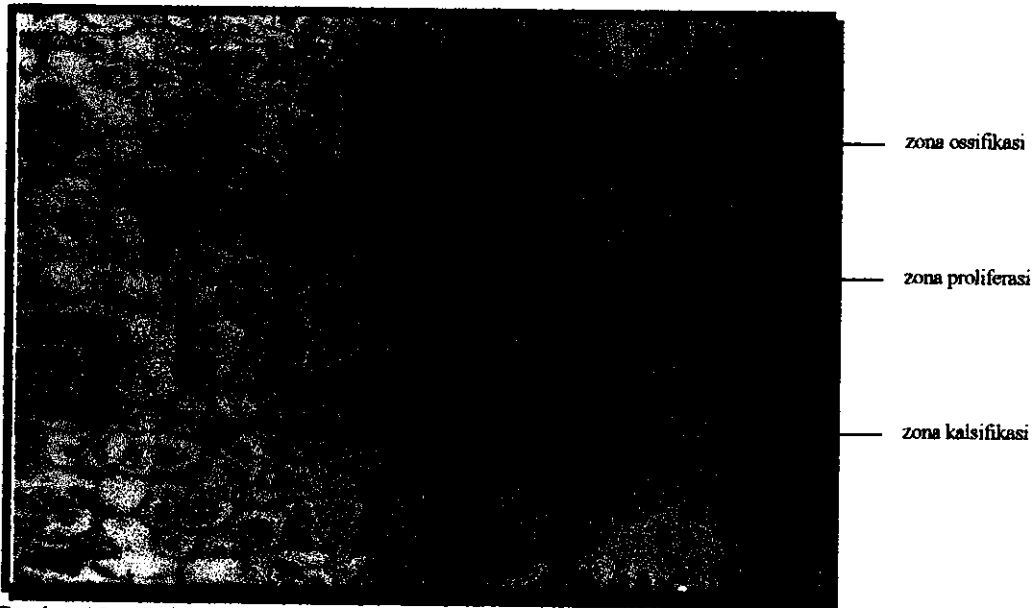
Gambar : Grafik 12b Rerata dan kuartil lebar epiphysis tulang kelompok C₀-C_{III}

5.1.7. Gambaran histologis gigi dan tulang pada sub kelompok C_{III}.



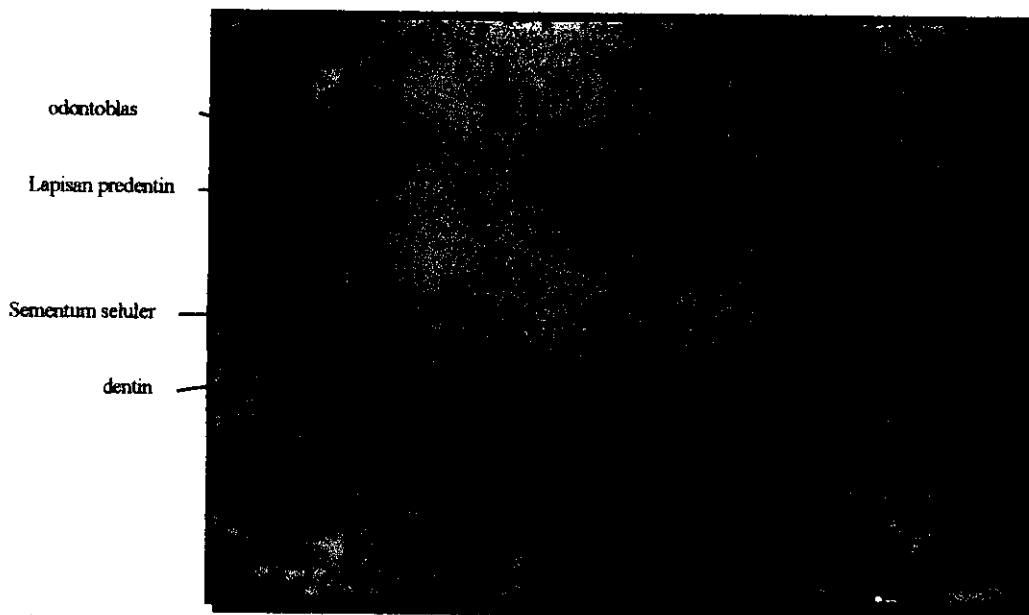
Gambar 14 : Tulang kelompok C_{III}, pembesaran mikroskop 32 kali.

Menunjukkan lebar lempeng epiphysis distal tulang femur sub kelompok C_{III} pada pembesaran mikroskop 32 kali. Lempeng epiphysis tampak sangat lebar. Tampak gerombolan sel lemak dalam susunan tulang yang dapat menghambat fungsi susunan tulang sebagai pembuat sel-sel darah.



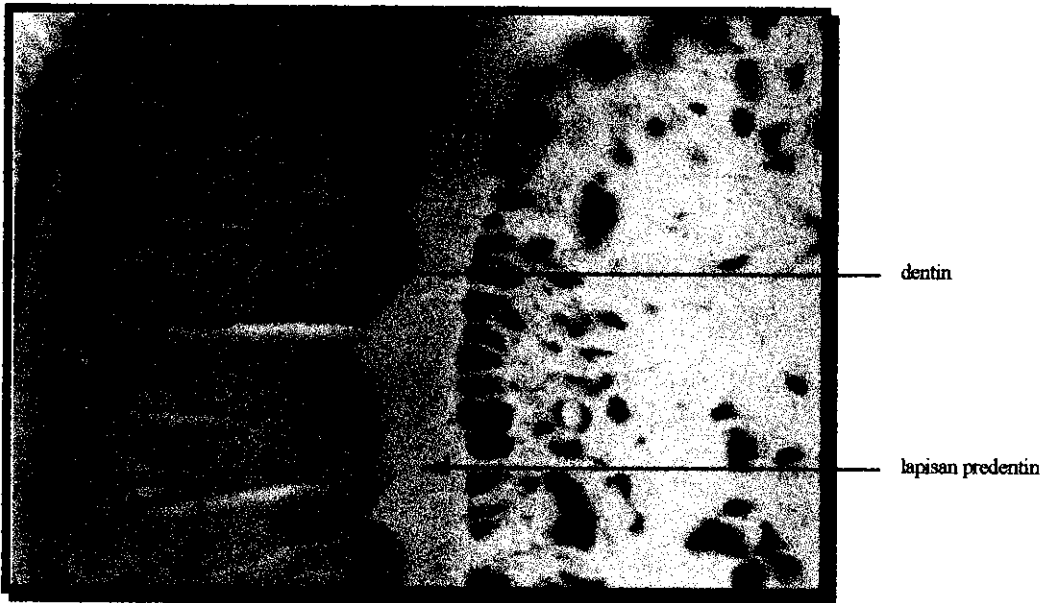
Gambar 15 : Tulang kelompok C_{III}, pembesaran mikroskop 100 kali.

Adalah gambaran histologis epiphysis distal tulang tulang femur pada sub kelompok C_{III} pada pembesaran mikroskop 100 kali. Zona proliferasi tampak masih lebar. Hal ini menunjukkan bahwa pertumbuhan tulang masih aktif.



Gambar 16 : Gigi kelompok C_{III}, pembesaran mikroskop 100 kali

Memperlihatkan gambaran histologis gigi sub kelompok C_{III} pada pembesaran mikroskop 100 kali. Lapisan predentin tampak sangat lebar, terdapat pengurangan ketebalan dentin.



Gambar 17 : Gigi kelompok C_{III}, pembesaran mikroskop 400 kali.

Menunjukkan gambaran histologis gigi molar sub kelompok C_{III} pada pembesaran mikroskop 400 kali. Tampak adanya degenerasi sel odontoblas dan lapisan predentin yang sangat lebar.



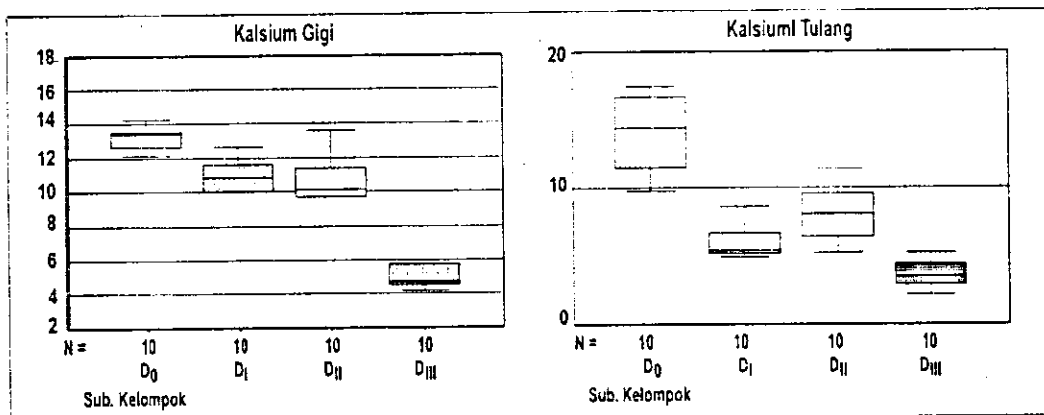
Gambar 17a : Gigi incisivus sub kelompok C_{III}.

Gigi incisivus sub kelompok C_{III} dibandingkan dengan gigi incisivus kelompok kontrol. Terdapat pengurangan ketebalan dan panjang gigi pada gigi sub kelompok C_{III}.

5.3.4. Uji antar sub kelompok untuk lebar lapisan predentin menunjukkan bahwa kalsifikasi gigi pada subkelompok C_{III} lebih terhambat dari subkelompok C₀, C_I dan C_{II} dengan kemaknaan terlihat pada tabel 23. Lebar lapisan predentin pada sub kelompok C_{III} = $32,375 \pm 4,226$, C₀ = $20,563 \pm 7,730$, C_I = $17,063 \pm 1,382$, dan C_{II} =

17,063 \pm 1,382 (Grafik 12a). Uji t antar sub kelompok untuk lebar lempeng epiphysis tulang menunjukkan bahwa kalsifikasi tulang pada sub kelompok C_{III} lebih terhambat dari sub kelompok C₀, C_I, dan C_{II} dengan kemaknaan terlihat pada tabel 24. Lebar lempeng epiphysis tulang pada sub kelompok C_{III} = 575,000 \pm 125,631, C₀ = 332,500 \pm 50,180, C_I = 388,500 \pm 41,903 dan C_{II} = 294,000 \pm 29,515 (Grafik 12b).

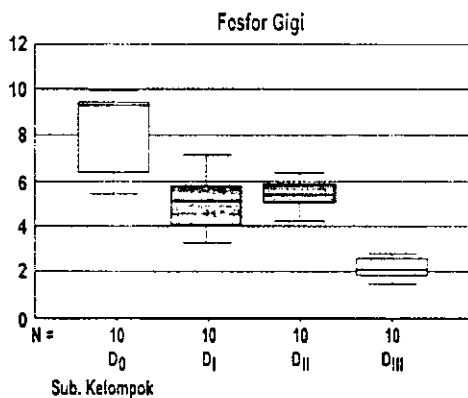
5.4. Hasil analisis kadar kalsium gigi dan tulang, kadar fosfor gigi dan tulang, berat sampel gigi dan tulang, lebar lapisan predentin gigi dan lebar lempeng epiphysis tulang antar sub kelompok dalam kelompok D. (tabel 25-32, lampiran 2)



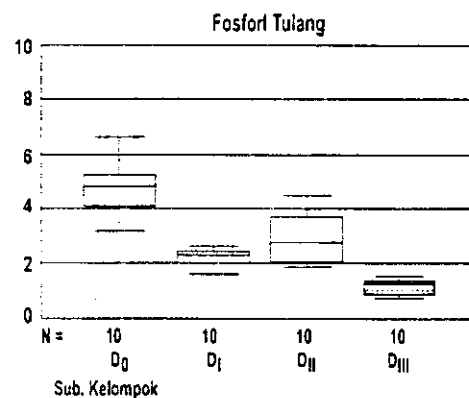
Gambar : Grafik 13a Rerata dan kuartil kadar kalsium gigi kelompok D₀-D_{III} Gambar : Grafik 13b Rerata dan kuartil I kadar kalsium tulang kelompok D₀-D_{III}

5.4.1. Uji t antar sub kelompok untuk kadar kalsium gigi didapatkan bahwa kalsifikasi gigi pada sub kelompok D_{III} (sub kelompok anak tikus yang berasal dari induk yang diberi makanan kurang kalsium dan protein dan tetap diberi makanan kurang kalsium dan protein sejak disapih sampai umur 56 hari) lebih terhambat dari kalsifikasi gigi pada sub kelompok D₀ (sub kelompok anak tikus yang berasal dari induk dengan kekurangan kalsium dan protein, dan sejak disapih sampai umur 56 hari diberi makanan standar), D_I (sub kelompok anak tikus yang berasal dari induk

dengan kekurangan kalsium dan protein dan sejak disapih sampai umur 56 hari diberikan makanan kurang kalsium) dan D_{II} (sub kelompok anak tikus yang berasal dari induk dengan kekurangan kalsium dan protein dan sejak disapih sampai umur 56 hari diberi makanan kurang protein) dengan kemaknaan terlihat pada tabel 25. Kadar kalsium gigi pada sub kelompok D_{III} = $4,984 \pm 0,623$, D_{II} = $10,715 \pm 1,239$, D_I = $5,032 \pm 1,211$ (Grafik 13b). Dari uji t antar sub kelompok untuk kadar kalsium tulang didapatkan bahwa kalsifikasi tulang pada sub kelompok D_{III} lebih terhambat dari kalsifikasi tulang pada sub kelompok D₀, D_I dan D_{II} dengan kemaknaan terlihat pada tabel 26. Kadar kalsium tulang pada sub kelompok D_{III} = $3,716 \pm 1,056$, D₀ = $14,061 \pm 2,718$, D_I = $6,005 \pm 1,172$, dan D_{II} = $6,004 \pm 2,123$ (Grafik 13b).



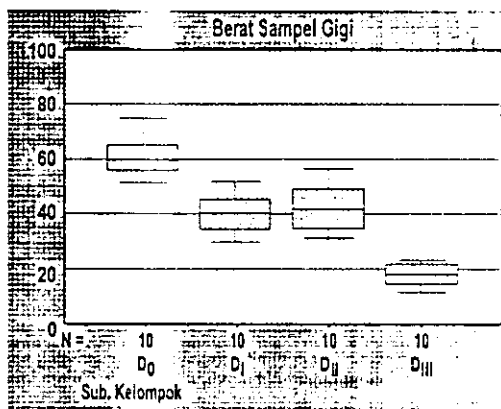
Gambar : Grafik 14a Rerata dan kuartil kadar fosfor gigi kelompok D₀-D_{III}



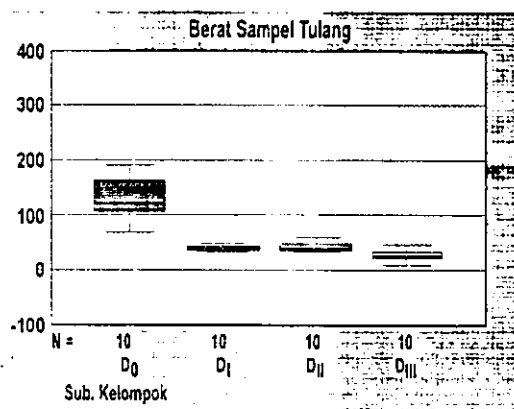
Gambar : Grafik 14b Rerata dan kuartil kadar fosfor tulang kelompok D₀-D_{III}

5.4.2. Uji t antar sub kelompok untuk kadar fosfor gigi didapatkan bahwa kalsifikasi gigi pada sub kelompok D_{III} lebih terhambat dari kalsifikasi gigi pada sub kelompok D₀, D_I dan D_{II} dengan kemaknaan terlihat pada tabel 27. Kadar fosfor gigi sub kelompok D_{III} = $2,292 \pm 0,7637$, D₀ = $8,222 \pm 1,784$, D_I = $5,032 \pm 1,211$ dan D_{II} = $5,565 \pm 0,911$ (Grafik 14a). Dari uji t antar sub kelompok untuk kadar fosfor

tulang didapatkan bahwa kalsifikasi tulang pada sub kelompok D_{II} lebih terhambat dari kalsifikasi tulang pada sub kelompok D_0 , D_I dan D_{III} dengan kemaknaan terlihat pada tabel 28. Kadar fosfor tulang pada sub kelompok $D_{III} = 1,179 \pm 0,269$, $D_0 = 4,964 \pm 1,355$, $D_I = 2,219 \pm 0,322$ dan $D_{II} = 2,929 \pm 0,971$ (Grafik 14b).

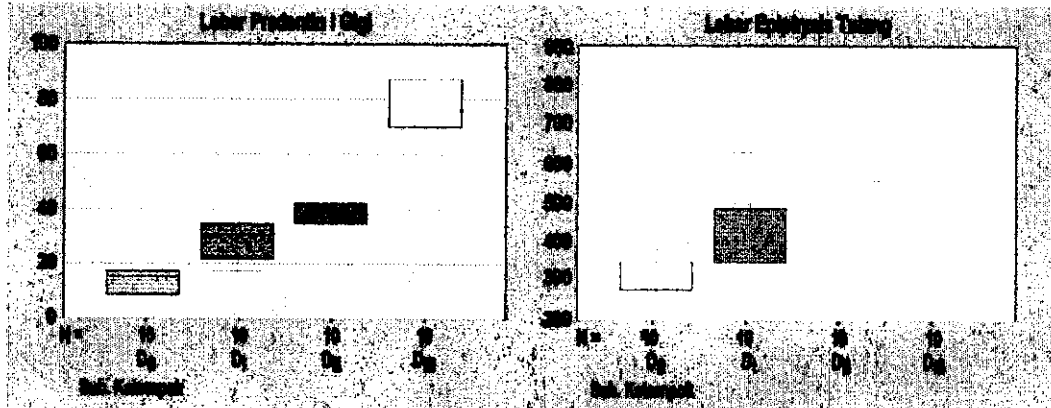


Gambar : Grafik 15a Rerata dan kuartil berat sampel gigi kelompok D_0 - D_{III}



Gambar : Grafik 15b Rerata dan kuartil berat sampel tulang kelompok D_0 - D_{III}

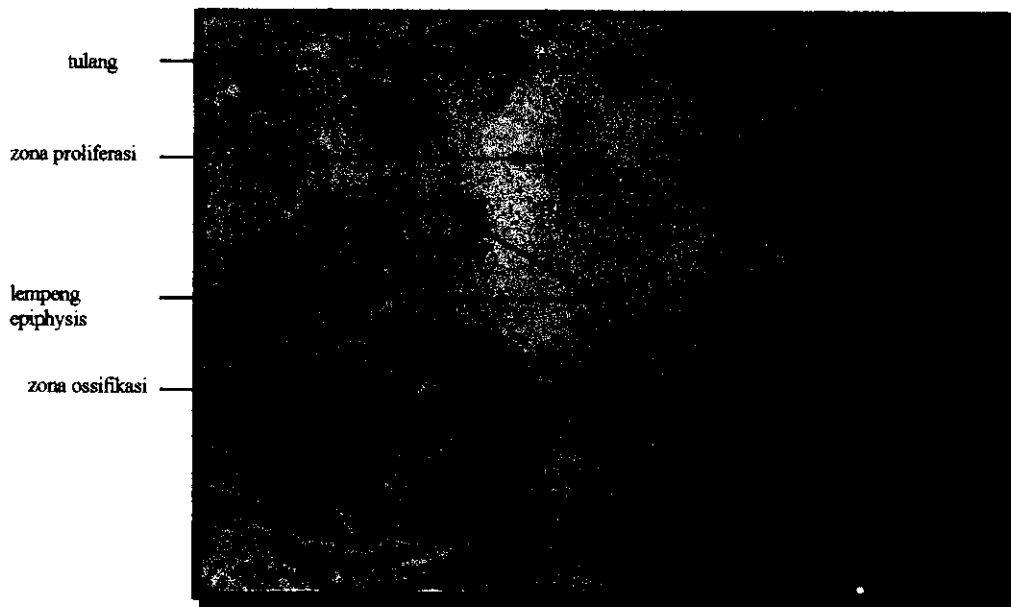
5.4.3. Dari uji t antar subkelompok untuk berat sampel gigi didapatkan bahwa kalsifikasi gigi pada sub kelompok D_{III} lebih terhambat dari kalsifikasi gigi pada sub kelompok D_0 , D_I dan D_{II} dengan kemaknaan terlihat pada tabel 29. Berat sampel gigi pada sub kelompok $D_{III} = 10,120 \pm 3,980$, $D_0 = 62,940 \pm 9,974$, $D_I = 39,050 \pm 10,006$ dan $D_{II} = 42,440 \pm 9,453$ (Grafik 15a). Dari uji t antar sub kelompok untuk berat sampel tulang didapatkan bahwa kalsifikasi tulang pada sub kelompok D_{III} lebih terhambat dari kalsifikasi tulang pada sub kelompok D_0 , D_I dan D_{II} dengan kemaknaan terlihat pada tabel 30. Berat sampel tulang pada sub kelompok $D_{III} = 30,920 \pm 13,440$, $D_0 = 147,880 \pm 77,624$, $D_I = 42,790 \pm 9,480$ dan $D_{II} = 43,400 \pm 8,644$ (Grafik 15b).



Gambar : Grafik 16a Rerata dan kuartil lebar predentin gigi kelompok D₀-D_{III}

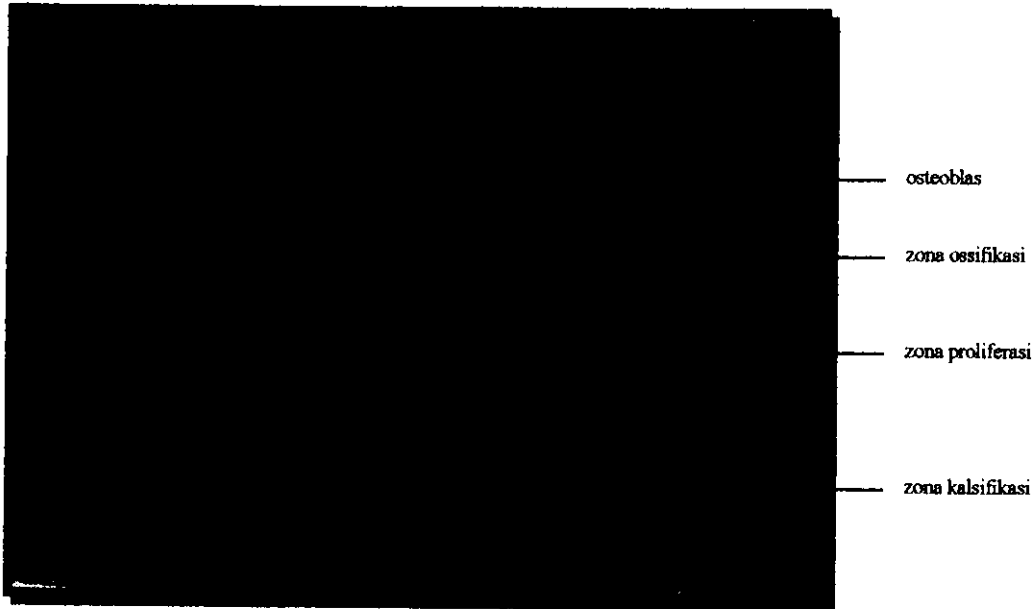
Gambar : Grafik 16b Rerata dan kuartil lebar epiphysis tulang kelompok D₀-D_{III}

5.1.7. Gambaran histologis gigi dan tulang pada sub kelompok D_{III} lempeng epiphysis



Gambar 18 : Tulang kelompok D_{III}, pembesaran mikroskop 32 kali

Memperlihatkan lebar epiphysis distal femur sub kelompok D_{III}. Lempeng epiphysis terlihat sangat lebar pada usia 56 hari..



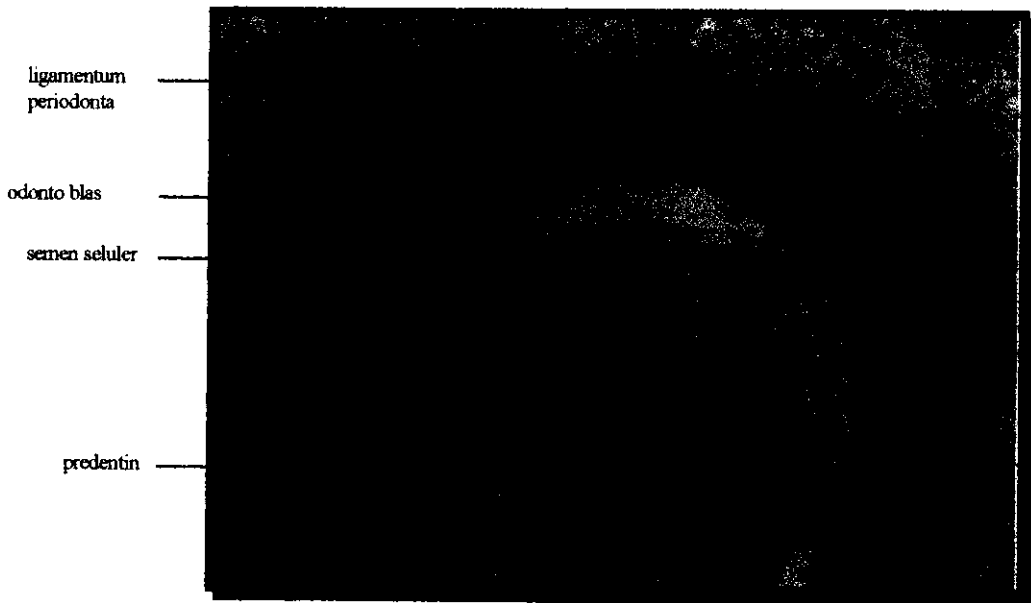
Gambar 19 : Tulang kelompok D_{III}, pembesaran mikroskop 100 kali.

Memperlihatkan gambaran histologis epiphysis distal tulang femur sub kelompok D_{III} pada pembesaran mikroskop 100 kali. Zona proliferasi masih tampak lebar.



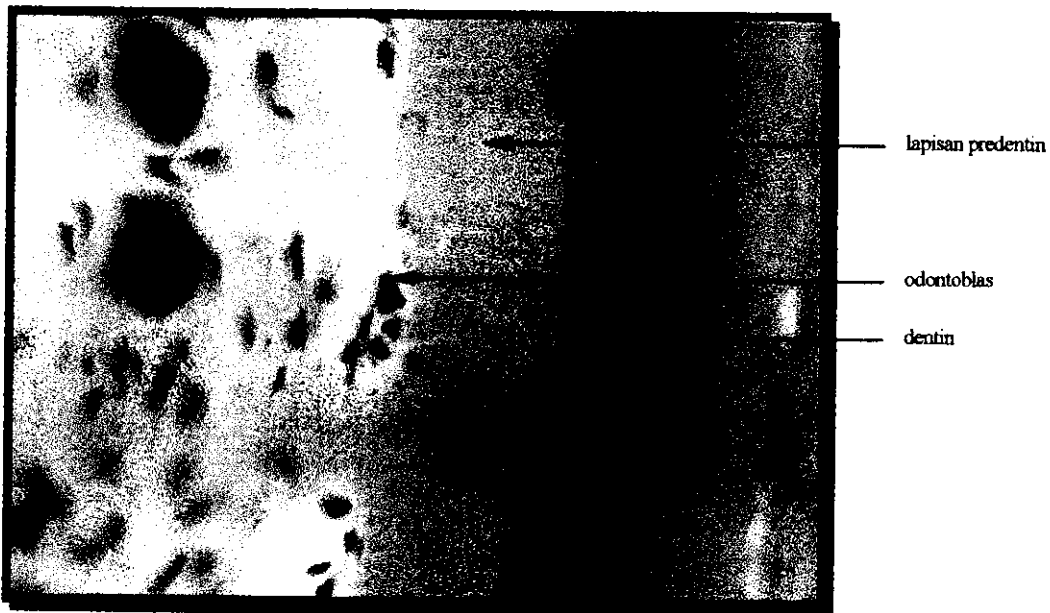
Gambar 19a : gigi incisivus kelompok D_{III}

Gigi incisivus kelompok D_{III} dan gigi incisivus adalah kelompok kontrol (A₀).
Gigi incisivus sub kelompok D_{III} lebih kecil dari gigi incisivus kelompok kontrol (A₀)



Gambar 20 : Gigi kelompok D_{III}, pembesaran mikroskop 100 kali.

Menunjukkan gambaran histologis gigi molar sub kelompok D_{III} pada pembesaran mikroskop 100 kali. Lapisan predentin tampak sangat lebar, dan terdapat pengurangan ketebalan lapisan dentin. Terlihat adanya degenerasi sel odontoblas.

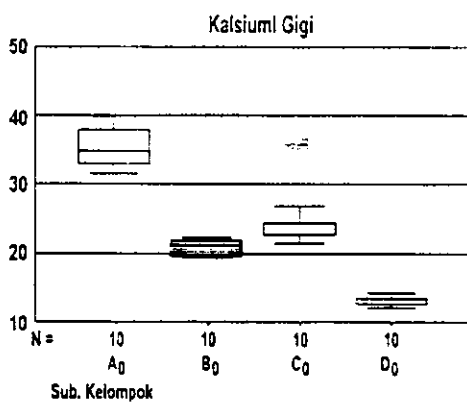


Gambar 21 : Gigi sub kelompok D_{III}, pembesaran mikroskop 400 kali

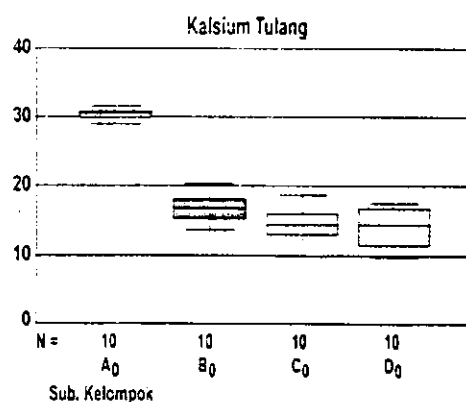
Menunjukkan gambaran histologis gigi molar sub kelompok D_{III} pada pembesaran mikroskop 400 kali. Lapisan predentin sangat lebar dan lapisan dentin yang terbentuk tipis, juga menunjukkan adanya gangguan kepadatan dentin.

5.4.4. Dari uji t antar kelompok untuk lebar lapisan predentin didapatkan bahwa kalsifikasi gigi pada sub kelompok D_{III} lebih terhambat dari kalsifikasi gigi pada sub kelompok D₀, D_I dan D_{II} dengan kemaknaan terlihat pada tabel 31. Lebar lapisan predentin gigi pada sub kelompok D_{III} = $60,375 \pm 8,701$, D₀ = $13,563 \pm 4,350$, D_I = $28,438 \pm 7,506$ dan D_{II} = $20,125 \pm 5,906$ (Grafik 16a). Dari uji t antar sub kelompok untuk lebar lempeng epiphysis tulang didapatkan bahwa kalsifikasi tulang pada sub kelompok D_{III} lebih terhambat dari kalsifikasi tulang pada sub kelompok D₀, D_I dan D_{II} dengan kemaknaan terlihat pada tabel 32. Lebar lempeng epiphysis tulang pada sub kelompok D_{III} = $675,500 \pm 54,045$, D₀ = $336,600 \pm 41,003$, D_I = $416,500 \pm 104,935$ dan D_{II} = $273,000 \pm 59,029$ (Grafik 16b).

5.5. Hasil analisis kadar kalsium gigi dan tulang, kadar fosfor gigi dan tulang, berat sampel gigi dan tulang, lebar lapisan predentin gigi dan lebar lempeng epiphysis tulang antar kelompok dalam sub kelompok 0 (tabel 33-40, lampiran 2)



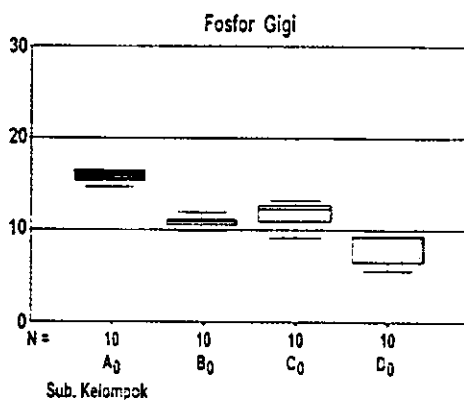
Gambar : Grafik 17a Rerata dan kuartil kadar kalsium gigi sub kelompok A₀-D₀



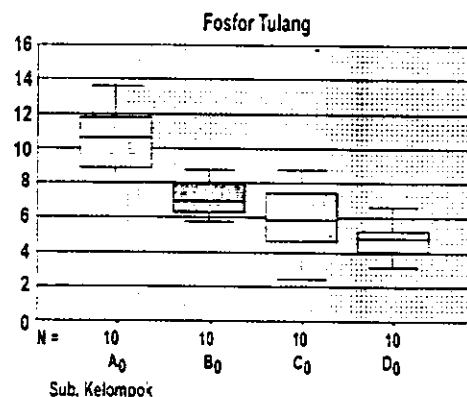
Gambar : Grafik 17b Rerata dan kuartil kadar kalsium tulang sub kelompok A₀-D₀

5.5.1. Uji t antar kelompok dalam sub kelompok 0 untuk kadar kalsium gigi menunjukkan bahwa kalsifikasi gigi pada sub kelompok D₀ (sub kelompok anak tikus yang berasal dari induk kurang kalsium dan protein sejak disapih sampai umur

56 hari diberi makanan standar) lebih terhambat dari kalsifikasi gigi pada sub kelompok A_0 (sub kelompok anak tikus yang berasal dari induk dengan makanan standar dan sejak disapih sampai umur 56 hari diberikan makanan standar), B_0 (sub kelompok anak tikus yang berasal dari induk dengan makanan kurang kalsium dan sejak disapih sampai umur 56 hari diberikan makanan standar) dan C_0 (sub kelompok anak tikus yang berasal dari induk dengan makanan kurang protein dan sejak disapih sampai umur 56 hari diberikan makanan standar) dengan kemaknaan terlihat pada tabel 33. Kadar kalsium gigi pada subkelompok $D_0 = 13,564 \pm 1,281$, $A_0 = 35,276 \pm 2,959$, $B_0 = 21,403 \pm 2,055$, dan $C_0 = 23,241 \pm 2,109$ (Grafik 17a). Uji antar kelompok dalam sub kelompok 0 untuk kadar kalsium tulang menunjukkan bahwa kalsifikasi tulang pada sub kelompok D_0 tidak berbeda bermakna dengan kalsifikasi tulang pada sub kelompok C_0 dengan kemaknaan terlihat pada tabel 34. Kadar kalsium tulang pada sub kelompok $D_0 = 14,061 \pm 2,719$, $A_0 = 30,357 \pm 0,035$, $B_0 = 16,700 \pm 2,020$ dan $C_0 = 14,397 \pm 2,469$ (Grafik 17b).

