



Jurnal Ilmiah Kesehatan Mandala Waluya
 ISSN : 2809-3151
 DOI : <https://doi.org/10.54883/jikmw.v5i2.1387>
<https://ejournal.umw.ac.id/jikmw/index>



Analisis Dampak Merokok terhadap Kekuatan dan Kesehatan Tulang: Studi Literatur

Hasna Sari Kusnandar¹, Hafiza Anindita Divia Cita¹, Alya Sukmawati Putri¹, Tionar Marchalina D. Simarmata¹, Rahma Naila Maheswari¹, Popi Sopiah²

¹Program Studi S1 Keperawatan, Universitas Pendidikan Indonesia, Kampus Sumedang, 45353, Indonesia

²Program Studi Profesi Ners, Universitas Pendidikan Indonesia, Kampus Sumedang, 45353, Indonesia

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menelaah dampak kebiasaan merokok terhadap kesehatan dan kekuatan tulang berdasarkan hasil penelitian terdahulu. Metode yang digunakan adalah literature review dengan menelaah 7 publikasi ilmiah nasional dan internasional melalui basis data Google Scholar, PubMed, dan Semantic yang terbit pada periode 2015-2025. Seleksi literatur dilakukan melalui pemeriksaan judul, pengecekan duplikasi, serta peninjauan abstrak yang kemudian disaring berdasarkan kriteria inklusi yang relevan. Artikel yang diulas membahas mengenai hubungan merokok dengan metabolisme tulang, Bone Mineral Density (BMD), osteoporosis, dan fraktur. Proses pemilihan artikel mengikuti alur PRISMA hingga diperoleh literatur yang layak dianalisis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kebiasaan merokok berhubungan dengan perubahan pada mekanisme biologis yang berperan dalam menjaga kualitas struktur tulang. Literatur yang dianalisis menggambarkan adanya kecenderungan gangguan pada proses pembentukan dan pemeliharaan tulang, serta perubahan faktor-faktor fisiologis yang berkaitan dengan kerentanan terhadap masalah kesehatan tulang. Beberapa studi menyoroti adanya perbedaan respons pada kelompok tertentu yang terpapar kebiasaan merokok jangka panjang.

Kata kunci: merokok; kesehatan tulang; osteoporosis; fraktur

Analysis of the Impact of Smoking on Bone Strength and Health: A Literature Review

ABSTRACT

This study aims to examine the impact of smoking habits on bone health and strength based on previous research findings. The method used is a literature review by examining seven national and international scientific publications through the Google Scholar, PubMed, and Semantic databases published between 2015 and 2025. Literature selection was carried out by examining titles, checking for duplication, and reviewing abstracts, which were then filtered based on relevant inclusion criteria. The articles reviewed discussed the relationship between smoking and bone metabolism, bone mineral density (BMD), osteoporosis, and fractures. The article selection process followed the PRISMA flow until literature suitable for analysis was obtained. The results of the review show that smoking is associated with changes in the biological mechanisms that play a role in maintaining bone structure quality. The analyzed literature describes a tendency for disturbances in the process of bone formation and maintenance, as well as changes in physiological factors related to susceptibility to bone health problems. Several studies highlight differences in response in certain groups exposed to long-term smoking.

Keywords: smoking; bone health; osteoporosis; fractures

Penulis Korespondensi :

Popi Sopiah
 Program Studi : Profesi Ners
 E-mail : popisopiah@upi.edu

Info Artikel :

Submitted : 28 November 2025
 Revised : 11 Desember 2025
 Accepted : 19 Desember 2025
 Published : 30 Desember 2025

PENDAHULUAN

Rokok merupakan produk tembakau yang menghasilkan ribuan senyawa zat kimia berbahaya, lebih dari 7.000 zat kimia yang terkandung di dalam asap rokok, seperti nikotin, tar, karbon monoksida, dan berbagai zat karsinogenik yang mengakibatkan kecanduan dan kerusakan fisiologis jangka panjang (Al-Bashaireh et al., 2018b). Dampak rokok tidak hanya sebatas pada sistem pernapasan dan kardiovaskular, tetapi juga dapat mempengaruhi kesehatan sistem muskuloskeletal, termasuk kekuatan dan kesehatan pada tulang, yang tidak luput dari perhatian. Sejumlah penelitian menunjukkan bahwa paparan asap rokok dapat menurunkan aktivitas osteoblas, mempercepat resorpsi tulang, dan mempengaruhi kepadatan mineral sehingga meningkatkan risiko osteoporosis dan fraktur (The Impact of Smoking on Bone Metabolism, n.d.; Ward & Klesges, 2001).

