

Laporan Penelitian

Perbedaan densitas dan partikel tulang mandibula kiri dan kanan pada penderita diabetes melitus tipe 2 dan bukan diabetes melitus tipe 2: studi deskriptif

Felicia Hadiputri¹, Lusi Epsilawati²,
Merry Annisa Damayanti², Sri Tjahajawati³,
Indra Hadikrishna⁴

*Korespondensi:
felicia20001@mail.unpad.ac.id

¹Program Studi Sarjana Kedokteran Gigi, Fakultas Kedokteran Gigi, Universitas Padjadjaran, Indonesia

²Departemen Radiologi Kedokteran Gigi, Fakultas Kedokteran Gigi, Universitas Padjadjaran, Indonesia

³Departemen Oral Biologi, Fakultas Kedokteran Gigi, Universitas Padjadjaran, Indonesia

⁴Departemen Bedah Mulut, Fakultas Kedokteran Gigi, Universitas Padjadjaran, Indonesia

Submisi: 25 Maret 2024

Revisi : 25 Mei 2024

Penerimaan: 27 Juni 2024

Publikasi Online: 30 Juni 2024

DOI: [10.24198/pjdrs.v8i2.54091](https://doi.org/10.24198/pjdrs.v8i2.54091)

ABSTRAK

Pendahuluan: Salah satu komplikasi diabetes melitus adalah terganggunya kesehatan tulang. Banyak analisis yang dapat digunakan untuk menilai kualitas tulang pada penderita DM tipe 2, seperti menghitung jumlah partikel dan densitas tulang. Tujuan penelitian ini adalah melihat perbedaan nilai densitas dan jumlah partikel pada tulang mandibula kiri dan kanan pasien penderita dan bukan penderita DM tipe 2. **Metode:** Penelitian ini dilakukan dengan metode deskripsi observasional dengan pendekatan *cross-sectional*. Populasi merupakan semua radiograf panoramik dari pasien penderita dan bukan penderita DM tipe 2, sedangkan sampel ditentukan dengan memilih data yang sesuai kriteria. Data keseluruhan yang terkumpul berjumlah 34 radiograf dari pasien penderita DM tipe 2 dan 34 radiograf pada pasien bukan penderita DM tipe 2. Setiap radiograf panoramik, baik mandibula kiri maupun kanan, dianalisis nilai densitas dan jumlah partikelnya menggunakan *software* ImageJ. Data kemudian diolah dengan uji statistik Mann-Whitney U dengan *p-value* >0,05 dianggap signifikan. **Hasil:** Nilai rerata densitas kanan dan kiri pasien penderita DM tipe 2 adalah 92,998 dan pasien bukan penderita DM tipe 2 adalah 102,582. Perbedaan densitas bernilai signifikan dengan *p-value* 0,01 pada sisi kanan dan 0,009 pada sisi kiri. Nilai rata-rata partikel tulang pasien penderita DM tipe 2 adalah 24,087 dan pasien bukan penderita DM tipe 2 adalah 25,205, namun tidak berbeda signifikan, dengan *p-value* 0,466 untuk sisi kanan dan 0,051 untuk sisi kiri. **Simpulan:** Ditemukan perbedaan pada nilai densitas pasien penderita DM tipe 2 dibandingkan dengan pasien bukan penderita DM tipe 2. Hal ini menyebabkan tulang mandibula menjadi lebih rapuh sekalipun jumlah partikel tulang pada pasien penderita DM tipe 2 tidak mengalami perbedaan dibandingkan pasien bukan penderita DM tipe 2.

KATA KUNCI: mandibula, densitas, partikel tulang, DM tipe 2

Differences in density and particles of the left and right in patients with type 2 diabetes mellitus and non-diabetes mellitus: a descriptive study

ABSTRACT

Introduction: One of the complications of diabetes mellitus is the impairment of bone health. Various analyses can be used to assess bone quality in patients with type 2 DM, including calculating the number of particles and bone density. This study aims to examine the differences in the density and particles count values of the left and right mandibular bones in patients with and without type 2 DM. **Methods:** This research utilized an observational descriptive method with a cross-sectional study design. The population comprised all panoramic radiographs from patients with and without T2DM, while the sample was determined by selecting data that met specific criteria. A total of 34 radiographs with T2DM and 34 radiographs without T2DM were included in the study. ImageJ software was used to analyze the density and the number of bone particles of each panoramic radiograph, both on the left and right side. The data were processed with statistical analysis, specifically the Mann-Whitney U test with significance determined at a *p-value* >0.05. **Results:** The average density values for the right and left sides in patients with T2DM were 92.998, while in patients without T2DM, it was 102.582. The difference in mandibular density was significant, with *p-values* 0.01 for the right side and 0.009 for the left side. The average number of bone particles in patients with T2DM is 24.087, compared to 25.205 in patients without T2DM, and not significantly different, with *p-values* 0.466 for the right side and 0.051 for the left side. **Conclusions:** Differences in mandibular density were observed between patients with and without T2DM, leading to increased fragility of the mandibular bone in T2DM patients. However, no significant differences were found in the number of bone particles between patients with and without T2DM.

