

**PENGARUH PAPARAN PARTIKEL DEBU BATUBARA
TERHADAP OSTEOPOROSIS TULANG ALVEOLAR PADA
TIKUS OVARIEKTOMI (TINJAUAN DENGAN X-RAY
FLUORESCENCE (XRF))**

Skripsi

Diajukan guna memenuhi sebagian syarat
untuk memperoleh derajat Sarjana Kedokteran Gigi
Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Lambung Mangkurat

Diajukan Oleh
Yulia Putri Nur Pambudi
211111320011



**UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT
FAKULTAS KEDOKTERAN GIGI
PROGRAM STUDI KEDOKTERAN GIGI
BANJARMASIN**

Februari, 2025

**PENGARUH PAPARAN PARTIKEL DEBU BATUBARA TERHADAP
OSTEOPOROSIS TULANG ALVEOLAR PADA TIKUS OVARIKTOMI
(TINJAUAN DENGAN X-RAY FLUORESCENCE (XRF))**

Skripsi

Diajukan guna memenuhi sebagian syarat
untuk memperoleh derajat Sarjana Kedokteran Gigi
Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Lambung Mangkurat

Diajukan Oleh
Yulia Putri Nur Pambudi
211111320011



**UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT
FAKULTAS KEDOKTERAN GIGI
PROGRAM STUDI KEDOKTERAN GIGI
BANJARMASIN**

Februari, 2025


HALAMAN PERSETUJUAN UJIAN SKRIPSI

Skripsi oleh Yulia Putri Nur Pambudi ini
Telah diperiksa dan disetujui untuk diseminarkan

Banjarmasin, 18 Februari 2025
Pembimbing Utama


(drg Amy Nindia Carabelly, M.Si)
NIP 198503312008122003

Banjarmasin,
Pembimbing Pendamping


(Dr. drg Debby Saputera, Sp.Prof)
NIP 198504202009121005

HALAMAN PENETAPAN PANITIA PENGUJI SKRIPSI

Skripsi oleh Yulia Putri Nur Pambudi
Telah dipertahankan di depan dewan penguji
Pada tanggal 26 Februari 2025

Dewan Penguji
Ketua (Pembimbing Utama)



drg Amy Nindia Carabelly, M.Si

Anggota (Pembimbing Pendamping)



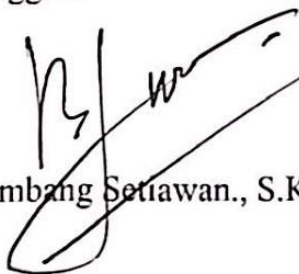
Dr. drg Debby Saputera, Sp.Prof

Anggota



drg. Dewi Puspitasari, M.Si

Anggota



Bambang Setiawan., S.Ked., M.Biomed

Skripsi

**PENGARUH PAPARAN PARTIKEL DEBU BATUBARA TERHADAP
OSTEOPOROSIS TULANG ALVEOLAR PADA TIKUS OVARIETOMI
(TINJAUAN DENGAN X-RAY FLUORESCENCE (XRF))**

dipersiapkan dan disusun oleh

Yulia Putri Nur Pambudi

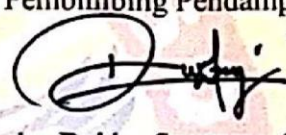
telah dipertahankan di depan dewan penguji
pada tanggal 26 Februari 2025

Susunan Dewan Penguji

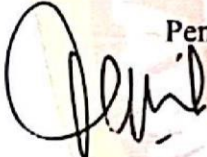
Pembimbing Utama


drg Amy Nindia Carabelly, M.Si

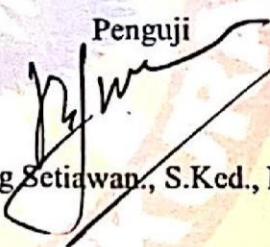
Pembimbing Pendamping


Dr. drg Debby Saputera, Sp.Prof

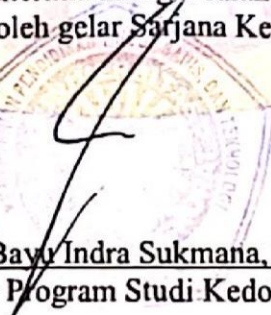
Penguji


drg. Dewi Puspitasari, M.Si

Penguji


Bambang Setiawan, S.Ked., M.Biomed

Skripsi ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh gelar Sarjana Kedokteran Gigi