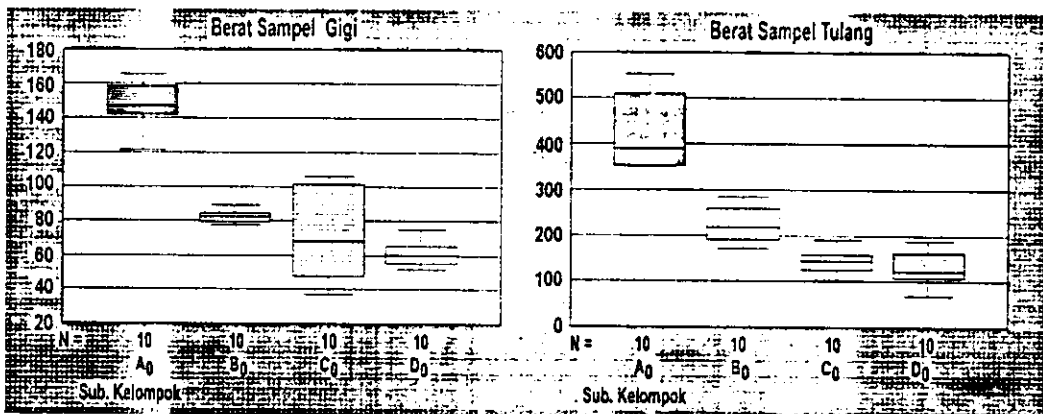


Gambar : Grafik 18a Rerata dan kuartil kadar fosfor gigi sub kelompok A.- D_0



Gambar : Grafik 18b Rerata dan kuartil kadar fosfor tulang sub kelompok A.- D_0

5.5.2. Uji t antar kelompok dalam sub kelompok 0 untuk kadar fosfor gigi menunjukkan kalsifikasi gigi pada sub kelompok D_0 lebih terhambat dari sub kelompok A_0 , B_0 , dan C_0 dengan kemaknaan terlihat pada tabel 35. Kadar fosfor gigi pada sub kelompok $D_0 = 8,222 \pm 1,784$, $A_0 = 17,261 \pm 3,604$, $B_0 = 10,830 \pm 0,564$ dan $C_0 = 12,175 \pm 1,835$ (Grafik 18a). Uji t antar kelompok dalam sub kelompok 0 untuk kadar fosfor tulang menunjukkan bahwa kalsifikasi tulang pada sub kelompok D_0 tidak berbeda bermakna dengan sub kelompok C_0 dan sub kelompok A_0 dengan kemaknaan terlihat pada tabel 36. Kadar fosfor tulang pada sub kelompok $D_0 = 4,965 \pm 1,355$, $A_0 = 10,544 \pm 1,802$, $B_0 = 6,832 \pm 1,701$ dan $C_0 = 5,909 \pm 2,049$ (Grafik 18b).



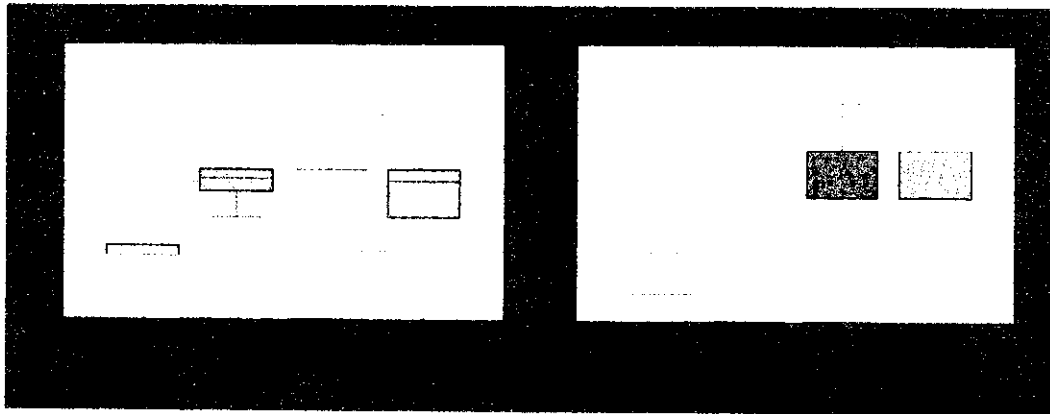
Gambar : Grafik 19a Rerata dan kuartil berat sampel gigi sub kelompok A_0 - D_0

Gambar : Grafik 19b Rerata dan kuartil berat sampel tulang sub kelompok A_0 - D_0

5.5.3. Uji t antar kelompok dalam sub kelompok 0 untuk berat sampel gigi menunjukkan bahwa kalsifikasi gigi pada sub kelompok D_0 tidak berbeda bermakna dengan sub kelompok C_0 dan B_0 dengan kemaknaan terlihat pada tabel 37. Berat sampel gigi pada subkelompok $D_0 = 62,940 \pm 9,974$, $A_0 = 147,700 \pm 13,776$, (Grafik 19b), $B_0 = 80,170 \pm 9,101$. Uji t antar kelompok dalam sub kelompok 0 untuk berat sampel tulang menunjukkan bahwa kalsifikasi tulang pada sub kelompok D_0 tidak

berbeda bermakna dengan sub kelompok C_0 dengan kemaknaan terlihat pada tabel

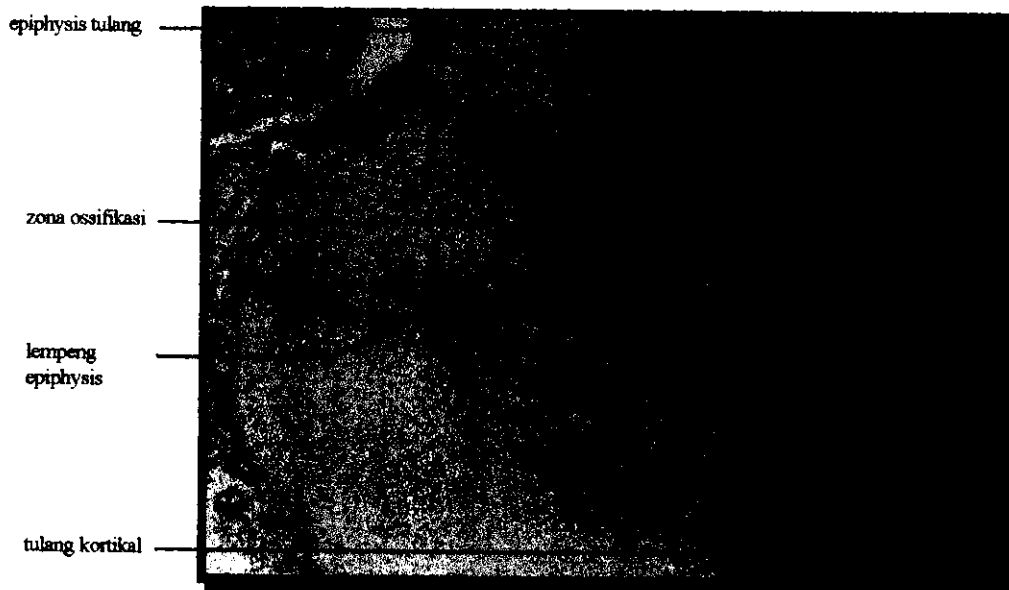
38. Berat sampel tulang pada sub kelompok $D_0 = 147,880 \pm 77,624$, $A_0 = 425,770 \pm 82,691$, $B_0 = 226,010 \pm 18,210$ dan $C_0 = 144,640 \pm 25,388$ (Grafik 19b).



Gambar : Grafik 20a Rerata dan kuartil lebar predentin gigi sub kelompok A_0 - D_0

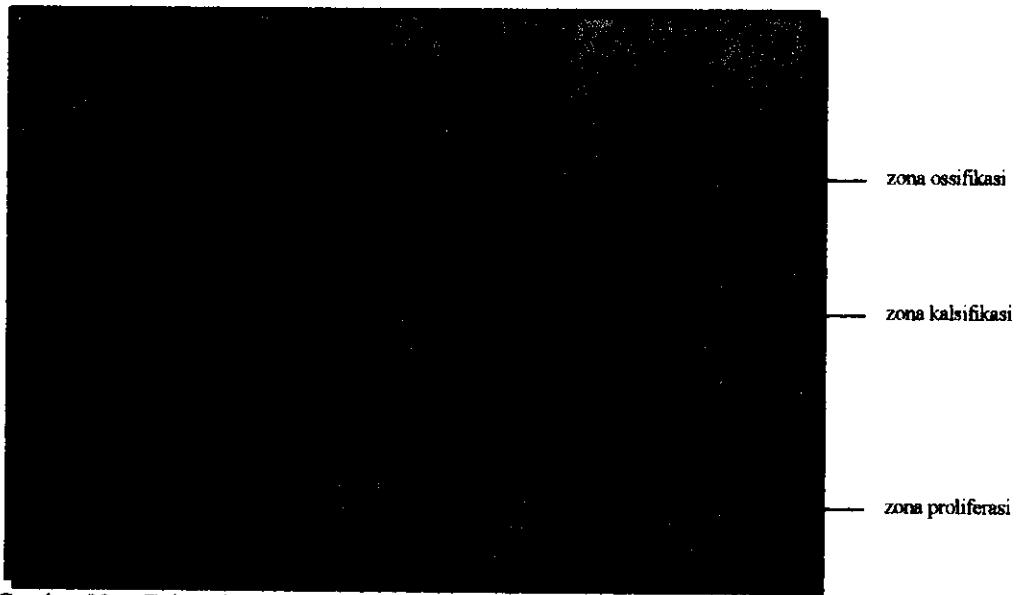
Gambar : Grafik 20b Rerata dan kuartil lebar epiphysis tulang sub kelompok A_0 - D_0

5.1.8 Gambaran histologis gigi dan tulang pada sub kelompok B_0 dan C_0



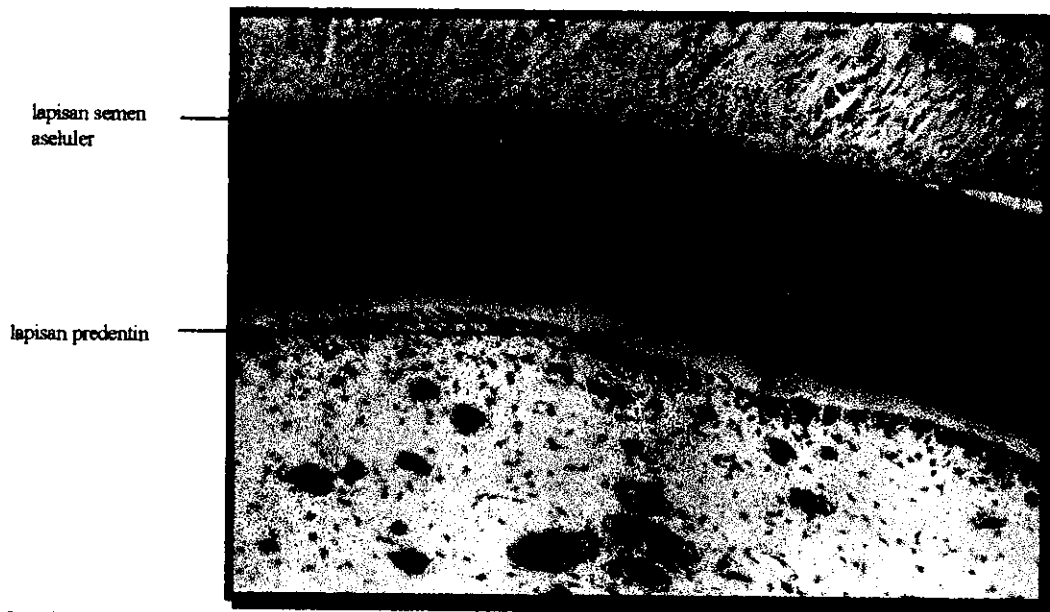
Gambar 22 : Tulang kelompok B_0 , pembesaran mikroskop 32 kali.

Menunjukkan gambaran histologis epiphysis distal femur sub kelompok B_0 pada pembesaran mikroskop 32 kali. Lempeng epiphysis masih tampak lebar, juga terdapat penipisan tulang kortikal. Terlihat lebih banyak terbentuk tulang trabekula.



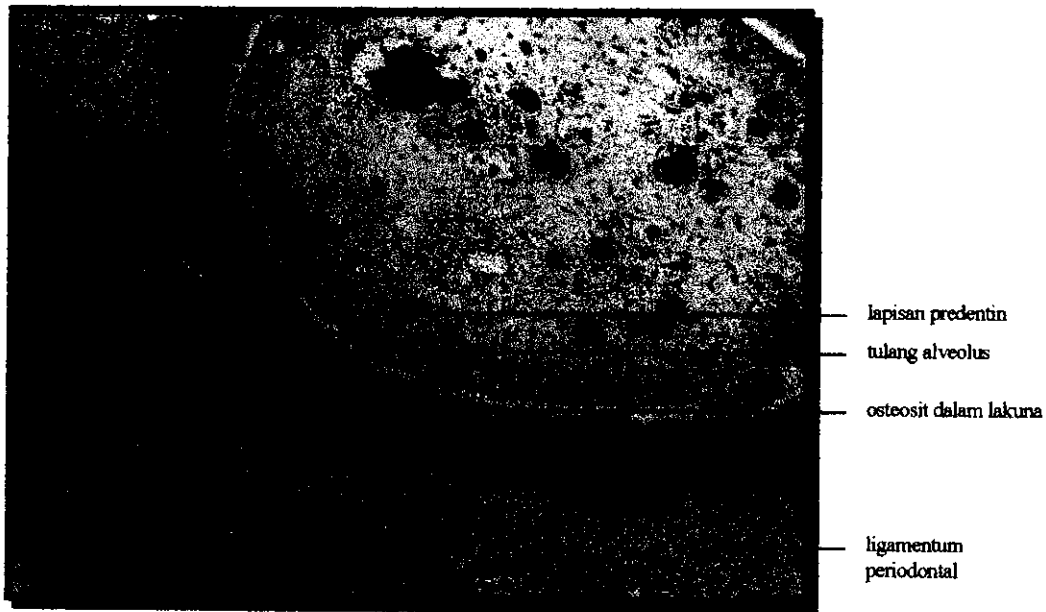
Gambar 23 : Tulang kelompok B₀, pembesaran mikroskop 100 kali.

Adalah gambaran histologis epiphysis distal tulang femur sub kelompok B₀ pada pembesaran mikroskop 100 kali.



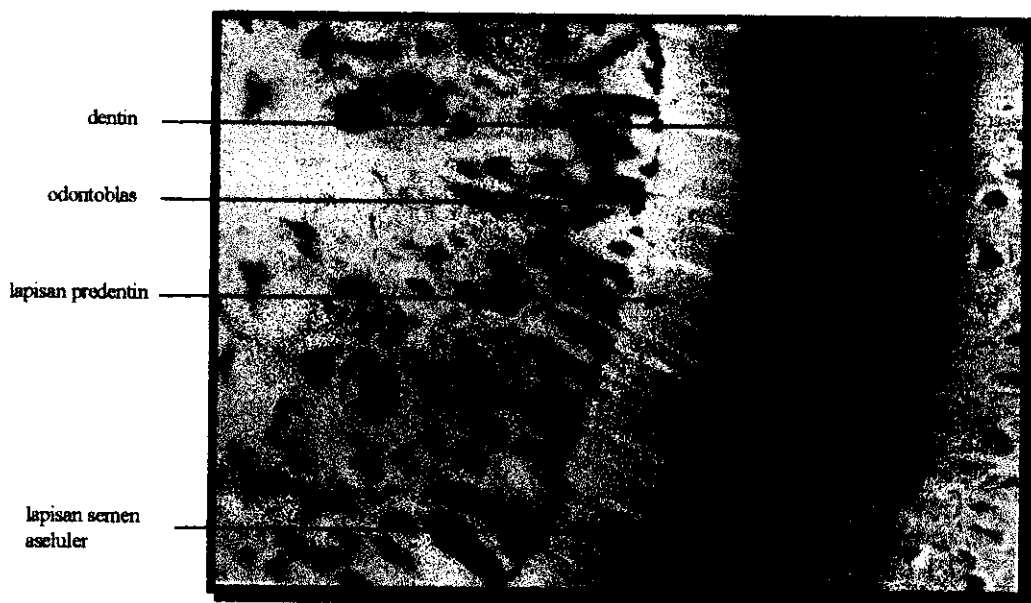
Gambar 24 : Gigi kelompok B₀, pembesaran mikroskop 100 kali.

Menunjukkan gambaran histologis gigi molar sub kelompok B₀ pada pembesaran mikroskop 100 kali. Lapisan predentin masih tampak lebar. Terlihat pengurangan kepadatan dentin.



Gambar 27 : Gigi kelompok C₀, pembesaran mikroskop 100 kali.

Adalah gambaran histologis gigi molar sub kelompok C₀ pada pembesaran mikroskop 100 kali. Lapisan predentin masih tampak lebar.

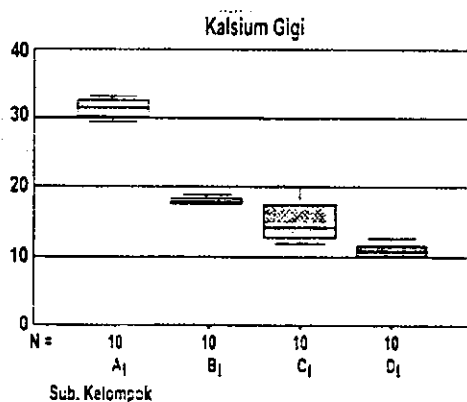


Gambar 28 : Gigi kelompok C₀, pembesaran mikroskop 400 kali

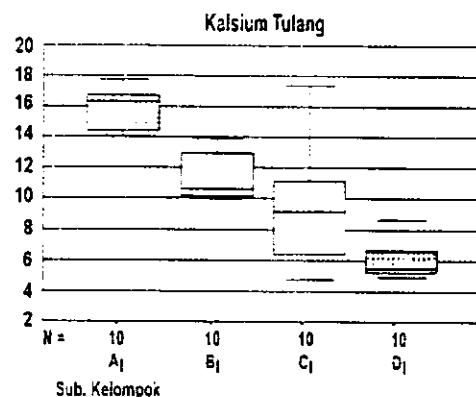
Adalah gambaran histologis gigi mola sub kelompok C₀ pada pembesaran mikroskop 400 kali. Lapisan predentin tampak lebar.

5.5.4. Uji t antar kelompok dalam sub kelompok 0 untuk lebar lapisan predentin gigi menunjukkan bahwa kalsifikasi gigi pada sub kelompok D_0 tidak berbeda bermakna dengan sub kelompok B_0 dan sub kelompok C_0 tidak berbeda dengan sub kelompok B_0 dengan kemaknaan terlihat pada tabel 39. Lebar lapisan predentin pada sub kelompok $D_0 = 43,563 \pm 4,351$, $A_0 = 2,275 \pm 0,845$, $B_0 = 15,088 \pm 2,943$ dan $C_0 = 20,563 \pm 7,730$ (Grafik 20a). Uji t antar kelompok dalam sub kelompok 0 untuk lebar lempeng epiphysis tulang menunjukkan bahwa kalsifikasi tulang pada sub kelompok D_0 tidak berbeda bermakna dengan sub kelompok C_0 dengan kemaknaan terlihat pada tabel 40. Lebar lempeng epiphysis tulang pada sub kelompok $D_0 = 336,000 \pm 41,083$, $A_0 = 143,500 \pm 11,068$, $B_0 = 220,500 \pm 23,623$, dan $C_0 = 332,500 \pm 50,180$ (Grafik 20b).

5.6. Hasil analisis kadar kalsium gigi dan tulang, kadar fosfor gigi dan tulang, berat sampel gigi dan tulang, lebar lapisan predentin gigi dan lebar lempeng epiphysis tulang antar kelompok dalam sub kelompok I (tabel 41-48, lampiran 2)

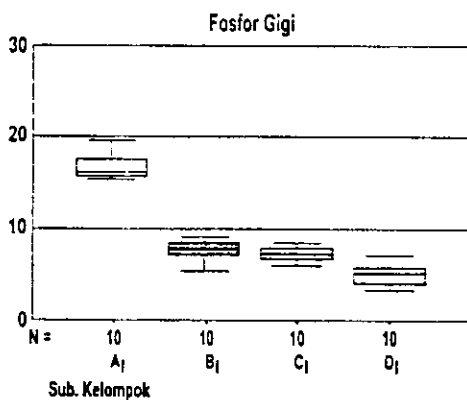


Gambar : Grafik 21a Rerata dan kuartil kadar kalsium gigi sub kelompok A₁-D₁

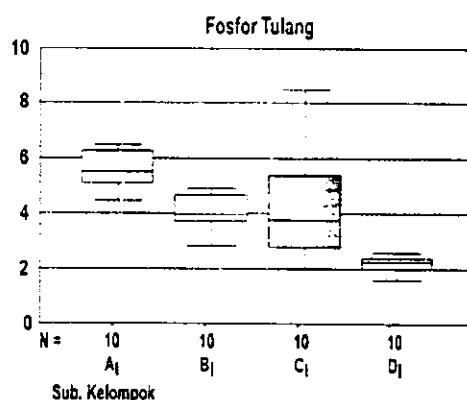


Gambar : Grafik 21b Rerata dan kuartil kadar kalsium tulang sub kelompok A₁-D₁

5.6.1. Uji t antar kelompok dalam sub kelompok I untuk kadar kalsium gigi menunjukkan bahwa kalsifikasi gigi pada sub kelompok D_I lebih terhambat dari kalsifikasi gigi pada sub kelompok A_I , B_I dan C_I dengan kemaknaan terlihat pada tabel 41. Kadar kalsium gigi pada sub kelompok $D_I = 14,719 \pm 1,161$, $A_I = 31,500 \pm 1,287$, $B_I = 17,689 \pm 1,034$ dan $C_I = 15,205 \pm 2,643$ (Grafik 21a). Uji t antar kelompok dalam sub kelompok I untuk kadar kalsium tulang menunjukkan bahwa kalsifikasi tulang pada sub kelompok D_I lebih terhambat dari sub kelompok A_I , B_I , dan C_I dengan kemaknaan terlihat pada tabel 42. Kadar kalsium tulang pada sub kelompok $D_I = 6,005 \pm 1,173$, $A_I = 16,079 \pm 1,337$, $B_I = 11,555 \pm 1,625$ dan $C_I = 9,879 \pm 3,994$ (Grafik 21b).



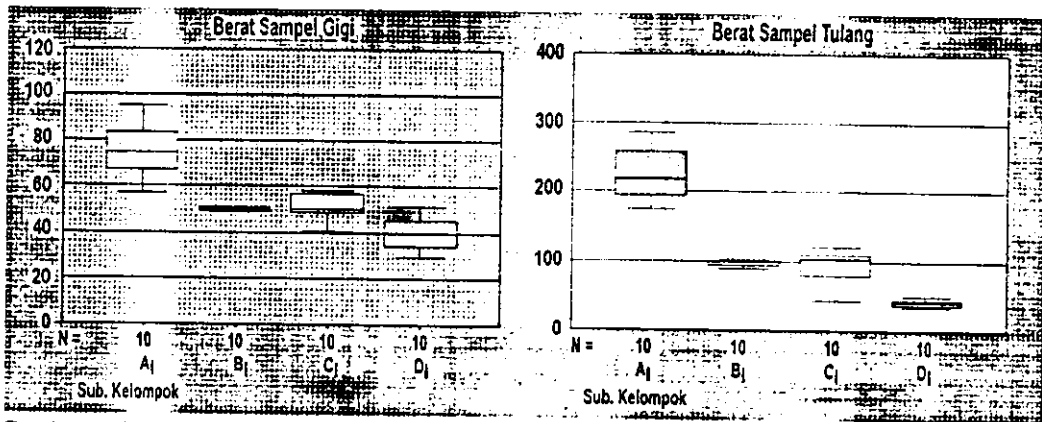
Gambar : Grafik 22a Rerata dan kuartil kadar fosfor gigi sub kelompok A_I - D_I



Gambar : Grafik 22b Rerata dan kuartil kadar fosfor tulang sub kelompok A_I - D_I

5.6.2. Uji t antar kelompok dalam sub kelompok I untuk kadar fosfor gigi menunjukkan bahwa kalsifikasi gigi pada sub kelompok D_I lebih terhambat dari sub kelompok A_I , B_I , dan C_I dengan kemaknaan terlihat pada tabel 43. Kadar fosfor gigi pada subkelompok $D_I = 5,032 \pm 1,211$, $A_I = 16,389 \pm 1,773$, $B_I = 8,177 \pm 1,966$ dan $C_I = 7,545 \pm 1,131$ (Grafik 22a). Uji t antar kelompok dalam sub kelompok I untuk

kadar fosfor tulang menunjukkan bahwa kalsifikasi tulang subkelompok D₁ lebih terhambat dari sub kelompok A₁, B₁ dan C₁ dengan kemaknaan terlihat pada tabel 44. Kadar fosfor tulang pada sub kelompok D₁ = $2,219 \pm 0,322$, A₁ = $5,787 \pm 1,062$, B₁ = $4,034 \pm 0,657$ dan C₁ = $4,347 \pm 2,148$ (Grafik 22b).

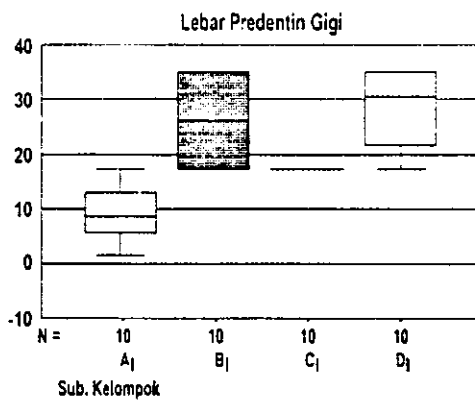


Gambar : Grafik 23a Rerata dan kuartil berat sampel gigi sub kelompok A₁-D₁

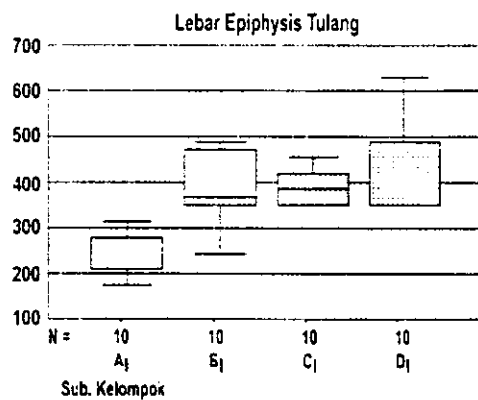
Gambar : Grafik 23b Rerata dan kuartil berat sampel tulang sub kelompok A₁-D₁

5.6.3. Uji t antar kelompok dalam sub kelompok I untuk berat sampel gigi menunjukkan bahwa kalsifikasi gigi sub kelompok D₁ lebih terhambat dari sub kelompok A₁, B₁ dan C₁ dengan kemaknaan terlihat pada tabel 45. Berat sampel gigi pada sub kelompok D₁ = $39,050 \pm 10,087$, A₁ = $75,521 \pm 11,147$, B₁ = $50,590 \pm 3,332$, dan C₁ = $52,700 \pm 8,412$ (Grafik 23a). Uji t antar kelompok dalam sub kelompok I untuk berat sampel tulang menunjukkan bahwa kalsifikasi tulang pada sub kelompok D₁ lebih terhambat dari sub kelompok A₁, B₁, dan C₁ dengan kemaknaan terlihat pada tabel 46. Berat sampel tulang pada sub kelompok D₁ = $42,790 \pm 9,481$, A = $226,010 \pm 36,218$, B₁ = $96,120 \pm 7,169$ dan C₁ = $101,910 \pm 35,729$ (Grafik 23b).

5.6.4. Uji t antar kelompok dalam sub kelompok I untuk lebar lapisan predentin menunjukkan bahwa kalsifikasi gigi pada sub kelompok D_I tidak berbeda bermakna dengan sub kelompok B_I dengan kemaknaan terlihat pada tabel 47. Lebar lapisan predentin pada sub kelompok $D_I = 28,438 \pm 7,507$, $A_I = 10,092 \pm 5,159$, $B_I = 26,250 \pm 9,223$ dan $C_I = 17,063 \pm 1,382$ (Grafik 24a). Dari uji t antar kelompok dalam sub kelompok I untuk lebar lempeng epiphysis tulang didapatkan bahwa kalsifikasi tulang pada subkelompok A_I berbeda bermakna dengan subkelompok B_I dan kalsifikasi tulang pada sub kelompok C_I dengan kemaknaan terlihat pada tabel 48.



Gambar : Grafik 24a Rerata dan kuartil lebar predentin gigi sub kelompok A_I - D_I

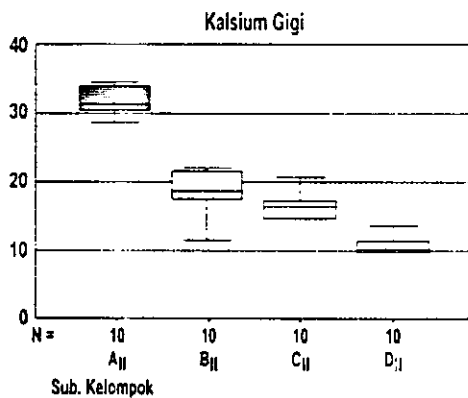


Gambar : Grafik 24b Rerata dan kuartil lebar epiphysis tulang sub kelompok A_I - D_I

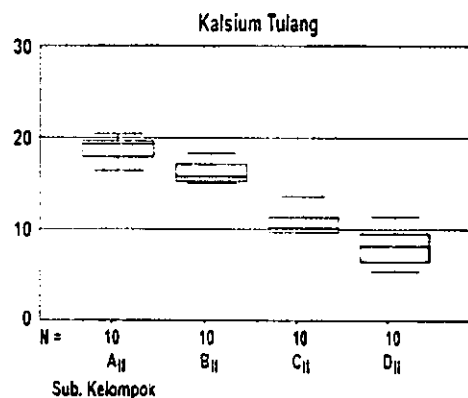
5.7. Hasil analisis kadar kalsium gigi dan tulang, kadar fosfor gigi dan tulang, berat sampel gigi dan tulang, lebar lapisan predentin dan lebar lempeng epiphysis tulang antar kelompok dalam sub kelompok II. (tabel 49-56, lampiran 2)

5.7.1. Uji t antar kelompok dalam sub kelompok II untuk kadar kalsium gigi menunjukkan bahwa sub kelompok D_{II} lebih terhambat kalsifikasi giginya dari sub kelompok A_{II} , B_{II} dan C_{II} dengan kemaknaan terlihat pada tabel 49. Kadar kalsium

gigi pada sub kelompok $D_{II} = 10,715 \pm 1,239$, $A_{II} = 31,750 \pm 1,188$, $B_{II} = 18,637 \pm 3,225$ dan $C_{II} = 16,835 \pm 2,242$ (Grafik 25a). Dari uji t antar kelompok dalam sub kelompok II untuk kadar kalsium tulang didapatkan bahwa kalsifikasi tulang pada sub kelompok D_{II} lebih terhambat dari sub kelompok A_{II} , B_{II} dan C_{II} dengan kemaknaan terlihat pada tabel 50. Kadar kalsium tulang pada sub kelompok $D_{II} = 8,084 \pm 2,122$, $A_{II} = 18,858 \pm 1,199$, $B_{II} = 16,285 \pm 1,280$ dan $C_{II} = 10,715 \pm 1,239$ (Grafik 25b).

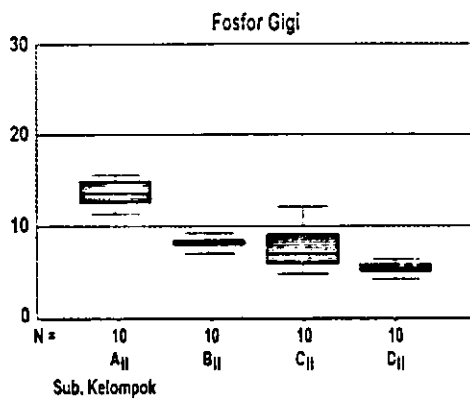


Gambar : Grafik 25a Rerata dan kuartil kadar kalsium gigi sub kelompok A_{II} - D_{II}

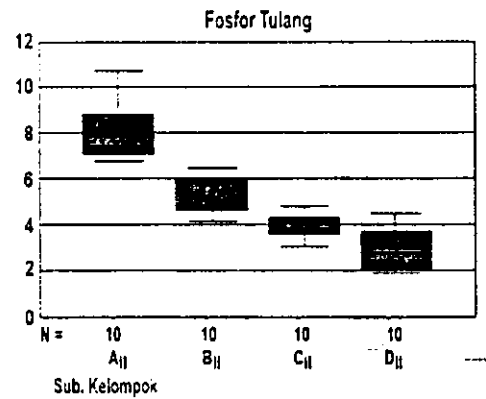


Gambar : Grafik 25b Rerata dan kuartil kadar kalsium tulang sub kelompok A_{II} - D_{II}

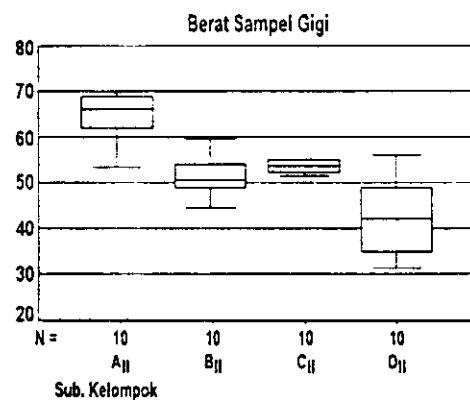
5.7.2. Uji t antar kelompok dalam sub kelompok II untuk kadar fosfor gigi menunjukkan bahwa kalsifikasi gigi pada sub kelompok D_{II} lebih terhambat dari sub kelompok A_{II} , B_{II} dan C_{II} dengan kemaknaan terlihat pada tabel 51. Kadar fosfor gigi pada sub kelompok $D_{II} = 5,561 \pm 0,911$, $A_{II} = 14,070 \pm 2,538$, $B_{II} = 8,194 \pm 0,605$ dan $C_{II} = 7,578 \pm 2,278$ (Grafik 26a). Dari uji t antar kelompok dalam sub kelompok II untuk kadar fosfor tulang didapatkan bahwa kalsifikasi tulang pada sub kelompok D_{II} lebih terhambat dari sub kelompok A_{II} , B_{II} dan C_{II} dengan kemaknaan terlihat pada tabel 52. Kadar fosfor tulang pada sub kelompok $D_{II} = 2,929 \pm 0,970$, $A_{II} = 8,039 \pm 1,374$, $B_{II} = 5,340 \pm 1,374$ dan pada $C_{II} = 3,865 \pm 0,564$ (Grafik 26b).



