

**PAPARAN GELOMBANG ELEKTROMAGNETIK
TERHADAP KADAR *OSTEOCALCIN* DAN *BONE
ALKALINE PHOSPHATASE***

**(Studi Eksperimental Laboratoris pada *Rattus
norvegicus*)**

SKRIPSI



Oleh:

**HANA AI ARDIANA
NIM 021811133019**

**FAKULTAS KEDOKTERAN GIGI
UNIVERSITAS AIRLANGGA
SURABAYA
2021**

**PAPARAN GELOMBANG ELEKTROMAGNETIK
TERHADAP KADAR *OSTEOCALCIN* DAN *BONE
ALKALINE PHOSPHATASE***

**(Studi Eksperimental Laboratoris pada *Rattus
norvegicus*)**

SKRIPSI



Oleh:

**HANA AI ARDIANA
NIM 021811133019**

**FAKULTAS KEDOKTERAN GIGI
UNIVERSITAS AIRLANGGA
SURABAYA
2021**

LEMBAR PENGESAHAN

**PAPARAN GELOMBANG ELEKTROMAGNETIK
TERHADAP KADAR *OSTEOCALCIN* DAN *BONE
ALKALINE PHOSPHATASE*
(Studi Eksperimental Laboratoris pada Rattus
norvegicus)**

SKRIPSI

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Menyelesaikan
Pendidikan Dokter Gigi Di Fakultas Kedokteran Gigi Universitas
Airlangga Surabaya**

Oleh :

**HANA AI ARDIANA
NIM: 021811133019**

Menyetujui

Pembimbing Utama



Dr. Sindy Cornelia Nelwan, drg., Sp. KGA (K)

NIP: 195203281979012001

Pembimbing Serta



Dimas Prasetianto Wicaksono, drg., M.Kes., Ph.D

NIP : 198805312014041001

**FAKULTAS KEDOKTERAN GIGI
UNIVERSITAS AIRLANGGA
SURABAYA
2021**

PENETAPAN PANITIA PENGUJI SKRIPSI

Skripsi ini telah diuji pada tanggal 4 Januari 2021

PANITIA PENGUJI SKRIPSI

- 1. Udijanto Tedjosongko, drg., Ph.D, Sp.KGA(K) (Ketua
Penguji)**
- 2. Mega Mocharyono Puteri, drg., Ph.D., Sp.KGA(K)
(Anggota Penguji)**
- 3. Prof. Dr. Soegeng Wahluyo, drg., M.Kes., Sp.KGA (K)
(Anggota Penguji)**
- 4. Dr. Sindy Cornelia Nelwan, drg., Sp. KGA(K) (Pembimbing
Utama)**
- 5. Dimas Prasetyanto Wicaksono, drg.,M.Kes., Ph.D
(Pembimbing Serta)**

SURAT PERNYATAAN TENTANG ORISINALITAS

Yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Hana Ai Ardiana
NIM : 021811133019
Program Studi : Pendidikan Dokter Gigi
Fakultas : Kedokteran Gigi
Universitas : Airlangga
Jenjang : S1

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan plagiat dalam penulisan skripsi saya yang berjudul:

PAPARAN GELOMBANG ELEKTROMAGNETIK TERHADAP KADAR OSTEOCALCIN DAN BONE ALKALINE PHOSPHATASE

(Studi Eksperimental Laboratoris pada Rattus norvegicus)

Apabila pada suatu saat nanti terbukti melakukan tindakan plagiat, maka saya akan menerima sanksi yang telah ditetapkan.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya..

