

**PENGARUH PAPARAN PARTIKEL DEBU BATUBARA
TERHADAP OSTEOPOROSIS TULANG ALVEOLAR PADA
TIKUS OVARIEKTOMI
(Tinjauan dengan *Attenuated Total Reflection-Fourier Transform
Infrared Spectroscopy (ATR-FTIR)*)**

Skripsi

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

Diajukan Oleh
Rahmadani Penre
2111111220031



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

Mei, 2025

**PENGARUH PAPARAN PARTIKEL DEBU BATUBARA
TERHADAP OSTEOPOROSIS TULANG ALVEOLAR PADA
TIKUS OVARIEKTOMI
(Tinjauan dengan *Attenuated Total Reflection-Fourier Transform
Infrared Spectroscopy (ATR-FTIR)*)**

Skripsi

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

Diajukan Oleh
Rahmadani Penre
2111111220031



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

Mei, 2025

HALAMAN PERSETUJUAN UJIAN SKRIPSI

Skripsi oleh Rahmadani Penre ini
Telah diperiksa dan disetujui untuk diseminarkan

Banjarmasin, 26 Februari 2025
Pembimbing Utama



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

Banjarmasin,
Pembimbing Pendamping



(drg. Deby Kania Tri Putri, M.Kes.)
NIP. 197912182009122001

HALAMAN PENETAPAN PANITIA PENGUJI SKRIPSI


Skripsi oleh Rahmadani Penre
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)



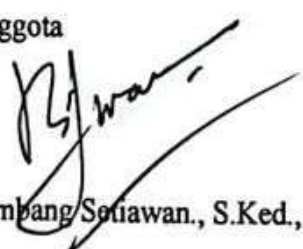
drg. Deby Kania Tri Putri, M.Kes.

Anggota



drg. Tri Nurrahman, Sp.B.M.M.

Anggota



Bambang Sofawati, S.Ked., M.Biomed

Skripsi

**PENGARUH PAPARAN PARTIKEL DEBU BATUBARA TERHADAP
OSTEOPOROSIS TULANG ALVEOLAR PADA TIKUS OVARIKTOMI
(Tinjauan dengan *Attenuated Total Reflection-Fourier Transform Infrared
Spectroscopy (ATR-FTIR)*)**


dipersiapkan dan disusun oleh

Rahmadani Penre


telah dipertahankan di depan dewan penguji
pada tanggal 26 Februari 2025

Susunan Dewan Penguji


Pembimbing Utama


drg. Amy Nindia Carabelly, M.Si.

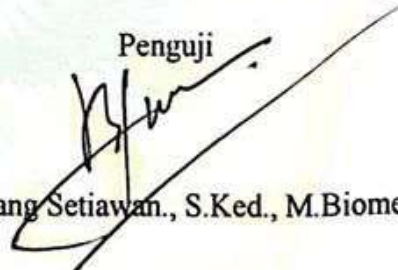
Pembimbing Pendamping


drg. Deby Kania Tri Putri, M.Kes.


Penguji


drg. Tri Nurrahman, Sp.B.M.M.

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, 22 Februari 2025

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Rahmadani Penre', is written over a faint, light-colored watermark of a map of Indonesia.

Rahmadani Penre

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama : Rahmadani Penre
NIM : 2111111220031
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 OVARIKTOMI (Tinjauan dengan *Attenuated Total Reflection-Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (ATR-FTIR))”

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 : 22 Februari 2025

Yang menyatakan



Rahmadani Penre

RINGKASAN

PENGARUH PAPARAN PARTIKEL DEBU BATUBARA TERHADAP OSTEOPOROSIS TULANG ALVEOLAR PADA TIKUS OVARIKТОMI **(Tinjauan dengan *Attenuated Total Reflection-Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (ATR-FTIR))**

Osteoporosis merupakan penyakit pada tulang yang umum terjadi di dunia ditandai dengan menurunnya kepadatan tulang. Osteoporosis paling sering dijumpai pada kondisi menopause. Perubahan hormon estrogen akibat menopause dapat menurunkan kekuatan tulang. Selain kondisi menopause, osteoporosis juga sering terjadi karena terganggunya penyerapan kalsium akibat terpapar logam berat yang berasal dari lingkungan seperti debu batubara. Paparan dari debu batubara tersebut menyebabkan perubahan pada komposisi mineral penyusun tulang yang kemudian berdampak pada terjadinya osteoporosis. Efek akumulatif sebanyak 90%-95% menyebabkan *imbalance remodelling* pada tulang mandibula dengan mengganggu aktivitas diferensiasi osteoklas dan osteoblast. Salah satu manifestasi osteoporosis pada rongga mulut adalah terjadinya resorpsi tulang alveolar. Penggunaan ATR- FTIR sangat membantu dalam menentukan kualitas tulang dan resiko fraktur dengan mengukur perbandingan mineral terhadap matriks tulang, mengukur *mineral maturity/crystallinity index* (CI), serta perbandingan *collagen cross-links* sehingga dapat diketahui keadaan tulang secara kualitatif dan kuantitatif. Indikator osteoporosis yang dilihat dalam ATR-FTIR berupa *mineral to matrix ratio*, *collagen cross-links*, dan *mineral maturity*.