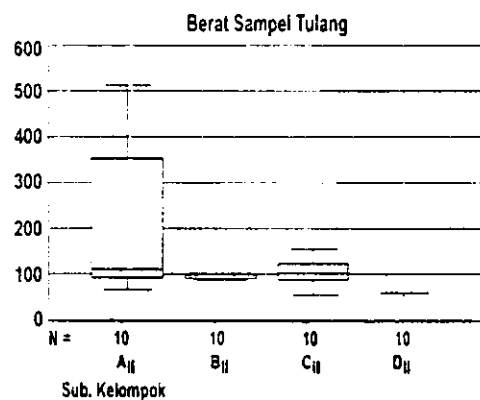
Gambar : Grafik 26a Rerata dan kuartil kadar fosfor gigi sub kelompok A_{II}-D_{II}



Gambar : Grafik 26b Rerata dan kuartil kadar fosfor tulang sub kelompok A_{II}-D_{II}



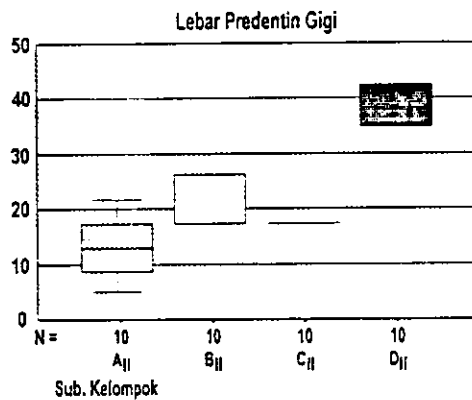
Gambar : Grafik 27a Rerata dan kuartil berat sampel gigi sub kelompok A_{II}-D_{II}



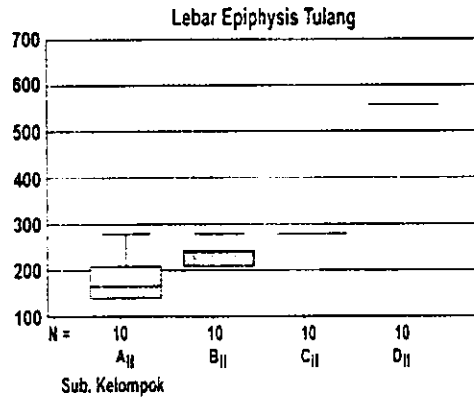
Gambar : Grafik 27b Rerata dan kuartil berat sampel tulang sub kelompok A_{II}-D_{II}

5.7.3. Uji t antar kelompok dalam sub kelompok II untuk berat sampel gigi menunjukkan bahwa kalsifikasi gigi pada sub kelompok D_{II} lebih terhambat dari sub kelompok A_{II}, B_{II}, dan C_{II} dengan kemaknaan terlihat pada tabel 53. Berat sampel gigi pada sub kelompok D_{II} = $42,440 \pm 9,453$, A_{II} = $61,980 \pm 11,680$, B_{II} = $51,660 \pm 1,618$ dan C_{II} = $54,430 \pm 4,552$ (Grafik 27a). Dari uji t antar kelompok dalam sub kelompok II untuk berat sampel tulang didapatkan bahwa kalsifikasi tulang pada sub kelompok D_{II} lebih terhambat dari sub kelompok A_{II}, B_{II}, dan C_{II} dengan kemaknaan terlihat pada tabel 54. Berat sampel tulang pada sub kelompok D_{II} = $43,400 \pm 8,643$,

$A_{II} = 223,810 \pm 100,868$, $B_{II} = 96,720 \pm 5,234$ dan $C_{II} = 103,020 \pm 27,459$ (Grafik 27b).



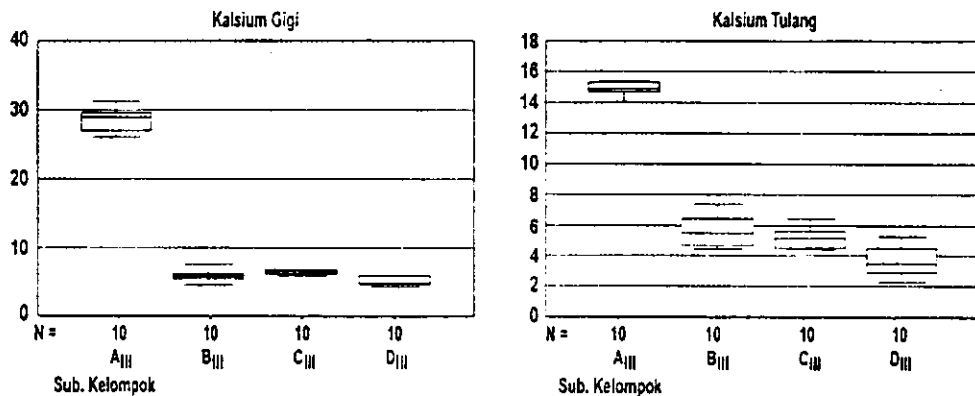
Gambar : Grafik 28a Rerata dan kuartil lebar predentin gigi sub kelompok A_{II} - D_{II}



Gambar : Grafik 28b Rerata dan kuartil lebar epiphysis tulang sub kelompok A_{II} - D_{II}

5.7.4. Uji t antar kelompok dalam sub kelompok II untuk lebar lapisan predentin gigi menunjukkan bahwa kalsifikasi gigi pada sub kelompok D_{II} tidak berbeda bermakna dengan sub kelompok C_{II} dan B_{II} , sedang kalsifikasi gigi pada sub kelompok A_{II} tidak berbeda bermakna dengan sub kelompok C_{II} dengan kemaknaan terlihat pada tabel 55. Lebar lapisan predentin pada sub kelompok $D_{II} = 20,125 \pm 5,906$, $A_{II} = 13,652 \pm 5,072$, $B_{II} = 23,625 \pm 1,1227$ dan $C_{II} = 17,063 \pm 1,382$ (Grafik 28a). Pada uji t antar kelompok dalam sub kelompok II untuk lebar lempeng epiphysis tulang didapatkan bahwa kalsifikasi tulang pada sub kelompok D_{II} tidak berbeda bermakna dengan sub kelompok C_{II} dengan kemaknaan terlihat pada tabel 56. Lebar lempeng epiphysis tulang pada sub kelompok $D_{II} = 567,100 \pm 22,103$, $A_{II} = 186,200 \pm 54,116$, $B_{II} = 227,500 \pm 29,744$ dan $C_{II} = 294,000 \pm 29,515$ (Grafik 28b).

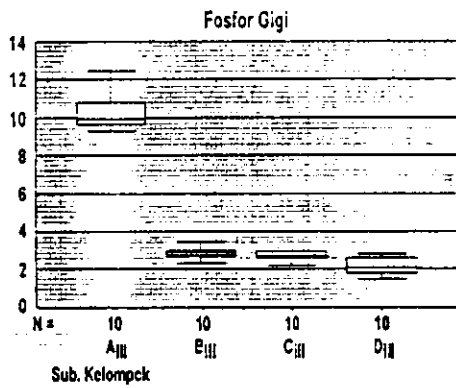
5.8. Hasil analisis kadar kalsium gigi dan tulang, kadar fosfor gigi dan tulang, berat sampel gigi dan tulang, lebar lapisan predentin gigi dan lebar lempeng epiphysis tulang antar kelompok dalam sub kelompok III. (tabel 57-64, lampiran 2)



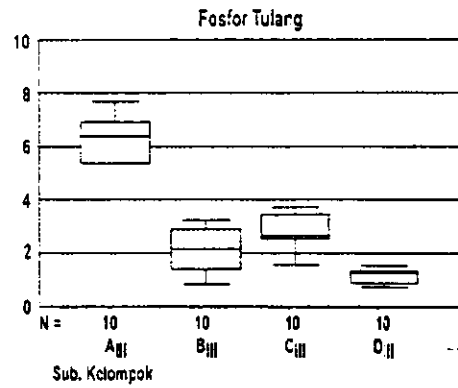
Gambar : Grafik 29a Rerata dan kuartil kadar kalsium gigi sub kelompok A_{III}-D_{III}

Gambar : Grafik 29b Rerata dan kuartil kadar kalsium tulang sub kelompok A_{III}-D_{III}

5.8.1. Uji t antar kelompok dalam sub kelompok III untuk kadar kalsium gigi menunjukkan bahwa kalsifikasi gigi pada sub kelompok D_{III} lebih terhambat dari sub kelompok A_{III}, B_{III} dan C_{III} dengan kemaknaan terlihat pada tabel 57. Kadar kalsium gigi pada sub kelompok D_{III} = $4,984 \pm 0,623$, A_{III} = $28,626 \pm 1,579$, B_{III} = $5,768 \pm 0,877$ dan C_{III} = $6,707 \pm 1,324$ (Grafik 29a). Dari uji t antar kelompok dalam sub kelompok III untuk kadar kalsium tulang didapatkan bahwa kalsifikasi tulang pada sub kelompok D_{III} lebih terhambat dari sub kelompok A_{III}, B_{III} dan C_{III} dengan kemaknaan terlihat pada tabel 58. Kadar kalsium tulang pada sub kelompok D_{III} = $3,716 \pm 1,056$, A_{III} = $14,882 \pm 0,445$, B_{III} = $5,689 \pm 1,025$ dan C_{III} = $5,249 \pm 0,764$ (Grafik 29b).

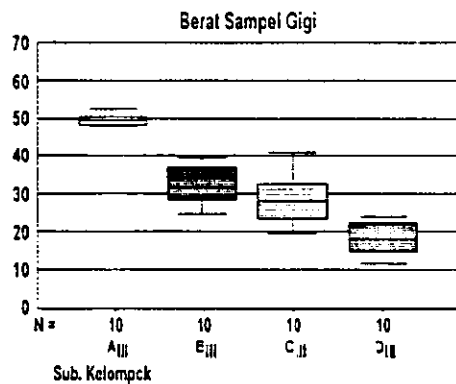


Gambar : Grafik 30a. Rerata dan kuartil kadar fosfor gigi sub kelompok A_{III}-D_{III}

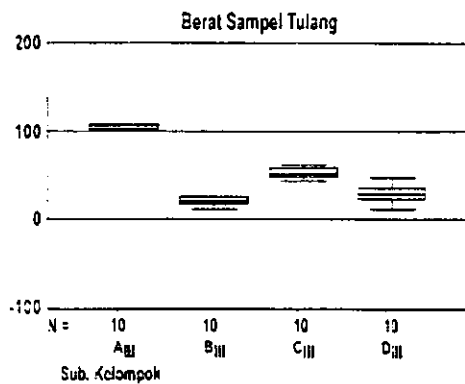


Gambar : Grafik 30b. Rerata dan kuartil kadar fosfor tulang sub kelompok A_{III}-D_{III}

5.8.2. Uji t antar kelompok dalam sub kelompok III untuk kadar fosfor gigi menunjukkan bahwa kalsifikasi gigi pada sub kelompok D_{III} tidak berbeda bermakna dengan sub kelompok C_{III} dengan kemaknaan terlihat pada tabel 59. Kadar fosfor gigi pada sub kelompok D_{III} = $2,292 \pm 0,738$, A_{III} = $10,315 \pm 0,965$, B_{III} = $2,970 \pm 0,504$ dan C_{III} = $3,033 \pm 0,859$ (Grafik 30a). Dari uji t antar kelompok dalam sub kelompok III untuk kadar fosfor tulang didapatkan bahwa kalsifikasi tulang pada sub kelompok D_{III} lebih terhambat dari sub kelompok A_{III}, B_{III} dan C_{III} dengan kemaknaan terlihat pada tabel 60. Kadar fosfor tulang pada sub kelompok D_{III} = $1,179 \pm 0,269$, A_{III} = $6,363 \pm 0,905$, B_{III} = $2,191 \pm 0,858$, dan C_{III} = $2,763 \pm 0,677$ (Grafik 30b).

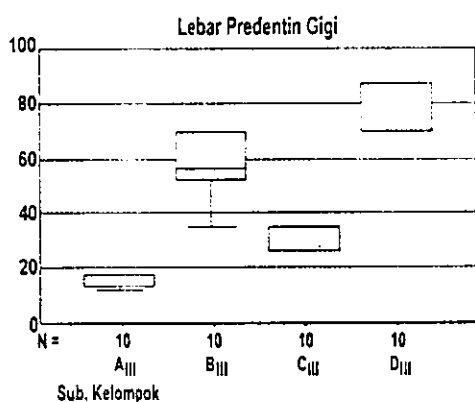


Gambar : Grafik 31a. Rerata dan kuartil berat sampel gigi sub kelompok A_{III}-D_{III}

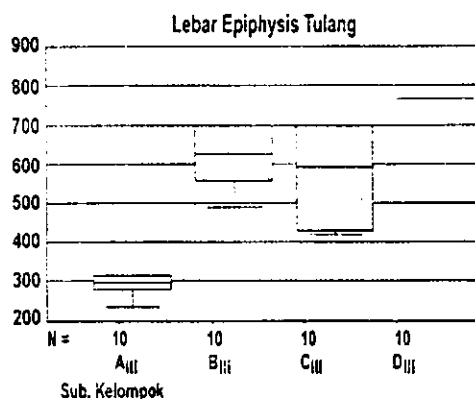


Gambar : Grafik 31b. Rerata dan kuartil berat sampel tulang sub kelompok A_{III}-D_{III}

5.8.3. Uji t antar kelompok dalam sub kelompok III untuk berat sampel gigi menunjukkan bahwa kalsifikasi gigi pada sub kelompok D_{III} lebih terhambat dari sub kelompok A_{III}, B_{III} dan C_{III} dengan kemaknaan terlihat pada tabel 61. Berat sampel gigi untuk sub kelompok D_{III} = $18,120 \pm 3,981$, A_{III} = $49,750 \pm 1,428$, B_{III} = $34,340 \pm 10,097$ dan C_{III} = $29,090 \pm 7,315$ (Grafik 31a).



Gambar : Grafik 32a Rerata dan presentil lebar predentin gigi sub kelompok A_{III}-D_{III}



Gambar : Grafik 32b Rerata dan presentil lebar epiphysis tulang sub kelompok A_{III}-D_{III}

Dari uji t antar kelompok dalam sub kelompok III untuk berat sampel tulang didapatkan bahwa kalsifikasi tulang pada sub kelompok D_{III} tidak berbeda bermakna dengan sub kelompok B_{III} dengan kemaknaan terlihat pada tabel 62. Berat sampel tulang pada sub kelompok D_{III} = $30,920 \pm 13,441$, A_{III} = $113,610 \pm 18,997$, B_{III} = $24,600 \pm 15,618$ dan C_{III} = $52,710 \pm 6,645$ (Grafik 31b).

5.8.4. Uji t antar kelompok dalam sub kelompok III untuk lebar lapisan predentin menunjukkan bahwa kalsifikasi gigi pada sub kelompok D_{III} lebih terhambat dari sub kelompok A_{III}, B_{III} dan C_{III} dengan kemaknaan terlihat pada tabel 63. Lebar lapisan predentin pada sub kelompok D_{III} = $60,375 \pm 8,701$, A_{III} = $17,793 \pm 4,993$, B_{III} = $56,000 \pm 13,174$ dan C_{III} = $32,375 \pm 4,226$ (Grafik 32a). Dari uji t antar

kelompok dalam sub kelompok III untuk lebar lempeng epiphysis tulang didapatkan bahwa kalsifikasi tulang pada sub kelompok D_{III} lebih terhambat dari sub kelompok A_{III}, B_{III} dan C_{III} dengan kemaknaan terlihat pada tabel 64. Lebar lempeng epiphysis tulang pada sub kelompok D_{III} = $730,000 \pm 104,243$, A_{III} = $312,630 \pm 67,628$, B_{III} = $623,000 \pm 83,805$ (Grafik 32b).

5.9. Hasil analisis variansi 1 jalur untuk kadar kalsium gigi dan tulang, kadar fosfor gigi dan tulang, berat sampel gigi dan tulang, lebar lapisan predentin gigi dan lebar lempeng epiphysis tulang antar kelompok penelitian dan sub kelompok penelitian. (lampiran 2)

5.9.1. Hasil analisis variansi 1 jalur antar kelompok penelitian A, B, C, D untuk kadar kalsium gigi dan tulang, kadar fosfor gigi dan tulang, berat sampel gigi dan tulang, lebar lapisan predentin gigi dan lebar lempeng epiphysis tulang didapatkan perbedaan yang sangat bermakna ($P < 0,001$).

5.9.2. Hasil analisis variansi 1 jalur antar sub kelompok penelitian A₀, A_I, A_{II}, A_{III} untuk kadar kalsium gigi dan tulang, kadar fosfor gigi dan tulang, berat sampel gigi dan tulang, lebar lapisan predentin gigi dan lebar lempeng epiphysis tulang didapatkan perbedaan yang sangat bermakna ($P < 0,001$).

5.9.3. Hasil analisis variansi 1 jalur antar sub kelompok penelitian B₀, B_I, B_{II}, B_{III} untuk kadar kalsium gigi dan tulang, kadar fosfor gigi dan tulang, berat sampel gigi dan tulang, lebar lapisan predentin gigi dan lebar lempeng epiphysis tulang didapatkan perbedaan yang sangat bermakna ($P < 0,001$).

5.9.4. Hasil analisis variansi 1 jalur antar sub kelompok penelitian C₀, C_I, C_{II}, C_{III} untuk kadar kalsium gigi dan tulang, kadar fosfor gigi dan tulang, berat sampel

gigi dan tulang, lebar lapisan predentin gigi dan lebar lempeng epiphysis tulang didapatkan perbedaan yang sangat bermakna ($P < 0.001$).

5.9.5. Hasil analisis variansi 1 jalur antar sub kelompok penelitian D_0 , D_I , D_{II} , D_{III} untuk kadar kalsium gigi dan tulang, kadar fosfor gigi dan tulang, berat sampel gigi dan tulang, lebar lapisan predentin gigi dan lebar lempeng epiphysis tulang didapatkan perbedaan yang sangat bermakna ($P < 0.001$).

5.9.6. Hasil analisis variansi 1 jalur antar sub kelompok penelitian 0_A , 0_B , 0_C , 0_D untuk kadar kalsium gigi dan tulang, kadar fosfor gigi dan tulang, berat sampel gigi dan tulang, lebar lapisan predentin gigi dan lebar lempeng epiphysis tulang didapatkan perbedaan yang sangat bermakna ($P < 0.001$).

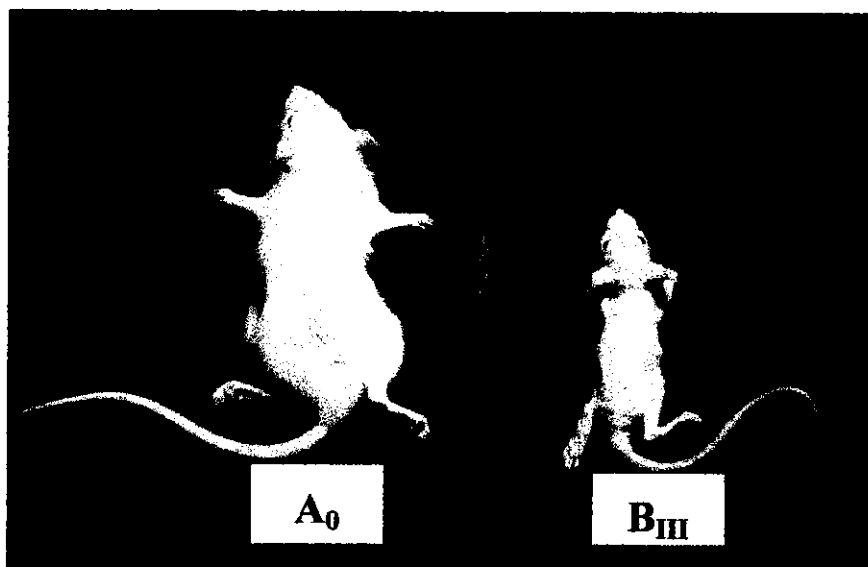
5.9.7. Hasil analisis variansi 1 jalur antar sub kelompok penelitian I_A , I_B , I_C , I_D untuk kadar kalsium gigi dan tulang, kadar fosfor gigi dan tulang, berat sampel gigi dan tulang, lebar lapisan predentin gigi dan lebar lempeng epiphysis tulang didapatkan perbedaan yang sangat bermakna ($P < 0.001$).

5.9.8. Hasil analisis variansi 1 jalur antar sub kelompok penelitian II_A , II_B , II_C , II_D untuk kadar kalsium gigi dan tulang, kadar fosfor gigi dan tulang, berat sampel gigi dan tulang, lebar lapisan predentin gigi dan lebar lempeng epiphysis tulang didapatkan perbedaan yang sangat bermakna ($P < 0.001$).

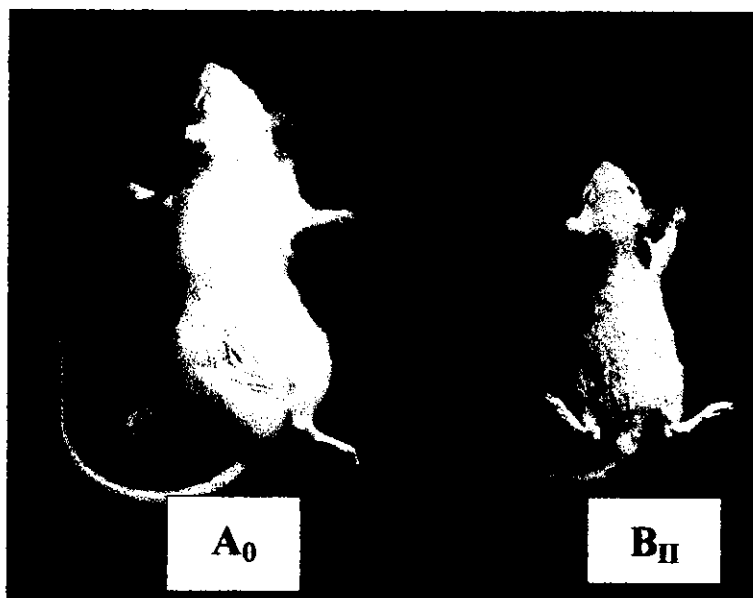
5.9.9. Hasil analisis variansi 1 jalur antar sub kelompok penelitian III_A , III_B , III_C , III_D untuk kadar kalsium gigi dan tulang, kadar fosfor gigi dan tulang, berat sampel gigi dan tulang, lebar lapisan predentin gigi dan lebar lempeng epiphysis tulang didapatkan perbedaan yang sangat bermakna ($P < 0.001$).

5.10. Hasil pengukuran berat badan tikus.

Kelompok	Rerata	Simpangan Baku
A ₀	100.82	1.95
A _I	43.47	2.27
A _{II}	43.16	2.52
A _{III}	42.11	4.87
B ₀	55.82	1.11
B _I	38.00	7.32
B _{II}	33.03	4.37
B _{III}	23.91	1.62
C ₀	55.01	1.06
C _I	38.92	4.31
C _{II}	40.66	5.97
C _{III}	32.57	6.05
D ₀	48.77	0.96
D _I	20.34	1.35
D _{II}	28.94	4.63
D _{III}	20.31	2.21

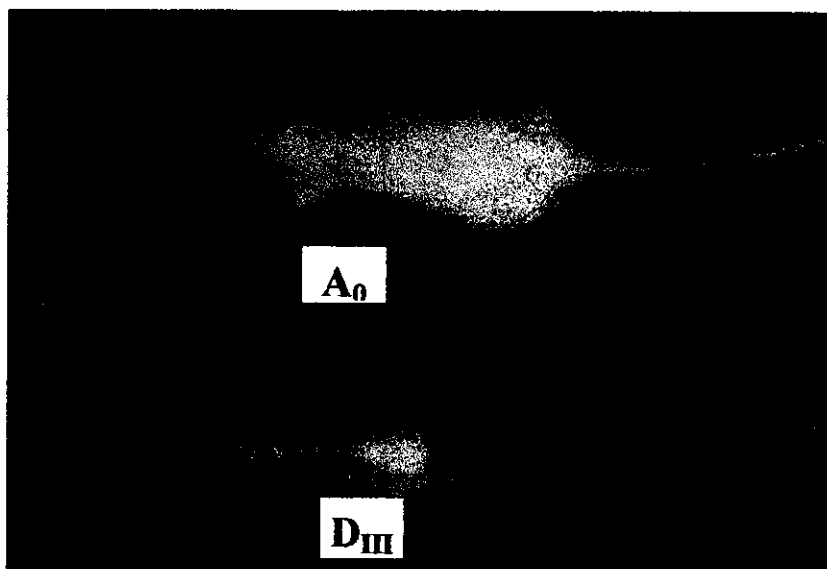
Gambar 29 : Tikus sub kelompok B_{III}

Menunjukkan perbandingan tikus sub kelompok B_{III} dan kelompok kontrol A₀ pada usia 56 hari.



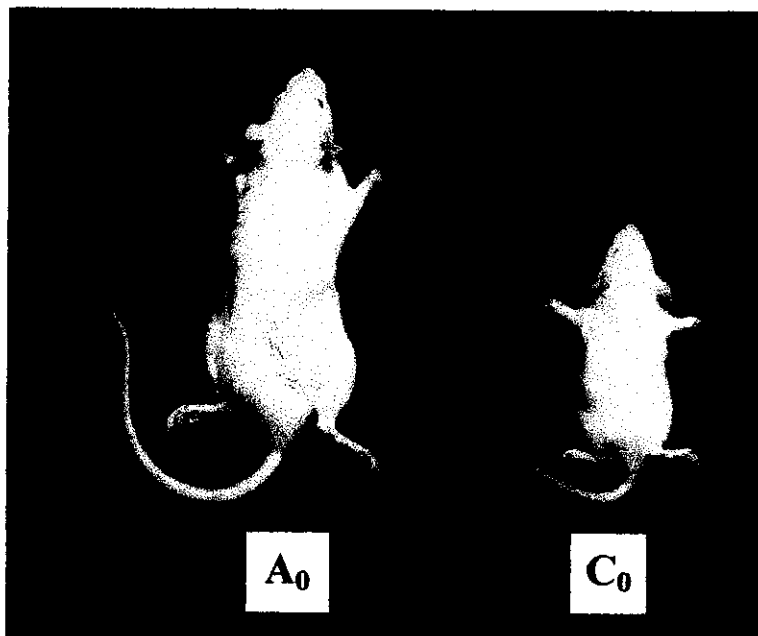
Gambar 30
Tikus sub kelompok B_{II}

Menunjukkan perbandingan tikus sub kelompok B_{II} dan kelompok kontrol A₀ pada usia 56 hari.



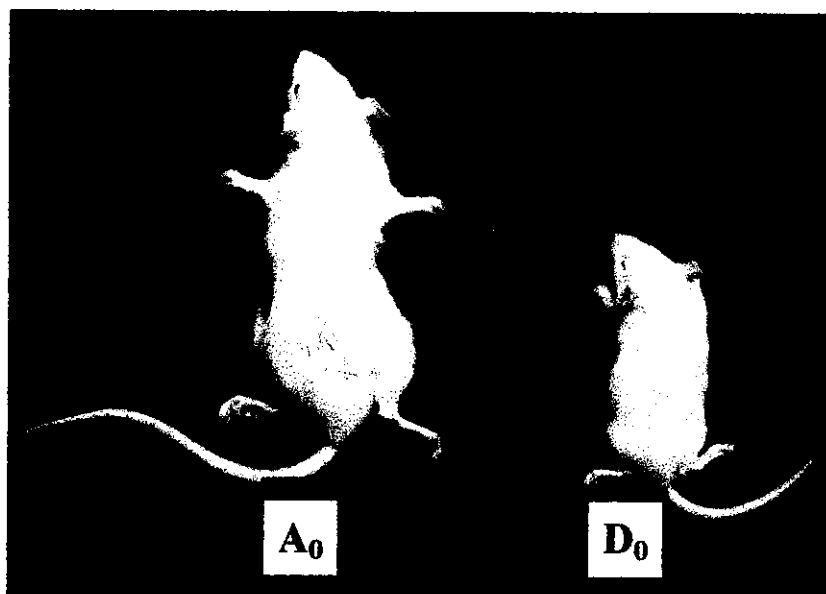
Gambar 31
Tikus sub kelompok D_{III}

Menunjukkan perbandingan tikus sub kelompok D_{III} dan tikus kelompok kontrol (A₀) pada usia 56 hari.



Gambar 32
Tikus sub kelompok C₀

Menunjukkan perbandingan tikus sub kelompok C₀ dan tikus kelompok (A₀) pada usia 56 hari.



Gambar 33
Tikus sub kelompok D₀

Memperlihatkan perbandingan tikus sub kelompok D₀ dan tikus kelompok kontrol (A₀) pada usia 56 hari.

BAB 6 PEMBAHASAN

Jaringan gigi dibentuk oleh enamel, dentin, semen dan pulpa. Enamel terdapat pada permukaan mahkota gigi, sedang semen terdapat pada permukaan akar gigi. Dentin terletak di bawah enamel mahkota gigi dan dibawah semen pada akar gigi. Dentin merupakan bagian terbesar jaringan keras gigi. Pulpa gigi adalah satu-satunya jaringan gigi yang tidak mengalami kalsifikasi. Pulpa terdiri dari tanduk pulpa yang terdapat pada mahkota gigi kemudian berlanjut sampai ke saluran akar gigi dan bersatu dengan serabut periodontal pada foramen apikal.

Enamel, dentin dan semen terdiri dari bahan anorganik, yaitu garam-garam mineral dan bahan organik yang membentuk matriks gigi. Persentase bahan anorganik dan bahan organik pada enamel, dentin, semen berbeda-beda. Pada enamel terdapat 96% bahan anorganik terdiri dari mineral yang berbentuk kristal dan 4% bahan organik. Dentin mengandung 70% bahan anorganik dan 30% bahan organik dan air, sedang semen mengandung 50% bahan anorganik dan 50% bahan organik (Permar dan Melfi, 1977; Goldberg, 1995)

Gambar 1 dan 2 (halaman 75) memperlihatkan gambaran potongan melintang gigi molar anak tikus usia 56 hari dengan pemberian makanan standar. Pada gigi dewasa yang telah erupsi sempurna (umur 56 hari), lapisan predentin sangat tipis, hal ini menunjukkan bahwa pembentukan dentin telah sempurna. Pada gigi dewasa normal fusi dari globuler dentin terjadi menyeluruh sehingga tidak tampak dentin interglobluler yang lebar. Sel-sel odontoblas tersusun rapi dibawah lapisan dentin.

Tulang merupakan jaringan ikat spesifik yang tersusun atas tulang kompakta dan tulang trabekula. Jaringan tulang terdiri dari sel-sel tulang dan matriks tulang yang tersusun oleh 2 macam bahan interseluler yaitu: fibrous dan amorf. Semen interseluler akan terkalsifikasi sehingga tulang menjadi keras. Tulang terdiri 50% bahan mineral dan 50 % bahan organik (Enlow, 1975; Permar dan Melfi, 1977).

Gambar 3 (halaman 76) memperlihatkan lapisan tulang kortikal femur anak tikus usia dewasa (56 hari) yang mendapat makanan standar sejak prenatal. Dalam gambar terlihat adanya kanalis haversi dan kanalis volkman dengan gambaran lamellae tulang yang menandakan bahwa tulang telah matang atau dewasa. Menurut Permar dan Melfi (1977), jaringan tulang yang telah matang terbentuk oleh lamellae. Pada sistema Haversi, lamellae tersusun konsentris mengelilingi kanalis Haversi. Tiap sistema Haversi dikelilingi 4-20 lamela dan berdiameter kurang lebih 0,1 mm.

Gambar 5 dan 6 (halaman 77) memperlihatkan lebar epiphysis tulang femur anak tikus umur 56 hari yang mendapat makanan standar sejak prenatal. Lebar epiphysis berkisar antara 132,432-154,568 mikron. Pada gambar 5 dan 6 terlihat telah banyak pembentukan tulang yang menyerupai balok-balok tulang dan terlihat lamellae tulang yang menunjukkan tulang dewasa. Zona proliferasi tinggal sedikit, hal ini menandakan bahwa pertumbuhan tulang telah hampir selesai.

Faktor-faktor heriditer, lingkungan geografis, nutrisi, jenis kelamin, ras dan hormonal mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan anak (Arvytas, 1974). Pada pertumbuhan dan perkembangan gigi dan tulang, dibutuhkan mineral, terutama kalsium dan protein dalam jumlah yang memadai untuk pertumbuhan dan perkembangan gigi dan tulang yang optimal. Tubuh orang dewasa normal

mengandung kalsium yang jumlahnya mendekati 1000 gram, Kurang lebih 99% kalsium tubuh terdapat pada skelet, kebanyakan dalam bentuk hidroksiapatit, struktur kristal kalsium fosfat dan bentuk ion hidroksil. Kalsium tubuh yang terdapat pada jaringan lunak dan jaringan ekstra seluler jumlahnya kira-kira 1% (Mc.Gillivray, 1987).

Protein merupakan nutrien yang sangat penting bagi kelangsungan metabolisme tubuh. Pengaruh kekurangan protein dapat menyebabkan hambatan proses kalsifikasi gigi dan tulang. Kekurangan protein dapat menyebabkan hambatan dalam reaksi sintesis protein, hal ini menyebabkan modifikasi proses alami pada kalsifikasi matriks organik jaringan mineralisasi.

Untuk mengetahui perbedaan pengaruh kekurangan kalsium, protein dan gabungan kalsium dan protein pada periode posnatal dengan periode pre-posnatal dan posnatal pada kalsifikasi gigi dan tulang, maka dilakukan penelitian pada anak-anak tikus yang berasal dari induk yang diberi makanan kurang kalsium, kurang protein dan gabungan kekurangan kalsium dan protein. Untuk mengetahui secara rinci pengaruh kekurangan nutrien tersebut, maka dibuat sub kelompok anak tikus dengan pemberian makanan standar ($A_0, B_0, C_0,$ dan D_0), makanan kurang kalsium (A_1, B_1, C_1, D_1), kurang protein ($A_{II}, B_{II}, C_{II},$ dan D_{II}), kurang kalsium dan protein ($A_{III}, B_{III}, C_{III},$ dan D_{III}).