Surabaya, 25 Desember 2021

Yang Membuat Pernyataan



Hana Ai Ardiana
021811133019

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya serta salam dan shalawat kepada Nabi Muhammad SAW yang telah membawa umat Islam ke jalan yang diridhoi Allah SWT. Dalam mengerjakan skripsi ini tentu banyak pihak yang telah memberikan kontribusi dan bantuan berarti kepada penulis, untuk itu perkenankan penulis mengucapkan terima kasih kepada:

- 1 Dr.Agung Sosiawan,drg.,M.Kes selaku Dekan Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Airlangga yang telah atas kesempatannya untuk menyelesaikan studi Pendidikan Dokter Gigi Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Airlangga dan memberikan ijin untuk mengadakan penelitian ini.
- 2 Prof. Dr.Soegeng Wahluyo,drg.,M.Kes.,Sp.KGA(K) selaku ketua departemen Ilmu Kedokteran Gigi Anak yang telah memberi kesempatan untuk menyelesaikan skripsi di departemen Ilmu Kedokteran Gigi Anak Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Airlangga.
- 3 Dr. Sindy Cornelia Nelwan.,Sp.KGA (K) selaku Pembimbing Utama dan selaku Koordinator Pendidikan Dokter Gigi Spesialis Program Studi Ilmu Kedokteran Gigi Anak Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Airlangga yang telah meluangkan waktu, masukan, serta motivasi sehingga skripsi ini terselesaikan dengan baik.
- 4 Dimas Prasetyanto Wicaksono, drg.,M.Kes., Ph.D selaku Pembimbing Serta yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan masukan dan mendampingi untuk berdiskusi tentang penulisan yang baik serta motivasi kepada penulis hingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.

- 5 Udijanto Tedjosasongko, drg., Ph.D, Sp.KGA(K), Mega Moeharyono Puteri, drg., Ph.D., Sp.KGA(K), Prof. Dr. Soegeng Wahluyo, drg., M.Kes., Sp.KGA (K) selaku penguji skripsi yang telah meluangkan waktu untuk menguji skripsi ini.
- 6 Seluruh staf Laboratorium Biokimia Hewan Coba Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga, Research Centre Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Airlangga, Laboratorium Teknik Robot Kecerdasan Buatan Fakultas Teknologi Maju dan Multidisiplin Universitas Airlangga yang memberikan tempat dan, fasilitas dalam penelitian ini.
- 7 Orang tuaku tercinta Papa Sunarko dan Mama Diana Juliandari serta keluarga yang telah memberikan dukungan doa, nasehat, tenaga, penghiburan dan motivasi hingga detik ini penulis tetap kuat dan bersemangat dalam menyelesaikan studi di Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Airlangga.
- 8 Teman-teman satu penelitian, Leviena Marlynike Leo.,drg , Siti Rahmawati atas kerjasama serta semangat yang luar biasa dalam menyelesaikan penelitian ini.
- 9 Serta seluruh pihak yang ikut membantu, baik secara langsung maupun tidak langsung sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.

Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini masih membutuhkan penyempurnaan, oleh karena itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang memerlukan.

Surabaya, 25 Desember 2021

Penulis

**EXPOSURE TO ELECTROMAGNETIC WAVES ON LEVELS OF
OSTEOCALCIN AND BONE ALKALINE PHOSPHATASE**

ABSTRACT

Introduction: The prevalence of malocclusion in Indonesia is still very high, around 80% of the total population. The clinical picture of crowding teeth is more common in patients with malocclusion. Crowded teeth occur as a result of the difference between the size of the jaw and the size of the teeth, which can eventually cause the teeth to overlap. The increased use of cell phones in children during the COVID-19 pandemic by placing them close to the jawbone and holding cellphones held close to sleep may be one of the causes of malocclusion where cellphones are known to emit electromagnetic radiation. There have been previous studies on electromagnetic radiation by examining bone alkaline phosphatase levels which showed decreased levels. **Objective:** This study determines whether or not there is a relationship between electromagnetic radiation and osteocalcin and bone alkaline phosphatase levels. **Research Methods:** Experimental laboratory research using white rats (*Rattus norvegicus*) Wistar strain with a pre and post-control group design approach. The serum levels of osteocalcin and BALP were determined before and after treatment. **Statistical Analysis:** Data were analyzed using the paired t-test to determine whether significant differences existed before and after treatment. **Results:** Osteocalcin and BALP levels were significantly different between treatment groups and pre and post-treatment. **Conclusion:** The relationship between mobile phone equivalent levels and osteocalcin and bone alkaline phosphatase is significant.