Perkembangan industri pada abad ke-19 mendorong produksi rokok secara masif, diikuti strategi pemasaran agresif yang menyebabkan konsumen rokok meningkat pesat (Robert N Proctor, 2012). Meski sejarah penggunaan tembakau telah berlangsung lama, perkembangan industri rokok modern dan strategi pemasaran global menjadikan merokok bagian dari gaya hidup banyak masyarakat (Tales Tobacco Told in Sixteenth-Century Europe, n.d.).

Secara epidemiologis, penggunaan tembakau tetap menjadi salah satu risiko terbesar penyebab kematian dini di dunia. WHO melaporkan lebih dari 8 juta jiwa meninggal pada tiap tahunnya akibat asap rokok aktif maupun paparan asap rokok. Indonesia termasuk negara dengan prevalensi asap perokok tertinggi di dunia, angka kematian mencapai 225.700 jiwa per tahun

akibat konsumsi tembakau. Data Global Adult Tobacco Survey (GATS) 2021 menunjukkan bahwa 34,5% orang dewasa merupakan konsumen tembakau di Indonesia, dengan proporsi laki-laki mencapai 65,5% dan perempuan 3,3%. Bahkan berdasarkan Survei Kesehatan Indonesia (2023), kelompok rentang usia 15-19 tahun merupakan kelompok terbesar perokok aktif di Indonesia, yang menunjukkan bahwa kebiasaan merokok terbentuk pada saat usia remaja (Perokok Aktif di Indonesia Tembus 70 Juta Orang, n.d.).

Literatur terbaru menunjukkan bahwa nikotin, karbon monoksida, dan logam berat dalam asap rokok dapat menghambat penyerapan kalsium, menurunkan kadar vitamin D, serta mengurangi suplai oksigen ke jaringan tulang (Li et al., 2020; Tarantino et al., 2021). Dampak ini berkontribusi pada penurunannya *Bone Mineral Density (BMD)* dan terganggunya proses penyembuhan fraktur. International Osteoporosis Foundation (IOF) menyebutkan bahwa merokok adalah salah satu faktor risiko independen terhadap osteoporosis dan fraktur pada populasi dewasa, terutama pada usia lanjut dan perempuan menopause, penyakit ini berada di peringkat kedua setelah jantung dalam hal pengaruh buruk terhadap kualitas hidup seseorang (Cooper et al., 2021; J, 2019). Selain itu, merokok juga memicu stres oksidatif dan gangguan hormonal yang memperburuk homeostasis tulang (Hecht & Szabo, 2014; Lorentzon, M. and Cummings, 2015).

Di Indonesia, angka kejadian osteoporosis cukup tinggi; sekitar 23% wanita berusia 50–80 tahun mengalaminya, dan jumlahnya meningkat hingga 53% pada usia di atas 80 tahun (Kemenkes, 2023). Salah satunya di Sumatera Utara juga termasuk

wilayah dengan risiko osteoporosis yang tinggi, sehingga kondisi ini perlu mendapatkan perhatian lebih. Paparan asap rokok diduga menjadi salah satu penyebab yang memperburuk kesehatan tulang di daerah tersebut (Limbong & Syahrul, 2022).

Namun, tidak semua penelitian menunjukkan penurunan *Bone Mineral Density (BMD)* yang signifikan. Beberapa studi menemukan bahwa nilai BMD perokok dan non-perokok dapat terlihat serupa, meskipun angka fraktur tetap lebih tinggi pada perokok (Rodionova et al., 2020). Hal ini mengarah pada dugaan bahwa merokok tidak hanya mempengaruhi *massa tulang (density)*, tetapi juga kualitas mikroarsitektur tulang, yang jarang diukur dalam penelitian klinis. Studi eksperimental bahkan menunjukkan perubahan struktur kolagen, orientasi mineral tulang, dan kualitas biomekanik akibat paparan rokok dalam jangka panjang (Hopper, 2018; Sasaki et al., 2018).