KEY WORDS: Mandibular, density, bone particles, type 2 diabetes mellitus

PENDAHULUAN

Diabetes melitus (DM) merupakan penyakit akibat ketidakmampuan tubuh untuk mengontrol kadar glukosa dalam darah.¹ DM terbagi menjadi 2 jenis, yaitu DM tipe 1 dan DM tipe 2. Kedua tipe ini menyebabkan penurunan kadar insulin dalam tubuh. DM tipe 1 merupakan penyakit autoimun yang menyebabkan destruksi pada sel beta pankreas, sedangkan DM tipe 2 merupakan kondisi resistensi insulin yang berasosiasi dengan disfungsi sel beta pankreas.^{2,3} Hingga saat ini, tercatat 422 juta orang terdiagnosis diabetes di dunia dan mayoritas tinggal di negara dengan pendapatan rendah hingga menengah.⁴ Riskesdas 2018 menunjukkan prevalensi DM di Indonesia mencapai 8,5% yang berarti sekitar 20,4 juta penduduk Indonesia didiagnosis menderita DM.⁵

Salah satu komplikasi dari DM adalah terganggunya kesehatan tulang.⁶ Beberapa studi yang meneliti subjek DM tipe 1 menyatakan adanya penurunan densitas tulang.⁷ Akan tetapi, masih terdapat hasil yang tidak konsisten pada nilai densitas penderita DM tipe 2, beberapa studi menyatakan peningkatan, studi lainnya menunjukkan penurunan, namun ada juga yang menyatakan tidak mengalami perubahan.⁸⁻¹⁰ Secara histomorfometri, densitas trabekula relatif lebih tipis dibandingkan pasien yang sehat.¹¹ Selain itu, sebuah studi menunjukkan jumlah partikel tulang kortikal pada pasien DM hanya berada pada rentang 33-38%. Hal ini membuktikan tulang menjadi lebih berlubang.¹²

Tulang mandibula merupakan salah satu bagian dari tulang tengkorak, tergolong pada tulang ireguler.¹³ Tulang mandibula mengalami pertumbuhan dan perkembangan dengan cara osifikasi intramembran.¹⁴ Densitas tulang merupakan sebuah penilaian ketebalan tulang. Pada mandibula, trabekula serta kerapatannya menjadi poin penting dalam penilaian densitas. Secara radiografi, densitas tulang digambarkan sebagai derajat kehitaman dengan skala value. Setiap pixel memiliki value antara 0 dan 255, di mana 0 untuk radiolusen (densitas radiologi rendah) dan 255 untuk radiopak (absorpsi x-ray total), dan nilai densitas ditentukan dalam rentang ini.^{15,16}

Jumlah partikel tulang yang terkandung di dalam tulang juga merupakan poin penting untuk menilai kualitas tulang. Pada radiografi, dapat dilakukan perhitungan jumlah partikel yang terdapat dalam satu *region of interest* (ROI). Jumlah partikel ini mewakili gambaran dari trabekula yang terbentuk dan tersusun di dalam sebuah tulang. Foramen mentale merupakan titik referensi yang penting pada tulang mandibula dan memegang peranan penting saat melaksanakan prosedur invasif maupun non invasif pada area mandibula. Selain itu, foramen mentale juga menjadi model yang sangat tepat untuk mempelajari aktivitas remodeling tulang dan pola perkembangan mandibula.¹⁷

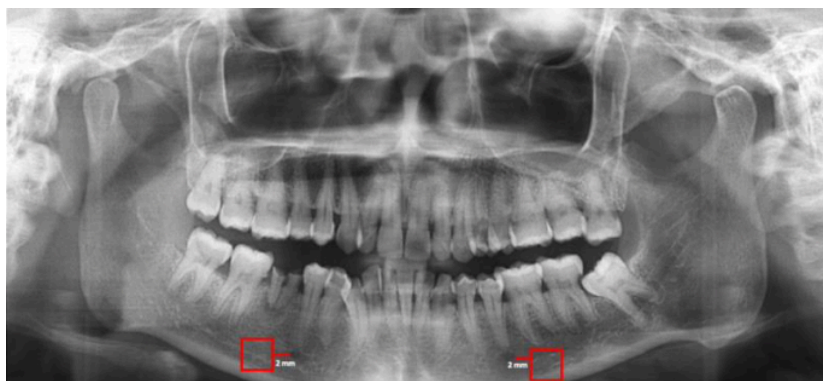
Radiografi merupakan salah satu alat untuk menilai kualitas dari tulang dan juga melihat perubahannya dalam kurun waktu tertentu. Terdapat banyak jenis radiografi yang dapat digunakan untuk menilai penurunan massa dan kualitas tulang, seperti DEXA (*dual-energy x-ray absorptiometry*) yang merupakan *gold standard*, SPA (*single-photon absorptiometry*), dan SXA (*single-energy x-ray absorptiometry*). Meskipun begitu, metode tersebut relatif mahal dan tidak mudah ditemukan pada praktik umum. Sebaliknya, radiografi panoramik dapat ditemukan secara luas sebagai pemeriksaan radiografi rutin dan relatif lebih murah.¹⁸