Dari uji analisis variansi 1 jalur antar kelompok penelitian untuk kadar kalsium gigi dan tulang, kadar fosfor gigi dan tulang, berat sampel gigi dan tulang, lebar lapisan predentin gigi dan lebar lempeng epiphysis tulang didapatkan perbedaan yang sangat bermakna pada keseluruhan kelompok A, B, C dan D pada $P < 0,001$

(lampiran 1). Dari hasil ini dapat disimpulkan bahwa kekurangan kalsium, protein, dan gabungan kalsium dan protein menghambat pertumbuhan dan perkembangan gigi dan tulang, dalam hal ini kalsifikasi gigi dan tulang.

Uji t antar sub kelompok A, yaitu kelompok yang berasal dari induk tikus dengan makanan standar untuk kadar kalsium gigi, kalsium tulang, kadar fosfor gigi dan tulang, berat sampel gigi dan tulang, lebar lapisan predentin gigi, dan lebar epiphysis tulang (tabel 1-8 lampiran 2) menunjukkan bahwa sub kelompok A_{III} (sub kelompok yang diberi makanan kurang kalsium dan protein sejak anak tikus disapih sampai umur 56 hari) kalsifikasi gigi dan tulangnya paling terhambat daripada sub kelompok A₀ (sub kelompok anak tikus yang diberi makanan standar sejak disapih sampai umur 56 hari), sub kelompok A_I (sub kelompok anak tikus yang diberi makanan kurang protein sejak disapih sampai umur 56 hari) dan sub kelompok A_{II} (sub kelompok anak tikus yang diberi makanan kurang protein sejak anak tikus disapih sampai anak tikus berumur 56 hari).

Kelompok A adalah kelompok dengan perlakuan yang hanya diberikan pada posnatal, yaitu sejak anak tikus disapih sampai umur 56 hari. Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa pemberian makanan dengan kekurangan kalsium, protein dan gabungan kalsium dan protein pada posnatal juga dapat menghambat kalsifikasi gigi dan tulang, hal ini dapat terlihat dengan adanya penurunan kadar kalsium gigi dan tulang serta kadar fosfor gigi dan tulang. Kadar kalsium gigi A₀ = 35,276 ± 2,958; A_I = 31,500 ± 1,287; A_{II} = 31,750 ± 1,993; A_{III} = 28,626 ± 1,570. Kadar kalsium tulang A₀ = 30,357 ± 0,035, A_I = 16,079 ± 1,337, A_{II} = 18,858 ± 1,467, A_{III} = 14,882 ± 0,445. Kadar fosfor gigi A₀ = 17,261 ± 3,604. A_I = 16,389 ± 1,773, A_{II} = 14,071 ±

2,520, $A_{III} = 10,315 \pm 0,965$. Kadar fosfor tulang $A_0 = 10,544 \pm 1,802$, $A_I = 5,767 \pm 1,062$, $A_{II} = 8,039 \pm 1,357$, $A_{III} = 6,362 \pm 0,904$. Pada kelompok A juga terjadi penurunan berat sampel gigi dan tulang. Berat sampel gigi $A_0 = 147,700 \pm 13,776$; $A_I = 75,521 \pm 11,147$; $A_{II} = 61,980 \pm 11,680$, $A_{III} = 49,750 \pm 1,429$. Berat sampel tulang $A_0 = 425,770 \pm 82,691$; $A_I = 226,010 \pm 38,218$; $A_{II} = 223,810 \pm 180,869$; $A_{III} = 113,010 \pm 18,997$. Pada lapisan predentin gigi dan lempeng epiphysis tulang terlihat lebih lebar dari gigi dan tulang kelompok kontrol (sub kelompok A_0). Lebar lapisan predentin gigi $A_0 = 2,275 \pm 0,815$; $A_I = 10,092 \pm 5,159$; $A_{II} = 13,652 \pm 5,073$, $A_{III} = 17,793 \pm 4,994$. Lebar epiphysis tulang $A_0 = 143,500 \pm 11,068$; $A_I = 238,000 \pm 54,116$, $A_{II} = 186,200 \pm 54,116$, $A_{III} = 12,630 \pm 67,628$.

Gambar 6 dan 7 (halaman 77-78) menunjukkan lebar predentin sub kelompok A_{III} . Terlihat bahwa lapisan predentin gigi masih lebih lebar dibanding dengan kelompok kontrol (A_0). Lebar predentin pada sub kelompok $A_{III} = 17,793 \pm 4,994$ sedang pada sub kelompok $A_0 = 2,275 \pm 0,815$. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa pada sub kelompok A_{III} terdapat hambatan kalsifikasi gigi karena dihilangkan kadar kalsium dalam makanan.

Protein, lemak, karbohidrat, mineral dan vitamin yang cukup tetap dibutuhkan oleh anak sesudah kelahiran untuk pertumbuhan dan perkembangan yang optimal. Kekurangan bahan-bahan tersebut pada masa pertumbuhan akan memperlambat pertumbuhan. Pada tulang akan memperlambat pertumbuhan pusat epiphysis yang akan berpengaruh pada tinggi badan, dan kualitas tulang. Protein merupakan bahan utama pembentuk gigi. Jika kebutuhan protein pada waktu pembentukan benih gigi tidak mencukupi, maka dapat terjadi anomali gigi seperti: mikrodonisia, anodonisia

baik sebagian atau seluruhnya. Jika kekurangan bahan tersebut terjadi pada waktu pembentukan enamel, maka akan terjadi hipoplasi enamel. Jika terjadi kekurangan mineral pada waktu proses mineralisasi gigi maka akan terjadi hipokalsifikasi gigi, dan terlambatnya erupsi gigi (Navia, 1971; Jellife, 1979; Metcoff, 1986).

Pada perkembangan jaringan gigi dan tulang, terdapat dua proses metabolik utama yang rentan terhadap kekurangan nutrisi. Kedua proses tersebut adalah: sintesis protein dan kalsifikasi. Sintesis protein yang normal penting untuk perkembangan jaringan lunak dan jaringan keras, termasuk gigi dan tulang. Kekurangan protein dapat menghasilkan perubahan pada timbunan asam amino, hal ini dapat merubah pengaturan seluruh proses sintesis protein. Kekurangan nutrisi yang berpengaruh pada sintesis protein pada periode kritis perkembangan akan menghambat pertumbuhan jaringan lunak dan jaringan keras. Kekurangan asam amino, vitamin C, asam folat dapat mempengaruhi sintesis pokok struktur protein. Nutrien dapat mempengaruhi pertumbuhan gigi dan tulang dengan jalan memperlambat diferensiasi sel, merubah respon terhadap faktor pertumbuhan tulang, dan mempengaruhi kecepatan sintesis unsur pokok matriks, yaitu jaringan kolagen dan non kolagen. Beberapa nutrisi yang dapat mempengaruhi pembentukan tulang pada tingkat seluler adalah vitamin A, D, C, K, zink, magnesium, dan kalsium. Nutrien yang berpengaruh pada sintesis protein pada umumnya juga akan berpengaruh pada pembentukan tulang. (Roughead dan Kunkel, 1991; Roth dan Calmes, 1981)

Gambar 8 dan 9 (halaman 78-79) memperlihatkan lebar epiphysis tulang pada sub kelompok A_{III}. Disini terlihat meskipun terdapat hambatan pertumbuhan tulang

yang dapat dilihat dari lebar epiphysis tulang, tetapi sudah banyak terbentuk zona kalsifikasi yang dapat terlihat dari terbentuknya balok-balok tulang. Dalam gambar ini juga terlihat ada penipisan tulang kortikal. Menurut Thomas *et al.* (1991), pengurangan kalsium pada masa pertumbuhan akan menurunkan ketebalan tulang kortikal dan meningkatkan tulang trabekular.

Kalsifikasi normal merupakan hal pokok pada perkembangan jaringan keras, yaitu: enamel, dentin, semen dan tulang. Pada saat matriks kolagen jaringan keras mulai kalsifikasi, maka kebutuhan kalsium, fosfor, dan vitamin B meningkat. Adanya perubahan pada kalsifikasi gigi kemungkinan dapat menyebabkan cacat yang menetap pada akhir pertumbuhan gigi.

Sintesis protein dan kalsifikasi merupakan hal terpenting pada perkembangan gigi, sehingga ada 2 tahap perkembangan gigi yaitu: tahap pembentukan proteinaceous yang diikuti dengan tahap berikutnya, yaitu kalsifikasi matriks gigi. Pada manusia, perkembangan gigi dimulai sejak 2 bulan intra uterin dan perkembangan ini terus berlangsung sampai umur 16 tahun. Pemberian nutrisi yang memadai merupakan hal pokok selama periode proteinaceous dan kalsifikasi, maka pemberian makanan yang tepat harus dipertahankan sampai pertengahan masa remaja. Berbagai kekurangan nutrisi yang terjadi selama periode tersebut dapat berpengaruh baik pada sintesis protein, atau kalsifikasi gigi dan dapat menghasilkan kerusakan pada gigi (Roth dan Calmes, 1981).

Mekanisme kalsifikasi gigi pada tikus baru sedikit dimengerti. Kemungkinan merupakan proses kimia dengan pengendapan garam kalsium pada medium protein, yaitu jaringan matriks dengan hasil adanya pembentukan *calcosperite* dan adanya

fenomena Liesgang. Periode kalsifikasi merupakan tahap paling peka terhadap variasi normal metabolisme tubuh (Schour dan Massler, 1971).

Enamel, dentin dan semen adalah elemen pembentuk gigi. Pada perkembangannya, gigi juga mengalami proses kalsifikasi sampai terjadi kematangan. Kalsium, magnesium dan fosfor merupakan mineral utama yang memegang peranan penting dalam proses mineralisasi. Proses pembentukan hidroksi apatit pada gigi dan tulang diatur oleh interaksi antara matriks dan mineral. Pada jaringan mineralisasi, beberapa makromolekul anion mengikat mineral. Pada ikatan itu beberapa molekul dapat mengatur ukuran dan bentuk kristal mineral, menentukan tempat awal dan tipe deposisi kristal (Boskey, 1992).

Menurut (Veis, 1993): tulang, dentin dan semen individu dewasa terdiri dari anyaman serabut kolagen yang padat, merupakan tempat deposisi mineral karbonat apatit. Proses mineralisasi pada tulang, dentin dan semen merupakan tipe matriks media mineralisasi, artinya mineralisasi pada tulang memerlukan media matriks protein untuk deposisi mineral.

Uji t antar sub kelompok pada kelompok B (tabel 9-tabel 16, lampiran 1) menunjukkan bahwa sub kelompok B_{III} (anak tikus yang berasal dari induk tikus dengan makanan kurang kalsium dan setelah disapih sampai umur 56 hari mendapat makanan kurang kalsium dan protein) kalsifikasi gigi dan tulangnya paling terhambat dari sub kelompok B₀ (anak tikus dengan pemberian makanan standar setelah disapih sampai umur 56 hari), B_I (anak tikus yang mendapat makanan kurang kalsium setelah disapih sampai umur 56 hari) dan B_{II} (anak tikus yang mendapat makanan kurang protein setelah disapih sampai umur 56 hari).

Nutrisi ibu dengan kualitas dan kuantitas yang tepat dibutuhkan selama kehamilan untuk mendukung pembelahan sel, diferensiasi, dan replikasi sel untuk pertumbuhan dan persiapan jaringan pada waktu menyusui. Protein dan kalsium merupakan nutrisi yang sangat penting dalam masa kehamilan untuk mencapai pertumbuhan dan perkembangan optimal anak termasuk tulang dan gigi. Pertumbuhan janin tercepat terjadi antara umur 12-36 minggu kehamilan. Pada umur kehamilan ini kecepatan pertumbuhan berat badan bayi mencapai puncaknya, yaitu: 200-225 gram/minggu kemudian kecepatannya menurun setelah itu (Navia, 1971; Jellife, 1979; Garn *et al.* 1979; Metcalf, 1986).

Pada manusia, perkembangan gigi dimulai sejak umur 2 bulan intra uterin, sedang pembentukan dentin dimulai pada umur 5 bulan intrauterin dan pertumbuhan ini akan berlangsung sampai umur 16 tahun. (Ham, 1974; Roth dan Calmes, 1981; Moyers, 1988). Berbagai macam kekurangan nutrisi yang terjadi pada masa pertumbuhan tersebut dapat berpengaruh pada sintesis protein dan kalsifikasi gigi sehingga dapat mengakibatkan kelainan pada gigi-geligi.

Gambar 10 dan 11 (halaman 82-83) menunjukkan lebar predentin gigi pada sub kelompok B_{III}. Lapisan predentin gigi tampak sangat lebar, yaitu $56,000 \pm 13,174$, sedang pada kelompok kontrol (A_0) = $2,275 \pm 0,815$. Hal ini menunjukkan adanya hambatan kalsifikasi gigi yang disebabkan oleh kurangnya kadar kalsium dan fosfor dalam gigi. Kurangnya kadar kalsium dan fosfor dalam gigi akan menyebabkan berkurangnya berat sampel gigi. Berat sampel gigi pada kelompok A_0 = $147,700 \pm 13,776$ sedang pada sub kelompok B_{III} = $34,340 \pm 10,097$. Berkurangnya berat sampel gigi mengakibatkan gigi incisivus pada sub kelompok ini menjadi lebih kecil.

Deposisi dan mineralisasi jaringan keras incisivus telah dipelajari pada anak tikus yang disusui oleh induk dengan makanan rendah kalsium dan pada anak tikus yang disapih dengan makanan rendah kalsium. Derajat mineralisasi enamel dan dentin dinilai dengan metoda kekerasan mikro pada ketebalan irisan transversal. Ketebalan enamel dan dentin, diameter irisan incisivus dan ruang pulpa diukur dengan radiografi mikro dari masing-masing irisan. Pada anak tikus yang disapih dengan makanan rendah kalsium terdapat pengurangan kekerasan mikro enamel akar gigi, peripulpal dentin, juga terdapat pengurangan yang bermakna pada diameter bukolingual, ketebalan enamel dan ketebalan dentin akar gigi pada sisi lingual. Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa pada anak tikus umur 30 hari yang disusui oleh induk dengan makanan rendah kalsium tidak terdapat perubahan deposisi dan mineralisasi enamel dan dentin incisivus, tetapi pada anak yang disapih dengan makanan rendah kalsium akan terjadi kelambatan mineralisasi jaringan keras gigi (Lozupone dan Favia, 1989).

Bonucci *et al.* (1994) meneliti tentang kekerasan mikro pada anak tikus yang disusui oleh induk dengan makanan rendah kalsium dan disapih dengan makanan rendah kalsium. Didapatkan bahwa anak tikus yang disapih dengan makanan rendah kalsium selama 30 hari akan mengalami hipomineralisasi enamel. Kristal dari bahan anorganik yang terbentuk meskipun terdapat pada keseluruhan enamel tetapi lebih tipis.

Tentang pengaruh kekurangan kalsium terhadap kepadatan tulang pada masa pertumbuhan kelinci telah diteliti oleh Gilsanz *et al.* (1991). Persentase kalsium yang diberikan adalah: diet rendah kalsium (0,15%), kalsium dalam persentase normal

(0,45%) dan diet tinggi kalsium (1,35%). Pengukuran dilakukan dengan menggunakan *QCT (Quantitative Computed Tomografi)* untuk meneliti kepadatan tulang vertebra. Hasil yang didapatkan pada umur kematangan (35 minggu) yaitu: kepadatan tulang pada kelompok rendah kalsium berkurang, dibandingkan dengan kelompok yang lain, penutupan epiphysis lebih lambat, dan terdapat pengurangan ketebalan jaringan kortikal pada lumbal III. Kesimpulannya ialah bahwa pengurangan diet kalsium selama masa pertumbuhan akan mengurangi massa tulang optimal (*peak bone mass*) pada kematangan tulang, tetapi diet kalsium di atas kebutuhan normal tidak akan menaikkan massa tulang optimal. Thomas *et al.* (1991), mengatakan bahwa pada hewan muda, latar belakang diet akan mempengaruhi deposisi mineral tulang. Binatang yang tidak mendapatkan kalsium dalam makanan akan menunjukkan adanya kenaikan tulang trabekula dan penurunan ketebalan tulang kortikal dibanding binatang yang terus-menerus diberikan makanan dengan 0,5 % kalsium.

Berbeda dengan penelitian oleh Thomas *et al.* (1991), pada penelitian ini, anak-anak tikus yang berasal dari induk tikus yang diberi makanan tanpa kalsium (0%) sejak mengandung, yaitu sub kelompok Bo, B_I, B_{II} dan B_{III} mengalami hambatan dalam kalsifikasi gigi dan tulang.

Dalam kelompok B_{III}, kadar kalsium gigi dan tulang, kadar fosfor gigi dan tulang, berat sampel gigi dan tulang mengalami penurunan yang sangat besar dibanding dengan kelompok kontrol A₀. Kadar kalsium gigi kelompok A₀ = $35,276 \pm 2,958$, kadar kalsium gigi sub kelompok B_{III} = $5,768 \pm 0,877$. Kadar kalsium tulang sub kelompok A₀ = $30,357 \pm 0,035$, sedang kadar kalsium tulang sub kelompok B_{III} =

$2,970 \pm 0,504$. Kadar fosfor gigi sub kelompok $A_0 = 17,261 \pm 3,604$, pada sub kelompok $B_{III} = 2,970 \pm 0,504$. Kadar fosfor tulang kelompok $A_0 = 10,544 \pm 1,802$, sub kelompok $B_{III} = 2,190 \pm 0,857$. Berat sampel tulang pada $A_0 = 147,700 \pm 13,776$, pada sub kelompok $B_{III} = 24,600 \pm 15,617$.

Gambar 12 dan 13 (halaman 84) memperlihatkan masih sangat lebarnya epiphysis tulang pada sub kelompok B_{III} , hal ini menunjukkan bahwa pertumbuhan tulang sangat terhambat. Hal lain yang dapat diamati pada gambar ini adalah zona proliferasi masih sangat lebar dan masih sedikitnya zona ossifikasi. Pada sub kelompok B_{III} terjadi peningkatan tulang trabekular, hal ini menandakan bahwa masih banyak tulang muda atau tulang trabekular yang menandakan bahwa pada usia dewasa 56 hari, anak tikus tidak dapat mencapai pertumbuhan yang optimal oleh karena anak tikus sejak prenatal dan masa sapih mengalami kekurangan kalsium. Menurut Roth dan Calmes (1981) saat usia sapih pertumbuhan dan perkembangan tubuh ditandai dengan tahap hiperplasi sel yang cepat, sehingga kekurangan kalsium dan protein sejak prenatal dan pada masa sapih akan menimbulkan gangguan yang berat pada kalsifikasi gigi dan tulang.

Uji t antar sub kelompok pada kelompok C (tabel 17-24 lampiran 2) untuk kadar kalsium gigi, kadar kalsium tulang, kadar fosfor gigi, kadar fosfor tulang, berat sampel gigi, berat sampel tulang, lebar lapisan preodontin gigi dan lebar lempeng epiphysis tulang menunjukkan bahwa sub kelompok C_{III} (anak tikus yang berasal dari induk dengan kekurangan protein sejak hamil, melahirkan dan menyusui kemudian setelah disapih diberi makanan kurang kalsium dan protein sampai umur 56 hari) paling terhambat kalsifikasi gigi dan tulangnya dari pada sub kelompok C_0

(anak tikus yang setelah disapih diberi makanan standar), C_I (anak tikus yang setelah disapih diberi makanan kurang kalsium), dan C_{II} (anak tikus yang setelah disapih diberi makanan kurang protein).

Gambar 14 dan 15 (halaman 88-89) menunjukkan lebar epiphysis tulang pada sub kelompok C_{III} . Epiphysis tulang masih sangat lebar dibandingkan dengan lebar epiphysis tulang sub kelompok A_0 . Lebar epiphysis tulang kelompok $A_0 = 143,500 \pm 11,068$, pada sub kelompok $C_{III} = 575,000 \pm 125,631$. Hal ini menunjukkan bahwa kalsifikasi tulang sangat terhambat oleh karena adanya kekurangan protein sejak prenatal dan diperberat oleh adanya kekurangan kalsium pada usia sapih sampai dewasa umur 56 hari. Protein berfungsi untuk membentuk matriks organik tulang, sehingga kekurangan protein sejak prenatal akan menghambat pembentukan matriks organik yang pada proses kalsifikasi tulang, mineral diantaranya kalsium dan fosfor dideposisikan di dalam matriks organik. Salah satu fungsi protein dalam hubungannya dengan kalsium ialah bahwa plasma kalsium (40%) terikat dengan protein sebagai timbunan, sedang bentuk plasma yang lain ialah sebagai ion kalsium bebas (50%), dalam bentuk ikatan dengan asam organik (10%). Dengan demikian protein juga berguna untuk pengikatan kalsium. Kekurangan protein akan menyebabkan hambatan metabolisme kalsium (Mac. Gillivray, 1987).

Penurunan kadar kalsium dan fosfor mengakibatkan hambatan pada kalsifikasi tulang sehingga banyak terdapat tulang trabekular dan pada sumsum tulang banyak terdapat lemak sehingga menghambat fungsi tulang sebagai pembuat sel-sel darah. Hal ini juga dijumpai pada penelitian Ferreti *et al.* (1988) yang meneliti pengaruh kekurangan protein terhadap fungsi biomekanik pada diaphysis tulang.

Penurunan kadar kalsium dan fosfor tulang akan mengakibatkan penurunan berat sampel tulang. Berat sampel tulang pada sub kelompok $A_0 = 425,770 \pm 82,691$, sedang pada sub kelompok $C_{III} = 52,710 \pm 6,645$.

Gambar 16 dan 17 (halaman 89-90) menunjukkan lebar predentin gigi sub kelompok C_{III} . Pada tikus dewasa umur 56 hari, tebal predentin adalah $2,275 \pm 0,815$. Pada sub kelompok $C_{III} = 32,375 \pm 4,226$. Masih lebarnya predentin gigi menunjukkan terdapatnya hambatan pertumbuhan gigi oleh karena kurangnya protein sejak prenatal dan diperberat oleh kurangnya kalsium pada usia sapih sampai dewasa umur 56 hari. Adanya gangguan yang berat pada mineralisasi gigi akan menyebabkan pita interglobular yang lebar (Bevelander, 1967). Menurut Mc. Coy (1971), pada keadaan normal akan terjadi fusi yang sempurna pada dentin globular, tetapi jika terjadi gangguan pada proses kalsifikasi, maka derajat fusi akan menurun sehingga menimbulkan adanya dentin interglobular yang lebar.

Asam amino dalam jumlah cukup dibutuhkan untuk sintesis protein yang normal. Pada periode kritis pertumbuhan, kekurangan protein akan mengakibatkan kerusakan pembentukan gigi. Pengaruh yang paling besar akibat kekurangan protein pada perkembangan gigi adalah pada masa pra erupsi gigi. Kekurangan protein pada masa praerupsi gigi dapat mengakibatkan perubahan bentuk gigi, perubahan pola erupsi gigi dan gigi lebih rentan terhadap karies. Gigi anak tikus yang dilahirkan dari induk kurang protein pada waktu hamil dan menyusui akan mengalami perubahan bentuk, pola erupsi. Perubahan-perubahan ini sifatnya tetap dan tidak dapat kembali seperti semula meskipun setelah itu diberikan makanan cukup protein (Roth dan Calmes, 1981).

Tentang bagaimana sebenarnya pengaruh kekurangan protein terhadap metabolisme mineral dan kepadatan mineral tulang dan gigi masih menjadi pertanyaan pada para peneliti. Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengetahui pengaruh kekurangan protein terhadap kematangan, susunan mineral tulang dan gigi. Belli *et al.* (1990) mendapatkan bahwa 45% pasien penderita kwashiorkor mengalami kelambatan kematangan tulang. Miwa *et al.* (1990) mengatakan bahwa protein energi malnutrisi sejak prenatal akan mengakibatkan hambatan dalam proses mineralisasi gigi, peneliti lain yaitu Gulati *et al.* (1991) mengatakan bahwa malnutrisi berpengaruh pada umur tulang dan gigi. Makin berat malnutrisi, maka pengaruhnya akan terhadap umur tulang dan umur gigi akan lebih besar.

Orwoll (1992) meneliti pengaruh kekurangan protein terhadap metabolisme mineral dan kepadatan tulang pada anak tikus yang sedang dalam masa pertumbuhan. Kelompok perlakuan diberikan diet protein 5% dalam waktu 4,6 dan 8 minggu, dan pada kelompok kontrol diberikan protein 18% dalam diet. Diet rendah protein dengan cepat akan menyebabkan hipokalsiuria yang dipertahankan sampai 8 minggu. Meskipun didapatkan pengurangan dimensi skeletal pada ketiga kelompok perlakuan, tetapi tidak terdapat perbedaan yang bermakna pada kepadatan tulang. Dengan demikian, pengurangan diet protein menyebabkan kelambatan pertumbuhan tetapi kepadatan tulang dipertahankan jika masih ada pengurangan ekskresi kalsium melalui urin.

Pada penelitian ini protein yang diberikan adalah 4%, dan ternyata pada persentase ini baik pada perlakuan posnatal dan perlakuan pre dan posnatal memberikan pengaruh pada metabolisme mineral dan kepadatan tulang. Menurut

Roth dan Calmes (1981), perkembangan tulang sama seperti perkembangan gigi. Pada perkembangan ini ada 2 tahap metabolisme utama, yaitu pembentukan proteinaceous atau tahap pembentukan jaringan matriks kemudian diikuti oleh proses kalsifikasi. Beberapa penelitian pada tikus menunjukkan bahwa matriks organik tulang mengikuti pola pertumbuhan jaringan lunak, yaitu adanya tahap pertumbuhan yang ditandai dengan adanya hiperplasi sel yang sangat intensip, dan ini terjadi di sekitar usia sapih. Jika dalam periode tersebut terdapat kekurangan protein, maka akan menyebabkan perkembangan matriks organik yang abnormal. Nap *et al.* (1991) meneliti pengaruh berbagai tingkatan kekurangan protein terhadap perkembangan tulang. Pada penelitian ini digunakan anak tikus umur 7 minggu sebagai sampel penelitian. Persentase protein yang diberikan adalah: 31,6%, 23,1% dan 14,6% yang diberikan selama 18 minggu. Hasil penelitian menunjukkan tidak adanya perbedaan yang bermakna pada metabolisme kalsium diantara 3 kelompok penelitian.

Beberapa peneliti membuktikan adanya pengaruh kekurangan protein dalam diet terhadap metabolisme mineral dan kepadatan tulang. Likimani (1992) meneliti pengaruh kekurangan protein terhadap kandungan mineral tulang tibia tikus. Diet protein yang diberikan adalah 10mg/kg/hari. Hasil penelitian menunjukkan adanya pengurangan kandungan mineral tulang terutama pada ujung proksimal yang terutama terdiri dari tulang trabekula. Penelitian tentang reaksi biomekanika pada diaphysis dan jaringan kortikal tulang pada tulang femur akibat kekurangan protein pada tikus telah diteliti oleh Ferreti *et al.* (1988). Penelitian dilakukan pada 9 ekor tikus dengan diet tanpa protein yang diberikan pada anak tikus umur 30-50 hari mengakibatkan banyak sekali pengurangan pada kekuatan pembengkokan dan

kekakuan tulang. Perubahan ini berhubungan dengan parahnya kerusakan dalam jumlah dan atau susunan arsitektur materi tulang, yaitu: volume, rasio dinding dan lumen, pengurangan jumlah kalsium dan elastisitas jaringan tulang.

Uji t antar sub kelompok pada kelompok D (induk dengan kekurangan kalsium dan protein sejak mengandung, melahirkan dan menyusui) untuk kadar kalsium gigi dan tulang, kadar fosfor gigi dan tulang, berat sampel gigi dan tulang, lebar lapisan predentin gigi dan lebar epiphysis tulang menunjukkan bahwa pada sub kelompok D_{III} (sub kelompok anak tikus dengan pemberian makanan kurang kalsium dan protein sejak disapih sampai umur 56 hari) kalsifikasi gigi dan tulangnya paling terhambat dari sub kelompok D₀ (sub kelompok anak tikus dengan makanan standar sejak disapih sampai umur 56 hari), D_I (sub kelompok anak tikus dengan pemberian makanan kurang kalsium sejak disapih sampai umur 56 hari), D_{II} (sub kelompok anak tikus dengan pemberian makanan kurang protein sejak disapih sampai umur 56 hari dengan kemaknaan terlihat pada tabel 25-tabel 32 lampiran 2)

Kelompok D adalah kelompok penelitian yang berasal dari induk dengan pemberian makanan kurang kalsium dan protein sejak hamil, melahirkan dan menyusui. Kalsium dan protein merupakan nutrisi pokok untuk pertumbuhan dan perkembangan gigi dan tulang. Pembentukan tulang terjadi secara berkesinambungan. Nutrien dapat mempengaruhi pembentukan tulang dengan menghambat diferensiasi seluler, merubah reaksi terhadap faktor pertumbuhan tulang dan mempengaruhi kecepatan sintesis unsur pokok matriks. Unsur pokok matriks adalah jaringan protein kolagen dan nonkolagen yang masing-masing mempunyai peranan spesifik pada pembentukan tulang, pemeliharaan atau proses resorpsi.

Kalsium merupakan nutrien yang diketahui mempunyai pengaruh terhadap pembentukan tulang pada tingkat seluler. Nutrien yang mempengaruhi sintesis protein pada umumnya juga berpengaruh pada pertumbuhan tulang (Roughead dan Kunkel, 1991).

Gambar 18 dan 19 (halaman 94-95) memperlihatkan lebar epiphysis tulang pada sub kelompok D_{III}. Kekurangan kalsium dan protein pada anak tikus sejak prenatal sampai dewasa umur 56 hari menyebabkan adanya hambatan baik pembentukan matriks organik jaringan gigi dan maupun proses mineralisasi tulang. Turunnya kadar kalsium dan fosfor tulang menyebabkan hambatan deposisi mineral dalam epiphysis tulang sehingga pada pusat pertumbuhan masih terlihat sangat lebar, lebar epiphysis tulang pada sub kelompok D_{III} = $730,000 \pm 104,243$ sedang pada kelompok kontrol (A₀) = $143,500 \pm 11,068$. Pada gambar ini menunjukkan bahwa kalsifikasi tulang sangat terhambat. Menurut Paulsen (1990), pertumbuhan memanjang pada tulang panjang disebabkan oleh adanya proliferasi pada zona tenang dan pada zona proliferasi lempeng epiphysis. Pada akhir pertumbuhan kartilago pada epiphysis tulang akan seluruhnya diganti dengan tulang sehingga epiphysis bersatu dengan diaphysis dengan pembatas garis epiphyseal (*epiphyseal line*).

Pada sub kelompok D_{III}, zona proliferasi masih sangat lebar, zona ossifikasi masih sangat sedikit, sehingga pembentukan tulang masih sangat kurang. Pada sub kelompok ini banyak sekali dijumpai tulang trabekula tulang yang menandakan bahwa tulang belum dewasa. Menurut Permar dan Melfi (1977) tulang trabekula sering disebut juga sebagai *woven bone* yang juga dijumpai pada proses regenerasi pada perlukaan tulang

Matriks tulang merupakan komponen organik, terutama terdiri dari kolagen tipe I yang dapat memberikan daya rentang dan komponen anorganik terutama hidroksiapatit yang dapat memberikan kekakuan terhadap tekanan (Bulkwalter dan Cooper, 1987). Jaringan kolagen tipe I yang terdapat pada tulang sama dengan yang terdapat pada kulit, dentin dan tendon. Matriks organik terdiri dari 95% serabut-serabut kolagen dan 4% mukopolisakarid yang berisi chondroitin sulfat. Matriks organik penting pada pembentukan dentin, sementum dan enamel. Protein pada dentin dan semen terutama adalah jaringan kolagen, yaitu: proteoglycan, phosphoprotein dan protein yang dalam keadaan normal terdapat pada tulang. Protein tersebut berperan aktif dalam mineralisasi karena merupakan tempat inti untuk pembentukan dan pertumbuhan kristal apatit. Pada enamel dibentuk terutama oleh nonkolagen protein, yaitu amelogenin. (Limeback, 1991). Menurut Roth dan Calmes (1981), pertumbuhan matriks organik tulang pada tikus percobaan mengikuti pola perkembangan jaringan lunak di mana terdapat pertumbuhan yang ditandai dengan tahap hiperplasi sel yang cepat yang terjadi di sekitar waktu sapih. Pada kelinci, sintesis protein mencapai puncaknya pada usia 19 hari intra uterin. Hal seperti ini juga terdapat pada gigi. Jika pada saat itu terdapat kekurangan protein akan menyebabkan adanya perkembangan matriks organik yang tidak normal. Matriks organik pertama kali dideposisi oleh osteoblas sebagai osteoid dan kemudian terkalsifikasi.

Tahap pertama pembentukan tulang adalah pembentukan jaringan organik yang dibentuk pada periode awal embrio berasal dari jaringan mesenchym. Proses kematangan jaringan menjadi jaringan tulang dapat secara osifikasi intra membran

dan endokhondral. Pada pembentukan tulang intramembran seperti pada tulang kranial dan tulang fasial, jaringan lunak mesenchym termineralisasi menjadi tulang dewasa. Pada pembentukan tulang secara endokhondral seperti pada pembentukan tulang panjang melalui pembentukan kartilago. Adanya gangguan perkembangan, baik berasal dari faktor genetik, virus, kelainan nutrisi mempunyai pengaruh yang kuat pada berbagai tahap perkembangan tulang. Beberapa sel atau sekelompok sel kemungkinan lebih peka dari sel yang lain selama siklus kehidupan. Tahap peka ini kemungkinan bersifat sementara, tetapi rangkain kelainan yang parah dapat mempengaruhi kemampuan pembentukan struktur jaringan yang normal (Roughead dan Kunkel, 1991).

Komponen anorganik tulang terdapat pada 65-70% berat tulang. Bahan-bahan anorganik mengandung banyak Ca^{++} , PO_4^{3-} , $\text{CO}_3 =$ dan ion sitrat. 80-90% komponen anorganik tulang terdapat diantara serabut-serabut kolagen sebagai kristal hidroksi apatit. Komponen anorganik pada enamel gigi adalah 95% dari berat gigi, pada dentin sebanyak 70% dari berat gigi, sedang komponen anorganik semen hampir sama dengan kandungan anorganik pada tulang. Pada binatang percobaan kandungan anorganik keseluruhan pada gigi sebanyak 80,5% (Roughead dan Kunkel, 1991; Roth dan Calmes, 1981; Wright, 1996).