Keywords: Electromagnetic Radiation; Cell Phone Radiation; osteocalcin; Bone Alkaline Phosphatase

PAPARAN GELOMBANG ELEKTROMAGNETIK TERHADAP KADAR *OSTEOCALCIN* DAN *BONE ALKALINE PHOSPHATASE*

ABSTRAK

Pendahuluan: Prevalensi maloklusi di Indonesia masih sangat tinggi sekitar 80% dari jumlah penduduk. Gambaran klinis gigi berjejal lebih umum ditemui pada pasien yang mengalami maloklusi. Gigi berjejal terjadi sebagai akibat dari adanya perbedaan antara ukuran rahang dan ukuran gigi, yang akhirnya dapat menyebabkan posisi gigi menjadi tumpang tindih. Penggunaan telepon seluler yang meningkat pada anak saat pandemi COVID-19 dengan peletakan yang didekatkan pada tulang rahang dan ponsel yang didekatkan saat tidur mungkin dapat menjadi salah satu penyebab dari maloklusi yang mana ponsel diketahui dapat menimbulkan radiasi elektromagnetik. Terdapat penelitian sebelumnya mengenai radiasi elektromagnetik dengan meneliti kadar *bone alkaline phosphatase* yang merupakan salah satu marker tulang, menunjukkan kadarnya menurun. **Tujuan:** Penelitian ini bertujuan untuk membuktikan ada tidaknya hubungan antara radiasi elektromagnetik terhadap kadar *osteocalcin* dan *bone alkaline phosphatase*. **Metode Penelitian :** Penelitian laboratorium eksperimental dengan pendekatan *pre* dan *post control group design* yang dilakukan pada tikus putih (*Rattus norvegicus*) strain Wistar. Kadar *Osteocalcin* dan BALP dalam serum dihitung sebelum dan sesudah perlakuan. **Analisa Statistik:** Data dianalisis menggunakan uji parametrik dengan uji *paired t - test* untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan bermakna sebelum dan sesudah perlakuan. **Hasil:** Terdapat perbedaan nilai *Osteocalcin* dan BALP yang bermakna antar kelompok perlakuan serta sebelum dan sesudah perlakuan. **Kesimpulan :** Terdapat hubungan yang signifikan antara radiasi elektromagnetik setara ponsel terhadap kadar *osteocalcin* dan *bone alkaline phosphatase*.

Kata kunci : Radiasi Elektromagnetik; Radiasi Ponsel; Osteocalcin; Bone Alkaline Phosphatase

DAFTAR ISI	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN	i
PENETAPAN PANITIA PENGUJI SKRIPSI	ii
SURAT PERNYATAAN TENTANG ORISINALITAS	iii
UCAPAN TERIMAKASIH.....	iv
ABSTRACT.....	vi
ABSTRAK.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
DAFTAR SINGKATAN	xiii
BAB 1	14
1.1 Latar Belakang	14
1.2 Rumusan Masalah	16
1.3 Tujuan Penelitian.....	16
1.3.1 Tujuan Umum	16
1.3.2 Tujuan Khusus	16
1.4 Manfaat Penelitian.....	17
1.4.1 Manfaat Akademik.....	17
1.4.2 Manfaat Praktis	17
BAB 2	18
2.1 Radiasi Elektromagnetik	18
2.1.1 <i>Reactive Oxygen Species</i> (ROS)	20
2.2 Konsep Mineralisasi Gigi yang Linier dengan Tulang.....	21
2.3 <i>Bone Alkaline Phosphatase</i>	23
2.4 <i>Osteocalcin</i>	24