Di sinilah kesenjangan penelitian muncul. Kebanyakan kajian berfokus pada *Bone Mineral Density (BMD)* sebagai indikator utama, padahal kerentanan fraktur juga dapat dipengaruhi oleh kualitas tulang yang lebih subtil, misalnya mikroarsitektur trabekular, orientasi kolagen, dan kekuatan biomekanik. Selain itu, sedikit penelitian yang

menggabungkan secara komprehensif mekanisme biologis, temuan klinis, dan data eksperimental untuk melihat bagaimana rokok mempengaruhi tulang pada kelompok populasi yang berbeda, seperti remaja, usia produktif, lansia, dan wanita menopause. Padahal, ulasan sistematis terbaru menunjukkan bahwa risiko fraktur pada kelompok perokok meningkat 25-40% meskipun BMD-nya tidak selalu berbeda jauh (Ward KD, 2001).

Berdasarkan kesenjangan tersebut, penelitian ini disusun untuk meninjau bukti ilmiah terbaru mengenai pengaruh merokok terhadap kekuatan dan kesehatan tulang. Kajian ini bertujuan untuk memahami mekanisme biologis yang terlibat, menilai risiko pada berbagai kelompok usia, serta menyatukan temuan eksperimental dan klinis sehingga menghasilkan gambaran yang lebih komprehensif mengenai bahaya merokok terhadap sistem rangka. Diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan pemahaman yang lebih jelas tentang bahaya merokok bagi kesehatan tulang dan menjadi dasar untuk upaya pencegahan, edukasi, serta pembuatan kebijakan publik yang dapat menurunkan angka perokok dan risiko osteoporosis di masyarakat.

METODE

Studi ini menggunakan metode *literature review*, dengan menelaah dan menganalisis berbagai hasil penelitian sebelumnya, seperti jurnal dan publikasi lainnya yang relevan, dengan topik yang berkaitan dengan dampak merokok terhadap kekuatan dan kesehatan tulang, yaitu dengan cara membaca, mengidentifikasi tema penting, membandingkan hasil antara-studi dan menyusun pola umum. Proses

penelusuran ini dilakukan secara sistematis agar literatur yang digunakan relevan dan mampu mendukung tujuan kajian.