Kalsium, magnesium dan fosfor merupakan mineral utama dalam proses mineralisasi gigi dan tulang. Proses pembentukan hidroksi apatit pada tulang dan gigi diatur oleh interaksi antara jaringan matriks dan mineral. Pada jaringan mineralisasi beberapa makromolekul anion mengikat mineral. Pada ikatan itu beberapa molekul

dapat mengatur ukuran dan bentuk kristal mineral, menentukan tempat awal dan tipe deposisi mineral (Boskey, 1992).

Ferguson dan Hartles (1966) menyimpulkan bahwa makanan yang diberikan tanpa kalsium dapat menyebabkan berat gigi seri tikus-tikus percobaan berkurang secara nyata. Gigi terdiri dari enamel, dentin dan semen. Enamel adalah lapisan luar yang melindungi dentin. Kualitas gigi sangat dipengaruhi oleh kekerasan enamel dan kekuatan dentin, bagian terbesar dari enamel dan dentin adalah bahan anorganik. Pada enamel sebanyak 96% dan pada dentin sebanyak 70%. Sekitar 37% dari bahan anorganik tersebut adalah kalsium. .

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kandungan kalsium pada gigi tikus normal berkisar antara 32,32-38,24%. Berat gigi seri pada tikus normal pada penelitian ini berkisar dari 133,93-161,476 miligram. Dari uji t masing-masing sub kelompok untuk berat sampel gigi didapatkan bahwa pada sub kelompok dengan pemberian makanan kurang kalsium menyebabkan pengurangan berat gigi seri. Berat gigi seri kelompok D (kelompok dengan kekurangan kalsium dan protein sejak prenatal) adalah : $D_I = 39,050 \pm 10,006$; $D_{II} = 42,440 \pm 9,453$; $D_{III} = 10,120 \pm 3,980$. Pengurangan berat gigi disebabkan oleh sangat berkurangnya kandungan bahan anorganik, yaitu kalsium dan fosfor juga bahan organik pembentuk gigi.

Bentuk kristal pada tulang dan dentin lebih kecil daripada yang terdapat pada enamel. Pada awal pertumbuhan, kristal enamel bertambah panjang, tebal dan lebar sampai seluruh lapisan enamel disekresikan. Setelah tercapai kematangan, kristal hanya bertambah tebal dan lebar. Bentuk kristal pada irisan adalah hexagonal (Warsawsky).

Gambar 20 dan 21 (halaman 96) memperlihatkan potongan melintang gigi pada sub kelompok D_{III}. Dari gambar ini terlihat bahwa lapisan predentin gigi masih sangat lebar, lapisan dentin tipis. Pada sub kelompok D_{III}, lebar lapisan predentin berkisar antara 61,674 - 69,076, sedang pada kelompok kontrol (A₀) berkisar antara $1,460 \pm 3,090$. Dari hasil ini menunjukkan bahwa terjadi hambatan yang berat pada kalsifikasi gigi.

Menurut Seltzer dan Bender (1975) pada perkembangan benih gigi binatang percobaan maupun pada manusia sangat rentan terhadap kekurangan nutrisi, dan ini dapat menyebabkan gangguan tingkat seluler, morfologi dan erupsi gigi. Kekurangan protein pada tikus dalam masa pertumbuhan menyebabkan perubahan pada bentuk, hubungan anatomik dengan rahang. Ukuran gigi menjadi lebih kecil, terdapat kelambatan erupsi dan dapat terjadi maloklusi. Pada kekurangan nutrisi ini akan mengakibatkan degenerasi pada sel-sel odontoblas sehingga mineralisasi pada predentin terhambat. Hal demikian juga terjadi pada gigi sub kelompok D_{III}. Pada gambar 20, terlihat kerusakan pada sel-sel odontoblas, pada kelompok kontrol (gambar 1) sel-sel odontoblas tampak tersusun rapi dibawah lapisan predentin. Dari pengamatan gambar 20 dan 21 dapat disimpulkan bahwa terjadi hambatan yang berat pada kalsifikasi gigi disertai dengan adanya proses degenerasi pada sel-sel odontoblas.

Pengamatan bentuk, tipe dan ukuran rata-rata kristal mineral pada berbagai jaringan mineralisasi telah dilakukan dengan menggunakan metoda *SAX (Small-angle-x ray-scattering)*. Pada tendon kaki kalkun, kristal mineral berbentuk lempeng

dengan ketebalan 2 μ m, sedang pada tulang calvaria, femur dan puncak iliaca tikus dan anjing berbentuk jarum dengan ketebalan 3-4 μ m (Koller, 1992).

Sub kelompok B₀, C₀, dan D₀ adalah sub kelompok yang berasal dari induk dengan kekurangan protein, kekurangan kalsium dan gabungan kalsium protein yang diberikan makanan standar setelah disapih sampai umur 56 hari. Maksud pemberian makanan standar setelah anak tikus mengalami kekurangan nutrisi adalah untuk melihat apakah pemberian makanan standar dapat memperbaiki kelainan yang disebabkan karena kekurangan nutrisi tertentu dalam makanan.

Dari uji t pada sub kelompok 0 untuk kadar kalsium gigi dan tulang, kadar fosfor gigi dan tulang, berat sampel gigi dan tulang, lebar lapisan prenentin gigi dan lebar epiphysis tulang menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang bermakna antara sub kelompok A₀, B₀, C₀ dan D₀ dengan kemaknaan terlihat pada tabel 33-40 lampiran 2. Kesimpulannya bahwa pemberian makanan standar tidak dapat memperbaiki kelainan yang ditimbulkan karena kekurangan protein, kalsium atau kekurangan kalsium dan protein, sehingga kalsifikasi gigi dan tulang masih tetap mengalami hambatan.

Gambar 22 dan 23 (halaman 100-101) memperlihatkan lebar epiphysis tulang dan zona-zona kartilago dalam epiphysis pada sub kelompok B₀. Lebar epiphysis sub kelompok B₀ = 220,500 \pm 23,623 sedang pada sub kelompok A₀ = 143,500 \pm 11,068. Pada sub kelompok B₀ terlihat bahwa tulang yang terbentuk pada zona ossifikasi masih sangat kurang, banyak terdapat tulang trabekula, dan tulang kortikal yang terbentuk sangat tipis. Hal ini menandakan bahwa terjadi hambatan dalam kalsifikasi

tulang, dan ini juga dapat ditunjukkan dengan lebarnya zona proliferasi pada anak tikus usia dewasa.

Gambar 24 dan 25 (halaman 101-102) memperlihatkan lebar predentin gigi pada sub kelompok B₀. Lapisan predentin masih lebih lebar dibanding dengan kelompok kontrol. Lebar predentin pada sub kelompok B₀ = $15,088 \pm 2,944$, sedang lebar predentin sub kelompok A₀ = $2,275 \pm 0,845$. Hal ini menunjukkan bahwa pemberian makanan standar pada anak tikus yang mengalami kekurangan kalsium sejak prenatal tidak memperbaiki kalsifikasi gigi, sehingga hambatan yang terjadi bersifat ireversibel. Dari gambar 24 dan 25 dapat dilihat bahwa masih terdapat proses degenerasi pada sel-sel odontoblas oleh karena kekurangan nutrisi, sehingga mineralisasi pada sub kelompok B₀ mengalami hambatan.

Penelitian tentang kemampuan tikus betina dengan mineralisasi yang jelek untuk meningkatkan mineralisasi tulang sebagai reaksi terhadap kenaikan diet kalsium telah dilakukan oleh Thomas *et al.* (1991) pada 2 kelompok tikus pada siklus kehidupan yang berbeda, yaitu: pada usia 6-9 minggu saat periode kematangan seksual dan pada usia 100 hari saat tercapainya mineralisasi skelet pada usia dewasa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kenaikan diet kalsium dalam makanan akan meningkatkan jumlah total kalsium dalam tulang, tetapi riwayat diet kalsium pada hewan muda akan mempengaruhi deposisi mineral pada tulang. Pada binatang dengan makanan tanpa kalsium akan terjadi peningkatan trabekular tulang dan penurunan ketebalan tulang kortikal dibanding dengan hewan yang mendapat kalsium 0,5% secara terus menerus. Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan

bahwa kekurangan kalsium pada umur-umur pertumbuhan akan menyebabkan kepadatan tulang berkurang meskipun ditambah diet kalsium.

Penelitian yang sama juga dilakukan oleh Bonucci *et al.* (1994) yang mempelajari tentang pengaruh penambahan makanan standar pada anak tikus yang berasal dari induk tikus dengan kekurangan kalsium. Pada anak tikus yang disapih dengan makanan kurang kalsium selama 30 hari akan mengakibatkan hipomineralisasi enamel. Meskipun kristal terdapat pada keseluruhan enamel tetapi lebih tipis. Pada penambahan makanan standar setelah anak disapih menunjukkan adanya perbaikan pada derajat kalsifikasi, tetapi kristal yang terbentuk tetap lebih tipis daripada kelompok kontrol.

Gambar 26, 27, dan 28 (halaman 102-103) memperlihatkan gambaran gigi potongan melintang dan gambaran tulang potongan membujur dari anak tikus kelompok C₀. Pada gambar 26 terlihat bahwa epiphysis tulang masih tampak sangat lebar. Pada sub kelompok ini lebar epiphysis tulang = $332,500 \pm 50,180$, sedang pada sub kelompok A₀ = $143,500 \pm 11.068$. Anak tikus sub kelompok C₀ tetap mengalami hambatan kalsifikasi tulang, hal ini selain dilihat dari lebar epiphysis tulang, juga dapat dilihat dari lebar zona proliferasi dan banyaknya tulang trabekula yang terbentuk. Tulang yang terbentuk masih sedikit. Pada sumsum tulang terdapat banyak sel-sel lemak.

Menurut Paulsen (1990), sumsum tulang yang juga disebut sebagai jaringan medular merupakan jaringan haematopoetik. Sumsum tulang yang masih aktif membuat sel-sel darah disebut sumsum tulang merah atau *red marrow*. Dengan bertambahnya usia, maka sumsum tulang merah akan digantikan dengan sumsum

kuning atau *yellow marrow*. Sumsum tulang kuning ini dapat diaktifkan kembali jika terjadi peningkatan kebutuhan sel-sel darah, misalnya adanya hipoksia dan perdarahan. Gambar 26 (halaman 102) menunjukkan banyaknya sel-sel lemak pada sumsum tulang pada anak tikus yang pertumbuhan tulangnya belum selesai. Hal ini menandakan bahwa terjadi kelainan pada sumsum tulang yang mengakibatkan terhambatnya kalsifikasi tulang meskipun telah diberi makanan standar pada usia sapih.

Gambar 27 dan 28 (halaman 103) memperlihatkan lebar predentin pada sub kelompok C₀. Predentin gigi masih tampak lebar, yaitu $20,563 \pm 7,730$. Kekurangan nutrisi menyebabkan lebarnya predentin yang glebular oleh karena ada hambatan dalam pembentukan dentin. Pada kelompok D₀ juga terdapat hambatan kalsifikasi gigi dan tulang, hal ini dapat dilihat dari kurangnya kadar kalsium gigi dan tulang, kadar fosfor gigi dan tulang, lebar sampel gigi dan tulang, lebar predentin gigi dan lebar epiphysis tulang (Tabel 33-40 lampiran 2). Dengan melihat gambaran kalsifikasi gigi dan tulang pada sub kelompok B₀, C₀ dan D₀ dapat disimpulkan bahwa penambahan makanan standar pada anak tikus yang mengalami kekurangan kalsium, protein dan gabungan kalsium-protein sejak prenatal tidak dapat memperbaiki kalsifikasi gigi dan tulang yang sifatnya ireversibel.

Uji t antar sub kelompok I, II, III menunjukkan bahwa sub kelompok dengan kekurangan gabungan kalsium dan protein kalsifikasi gigi dan tulangnya paling terhambat (tabel 41-64 lampiran 2).

Pertumbuhan matriks organik pada tulang dan gigi pertama kali dideposisi oleh osteoblas sebagai osteoid, kemudian jaringan matriks ini akan terkalsifikasi.

Osteoblas membutuhkan beberapa vitamin dan mineral untuk fungsi yang normal, yaitu: vitamin D, kalsium dan fosfor. Tulang mempunyai kemampuan yang baik sekali untuk proses remodeling. Oleh karena itu kemungkinan kelainan kecil yang disebabkan oleh kekurangan nutrisi dapat diperbaiki. Meskipun demikian kekurangan nutrisi dalam jangka waktu lama akan menyebabkan kelainan yang berat pada tulang, misalnya perubahan bentuk dan ukuran tulang rahang dan ini sifatnya permanen.

Metabolisme pada tulang yang tidak normal dapat menyebabkan terlambatnya erupsi gigi desidui dan permanen. Kemungkinan kelainan ini dapat menyebabkan ketidak teraturan gigi-geligi, tetapi bukti yang mendukung belum cukup. Protein merupakan unsur pokok pada pertumbuhan gigi-geligi dan tulang. Pada pertumbuhan gigi-geligi kekurangan protein pada tahap praerupsi gigi akan menyebabkan kelainan pada morfologi, pola erupsi dan gigi lebih rentan terhadap karies. Hal ini telah dibuktikan pada tikus yang diberi kekurangan protein pada waktu hamil dan menyusui. Gigi-geligi anak yang dilahirkan akan mengalami perubahan bentuk dan pola erupsi dan kelainan ini sifatnya tetap dan tidak akan menjadi normal kembali meskipun diberikan makanan cukup protein setelah itu.

Jaringan pada palatum seperti organ yang lain, juga melalui periode pertumbuhan hiperplastik dan hipertropik. Pada kelinci sintesis protein mencapai maksimum pada usia 19 hari intra uterin, hal ini sesuai dengan penutupan palatum. Pada saat palatogenesis jaringan peka terhadap beberapa nutrien yang bersifat teratogenik, misalnya hipervitaminosis A dapat menyebabkan celah pada palatum (Roth dan Calmes, 1981).

Telah diketahui bahwa terdapat hubungan antara kematangan gigi, skelet dan kematangan seksual (Demirjian *et al.* 1985). Kematangan gigi dan tulang dan status kematangan tubuh banyak berpengaruh pada diagnosis, tujuan perawatan, rencana perawatan dan hasil perawatan ortodonti. Prakiraan potensi pertumbuhan penting diketahui pada perawatan dengan penggunaan kekuatan penarikan ekstra oral, penggunaan alat-alat ortodonti fungsional, dan tindakan ortodonti bedah. Pada rencana kasus yang meragukan, pada pengambilan keputusan pencabutan gigi untuk perawatan harus betul-betul diperhitungkan potensi pertumbuhan dan perkembangan anak. Prakiraan baik waktu maupun jumlah aktif pertumbuhan, khususnya pada kompleks kraniofasil akan sangat berguna bagi ahli ortodonti (Smith, 1980; Moore, 1990; Lewis, 1991).

Uji t untuk mengetahui perbedaan pengaruh perlakuan pada masing-masing variabel penelitian, yaitu: kadar kalsium gigi dan tulang, kadar fosfor gigi dan tulang, berat sampel gigi dan tulang, lebar lapisan predentin gigi dan lebar lempeng epiphysis tulang antar kelompok A, B, C, dan D menunjukkan bahwa kelompok D, yaitu kelompok penelitian dengan kekurangan kalsium dan protein sejak prenatal paling terhambat kalsifikasi gigi dan tulangnya (tabel 1-tabel 8 lampiran 2).

Pertumbuhan dan perkembangan yang dimulai pada periode embrional merupakan merupakan proses yang sangat kompleks dan memerlukan rangkaian koordinasi metabolisme yang baik (Roughead dan Kunkel, 1991). Meskipun faktor genetik memegang peranan khusus pada pertumbuhan, tetapi beberapa faktor lingkungan termasuk nutrisi merupakan hal utama yang penting untuk tercapainya hasil optimal perkembangan oleh karena Nutrisi mengandung berbagai nutrien yang

merupakan bahan bakar dalam metabolisme tubuh. Nutrisi akan memberikan energi yang diperlukan untuk aktifitas tubuh, diantaranya adalah: kontraksi otot, pertumbuhan dan pembelahan sel, dan pembuatan sel-sel darah (Roth dan Calmes, 1981; Ullrey dan Stowe, 1984; Carraza *et al.* 1985).

Perbedaan ukuran, proporsi, dan komposisi tubuh selama pertumbuhan menuju usia dewasa merupakan hasil interaksi antara materi genetik dan lingkungan nutrisi selama perkembangan prenatal dan posnatal. Kuantitas dan kualitas yang tepat dari nutrisi ibu dibutuhkan selama kehamilan untuk mendukung pembelahan sel, diferensiasi, dan replikasi sel untuk pertumbuhan dan persiapan jaringan pada waktu menyusui. Protein dan kalsium merupakan nutrien yang sangat penting dalam masa kehamilan untuk dapat tercapainya pertumbuhan dan perkembangan yang optimal anak termasuk tulang dan gigi. Pertumbuhan janin tercepat terjadi antara umur 12-36 minggu kehamilan. Pada umur kehamilan ini kecepatan pertumbuhan berat badan bayi mencapai puncaknya, yaitu: 200-225 gram/minggu kemudian kecepatannya menurun setelah itu (Navia, 1979; Jellife, 1979; Gam *et al.* 1979; Metcoff, 1986). Hal ini dapat dibuktikan pada hasil penelitian bahwa kelompok D, yaitu kelompok anak tikus yang berasal dari induk tikus yang mengalami kekurangan kalsium dan protein pada waktu hamil, melahirkan dan menyusui akan lebih mengalami hambatan dalam kalsifikasi gigi dan tulang dari pada kelompok anak tikus yang berasal dari ibu dengan makanan standar, kurang kalsium dan kurang protein pada waktu hamil, melahirkan dan menyusui.

Pada pengukuran berat badan anak tikus pada penelitian ini terdapat pengurangan berat badan yang bermakna pada sub kelompok A_I-D_{III} oleh karena

kekurangan kalsium dan protein. Pengurangan berat badan pada sub kelompok A_I, A_{II} dan A_{III} kurang lebih 56%-58%. Pada sub kelompok B₀ terdapat pengurangan berat badan 45%, B_I 62%, B_{II} 67%, dan B_{III} 75%. Pada sub kelompok C₀ terjadi pengurangan berat badan 45%, C_I 62%, C_{II} 60%, dan C_{III} 68%. Pada sub kelompok D₀ terjadi pengurangan berat badan 52%, D_I 80%, D_{II} 72% dan D_{III} 80%. Tabel rerata dan simpangan baku berat badan sampel dapat dilihat pada lampiran 3

Dari uji t antar kelompok penelitian A, B, C, dan D didapatkan bahwa kadar kalsium gigi, kadar fosfor gigi, kadar fosfor tulang, berat sampel gigi, berat sampel tulang dan lebar lempeng epiphysis tulang pada kelompok B tidak berbeda dengan kelompok C ($P > 0,05$). Hal ini dapat terjadi karena proses metabolik utama yang terlibat dalam perkembangan gigi dan tulang adalah: tahap pertama sintesis protein yang disebut sebagai tahap proteinaceous yaitu pembentukan matriks jaringan dan yang kedua proses kalsifikasi matriks. Pemberian nutrisi yang tepat merupakan hal pokok selama periode tersebut. Berbagai kekurangan nutrisi selama periode tersebut diantaranya adalah protein dan kalsium dapat berpengaruh, baik pada sintesis protein maupun pada kalsifikasi sehingga dapat mengakibatkan adanya kerusakan pada gigi atau tulang. Shaw (1970) mengadakan penelitian untuk mengetahui pengaruh kekurangan protein pada tahap pra erupsi gigi. Gigi-geligi anak tikus yang dilahirkan dari induk dengan kekurangan protein menunjukkan adanya: kelambatan erupsi, ukuran gigi lebih kecil dan gigi lebih rentan terhadap karies.

Pertumbuhan dan perkembangan tulang dan gigi melibatkan interaksi antara mineral dan jaringan matriks. Interaksi mineral dan matriks akan mengatur pembentukan hidroksi apatit pada gigi dan tulang. Pada jaringan mineralisasi

beberapa makromolekul anion mengikat mineral. Pada ikatan itu beberapa molekul dapat mengatur ukuran dan bentuk kristal mineral, menentukan tempat awal dan tipe deposisi kristal. Fungsi jaringan kolagen dalam matriks adalah untuk tempat deposisi hidroksi apatit, sedang vesikel matriks ekstraseluler berfungsi mempertahankan lingkungan untuk deposisi kristal. Matriks protein non kolagen mempunyai afinitas tinggi untuk hidroksiapatit dan telah dibuktikan secara *in vitro* mempengaruhi mineralisasi. Beberapa non kolagen protein dapat memacu atau menghambat pembentukan dan pertumbuhan mineral tergantung dari konsentrasinya dan apakah jaringan tersebut bebas atau terikat dalam cairan (Boskey, 1992).

Mekanisme genetik mempengaruhi 2 aspek pertumbuhan yang secara alami merupakan poligenik. Pertama adalah kecepatan multiplikasi sel, dengan demikian menentukan ukuran tubuh keseluruhan. Kedua adalah pengaturan langkah kematangan (Garn *et al.* 1979). Pertumbuhan melibatkan proses hiperplasi, yaitu penambahan jumlah sel yang melibatkan replikasi DNA dan pembelahan sel, hipertrofi, yaitu bertambah besarnya sel dan penimbunan bahan organik atau anorganik dalam rongga interseluler (Roche, 1986). Pertumbuhan jaringan terdiri dari tahap permulaan, yaitu adanya pembelahan sel yang cepat (hiperplasi). Organ tubuh mengalami beberapa periode hiperplasi pada pertumbuhan yang melibatkan aktifitas metabolik seluler yang cepat. Pada periode ini jika terjadi penyakit yang mengganggu replikasi DNA dapat menyebabkan hambatan pertumbuhan yang menetap oleh karena jaringan tidak dapat menambah jumlah sel. Penekanan yang disebabkan oleh kekurangan nutrisi selama periode kritis pertumbuhan dapat menyebabkan perubahan yang menetap pada struktur atau kapasitas fungsional organ. Pertumbuhan

dan perkembangan gigi juga melalui berbagai tahap yang juga sangat peka terhadap ketidakseimbangan nutrisi (Roth dan Calmes, 1981; Mc. Gillivray, 1987).

Pada perkembangan palatum, penutupan palatum berhubungan dengan pertumbuhan rahang, yaitu pada tahap perkembangan regio symphysis menti dan perkembangan pada regio kondilus mandibula (Kyaer, 1989). Kekurangan kalsium, protein, dan gabungan kalsium dan protein akan mengakibatkan hambatan dalam pertumbuhan dan perkembangan tulang, termasuk palatum dan gigi-geligi. Kekurangan nutrisi tersebut akan mengakibatkan hambatan dalam kalsifikasi gigi dan tulang. Hal ini telah ditunjukkan oleh Roth dan Calmes (1981) pada percobaan binatang. Gangguan pada pertumbuhan dan perkembangan palatum karena kekurangan nutrisi dapat menimbulkan celah palatum. Dalam ortodonsi, kematangan tulang dapat ditera dari tahap kalsifikasi gigi kaninus mandibula (Coutinho, 1993). Hasil penelitian menunjukkan bahwa kekurangan kalsium, protein dan gabungan kalsium protein akan menyebabkan hambatan dalam kalsifikasi gigi dan tulang. Pada perawatan ortodonsi yang membutuhkan pelebaran maksila dengan jalan *rapid maxillary expansion* yaitu pelebaran sutura palatina, meskipun palatum belum menutup pada usia dewasa tetapi pemakaian alat tersebut pada tulang yang hipomineralisasi akan menyebabkan resorpsi tulang yang berlebihan.

BAB 7 KESIMPULAN DAN SARAN

7.1. KESIMPULAN

- 7.1.1. Pemberian diet standar setelah masa sapih sampai umur dewasa pada kelompok anak tikus yang berasal dari induk kurang kalsium, protein dan gabungan kalsium dan protein tidak dapat memperbaiki hambatan kalsifikasi gigi dan tulang (ireversibel).
- 7.1.2. Kekurangan kalsium, protein dan gabungan kalsium dan protein pada posnatal akan menghambat kalsifikasi gigi yang ditandai dengan lebarnya lapisan predentin dan pengurangan berat gigi.
- 7.1.3. Kekurangan kalsium, protein dan gabungan kalsium dan protein pada posnatal akan menghambat kalsifikasi tulang yang ditandai dengan lebarnya lapisan epiphysis tulang dan pengurangan berat tulang.
- 7.1.4. Kekurangan kalsium, protein dan gabungan kalsium dan protein pada pre dan posnatal akan lebih menghambat kalsifikasi gigi yang ditandai dengan pengurangan yang lebih parah pada berat gigi.
- 7.1.5. Kekurangan kalsium, protein dan gabungan kalsium dan protein pada pre dan posnatal akan lebih menghambat kalsifikasi tulang yang ditandai dengan lebih lebarnya lapisan epiphysis tulang dan berat tulang.
- 7.1.6. Kekurangan gabungan kalsium-protein baik pada posnatal dan prenatal merupakan penyebab paling besar pada hambatan kalsifikasi gigi dan tulang

7.2. SARAN

- 7.2.1. Perlu diadakan penelitian lebih lanjut tentang pengaruh kalsium dan protein terhadap parameter pertumbuhan yang lain, misalnya pertumbuhan lengkung gigi, pertumbuhan tulang olveolus.
- 7.2.2. Perlu diadakan penelitian lebih lanjut tentang pengaruh nutiren lain yang berpengaruh terhadap kalsifikasi gigi dan tulang, yaitu magnesium, yodium, fluor.

- 7.2.3. Dalam melakukan perawatan ortodonsi harus dipertimbangkan faktor kualitas gigi dan tulang, oleh karena kualitas gigi dan tulang menjamin keberhasilan perawatan ortodonsi.
- 7.2.4. Dalam melakukan perawatan ortodonsi, perlu mengetahui kematangan gigi dan tulang sebagai dasar pertimbangan prakiraan waktu yang tepat untuk melakukan perawatan.
- 7.2.5. Nutrisi Ibu hamil perlu diperhatikan untuk menunjang pertumbuhan gigi dan tulang.

DAFTAR PUSTAKA

- Arvytas, M.G. 1974. Early Eruption of Deciduous and Permanent Teeth. A Case report. *Am.J.Orthod.* 66. 189-196.
- Andersen, B.P., Van der Linden, F.P.G.M. 1979. The Estimation of Dental Age. *Transactions of European Orthodontic Society.* 535-551.
- Anderson, D.L., Thompson, G.W., Popowitch, F. 1975. Interrelationships of Dental Maturity, Skeletal Maturity, Height and Weigh from Age 4 to 14 Years. *Growth* 39. 153-162.
- Bawden, J.W. 1988. Calcium Transport During Mineralization. *Anat. Rec.* 224 (2) : 226-33.
- Belli, L., Andreatta, M., Reggiori, A., Tragui, C. 1990. Evaluation of Bone Age in Patient with Kwashiorkor. *Radiol. Med. (Torins).* 79 (6). 568-570.
- Beunen, G., Lefevre, J., Ostyn, M., Reston, R., Simons, J and Van Gerven, D, 1990 . Skeletal Maturity in Belgian Youths Assessed by the Maturity Tanner-Whitehouse Method (TW2). *Annals of Human Biol.* 17 (5). 355-376.
- Bevelander, G. 1967. *Atlas of Oral Histology and Embriology.*, Henry Kimpton., London.
- Bonucci, E., Lozupone, E., Silvestrini, G., Favia, A., Mocetti, P. 1994. Morphological Studies of Hypomineralized Enamel of Rat Pups on Calcium-Deficient Diet, and of its Changes after Return to Normal Diet. *Anat. Rec.* 293 (4), 379-395.
- Boskey, A.L. 1992. Mineral-Matrix Interaction in Bone and Cartilage. *Clin.Orthop.* 281. 244-274.
- Brown, C.J. 1970. Skeletal Maturity and Facial Growth Assessment. *Aust. Orthod.J.* 3. 80-87.
- Bulkwalter, J.A., Cooper, R.R. 1987. Bone Structure and Function. *Instr. Course.Lect.* 36. 27-48.
- Carrazza, F., Marcondes, E., Sperroto, G. 1985. Commentary of Growth and Body Compositition in Childhood, dalam *Clinical Nutrition of the Young Child*, Ed. Bruner, o., Carrazza, F., Gracey, M., Nichols, B., Senterre, J. Raven Press, New York.

- Chen, P.C.Y. 1979. Non Dietary Factors and Nutrition, dalam *Nutrition and Growth*. Ed. Jellife, Ob dan Jellife E.F.P. Plenum Press New York. 47-103.
- Chertkow, S dan Fatti, P. The Relationship Between Tooth Mineralization and Early Radiographic Evidence of the Ulnar Sesamoid. *Angle Orthod.* 49 (4) : 282-287.
- Christakis, G. 1984. Nutritional Assessment in Health Programs, dalam *Proceedings of the Conference on Nutritional Assessment*, Oktober 1972.
- Coutinho, S., Buschang, P., Miranda, F. 1993. Relationships Between Mandibular Canine Calcification Stage and Skeletal Maturity *Am.J.Orthod.* 104 (3). 262-275. Demisch and
- Delgado, H., Habicht, J.P., Yarbrough, C., Hechting, A., Maetorell, R., Malina, R.M., Klein, R.E. 1975. Nutritional Status and the Timing of Deciduous Tooth Eruption. *Am. J. Clin. Nutr.* 28. 216-224
- Demisch., Wartmann, 1956. Calcification of the Mandibular 3 rd Molar, and the Relation to Skeletal and Chronological Age in Children. *Child. Develop.* 459-473.
- Demirjian, A., Buschang, P.H., Tanguay, R., Patterson, D.K. 1985. Interrelationships Among Measures of Somatic, Skeletal, Dental, and Sexual Maturity. *Am. J. Orthod.* 88 (5). 433-8.
- Demirjian, A. 1986. Dentition, dalam *Human Growth. A Comprehensive Treatise*. Ed. Falkner, F and Tanner , J.M. Plenum Press, New York and London.
- Deutch,D., Alayoff, A. 1987. Changes in Amino Acid Compositon and Protein Distribution During Development of Human Deciduous Enamel. *Growth.* 51 (3). 342-354.
- Einwonwu, C.O. 1973. Influence of Socio-Economic Conditions on Dental Development in Nigerian Children. *Archs.Oral.Biol.* 18. 95-107.
- Enlow, D.H. 1975. *Handbook of Facial Growth*. W.B. Saunders Company, Philadelphia.
- Ferguson, H.W and Hartles, R. L. 1966. The Effects of Diets Deficient in the Presence and Absence of Supplements of Vitamin D on the Incisor Teeth and Bone of Adult Rats. *Arch. Oral. Biol.* 11. 1345-1364.
- Fishman, L.S. 1979. Chonological Versus Skeletal Age, an Evaluation of Cranio-Facial Growth. *Angle Orthod.* 49. 181-189.

- Fishman, L.S. 1982. Radiographic Evaluation of Skeletal Maturation, a Clinically Oriented Study Based on Hand-Wrist Films. *Angle Orthod.* 52. 88-112.
- Fishman, L.S. 1978. Maturational Patterns and Prediction During Adolescence. *The Angle Orthod.* Juli. 178-193.
- Garn, S. M. 1979. Optimal Nutritional Assessment, dalam *Nutrition and Growth*. Eds. Jellife, D.B. dan Jellife, E.F.P. Plenum Press, New York. 273 - 298.
- Garn, S.M., Robinow, M., Bailey, S, 1979. Genetic and Nutritional Interactions, dalam *Nutrition and Growth*. Eds. Jellife, D.B and Jellife, E.F.P. Plenum Press, New York. 31-45.
- Gianelly, A., Goldman, H.M. 1971. *Biologic Basis Of Orthodontics.*, 1st.ed., Lea and Febiger.
- Gilsanz, V., Rae, T.F., Antunes, J., Carlson, M., Duarte, M.L., Goodman, W.G. 1991. Effect of Dietary Calcium on Bone Density in Growing Rabbits. *Am.J.Physiol.* 260 (3 Pt 1): 471-476.
- Goldberg, M., Septier, D., Lecolle, S., Chardin, H. 1995. Dental Mineralization. *Int.J.Dev.Biol.*, 39. 93-110.
- Grave, K.C., Barret, B.T. 1971. Facial Growth and Skeletal Maturation at Adolescence. *Tandlaegebladet* 75. 1211-1222.
- Grave, K.C and Brown, 1976. Skeletal Ossification and the Adolescent Growth Spurt. *Am.J.Orthod.* 69 (6). 611-619.
- Gulati, A., Taneja, J.R., Chopra, S.L., Madan, S. 1991. Interrelationship Between Dental, Skeletal and Chronological Age in Well-Nourished and Mal-Nourished Children. *J. India.Soc. Pedod. Prev. Dent.* 8 (1). 19-23.
- Gupta, D.S. 1976. The Relationship Between Skeletal Maturation, Malocclusions and Dentition. *Aust. Dent.J.* 21. 217-220.
- Gurney, M. 1979. The Young Child; Protein-Energy Malnutrition. Dalam *Nutrition and Growth*. Eds. Jellife, D.B and Jellife, E.F.P. Plenum Press, New York.
- Hagg, U. 1982. Maturation Indicators and Pubertal Growth Spurt. *Am.J.Orthod.* 82. 299-309.
- Hagg, U dan Taranger, J. 1985. Dental Development, Dental Age and Tooth Counts. *Angle Orthod.* 55 (2). 93-106.

- Hagg, U and Mattson, L. 1985. Dental Maturity as an Indicator of Chronological age: The Accuracy and Precision of Three Methods. *Eur. J. Orthod.* 7. 25-34.
- Ham, W.A. 1974. *Histology*. 7th.Ed. J.B. Lippincot Co. Philadelphia and Toronto. 411-426.
- Harrison, G.A. 1977. *Human Biology*. Oxford University Press.
- Heanny, R.P. 1991. Effect of Calcium on Skeletal Development, Bone Loss, and Risk of Fractures. *Am.J. Med.* 91 (Suppl. 5B). 23-28.
- Hernandez, M., Sanchez, E., Sobradillo, B., Rincon, J.M., Narvaiza, J.L. 1988. A New Method for Assessment of Skeletal Maturity in The First 2 Years of Life. *Pediatr.Radiol.* 18 (6). 484-489.
- Howell, F.R., Mahood, J.K., Dikson, R.A. 1992. Growth Beyond Skeletal Maturity. *Spine.* 17 (4). 437-440.
- Hunter, C.J. 1966. The Correlation of Facial Growth With Body Height and Skeletal Maturation of Adolescence. *Angle Orthod.* 36. 44-45.
- Houston, W. J.B. 1980. Relationship Between Skeletal Maturity Estimated from Hand-Wrist Radiographs and the Timing of the Adolescent Growth Spurt. *Europ. J. Orthod.* 2. 18-93.
- Johnston, F.E., Hufham, H.P., Moreschi, a.F., Terry, G.P. 1965. Skeletal Maturation an Cephalofacial Development, *Angle Orthod.* 35. 1-11.
- Kataja, M., Nystrom, M., Aine, L., 1989. Dental Maturity Standards in Southern Finland. *Proc. Finn. Dent. Soc.* 85 (3). 187- 97.
- Kogaya, Y., Furuhashi, K. 1986. The Differences in Calcium Distribution Pattern Between Preodontoblast and Preameloblast in Developing Rat Molar Tooth germ. *Calcif. Tiss. Int.* 39 (2). 78-85.
- Kogaya, Y., Furuhashi, K. 1987. Calcium Distribution in True Odontoblast of the Fish Hoplognathus Fasciatus at Dentin Mineralization Stage. *Arch. Oral. Biol.* 32 (9). 665-669.
- Kogaya, Y., Furuhashi, K. 1988. Comparison of the Calcium Distribution Pattern Among Several Kinds of Hard Tissue Forming Cells of Some Living Vertebrates. *Scanning. Microsc.* 2 (4). 2029-2043.
- Koller, K., Klaushofer, K. 1992. Mineral Crystals in Calcified Tissues. A Comparative Study by SAX. *J. Miner. Res.* 7 (3). 329-334.