Dr. drg. Bayu Indra Sukmana, M.Kes
Koordinator Program Studi Kedokteran Gigi

HALAMAN PERNYATAAN ORIGINALITAS

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi ini merupakan hasil karya saya sendiri dan tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi. Semua sumber yang dikutip atau dirujuk dalam skripsi ini telah saya sebutkan dalam daftar pustaka.

Banjarmasin, 26 Februari 2025

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Yulia Putri Nur Pambudi', written in a cursive style.

Yulia Putri Nur Pambudi

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademik Universitas Lambung Mangkurat, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Yulia Putri Nur Pambudi

NIM : 2111111320011

Program Studi : Kedokteran Gigi

Fakultas : Kedokteran Gigi

Jenis karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Lambung Mangkurat Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

“PENGARUH PAPARAN PARTIKEL DEBU BATUBARA TERHADAP OSTEOPOROSIS TULANG ALVEOLAR PADA TIKUS OVARIEKTOMI (TINJAUAN DENGAN X-RAY FLUORESCENCE (XRF))”

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Lambung Mangkurat berhak menyimpan, mengalih media/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya

Dibuat di : Banjarmasin

Pada tanggal : 26 Februari 2025

Yang menyatakan



Yulia Putri Nur Pambudi

RINGKASAN

Menopause adalah suatu kondisi normal berupa berakhirnya siklus menstruasi secara permanen selama minimal 12 bulan berturut-turut. Wanita menopause lebih rentan mengalami pengeroposan tulang (osteoporosis) dibandingkan laki-laki di akibatkan oleh penurunan hormon estrogen. Pada penelitian umumnya digunakan tikus yang diangkat bagian ovariumnya atau yang dikenal dengan sebutan ovariektomi (OVX) untuk melihat kondisi menopause pada tikus dan memiliki peluang lebih besar mengalami osteoporosis. Kondisi osteoporosis akan dapat mempengaruhi pegangan dan stabilisasi gigi tiruan. Keadaan ini membuat pasien tidak menggunakan gigi tiruannya dan membuat fungsi pengucapan, pengunyahan dan estetika akan terganggu. Selain itu, osteoporosis juga disebabkan oleh peningkatan sitokin proinflamasi dan stres oksidatif yang disebabkan oleh menurunnya hormon estrogen dan efek paparan debu yaitu *Particulate Matter* (PM). PM merupakan multipolutan yang terdapat pada debu batubara. Paparan PM dapat meningkatkan risiko terjadinya osteoporosis. Osteoporosis disebabkan oleh hilangnya kepadatan dan homeostatis mineral tulang akibat dari ketidakseimbangan antara pembentukan dan resorpsi tulang. Proses pembentukan dan pergantian tulang diatur dan melibatkan unsur mineral yang mempengaruhi pembentukan tulang. Kandungan unsur mineral dalam tulang mandibula meliputi kalsium (Ca), fosfor (P), kromium (Cr), besi (Fe), nikel (Ni), dan tembaga (Cu). Unsur mineral pada tulang alveolar dapat diketahui dengan menggunakan metode *X-ray fluorescence* (XRF). Metode XRF dapat digunakan untuk mempelajari kandungan unsur mineral yang ada pada tulang. Kelebihan metode XRF adalah prosedur persiapan sampel yang sederhana, waktu analisis relatif cepat, dan kestabilan mesin yang baik. Tinggi atau rendahnya kandungan unsur mineral dalam tulang yang akan mempengaruhi pembentukan tulang.