Radiograf panoramik merupakan teknik radiografi yang menghasilkan single image dari struktur fasial, termasuk lengkung gigi maksila dan mandibula, serta struktur pendukungnya. Radiografi panoramik memiliki cakupan tulang fasial dan gigi yang luas.¹⁹ Analisis pada radiograf ini semua dibantu dengan *software ImageJ* yang merupakan *software* gratis untuk pengolahan gambar digital berbasis Java.²⁰ Berbeda dengan penelitian-penelitian sebelumnya, penelitian ini menggunakan analisis radiograf panoramik sebagai salah satu radiograf yang paling umum dan mudah ditemukan di Indonesia dengan melihat perbandingan antara 2 kelompok subjek, yaitu penderita dan bukan penderita DM tipe 2. Tujuan penelitian ini adalah melihat perbedaan nilai densitas dan jumlah partikel pada tulang mandibula kiri dan kanan pasien penderita dan bukan penderita DM tipe 2.

METODE

Penelitian ini didesain sebagai penelitian deskripsi observasional dengan pendekatan *cross-sectional* (potong lintang). Populasi pada penelitian ini adalah data sekunder berupa radiograf seluruh pasien yang datang ke klinik, sedangkan sampel yang dipilih adalah radiograf panoramik dari Klinik DM yang berlokasi di Cimahi dan Padalarang. Penderita DM telah mendapatkan pernyataan dan diagnosis dari dokter yang merawatnya, sedangkan bukan penderita DM merupakan pasien umum yang datang ke klinik.

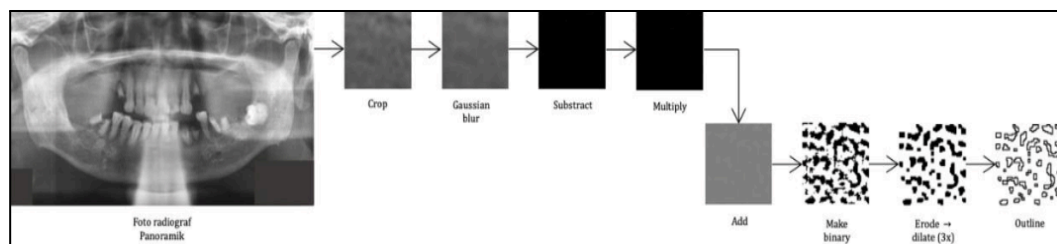
Sampel dipilih berdasarkan kriteria inklusi: 1) kualitas radiograf panoramik baik (meliputi anatomi yang lengkap, distorsi minimal, densitas baik), 2) pasien berusia 26-65 tahun; sedangkan yang dieksklusikan adalah radiograf yang: 1) terdapat lesi atau fraktur yang terlihat pada radiograf, 2) pasien yang tidak terdiagnosis DM, dan 3) pasien bukan penderita DM yang menderita penyakit sistemik lainnya, seperti hipertensi. Variabel yang diukur adalah tulang mandibula dengan ROI 4x4 mm pada 1-2 mm dari distal foramen mentale. Gambar 1 memperlihatkan daerah yang menjadi pusat perhatian pada penelitian ini.



Gambar 1. Daerah yang menjadi pusat perhatian dalam penelitian. Box merah merupakan daerah yang diukur

Analisis panoramik dilakukan menggunakan *software* ImageJ, yaitu salah satu *software open sources* yang dapat memproses dan menganalisa gambar ilmiah. Foto panoramik di-*crop* terlebih dahulu sesuai dengan ROI yang telah ditentukan dan dilakukan filterisasi Gaussian blur. Analisis densitas kemudian dilihat pada rata-rata histogram, sedangkan untuk analisis partikel, dilanjutkan dengan melakukan *subtract*, *multiply* dengan nilai 1, *add* dengan nilai 128. Kemudian gambar diubah menjadi biner dan dilakukan *erode* serta *dilate* sebanyak 3x untuk menghilangkan *noise* gambar. Selanjutnya, gambar diubah menjadi *outline* dan lakukan analisis partikel.

Uji statistik kemudian dilakukan menggunakan Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) 29.0 dengan uji normalitas Shapiro-Wilk. Uji normalitas menunjukkan data tidak berdistribusi normal sehingga dipilih uji Mann-Whitney U untuk menganalisis signifikansi dari penurunan nilai densitas dan jumlah partikel tulang. Dalam uji beda ini, *p-value* yang diakui signifikan adalah $<0,05$.



