

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penyakit osteoporosis sering dianggap sebagai masalah kesehatan yang terjadi pada usia lanjut, sebenarnya dapat berkembang lebih awal, terutama pada orang berusia 30 tahun ke atas. Namun, karena kurangnya informasi gejala, osteoporosis sering tidak terdeteksi pada tahap awal. Hal ini membuat diagnosis dini menjadi lebih sulit. Diagnosis dini sangat penting untuk mencegah penyakit yang lebih serius, seperti patah tulang, yang dapat memengaruhi kualitas hidup seseorang dalam jangka panjang. Pendekatan Mandibular Cortical Index (MCI) telah terbukti efektif dalam memprediksi densitas mineral tulang dalam beberapa penelitian lain, yang menambah relevansi penelitian ini pada populasi yang lebih muda (Hadiputri *et al.* 2024).

Osteoporosis, yang sering disebut sebagai "*silent disease*", memberikan dampak luas baik secara individu maupun global. Diperkirakan ada 18,3% orang di seluruh dunia, dengan prevalensi lebih tinggi pada perempuan sebesar 23,1% dibandingkan laki-laki sebesar 11,7%. Kondisi ini sering terdeteksi setelah fraktur, yang meningkatkan resiko morbiditas dan mortalitas. Dengan prevalensi tinggi terutama di Afrika sebesar 39,5%, pentingnya deteksi dini osteoporosis sangat penting. Diagnosa dini menjadi sangat penting dalam hal ini untuk mengurangi dampak dan memberikan pengobatan yang lebih baik untuk mencegah kerusakan yang lebih besar (Salari *et al.* 2021).

Seiring berjalannya waktu, osteoporosis semakin diakui sebagai suatu kondisi yang kompleks, yang dipengaruhi oleh beberapa faktor internal dan eksternal. Pada dasarnya penurunan massa tulang yang terjadi pada individu dengan osteoporosis merupakan akibat dari ketidakseimbangan antara pembentukan tulang yang rendah dan resorpsi tulang yang tinggi. Pada Perempuan, salah satu faktor utama yang memengaruhi adalah penurunan kadar estrogen setelah menopause (Shimizu *et al.* 2024).

Estrogen memegang peranan penting dalam menjaga massa tulang. Penurunan kadar hormon ini menyebabkan dominasi pengeroposan tulang, yang berdampak pada penurunan signifikan kekuatan struktural tulang. Pada pria, penurunan kadar androgen seiring bertambahnya usia juga berkontribusi pada berkurangnya massa tulang, meskipun dampaknya lebih kecil dibandingkan wanita. Kombinasi faktor-faktor ini menyebabkan berkurangnya kepadatan mineral tulang, sehingga lebih mudah terjadi patah tulang pada lansia. Data statistik menunjukkan bahwa osteoporosis lebih umum terjadi pada wanita, terutama setelah menopause. Penelitian menunjukkan bahwa kira-kira setengah dari wanita berusia di atas 50 tahun mengalami penurunan kepadatan tulang yang nyata, dan angka ini terus meningkat seiring bertambahnya usia (Shimizu *et al.* 2024).

Meskipun demikian, individu pria juga terpapar pada risiko ini, meskipun dengan tingkat kejadian yang lebih rendah. Salah satu aspek yang kerap kali terabaikan dalam tatalaksana osteoporosis adalah tulang kortikal mandibula. Riset terdahulu telah menunjukkan bahwa penurunan kepadatan kortikal mandibula dapat berfungsi sebagai penanda yang valid untuk mengidentifikasi degenerasi densitas mineral tulang pada area lain, termasuk vertebra dan kolum femoral. Salah

satu instrumen evaluatif yang digunakan untuk menilai kepadatan ini adalah Mandibular Cortical Index (MCI), yang kuantifikasinya diperoleh melalui analisis radiografik panoramik (Taguchi *et al.* 2022).

Pasca pemahaman mendalam mengenai faktor-faktor yang berkontribusi terhadap osteoporosis, strategi deteksi yang esensial untuk kondisi ini melibatkan pemantauan disrupsi morfologis kortikal tulang, terutama pada area mandibula. Modalitas pencitraan radiografi panoramik, yang lazim digunakan sebagai gold standard diagnostik dalam praktik kedokteran gigi, memiliki kapabilitas untuk mengidentifikasi perubahan morfologis tersebut, bahkan pada fase pre-simtomatik. Studi ilmiah mengindikasikan bahwa kuantifikasi densitas tulang kortikal mandibula melalui radiografi panoramik pada populasi berisiko osteoporosis dapat berfungsi sebagai metode skrining yang efisien, minimal invasif, dan hemat biaya. Temuan ini menyiratkan potensi penerapan radiografi panoramik tidak hanya untuk evaluasi dental tetapi juga sebagai instrumen dalam deteksi dini osteoporosis (Shimizu *et al.* 2024).

Dibandingkan dengan hasil pengukuran Dual X-ray Absorptiometry (DXA), DXA diakui sebagai standar baku emas dalam diagnosis osteoporosis berkat kapabilitasnya yang superior dalam mengkuantifikasi kepadatan mineral tulang dengan presisi tinggi. Meskipun DXA merupakan modalitas yang sangat sah, beberapa kendala memunculkan radiografi panoramik sebagai opsi komplementer yang lebih praktis. Radiografi panoramik menyajikan visualisasi komprehensif struktur tulang maksilofasial, yang dapat memfasilitasi identifikasi perubahan morfologis pada korteks mandibula. Lebih lanjut, prosedur ini menawarkan aksesibilitas yang lebih luas di berbagai sarana kesehatan dan

mengimplikasikan biaya yang secara signifikan lebih ekonomis dibandingkan DXA.

1.2 Rumusan Masalah

Apakah ada hubungan kepadatan kortikal mandibula pada Laki-laki dan Perempuan usia 30-40 tahun dilihat dari radiografi panoramik?