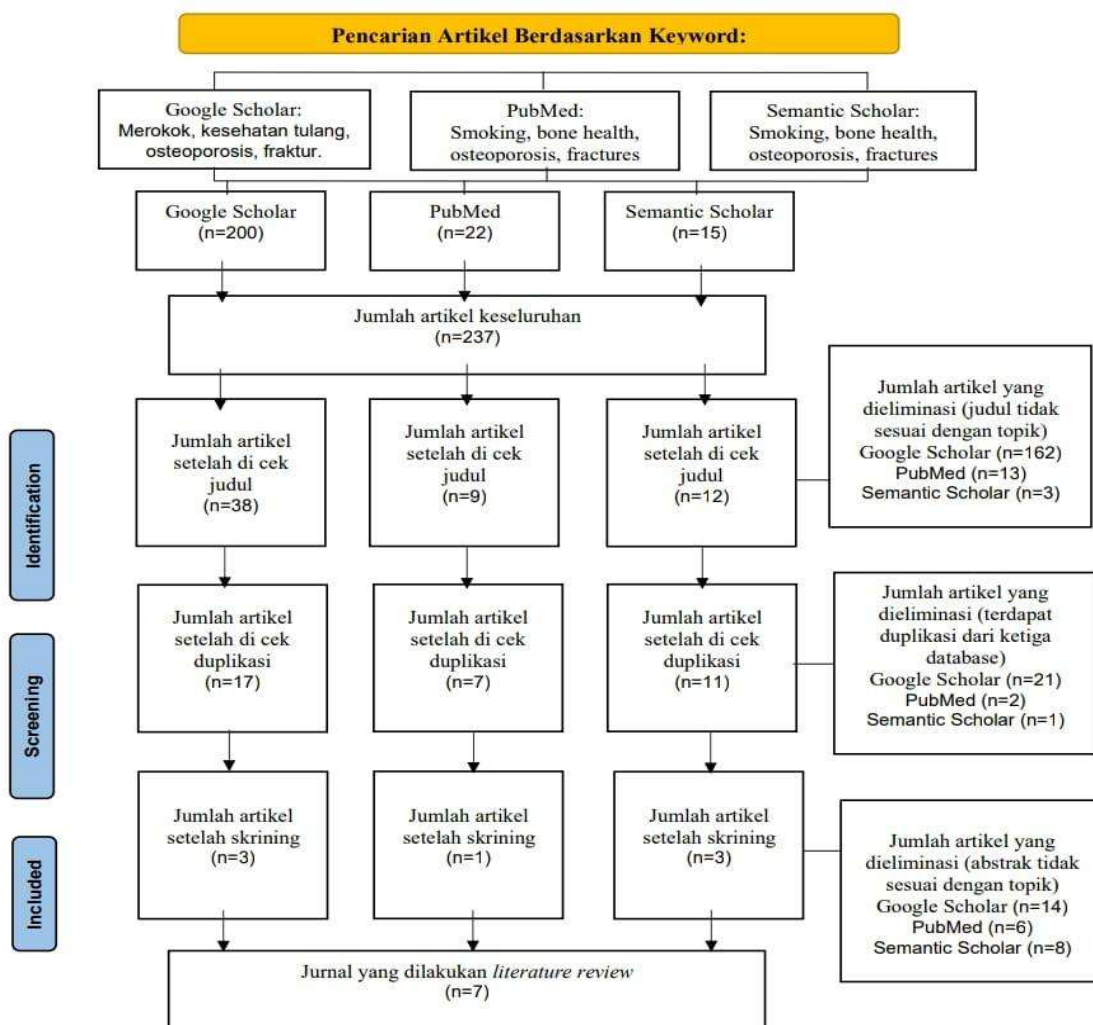
Pencarian sumber artikel dilakukan melalui database Google Scholar, PubMed, dan Semantic Scholar dengan menggunakan kata kunci antara lain: “merokok”, “kesehatan tulang”, “osteoporosis”, “fraktur”. Pencarian tidak dibatasi pada satu jenis desain penelitian sehingga mencakup studi observasional, dan

artikel tinjauan. Seleksi literatur dilakukan dalam beberapa tahap. Tahap pertama dilakukan melalui pemeriksaan judul yang sesuai dengan topik, tahap kedua dengan pengecekan duplikasi dari ketiga database, dan tahap ketiga pengecekan abstrak yang sesuai dengan topik.

Artikel yang dipilih pada penelitian ini yang memenuhi kriteria inklusi, dalam pemilihan literatur, yaitu: (1) artikel berbahasa Indonesia atau Inggris, (2) terbit dalam periode 2015-2025, dan (3) membahas hubungan merokok dengan kepadatan tulang, metabolisme tulang, risiko fraktur atau

mekanisme biologis terkait paparan rokok terhadap tulang. Sedangkan kriteria eksklusi, yaitu: (1) artikel yang tidak membahas tulang, (2) artikel yang tidak memiliki data lengkap, dan (3) artikel yang tidak dapat diverifikasi dikeluarkan dari proses analisis.

Proses analisis pemilihan dan penyaringan artikel dilakukan dengan mengikuti alur PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Review and Meta-Analysis*). Dari tahapan seleksi tersebut, terkumpul 7 artikel yang dinilai sesuai dengan kriteria dan kemudian digunakan sebagai bahan analisis dalam penelitian ini.



Gambar 1. Prisma Flow Diagram

HASIL

Sebelum membahas hasil utama penelitian ini, peneliti terlebih dahulu melakukan peninjauan terhadap sejumlah artikel jurnal yang dianggap relevan dengan topik kajian. Langkah ini penting dilakukan agar memperoleh gambaran yang lebih jelas mengenai bagaimana para peneliti sebelumnya memandang, menyelidiki, dan menyimpulkan permasalahan yang serupa. Melalui proses penelaahan tersebut, peneliti dapat membandingkan berbagai temuan,

memahami perbedaan pendekatan metodologis yang digunakan, serta melihat kecenderungan hasil penelitian terdahulu. Selain itu, kegiatan ini juga membantu memperkuat landasan teori yang digunakan dalam penelitian, sehingga arah analisis menjadi lebih tajam dan terarah. Ringkasan dari hasil telaah literatur tersebut kemudian dirangkum dan disajikan dalam bentuk tabel berikut sebagai bahan pendukung dalam pembahasan penelitian.