- Kyaer, I. 1989. Human Prenatal Palatal Closure Related to Skeletal Maturity of the Jaws. *J. Craniofac. Genet. Dev. Biol.* 9 (3). 265-270.
- Ledesma, M.J., Newman, B., Oh, K.S. 1988. Disturbances of Bone Growth and Development. *Radiol. Clin. North. Am.* 26 (2). 441-463.
- Leite, H.R., O'Reilly, M.T., Close, J.M. 1987. Skeletal Age Assessment Using the First, Second, and Third Fingers of the Hand. *Am.J.Orthod.* 92 (6). 492-498.
- Lewis and Garn. 1960. The Relationship Between Tooth Formation and Other Maturational Factors. *Angle Orthod.* 30. 70-77.
- Lewis, A.B. 1991. Comparisons Between Dental and Skeletal Ages. *Angle Orthod.* 61 (2). 87-92.
- Likimani, S., Whitford, G.M., Kunkel, M.E. 1992. The Effects of Protein Deficiency and Fluoride on Bone Mineral Content of Rat Tibia. *Calcif. Tissue. Int.*, 50 (2). 157-164
- Limeback. 1991. Molecular Mechanisms in Dental Hard Tissue Mineralization. *Curr. Opin. Dent.* 1 (6). 826-835.
- Lloyd Dubrul, 1980. *Sicher's: Oral anatomy, 7ed*, The CV Mosby Company, St. Louis, Toronto, London, 237-262
- Liliequest, B and Lundberg. 1971. Skeletal and Tooth Development, a Methodologic Investigation. *Acta Radiol.* 11. 97-112
- Lombay, B. 1983. Assessment of Skeletal Age in the First Year of Life on Basis of the Caput Humeri Ossification Centres. *Acta-Paediatr-Hung.* 24 (3). 221-229.
- Lozupone, E., Favia, A. 1989. Effect on Low Calcium Maternal and Weaning Diet on the Thickness and Microhardness of Rat Incisor Enamel and Dentin. *Arch. Oral.Biol.* 34 (7). 491-498.
- Mc. Coy, R.H. 1971, Dietary Requirements of the Rat, dalam *The Rat in Laboratory Investigation*, Ed. Farris E. J. And Griffith J.Q. Hafner Publishing Company, 48-77.
- Mac. Gillivray, M.H. 1987. Disorders of Growth and Development, dalam *Endocrinology and metabolism*, Ed. Felig, P., Baxter, J.D., Broadus, A.E., Frohman, L. Mc. Graw-Hill. Book Company.

- Melsen, B., Wenzel, A., Miletic, T., Andreasen, J., Vagn-Hansen, P.L., Terp, S. 1986. Dental and Skeletal Maturity in Adoptive Children : Assessment at Arrival and After One Year in the Admitting Country. *Ann. Hum. Biol.* 13 (2). 153-159.
- Metcoff, J. 1986. Association of Fetal Growth With Maternal Nutrition dalam *Human growth*, A comprehensive treatise, Ed. Falkner, J.M and Tanner, J.M.
- Midgett, R., Shaye, R., Fruge, J. 1981. The Effect of Altered Bone Metabolism on Orthodontic Tooth Movement. *Am.J.Orthod.* 80 (3). 257-261.
- Miwa, T., Shoji, H., Solomonow, M., Nakamoto, T. 1990. The Effect of Prenatal Protein-Energy Malnutrition on Ossification of Fetal Rat Bones: a Biochemical Study. *Orthopedics.* 13 (5). 541-548.
- Moore, R.N., Moyer, B.A., Dubois, L.M. 1990. Skeletal Maturation and Craniofacial Growth. *Am.J.Orthod.* 98 (1). 33-40.
- Moyers, R.E. 1988. *Handbook of Orthodontics*. 4th Year Book Medical Publishers, INC. Chicago, London. Boca Raton. 99-103.
- Moyers, R.E., Krogman, W.M. 1971. *Craniofacial Growth in Man*. 2nd. ed Pergamon Press. Oxford.
- Nolla, C.M. 1960. The Development of the Permanent Teeth. *J.Dent. Child.* 27. 254-266.
- Nap, R.C., Hazewinkel, H.A.W., Voorhout, G., Van den Brom, W.E., Goedegebuure, S.A., Van Klooster, A.T. 1991. Growth and Skeletal Development in Great Dane Pups Fed Different Levels of Protein Intake. *J. Nutr.* 121 (11). 107-113.
- Navia, J.M. 1979. Nutrition in Dental Development and Disease, dalam *Nutrition, Pre-and Postnatal*, Ed. Winick, M. Plenum Press, New York and London.
- Nizel, A.E. 1966. *The Science of Nutrition and its application in Clinical Dentistry*. W.B. Saunders. London.
- Nizel, A.E. 1981. *Nutrition in Preventive Dentistry: Science and Practice*, W.B. Saunders Co. 2 ed. Ed. 189-216.
- Orwoll, E., Ware, M., Stribska, L., Bikle, D., Sanchez, T., Andon, M., Hongfei Li. 1992. Effects of Dietary Protein on Mineral Metabolism and Bone Mineral Density. *Am.J. Clin. Nutr.* 56. 314-319.

- Paulen, D.E. 1990. *Basic Histology, Examination and Board review.*, 1st.ed. Appleton & Lange., A Publishing Division of Prentice Hall.
- Permar, D., Melfi, R.C. 1977. *Oral Embryology and Microscopic Anatomy.* 6th. Ed. Lea & Febiger. Philadelphia.
- Pinandi Sri Pudyani, 1983. Hubungan antara kalsifikasi gigi dan penulangan tulang-tulang tangan. *Thesis Pasca Sarjana UGM.*
- Pinandi Sri Pudyani, 1986. Hubungan antara pemunculan ossa carpalia dan erupsi gigi. *Penelitian DPPM.*
- Pritchett, J.W. 1992. Longitudinal Growth and Growth Plate Activity in the Lower Extremity. *Clin. Orthop.* (275). 274-279.
- Roche, F.A. 1986. Bone Growth and Maturation, dalam *Human growth, A Comprehensive treatise*, Ed. Falkner, J.M and Tanner, J.M. 22-57.
- Roghead, Z.K., Kunkel, M.E. 1991 Effect of Diet on Bone Matrix Constituents. *J.Am. Nutr.*, 10 (3). 242-246.
- Roth, G., Calmes, R. 1981. *Oral Biology.* 1st. Ed. The C.V. Mosby Company., St. Louis, Toronto.
- Royer, P dan Waterlow, J.W. 1985. Nutritional Effects on Growth, dalam *Clinical Nutrition of the Young Child*, Ed. Gracey, M., Nichols, B.L., Senterre, J. 61-76.
- Sands, J., Dubbing, J., Grattix, 1979. Cell Number and Cell size: Organ Growth and Development and the Control of Catch-up Growth in Rats. *Lancet* 2 : 503.
- Schour, I., Massler, M. 1971. *The Teeth dalam The Rat in Laboratory investigation.* 2nd. Ed. Eds. Farris, E., Griffith, J. Hafner Publishing Co. New York. 145-159.
- Shaw, J.H. 1970. Marginal Protein Deficiency During Reproductive Cycle in Rats: Influence on Body Weight and Development of Skulls and Teeth Offspring. *J.Dent.Res.*, 49. 350-358.
- Seltzer, S.S., Bender, I.B. 1975. *The Dental Pulp Biologic Considerations in Dental Procedures.*, 2nd.Ed. J.B. Lippincot Company.
- Siera, A. M. 1987. Assessment of Dental and Skeletal Maturity. A New Approach. *Angle Orthod.* 57 (3). 194-208.
- Smith, R.J. 1980. Misuse of Hand Wrist Radiographs. *Am.J.Orthod.* 77 (24). 75-78.

- Steinfort, J., Driessens, FCM., Heijligers, H.J.M., Bertsen, W. 1991. The Distribution of Magnesium in Development Rat Incisor Dentin. *J.Dent.Res.* 70 (3). 187-191.
- Stewart, A. F dan Broadus, A.E. 1987. Mineral Metabolism, dalam *Endocrinology and Metabolism*, Eds. Felig, P., Baxter, J.D., Broadus, A.E., Frohman, L.A. 2 nd. ed. Mc. Graw-Hill Book Company. 1317-1
- Smith, R.J. 1980. Misuse of Hand Wrist Radiographs. *Am.J.Orthod.* 77. 24 75-78.
- Storey, E. 1972. Growth and Remodelling Bone and Bones. *Am.J.Orthod.* 62 (2).
- Symons, L.A., Stritzel, F., Stamation, J. 1993. Anomalies Associated With Hypodontia of Permanent Lateral Incisor and Second Premolar. *Clin. Pediatr. Dent.* 17 (2). 109-111.
- Takai, S., Akiyoshi, T. 1983. Skeletal Maturity of Japanese Children in Western Kyushu. *Am.J.Phys.Anthrop.* 62 (2). 199-204.
- Thomas, M.L., Simmons, D.J., Kidder, L., Ibarra, M.J. 1991. Calcium Metabolism and Bone Mineralization in Female Rats Fed Diets Marginally Sufficient in Calcium: Effects of Increased Dietary Calcium Intake. *Bone Miner.* 12 (1). 1-14.
- Tiratana, T., Hemindra., Kiatiparjuk, C. 1990. Eruption of Permanent Teeth in Malnutrition Children. *J. Dent. Assoc. Thai.* 40 (3). 100-108.
- Torun, B dan Viteri, F.E. 1988. Protein-Energy Malnutrition, dalam *Modern Nutrition in Health and Disease*, Ed. Shils, M.E., Young, V.R. Lea & Febiger, Philadelphia. 7 Ed. 746-770.
- Ullrey, D.E and Stowe, H.D. 1984. *Comparative Animal Nutrition*, Michigan State University, East Lansing, Michigan.
- Vahlquist, B. 1979 The Young Child: Normal dalam *Nutrition and Growth*. Eds. Jelliffe, B.D. and Jelliffe, E.F.P. Plenum Press New York.
- Van der Linden, F. PGM. 1989. *Facial growth and facial Orthopedics*. Quintessence Publishing Co. Chicago, London. 159-167.
- Weis, A. 1993. Mineral- Matrix Interactions in Bone and Dentin. *J.Bone and Miner. Res.* 8 (2). 493-497.
- Warshawsky, H. 1987. External Shape of Enamel Crystals. *Scanning. Microsc.* 1 (4). 1913-1923.

- Wenzel, A ., Droschl, H ., Melsen, B. 1984. Skeletal Maturity in Austrian Children Assessed by the G.P and the TW-2 methods. *Ann.Hum.Biol.* 11 (2). 173-177.
- Wilson, M.E ., Gordon, T.P., Rudman, C.G ., Tanner, J.M. 1988. Effects of a Natural Versus Artificial Environment on the Tempo of Maturation in Female Rhesus Monkeys. *Endocrinology.* 123 (6). 2653-2661.
- Wright, J.T., Hall, K.I., Grubb, B.R. 1996. Enamel Mineral Composition of Normal and Cystic Fibrosis Transgenic Mice. *Adv.Dent.Res.*, 10 (2). 270-275.
- Ye, Y.Y., Wang, C.X., Cao , L.Z. 1992. Skeletal Maturity of the Hand and Wrist in Chinese Children in Changsa Assessed by TW 2 method. *Ann.Hum.Biol.* 19 (4). 427-430.
- Zerin, J.M., Hernandez, R.J. 1991. Approach to Skeletal Maturation. *Hand. Clin.* 7(1). 53-62.
- Zhen, O.Y., Baolin, Z. 1986. Skeletal Maturity of the Hand and wrist in Chineze School Children in Harbin Assessed by TW2 method, *Ann.Hum.Biol.* 13 (2). 183-187.
- Zerin, J.M., Hernandez, R.J. 1991. Approach to Skeletal Maturation. *Hand. Clin.* 7(1). 53-62.

LAMPIRAN 1-1

Analisis variansi satu jalur pada kelompok A, B, C & D untuk kadar Kalsium gigi dan tulang, kadar fosfor gigi dan tulang, berat sampel gigi dan tulang, Lebar predentin gigi dan lebar epiphysis tulang.

Antar Sub Kelompok dalam Kelompok (A)

Variable	Kelompok	Mean \pm SD	F	P
% Kalsium Gigi	A ₀	35.276 \pm 2.958	17.577	<0.001 *
	A _I	31.500 \pm 1.287		
	A _{II}	31.750 \pm 1.993		
	A _{III}	28.626 \pm 1.570		
% Kalsium Tulang	A ₀	30.357 \pm 0.035	414.176	<0.001 *
	A _I	16.079 \pm 1.337		
	A _{II}	18.858 \pm 1.467		
	A _{III}	14.882 \pm 0.445		
Variable	Kelompok	Mean + SD	F	P
% Fosfor Gigi	A ₀	17.261 \pm 3.604	16.384	<0.001 *
	A _I	16.389 \pm 1.773		
	A _{II}	14.071 \pm 2.530		
	A _{III}	10.315 \pm 0.965		
% Fosfor Tulang	A ₀	10.544 \pm 1.802	25.694	<0.001 *
	A _I	5.787 \pm 1.062		
	A _{II}	8.039 \pm 1.375		
	A _{III}	6.362 \pm 0.904		
Variable	Kelompok	Mean \pm SD	F	P
Berat Sampel Gigi	A ₀	147.700 \pm 13.776	170,525	<0.001*
	A _I	75.521 \pm 11.147		
	A _{II}	61.980 \pm 11.680		
	A _{III}	49.750 \pm 1.429		
Berat Sampel Tulang	A ₀	425.770 \pm 82.691	16.400	<0.001 *
	A _I	226.010 \pm 38.218		
	A _{II}	223.810 \pm 180.869		
	A _{III}	113.010 \pm 18.997		
Variable	Kelompok	Mean + SD	F	P
Lebar Predentin Gigi	A ₀	2.275 \pm 0.815	22.242	<0.001 *
	A _I	10.092 \pm 5.159		
	A _{II}	13.652 \pm 5.073		
	A _{III}	17.793 \pm 4.994		
Lebar Epiphysis Tulang	A ₀	143.500 \pm 11.068	20.065	<0.001 *
	A _I	238.000 \pm 54.221		
	A _{II}	186.200 \pm 54.116		
	A _{III}	312.630 \pm 67.628		

LAMPIRAN 1-2

Antar Sub Kelompok dalam Kelompok (B)

Variable	Kelompok	Mean ± SD	F	P
% Kalsium Gigi	B ₀	21.403 ± 2.051	116.299	< 0.001 *
	B _I	17.689 ± 1.034		
	B _{II}	18.637 ± 3.226		
	B _{III}	5.768 ± 0.877		
% Kalsium Tulang	B ₀	16.700 ± 2.020	112.286	< 0.001 *
	B _I	11.555 ± 1.625		
	B _{II}	16.285 ± 1.281		
	B _{III}	5.689 ± 1.025		

Variable	Kelompok	Mean ± SD	F	P
% Fosfor Gigi	B ₀	10.830 ± 0.563	90.259	< 0.001 *
	B _I	8.177 ± 1.966		
	B _{II}	8.194 ± 0.606		
	B _{III}	2.970 ± 0.504		
% Fosfor Tulang	B ₀	6.831 ± 1.701	21.404	< 0.001 *
	B _I	4.034 ± 0.657		
	B _{II}	5.340 ± 1.787		
	B _{III}	2.190 ± 0.857		

Variable	Kelompok	Mean ± SD	F	P
Berat Sampel Gigi	B ₀	80.170 ± 9.101	66.714	< 0.001 *
	B _I	50.590 ± 3.332		
	B _{II}	51.660 ± 4.640		
	B _{III}	34.340 ± 10.097		
Berat Sampel Tulang	B ₀	226.010 ± 38.218	157.887	< 0.001 *
	B _I	96.120 ± 7.169		
	B _{II}	96.720 ± 5.234		
	B _{III}	24.600 ± 15.617		

Variable	Kelompok	Mean ± SD	F	P
Lebar Predentin Gigi	B ₀	15.088 ± 2.943	88.469	< 0.001 *
	B _I	26.250 ± 9.223		
	B _{II}	23.625 ± 4.227		
	B _{III}	56.000 ± 13.173		
Lebar Epiphysis Tulang	B ₀	220.500 ± 23.623	88.469	< 0.001 *
	B _I	374.500 ± 86.993		
	B _{II}	227.500 ± 29.744		
	B _{III}	623.000 ± 83.805		

LAMPIRAN 1-3

Antar Sub Kelompok dalam Kelompok (C)

Variable	Kelompok	Mean + SD	F	P
% Kalsium Gigi	C ₀	23.241 + 2.101	101.853	< 0.001 *
	C _I	15.205 + 2.643		
	C _{II}	16.835 + 2.242		
	C _{III}	6.707 + 1.324		
% Kalsium Tulang	C ₀	14.397 + 2.469	23.397	< 0.001 *
	C _I	9.879 + 3.994		
	C _{II}	10.715 + 1.239		
	C _{III}	5.249 + 0.764		
Variable	Kelompok	Mean + SD	F	P
% Fosfor Gigi	C ₀	12.174 + 1.835	52.671	< 0.001 *
	C _I	7.545 + 1.130		
	C _{II}	7.578 + 2.278		
	C _{III}	3.032 + 0.859		
% Fosfor Tulang	C ₀	5.908 + 2.049	7.114	< 0.001 *
	C _I	4.346 + 2.049		
	C _{II}	3.865 + 0.565		
	C _{III}	2.762 + 0.677		
Variable	Kelompok	Mean + SD	F	P
Berat Sampel Gigi	C ₀	72.760 + 26.033	15.590	< 0.001 *
	C _I	52.700 + 8.413		
	C _{II}	54.430 + 4.552		
	C _{III}	29.090 + 7.315		
Berat Sampel Tulang	C ₀	144.640 + 25.387	20.792	< 0.001 *
	C _I	101.910 + 35.729		
	C _{II}	103.020 + 27.459		
	C _{III}	52.710 + 6.645		
Variable	Kelompok	Mean + SD	F	P
Lebar Predentin Gigi	C ₀	20.563 + 7.730	25.907	< 0.001 *
	C _I	17.063 + 1.382		
	C _{II}	17.063 + 1.382		
	C _{III}	32.375 + 4.226		
Lebar Epiphysis Tulang	C ₀	332.500 + 50.180	29.640	< 0.001 *
	C _I	388.500 + 41.903		
	C _{II}	294.000 + 29.514		
	C _{III}	575.000 + 125.631		

LAMPIRAN 1- 4

Antar Sub Kelompok dalam Kelompok (D)

Variable	Kelompok	Mean \pm SD	F	P
% Kalsium Gigi	D ₀	13.564 \pm 1.281	111.527	< 0.001 *
	D _I	11.055 \pm 1.073		
	D _{II}	10.715 \pm 1.239		
	D _{III}	4.984 \pm 0.623		
% Kalsium Tulang	D ₀	14.061 \pm 2.718	54.743	< 0.001 *
	D _I	6.005 \pm 1.172		
	D _{II}	8.084 \pm 2.128		
	D _{III}	3.716 \pm 1.055		
Variable	Kelompok	Mean \pm SD	F	P
% Fosfor Gigi	D ₀	8.222 \pm 1.784	39.227	< 0.001 *
	D _I	5.032 \pm 1.211		
	D _{II}	5.565 \pm 0.911		
	D _{III}	2.292 \pm 0.737		
% Fosfor Tulang	D ₀	4.964 \pm 1.355	34.593	< 0.001 *
	D _I	2.219 \pm 0.322		
	D _{II}	2.929 \pm 0.971		
	D _{III}	1.179 \pm 0.269		
Variable	Kelompok	Mean \pm SD	F	P
Berat Sampel Gigi	D ₀	62.940 \pm 9.974	43.952	< 0.001 *
	D _I	39.050 \pm 10.006		
	D _{II}	42.440 \pm 9.453		
	D _{III}	10.120 \pm 3.980		
Berat Sampel Tulang	D ₀	147.880 \pm 77.624	18.802	< 0.001 *
	D _I	42.790 \pm 9.480		
	D _{II}	43.400 \pm 8.643		
	D _{III}	30.920 \pm 13.440		
Variable	Kelompok	Mean \pm SD	F	P
Lebar Predentin Gigi	D ₀	13.563 \pm 4.351	92.624	< 0.001 *
	D _I	28.438 \pm 7.506		
	D _{II}	20.125 \pm 5.905		
	D _{III}	60.375 \pm 8.701		
Lebar Epiphysis Gigi	D ₀	336.600 \pm 41.082	65.200	< 0.001 *
	D _I	416.500 \pm 104.935		
	D _{II}	273.000 \pm 59.029		
	D _{III}	675.500 \pm 54.045		

LAMPIRAN 1-5

Antar Kelompok Dalam Sub Kelompok O

Variable	Kelompok	Mean \pm SD	F	P
% Kalsium Gigi	O _A	35.276 \pm 2.959	169.117	<0.001 *
	O _B	21.403 \pm 2.055		
	O _C	23.241 \pm 2.109		
	O _D	13.564 \pm 1.281		
% Kalsium Tulang	O _A	30.357 \pm 0.034	131.219	<0.001 *
	O _B	16.700 \pm 2.020		
	O _C	14.397 \pm 2.469		
	O _D	14.061 \pm 2.719		
Variable	Kelompok	Mean \pm SD	F	P
% Fosfor Gigi	O _A	17.261 \pm 3.604	29.064	<0.001 *
	O _B	10.830 \pm 0.564		
	O _C	12.174 \pm 1.835		
	O _D	8.222 \pm 1.784		
% Fosfor Tulang	O _A	10.544 \pm 1.802	19.602	<0.001 *
	O _B	6.831 \pm 1.701		
	O _C	5.908 \pm 2.049		
	O _D	4.964 \pm 1.355		
Variable	Kelompok	Mean \pm SD	F	P
Berat Sampel Gigi	O _A	147.700 \pm 13.776	56.543	<0.001 *
	O _B	80.170 \pm 26.033		
	O _C	72.760 \pm 26.033		
	O _D	62.940 \pm 9.974		
Berat Sampel Tulang	O _A	425.770 \pm 82.691	46.516	<0.001 *
	O _B	226.010 \pm 38.210		
	O _C	144.640 \pm 25.388		
	O _D	147.000 \pm 17.624		
Variable	Kelompok	Mean \pm SD	F	P
Lebar Predentin Gigi	O _A	2.275 \pm 0.845	26.775	<0.001 *
	O _B	15.088 \pm 2.944		
	O _C	20.563 \pm 7.730		
	O _D	13.563 \pm 4.351		
Lebar Epiphysis Tulang	O _A	143.500 \pm 11.068	71.356	<0.001 *
	O _B	220.500 \pm 23.623		
	O _C	332.500 \pm 50.180		
	O _D	336.000 \pm 41.083		

LAMPIRAN 1-6

Antar Kelompok Dalam Sub Kelompok I

Variable	Kelompok	Mean ± SD	F	P
% Kalsium Gigi	I _A	31.500 ± 1.288	289.036	< 0.001 *
	I _B	17.689 ± 1.034		
	I _C	15.205 ± 2.642		
	I _D	11.055 ± 1.073		
% Kalsium Tulang	I _A	16.079 ± 1.337	32.027	< 0.001 *
	I _B	11.555 ± 1.624		
	I _C	9.879 ± 3.994		
	I _D	6.005 ± 1.173		
Variable	Kelompok	Mean + SD	F	P
% Fosfor Gigi	I _A	16.389 ± 1.773	99.505	< 0.001 *
	I _B	8.177 ± 1.966		
	I _C	7.545 ± 1.131		
	I _D	5.032 ± 1.211		
% Fosfor Tulang	I _A	5.786 ± 1.062	13.691	< 0.001 *
	I _B	4.034 ± 0.657		
	I _C	4.346 ± 2.148		
	I _D	2.219 ± 0.322		
Variable	Kelompok	Mean + SD	F	P
Berat Sampel Gigi	I _A	75.521 ± 11.146	30.277	< 0.001 *
	I _B	50.590 ± 3.332		
	I _C	52.700 ± 8.412		
	I _D	39.050 ± 10.086		
Berat Sampel Tulang	I _A	226.010 ± 38.218	83.625	< 0.001 *
	I _B	96.120 ± 7.169		
	I _C	101.910 ± 35.729		
	I _D	42.790 ± 9.480		
Variable	Kelompok	Mean + SD	F	P
Lebar Predentin Gigi	I _A	10.092 ± 5.159	10.868	< 0.001 *
	I _B	26.250 ± 9.223		
	I _C	17.063 ± 1.381		
	I _D	28.438 ± 7.506		
Lebar Epiphysis Tulang	I _A	238.000 ± 54.221	10.868	< 0.001 *
	I _B	374.500 ± 86.993		
	I _C	388.500 ± 41.902		
	I _D	416.500 ± 104.935		

Antar Kelompok Dalam Sub Kelompok II

Variable	Kelompok	Mean \pm SD	F	P
% Kalsium Gigi	Π_A	31.750 \pm 1.993	149.671	<0.001 *
	Π_B	18.637 \pm 3.225		
	Π_C	16.835 \pm 2.242		
	Π_D	10.715 \pm 1.239		
% Kalsium Tulang	Π_A	18.858 \pm 1.466	99.724	<0.001 *
	Π_B	16.285 \pm 1.280		
	Π_C	10.715 \pm 1.239		
	Π_D	8.084 \pm 2.122		
Variable	Kelompok	Mean \pm SD	F	P
% Fosfor Gigi	Π_A	14.070 \pm 2.538	41.658	<0.001 *
	Π_B	8.194 \pm 0.605		
	Π_C	7.578 \pm 2.278		
	Π_D	5.561 \pm 0.911		
% Fosfor Tulang	Π_A	8.039 \pm 1.374	31.342	<0.001 *
	Π_B	5.340 \pm 1.787		
	Π_C	3.865 \pm 0.564		
	Π_D	2.929 \pm 0.970		
Variable	Kelompok	Mean \pm SD	F	P
Berat Sampel Gigi	Π_C	61.980 \pm 11.680	9.718	<0.001 *
	Π_D	51.660 \pm 4.648		
	Π_C	54.430 \pm 4.551		
	Π_D	42.440 \pm 9.453		
Berat Sampel Tulang	Π_A	223.810 \pm 100.868	6.923	<0.001 *
	Π_B	96.720 \pm 5.234		
	Π_C	103.020 \pm 27.459		
	Π_D	43.400 \pm 8.643		
Variable	Kelompok	Mean \pm SD	F	P
Lebar Predentia Gigi	Π_A	13.652 \pm 5.072	9.026	<0.001 *
	Π_B	23.625 \pm 1.227		
	Π_C	17.063 \pm 1.381		
	Π_D	20.125 \pm 5.905		
Lebar Epiphysis Tulang	Π_A	186.200 \pm 54.116	227.301	<0.001 *
	Π_B	227.500 \pm 29.744		
	Π_C	294.000 \pm 29.515		
	Π_D	567.100 \pm 22.103		

LAMPIRAN 1- 8

Antar Kelompok Dalam Sub Kelompok III

Variable	Kelompok	Mean \pm SD	F	P
% Kalsium Gigi	III _A	28.626 \pm 1.579	965.854	<0.001 *
	III _B	5.768 \pm 0.877		
	III _C	6.707 \pm 1.323		
	III _D	4.984 \pm 0.623		
% Kalsium Tulang	III _A	14.882 \pm 0.444	348.962	<0.001 *
	III _B	5.689 \pm 1.024		
	III _C	5.249 \pm 0.764		
	III _D	3.716 \pm 1.055		
Variable	Kelompok	Mean \pm SD	F	P
% Fosfor Gigi	III _A	10.315 \pm 0.965	232.707	<0.001 *
	III _B	2.970 \pm 0.504		
	III _C	2.762 \pm 0.676		
	III _D	1.179 \pm 0.269		
% Fosfor Tulang	III _A	6.362 \pm 0.904	97.678	<0.001 *
	III _B	2.190 \pm 0.857		
	III _C	2.762 \pm 0.676		
	III _D	1.179 \pm 0.269		
Variable	Kelompok	Mean \pm SD	F	P
Berat Sampel Gigi	III _A	49.750 \pm 1.429	39.912	<0.001 *
	III _B	34.340 \pm 10.097		
	III _C	29.090 \pm 7.314		
	III _D	18.120 \pm 3.980		
Berat Sampel Tulang	III _A	113.610 \pm 18.997	78.332	<0.001 *
	III _B	24.600 \pm 15.617		
	III _C	52.710 \pm 6.644		
	III _D	30.920 \pm 13.440		
Variable	Kelompok	Mean \pm SD	F	P
Lebar Predentin Gigi	III _A	17.793 \pm 4.993	55.319	<0.001 *
	III _B	56.000 \pm 13.174		
	III _C	32.375 \pm 4.226		
	III _D	60.375 \pm 8.701		
Lebar Epiphysis Tulang	III _A	312.630 \pm 67.628	32.869	<0.001 *
	III _B	623.000 \pm 83.805		
	III _C	575.000 \pm 125.631		
	III _D	730.000 \pm 104.243		

LAMPIRAN 2 - 1

Tabel 1. Uji t Kadar Kalsium Gigi Antar Sub kelompok Dalam Kelompok A ($\mu\text{gr}/100\text{gr}$).

Kelompok	Mean \pm SD	t	p
A ₀	35.276 \pm 2.958	3,70	<0,01 *
A _I	31.500 \pm 1.287		
A ₀	35.276 \pm 2.958	3.13	< 0.01
A _{II}	31.750 \pm 1.993		
A ₀	35.276 \pm 2.958	6.27	< 0.001 *
A _{III}	28.626 \pm 1.570		
A _I	31.500 \pm 1.287	-0.33	0.743
A _{II}	31.750 \pm 1.993		
A _I	31.500 \pm 1.287	4.46	< 0.001 *
A _{III}	28.626 \pm 1.570		
A _{II}	31.750 \pm 1.993	3.88	< 0.01
A _{III}	28.626 \pm 1.570		

Tabel 2. Uji t Kadar Kalsium Tulang Antar Sub kelompok Dalam Kelompok A ($\mu\text{gr}/100\text{gr}$).

Kelompok	Mean \pm SD	t	p
A ₀	30.357 \pm 0.035	28.65	< 0.001 *
A _I	16.079 \pm 1.337		
A ₀	30.357 \pm 0.035	21.55	< 0.001 *
A _{II}	18.858 \pm 1.467		
A ₀	30.357 \pm 0.035	51.75	< 0.001 *
A _{III}	14.882 \pm 0.445		
A _I	16.079 \pm 1.337	4.43	< 0.001 *
A _{II}	18.858 \pm 1.467		
A _I	16.079 \pm 1.337	2.69	< 0.05 *
I _{III}	14.882 \pm 0.445		
A _{II}	18.858 \pm 1.467	8.20	< 0.001 *
A _{III}	14.882 \pm 0.445		

Tabel 3. Uji t Kadar Fosfor Gigi Antar Sub kelompok Dalam Kelompok A ($\mu\text{gr}/100\text{gr}$).

Kelompok	Mean \pm SD	t	p
A ₀	17.261 \pm 3.604	0.69	0.505
A _I	16.389 \pm 1.773		
A ₀	17.261 \pm 3.604	2.29	< 0.01
A _{II}	14.071 \pm 2.530		
A ₀	17.261 \pm 3.604	5.89	< 0.001 *
A _{III}	10.315 \pm 0.965		
A _I	16.389 \pm 1.773	2.37	< 0.05 *
A _{II}	14.071 \pm 2.530		
A _I	16.389 \pm 1.773	9.51	< 0.001 *
A _{III}	10.315 \pm 0.965		
A _{II}	14.071 \pm 2.530	4.37	< 0.001 *
A _{III}	10.315 \pm 0.965		

LAMPIRAN 2 - 2

Tabel 4. Uji t Kadar Fosfor Tulang Antar Sub kelompok Dalam Kelompok A ($\mu\text{gr}/100\text{gr}$).

Kelompok	Mean \pm SD	t	p
A ₀	10.544 \pm 1.802	7.19	< 0.001 *
A _I	5.787 \pm 1.062		
A ₀	10.544 \pm 1.802	3.49	< 0.01 *
A _{II}	8.039 \pm 1.375		
A ₀	10.544 \pm 1.802	6.56	< 0.001 *
A _{III}	6.362 \pm 0.904		
A _I	5.787 \pm 1.062	4.10	< 0.01 *
A _{II}	8.039 \pm 1.375		
A _I	5.787 \pm 1.062	1.30	0.209
I _{III}	6.362 \pm 0.904		
A _{II}	8.039 \pm 1.375	3.22	< 0.01 *
A _{III}	6.362 \pm 0.904		

Tabel 5. Uji t Berat Sampel Gigi Antar Sub kelompok Dalam Kelompok A ($\mu\text{gr}/100\text{gr}$).