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental murni (*true experimental*) dengan rancangan *posttest-only with control group design*. Penelitian ini menggunakan 6 ekor tikus wistar betina (berat badan 200-250g dan umur 6 bulan) yang dibagi menjadi 3 kelompok yang terdiri dari kelompok operasi sham (kontrol negatif), kelompok operasi ovx (kelompok positif) dan kelompok ovx+bb3. Hewan diberi perlakuan dengan dilakukan pemaparan debu batubara selama 3 bulan. Kemudian dilakukan pengambilan tulang mandibula untuk dilakukan pembuatan serbuk. Serbuk tulang mandibula ini akan dilakukan pengujian XRF. Hasil penelitian kemudian dilakukan uji normalitas berdasarkan nilai residual *Shapiro-wilk* dan dilanjutkan uji homogenitas *Levene's test*. Hasil menunjukkan $p < 0,05$ yang berarti data tidak terdistribusi normal. Data kemudian dilakukan uji *Kruskal wallis* dan menunjukkan tidak terdapat pengaruh signifikan ($p > 0,05$).

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kandungan tertinggi pada tulang mandibula yaitu Kalsium (Ca), Fosfor (P), Indium (In) dan Sulfur (S). Kandungan unsur lainnya berada dalam jumlah kecil yaitu Besi (Fe), Iterbium (Yb), Kalium (K), Zink (Zn), Relium (Re) dan kandungan unsur yang tidak terdeteksi adalah Kromium (Cr) dan Nikel (Ni). Peningkatan kandungan Ca pada kelompok ovx+bb3 dibandingkan dengan kelompok ovx walaupun secara statistik tidak bermakna, hal

ini dapat terjadi akibat adanya proses inkorporasi kandungan batubara ke dalam tulang. Walaupun terjadi peningkatan kadar Ca pada HAP di tulang, namun secara fisik dan strukturalnya tidak stabil dibandingkan dengan struktur Ca di tulang yang tidak mengalami inkorporasi. Pada hasil penelitian ini kadar P kelompok ovx (13,15) mengalami peningkatan dari kelompok perlakuan ovx+bb3 (13,3). Hal ini disebabkan inkorporasi dan substitusi. Hasil penelitian ini juga menunjukkan bahwa kadar S mengalami penurunan pada kelompok ovx dibandingkan dengan kelompok ovx+bb3 hal ini dapat disebabkan oleh PM batubara akan mengakibatkan peningkatan *Reactive Oxygen Species* (ROS) dan stres oksidatif. Pada penelitian ini, kelompok perlakuan ovx (0,425) mengalami peningkatan dibandingkan dengan kelompok perlakuan ovx+BB3 (0,5) walaupun tidak signifikan secara statistik. Hal ini disebabkan oleh kandungan batubara dapat bersubstitusi dan berinkorporasi pada Fe. Kalium (K), Zink (Zn) dan Tembaga (Cu) termasuk ke dalam unsur yang kandungannya memiliki jumlah nilai kecil. Selain itu, ketiga unsur K, Zn, dan Cu juga memiliki kesamaan pola yaitu pada kelompok perlakuan ovx mengalami penurunan dibandingkan dengan kelompok ovx+bb3 hal ini dapat disebabkan oleh PM batubara akan mengakibatkan peningkatan *Reactive Oxygen Species* (ROS) dan stres oksidatif. Unsur In, Re dan Yb bukan merupakan unsur esensial dalam pembentukan tulang, namun dalam penelitian ini didapatkan unsur itu pada tulang tikus mandibula. Hal ini dapat disebabkan terjadinya oksidasi. Cr dan Ni tidak ditemukan pada penelitian ini karena bukan berasal dari pengaruh luar.