Penelitian ini bersifat *true eksperimental* murni dengan *posttest-only control group design* menggunakan 21 ekor tikus (*Rattus norvegicus*) galur *Sprague Dawley* betina (berat badan 250-350g dan umur 6 bulan) yang dibagi menjadi 3 kelompok untuk mengamati kandungan mineral yang terdapat pada tulang mandibula tikus dari paparan partikel debu batubara. Penelitian ini terdiri atas tiga kelompok sampel, yaitu tikus yang dilakukan operasi Sham sebagai kontrol negatif, tikus yang dilakukan operasi ovariektomi sebagai kontrol positif dan tikus yang dilakukan operasi OVX serta pemaparan debu batubara selama 3 bulan. Hasil penelitian kemudian dilakukan uji normalitas menggunakan *Shapiro-wilk*. Hasil menunjukkan $p < 0,05$ yang berarti data tidak berdistribusi normal sehingga dilanjutkan dengan uji *Kruskal Wallis*. Hasil menunjukkan nilai $p > 0.05$ sehingga tidak ada perbedaan secara signifikan antara kelompok Sham, OVX, dan OVX+OVX+CDE secara statistik.

SUMMARY

THE EFFECT OF COAL DUST PARTICLE EXPOSURE ON ALVEOLAR BONE OSTEOPOROSIS IN OVARIECTOMIZED RATS (A Study Using Attenuated Total Reflection-Fourier Transform Infrared Spectroscopy (ATR-FTIR))

Osteoporosis is a common bone disease worldwide characterized by decreased bone density. Osteoporosis most frequently occurs in menopausal conditions. Hormonal changes in estrogen due to menopause can weaken bone strength. In addition to menopause, osteoporosis is often caused by impaired calcium absorption resulting from exposure to heavy metals from environmental sources, such as coal dust. Such exposure alters the mineral composition of bones, leading to osteoporosis. Cumulative effects, accounting for 90%-95%, result in an imbalance in bone remodeling in the mandible by disrupting the differentiation activities of osteoclasts and osteoblasts. One manifestation of osteoporosis in the oral cavity is the resorption of alveolar bone. The use of ATR-FTIR (Attenuated Total Reflection-Fourier Transform Infrared Spectroscopy) is highly effective in assessing bone quality and fracture risk by measuring the ratio of minerals to the bone matrix, evaluating mineral maturity/crystallinity index (CI), and determining collagen cross-links, thereby providing both qualitative and quantitative insights into bone health. Indicators of osteoporosis assessed via ATR-FTIR include the mineral-to-matrix ratio, collagen cross-links, and mineral maturity.

*This research is a true experimental study with a posttest-only control group design, involving 21 female Sprague Dawley rats (*Rattus norvegicus*) weighing 250-350 grams and aged six months. The rats were divided into three groups to observe the mineral content in mandibular bones exposed to coal dust particles. The study consisted of three sample groups: (1) rats subjected to sham surgery as a negative control, (2) rats undergoing ovariectomy (OVX) as a positive control, and (3) rats subjected to OVX and exposed to coal dust for three months. Data normality was tested using the Shapiro-Wilk test, which yielded a result of $p < 0.05$, indicating that the data were not normally distributed. Consequently, the Kruskal-Wallis test was employed. The results showed a p -value > 0.05 , indicating no statistically significant differences between the Sham, OVX, and OVX+Coal Dust groups.*

ABSTRAK

PENGARUH PAPARAN PARTIKEL DEBU BATUBARA TERHADAP OSTEOPOROSIS TULANG ALVEOLAR PADA TIKUS OVARIIEKTOMI *(Tinjauan dengan Attenuated Total Reflection-Fourier Transform Infrared Spectroscopy (ATR-FTIR))*