1.3 Tujuan Penelitian

1.3.1 Tujuan Umum

Untuk mengetahui hubungan kepadatan kortikal mandibula pada Laki-laki dan Perempuan usia 30-40 tahun yang dilihat dari radiografi panoramik.

1.3.2 Tujuan Khusus

Menganalisis hubungan kepadatan kortikal mandibula pada Laki-laki dan Perempuan usia 30-40 tahun menggunakan pemeriksaan radiografi panoramik.

1.4 Manfaat

1.4.1 Manfaat Akademik

Menambah literatur ilmiah mengenai hubungan kepadatan kortikal mandibula pada Laki-laki dan Perempuan usia 30-40 tahun.

1.4.2 Manfaat Praktis

Membantu dokter gigi dalam mengevaluasi kondisi kesehatan tulang mandibula pada pasien usia 30- 40 tahun melalui radiografi panoramik.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Radiografi

Radiografi adalah metode pencitraan medis yang memanfaatkan radiasi untuk membuat gambar bagian dalam tubuh, seperti tulang dan jaringan padat. Metode ini pertama kali dikenalkan oleh W. C. Roentgen pada tahun 1895. Dalam praktik kedokteran gigi, radiografi menjadi instrumen krusial untuk menemukan kelainan pada struktur gigi, tulang rahang, dan jaringan penyangga lainnya yang tidak dapat terdeteksi melalui pemeriksaan fisik (White dan Pharoah, 2019). Radiografi panoramik adalah salah satu tipe radiografi ekstraoral yang umum dipakai dalam kedokteran gigi. Metode ini dapat menghasilkan citra menyeluruh dari struktur maksilofasial, yang mencakup mandibula, maksila, serta jaringan pendukungnya dalam satu tampilan. Karena cakupannya yang luas, radiografi panoramik sangat bermanfaat dalam mendeteksi masalah, seperti fraktur, tumor, atau perubahan pada ketebalan tulang kortikal mandibula (Gunawan *et al.* 2020)

Orang yang pertama kali menggunakan radiografi adalah W. G. Morton di Amerika Serikat pada tahun 1896, kemudian C. Edmund Kells adalah dokter gigi pertama yang menganjurkan penggunaan radiografi secara rutin di kliniknya (Hagi *et al.* 2023). Foto radiografi dapat digunakan untuk memeriksa struktur yang tidak terlihat selama pemeriksaan klinis di mana gambaran dari suatu objek tiga dimensi diproyeksikan pada suatu media perekam sebagai gambar dua dimensi (Pauwels *et al.* 2020). Secara umum, pada pemeriksaan klinis, struktur yang tidak terlihat dapat

diperiksa dengan radiografi. Beberapa manfaatnya antara lain untuk mendeteksi lesi, membuktikan suatu diagnosa penyakit, melihat lokasi benda asing atau lesi di rongga mulut, memberikan informasi yang membantu prosedur perawatan, untuk mengevaluasi bagaimana gigi geligi berkembang, untuk mengidentifikasi apakah ada karies dan penyakit periodontal, mengidentifikasi adanya trauma, untuk menyimpan catatan data rekam medis yang mungkin diperlukan sewaktu-waktu (Yeung, 2024). Radiografi memiliki peranan yang sangat penting dalam bidang kedokteran gigi, karena hampir semua perawatan gigi dan mulut membutuhkan data dukungan dari pemeriksaan radiografi untuk menegakkan diagnosis penyakit gigi dan mulut sehingga dapat menetapkan perawatan yang tepat dan mencapai hasil terbaik (White dan Pharoah, 2019). Dalam bidang kedokteran gigi, ada dua jenis radiografi berdasarkan teknik pemotretan dan penempatan film, dibagi menjadi dua yaitu radiografi intraoral dan radiografi ekstraoral (Yeung, 2024).

Radiografi intraoral adalah teknik pencitraan yang menggunakan film di dalam rongga mulut untuk memotret gigi dan jaringan di sekitarnya. Metode ini mencakup tiga teknik utama: teknik periapikal, yang memperlihatkan seluruh gigi hingga jaringan di sekitar akar (setiap film menampilkan 2-4 gigi); teknik bitewing, yang menunjukkan mahkota gigi rahang atas dan bawah beserta puncak tulang alveolar; dan teknik oklusal, yang memvisualisasikan segmen lengkung gigi yang lebih luas, termasuk langit-langit mulut atau dasar mulut, serta struktur terkait (Melinda, 2020). Sementara itu, radiografi ekstraoral umumnya diaplikasikan untuk mengkaji area yang tidak dapat dijangkau oleh radiografi intraoral. Teknik ini juga mendukung evaluasi berbagai struktur pada tengkorak, rahang atas, dan rahang bawah, terutama dalam kasus trauma atau kelainan. Radiografi ekstraoral

mencakup radiografi panoramik, radiografi lateral, dan radiografi sefalometri (Melinda, 2020).

2.2 Radiografi Panoramik

2.2.1 Definisi dan Keunggulan

Radiografi panoramik merupakan suatu teknik pencitraan yang menghasilkan gambar melengkung lebar dari area tubuh, yang mencakup struktur pendukung dan lengkung gigi pada rahang atas serta rahang bawah. Dibandingkan dengan teknik radiografi lain, seperti computed tomography (CT), metode ini menawarkan keuntungan berupa cakupan area yang luas, kenyamanan pasien selama prosedur, dan dosis radiasi yang lebih minimal (Utama *et al.* 2024). Lebih lanjut, radiografi panoramik memfasilitasi visualisasi komprehensif dari kedua rahang, termasuk mandibula, yang krusial untuk kajian tentang kepadatan tulang (Ruth dan Sosiawan, 2021).