SUMMARY

Menopause is a normal condition in which the menstrual cycle permanently ends for at least 12 consecutive months. Menopausal women are more prone to bone loss (osteoporosis) than men due to a decrease in the hormone estrogen. In research generally used rats that removed the ovaries or known as ovariectomy (OVX) to see the condition of menopause in rats and have a greater chance of experiencing osteoporosis. The condition of osteoporosis will affect the grip and stabilisation of the denture. This prevents the patient from using the denture and compromises pronunciation, mastication and aesthetic function. In addition, osteoporosis is also caused by an increase in proinflammatory cytokines and oxidative stress caused by the decline in estrogen and the effects of dust exposure, namely Particulate Matter (PM). PM is a multipollutant found in coal dust. Exposure to PM can increase the risk of osteoporosis. Osteoporosis is caused by a loss of bone mineral density and homeostatis due to an imbalance between bone formation and resorption. The process of bone formation and turnover is regulated and involves mineral elements that affect bone formation. The content of mineral elements in mandibular bone includes calcium (Ca), phosphorus (P), chromium (Cr), iron (Fe), nickel (Ni), and copper (Cu). Mineral elements in alveolar bone can be known using the X-ray fluorescence (XRF) method. The XRF method can be used to study the content of mineral elements in bone. The advantages of the XRF method are simple sample preparation procedures, relatively fast analysis time, and good machine stability. The high or low content of mineral elements in bone will affect bone formation.

This study used a pure experimental method (true experimental) with a posttest-only design with control group design. This study used 6 female wistar rats (body weight 200-250g and age 6 months) which were divided into 3 groups consisting of sham operation group (negative control), ovx operation group (positive group) and ovx +bb3 group. Animals were treated with coal dust exposure for 3 months. Then the mandibular bone was taken to make powder. This mandibular bone powder will be subjected to XRF testing. The results of the study were then tested for normality based on Shapiro-wilk residual values and continued with Levene's test for homogeneity. The results showed $p < 0.05$ which means the data was not normally distributed. The data was then subjected to Kruskal wallis test and showed no significant effect ($p > 0.05$).

The results of this study indicate that the highest content in mandibular bone is Calcium (Ca), Phosphorus (P), Indium (In) and Sulfur (S). The content of other elements is in small amounts, namely Iron (Fe), Iterbium (Yb), Potassium (K), Zinc (Zn), Rhenium (Re) and the content of elements that are not detected is Chromium (Cr) and Nickel (Ni). The increase in Ca content in the ovx+bb3 group compared to the ovx group, although not statistically significant, can occur due to the process of incorporation of coal content into bone. Although there is an increase in Ca levels in HAP in bone, it is physically and structurally unstable compared to the structure of Ca in bone that does not experience incorporation. In the results of this study, the P level of the ovx group (13.15) increased from the ovx +bb3 treatment group (13.3). This is due to incorporation and substitution. The results of this study

also showed that S levels decreased in the ovx group compared to the ovx + bb3 group, this can be caused by coal PM which will result in an increase in Reactive Oxygen Species (ROS) and oxidative stress. In this study, the ovx treatment group (0.425) increased compared to the ovx + BB3 treatment group (0.5) although it was not statistically significant. This is due to the content of coal can substitute and incorporate Fe. Potassium (K), Zinc (Zn) and Copper (Cu) are included in the elements whose content has a small amount of value. In addition, the three elements of K, Zn, and Cu also have a similar pattern, namely in the ovx treatment group decreased compared to the ovx + bb3 group, this can be caused by coal PM will result in an increase in Reactive Oxygen Species (ROS) and oxidative stress. The elements In, Re and Yb are not essential elements in bone formation, but in this study they were found in mandibular rat bones. This may be due to oxidation. Cr and Ni were not found in this study because they were not derived from external influences.

ABSTRAK

PENGARUH PAPARAN PARTIKEL DEBU BATUBARA TERHADAP OSTEOPOROSIS TULANG ALVEOLAR PADA TIKUS OVARIKТОMI (TINJAUAN DENGAN *X-RAY FLUORESCENCE* (XRF))