Gambar 2. Prosedur *software* ImageJ

HASIL

Penelitian ini dilakukan pada 68 sampel penelitian, yang terdiri dari 34 orang penderita DM tipe 2 dan 34 orang tidak menderita DM tipe 2 yang telah dibuktikan secara medis. Gambaran distribusi karakteristik sampel berdasarkan usia disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Distribusi karakteristik sampel

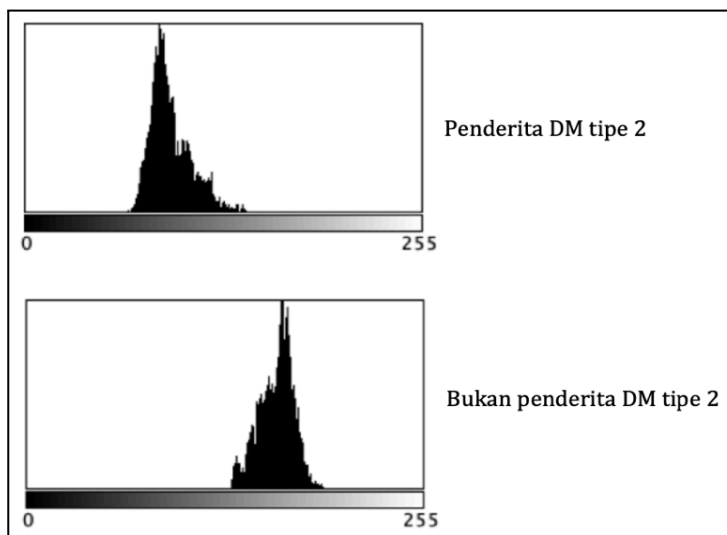
Kelompok usia	Penderita DM tipe 2 (n = 34)		Bukan penderita DM tipe 2 (n = 34)	
	n	%	n	%
26 – 35 tahun	3	8,8	3	8,8
36 – 45 tahun	3	8,8	3	8,8
46 – 55 tahun	14	41,2	14	41,2
56 – 65 tahun	14	41,2	14	41,2

Nilai densitas mandibula pada pasien yang menderita DM tipe 2 dan tidak menderita DM tipe 2 beserta uji statistik Mann-Whitney U dapat dilihat pada Tabel 2. Rata-rata nilai densitas mandibula pada pasien penderita DM tipe 2 adalah 92,998; sedangkan pasien bukan penderita DM tipe 2 adalah 102,582. Contoh hasil analisis densitas mandibula menggunakan *software ImageJ* dapat dilihat pada Gambar 3.

Tabel 2. Nilai dan uji statistik perbandingan densitas mandibula penderita dan bukan penderita DM tipe 2

Variabel	Kanan	p-value	Kiri	p-value	$\bar{x}$
Penderita					
26 – 35 tahun	108,851		93,737		101,294
36 – 45 tahun	106,769		87,321		97,045
46 – 55 tahun	91,095		89,211		90,153
56 – 65 tahun	91,027		92,603		91,815
$\bar{x}$	95,249		90,747		92,998
Bukan Penderita		0,010*		0,009*	
26 – 35 tahun	95,667		96,588		96,128
36 – 45 tahun	95,799		92,195		93,997
46 – 55 tahun	112,553		104,472		108,513
56 – 65 tahun	112,303		111,081		111,692
$\bar{x}$	104,080		101,084		102,582

*signifikan

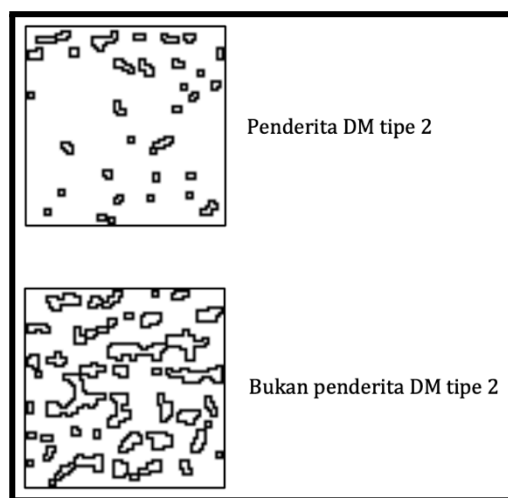


Gambar 3. Analisis densitas menggunakan *ImageJ*

Rerata partikel tulang mandibula pasien yang menderita DM tipe 2 dan tidak menderita DM tipe 2 beserta hasil uji statistik Mann-Whitney U disajikan dalam Tabel 3. Rata-rata partikel tulang mandibula pasien penderita DM tipe 2 adalah 24,087; sedangkan pasien bukan penderita DM tipe 2 adalah 25,205. Contoh hasil analisis jumlah partikel tulang mandibula menggunakan *software ImageJ* dapat dilihat pada Gambar 4.

Tabel 3. Jumlah dan uji statistik perbedaan partik tulang mandibula penderita dan bukan penderita DM tipe 2

Variabel	Kanan	<i>p-value</i>	Kiri	<i>p-value</i>	$\bar{x}$
Penderita					
26 – 35 tahun	29,233		25,802		27,518
36 – 45 tahun	23,210		18,627		20,918
46 – 55 tahun	26,822		24,282		25,552
56 – 65 tahun	25,116		23,790		24,453
$\bar{x}$	25,112		23,062		24,087
Bukan Penderita		0,466		0,051	
26 – 35 tahun	23,950		20,948		20,829
36 – 45 tahun	23,501		23,183		23,342
46 – 55 tahun	26,314		25,949		26,131
56 – 65 tahun	28,577		29,216		28,897
$\bar{x}$	25,586		24,824		25,205

**Gambar 4. Analisis jumlah partikel tulang menggunakan ImageJ**

PEMBAHASAN

Penelitian ini memiliki tujuan untuk melihat ada atau tidaknya perbedaan dari nilai densitas dan jumlah partikel tulang mandibula antara pasien penderita diabetes melitus tipe 2 dengan bukan penderita diabetes melitus tipe 2. Hasil yang diperoleh diharapkan dapat menjadi pertimbangan dalam tata laksana di bidang kedokteran gigi pada pasien yang memiliki kondisi sistemik diabetes melitus tipe 2.