Tabel 1. Hasil review

Penulis/Tahun	Judul	Metode	Hasil
(Nguyen, 2018)	Smoking Status on Bone Health and Osteoporosis Prevalence	Analisis data <i>populasi/survei epidemiologis</i> (hubungan status merokok dengan kesehatan tulang)	Hasil menunjukkan bahwa individu yang merokok memiliki kecenderungan lebih tinggi untuk mengalami penurunan massa tulang dan lebih rentan terhadap terjadinya osteoporosis, terutama pada lansia. Merokok digambarkan sebagai faktor risiko signifikan yang mampu mempercepat proses pengeroposan terhadap tulang serta mengurangi kekuatan dan kualitas jaring tulang. Nguyen menekankan bahwa efek merokok tidak hanya berhubungan dengan penurunan <i>densitas mineral</i> , tetapi juga mempengaruhi kemampuan tubuh untuk mempertahankan metabolisme tulang yang seimbang. Serta memberikan gambaran bahwa upaya pencegahan osteoporosis harus mempertimbangkan modifikasi gaya hidup, termasuk menghentikan kebiasaan merokok, sebagai langkah strategis untuk mengurangi risiko gangguan skeletal.
(Mafazah et al., 2016)	Hubungan Tingkat Kecukupan Kalsium dan Kebiasaan Merokok dengan Kepadatan Tulang pada Wanita di Desa Klumpit Kabupaten Kudus	Metode survei dengan desain observasional cross sectional menggunakan teknik pengambilan sampel stratified random sampling.	Penelitian observasional ini, yang melibatkan 60 wanita usia 26–44 tahun di Desa Klumpit, Kudus, meneliti hubungan antara tingkat kecukupan kalsium dan kebiasaan merokok dengan kepadatan tulang. Hasil survei menunjukkan bahwa rata-rata asupan kalsium responden adalah 97,58 mg/hari, dengan mayoritas (43,3%) mengalami defisiensi kalsium. Rata-rata kepadatan tulang responden adalah 1,29 gram/cm ² , dan proporsi responden yang mengalami kerapuhan tulang sangat besar (63,3%), terdiri dari 40% osteoporosis dan 23,3% osteopenia.

			<p>Analisis bivariat menunjukkan adanya hubungan yang kuat dan signifikan secara positif antara tingkat kecukupan kalsium dengan kepadatan tulang. Sementara itu, terdapat hubungan yang signifikan dan cukup kuat dengan arah negatif antara kebiasaan merokok (frekuensi merokok) dengan kepadatan tulang. Korelasi negatif ini menunjukkan bahwa semakin tinggi frekuensi merokok (rata-rata 4,67 batang/hari pada sampel perokok), makin turun tingkat kepadatan tulang, sehingga merokok terbukti meningkatkan risiko osteoporosis.</p>
(Sabrina et al., 2023)	<p>Pengaruh Merokok Terhadap Kualitas Tulang Pada Perempuan Menopause Range Usia 45 Tahun Keatas.</p>	<p>Analisis deskriptif, dengan cara mengumpulkan dan menganalisis artikel penelitian terkait pengaruh merokok pada kualitas tulang pada wanita menopause.</p>	<p>Merokok terbukti berdampak negatif pada kualitas tulang wanita menopause. Kandungan berbahaya dalam rokok menurunkan kadar hormon estrogen, yang berperan penting dalam proses pembentukan dan penghancuran tulang. Penurunan estrogen ini mempercepat kehilangan massa tulang dan meningkatkan risiko patah tulang. Asap rokok juga memicu stres oksidatif yang dapat menyebabkan menopause dini, menghambat penyerapan vitamin D, serta mengganggu kadar Parathormon (PTH). Selain itu, rokok memberi efek toksik pada osteoblas dan mengganggu aliran darah ke tulang. Akibatnya, perokok memiliki densitas mineral tulang (BMD) lebih rendah, dengan angka kejadian osteoporosis lebih tinggi (31,3%) dibanding mantan perokok (26,6%) dan non-perokok (7,5%). Sebaliknya, wanita yang tidak merokok menunjukkan kualitas tulang yang lebih baik.</p>
(Mamasta & Maulina, 2021)	<p>Hubungan Antara Derajat Perilaku Merokok Dengan Indeks Bone Mineral Density (Bmd) di RS Murni Teguh Medan Tahun 2020</p>	<p>Penelitian kuantitatif korelasional dengan menggunakan instrumen kuesioner Indeks Brinkman dan data rekam medis BMD, serta analisis statistik Uji Korelasi Spearman.</p>	<p>Merokok terbukti berdampak negatif pada kualitas tulang wanita menopause. Kandungan berbahaya dalam rokok menurunkan kadar hormon estrogen, yang berperan penting dalam proses pembentukan dan penghancuran tulang. Penurunan estrogen ini mempercepat kehilangan massa tulang dan meningkatkan risiko patah tulang. Asap rokok juga memicu stres oksidatif yang dapat menyebabkan menopause dini, menghambat penyerapan vitamin D, serta mengganggu kadar Parathormon (PTH). Selain itu, rokok memberi efek toksik pada osteoblas dan mengganggu aliran darah ke tulang. Akibatnya, perokok memiliki densitas mineral tulang (BMD) lebih rendah, dengan angka</p>