Radiografi merupakan alat diagnostik penunjang yang sangat penting untuk memastikan keakuratan diagnosis, khususnya dalam bidang kedokteran gigi. Berdasarkan teknik pengambilan gambarnya, radiografi dalam kedokteran gigi dibedakan menjadi dua kategori utama, yaitu radiografi intraoral dan ekstraoral. Di antara keduanya, radiografi ekstraoral yang paling sering digunakan adalah radiografi panoramik. Teknik ini memungkinkan pencitraan menyeluruh dari struktur fasial, termasuk gigi-geligi, tulang rahang atas (maksila), tulang rahang bawah (mandibula), serta struktur pendukung lainnya, seperti sinus maksilaris, rongga hidung, sendi *Temporomandibular Joint* (TMJ), prosesus styloideus, dan tulang hyoid (Gunawan *et al.* 2020).



Gambar 2.1 Gambar Hasil dari Radiografi Panoramik (Prakoeswa *et al.* 2022).

Pemeriksaan radiografi panoramik menghasilkan gambaran yang mencakup seluruh area rahang dalam satu potret (Gambar 2.1). Teknologi ini terbukti sangat bermanfaat dalam evaluasi berbagai kondisi klinis untuk tujuan diagnosis. Beberapa aplikasi utamanya mencakup penilaian cedera, seperti retaknya tulang rahang, penentuan posisi gigi geraham bungsu, pendeteksian penyakit pada gigi atau tulang secara luas, serta identifikasi massa besar yang telah terdiagnosis atau diduga. Lebih lanjut, metode ini diaplikasikan untuk memantau pertumbuhan dan kemunculan gigi, khususnya pada masa pergantian gigi, menemukan sisa akar pada individu yang kehilangan gigi, mendiagnosis nyeri pada sendi (TMJ), dan memantau kelainan pertumbuhan (White dan Pharoah, 2019).

Dalam proses evaluasi medis, radiografi panoramik sering dipilih sebagai langkah pertama karena kemampuannya menyajikan gambaran lengkap. Informasi ini dapat membantu dokter gigi menentukan apakah diperlukan pemeriksaan radiografi tambahan. Teknik ini juga sangat membantu pasien yang memiliki

kendala, contohnya kesulitan saat prosedur di dalam mulut karena refleks muntah yang parah, keterbatasan saat membuka mulut, atau kondisi medis lain. Oleh karena itu, rontgen panoramik menjadi alat diagnosis yang praktis dan efektif untuk mendukung perawatan gigi yang terbaik (White dan Pharoah, 2019).

2.2.2 Jenis Radiografi Panoramik

Terdapat beberapa jenis radiografi panoramik, termasuk radiografi panoramik konvensional, radiografi panoramik digital, radiografi panoramik segmental, dan radiografi panoramik pediatrik. Radiografi panoramik konvensional memanfaatkan film analog guna menciptakan citra dua dimensi yang mencakup seluruh rahang atas dan bawah. Sementara itu, radiografi panoramik digital menggunakan sensor digital untuk menghasilkan citra langsung pada komputer, menawarkan keunggulan berupa kecepatan pemrosesan yang lebih tinggi dan paparan radiasi yang lebih rendah. Radiografi panoramik segmental difokuskan pada area rahang spesifik ketika hanya bagian tersebut yang memerlukan pemeriksaan radiasi. Penggunaan utama radiografi panoramik adalah untuk mendiagnosis impaksi gigi, mengevaluasi pertumbuhan gigi, dan menganalisis kelainan pada tulang rahang (White dan Pharoah, 2019).

Pemeriksaan radiografi panoramik digital memanfaatkan teknologi mutakhir untuk menghasilkan citra yang dapat segera ditampilkan dan dikaji menggunakan perangkat komputer. Prosedur digital ini lebih efisien dari segi waktu, meskipun memerlukan investasi finansial yang lebih besar dibandingkan dengan metode tradisional. Pemeriksaan radiografi panoramik digital menawarkan beberapa keuntungan penting, seperti reduksi paparan radiasi, ketajaman citra yang superior, serta kemampuan untuk melakukan modifikasi atau penyempurnaan citra

apabila hasil awal tidak optimal. Oleh karena itu, metode digital ini menjadi opsi yang lebih efektif dan berguna dalam beragam penggunaan diagnostik (Ruth dan Sosiawan, 2021).

Walaupun kedua cara ini memiliki kegunaan dalam mendeteksi masalah serupa, seperti pemeriksaan retakan tulang rahang, penilaian kesamaan atau ketidakmiripan sendi TMJ, serta pengukuran kedalaman gigi berlubang, rontgen panoramik digital lebih sering dipakai di praktek sehari-hari. Alasan utamanya adalah kemajuan teknologi yang lebih baik, yang meliputi hasil yang lebih tepat dan kemudahan dalam penggunaan, sehingga meningkatkan kualitas dalam membantu mendiagnosis dan merencanakan terapi untuk pasien (Ruth dan Sosiawan, 2021).

2.2.3 Peran Radiografi Panoramik

Pemeriksaan radiografi panoramik memegang peranan krusial dalam berbagai situasi klinis, utamanya pada praktik kedokteran gigi. Prosedur ini acap kali diaplikasikan untuk kajian pasien pra-prosedur prostetik, mendeteksi sisa akar gigi, kista, objek asing, atau tumor pasca-terapi. lebih lanjut, radiografi panoramik sangat berharga dalam evaluasi sendi temporomandibular (TMJ) dan mandibula, terutama saat dicurigai adanya kelainan pertumbuhan rahang, seperti pembesaran (hiperplasia) atau pengecilan (hipoplasi) mandibula (Fatimatuzzahro dan Supriyadi. 2023). Nilai tambah lain dari radiografi panoramik adalah kemampuannya menghasilkan gambaran komprehensif wilayah maksilomandibular dalam satu gambar tunggal. Mengingat biaya yang relatif terjangkau dan tingkat paparan radiasi yang lebih rendah dibandingkan modalitas pencitraan canggih seperti CT, radiografi panoramik merupakan metode yang

efektif untuk diagnosis awal. Teknik ini tidak hanya menjamin hasil yang dapat dipercaya, tetapi juga meningkatkan kenyamanan pasien selama pemeriksaan (Fatimatuazzahro dan Supriyadi. 2023).