Penyakit sistemik memengaruhi tubuh secara keseluruhan, perubahan tubuh pada pasien dengan penyakit sistemik secara keseluruhan termanifestasi pada tampilan rahang melalui *diagnostic images* dan biasanya bersifat umum. Perubahan umum yang terlihat pada rahang, di antaranya: 1) perubahan ukuran dan bentuk tulang; 2) perubahan ukuran, jumlah, dan orientasi trabekula; 3) perubahan ketebalan dan densitas struktur kortikal; serta 4) peningkatan atau penurunan densitas tulang secara keseluruhan.¹⁸ Salah satu penyakit sistemik yang memengaruhi kesehatan tulang adalah DM.

Kualitas tulang yang baik dapat terjadi karena adanya proses remodeling yang terdiri dari resorpsi dan pembentukan tulang untuk menggantikan jaringan lama dengan jaringan yang baru. Keseimbangan antara resorpsi yang bergantung pada osteoklas dan pembentukan tulang yang bergantung pada osteoblas penting untuk memelihara massa tulang.^{24,25}

DM merupakan penyakit tidak menular yang membutuhkan perawatan seumur hidup. Kesehatan tulang merupakan perhatian penting pada penderita DM. Baik DM tipe 1 maupun 2 memiliki asosiasi dengan peningkatan risiko fraktur.²¹ Pada penderita DM tipe 2, peningkatan risiko fraktur dapat dikaitkan dengan terganggunya proses remodeling tulang secara fisiologis akibat rendahnya kadar insulin. Penurunan kadar

insulin mengakibatkan terhambatnya penyerapan kalsium pada proses sekresi *RANK-ligand* sehingga resorpsi berjalan dengan cepat. Hal ini yang berkaitan dengan peningkatan risiko fraktur.¹² Selain itu, penderita DM tipe 2 juga mengalami penurunan biomarker dari formasi dan resorpsi tulang melalui perubahan pada aktivitas osteoklas maupun fungsi osteoblas.^{24,25}

Penilaian kualitas tulang menggunakan radiografi dapat dilakukan dengan berbagai metode, baik 2D maupun 3D. Hingga saat ini, standar baku yang dipilih ada DEXA karena metode ini memiliki sensitivitas kalsium yang tinggi dengan menyerap sinar x-ray. Namun, hingga saat ini di Indonesia, alat DEXA masih cenderung mahal, sulit ditemukan karena jumlahnya yang terbatas, dan sulit terjangkau karena penggunaannya yang hanya berpusat di kota-kota besar, seperti Jakarta.²⁶

Akan tetapi, beberapa studi menunjukkan radiografi panoramik berkorelasi positif dengan DEXA dalam melihat gambaran trabekula berdasarkan pola trabekula. Studi lainnya juga menunjukkan korelasi antara analisis kortikal mandibula dari radiograf panoramik dengan nilai densitas tulang pada tulang belakang lumbal dan pinggul. Dengan adanya studi-studi tersebut, disertai dengan keuntungan dari panoramik itu sendiri, seperti harga yang relatif lebih murah, alat yang lebih mudah ditemukan, lokasi yang lebih terjangkau, hasil yang cukup akurat, dan tidak invasif, radiografi panoramik dapat dipilih menjadi alternatif untuk menilai penurunan kualitas tulang.^{21,22}

Hasil perbedaan rata-rata perhitungan nilai densitas dan jumlah partikel tulang menggunakan ImageJ disajikan dalam Tabel 2 dan 3. Nilai densitas pasien penderita DM tipe 2 mengalami penurunan dengan angka 92,998, sedangkan pasien bukan penderita DM tipe 2 berada pada 102,852. Hasil tersebut sejalan dengan studi yang dilakukan oleh Dahihandekar *et al.*,⁸ dan Khandelwal *et al.*,⁹ Kedua penelitian tersebut sama-sama dilakukan di negara dengan pendapatan rendah hingga menengah sehingga menggunakan metode radiografi *cone beam computed tomography* (CBCT) dan *quantitative ultrasound* (QUS). Metode-metode tersebut juga merupakan alternatif dari DEXA yang cenderung lebih mudah ditemukan. Selain itu, kedua penelitian ini juga menggunakan desain cross sectional. Berdasarkan uji statistik, yaitu Mann-Whitney U, perbedaan ini tergolong signifikan, baik pada sisi kiri maupun kanan (*p value* <0,05).