**Yulia Putri Nur Pambudi, Amy Nindia Carabelly, Debby Saputera, Dewi
Puspitasari, Bambang Setiawan**

Latar Belakang: Paparan debu batubara dapat meningkatkan risiko osteoporosis pascamenopause tulang alveolar. Pada osteoporosis terjadi peningkatan osteoklas sementara osteoblas mengalami penurunan. Proses dari pembentukan dan pergantian tulang diregulasi dan melibatkan unsur mineral yang mempengaruhi pembentukan tulang. Kandungan unsur mineral yang terdapat di tulang mandibula yaitu (Ca, P, K, S, Fe, Cu, Zn, In, Yb, and Re) Unsur mineral pada tulang alveolar dapat diketahui menggunakan metode *X-ray fluorescence* (XRF). **Tujuan:** Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh paparan debu batubara terhadap osteoporosis tulang alveolar pada tikus ovariektomi berdasarkan *X-ray Fluorescence* (XRF) **Metode:** Tikus betina *Sprague-Dawley* diacak menjadi 3 kelompok (n=6), kelompok sham, kelompok kontrol yaitu ovariektomi (OVX), dan kelompok OVX yang dipaparkan debu batubara ($12,5\text{mg}/\text{m}^3$) selama 3 bulan. Tikus-tikus tersebut dipaparkan menggunakan *coal dust exposure* 2010 dengan volume bilik $V = 0,5 \text{ m}^3$ dan aliran udara 1,5-2L/menit. Setelah pemaparan selesai, tikus akan dieutanasia menggunakan *ketamine-xylazine*. Tulang mandibula diambil untuk dilakukan analisis menggunakan X-ray fluorescence (XRF). **Hasil:** Analisis XRF menunjukkan tidak terdapat perbedaan signifikan pada komponen tulang (Ca, P, K, S, Fe, Cu, Zn, In, Yb, and Re) diantara kelompok- kelompok tersebut ($p > 0.05$). **Kesimpulan:** Tidak terdapat pengaruh paparan debu batubara terhadap osteoporosis tulang alveolar pada tikus ovariektomi berdasarkan tinjauan *X-ray Fluorescence* (XRF).

Kata Kunci: Osteoporosis pascamenopause tulang alveolar, Paparan debu batubara, Ovariektomi (OVX), *X-ray fluorescence* (XRF).

ABSTRACT

THE EFFECT OF COAL DUST EXPOSURE ON ALVEOLAR BONE OSTEOPOROSIS IN OVARIECTOMIZED RATS (REVIEW BY X-RAY FLUORESCENCE (XRF))

Yulia Putri Nur Pambudi, Amy Nindia Carabelly, Debby Saputera, Dewi Puspitasari, Bambang Setiawan

Background: Coal dust exposure (CDE) can increase the risk alveolar bone postmenopausal osteoporosis (PMO). In osteoporosis, osteoclasts increase while osteoblasts decrease. The process of bone formation and turnover is regulated and involves mineral elements that affect bone formation. The content of mineral elements in mandibular bone includes (Ca, P, K, S, Fe, Cu, Zn, In, Yb, and Re) Mineral elements in alveolar bone can be known using the X-ray fluorescence (XRF) method. **Objective:** The objective of this study was to determine the effect of coal dust exposure (CDE) on alveolar bone osteoporosis in ovariectomized rats based on X-ray Fluorescence (XRF). **Method:** Female Sprague-Dawley rats were randomized into three groups (n=6), one sham group, one ovariectomized (OVX) control group, and one OVX group that was exposed to coal dust (12,5mg/m³) in 3 months. The rats were exposed using coal dust exposure model 2010 imitating the ambient environment (V=0,5m³ and air flow 1,5-2L/min). After the exposure, the rats were euthanized with ketamine-xylazine injection. Mandible was taken for X-ray fluorescence (XRF) analysis. **Results:** XRF analysis showed no significant differences in bone components (Ca, P, K, S, Fe, Cu, Zn, In, Yb, and Re) among the groups (p>0.05). **Conclusion:** There is no effect of coal dust exposure (CDE) on alveolar bone osteoporosis in ovariectomized rats based on X-ray Fluorescence (XRF)

Keywords: Alveolar bone postmenopausal osteoporosis (PMO), Coal dust exposure (CDE), Ovariectomy (OVX), X-ray fluorescence (XRF).

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“PENGARUH PAPARAN PARTIKEL DEBU BATUBARA TERHADAP OSTEOPOROSIS TULANG ALVEOLAR PADA TIKUS OVARIEKTOMI (TINJAUAN DENGAN X-RAY FLUORESCENCE (XRF))”**, tepat pada waktunya.