Dalam dunia kedokteran gigi, pencitraan panoramik adalah salah satu metode pemindaian luar mulut yang paling sering diaplikasikan. Penggunaannya terus berkembang seiring dengan pemahaman yang lebih baik tentang manfaatnya dalam mendukung proses diagnosis dan perencanaan terapi. Mengingat fleksibilitas dan efisiensinya, metode ini terbukti sangat berharga dalam beragam kondisi klinis, baik untuk identifikasi dini masalah maupun untuk memantau perkembangan status pasien seiring berjalan waktu (Fatimatuazzahro dan Supriyadi. 2023).

2.2.4 Indikasi dan Kontraindikasi Radiografi Panoramik

Pemeriksaan radiografi panoramik memiliki beragam kegunaan medis yang membuatnya menjadi alat penunjang diagnosis yang fleksibel di sektor kedokteran gigi. Beberapa keperluan utamanya mencakup penilaian menyeluruh pada seluruh deretan gigi untuk mengamati perkembangan dan kedudukan gigi tetap, sekaligus mendeteksi kelainan di dalam tulang seperti kista, tumor, atau infeksi. Metode ini juga dimanfaatkan untuk menelaah sendi rahang (TMJ), memeriksakan posisi gigi yang belum tumbuh sempurna, memantau pertumbuhan gigi, dan mengkaji proses tumbuhnya gigi-gigi permanen. Di samping itu, rontgen panoramik sangat bermanfaat dalam menaksir cedera pada area wajah dan rahang, mengenali masalah perkembangan pada struktur wajah dan rahang, serta menyusun rencana pemasangan implan gigi. Metode ini menjadi pilihan yang tepat bagi pasien dengan keterbatasan fisik, contohnya kesulitan membuka mulut, penurunan

kesadaran, atau ketidakmampuan untuk berkonsentrasi selama prosedur di dalam mulut (White dan Pharoah, 2019)

Namun, radiografi panoramik memiliki keterbatasan yang harus dipertimbangkan saat digunakan. Beberapa kondisi di mana penggunaannya tidak disarankan meliputi ketidakmampuannya mendeteksi lesi kecil pada karies, lesi pada area di sekitar akar gigi (periapikal), dan detail pada jaringan penyangga gigi (periodontal). Dalam situasi seperti ini, metode radiografi di dalam mulut, seperti radiografi bitewing atau periapikal, seringkali lebih tepat untuk mendapatkan gambaran yang lebih detail. Dengan memahami kapan metode ini sesuai dan kapan tidak, radiografi panoramik dapat dimanfaatkan secara maksimal untuk membantu diagnosis dan penanganan pasien, sekaligus menghindari penggunaannya pada kasus yang kurang sesuai atau tidak memberikan hasil diagnosis yang optimal (White dan Pharoah, 2019).

2.2.5 Kelebihan Radiografi Panoramik

Radiografi panoramik menawarkan sejumlah keunggulan yang menjadikannya salah satu teknik pencitraan yang sangat bernilai dalam bidang kedokteran gigi.

1. Kesederhanaan Prosedur

Pengambilan gambar melalui radiografi panoramik merupakan prosedur yang mudah dan efektif. Pelaksanaan prosedur ini tidak membutuhkan keahlian teknis yang rumit, sehingga anggota tim medis dengan pelatihan dasar dapat melakukannya dengan hasil yang akurat. Kemudahan ini menjadikan radiografi panoramik sebagai pilihan yang praktis untuk berbagai kondisi klinis (Ruth dan Sosiawan, 2021).

2. Kenyamanan pasien

Radiografi panoramik diciptakan untuk membuat proses pencitraan lebih nyaman bagi pasien. Metode ini menghindari ketidaknyamanan yang terkadang dialami pasien saat pemeriksaan di dalam mulut, seperti dorongan untuk muntah. Dengan demikian, metode ini sangat sesuai untuk individu dengan keterbatasan, meliputi anak-anak, pasien yang sulit membuka mulut, atau orang yang kurang bersedia mengikuti prosedur (Ruth dan Sosiawan, 2021).

3. Cakupan gambar

Salah satu keunggulan utama radiografi panoramik adalah kemampuannya untuk memberikan cakupan gambar yang luas. Struktur maksila dan mandibula dapat divisualisasikan dengan jelas dalam satu gambar, termasuk area yang sulit dijangkau seperti molar ketiga. Teknik ini memungkinkan identifikasi berbagai kondisi anatomi, termasuk lesi atau kelainan rahang yang mungkin tidak terdeteksi melalui radiografi intraoral (Ruth dan Sosiawan, 2021).

4. Dosis radiasi rendah

Keunggulan signifikan dari radiografi panoramik adalah cakupan pencitraan yang luas. Struktur-struktur maksila dan mandibula dapat diamati secara terperinci dalam satu tampilan, mencakup area yang sulit diakses seperti molar ketiga. Metode ini memfasilitasi deteksi berbagai keadaan fisiologis, termasuk adanya patologi atau anomali pada rahang yang mungkin terlewatkan oleh radiografi intraoral (Ruth dan Sosiawan, 2021).

2.2.6 Kekurangan Radiografi Panoramik

Meskipun memiliki banyak keunggulan, radiografi panoramik memiliki beberapa keterbatasan yang perlu dipertimbangkan dalam penggunaannya.

1. Detail anatomi terbatas

Keterbatasan signifikan dari radiografi panoramik adalah kurangnya kemampuan untuk memperlihatkan detail halus pada anatomi. Misalnya, metode ini tidak begitu efektif dalam mengidentifikasi karies sekecil apapun, perubahan minimal pada jaringan gusi di tepi, atau kelainan pada ujung akar gigi. Untuk kondisi-kondisi spesifik tersebut, pencitraan intraoral, seperti radiografi periapikal, lebih direkomendasikan karena memberikan tingkat resolusi yang lebih baik (White dan Pharoah, 2019).