Hasil penelitian ini, tetapi tidak sejalan dengan dengan Ma *et al.*,²³ dan Mitchell *et al.*,¹⁰ yang menyatakan adanya peningkatan densitas tulang pada pasien penderita DM tipe 2. Kedua penelitian ini dilakukan di negara dengan pendapatan tinggi, yaitu Tiongkok dan Swedia, sehingga metode radiografi yang dipilih merupakan metode *gold standard*, DEXA, yang relatif lebih mudah ditemukan di negara-negara berpendapatan tinggi. Selain itu, kedua penelitian ini menggunakan desain penelitian *meta-analysis* dan *cross-sectional cohort*.

Kondisi diabetes jangka panjang menyebabkan perubahan metabolisme tulang dan merusak mikroarsitektur tulang melalui berbagai mekanisme pada tingkat molekular maupun struktural. DM tipe 2 memengaruhi kesehatan tulang pada tahap penyakit yang lebih lanjut di mana faktor-faktor, seperti insulinopenia, hiperglikemia, inflamasi kronis, dan penyakit mikrovaskular secara bersamaan berdampak negatif pada mikroarsitektur dan sifat biomekanik tulang. Kondisi hiperglikemia secara langsung memengaruhi metabolisme dan maturasi osteoblas dengan mengubah ekspresi gen dan menurunkan kualitas mineral tulang.⁶

Penurunan angka ini juga dapat berkaitan dengan medikasi yang dikonsumsi oleh penderita DM tipe 2, yaitu *thiazolidinediones* yang menyebabkan retensi air dan penurunan densitas tulang.²⁷ *Thiazolidinediones* (TZDs—*troglitazone*, *rosiglitazone*, *pioglitazone*, dan *netoglitazone*) merupakan jenis obat yang digunakan secara luas untuk perawatan DM tipe 2. Obat ini dapat menghambat diferensiasi osteoblas dan mengaktifkan diferensiasi osteoklas sehingga menyebabkan kehilangan tulang.²⁸ Kelompok yang sering digunakan adalah *rosiglitazone* yang bekerja dengan mengaktifkan PPAR γ dan meningkatkan sensitivitas insulin pada adiposit. Pasien DM tipe 2 yang dirawat menggunakan obat-obatan ini mengalami penurunan osteoblastogenesis.²⁵

Tidak hanya thiazolidinediones, medikasi DM lainnya, seperti metformin. Metformin dikonsumsi secara oral. Obat ini bekerja dengan menurunkan produksi glukosa hepar, meningkatkan sensitivitas insulin, serta meningkatkan metabolisme glukosa melalui

pengaktifan adenosine monophosphate (AMP) yang dapat menurunkan regulasi siklin D1. Pengaruh inhibitor pada proliferasi seluler dapat memengaruhi sel progenitor tulang yang menyebabkan penurunan densitas tulang. Beberapa studi menyatakan bahwa AMP meningkatkan diferensiasi sel tulang. Selain itu, metformin juga berdampak buruk pada diferensiasi osteoklas.^{24,25,29}

Nilai densitas tulang yang rendah tidak menimbulkan masalah kesehatan secara langsung sehingga seringkali hal ini tidak disadari oleh pasien, kecuali apabila dikaitkan dengan fraktur akibat kerapuhan tulang. Oleh karena itu, deteksi dini penurunan densitas tulang pada pasien DM tipe 2 dapat mencegah kehilangan tulang yang lebih lanjut maupun risiko fraktur di masa yang akan datang.⁹

Penurunan jumlah partikel tulang pada penelitian ini tergolong tidak signifikan, tetapi jumlah partikel tulang juga menjadi salah satu indikator penilaian kualitas tulang. Rendahnya jumlah partikel tulang menunjukkan tulang menjadi lebih berlubang.¹²

Secara tidak langsung banyak faktor lainnya yang menghubungkan efek hiperglikemia terhadap mikroarsitektur tulang pada pasien DM. Sebagai contoh, glikosuria yang meningkatkan ekskresi kalsium pada urin. Selain itu, interaksi hiperglikemia dengan hormon paratiroid serta sistem vitamin D memengaruhi pergantian tulang pada penderita DM.⁷

Penelitian ini masih memiliki beberapa keterbatasan, seperti sampel berjumlah hanya 68 orang untuk dapat menjadi acuan untuk penelitian selanjutnya. Selain itu, kesimpulan yang diambil hanya berdasarkan perolehan analisis data menggunakan software ImageJ tanpa memperhatikan pola asupan makan pasien, jenis obat yang dikonsumsi oleh pasien, lama pasien terdiagnosis DM, dan komplikasi lain yang mungkin menyertai pasien. Penelitian ini menggunakan pendekatan potong lintang sehingga penelitian ini tidak dapat mengamati perubahan yang mungkin sudah pernah atau akan terjadi.

Saran bagi peneliti selanjutnya adalah peneliti dapat mengumpulkan jumlah sampel yang lebih besar. Selain itu, penting untuk melakukan penelitian faktor-faktor lain yang mungkin terlibat dalam perubahan kualitas tulang, seperti jenis obat yang dikonsumsi atau lama pasien terdiagnosis DM.