			kejadian osteoporosis lebih tinggi (31,3%) dibanding mantan perokok (26,6%) dan non-perokok (7,5%). Sebaliknya, wanita yang tidak merokok menunjukkan kualitas tulang yang lebih baik.
(Sasaki et al., 2018)	Effects of long-term cigarette smoke exposure on bone metabolism, structure, and quality in a mouse model of emphysema	Penelitian eksperimental pada tikus C57BL/6J yang dipaparkan asap rokok model nose-only selama 4, 20, dan 40 minggu. Pemeriksaan berupa micro-CT untuk mengetahui struktur tulang, histomorfometri tulang untuk mengetahui osteoklas dan osteoblas, biomarker metabolisme tulang berupa deoxyypyridinoline dan osteocalcin, dan pemeriksaan mekanik pada tulang, serta analisis kualitas tulang melalui orientasi kolagen dan apatite c-axis.	Paparan jangka pendek selama 4 minggu menurunkan pengeroposan tulang dan meningkatkan volume trabekular atau tulang tampak lebih tebal. Pada paparan jangka panjang selama 20 - 40 minggu pengeroposan tulang terjadi secara signifikan, di mana jumlah osteoklas naik dan pertumbuhan tulang terhambat. Selain itu, struktur kolagen dan mineral tulang menjadi tidak terstruktur yang mengakibatkan terjadi penurunan kualitas tulang meski volume meningkat, seperti orientasi kolagen terganggu dan penurunan alignment c-axis biologis apatite. Pertumbuhan vertebra juga terganggu dan densitas tidak meningkatkan kekuatan tulang.
(Rodionova et al., 2020)	Smoking and alcohol abuse as risk factors causing low-energy fractures in males suffering from primary osteoporosis (Tahun 2020)	Studi terbuka terkontrol dengan analisis kuantitatif menggunakan tabel kontingensi dan uji Fisher exact.	Penelitian ini menunjukkan bahwa merokok dan penyalahgunaan alkohol tidak terbukti adanya pengaruh yang signifikan terhadap penurunan densitas mineral tulang. Nilai BMD absolut (pada satuan g/cm) pada orang yang merokok dengan orang yang tidak merokok rentangnya tidak terlalu jauh dan dapat dikatakan hampir sama, serta berdasarkan hasil analisis statistik tidak ditemukannya perbedaan yang signifikan. Dengan demikian, kebiasaan merokok dan penyalahgunaan alkohol tidak terbukti dapat menyebabkan penurunan massa tulang secara langsung pada pasien dengan osteoporosis primer. Namun, meski begitu kebiasaan merokok secara jelas tetap dapat meningkatkan risiko terjadinya fraktur terutama pada tulang belakang dan femur proksimal. Data menunjukkan bahwa pasien yang merokok jauh lebih sering mengalami kejadian fraktur dibandingkan dengan pasien yang tidak merokok. Secara keseluruhan hal tersebut menunjukkan bahwa efek samping dari kebiasaan merokok tidak selalu hanya terlihat dari nilai BMD, tetapi juga dapat lebih