Skripsi ini disusun untuk memenuhi sebagian syarat guna untuk memperoleh derajat Sarjana Kedokteran Gigi di Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Lambung Mangkurat. Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada :

Dekan Fakultas Kedokteran Gigi, Prof. Dr. drg. Maharani Laillyza Apriasari, Sp. PM yang telah memberi kesempatan dan fasilitas dalam pelaksanaan penelitian.

Wakil Dekan Fakultas Kedokteran Gigi, drg. Isnur Hatta, MAP., drg. I Wayan Arya Krishnawan Firdaus, M. Kes., dan drg. Deby Kania Tri Putri, M.Kes yang telah memberi kesempatan dan fasilitas dalam pelaksanaan penelitian.

Koordinator Program Studi Kedokteran Gigi Dr.drg.Bayu Indra Sukmana, M.Kes yang telah memberi kesempatan dan fasilitas dalam pelaksanaan penelitian. Kedua dosen pembimbing, drg. Amy Nindia Carabelly, M.Si dan Dr. drg. Debby Saputera, Sp.Pros yang berkenan memberikan saran serta arahan dalam penyelesaian skripsi ini.

Kedua dosen penguji, drg. Dewi Puspitasari, M.Si dan Bambang Setiawan., S.Ked., M.Biomed yang telah memberikan kritik dan saran sehingga skripsi ini menjadi semakin baik.

Seluruh staff pengajar di Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Lambung Mangkurat yang telah mendidik, membantu dan memberikan masukan kepada penulis selama menjalani masa pendidikan dan menyelesaikan skripsi ini.

Seluruh karyawan dan laboran Laboratorium Farmakologi Fakultas Kedokteran Universitas Brawijaya, Laboratorium Biokimia Fakultas Kedokteran Universitas Lambung Mangkurat serta Laboratorium Sentral Mineral dan Material Universitas Negeri Malang yang telah memberikan izin, fasilitas, ilmu, dan bantuan sehingga penelitian berjalan dengan lancar.

Kedua orangtua, Bapak Budi Wahono, S.Pd dan Ibu Haryanti, S.Pd serta saudara saya Rizka Azis Nur Pambudi, S.K.M yang selalu memberikan perhatian dan dukungan penuh baik moril, materil, motivasi, harapan, dan doa sampai terselesaikannya skripsi ini.

Rekan sepayung penelitian, Rahmadani Penre dan Marvel wendel yang selalu kebersamai hingga selesainya proses penelitian ini

Rekan seperjuangan di Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Lambung Mangkurat angkatan 2021 yang selalu kebersamai dan memberikan masukan dan semua pihak yang telah membantu proses penelitian serta semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu atas sumbangan pikiran dan bantuan yang telah diberikan.

Rekan seperjuangan meraih gelar S.KG, Caca, Charity, dan Naomi yang selalu kebersamai disegala suka dan duka selama perkuliahan sampai dititik ini. Serta rekan-rekan seperjuangan meraih gelar sarjana bersama, Mutiara Iba Fadila, S.H, Salsabela Meirela, S.Pd, Maya Isti, S.Sos, Nor Maulidarrahmah S.Pd, Aulia Dharmayanti Amd,Kes dan Maulida Safitri S.Farm yang telah kebersamai penulis memberikan dukungan motivasi dan doa sampai terselesainya skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, akan tetapi penulis berharap penelitian ini bermanfaat bagi dunia ilmu pengetahuan terutama di bidang Kedokteran Gigi