Kelompok	Mean \pm SD	t	p
A ₀	147.700 \pm 13.776	12.88	< 0.001 *
A _I	75.521 \pm 11.147		
A ₀	147.700 \pm 13.776	15.01	< 0.001 *
A _{II}	61.980 \pm 11.680		
A ₀	147.700 \pm 13.776	22.36	< 0.001 *
A _{III}	49.750 \pm 1.429		
A _I	75.521 \pm 11.147	2.65	< 0.05 *
A _{II}	61.980 \pm 11.680		
A _I	75.521 \pm 11.147	7.25	< 0.001 *
A _{III}	49.750 \pm 1.429		
A _{II}	61.980 \pm 11.680	3.29	< 0.01 *
A _{III}	49.750 \pm 1.429		

Tabel 6. Uji t Berat Sampel Tulang Antar Sub kelompok Dalam Kelompok A dalam miligram

Kelompok	Mean \pm SD	t	p
A ₀	425.770 \pm 82.691	6.93	< 0.001 *
A _I	226.010 \pm 38.218		
A ₀	425.770 \pm 82.691	3.21	< 0.05 *
A _{II}	223.810 \pm 180.869		
A ₀	425.770 \pm 82.691	11.66	< 0.001 *
A _{III}	113.010 \pm 18.997		
A _I	226.010 \pm 38.218	0.004	0.970
A _{II}	223.810 \pm 180.869		
A _I	226.010 \pm 38.218	8.37	< 0.001 *
A _{III}	113.010 \pm 18.997		
A _{II}	223.810 \pm 180.869	1.93	< 0.05 *
A _{III}	113.010 \pm 18.997		

Tabel 7. Uji t Lebar Predentin Gigi Antar Sub kelompok Dalam Kelompok A dalam mikron

Kelompok	Mean \pm SD	t	p
A ₀	2.275 \pm 0.815	-4.73	< 0.01 *
A _I	10.092 \pm 5.159		
A ₀	2.275 \pm 0.815	-7.00	< 0.001 *
I _{II}	13.652 \pm 5.073		
A ₀	2.275 \pm 0.815	-9.69	< 0.001 *
A _{III}	17.793 \pm 4.994		
A _I	10.092 \pm 5.159	-1.56	0.137
A _{II}	13.652 \pm 5.073		
A _I	10.092 \pm 5.159	-3.39	< 0.01 *
I _{III}	17.793 \pm 4.994		
A _{II}	13.652 \pm 5.073	-1.84	0.082
A _{III}	17.793 \pm 4.994		

Tabel 8. Uji t Lebar Epiphysis Tulang Antar Sub kelompok Dalam Kelompok A dalam mikron

Kelompok	Mean \pm SD	t	p
A ₀	143.500 \pm 11.068	5.40	< 0.001 *
A _I	238.000 \pm 54.221		
A ₀	143.500 \pm 11.068	2.44	< 0.05
A _{II}	186.200 \pm 54.116		
A ₀	143.500 \pm 11.068	7.80	< 0.001 *
A _{III}	312.630 \pm 67.628		
A _I	238.000 \pm 54.221	2.14	< 0.05 *
A _{II}	186.200 \pm 54.116		
A _I	238.000 \pm 54.221	2.75	< 0.05 *
A _{III}	312.630 \pm 67.628		
A _{II}	186.200 \pm 54.116	4.62	< 0.001 *
A _{III}	312.630 \pm 67.628		

Tabel 9. Uji t Kadar Kalsium Gigi Antar Sub kelompok Dalam Kelompok B (μ gr/100gr).

Kelompok	Mean \pm SD	t	p
B ₀	21.403 \pm 2.051	5.11	< 0.001 *
B _I	17.689 \pm 1.034		
B ₀	21.403 \pm 2.051	2.29	< 0.05 *
B _{II}	18.637 \pm 3.226		
B ₀	21.403 \pm 2.051	22.13	< 0.001 *
B _{III}	5.768 \pm 0.877		
B _I	17.689 \pm 1.034	0.88	0.388
B _{II}	18.637 \pm 3.226		
B _I	17.689 \pm 1.034	27.80	< 0.001 *
B _{III}	5.768 \pm 0.877		
B _{II}	18.637 \pm 3.226	12.17	< 0.001 *
B _{III}	5.768 \pm 0.877		

Tabel 10. Uji t Kadar Kalsium Tulang Antar Sub kelompok Dalam Kelompok B ($\mu\text{gr}/100\text{gr}$).

Kelompok	Mean \pm SD	t	p
B ₀	16.700 \pm 2.020	6.20	< 0.001 *
B _I	11.555 \pm 1.625		
B ₀	16.700 \pm 2.020	0.55	0.590
B _{II}	16.285 \pm 1.281		
B ₀	16.700 \pm 2.020	15.37	< 0.001 *
B _{III}	5.689 \pm 1.025		
B _I	11.555 \pm 1.625	7.23	< 0.001 *
B _{II}	16.285 \pm 1.281		
B _I	11.555 \pm 1.625	9.66	< 0.001 *
B _{III}	5.689 \pm 1.025		
B _{II}	16.285 \pm 1.281	20.43	< 0.001 *
B _{III}	5.689 \pm 1.025		

Tabel 11. Uji t Kadar Fosfor Gigi Antar Sub kelompok Dalam Kelompok B ($\mu\text{gr}/100\text{gr}$).

Kelompok	Mean \pm SD	t	p
B ₀	10.830 \pm 0.563	4.10	< 0.01 *
B _I	8.177 \pm 1.966		
B ₀	10.830 \pm 0.563	10.07	< 0.001 *
B _{II}	8.194 \pm 0.606		
B ₀	10.830 \pm 0.563	32.85	< 0.001 *
B _{III}	2.970 \pm 0.504		
B _I	8.177 \pm 1.966	0.03	0.979
B _{II}	8.194 \pm 0.606		
B _I	8.177 \pm 1.966	8.11	< 0.001 *
B _{III}	2.970 \pm 0.504		
B _{II}	8.194 \pm 0.606	20.95	< 0.001 *
B _{III}	2.970 \pm 0.504		

Tabel 12. Uji t Kadar Fosfor Tulang Antar Sub kelompok Dalam Kelompok B ($\mu\text{gr}/100\text{gr}$).

Kelompok	Mean \pm SD	t	p
B ₀	6.831 \pm 1.701	4.85	< 0.001 *
B _I	4.034 \pm 0.657		
B ₀	6.831 \pm 1.701	1.91	0.072
B _{II}	5.340 \pm 1.787		
B ₀	6.831 \pm 1.701	7.70	< 0.001 *
B _{III}	2.190 \pm 0.857		
B _I	4.034 \pm 0.657	2.17	< 0.05 *
B _{II}	5.340 \pm 1.787		
B _I	4.034 \pm 0.657	5.40	< 0.001 *
B _{III}	2.190 \pm 0.857		
B _{II}	5.340 \pm 1.787	5.02	< 0.001 *
B _{III}	2.190 \pm 0.857		

Tabel 13. Uji t Berat Sampel Gigi Antar Sub kelompok Dalam Kelompok B dalam miligram

Kelompok	Mean + SD	t	p
B ₀	80.170± 9.101	9.65	< 0.001 *
B _I	50.590± 3.332		
B ₀	80.170± 9.101	8.82	< 0.001 *
B _{II}	51.660± 4.640		
B ₀	80.170± 9.101	10.66	< 0.001 *
B _{III}	34.340±10.097		
B _I	50.590± 3.332	-0.59	0.561
B _{II}	51.660± 4.640		
B _I	50.590± 3.332	4.83	< 0.001 *
B _{III}	34.340±10.097		
B _{II}	51.660± 4.640	4.93	< 0.001 *
B _{III}	34.340±10.097		

Tabel 14. Uji t Berat Sampel Tulang Antar Sub kelompok Dalam Kelompok B dalam miligram

Kelompok	Mean + SD	t	p
B ₀	226.010±38.218	10.56	< 0.001 *
B _I	96.120± 7.169		
B ₀	226.010±38.218	10.60	< 0.001 *
B _{II}	96.720± 5.234		
B ₀	226.010±38.218	15.43	< 0.001 *
B _{III}	24.600±15.617		
B _I	96.120± 7.169	0.21	0.833
B _{II}	96.720± 5.234		
B _I	96.120± 7.169	13.16	< 0.001 *
B _{III}	24.600±15.617		
B _{II}	96.720± 5.234	13.85	< 0.001 *
B _{III}	24.600±15.617		

Tabel 15. Uji t Lebar Predentin Gigi Antar Sub kelompok Dalam Kelompok B dalam mikron

Kelompok	Mean + SD	t	p
B ₀	15.088 ± 2.943	-3.65	< 0.01 *
B _I	26.250 ± 9.223		
B ₀	15.088 ± 2.943	-5.24	< 0.001 *
B _{II}	23.625 ± 4.227		
B ₀	15.088 ± 2.943	-9.58	< 0.001 *
B _{III}	56.000 ±13.173		
B _I	26.250 ± 9.223	0.82	0.424
B _{II}	23.625 ± 4.227		
B _I	26.250 ± 9.223	5.85	< 0.001 *
B _{III}	56.000 ±13.173		
B _{II}	23.625 ± 4.227	-7.40	< 0.001 *
B _{III}	56.000 ±13.173		

LAMPIRAN 2 - 6

Tabel 16. Uji t Lebar Epiphysis Tulang Antar Sub kelompok Dalam Kelompok B dalam mikron

Kelompok	Mean + SD	t	p
B ₀	220.500±23.623	5.40	<0.001 *
B _I	374.500±86.993		
B ₀	220.500±23.623	-0.58	0.567
B _{II}	227.500±29.744		
B ₀	220.500±23.623	14.62	<0.001 *
B _{III}	623.000±83.805		
B _I	374.500±86.993	5.06	<0.001 *
B _{II}	227.500±29.744		
B _I	374.500±86.993	-6.51	<0.001 *
B _{III}	623.000±83.805		
B _{II}	227.500±29.744	14.06	<0.001 *
B _{III}	623.000±83.805		

Tabel 17. Uji t Kadar Kalsium Gigi Antar Sub kelompok Dalam Kelompok C (µgr/100gr).

Kelompok	Mean ± SD	t	p
C ₀	23.241 ± 2.101	7.52	<0.001 *
C _I	15.205 ± 2.643		
C ₀	23.241 ± 2.101	6.58	<0.001 *
C _{II}	16.835 ± 2.242		
C ₀	23.241 ± 2.101	21.00	<0.001 *
C _{III}	6.707 ± 1.324		
C _I	15.205 ± 2.643	-1.49	0.154
C _{II}	16.835 ± 2.242		
C _I	15.205 ± 2.643	9.09	<0.001 *
C _{III}	6.707 ± 1.324		
C _{II}	16.835 ± 2.242	12.30	<0.001 *
C _{III}	6.707 ± 1.324		

Tabel 18. Uji t Kadar Kalsium Tulang Antar Sub kelompok Dalam Kelompok C (µgr/100gr).

Kelompok	Mean + SD	t	p
C ₀	14.397 ± 2.469	3.04	<0.01 *
C _I	9.879 ± 3.994		
C ₀	14.397 ± 2.469	4.21	<0.01 *
C _{II}	10.715 ± 1.239		
C ₀	14.397 ± 2.469	11.19	<0.001 *
C _{III}	5.249 ± 0.764		
C _I	9.879 ± 3.994	0.63	0.535
C _{II}	10.715 ± 1.239		
C _I	9.879 ± 3.994	3.60	<0.01 *
C _{III}	5.249 ± 0.764		
C _{II}	10.715 ± 1.239	11.87	<0.001 *
C _{III}	5.249 ± 0.764		

Tabel 19. Uji t Kadar Fosfor Gigi Antar Sub kelompok Dalam Kelompok C ($\mu\text{gr}/100\text{gr}$).

Kelompok	Mean + SD	t	p
C ₀	12.174 \pm 1.835	6.79	< 0.001 *
C _I	7.545 \pm 1.130		
C ₀	12.174 \pm 1.835	4.97	< 0.001 *
C _{II}	7.578 \pm 2.278		
C ₀	12.174 \pm 1.835	14.27	< 0.001 *
C _{III}	3.032 \pm 0.859		
C _I	7.545 \pm 1.130	-0.04	0.968
C _{II}	7.578 \pm 2.278		
C _I	7.545 \pm 1.130	10.05	< 0.001 *
C _{III}	3.032 \pm 0.859		
C _{II}	7.578 \pm 2.278	5.90	< 0.001 *
C _{III}	3.032 \pm 0.859		

Tabel 20. Uji t Kadar Fosfor Tulang Antar Sub kelompok Dalam Kelompok C ($\mu\text{gr}/100\text{gr}$).

Kelompok	Mean + SD	t	p
C ₀	5.908 \pm 2.049	1.66	0.113
C _I	4.346 \pm 2.049		
C ₀	5.908 \pm 2.049	3.04	< 0.01 *
C _{II}	3.865 \pm 0.565		
C ₀	5.908 \pm 2.049	4.61	< 0.001 *
C _{III}	2.762 \pm 0.677		
C _I	4.346 \pm 2.049	0.69	0.502
C _{II}	3.865 \pm 0.565		
C _I	4.346 \pm 2.049	2.22	< 0.05 *
C _{III}	2.762 \pm 0.677		
C _{II}	3.865 \pm 0.565	3.96	< 0.01 *
C _{III}	2.762 \pm 0.677		

Tabel 21. Uji t Berat Sampel Gigi Antar Sub kelompok Dalam Kelompok C dalam miligram

Kelompok	Mean + SD	t	p
C ₀	72.760 \pm 26.033	2.32	< 0.05 *
C _I	52.700 \pm 8.413		
C ₀	72.760 \pm 26.033	2.19	< 0.05 *
C _{II}	54.430 \pm 4.552		
C ₀	72.760 \pm 26.033	5.11	< 0.001 *
C _{III}	29.090 \pm 7.315		
C _I	52.700 \pm 8.413	-0.57	0.574
C _{II}	54.430 \pm 4.552		
C _I	52.700 \pm 8.413	6.70	< 0.001 *
C _{III}	29.090 \pm 7.315		
C _{II}	54.430 \pm 4.552	9.30	< 0.001 *
C _{III}	29.090 \pm 7.315		

Tabel 22. Uji t Berat Sampel Tulang Antar Sub kelompok Dalam Kelompok C dalam miligram

Kelompok	Mean + SD	t	p
C ₀	144.640+25.387	3.00	< 0.01 *
C _I	101.910+35.729		
C ₀	144.640+25.387	3.52	< 0.01 *
C _{II}	103.020+27.459		
C ₀	144.640+25.387	11.08	< 0.001 *
C _{III}	52.710+ 6.645		
C _I	101.910+35.729	0.08	0.939
C _{II}	103.020+27.459		
C _I	101.910+35.729	4.28	< 0.001 *
C _{III}	52.710+ 6.645		
C _{II}	103.020+27.459	5.63	< 0.001 *
C _{III}	52.710+ 6.645		

Tabel 23. Uji t Lebar Predentin Gigi Antar Sub kelompok Dalam Kelompok C dalam mikron

Kelompok	Mean + SD	t	p
C ₀	20.563 + 7.730	1.41	0.176
C _I	17.063 ± 1.382		
C ₀	20.563 + 7.730	1.41	0.176
C _{II}	17.063 ± 1.382		
C ₀	20.563 ± 7.730	-4.24	< 0.001 *
C _{III}	32.375 ± 4.226		
C _I	17.063 ± 1.382	0.00	1.00
C _{II}	17.063 ± 1.382		
C _I	17.063 ± 1.382	-10.89	< 0.001 *
C _{III}	32.375 ± 4.226		
C _{II}	17.063 ± 1.382	-10.89	< 0.001 *
C _{III}	32.375 ± 4.226		

Tabel 24. Uji t Lebar Epiphysis Tulang Antar Sub kelompok Dalam Kelompok C dalam mikron

Kelompok	Mean + SD	t	p
C ₀	332.500±50.180	2.71	< 0.05 *
C _I	388.500±41.903		
C ₀	332.500±50.180	2.09	0.051
C _{II}	294.000±29.514		
C ₀	332.500±50.180	5.67	< 0.001 *
C _{III}	575.000±125.631		
C _I	388.500±41.903	5.83	< 0.001 *
C _{II}	294.000±29.514		
C _I	388.500±41.903	4.45	< 0.001 *
C _{III}	575.000±125.631		
C _{II}	294.000±29.514	6.89	< 0.001 *
C _{III}	575.000±125.631		

Tabel 25. Uji t Kadar Kalsium Gigi Antar Sub kelompok Dalam Kelompok D ($\mu\text{gr}/100\text{gr}$).

Kelompok	Mean + SD	t	p
D ₀	13.564 ± 1.281	4.75	< 0.001 *
D _I	11.055 ± 1.073		
D ₀	13.564 ± 1.281	5.05	< 0.001 *
D _{II}	10.715 ± 1.239		
D ₀	13.564 ± 1.281	19.05	< 0.001 *
D _{III}	4.984 ± 0.623		
D _I	11.055 ± 1.073	0.66	0.520
D _{II}	10.715 ± 1.239		
D _I	11.055 ± 1.073	15.47	< 0.001 *
D _{III}	4.984 ± 0.623		
D _{II}	10.715 ± 1.239	13.06	< 0.001 *
D _{III}	4.984 ± 0.623		

Tabel 26. Uji t Kadar Kalsium Tulang Antar Sub kelompok Dalam Kelompok D ($\mu\text{gr}/100\text{gr}$).

Kelompok	Mean ± SD	t	p
D ₀	14.061 ± 2.718	8.60	< 0.001 *
D _I	6.005 ± 1.172		
D ₀	14.061 ± 2.718	5.48	< 0.001 *
D _{II}	8.084 ± 2.128		
D ₀	14.061 ± 2.718	11.22	< 0.001 *
D _{III}	3.716 ± 1.055		
D _I	6.005 ± 1.172	2.71	< 0.05 *
D _{II}	8.084 ± 2.128		
D _I	6.005 ± 1.172	4.59	< 0.001 *
D _{III}	3.716 ± 1.055		
D _{II}	8.084 ± 2.128	5.83	< 0.001 *
D _{III}	3.716 ± 1.055		

Tabel 27. Uji t Kadar Fosfor Gigi Antar Sub kelompok Dalam Kelompok D ($\mu\text{gr}/100\text{gr}$).

Kelompok	Mean + SD	t	p
D ₀	8.222 ± 1.784	4.68	< 0.001 *
D _I	5.032 ± 1.211		
D ₀	8.222 ± 1.784	4.19	< 0.01 *
D _{II}	5.565 ± 0.911		
D ₀	8.222 ± 1.784	9.71	< 0.001 *
D _{III}	2.292 ± 0.737		
D _I	5.032 ± 1.211	-1.11	0.281
D _{II}	5.565 ± 0.911		
D _I	5.032 ± 1.211	6.11	< 0.001 *
D _{III}	2.292 ± 0.737		
D _{II}	5.565 ± 0.911	8.83	< 0.001 *
D _{III}	2.292 ± 0.737		

Tabel 28. Uji t Kadar Fosfor Tulang Antar Sub kelompok Dalam Kelompok D ($\mu\text{gr}/100\text{gr}$).

Kelompok	Mean + SD	t	p
D ₀	4.964 ± 1.355	6.23	< 0.001 *
D _I	2.219 ± 0.322		
D ₀	4.964 ± 1.355	3.86	< 0.01 *
D _{II}	2.929 ± 0.971		
D ₀	4.964 ± 1.355	8.67	< 0.001 *
D _{III}	1.179 ± 0.269		
D _I	2.219 ± 0.322	2.20	< 0.05 *
D _{II}	2.929 ± 0.971		
D _I	2.219 ± 0.322	7.84	< 0.001 *
D _{III}	1.179 ± 0.269		
D _{II}	2.929 ± 0.971	5.50	< 0.001 *
D _{III}	1.179 ± 0.269		

Tabel 29. Uji t Berat Sampel Gigi Antar Sub kelompok Dalam Kelompok D dalam miligram

Kelompok	Mean + SD	t	p
D ₀	62.940 ± 9.974	5.33	< 0.001 *
D _I	39.050 ± 10.006		
D ₀	62.940 ± 9.974	4.72	< 0.001 *
D _{II}	42.440 ± 9.453		
D ₀	62.940 ± 9.974	13.20	< 0.001 *
D _{III}	10.120 ± 3.980		
D _I	39.050 ± 10.006	0.78	0.448
D _{II}	42.440 ± 9.453		
D _I	39.050 ± 10.006	6.10	< 0.001 *
D _{III}	10.120 ± 3.980		
D _{II}	42.440 ± 9.453	7.50	< 0.001 *
D _{III}	10.120 ± 3.980		

Tabel 30. Uji t Berat Sampel Tulang Antar Sub kelompok Dalam Kelompok D dalam miligram

Kelompok	Mean + SD	t	p
D ₀	147.880 ± 77.624	4.25	< 0.001 *
D _I	42.790 ± 9.480		
D ₀	147.880 ± 77.624	4.23	< 0.01 *
D _{II}	43.400 ± 8.643		
D ₀	147.880 ± 77.624	4.69	< 0.001 *
D _{III}	30.920 ± 13.440		
D _I	42.790 ± 9.480	0.15	0.882
D _{II}	43.400 ± 8.643		
D _I	42.790 ± 9.480	2.28	< 0.05 *
D _{III}	30.920 ± 13.440		
D _{II}	43.400 ± 8.643	2.47	< 0.05 *
D _{III}	30.920 ± 13.440		

Tabel 31. Uji t Lebar Predentin Gigi Antar Sub kelompok Dalam Kelompok D dalam mikron

Kelompok	Mean + SD	t	p
D ₀	13.563 ± 4.351	-5.42	< 0.001 *
D _I	28.438 ± 7.506		
D ₀	13.563 ± 4.351	-2.83	< 0.05 *
D _{II}	20.125 ± 5.905		
D ₀	13.563 ± 4.351	-15.22	< 0.001 *
D _{III}	60.375 ± 8.701		
D _I	28.438 ± 7.506		
D _{II}	20.125 ± 5.905	2.75	< 0.05 *
D _I	28.438 ± 7.506		
D _{III}	60.375 ± 8.701	8.79	< 0.001 *
D _{II}	20.125 ± 5.905		
D _{III}	60.375 ± 8.701	-12.10	< 0.001 *

Tabel 32. Uji t Lebar Epiphysis Tulang Antar Sub kelompok Dalam Kelompok D dalam mikron

Kelompok	Mean + SD	t	p
D ₀	336.600 ± 41.082	2.26	< 0.05 *
D _I	416.500 ± 104.935		
D ₀	336.600 ± 41.082	2.77	< 0.05 *
D _{II}	273.000 ± 59.029		
D ₀	336.600 ± 41.082	15.67	< 0.001 *
D _{III}	675.500 ± 54.045		
D _I	416.500 ± 104.935		
D _{II}	273.000 ± 59.029	3.77	< 0.01 *
D _I	416.500 ± 104.935		
D _{III}	675.500 ± 54.045	6.92	< 0.001 *
D _{II}	273.000 ± 59.029		
D _{III}	675.500 ± 54.045	15.80	< 0.001 *

Tabel 33. Uji t Kadar Kalsium Gigi Antar Sub kelompok 0 (µgr/100gr).

Kelompok	Mean + SD	t	p
A ₀	35.276 ± 2.959	12.18	< 0.001 *
B ₀	21.403 ± 2.055		
A ₀	35.276 ± 2.959	10.48	< 0.001 *
C ₀	23.241 ± 2.109		
A ₀	35.276 ± 2.959	21.30	< 0.001 *
D ₀	13.564 ± 1.281		
B ₀	21.403 ± 2.055		
C ₀	23.241 ± 2.109	-1.97	0.64 *
B ₀	21.403 ± 2.055		
D ₀	13.564 ± 1.281	10.24	< 0.001 *
C ₀	23.241 ± 2.109		
D ₀	13.564 ± 1.281	12.40	< 0.001 *

Tabel 34. Uji t Kadar Kalsium Tulang Antar Sub kelompok 0 ($\mu\text{gr}/100\text{gr}$).

Kelompok	Mean + SD	t	p
A ₀	30.357 ± 0.034	19.76	< 0.001 *
B ₀	16.700 ± 2.020		
A ₀	30.357 ± 0.034	19.36	< 0.001 *
C ₀	14.397 ± 2.469		
A ₀	30.357 ± 0.034	18.12	< 0.001 *
D ₀	14.061 ± 2.719		
B ₀	16.700 ± 2.020	2.28	< 0.05 *
C ₀	14.397 ± 2.469		
B ₀	16.700 ± 2.020	2.46	< 0.05 *
D ₀	14.061 ± 2.719		
C ₀	14.397 ± 2.469	0.29	0.776
D ₀	14.061 ± 2.719		

Tabel 35. Uji t Kadar Fosfor Gigi Antar Sub kelompok 0 ($\mu\text{gr}/100\text{gr}$).

Kelompok	Mean + SD	t	p
A ₀	17.261 ± 3.604	5.57	< 0.001 *
B ₀	10.830 ± 0.564		
A ₀	17.261 ± 3.604	3.98	< 0.05 *
C ₀	12.174 ± 1.835		
A ₀	17.261 ± 3.604	7.11	< 0.001 *
D ₀	8.222 ± 1.784		
B ₀	10.830 ± 0.564	-2.21	< 0.01 *
C ₀	12.174 ± 1.835		
B ₀	10.830 ± 0.564	4.41	< 0.001 *
D ₀	8.222 ± 1.784		
C ₀	12.174 ± 1.835	4.88	< 0.001 *
D ₀	8.222 ± 1.784		

Tabel 36. Uji t Kadar Fosfor Tulang Antar Sub kelompok 0 ($\mu\text{gr}/100\text{gr}$).

Kelompok	Mean + SD	t	p
A ₀	10.544 ± 1.802	4.74	< 0.001 *
B ₀	6.831 ± 1.701		
A ₀	10.544 ± 1.802	5.37	< 0.001 *
C ₀	5.908 ± 2.049		
A ₀	10.544 ± 1.802	7.83	< 0.001 *
D ₀	4.964 ± 1.355		
B ₀	6.831 ± 1.701	1.10	0.288
C ₀	5.908 ± 2.049		
B ₀	6.831 ± 1.701	2.71	< 0.05 *
D ₀	4.964 ± 1.355		
C ₀	5.908 ± 2.049	1.22	0.240
D ₀	4.964 ± 1.355		

LAMPIRAN 2 - 13

Tabel 37. Uji t Berat Sampel Gigi Antar Sub kelompok 0 dalam miligram

Kelompok	Mean + SD	t	p
A ₀	147.700+13.776	12.93	< 0.001 *
B ₀	80.170+26.033		
A ₀	147.700+13.776	8.05	< 0.001 *
C ₀	72.760+26.033		
A ₀	147.700+13.776	15.76	< 0.001 *
D ₀	62.940+ 9.974		
B ₀	80.170+26.033	0.85	0.407
C ₀	72.760+26.033		
B ₀	80.170+26.033	4.04	< 0.01 *
D ₀	62.940+ 9.974		
C ₀	72.760+26.033	1.11	0.280
D ₀	62.940+ 9.974		

Tabel 38. Uji t Berat Sampel Tulang Antar Sub kelompok 0 dalam miligram

Kelompok	Mean + SD	t	p
A ₀	425.770+82.691	6.93	< 0.001 *
B ₀	226.010+38.210		
A ₀	425.770+82.691	10.28	< 0.001 *
C ₀	144.640+25.388		
A ₀	425.770+82.691	7.75	< 0.001 *
D ₀	147.000+17.624		
B ₀	226.010+38.210	5.61	< 0.001 *
C ₀	144.640+25.388		
B ₀	226.010+38.210	2.86	< 0.05 *
D ₀	147.000+17.624		
C ₀	144.640+25.388	0.13	0.902
D ₀	147.000+17.624		

Tabel 39. Uji t Lebar Predentin Gigi Antar Sub kelompok 0 dalam mikron

Kelompok	Mean + SD	t	p
A ₀	2.275 ± 0.845	-13.23	< 0.001 *
B ₀	15.088 ± 2.944		
A ₀	2.275 ± 0.845	-7.44	< 0.001 *
C ₀	20.563 ± 7.730		
A ₀	2.275 ± 0.845	-8.05	< 0.001 *
D ₀	13.563 ± 4.351		
B ₀	15.088 ± 2.944	-2.09	0.051
C ₀	20.563 ± 7.730		
B ₀	15.088 ± 2.944	0.92	0.371
D ₀	13.563 ± 4.351		
C ₀	20.563 ± 7.730	2.50	< 0.05 *
D ₀	13.563 ± 4.351		

LAMPIRAN 2 - 14

Tabel 40. Uji t Lebar Epiphysis Tulang Antar Sub kelompok 0 dalam mikron

Kelompok	Mean + SD	t	p
A ₀	143.500±11.068	9.33	<0.001 *
B ₀	220.500±23.623		
A ₀	143.500±11.068	11.63	<0.001 *
C ₀	332.500±50.180		
A ₀	143.500±11.068	-14.31	<0.001 *
D ₀	336.000±41.083		
B ₀	220.500±23.623	-6.39	<0.001 *
C ₀	332.500±50.180		
B ₀	220.500±23.623	-7.71	<0.001 *
D ₀	336.000±41.083		
C ₀	332.500±50.180	0.17	0.866
D ₀	336.000±41.083		

Tabel 41. Uji t Kadar Kalsium Gigi Antar Sub kelompok I (µgr/100gr).

Kelompok	Mean + SD	t	p
I _A	31.500 ± 1.288	26.46	<0.001 *
I _B	17.689 ± 1.034		
I _A	31.500 ± 1.288	17.53	<0.001 *
I _C	15.205 ± 2.642		
I _A	31.500 ± 1.288	38.59	<0.001 *
I _D	11.055 ± 1.073		
I _B	17.689 ± 1.034	2.77	<0.05 *
I _C	15.205 ± 2.642		
I _B	17.689 ± 1.034	14.08	<0.001 *
I _D	11.055 ± 1.073		
I _C	15.205 ± 2.642	4.60	<0.001 *
I _D	11.055 ± 1.073		

Tabel 42. Uji t Kadar Kalsium Tulang Antar Sub kelompok I (µgr/100gr).

Kelompok	Mean + SD	t	p
I _A	16.079 ± 1.337	6.80	<0.001 *
I _B	11.555 ± 1.624		
I _A	16.079 ± 1.337	4.66	<0.001 *
I _C	9.879 ± 3.994		
I _A	16.079 ± 1.337	17.91	<0.001 *
I _D	6.005 ± 1.173		
I _B	11.555 ± 1.625	1.23	0.235
I _C	9.879 ± 3.994		
I _B	11.555 ± 1.625	8.76	<0.001 *
I _D	6.005 ± 1.173		
I _C	9.879 ± 3.994	2.94	<0.01 *
I _D	6.005 ± 1.173		

LAMPIRAN 2 - 15

Tabel 43. Uji t Kadar Fosfor Gigi Antar Sub kelompok I ($\mu\text{gr}/100\text{gr}$).

Kelompok	Mean + SD	t	p
I _A	16.389 ± 1.773	9.81	<0.001 *
I _B	8.177 ± 1.966		
I _A	16.389 ± 1.773	13.30	<0.001 *
I _C	7.545 ± 1.131		
I _A	16.389 ± 1.773	16.72	<0.001 *
I _D	5.032 ± 1.211		
I _B	8.177 ± 1.966	0.88	0.390
I _C	7.545 ± 1.131		
I _B	8.177 ± 1.966	4.31	<0.001 *
I _D	5.032 ± 1.211		
I _C	7.545 ± 1.131	4.80	<0.001 *
I _D	5.032 ± 1.211		

Tabel 44. Uji t Kadar Fosfor Tulang Antar Sub kelompok I ($\mu\text{gr}/100\text{gr}$).

Kelompok	Mean + SD	t	p
I _A	5.786 ± 1.062	4.44	<0.001 *
I _B	4.034 ± 0.657		
I _A	5.786 ± 1.062	1.90	0,74
I _C	4.346 ± 2.148		
I _A	5.786 ± 1.062	10.16	<0.001 *
I _D	2.219 ± 0.322		
I _B	4.034 ± 0.657	0.44	0.665
I _C	4.346 ± 2.148		
I _B	4.034 ± 0.657	7.84	<0.001 *
I _D	2.219 ± 0.322		
I _C	4.346 ± 2.148	3.10	<0.01 *
I _D	2.219 ± 0.322		

Tabel 45. Uji t Berat Sampel Gigi Antar Sub kelompok I dalam miligram

Kelompok	Mean + SD	t	p
I _A	75.521 ± 11.146	6.78	<0.001 *
I _B	50.590 ± 3.332		
I _A	75.521 ± 11.146	5.17	<0.001 *
I _C	52.700 ± 8.412		
I _A	75.521 ± 11.146	7.67	<0.001 *
I _D	39.050 ± 10.086		
I _B	50.590 ± 3.332	0.74	0.470
I _C	52.700 ± 8.412		
I _B	50.590 ± 3.332	3.44	<0.05 *
I _D	39.050 ± 10.086		
I _C	52.700 ± 8.412	3.29	<0.01 *
I _D	39.050 ± 10.086		

Tabel 46. Uji t Berat Sampel Tulang Antar Sub kelompok I dalam miligram

Kelompok	Mean + SD	t	p
I _A	226.010±38.218	10.56	<0.001 *
I _B	96.120± 7.169		
I _A	226.010±38.218	7.50	<0.001 *
I _C	101.910±35.729		
I _A	226.010±38.218	14.71	<0.001 *
I _D	42.790± 9.480		
I _B	96.120± 7.169	0.50	0.621
I _C	101.910±35.729		
I _B	96.120± 7.169	14.19	<0.001 *
I _D	42.790± 9.480		
I _C	101.910±35.729	5.06	<0.001 *
I _D	42.790± 9.480		

Tabel 47. Uji t Lebar Predentin Gigi Antar Sub kelompok I dalam mikron

Kelompok	Mean + SD	t	p
I _A	10.092 ± 5.159	-4.83	<0.001 *
I _B	26.250 ± 9.223		
I _A	10.092 ± 5.159	-4.13	<0.01 *
I _C	17.063 ± 1.381		
I _A	10.092 ± 5.159	-6.37	<0.001 *
I _D	28.438 ± 7.506		
I _B	12.130 ± 0.230	3.12	<0.01 *
I _C	17.063 ± 1.381		
I _B	12.130 ± 0.230	0.58	0.568
I _D	28.438 ± 7.506		
I _C	17.063 ± 1.381	-4.71	<0.001 *
I _D	28.438 ± 7.506		

Tabel 48. Uji t Lebar Epiphysis Tulang Antar Sub kelompok I dalam mikron

Kelompok	Mean + SD	t	p
I _I	238.000±54.221	4.21	<0.001 *
I _B	374.500±86.993		
I _A	238.000±54.221	6.95	<0.001 *
I _C	388.500±41.902		
I _A	238.000±54.221	-0.46	0.652
I _D	416.500±104.935		
I _B	374.500±86.993	0.35	0.727
I _C	388.500±41.902		
I _B	374.500±86.993	-0.97	0.343
I _D	416.500±104.935		
I _C	388.500±41.902	0.178	0.443
I _D	416.500±104.935		

LAMPIRAN 2 - 17

Tabel 49. Uji t Kadar Kalsium Gigi Antar Sub kelompok II ($\mu\text{gr}/100\text{gr}$).