SIMPULAN

Ditemukan penurunan yang signifikan pada nilai densitas tulang mandibula kiri dan kanan pada pasien penderita DM tipe 2 dibandingkan dengan pasien bukan penderita DM tipe 2. Hal ini menyebabkan tulang mandibula menjadi lebih rapuh sekalipun jumlah partikel tulang pada pasien penderita DM tipe 2 tidak mengalami perbedaan dibandingkan pasien bukan penderita DM tipe 2. Implikasi dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi pertimbangan untuk melaksanakan tata laksana dalam bidang kedokteran gigi, seperti ekstraksi, penanaman implan, dan tindakan lain yang bersifat invasif pada tulang rahang, terutama pada pasien penderita DM tipe 2.

Kontribusi Penulis: Konseptualisasi, E.L dan D.M.A; metodologi, E.L; perangkat lunak, H.F; validasi, E.L, D.A.M, T.S, H.I; analisis formal, H.F; penulisan-penyusunan draft awal, H.F; supervisi, E.L, D.A.M, T.S, H.I. Semua penulis telah membaca dan menyetujui versi naskah yang diterbitkan."

Pendanaan: Penelitian ini tidak mendapatkan pendanaan dari pihak lain

Persetujuan Etik: Penelitian ini dilaksanakan sesuai dengan deklarasi Helsinki, dan telah disetujui oleh atau Komite Etik Penelitian Universitas Padjadjaran dengan nomor surat 1389/UN6.KEP/EC/2023.

Pernyataan Persetujuan Data: Data tidak tersedia karena alasan privasi

Pernyataan Ketersediaan Data: Data tidak tersedia karena alasan privasi

Konflik Kepentingan: Penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan

DAFTAR PUSTAKA

1. Kharroubi AT, Darwish HM. Diabetes mellitus: the epidemic of the century. *World J Diabetes*. 2015 Jun 25;6(6):850-67. DOI: [10.4239/wjd.v6.i6.850](https://doi.org/10.4239/wjd.v6.i6.850)
2. Speight J, Pouwer F. Type 1 diabetes. *Cambridge Handbook of Psychology, Health and Medicine: Third Edition* [Internet]. 2023 Mar 3;477-80. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK507713/>
3. Henson J, Anyiam O, Vishnubala D. Type 2 diabetes. *Exercise Management for Referred Medical Conditions* [Internet]. 2023 May