2. Tumpang tindih dan distorsi

Pemeriksaan radiografi panoramik juga berpotensi menghadapi tantangan akibat adanya perapatan antar struktur. Contohnya, pada gigi premolar yang saling berdekatan, perapatan ini dapat menyebabkan detail penting menjadi tidak tampak jelas. Selain itu, citra yang dihasilkan seringkali memiliki distorsi bentuk, seperti pembesaran yang tidak seragam. Hal ini dapat menghambat proses analisis klinis (White dan Pharoah, 2019).

3. Keterbatasan tambahan diagnostik

Pada pasien dewasa, pemeriksaan radiografi panoramik cenderung tidak banyak berkontribusi informasi tambahan apabila pasien sudah memiliki serangkaian radiografi intraoral. Seringkali, gambaran panoramik hanya berfungsi sebagai pendukung, bukan sebagai metode diagnosis utama (White dan Pharoah, 2019).

4. Gangguan dari struktur lain

Struktur anatomis dalam tulang belakang servikal dapat mengaburkan identifikasi temuan patologis yang berasal dari gigi, terutama pada regio insisivus. Hal ini dapat menurunkan akurasi diagnostik. Wilayah yang penting secara klinis mungkin tidak tertangkap dalam area fokus radiograf, yang menyebabkan distorsi atau kegagalan untuk mendeteksi lesi pada citra diagnostik (White dan Pharoah, 2019). Dengan mempertimbangkan keterbatasan dan kelebihan masing-masing, pemanfaatan radiografi panoramik dapat ditingkatkan untuk mendukung diagnosis yang tepat, sesuai dengan kebutuhan spesifik setiap pasien.

2.3 Osteoporosis

2.3.1 Definisi dan Dampak Osteoporosis

Osteoporosis merupakan penyakit metabolik tulang yang kompleks, ditandai dengan penurunan massa tulang serta kerusakan struktur mikro arsitektur tulang, sehingga menyebabkan kerapuhan tulang meningkat dan risiko fraktur lebih tinggi. Menurut *National Osteoporosis Foundation* (NOF), osteoporosis didefinisikan sebagai kondisi di mana massa tulang menurun hingga melebihi 2,5 standar deviasi di bawah rata-rata massa tulang pada individu muda sehat berdasarkan nilai T-score yang diukur melalui dual-energy X-ray absorptiometry DXA (Kanis *et al.* 2019). Penyakit ini sering disebut sebagai *silent disease* karena kehilangan massa tulang berlangsung tanpa gejala hingga terjadi fraktur. Tulang yang paling rentan terhadap fraktur meliputi tulang belakang, tulang panggul, pergelangan tangan, dan tulang mandibula. Penurunan densitas tulang kortikal

mandibula dapat berdampak pada stabilitas rahang, yang pada akhirnya memengaruhi fungsi mastikasi, dukungan struktur gigi, hingga estetika wajah (Kanis *et al.* 2019). Osteoporosis menyebabkan kehilangan densitas dan porositas tulang kortikal, yang dapat menyebabkan banyak resorpsi tulang, terutama pada pasien lanjut usia. Dengan menekan aktivitas osteoklas dan meningkatkan aktivitas osteoblas, estrogen memainkan peran penting dalam menjaga homeostasis tulang. Oleh karena itu, defisiensi estrogen adalah salah satu faktor utama yang mempercepat perkembangan osteoporosis pada perempuan pascamenopause (Duncea *et al.* 2024). Dalam kedokteran gigi, penurunan densitas tulang kortikal mandibula sangat penting. Karena kepadatan kortikal yang menipis dapat mengurangi stabilitas primer dan osseointegrasi implan, pasien dengan osteoporosis, terutama perempuan pascamenopause, cenderung menghadapi kesulitan dalam pemasangan implan gigi (Probst *et al.* 2025). Selain itu, kualitas hidup pasien yang mengalami resorpsi tulang rahang yang parah dapat menurun dengan memengaruhi kemampuan mereka untuk berbicara, makan, dan menjaga penampilan wajah mereka (Hong dan Kang, 2022).

2.3.2 Osteoporosis Dilihat melalui Radiografi Panoramik

Radiografi panoramik telah lama diakui sebagai metode diagnostik yang efisien untuk mendeteksi perubahan awal pada kepadatan tulang rahang, terutama pada individu yang memiliki kerentanan terhadap osteoporosis. Metode ini menyediakan cakupan visual yang ekstensif, memfasilitasi observasi komprehensif pada struktur mandibula, termasuk periosteum mandibula. Manifestasi seperti penipisan tulang kortikal, peningkatan porositas, dan pola resorpsi tulang dapat dikenali dengan mudah melalui citra panoramik, menjadikannya instrumen yang

berharga untuk skrining osteoporosis (Rupel *et al.* 2024). Lebih lanjut, beberapa studi mengindikasikan bahwa parameter seperti MCI, *Panoramic Mandibular Index* (PMI), dan *Mandibular Cortical Width* (MCW) dapat diaplikasikan secara presisi pada gambar untuk melakukan evaluasi terhadap kemungkinan osteoporosis sistemik. Fenomena ini menyiratkan bahwa radiografi panoramik, sebagai modalitas skrining yang terjangkau dan mumpuni, berpotensi mengidentifikasi osteoporosis, khususnya pada populasi perempuan pascamenopause dan individu lanjut usia yang masuk dalam kategori berisiko tinggi (Bilgili, 2021).