BAB 3	26
3.1 Kerangka Konseptual	26
3.2 Hipotesis Penelitian	28
BAB 4	29
4.1 Jenis dan Rancangan Penelitian	29
4.2 Populasi dan Sampel	29
4.3 Kriteria Sampel dan Besar Sampel.....	29
4.3.1 Kriteria Sampel	29
4.3.2 Besar Sampel.....	30
4.4 Lokasi dan Waktu Penelitian.....	30
4.5 Variabel Penelitian	30
4.6 Definisi Operasional.....	31
4.6.1 Paparan Radiasi Sinar Elektromagnetik yang diinduksi Ponsel	31
4.6.2 <i>Bone Alkaline Phosphatase</i> dan <i>Osteocalcin</i>	31
4.7 Alat dan Bahan Penelitian	32
4.7.1 Alat.....	32
4.7.2 Bahan.....	33
4.8 Cara Kerja.....	33
4.9 Analisis Statistika	35
4.10 Alur Penelitian.....	37
BAB 5	38
5.1 Penelitian Serum <i>Bone Alkaline Phosphatase</i>	38
5.1.1 Hasil Pemeriksaan Kadar <i>Bone Alkaline Phosphatase</i>	38
5.2 Penelitian Serum <i>Osteocalcin</i>	39
5.2.1 Hasil Penelitian <i>Osteocalcin</i>	39
BAB 6	41
BAB 7	46
7.1 Kesimpulan.....	46
7.2 Saran.....	46

DAFTAR PUSTAKA	47
LAMPIRAN.....	53

DAFTAR GAMBAR

Gambar 5.1.1 Diagram Rata - Rata Bone Alkaline Phosphatase. Tanda bintang (*) menunjukkan perbedaan yang signifikan (Sig. <0.05) berdasarkan hasil <i>paired t-test</i> . Kotak hijau () menunjukkan hasil rata – rata <i>pre- test</i> . Kotak biru () menunjukkan hasil rata – rata <i>post- test</i>	38
Gambar 5.2.1 Diagram Rata - Rata Osteocalcin. Tanda bintang menunjukkan perbedaan yang signifikan (Sig. <0.05) berdasarkan hasil <i>paired t-test</i> . Kotak hijau () menunjukkan hasil rata – rata <i>pre- test</i> . Kotak biru () menunjukkan hasil rata – rata <i>post- test</i>	40

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Surat Kelayakan Etik	53
Lampiran 2 Surat Permohonan Izin Peminjaman Alat Laboratorium FTMM Universitas Airlangga.....	54
Lampiran 3 Surat Permohonan Izin Penelitian Laboratorium Biokimia Hewan Coba Universitas Airlangga	56
Lampiran 4 Foto Alat dan Bahan	57
Lampiran 5 Persetujuan Izin Penelitian Laboratorium Biokimia Hewan Coba	60
Lampiran 6 Data Hasil Penelitian dan Analisa Statistik Hasil Penelitian.....	61

DAFTAR SINGKATAN

ECM	: <i>extracellular matrix</i>
FCC	: <i>Federal Communication Commission</i>
GHz	: <i>gigahertz</i>
GFR	: <i>glomerular filtration rate</i>
H ₂ O ₂	: <i>hydrogen peroxide</i>
OH ⁻	: <i>hydroxyl radical</i>
ICNIRP	: <i>International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection</i>
MHz	: <i>megahertz</i>
MV	: <i>matrix vesicle</i>
O ₂ ⁻	: <i>superoxide anion</i>
OPG	: <i>osteoprotegerin</i>
PPi	: <i>inorganic pyrophosphate</i>
RANKL	: <i>Receptor Activator of Nuclear Factor κB-Ligand</i>
RF	: <i>radio frequency</i>
ROS	: <i>reactive oxygen species</i>
SAR	: <i>specific absorption rates</i>