			terlihat dengan tingginya kejadian patah tulang.
(Al-Bashaireh et al., 2018a)	The Effect of Tobacco Smoking on Bone Mass: An Overview of Pathophysiological Mechanisms. Journal of Osteoporosis(2018).	Pengumpulan data baru melalui eksperimen, survei, atau studi klinis primer.	Tujuannya adalah untuk memberikan pemahaman komprehensif mengenai mekanisme patofisiologis spesifik dimana paparan tembakau dapat mempengaruhi kesehatan tulang. Rokok tembakau adalah faktor risiko yang signifikan terhadap penyakit tulang. Merokok menciptakan ketidakseimbangan bone turnover dengan secara kuat meningkatkan resorpsi tulang (aktivitas osteoklas) dan, pada saat yang sama, menghambat pembentukan tulang baru (aktivitas osteoblas). Disfungsi ini diperantarai oleh berbagai mekanisme biologis: peningkatan stres oksidatif, deregulasi produksi dan metabolisme hormon seks (estrogen dan androgen), dan peningkatan kadar sitokin inflamasi yang merusak tulang. Secara keseluruhan, efek ini secara kolektif mempercepat hilangnya massa tulang, berkontribusi pada perkembangan osteoporosis dan meningkatkan kerentanan individu terhadap fraktur (patah tulang).

PEMBAHASAN

Pengaruh Rokok terhadap Kekuatan Tulang

Berdasarkan berbagai penelitian, pola besar yang tampak konsisten adalah bahwa merokok dapat melemahkan struktur tulang melalui beberapa jalur biologis sekaligus. Pada populasi klinis, perokok cenderung menunjukkan penurunan *Bone Mineral Density (BMD)* yang lebih jelas dibanding non-perokok, dan temuan ini berulang pada pasien ortopedi, wanita menopause, hingga kelompok risiko yang tinggi seperti osteoporosis primer. Tren penurunan densitas tulang ini paling nyata pada perokok berat, sebagaimana tampak pada penelitian dengan Indeks Brinkman yang menunjukkan korelasi negatif antara tingkat merokok dan BMD (Mamasta & Maulina, 2021).

Penelitian pada wanita menopause memperlihatkan dampak yang lebih tajam,

karena zat yang ada dalam rokok mengganggu metabolisme estrogen yang berperan menjaga keseimbangan pembentukan pada resorpsi tulang. Akibatnya penurunan kalsium dan percepatan pengeroposan menjadi lebih menonjol pada kelompok usia ini (Sabrina et al., 2023). Temuan serupa juga muncul pada studi populasi yang lebih luas, di mana merokok disebut menurunkan mineralisasi tulang dan meningkatkan risiko osteoporosis maupun patah tulang, terutama pada kelompok lansia yang memiliki kerentanan fraktur lebih tinggi (Nguyen, 2018).

Pada kelompok pria dengan osteoporosis primer, pola risikonya tetap sama, yaitu perokok mengalami patah tulang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan non-perokok. Efek ini tampaknya berkaitan dengan gangguan keseimbangan kalsium dan dominasi aktivitas osteoklas, sehingga tulang

kehilangan massa jauh lebih cepat (Rodionova et al., 2020). Mekanisme tersebut diperkuat oleh tinjauan patofisiologi yang menunjukkan bahwa rokok mengacaukan vitamin D, paratiroid, serta meningkatkan stres oksidatif, sehingga proses *bone turnover* menjadi tidak seimbang (Al-Bashaireh et al., 2018b).

Bahkan pada model hewan, efek merokok terlihat konsisten, seperti paparan jangka panjang menyebabkan mikroarsitektur tulang oleh osteoblas (Sasaki et al., 2018). Konsistensi ini menguatkan bahwa kerusakan tulang pada perokok bukan hanya fenomena klinis, tetapi juga bersifat biologis dan struktural. Pada studi wanita di pedesaan, kebiasaan merokok tetap muncul sebagai faktor risiko penting, dengan prevalensi osteopenia cukup tinggi dan risiko osteoporosis menjadi jauh lebih tinggi. Hal ini menegaskan bahwa efek merokok tidak hanya terjadi pada populasi khusus, tetapi juga pada lintas usia, lokasi, dan tingkat paparan (Mafazah et al., 2016).