Kelompok	Mean + SD	t	p
II _A	31.750 \pm 1.993	10.94	< 0.001 *
II _B	18.637 \pm 3.225		
II _A	31.750 \pm 1.993	15.72	< 0.001 *
II _C	16.835 \pm 2.242		
II _A	31.750 \pm 1.993	28.34	< 0.001 *
II _D	10.715 \pm 1.239		
II _B	18.637 \pm 3.225	1.45	0.164
II _C	16.835 \pm 2.242		
II _B	18.637 \pm 3.225	7.25	< 0.001 *
II _D	10.715 \pm 1.239		
II _C	16.835 \pm 2.242	7.55	< 0.001 *
II _D	10.715 \pm 1.239		

Tabel 50. Uji t Kadar Kalsium Tulang Antar Sub kelompok II ($\mu\text{gr}/100\text{gr}$).

Kelompok	Mean + SD	t	p
II _I	18.858 \pm 1.466	4.18	< 0.01 *
II _B	16.285 \pm 1.280		
II _A	18.858 \pm 1.466	13.41	< 0.001 *
II _C	10.715 \pm 1.239		
II _A	18.858 \pm 1.466	13.20	< 0.001 *
II _D	8.084 \pm 2.122		
II _B	16.285 \pm 1.280	9.88	< 0.001 *
II _C	10.715 \pm 1.239		
II _B	16.285 \pm 1.280	10.46	< 0.001 *
II _D	8.084 \pm 2.122		
II _C	10.715 \pm 1.239	3.38	< 0.01 *
II _D	8.084 \pm 2.122		

Tabel 51. Uji t Kadar Fosfor Gigi Antar Sub kelompok II ($\mu\text{gr}/100\text{gr}$).

Kelompok	Mean + SD	t	p
II _I	14.070 \pm 2.538	7.12	< 0.001 *
II _B	8.194 \pm 0.605		
II _A	14.070 \pm 2.538	6.02	< 0.001 *
II _C	7.578 \pm 2.278		
II _A	14.070 \pm 2.538	9.97	< 0.001 *
II _D	5.561 \pm 0.911		
II _B	8.194 \pm 0.605	0.83	0.419
II _C	7.578 \pm 2.278		
II _B	8.194 \pm 0.605	7.60	< 0.001 *
II _D	5.561 \pm 0.911		
II _C	7.578 \pm 2.278	2.59	< 0.05 *
II _D	5.561 \pm 0.911		

Tabel 52. Uji t Kadar Fosfor Tulang Antar Sub kelompok II ($\mu\text{gr}/100\text{gr}$).

Kelompok	Mean \pm SD	t	p
Π_A	8.039 \pm 1.374	3.79	< 0.05 *
Π_B	5.340 \pm 1.787		
Π_A	8.039 \pm 1.374	8.88	< 0.001 *
Π_C	3.865 \pm 0.564		
Π_A	8.039 \pm 1.374	9.60	< 0.001 *
Π_D	2.929 \pm 0.970		
Π_B	5.340 \pm 1.787	2.49	< 0.05 *
Π_C	3.865 \pm 0.564		
Π_B	5.340 \pm 1.787	3.75	< 0.01 *
Π_D	2.929 \pm 0.970		
Π_C	3.865 \pm 0.564	2.63	< 0.05 *
Π_D	2.929 \pm 0.970		

Tabel 53. Uji t Berat Sampel Gigi Antar Sub kelompok II dalam miligram

Kelompok	Mean \pm SD	t	p
Π_A	61.980 \pm 11.680	2.60	< 0.05 *
Π_B	51.660 \pm 4.648		
Π_A	61.980 \pm 11.680	1.90	0.073
Π_C	54.430 \pm 4.551		
Π_A	61.980 \pm 11.680	4.11	< 0.01 *
Π_D	42.440 \pm 9.453		
Π_B	51.660 \pm 4.648	-1.35	0.195
Π_C	54.430 \pm 4.551		
Π_B	51.660 \pm 4.648	2.77	< 0.05 *
Π_D	42.440 \pm 9.453		
Π_C	54.430 \pm 4.551	3.61	< 0.01 *
Π_D	42.440 \pm 9.453		

Tabel 54. Uji t Berat Sampel Tulang Antar Sub kelompok II dalam miligram

Kelompok	Mean \pm SD	t	p
Π_A	223.810 \pm 100.868	2.22	< 0.05 *
Π_B	96.720 \pm 5.234		
Π_A	223.810 \pm 100.868	2.09	0.051
Π_C	103.020 \pm 27.459		
Π_A	223.810 \pm 100.868	3.15	< 0.01 *
Π_D	43.400 \pm 8.643		
Π_B	96.720 \pm 5.234	4.67	< 0.001 *
Π_C	103.020 \pm 27.459		
Π_B	96.720 \pm 5.234	16.69	< 0.001 *
Π_D	43.400 \pm 8.643		
Π_C	103.020 \pm 27.459	6.55	< 0.001 *
Π_D	43.400 \pm 8.643		

LAMPIRAN 2 - 19

Tabel 55. Uji t Lebar Predentin Gigi Antar Sub kelompok II dalam mikron

Kelompok	Mean \pm SD	t	p
Π_A	13.652 \pm 5.072	-4.78	< 0.01 *
Π_B	23.625 \pm 1.227		
Π_A	13.652 \pm 5.072	-2.05	0.055
Π_C	17.063 \pm 1.381		
Π_A	13.652 \pm 5.072	-2.63	< 0.05 *
Π_D	20.125 \pm 5.905		
Π_B	23.625 \pm 1.227	4.67	< 0.001 *
Π_C	17.063 \pm 1.381		
Π_B	23.625 \pm 1.227	1.52	0.145
Π_D	20.125 \pm 5.905		
Π_C	17.063 \pm 1.381	-1.60	0.128
Π_D	20.125 \pm 5.905		

Tabel 56. Uji t Lebar Epiphysis Tulang Antar Sub kelompok II dalam mikron

Kelompok	Mean \pm SD	t	p
Π_A	186.200 \pm 54.116	2.11	< 0.05 *
Π_B	227.500 \pm 29.744		
Π_A	186.200 \pm 54.116	5.53	< 0.001 *
Π_C	294.000 \pm 29.515		
Π_A	186.200 \pm 54.116	3.43	< 0.01 *
Π_D	567.100 \pm 22.103		
Π_B	227.500 \pm 29.744	5.02	< 0.001 *
Π_C	294.000 \pm 29.515		
Π_B	227.500 \pm 29.744	28.98	< 0.001 *
Π_D	567.100 \pm 22.103		
Π_C	294.000 \pm 29.515	1.01	0.328
Π_D	567.100 \pm 22.103		

Tabel 57. Uji t Kadar Kalsium Gigi Antar Sub kelompok III ($\mu\text{gr}/100\text{gr}$).

Kelompok	Mean \pm SD	t	p
III_A	28.626 \pm 1.579	40.00	< 0.001 *
III_B	5.768 \pm 0.877		
III_A	28.626 \pm 1.579	33.63	< 0.001 *
III_C	6.707 \pm 1.323		
III_A	28.626 \pm 1.579	44.03	< 0.001 *
III_D	4.984 \pm 0.623		
III_B	5.768 \pm 0.877	-1.87	0.078
III_C	6.707 \pm 1.323		
III_B	5.768 \pm 0.877	2.30	< 0.05 *
III_D	4.984 \pm 0.623		
III_C	6.707 \pm 1.323	3.72	< 0.01 *
III_D	4.984 \pm 0.623		

Tabel 58. Uji t Kadar Kalsium Tulang Antar Sub kelompok III ($\mu\text{gr}/100\text{gr}$).

Kelompok	Mean \pm SD	t	p
III _A	14.882 \pm 0.444	26.03	< 0.001 *
III _B	5.689 \pm 1.024		
III _A	14.882 \pm 0.444	34.44	< 0.001 *
III _C	5.249 \pm 0.764		
III _A	14.882 \pm 0.444	30.83	< 0.001 *
III _D	3.716 \pm 1.055		
III _B	5.689 \pm 1.024	1.09	0.291
III _C	5.249 \pm 0.764		
III _B	5.689 \pm 1.024	4.24	< 0.001 *
III _D	3.716 \pm 1.055		
III _C	5.249 \pm 0.764	3.72	< 0.01 *
III _D	3.716 \pm 1.055		

Tabel 59. Uji t Kadar Fosfor Gigi Antar Sub kelompok III ($\mu\text{gr}/100\text{gr}$).

Kelompok	Mean \pm SD	t	p
III _A	10.315 \pm 0.965	21.32	< 0.001 *
III _B	2.970 \pm 0.504		
III _A	10.315 \pm 0.965	17.82	< 0.001 *
III _C	2.762 \pm 0.676		
III _A	10.315 \pm 0.965	20.88	< 0.001 *
III _D	1.179 \pm 0.269		
III _B	2.970 \pm 0.504	-0.20	0.847 *
III _C	2.762 \pm 0.676		
III _B	2.970 \pm 0.504	2.40	< 0.05 *
III _D	1.179 \pm 0.269		
III _C	2.762 \pm 0.676	2.07	< 0.05 *
III _D	1.179 \pm 0.269		

Tabel 60. Uji t Kadar Fosfor Tulang Antar Sub kelompok III ($\mu\text{gr}/100\text{gr}$).

Kelompok	Mean \pm SD	t	p
III _A	6.362 \pm 0.904	10.58	< 0.001 *
III _B	2.190 \pm 0.857		
III _A	6.362 \pm 0.904	10.07	< 0.001 *
III _C	2.762 \pm 0.676		
III _A	6.362 \pm 0.904	17.36	< 0.001 *
III _D	1.179 \pm 0.269		
III _B	2.190 \pm 0.857	1.66	0.115
III _C	2.762 \pm 0.676		
III _B	2.190 \pm 0.857	3.56	< 0.001 *
III _D	1.179 \pm 0.269		
III _C	2.762 \pm 0.676	6.87	< 0.001 *
III _D	1.179 \pm 0.269		

LAMPIRAN 2 - 21

Tabel 61. Uji t Berat Sampel Gigi Antar Sub kelompok III dalam miligram

Kelompok	Mean \pm SD	t	p
III _A	49.750 \pm 1.429	4.78	< 0.001 *
III _B	34.340 \pm 10.097		
III _A	49.750 \pm 1.429	8.77	< 0.001 *
III _C	29.090 \pm 7.314		
III _A	49.750 \pm 1.429	23.65	< 0.001 *
III _D	18.120 \pm 3.980		
III _B	34.340 \pm 10.097	1.35	0.200
III _C	29.090 \pm 7.314		
III _B	34.340 \pm 10.097	4.73	< 0.001 *
III _D	18.120 \pm 3.980		
III _C	29.090 \pm 7.314	4.17	< 0.01 *
III _D	18.120 \pm 3.980		

Tabel 62. Uji t Berat Sampel Tulang Antar Sub kelompok III dalam miligram

Kelompok	Mean \pm SD	t	p
IIA _A	113.610 \pm 18.997	11.37	< 0.001 *
III _B	24.600 \pm 15.617		
III _A	113.610 \pm 18.997	9.47	< 0.001 *
III _C	52.710 \pm 6.644		
III _A	113.610 \pm 18.997	11.15	< 0.001 *
III _D	30.920 \pm 13.440		
III _B	24.600 \pm 15.617	5.24	< 0.001 *
III _C	52.710 \pm 6.644		
III _B	24.600 \pm 15.617	0.97	0.345
III _D	30.920 \pm 13.440		
III _C	52.710 \pm 6.644	4.60	< 0.001 *
III _D	30.920 \pm 13.440		

Tabel 63. Uji t Lebar Predentin Gigi Antar Sub kelompok III dalam mikron

Kelompok	Mean \pm SD	t	p
III _A	17.793 \pm 4.993	-8.58	< 0.001 *
III _B	56.000 \pm 13.174		
III _A	17.793 \pm 4.993	-7.05	< 0.05 *
III _C	32.375 \pm 4.226		
III _A	17.793 \pm 4.993	-13.42	< 0.001 *
III _D	60.375 \pm 8.701		
III _B	56.000 \pm 13.174	5.40	< 0.001 *
III _C	32.375 \pm 4.226		
III _B	56.000 \pm 13.174	-0.88	0.392
III _D	60.375 \pm 8.701		
III _C	32.375 \pm 4.226	-9.33	< 0.001 *
III _D	60.375 \pm 8.701		

LAMPIRAN 2 - 22

Tabel 64. Uji t Lebar Epiphysis Tulang Antar Sub kelompok III dalam mikron

Kelompok	Mean \pm SD	t	p
III _A	312.630 \pm 67.628	-9.11	< 0.001 *
III _B	623.000 \pm 83.805		
III _A	312.630 \pm 67.628	5.82	< 0.001 *
III _C	575.000 \pm 125.631		
III _A	312.630 \pm 67.628	13.18	< 0.001 *
III _D	730.000 \pm 104.243		
III _B	623.000 \pm 83.805	1.01	0.328
III _C	575.000 \pm 125.631		
III _B	623.000 \pm 83.805	2.53	< 0.05 *
III _D	730.000 \pm 104.243		
III _C	575.000 \pm 125.631	2.32	< 0.05 *
III _D	730.000 \pm 104.243		

Tabel 65. Uji t Kadar Kalsium Gigi Antar Kelompok Perlakuan A, B, C, & D (μ gr/100gr).

Kelompok	Mean \pm SD	t	p
A	31.788 \pm 3.098	14,20	< 0.000 *
B	15.874 \pm 6.374		
A	31.788 \pm 3.098	14.65	< 0.000 *
C	15.497 \pm 6.314		
A	31.788 \pm 3.098	30.10	< 0.000 *
D	10.079 \pm 3.347		
B	15.874 \pm 6.374	0.27	0.791
C	15.497 \pm 6.314		
B	15.874 \pm 6.374	5.09	< 0.000 *
D	10.079 \pm 3.347		
C	15.497 \pm 6.314	4.79	< 0.001 *
D	10.079 \pm 3.347		

Tabel 66. Uji t Kadar Kalsium Tulang Antar Kelompok Perlakuan A, B, C, & D (μ gr/100gr).

Kelompok	Mean \pm SD	t	p
A	20.044 \pm 6.294	6.01	< 0.000 *
B	12.557 \pm 4.742		
A	20.044 \pm 6.294	8.43	< 0.000 *
C	10.060 \pm 4.056		
A	20.044 \pm 6.294	10.02	< 0.000 *
D	7.966 \pm 4.297		
B	12.557 \pm 4.742	2.53	< 0.013 *
C	10.060 \pm 4.056		
B	12.557 \pm 4.742	4.54	< 0.000 *
D	7.966 \pm 4.297		
C	10.060 \pm 4.056	2.24	< 0.05 *
D	7.966 \pm 4.297		

LAMPIRAN 2 - 23

Tabel 67. Uji t Kadar Fosfor Gigi Antar Kelompok Perlakuan A, B, C, & D ($\mu\text{gr}/100\text{gr}$).

Kelompok	Mean \pm SD	t	p
A	14.509 \pm 3.582	9.33	< 0.001 *
B	7.543 \pm 3.074		
A	14.509 \pm 3.582	8.59	< 0.001 *
C	7.582 \pm 3.627		
A	14.509 \pm 3.582	13.48	< 0.001 *
D	5.278 \pm 2.436		
B	7.543 \pm 3.074	-0.5	0.958
C	7.582 \pm 3.627		
B	7.543 \pm 3.074	3.65	< 0.001 *
D	5.278 \pm 2.436		
C	7.582 \pm 3.627	3.34	< 0.01 *
D	5.278 \pm 2.436		

Tabel 68. Uji t Kadar Fosfor Tulang Antar Kelompok Perlakuan A, B, C, & D ($\mu\text{gr}/100\text{gr}$).

Kelompok	Mean \pm SD	t	p
A	7.683 \pm 2.266	6.23	< 0.001 *
B	4.599 \pm 2.159		
A	7.683 \pm 2.266	7.44	< 0.001 *
C	4.220 \pm 1.877		
A	7.683 \pm 2.266	11.02	< 0.001 *
D	2.823 \pm 1.627		
B	4.599 \pm 2.159	0.84	0.406
C	4.220 \pm 1.877		
B	4.599 \pm 2.159	4.15	< 0.001 *
D	2.823 \pm 1.627		
C	4.220 \pm 1.877	3.56	< 0.01 *
D	2.823 \pm 1.627		

Tabel 69. Uji t Berat Sampel Gigi Antar Kelompok Perlakuan A, B, C, & D dalam miligram

Kelompok	Mean \pm SD	t	p
A	85.737 \pm 39.853	4.27	< 0.001 *
B	54.190 \pm 18.145		
A	85.737 \pm 39.853	4.43	< 0.001 *
C	52.245 \pm 20.893		
A	85.737 \pm 39.853	6.22	< 0.001 *
D	40.637 \pm 18.159		
B	54.190 \pm 18.145	0.44	0.658
C	52.245 \pm 20.893		
B	54.190 \pm 18.145	3.34	< 0.001 *
D	40.637 \pm 18.159		
C	52.245 \pm 20.893	2.65	< 0.05 *
D	40.637 \pm 18.159		

LAMPIRAN 2 - 24

Tabel 70. Uji t Berat Sampel Tulang Antar Kelompok Perlakuan A, B, C, & D dalam miligram

Kelompok	Mean + SD	t	p
A	247.150+150.320	5.11	< 0.001 *
B	110.862+ 76.330		
A	247.150+150.320	5.95	< 0.001 *
C	100.570+ 41.411		
A	247.150+150.320	7.05	< 0.001 *
D	66.247+ 61.431		
B	110.862+ 76.330	0.75	0.456
C	100.570+ 41.411		
B	110.862+ 76.330		
D	66.247+ 61.431	2.88	< 0.01 *
C	100.570+ 41.411		
D	66.247+ 61.431	2.93	< 0.01 *

Tabel 71. Uji t Lebar Predentin Gigi Antar Kelompok Perlakuan A, B, C, & D dalam mikron

Kelompok	Mean + SD	t	p
A	10.953 + 7.166	-7,51	< 0.001 *
B	30.240 ±17.610		
A	10.953 + 7.166	6.50	< 0.001 *
C	21.766 ± 7.704		
A	10.953 + 7.166	-6.03	< 0.001 *
D	40.375 ±26.643		
B	30.240 ±17.610	2.79	< 0.01 *
C	21.766 ± 7.704		
B	30.240 ±17.610		
D	40.375 ±26.643	-2.01	< 0.05 *
C	21.766 ± 7.704		
D	40.375 ±26.643	-2.69	< 0.05 *

Tabel 72. Uji t Lebar Epiphysis Tulang Antar Kelompok Perlakuan A, B, C, & D dalam mikron

Kelompok	Mean + SD	t	p
A	220.082+ 80.713	-4.40	< 0.001 *
B	361.375+176.009		
A	220.082+ 80.713	7.36	< 0.001 *
C	397.500+129.456		
A	220.082+ 80.713	6,94	< 0.001 *
D	512.400+169.694		
B	361.375+176.009	-6,39	< 0.001 *
C	397.500+129.456		
B	361.375+176.009		
D	512.400+169.694	7,71	< 0.001 *
C	397.500+129.456		
D	512.400+169.694	-5,02	< 0.001 *

LAMPIRAN 3 -1

DESKRIPSI DATA PENELITIAN

KELOMPOK A

Variabel	Sub Kelompok A ₁									
	Kasus 1	Kasus 2	Kasus 3	Kasus 4	Kasus 5	Kasus 6	Kasus 7	Kasus 8	Kasus 9	Kasus 10
ca_gg	39.90	36.60	37.40	32.50	33.00	32.90	37.90	33.10	31.50	37.90
ca_ll	29.90	31.70	30.50	30.70	30.70	30.90	29.00	29.00	30.30	30.90
p_gg	15.88	15.35	16.45	16.49	14.66	16.03	26.53	15.63	15.28	20.31
p_ll	13.68	12.09	10.52	10.83	11.60	8.93	7.98	8.79	9.18	11.84
bs_gg	166.00	122.00	151.00	144.00	133.00	165.00	145.00	150.00	142.00	159.00
bs_ll	422.60	352.50	301.90	552.50	452.30	513.00	538.00	361.90	352.50	350.50
lpgg01	3.50	3.50	3.50	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75
lell01	175.00	140.00	140.00	140.00	140.00	140.00	140.00	140.00	140.00	140.00
	Sub Kelompok A ₂									
ca_gg	29.50	31.30	30.30	31.80	32.60	32.60	32.70	33.20	30.30	30.60
ca_ll	17.80	14.10	16.50	17.80	16.50	16.30	16.20	16.80	14.40	14.40
p_gg	12.84	15.33	15.94	17.56	19.63	17.65	16.92	15.69	16.08	16.26
p_ll	8.14	5.39	6.52	6.27	6.23	4.72	4.46	5.00	5.52	5.55
bs_gg	94.41	72.20	74.70	57.30	67.30	81.80	83.80	83.50	75.50	63.70
bs_ll	233.00	193.40	201.50	265.90	266.10	189.90	172.70	255.70	258.90	213.00
lpgg01	17.50	17.50	8.75	5.83	8.75	13.13	1.75	8.75	5.83	13.13
lell01	210.00	210.00	210.00	210.00	315.00	280.00	315.00	175.00	280.00	175.00
	Sub Kelompok A ₃									
ca_gg	34.20	34.00	34.60	30.70	32.40	30.80	28.80	29.70	30.50	32.10
ca_ll	18.80	16.40	19.70	19.40	19.40	16.40	19.60	20.40	20.50	18.00
p_gg	14.31	12.60	11.33	15.57	14.36	15.00	20.13	11.80	12.66	12.95
p_ll	6.75	7.18	7.18	7.05	6.80	8.24	10.72	9.89	8.83	7.76
bs_gg	69.10	68.20	63.90	67.70	53.40	62.10	69.80	68.90	31.80	64.90
bs_ll	354.00	306.00	512.00	511.00	75.00	113.50	103.20	105.60	92.20	65.60
lpgg01	8.75	13.13	13.13	21.88	17.50	8.75	13.13	5.25	17.50	17.50
lell01	182.00	140.00	140.00	175.00	210.00	157.50	140.00	157.50	280.00	280.00
	Sub Kelompok A ₄									
ca_gg	29.80	28.80	29.50	28.10	27.00	25.20	26.80	29.60	29.30	31.20
ca_ll	15.40	15.40	14.90	14.90	14.00	15.40	14.10	14.40	14.90	14.70
p_gg	12.49	9.49	10.70	9.67	9.29	10.98	9.75	10.85	9.76	10.20
p_ll	5.54	6.72	5.42	5.42	5.42	7.70	7.69	6.95	6.43	6.35
bs_gg	50.50	48.20	52.60	48.00	49.70	50.70	49.60	50.10	50.10	48.00
bs_ll	109.00	108.60	102.50	106.20	121.20	164.70	103.60	102.60	102.90	108.80
lpgg01	13.13	26.25	17.50	17.50	13.13	17.50	11.67	17.50	17.50	26.25
lell01	280.00	315.00	236.30	245.00	315.00	315.00	280.00	280.00	430.00	430.00

LAMPIRAN 3 -2

KELOMPOK B

Variabel

Sub Kelompok B₁

	Kasus 1	Kasus 2	Kasus 3	Kasus 4	Kasus 5	Kasus 6	Kasus 7	Kasus 8	Kasus 9	Kasus 10
ca_gg	26.50	22.40	19.50	19.70	19.70	20.70	21.70	21.90	20.50	21.50
ca_#	20.40	14.80	17.30	18.20	15.60	15.30	16.00	13.60	18.60	17.30
p_gg	10.60	10.99	9.78	10.88	11.87	11.19	11.21	10.34	10.90	10.54
p_#	7.32	6.46	6.31	5.75	2.89	7.66	8.76	6.61	8.03	8.52
bs_gg	89.40	84.90	77.50	79.40	81.50	82.70	83.50	86.20	80.40	56.20
bs_#	223.00	193.40	201.50	285.90	266.10	189.90	172.70	255.70	258.90	213.00
lpgg01	17.50	14.00	13.50	17.50	8.75	17.50	13.13	14.00	17.50	17.50
le#01	245.00	210.00	210.00	210.00	210.00	210.00	210.00	280.00	210.00	210.00

Sub Kelompok B₂

ca_gg	18.60	18.00	16.30	18.00	17.70	15.50	18.40	18.90	17.60	18.00
ca_#	10.20	10.20	10.50	13.60	13.00	13.00	10.30	14.00	10.80	10.00
p_gg	7.81	6.66	5.37	7.97	8.63	7.55	12.85	9.16	8.52	7.27
p_#	1.69	3.39	4.13	4.18	4.90	3.76	2.81	4.24	3.75	3.83
bs_gg	56.20	50.50	49.40	44.50	50.90	55.60	49.90	48.90	49.40	50.60
bs_#	100.60	99.70	89.70	102.90	93.90	98.70	99.20	78.90	101.10	96.50
lpgg01	35.00	35.00	17.50	17.50	35.00	35.00	17.50	17.50	17.50	35.00
le#01	190.00	245.00	350.00	472.50	350.00	385.00	472.50	245.00	350.00	385.00

Sub Kelompok B₃

ca_gg	22.10	21.70	21.70	17.60	17.90	17.50	11.50	20.30	16.40	19.70
ca_#	18.30	15.20	16.30	17.10	15.30	16.30	15.10	18.50	15.30	15.40
p_gg	9.29	8.06	7.12	8.96	7.95	8.55	8.05	8.06	7.95	7.95
p_#	8.39	5.83	6.45	6.03	5.80	4.71	4.16	4.65	1.50	5.89
bs_gg	57.20	50.10	48.90	54.10	50.90	53.90	49.80	47.40	59.90	44.40
bs_#	98.90	100.10	89.90	99.90	101.20	88.90	97.90	102.10	89.20	99.10
lpgg01	17.50	17.50	26.25	26.25	26.25	26.25	26.25	26.25	26.25	17.50
le#01	210.00	210.00	280.00	210.00	210.00	210.00	245.00	210.00	280.00	210.00

Sub Kelompok B₄

ca_gg	6.68	6.19	4.46	5.35	5.77	7.40	4.60	5.80	5.75	5.68
ca_#	4.72	6.51	5.16	4.46	4.51	6.43	5.36	6.72	5.62	7.40
p_gg	2.91	3.03	2.23	2.95	3.47	4.00	2.38	3.00	2.71	3.02
p_#	1.69	2.85	1.88	1.41	0.84	3.22	2.93	3.25	2.43	1.41
bs_gg	60.00	32.60	37.20	27.60	27.70	28.60	28.20	39.60	31.00	33.90
bs_#	66.50	11.70	26.20	17.90	18.50	26.10	13.90	22.60	26.10	16.50
lpgg01	52.50	52.50	70.00	35.00	61.25	61.25	35.00	52.50	70.00	70.00
le#01	630.00	700.00	490.00	700.00	630.00	560.00	630.00	490.00	700.00	700.00

LAMPIRAN 3 -3

KELOMPOK C

Variabel

Sub Kelompok C₀

	Kasus 1	Kasus 2	Kasus 3	Kasus 4	Kasus 5	Kasus 6	Kasus 7	Kasus 8	Kasus 9	Kasus 10
ca_gg	23.10	25.80	21.50	22.80	26.90	24.50	22.70	22.90	19.40	22.80
ca_ll	13.00	16.30	18.80	15.40	9.99	13.30	16.10	12.70	15.40	13.00
p_gg	10.91	12.65	12.28	12.60	16.18	13.23	11.82	10.80	9.16	12.12
p_ll	4.67	7.13	5.61	3.16	2.48	8.04	8.78	6.14	7.46	5.62
bs_gg	106.30	55.80	70.60	92.90	102.00	36.90	47.80	66.20	47.50	101.60
bs_ll	134.80	125.50	120.30	145.20	159.90	193.00	166.00	151.40	103.80	146.50
lpgg01	17.50	13.13	17.50	17.50	35.00	17.50	35.00	17.50	17.50	17.50
lell01	350.00	385.00	350.00	280.00	420.00	350.00	350.00	280.00	280.00	280.00

Sub Kelompok C₁

ca_gg	16.40	17.40	20.10	14.50	18.00	12.00	14.10	12.80	14.00	12.80
ca_ll	6.49	9.83	8.56	9.98	8.56	15.60	11.20	4.74	17.40	6.49
p_gg	7.13	8.54	10.06	8.00	7.21	7.63	6.61	6.04	7.46	6.79
p_ll	2.33	4.30	3.31	3.15	4.29	8.51	5.41	2.05	7.33	2.80
bs_gg	58.20	49.40	41.30	44.50	50.60	71.40	50.10	55.80	49.10	56.60
bs_ll	107.60	79.70	42.10	120.30	181.60	102.90	93.10	78.40	109.90	103.50
lpgg01	17.50	17.50	17.50	17.50	17.50	17.50	13.13	17.50	17.50	17.50
lell01	420.00	350.00	350.00	455.00	350.00	350.00	420.00	420.00	420.00	350.00

Sub Kelompok C₂

ca_gg	17.40	15.70	14.60	20.40	20.70	17.30	15.70	14.70	17.40	14.60
ca_ll	9.75	11.40	10.10	13.60	9.76	10.70	11.80	10.10	10.20	9.75
p_gg	7.28	5.81	4.80	10.35	9.18	12.10	6.22	7.11	7.03	5.92
p_ll	4.45	4.35	4.01	4.81	3.69	3.08	3.57	3.07	3.89	3.73
bs_gg	63.40	51.50	55.00	52.20	47.20	60.40	52.90	54.10	54.50	53.10
bs_ll	76.80	154.40	55.60	126.60	122.20	101.30	98.70	101.50	106.00	87.10
lpgg01	17.50	17.50	17.50	17.50	17.50	13.13	17.50	17.50	17.50	17.50
lell01	280.00	280.00	280.00	280.00	280.00	350.00	350.00	280.00	280.00	280.00

Sub Kelompok C₃

ca_gg	6.65	6.07	6.72	5.78	6.32	10.30	5.75	6.65	6.09	6.72
ca_ll	5.24	5.16	4.46	6.45	5.36	4.72	5.62	6.51	4.51	4.46
p_gg	2.77	2.25	2.20	2.94	2.81	5.03	4.03	2.64	2.95	2.72
p_ll	3.47	2.92	3.48	2.57	2.60	1.96	1.59	2.65	3.74	2.64
bs_gg	40.90	28.90	25.60	23.50	32.50	19.50	27.30	21.90	40.90	29.90
bs_ll	52.60	48.10	43.60	44.50	61.70	51.80	51.00	52.00	62.70	59.10
lpgg01	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00	26.25	35.00	26.25	26.25
lell01	430.00	420.00	630.00	700.00	650.00	490.00	700.00	700.00	420.00	700.00

LAMPIRAN 3 - 4

KELOMPOK D

Variabel	Sub Kelompok D ₀									
	Kasus 1	Kasus 2	Kasus 3	Kasus 4	Kasus 5	Kasus 6	Kasus 7	Kasus 8	Kasus 9	Kasus 10
ca_gg	12.40	13.40	13.60	12.70	13.60	12.20	13.50	16.80	14.30	13.40
ca_ll	16.70	17.40	14.50	9.85	10.90	17.30	11.50	15.30	12.90	14.30
p_gg	9.20	9.98	9.44	6.43	6.02	9.92	9.42	6.91	9.42	5.48
p_ll	7.65	6.65	5.01	3.48	4.11	5.27	3.15	4.64	4.94	4.76
bs_gg	75.30	65.00	51.40	60.00	55.50	83.70	83.80	60.00	65.30	59.40
bs_ll	191.10	108.10	126.30	82.70	118.20	341.70	68.50	117.80	163.20	161.20
lpgg01	17.50	17.50	13.13	8.75	8.75	17.50	8.75	8.75	17.50	17.50
lell01	280.00	350.00	385.00	280.00	350.00	280.00	385.00	350.00	350.00	350.00
	Sub Kelompok D ₁									
ca_gg	10.00	10.10	10.00	11.50	11.70	11.60	10.30	10.30	12.70	12.70
ca_ll	5.35	6.36	5.57	6.75	4.97	5.25	4.00	8.69	5.29	6.83
p_gg	4.19	3.73	3.28	5.82	5.18	5.63	7.18	4.07	6.14	5.11
p_ll	2.44	2.43	2.20	2.38	1.88	2.05	2.55	1.62	2.03	2.62
bs_gg	4.10	39.40	17.90	29.80	45.40	51.40	38.20	51.70	34.50	41.10
bs_ll	66.20	34.10	36.60	34.30	40.70	49.50	38.20	41.20	42.90	44.20
lpgg01	35.00	17.50	35.00	21.88	35.00	35.00	35.00	26.25	26.25	17.50
lell01	560.00	350.00	490.00	350.00	350.00	350.00	385.00	630.00	350.00	350.00
	Sub Kelompok D ₂									
ca_gg	9.75	11.40	10.10	13.60	9.76	10.70	11.80	10.10	10.20	9.75
ca_ll	8.16	9.57	11.40	11.00	8.19	6.49	7.06	8.15	5.39	5.35
p_gg	4.24	5.58	5.08	7.52	5.88	5.77	6.37	5.24	4.79	5.18
p_ll	3.73	3.66	4.52	3.90	3.10	1.88	1.94	2.47	2.06	2.05
bs_gg	53.20	47.20	36.80	35.20	49.00	56.30	31.50	31.30	34.80	49.10
bs_ll	56.20	34.90	36.90	35.20	40.90	59.50	40.20	41.10	39.90	49.20
lpgg01	35.00	42.50	42.50	35.00	42.50	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00
lell01	561.00	560.00	560.00	560.00	560.00	560.00	630.00	560.00	560.00	560.00
	Sub Kelompok D ₃									
ca_gg	4.67	4.69	4.53	4.46	4.19	5.35	5.77	4.60	5.80	5.78
ca_ll	2.92	3.62	3.35	3.18	2.24	5.34	2.66	4.13	4.51	5.21
p_gg	1.96	1.74	1.49	2.27	1.86	2.61	4.04	1.83	2.81	2.34
p_ll	1.33	1.38	1.32	1.12	0.85	1.54	0.73	1.25	1.37	0.89
bs_gg	18.80	14.70	15.40	22.60	14.80	22.40	17.50	19.20	23.90	11.90
bs_ll	23.80	32.50	35.50	20.10	23.50	11.80	57.70	26.70	30.00	47.60
lpgg01	87.50	70.00	87.50	87.50	87.50	70.00	87.50	70.00	87.50	87.50
lell01	770.00	770.00	770.00	440.00	770.00	770.00	770.00	700.00	770.00	770.00