Rahmadani Penre, Amy Nindia Carabelly, Deby Kania Tri Putri

Latar Belakang: Paparan debu batubara dapat meningkatkan risiko osteoporosis tulang mandibula pascamenopause. Pada osteoporosis, aktivitas osteoklas meningkat sementara osteoblas menurun. Proses pembentukan dan pergantian tulang diatur oleh mineral-mineral yang memengaruhi pembentukan tulang. Parameter osteoporosis pada tulang mandibula mencakup rasio mineral terhadap matriks, ikatan silang kolagen, dan kematangan mineral yang dapat diketahui melalui metode Attenuated Total Reflectance-Fourier Transform Infrared (ATR-FTIR). **Tujuan:** Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis osteoporosis tulang mandibula pascamenopause yang terkait dengan paparan debu batubara (secara in vivo. **Metode:** Tikus betina Sprague-Dawley dibagi secara acak menjadi tiga kelompok (n=6), yaitu kelompok sham, kelompok kontrol ovariektomi (OVX), dan kelompok OVX yang dipaparkan debu batubara (12,5 mg/m³) selama 3 bulan. Paparan dilakukan menggunakan model paparan debu batubara 2010 yang menyerupai lingkungan sekitar (V=0,5 m³ dan aliran udara 1,5-2 L/menit). Setelah paparan, tikus dieutanasia menggunakan suntikan ketamin-xylazine. Tulang mandibula diambil untuk dianalisis menggunakan ATR-FTIR. **Hasil:** Analisis data rata-rata spektroskopi ATR-FTIR menunjukkan peningkatan rasio mineral terhadap matriks, kematangan mineral, dan ikatan silang kolagen sebagai parameter osteoporosis, tetapi secara statistik tidak signifikan (p>0,05). **Kesimpulan:** Pendekatan in vivo menunjukkan perubahan komposisi tulang yang tidak signifikan terkait dengan osteoporosis tulang mandibula.

Kata kunci : Osteoporosis tulang mandibula pascamenopause, Paparan debu batubara, Ovariektomi, Attenuated Total Reflectance-Fourier Transform Infrared (ATR-FTIR).

ABSTRACT

THE EFFECT OF COAL DUST PARTICLE EXPOSURE ON ALVEOLAR BONE OSTEOPOROSIS IN OVARIECTOMIZED RATS (A Study Using Attenuated Total Reflection-Fourier Transform Infrared Spectroscopy (ATR-FTIR))

Rahmadani Penre, Amy Nindia Carabelly, Deby Kania Tri Putri

Background: Coal dust exposure (CDE) can increase the risk mandibular 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 parameters of osteoporosis in mandibular bone includes mineral to matrix ratio, collagen cross-links, and mineral maturity that can be known using the Attenuated total reflectance-fourier infrared (ATR-FTIR). **Objective:** The objective of this study was to analyse the mandibular bone postmenopausal osteoporosis (PMO) linked to coal dust exposure (CDE) using in vivo. **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 (12,5 mg/m³) in 3 months. The rats were exposed using coal dust exposure model 2010 imitating the ambient environment (V=0,5 m³ and air flow 1,5-2 L/min). After the exposure, the rats were euthanized with ketamine-xylazine injection. Mandible was taken for Attenuated total reflectance-fourier infrared (ATR-FTIR) analysis. **Results:** ATR-FTIR spectroscopy mean data analysis showed increased mineral to matrix ratio, mineral maturity, and collagen cross-links as the parameters of osteoporosis but statistically insignificant (p>0.05). **Conclusion:** In vivo approach revealed insignificant changes in bone composition related to mandibular bone osteoporosis.

Keywords: Mandibular bone postmenopausal osteoporosis (PMO), Coal dust exposure (CDE), Ovariectomy (OVX), Attenuated total reflectance-fourier infrared (ATR-FTIR).

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 *Attenuated Total Reflection-Fourier Transform Infrared Spectroscopy (ATR-FTIR)*)”**, tepat pada waktunya. Skripsi ini disusun untuk memenuhi sebagian syarat guna 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. Irham Taufiqurrahman, M.Si, Med, Sp. BM yang telah memberi kesempatan dan fasilitas dalam pelaksanaan penelitian. Koordinator Program Studi Kedokteran Gigi drg. Isnur Hatta, MAP yang telah memberi kesempatan dan fasilitas dalam pelaksanaan penelitian.