Pemeriksaan radiografi panoramik menawarkan manfaat signifikan terkait dosis radiasi yang minimal, pelaksanaan prosedur yang efisien, dan biaya yang ekonomis bila dibandingkan dengan modalitas pencitraan lain, seperti CT. Keunggulan ini menjadikannya instrumen diagnostik yang sangat sesuai untuk aplikasi klinis rutin, khususnya dalam stomatologi. Lebih lanjut, radiografi panoramik memungkinkan deteksi dini pada individu yang belum menunjukkan manifestasi klinis osteoporosis, sehingga memfasilitasi intervensi preventif guna menghindari perkembangan komplikasi lebih lanjut (Rupel *et al.* 2024). Meskipun demikian, penting untuk dicatat bahwa radiografi panoramik memiliki apropriasi terbatas dalam kuantifikasi akurat dari kepadatan mineral tulang. Konsekuensinya, teknik ini lebih memadai sebagai strategi penyaringan awal daripada sebagai modalitas diagnostik ultimatif. Verifikasi definitif diagnosis osteoporosis memerlukan penggunaan metode lain yang memiliki presisi lebih tinggi, seperti DXA atau CT (Kanis *et al.* 2019).

Melalui penggabungan radiografi panoramik ke dalam alur pemeriksaan standar, para praktisi medis berpeluang untuk mendeteksi risiko osteoporosis pada

tahap yang lebih dini. Pendekatan ini tidak hanya mengoptimalkan efektivitas program pencegahan, tetapi juga berkontribusi pada penyusunan strategi perawatan gigi jangka panjang, termasuk pemasangan implan gigi pada individu yang memiliki kerapuhan tulang. Lebih lanjut, radiografi panoramik, dengan berbagai kelebihannya, telah menjadi komponen esensial dalam kerangka kerja interdisipliner untuk penatalaksanaan osteoporosis secara komprehensif).

2.4 Faktor yang Memengaruhi Kepadatan Tulang Kortikal Mandibula

Hormon memainkan peran krusial dalam pemeliharaan keseimbangan internal tubuh, termasuk kesehatan kerangka. Khususnya pada tulang rahang bawah (mandibula), hormon seperti estrogen dan testosteron memiliki pengaruh langsung pada proses pembentukan kembali jaringan tulang, yang melibatkan interaksi antara osteoklas dan osteoblas. Selain pengaruh hormonal, terdapat pula berbagai faktor lain yang dapat memengaruhi ketebalan tulang kortikal mandibula.

2.4.1 Jenis Kelamin

Kepadatan tulang individu laki-laki umumnya melampaui individu perempuan, yang berimplikasi pada ketebalan kortikal mandibula laki-laki. Fenomena ini dapat diatribusikan pada disparitas hormonal dan kerangka tubuh yang memodulasi proses metabolisme tulang (Gulsahi *et al.*, 2018).

2.4.2 Hormon

Estrogen pada Perempuan dan testosteron pada laki-laki memainkan peran krusial dalam menjaga keseimbangan antara resorpsi (pemecahan) dan pembentukan tulang. Penurunan kadar estrogen pada perempuan usia 30-40 tahun

ke atas mulai berdampak pada ketebalan tulang kortikal mandibula, yang pada akhirnya dapat mengakibatkan berkurangnya kepadatan tulang (Tunheim *et al.*, 2023).

2.4.3 Usia

Seiring bertambahnya usia, terjadi pengurangan pada aktivitas osteoblas, yaitu sel-sel yang berperan dalam pembentukan tulang, disertai dengan peningkatan aktivitas osteoklas, sel yang bertanggung jawab untuk resorpsi tulang. Fenomena ini mengakibatkan berkurangnya kepadatan kortikal pada tulang rahang bawah secara berangsur-angsur, baik pada individu laki-laki maupun perempuan. Meskipun demikian, dampak tersebut tampak lebih nyata pada perempuan (Zhang *et al.*, 2023).

2.4.4 Merokok

Merokok memiliki dampak negatif terhadap metabolisme tulang, termasuk mempercepat resorpsi tulang dan menghambat penyerapan kalsium. Hal ini berkontribusi pada peningkatan risiko penurunan densitas tulang, termasuk pada tulang mandibula (Milala, 2023).

2.4.5 Minuman Beralkohol

Terlalu banyak alkohol dapat mengganggu metabolisme kalsium, vitamin D, dan meningkatkan risiko osteoporosis. Alkohol juga mengganggu fungsi osteoblast, sel-sel pembangun tulang yang menyebabkan tulang menjadi kurang tebal (Godos *et al.* 2022).

2.4.6 Hormon Estrogen

Estrogen adalah hormon steroid utama yang berperan penting dalam menjaga kesehatan tulang, khususnya pada perempuan. Estrogen bekerja dengan menghambat aktivitas osteoklas dan mendorong aktivitas osteoblas. Estrogen juga memengaruhi ekspresi RANKL (*Receptor Activator of Nuclear Factor Kappa-B Ligand*) dan OPG (*Osteoprotegerin*), dua protein penting yang mengendalikan keseimbangan antara formasi dan resorpsi tulang (Zhang et al., 2023).

Pada individu perempuan, kadar estrogen menunjukkan penurunan substansial pasca-menopause. Perubahan fisiologis ini berkonsekuensi pada peningkatan aktivitas osteoklas, yang selanjutnya berkontribusi pada penurunan kepadatan tulang secara general, termasuk pada struktur tulang kortikal mandibula. Sebagaimana diungkapkan oleh (Compston et al. 2019), kekurangan estrogen merupakan salah satu determinan krusial yang mempercepat resorpsi massa tulang pada perempuan pascamenopause. Selain itu, estrogen memiliki reseptor yang terdistribusi pada tulang mandibula, sehingga organ ini menjadi lebih rentan terhadap fluktuasi hormonal.