- 8;223-52. DOI: [10.4324/9781315102399-12](https://doi.org/10.4324/9781315102399-12)
4. Diabetes [Internet]. World Health Organization. Available from: https://www.who.int/health-topics/diabetes#tab=tab_1
 5. Tim Penyusun Buku Pedoman Pengelolaan dan Pencegahan Diabetes Mellitus Tipe 2 di Indonesia 2021. Pedoman pengelolaan dan pencegahan diabetes melitus tipe 2 di Indonesia 2021. PB. PERKENI; 2021.
 6. Murray CE, Coleman CM. Impact of diabetes mellitus on bone health. *Int J Mol Sci* [Internet]. 2019 Oct 1;20(19). DOI: [10.3390/ijms20194873](https://doi.org/10.3390/ijms20194873)
 7. Asokan AG, Jaganathan J, Philip R, Soman RR, Sebastian ST, Pullishery F. Evaluation of bone mineral density among type 2 diabetes mellitus patients in South Karnataka. *J Nat Sci Biol Med* [Internet]. 2017;8(1):94. DOI: [10.4103/0976-9668.198363](https://doi.org/10.4103/0976-9668.198363)
 8. Dahihandekar C, Pisulkar SG, Sathe S, Godbole S, Bansod A V, Purohit H. Assessment of bone mineral density in type 2 diabetes: a cone beam computed tomography (CBCT) study. *Cureus*. 2022 Aug 15; DOI: [10.7759/cureus.28035](https://doi.org/10.7759/cureus.28035)
 9. Khandelwal N, Rajauria S, Kanjalkar SP, Chavanke OS, Rai S. Bone mineral density evaluation among type 2 diabetic patients in Rural Haryana, India: an analytical cross-sectional study. *Cureus*. 2023; DOI: [10.7759/cureus.45908](https://doi.org/10.7759/cureus.45908)
 10. Ma L, Oei L, Jiang L, Estrada K, Chen H, Wang Z, et al. Association between bone mineral density and type 2 diabetes mellitus: a meta-analysis of observational studies. *Eur J Epidemiol* [Internet]. 2012 May;27(5):319-32. Available from: DOI: [10.1007/s10654-012-9674-x](https://doi.org/10.1007/s10654-012-9674-x)
 11. Köseoğlu D, Take G, Yılmaz BA, Kan E, Çakır N. The effect of diabetes mellitus, insulin, and thiazolidinediones on bone histomorphometry in streptozotocin-induced diabetic postmenopausal wistar rats. *Sudan J of Med Sciences*. 2021 Mar 31;56-69. DOI: [10.18502/sjms.v16i1.8937](https://doi.org/10.18502/sjms.v16i1.8937)
 12. Epsilawati L, Pramanik F, Ambarlita Y. Assessments of the mandibular cortical bone quality in patient with diabetes mellitus tipe II. *J Pengab Kep Masyarakat*. 2018;
 13. Sobotta J. Sobotta atlas of human anatomy general anatomy and musculoskeletal system. 23rd ed. Paulsen F, Waschke J, editors. Munich: Elsevier; 2010.
 14. Parada C, Chai Y. Mandible and tongue development. *Curr Top Dev Biol* [Internet]. 2015;115:31. Available from: DOI: [10.1016/bs.ctdb.2015.07.023](https://doi.org/10.1016/bs.ctdb.2015.07.023)
 15. Hidayati L, Supriyadi S, Annisa DA, Sulistiyani S, Nugroho R, Sukotjo C. The radiopacity of glass ionomer cement after addition of nHA powder: experimental study. *J Ked Gig Univ Padj*. 2023 Aug 31;35(2):105. DOI: [10.24198/jkg.v35i2.48594](https://doi.org/10.24198/jkg.v35i2.48594)
 16. Geiger M, Blem G, Ludwig A. Evaluation of ImageJ for relative bone density measurement and clinical application. *Journal of Oral Health and Craniofacial Science* [Internet]. 2016 ;1(1):12-21. <https://www.craniofacialjournal.com/articles/johcs-aid1002.php>
 17. Hasan T. Characteristics of the mental foramen in different populations. *The Inter J of Bio Anthropology*. 2010;4(2). <https://doi.org/10.5580/f30>
 18. Balcikonyte E, Balciuniene I, Alekna V, Balciuniene - I, Alekna -Phd V. Panoramic radiographs in assessment of the bone mineral density. *Stomatologija, Baltic Dent and Maxillofacial J*. 2004;6:17-9.
 19. White SC, Pharoah MJ. Oral radiology principles and interpretation. 7th ed. Elsevier Mosby; 2014.
 20. Astuti LA, Masriadi, Arifin FA, Aslan S, Hikmah N. Perbedaan densitas tulang alveolar sebelum dan sesudah kuretase menggunakan software ImageJ pada periodontitis kronis. *Sinnun Maxillofacial J*. 2021; 3(1) 25. DOI: DOI: [10.33096/smj.v3i01.25](https://doi.org/10.33096/smj.v3i01.25)
 21. David AP, Varma B, Kurup S, Sam DM, Aravind M, Chandy ML. Assessment of panoramic radiomorphometric indices of mandible in diabetes mellitus patients and non diabetic individuals. *J of Clin and Diagnostic Research*. 2017;11(11) 35-9. DOI: [10.7860/JCDR/2017/28690.10914](https://doi.org/10.7860/JCDR/2017/28690.10914)
 22. Sumantri DDS, Firman RN, Azhari A. Analisis radiograf periapikal menggunakan software ImageJ pada abses periapikal setelah perawatan endodontik. *Majalah Kedokteran Gigi Indonesia*. 2017; 3(1): 29. DOI: [10.22146/maikedgjiind.10468](https://doi.org/10.22146/maikedgjiind.10468)
 23. Mitchell A, Fall T, Melhus H, Wolk A, Michaëlsson K, Byberg L. Type 2 diabetes in relation to hip bone density, area, and bone turnover in Swedish men and women: a cross-sectional study. *Calcif Tissue Int*. 2018; 103(5): 501-11. DOI: [10.1007/s00223-018-0446-9](https://doi.org/10.1007/s00223-018-0446-9)
 24. Vianna A, Sanches C, Barreto F. Review article: effects of type 2 diabetes therapies on bone metabolism. *Diabetol Metab Syndr*. 2017;9(75). DOI: [10.1186/s13098-017-0274-5](https://doi.org/10.1186/s13098-017-0274-5)
 25. Picke AK, Campbell G, Napoli N, Hoffbauer LC, Rauner M. Update on the impact of type 2 diabetes mellitus on bone metabolism and material properties. *Endocr Connect*. 2019; 8(3): 55-70. DOI: [10.1530/EC-18-0456](https://doi.org/10.1530/EC-18-0456)
 26. Rawung R, Bagy RG. Osteoporosis: diagnosis and management. *e-Clinic*. 2021; 9(2): 360-9. DOI: [10.35790/ec.v9i2.32967](https://doi.org/10.35790/ec.v9i2.32967)
 27. Turosz N, Chęcińska K, Chęciński M, Kamińska M, Nowak Z, Sikora M, et al. A scoping review of the use of pioglitazone in the treatment of temporo-mandibular joint arthritis. *Int J Environ Res Public Health*. 2022 Dec 9;19(24):16518. DOI: [10.3390/ijerph192416518](https://doi.org/10.3390/ijerph192416518)
 28. Wei W, Wan Y. Thiazolidinediones on PPARγ: the roles in bone remodeling. *PPAR Res*. 2011; 2011:1-9. DOI: [10.1155/2011/867180](https://doi.org/10.1155/2011/867180)
 29. Dutta M, Pakhetra R, Garg M. Evaluation of bone mineral density in type 2 diabetes mellitus patients before and after treatment. *Med J Armed Forces India*. 2012; 68(1): 48-52. DOI: [10.1016/S0377-1237\(11\)60120-2](https://doi.org/10.1016/S0377-1237(11)60120-2)