Kedua dosen pembimbing, drg. Amy Nindia Carabelly, M.Si dan drg. Deby Kania Tri Putri, M. Kes yang berkenan memberikan saran serta arahan dalam penyelesaian skripsi ini. Kedua dosen penguji, drg. Tri Nurrahman, Sp.B.M.M 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 FMIPA ULM, Laboratorium Biokimia Fakultas Kedokteran ULM dan Laboratorium Farmakologi Fakultas Kedokteran Universitas Brawijaya yang telah memberikan izin, fasilitas, ilmu, dan bantuan sehingga penelitian berjalan dengan lancar.

Terima kasih kepada orangtua saya, Bapak Penre dan ibu Nurhaeni yang walaupun bukan dari kalangan akademisi dan hanya petani biasa namun semangat beliau dalam menyekolahkan anaknya agar menjadi dokter tidak pernah surut.

Terima kasih juga penulis ucapkan untuk keempat kakak saya yaitu Asniar, Edika Muliando, Rusman, Heriadi yang selalu memberikan perhatian dan dukungan penuh baik moril, materil, motivasi, harapan, dan doa sampai terselesaikannya skripsi ini. Terima kasih juga penulis ucapkan kepada orang terkasih dan terdekat yang rela memberikan waktu, motivasi, dan tenaga selama penyusunan kepada penulis. Rekan-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.

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, 22 Februari 2025



Penulis

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN PENETAPAN PANITIA PENGUJI USULAN PENELITIAN SKRIPSI	ii
HALAMAN PERSETUJUAN UJIAN SKRIPSI	iii
HALAMAN PENETAPAN PANITIA PENGUJI SKRIPSI	iv
HALAMAN PERNYATAAN ORIGINALITAS	v
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	vi
RINGKASAN	vii
<i>SUMMARY</i>	viii
ABSTRAK	ix
<i>ABSTRACT</i>	x
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR SINGKATAN	xvi
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR GAMBAR	xviii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.3.1 Tujuan Umum	4
1.3.2 Tujuan Khusus	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	5
1.4.1 Manfaat Teoritis.....	5
1.4.2 Manfaat Klinis	6
1.4.3 Manfaat bagi Masyarakat.....	6
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Menopause.....	7

2.1.1 Tikus Ovariectomi	9
2.2 Osteoporosis	10
2.2.1 Gejala Klinis Osteoporosis	11
2.2.2 Faktor Risiko Osteoporosis.....	11
2.2.3 Indikator Osteoporosis	12
2.3 Batubara.....	13
2.4 <i>Alveolar Bone Loss</i>	15
2.4.1 Anatomi Tulang Alveolar	18
2.4.2 Kaitan Osteoporosis dengan <i>Alveolar Bone Loss</i>	20
2.4.3 Kaitan Menopause dengan <i>Alveolar Bone Loss</i>	21
2.5 ATR-FTIR	21
2.5.1 Prinsip Kerja ATR-FTIR	22
2.5.2 Spektrum FTIR	23
2.6 Kerangka Teori.....	26
BAB 3 KERANGKA KONSEP DAN HIPOTESIS	30
3.1 Kerangka Konsep	30
3.2 Hipotesis	30
BAB 4 METODE PENELITIAN.....	31
4.1 Rancangan Penelitian	31
4.2 Populasi dan Sampel.....	31
4.2.1 Populasi.....	31
4.2.2 Sampel Penelitian	31
4.2.3 Teknik Pengambilan Sampel	32
4.2.4 Kelompok Perlakuan.....	33
4.3 Variabel Penelitian	34
4.3.1 Variabel Bebas	34
4.3.2 Variabel Terikat	34
4.3.3 Variabel Terkendali	34
4.4 Definisi Operasional.....	34
4.5 Bahan Penelitian.....	36
4.6 Alat Penelitian	36
4.7 Tempat dan Waktu Penelitian	36

4.7.1 Tempat Penelitian	36
4.7.2 Waktu Penelitian.....	37
4.8 Prosedur Penelitian.....	37
4.8.1 Aklimatisasi Hewan Coba	37
4.8.2 Ovariektomi	37
4.8.3 Perawatan Pasca Operasi	38
4.8.4 Pemaparan Debu Batubara.....	38
4.8.5 Pengambilan Tulang Mandibula dan Eutanasia.....	39
4.8.6 Perawatan dan Penyimpanan Tulang.....	39
4.8.7 Pemeriksaan ATR-FTIR.....	39
4.8.8 Analisa Data.....	41
BAB 5 ANALISIS HASIL PENELITIAN	42
BAB 6 PEMBAHASAN	48
BAB 7 PENUTUP.....	53
7.1 Kesimpulan.....	53
7.2 Saran.....	53
DAFTAR PUSTAKA	55
LAMPIRAN.....	59