Studi (Taguchi et al. 2016) menemukan bahwa perempuan dengan tingkat estrogen yang rendah cenderung memiliki tulang kortikal mandibula yang lebih tipis, berlawanan dengan laki-laki pada kelompok usia yang serupa. Fenomena ini dapat dideteksi melalui pemeriksaan radiografi panoramik, di mana peningkatan porositas dan berkurangnya kepadatan kortikal mandibula sering kali menandakan tahap awal dari penurunan densitas tulang yang disebabkan oleh kekurangan estrogen. Lebih lanjut, estrogen berkontribusi dalam memelihara kelenturan dan kekokohan tulang melalui peningkatan sintesis kolagen. Pada aspek molekuler,

estrogen juga menghambat kematian sel terprogram (apoptosis) pada osteoblas sembari memfasilitasi apoptosis pada osteoklas, yang secara kolektif mendukung pemeliharaan integritas struktural tulang yang sehat (Frontiers, 2025).

2.4.7 Hormon Testosteron

Testosteron adalah hormon androgen utama yang ditemukan pada Laki-laki, meskipun juga terdapat dalam jumlah kecil pada perempuan. Testosteron memainkan peran penting dalam pembentukan dan pemeliharaan massa tulang, termasuk tulang kortikal mandibula. Hormon ini bekerja dengan merangsang aktivitas osteoblas untuk meningkatkan pembentukan tulang serta menghambat aktivitas osteoklas, sehingga mengurangi resorpsi tulang (Hsu *et al.*, 2024).

Pada Laki-laki, kadar testosteron tetap stabil hingga usia lanjut, meskipun mengalami penurunan secara bertahap setelah usia 30–40 tahun. Penurunan testosteron yang signifikan dapat menyebabkan kehilangan massa tulang, meskipun dampaknya tidak sebesar penurunan estrogen pada perempuan. Testosteron juga memengaruhi kesehatan tulang melalui konversinya menjadi estrogen oleh enzim aromatase di jaringan tulang. Proses ini menjelaskan mengapa Laki-laki yang kekurangan testosteron seringkali menunjukkan tanda-tanda osteoporosis yang mirip dengan perempuan pasca menopause (Hsu *et al.*, 2024).

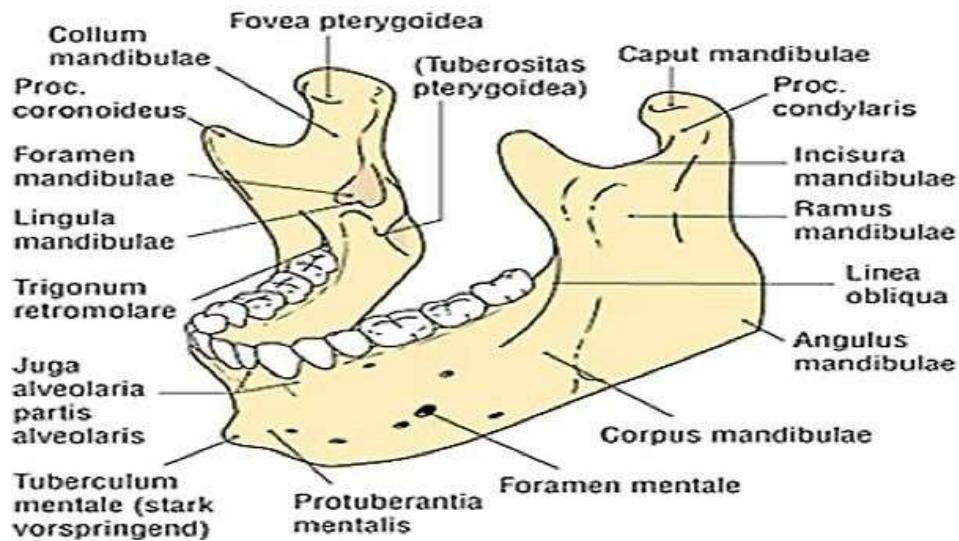
Laki-laki dengan kadar testosteron yang lebih tinggi cenderung memiliki tulang kortikal mandibula yang lebih tebal dibandingkan perempuan pada usia yang sama, seperti yang terlihat pada radiografi panoramik. Selain itu, testosteron berperan dalam meningkatkan kepadatan mineral tulang dengan meningkatkan absorpsi kalsium di tulang. Efek ini menjelaskan mengapa Laki-laki cenderung memiliki risiko lebih rendah untuk mengalami fraktur tulang dibandingkan

perempuan, meskipun faktor lain seperti aktivitas fisik dan massa otot juga memengaruhi (Hsu *et al.*, 2024).

2.5 Radiografi Panoramik dalam Menentukan Densitas Tulang Kortikal Mandibula

2.5.1 Tulang Kortikal Mandibula

Tulang kortikal mandibula adalah komponen penting dari rahang bawah, yang berfungsi sebagai struktur pendukung utama dan memberikan kekuatan mekanis pada mandibula. Tulang ini terdiri dari lapisan luar yang padat dan keras yang melindungi bagian dalamnya, yaitu tulang spongiosa atau trabecular. Tulang spongiosa memiliki struktur berongga yang berfungsi dalam metabolisme mineral dan distribusi beban mekanis. Kombinasi kekuatan tulang kortikal dan fleksibilitas tulang spongiosa memungkinkan mandibula menahan tekanan dari aktivitas seperti mengunyah dan berbicara (Angin. 2024). Secara anatomis, tulang kortikal mandibula meliputi seluruh panjang mandibula, dimulai dari ramus, bagian vertikal yang mengarah ke sendi temporomandibular, hingga korpus, bagian horizontal yang membentuk dagu. Struktur ini memberikan stabilitas dan perlindungan untuk jaringan lunak serta akar gigi yang tertanam di dalamnya (Taguchi *et al.* 2016). Selain itu, kepadatan tulang kortikal mandibula berbeda antara individu, dipengaruhi oleh faktor seperti jenis kelamin, usia, aktivitas mekanis, dan kondisi hormonal.



Gambar 2.2 Anatomi Tulang Mandibula (Jaya, 2024).