Banjarmasin, 26 Februari 2025

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN UJIAN SKRIPSI	ii
HALAMAN PENETAPAN PANITIA PENGUJI SKRIPSI	iii
RINGKASAN	vii
SUMMARY	ix
ABSTRAK	xi
ABSTRACT	xii
KATA PENGANTAR	xiii
DAFTAR ISI	xv
DAFTAR SINGKATAN	xviii
DAFTAR TABEL	xx
DAFTAR GAMBAR	xxi
DAFTAR LAMPIRAN	xxii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.3.1 Tujuan Umum	3
1.3.2 Tujuan Khusus	3
1.4 Manfaat Penelitian	5
1.4.1 Manfaat Teoritis	5
1.4.2 Manfaat Praktis	5
1.4.3 Manfaat Bagi Masyarakat	5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Menopause	6
2.1.1 Menopause pada Tikus	6
2.1.2 Ovariectomi	7
2.2 Operasi Sham	7
2.3 Mandibula	8
2.4 Osteoporosis	9
2.4.1 Gambaran klinis Osteoporosis	10
2.4.2 Pemeriksaan Penunjang Osteoporosis	11
2.4.3 Hubungan Antara Osteoporosis dengan Mandibula	13
2.5 Batubara	13
2.5.1 Mekanisme Batubara Menyebabkan Terjadinya Osteoporosis Tulang Alveolar	14
2.6 Hubungan Menopause, Debu Batubara, dan Osteoporosis Tulang Alveolar	15

2.7 X-Ray Fluorescence (XRF) -----	15
2.8 Kerangka Teori-----	17
2.8.1 Penjelasan Kerangka Teori-----	18
BAB 3 KERANGKA KONSEP-----	19
3.1 Kerangka Konsep-----	19
3.2 Hipotesis -----	20
BAB 4 METODE PENELITIAN-----	21
4.1 Rancangan Penelitian -----	21
4.2 Teknik Pemilihan Sampel dan Besar Sampel-----	21
4.2.1 Teknik Pemilihan Sampel -----	21
4.2.2 Besar Sampel-----	21
4.2.3 Kriteria Inklusi-----	24
4.2.4 Kriteria Eksklusi -----	24
4.3 Variabel Penelitian-----	24
4.3.1 Variabel Terikat -----	24
4.3.2 Variabel Bebas -----	25
4.3.3 Variabel Terkendali-----	25
4.3.4 Definisi Operasional -----	25
4.4 Instrumen Penelitian -----	28
4.4.1 Bahan Penelitian -----	28
4.4.2 Alat Penelitian-----	28
4.5 Lokasi dan Waktu Penelitian-----	29
4.5.1 Lokasi Penelitian -----	29
4.5.2 Waktu Penelitian-----	29
4.6 Prosedur Penelitian-----	29
4.6.1 Aklimatisasi hewan coba -----	29
4.6.2 Operasi Sham -----	30
4.6.3 Operasi Ovariectomi -----	31
4.6.4 Pemaparan Debu Batubara -----	31
4.6.5 Eutanasia, pengambilan tulang mandibula dan penyimpanan tulang mandibula -----	31
4.6.6 Pembentukan Serbuk Tulang Mandibula Tikus -----	32
4.6.7 Uji XRF Tulang Mandibula Tikus -----	32
4.7 Alur Penelitian -----	33
4.8 Cara Pengumpulan data dan Analisis Data -----	34
4.8.1 Pengumpulan data -----	34
4.8.2 Analisis Data -----	34
BAB 5 HASIL PENELITIAN -----	35
5.1 Data Penelitian -----	35
5.2 Analisis dan Hasil Penelitian-----	42
BAB 6 PEMBAHASAN -----	44
6.1 Kandungan unsur Kalsium (Ca) dan Fosfor (P) pada Tulang Mandibula --	44

6.2 Kandungan unsur Sulfur (S) pada Tulang Mandibula-----	45
6.3 Kandungan unsur Zat Besi (Fe) pada Tulang Mandibula-----	46
6.4 Kandungan unsur Kalium (K), Zink (Zn) dan Tembaga (Cu) pada Tulang Mandibula-----	46
6.5 Kandungan unsur Indium (In), Rений (Re), dan Iterbium (Yb) pada Tulang Mandibula-----	48
6.6 Kandungan Unsur Kromium (Cr) dan Nikel (Ni) pada Tulang Mandibula	48
6.7 Keterbatasan Penelitian-----	48
BAB 7 PENUTUP -----	49
7.1 Kesimpulan-----	49
7.2 Saran-----	49