Perbedaan struktur dan elastisitas tulang kortikal mandibula pada Laki-laki dan perempuan menjadi fokus dalam berbagai penelitian. Laki-laki cenderung memiliki tulang kortikal yang lebih tebal dan padat dibandingkan perempuan, yang sering dikaitkan dengan pengaruh hormon testosteron dan aktivitas mekanis yang lebih besar. Pada perempuan, terutama setelah menopause, penurunan kadar hormon estrogen sering kali mengakibatkan peningkatan porositas dan penipisan tulang kortikal mandibula, yang dapat berdampak pada stabilitas rahang dan keberhasilan prosedur dental seperti pemasangan implan (Taguchi *et al.*, 2016).

2.5.2 Klasifikasi Tulang Kortikal Mandibula

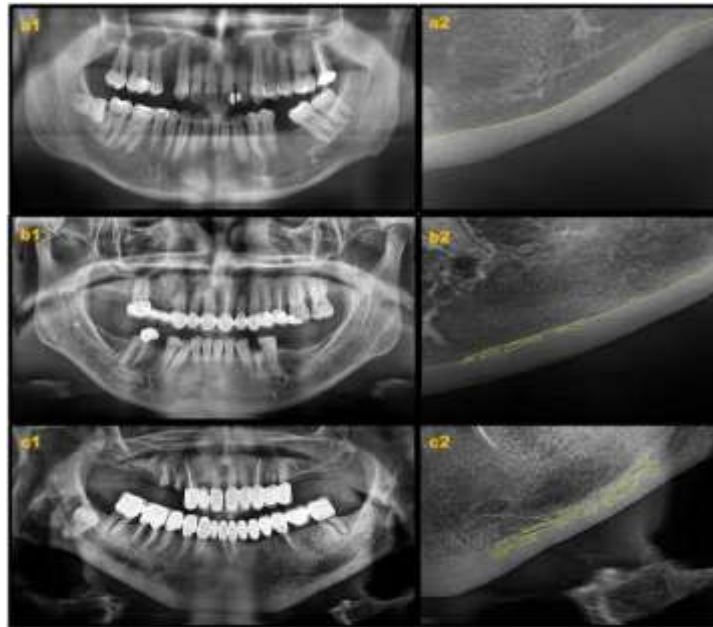
Evaluasi densitas tulang kortikal mandibula telah menjadi fokus penting dalam penelitian dan praktik klinis, mengingat perannya dalam mendeteksi kondisi seperti osteoporosis dan resorpsi tulang akibat penuaan. Sistem stomatognatik, yang terdiri dari gigi, otot, dan sendi temporomandibular, sangat dipengaruhi oleh perubahan pada tulang kortikal mandibula. Penurunan densitas tulang sering kali

dikaitkan dengan perubahan hormonal atau penyakit sistemik, seperti osteoporosis, yang dapat memengaruhi fungsi biomekanis mandibula. Radiografi panoramik memungkinkan evaluasi perubahan densitas tulang kortikal mandibula secara visual dan kuantitatif. Beberapa indeks telah dikembangkan untuk menilai kualitas dan kuantitas tulang kortikal mandibula, seperti MCI, *Mental Index* (MI), (PMI), *Gonion Index* (GI), dan *Antegonion Index* (AI). Indeks-indeks ini membantu dalam mengidentifikasi tanda-tanda resorpsi tulang atau penurunan densitas tulang akibat penyakit sistemik (Teterina et al., 2023).

Klasifikasi Klemetti adalah salah satu metode yang paling sering digunakan untuk mengevaluasi morfologi *Mandibular Inferior Cortex* (MIC). Klasifikasi ini membagi morfologi kortikal inferior mandibula menjadi tiga kategori:

1. Klas 1: Endosteal korteks inferior memiliki batas yang halus.
2. Klas 2: Margin endosteal menunjukkan defek berbentuk bulan sabit (*resorpsi lacunar*) dengan pembentukan 1 hingga 3 lapisan residu kortikal endosteal.
3. Klas 3: Korteks sangat berpori dan terdapat residu endosteal yang padat (Taguchi et al. 1996).

Radiografi panoramik juga menjadi metode yang efektif dalam mendeteksi penurunan densitas tulang yang signifikan, terutama pada perempuan pascamenopause. Penelitian menunjukkan bahwa teknik ini memungkinkan identifikasi dini terhadap risiko osteoporosis dan resorpsi tulang, dengan biaya yang relatif terjangkau dibandingkan metode lain seperti DXA. Hal ini menjadikan radiografi panoramik sebagai alat skrining yang ideal untuk populasi dengan risiko tinggi (Taguchi et al. 2016).



Gambar 2.3 Klasifikasi Korteks Inferior Mandibula
(Kiswanjaya *et al.* 2025).

2.5.3 Aplikasi Radiografi Panoramik dalam Evaluasi Densitas Tulang

Radiografi panoramik tidak hanya berguna untuk mendeteksi perubahan struktural tulang kortikal mandibula, tetapi juga untuk mendukung berbagai aplikasi klinis. Misalnya, dalam implantologi, penilaian densitas tulang mandibula menggunakan radiografi panoramik dapat membantu menentukan lokasi ideal untuk pemasangan implan. Teknik ini juga digunakan untuk mengidentifikasi hubungan antara kehilangan tulang dalam rongga mulut dengan osteoporosis sistemik, yang sering kali terdeteksi melalui penipisan tulang kortikal mandibula (White dan Pharoah, 2019).

Untuk mendeteksi osteoporosis, terutama pada perempuan dengan kadar hormon estrogen yang menurun, radiografi panoramik dapat dimasukkan ke dalam skrining rutin. Dengan demikian, radiografi panoramik bukan hanya alat

diagnostik, tetapi juga bagian penting dari pendekatan multidisiplin dalam manajemen kesehatan tulang (Kinalski *et al.* 2020).