DAFTAR SINGKATAN

XRF	: X-Ray Fluorescence
OVX	: Ovariektomi
WHO	: <i>World Health Organization</i>
Ca	: kalsium
Fe	: Besi
Cr	: Kromium
P	: Fosfor
Ni	: Nikel
Cu	: Tembaga
S	: Sulfur
In	: Indium
Yb	: Iterbium
K	: Kalium
Zn	: Zink
Re	: Rений
OVX	: Ovariektomi
FSH	: <i>Follicle Stimulating Hormone</i>
BMD	: <i>Bone Mineral Density</i>
MCI	: <i>Mandibular Cortical Index</i>
MCW	: <i>Mandibular Cortical Width</i>
PMI	: <i>Panoramic Mandibular Index</i>
DEXA	: <i>Bone Densitometry</i>
PM10	: <i>Particulate Matter 10</i>
PM2,5	: <i>Particulate Matter 2,5</i>
ROS	: <i>Reactive Oxygen Species</i>
RANKL	: <i>Receptor Activator Of NF-κB Ligand</i>

RANK : *Receptor Activator Of NF- κ B*
OPG : *Osteoprotegerin*
HBSS : *Hank Balanced Salt Solution*

DAFTAR TABEL

Tabel

4.1	Definisi Operasional	24
5.1	Rata-rata (Mean \pm SD) nilai unsur kandungan mineral pada tulang mandibula tikus wistar betina yang dilakukan operasi sham, ovariektomi dan ovariektomi serta dipapar batubara selama 3 bulan pada XRF.....	34
5.2	Hasil Uji <i>Kruskal-Wallis</i> kandungan mineral pada tulang mandibula tikus wistar betina yang dilakukan operasi sham, ovariektomi dan ovariektomi serta dipapar batubara selama 3 bulan pada XRF.....	38

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
Gambar 2.1 Histopatologi Tulang Alveolar Molar Pertama Mandibula Tikus Sham dan Tikus OVX	10
Gambar 2.2 Gambar Panoramik MCI (a) Korteks Mandibula Normal (b) Korteks Terkikis Sedang, (c) Korteks Terkikis Parah.....	11
Gambar 2.3 Gambar Panoramik MCW dan PMI.....	11
Gambar 2.4 Mekanisme Kerja XRF	16
Gambar 3.1 Diagram Kerangka Konsep Penelitian Pengaruh Paparan Partikel Debu Batubara Terhadap Osteoporosis Pada Tulang Alveolar Pada Tikus Ovariectomi Berdasarkan XRF.....	19
Gambar 4.1 Skema Alur Penelitian Pengaruh Paparan Partikel Debu Batubara Terhadap Osteoporosis Tulang Alveolar Pada Tikus Ovariectomi Berdasarkan XRF.....	33
Gambar 5.1 Rata-Rata Unsur Kalsium Pada Tulang Mandibula Tikus Wistar.....	36
Gambar 5.2 Rata-Rata Unsur Fosfor Pada Tulang Mandibula Tikus Wistar	37
Gambar 5.3 Rata-Rata Unsur Indium Pada Tulang Mandibula Tikus Wistar	37
Gambar 5.4 Rata-Rata Unsur Sulfur Pada Tulang Mandibula Tikus Wistar	38
Gambar 5.5 Rata-Rata Unsur Besi Pada Tulang Mandibula Tikus Wistar	38
Gambar 5.6 Rata-Rata Unsur Iterbium Pada Tulang Mandibula Tikus Wistar.....	39
Gambar 5.7 Rata-Rata Unsur Kalium Pada Tulang Mandibula Tikus Wistar.....	40
Gambar 5.8 Rata-Rata Unsur Zink Pada Tulang Mandibula Tikus Wistar.....	40
Gambar 5.9 Rata-Rata Unsur Renium Pada Tulang Mandibula Tikus Wistar.....	41
Gambar 5.10 Rata-Rata Unsur Tembaga Pada Tulang Mandibula Tikus Wistar...	42

DAFTAR LAMPIRAN

1. Jadwal Kegiatan
2. Rincian Biaya Penelitian
3. Surat Keterangan Kelaikan Etik
4. Surat Izin Uji XRF
5. Surat Keterangan Hasil Uji XRF
6. Dokumentasi Kegiatan Penelitian
7. Hasil Uji SPSS