Secara keseluruhan, lintas studi menunjukkan pola yang stabil, yaitu semakin tinggi intensitas dan lamanya seseorang merokok, semakin besar penurunan massa dan kualitas tulang, baik melalui penurunan *Bone Mineral Density (BMD)*, gangguan hormonal, stres oksidatif, hingga kerusakan mikroarsitektur. Bukti-bukti ini juga berpengaruh pada rekomendasi pencegahan yang beragam, seperti penghentian merokok, peningkatan asupan kalsium-vitamin D, serta pemantauan densitas tulang secara berkala hingga terdapat strategi yang terbukti mampu memperlambat bahkan membalikkan sebagian efek buruk rokok pada sistem skeletal (Nguyen, 2018).

Faktor Penyebab Kerusakan Tulang

Hasil penelitian dari beberapa jurnal menunjukkan bahwa merokok merupakan faktor penting yang dapat mempercepat kerusakan dan penurunan kesehatan tulang melalui mekanisme biologis dan efek jangka panjang yang selalu ditemukan dalam berbagai populasi. Nikotin dapat meningkatkan aktivitas sel osteoklas melalui jalur RANKL–RANK, sehingga proses resorpsi tulang menjadi lebih cepat terjadi, sementara osteoblas akan mengalami penurunan fungsi yang berakibat proses pembentukan tulang baru menjadi tidak optimal (Mamasta & Maulina, 2021). Mekanisme ini menyebabkan massa tulang berkurang lebih cepat dibandingkan orang yang tidak merokok.

Selain itu, penelitian oleh (Sabrina et al., 2023) menjelaskan bahwa merokok akan mempengaruhi struktur tulang trabekular melalui efek toksik nikotin dan gangguan keseimbangan kalsium dan fosfat. Paparan rokok juga dapat mengurangi kekuatan tulang secara mekanis dan meningkatkan risiko osteoporosis karena gangguan pada keseimbangan antara pembentukan dan penguraian tulang.

Penelitian di Desa Klumpit menemukan adanya korelasi negatif yang signifikan antara frekuensi merokok dan kepadatan tulang ($r = -0,488$), hal ini menunjukkan bahwa merokok dapat menyebabkan kerusakan tulang bahkan pada usia produktif, bukan hanya pada orang tua saja. Secara keseluruhan, merokok mempengaruhi kesehatan tulang karena mempercepat proses resorpsi tulang, menghambat pembentukan tulang, merusak struktur trabekular, dan mengganggu penyerapan mineral, hal-hal tersebut

meningkatkan risiko terjadinya osteopenia dan osteoporosis pada perokok.

Strategi Pencegahan Kerusakan Tulang

Strategi pencegahan kerusakan tulang pada perokok perlu diarahkan pada upaya yang mampu mengurangi gangguan biologis yang ditimbulkan oleh paparan asap rokok. Merokok diketahui menyebabkan penurunan aktivitas osteoblas, peningkatan resorpsi tulang, serta gangguan penyerapan kalsium dan vitamin D, sehingga berhenti merokok menjadi langkah utama dalam mencegah percepatan kerusakan struktur tulang (Sasaki et al., 2018). Penghentian merokok juga terbukti menurunkan stres oksidatif dan memperbaiki suplai oksigen jaringan, sehingga proses regenerasi tulang dapat berjalan lebih optimal.

Selain berhenti merokok, perbaikan nutrisi merupakan komponen penting dalam pencegahan. Perokok cenderung memiliki asupan kalsium dan vitamin D yang lebih rendah dibandingkan non-perokok, sehingga lebih rentan mengalami penurunan mineralisasi tulang. Peningkatan konsumsi makanan kaya kalsium dan vitamin D, maupun suplementasi sesuai kebutuhan, dapat membantu memperbaiki kepadatan tulang serta mengimbangi efek negatif paparan zat toksik rokok terhadap metabolisme tulang (Sabrina et al., 2023).

Upaya lain yang berpengaruh adalah aktivitas fisik teratur, terutama latihan yang memberikan beban pada tulang. Aktivitas fisik dapat meningkatkan stimulasi mekanis yang diperlukan untuk mempertahankan kekuatan dan struktur trabekular tulang. Perilaku merokok sering dikaitkan dengan rendahnya aktivitas fisik, sehingga latihan teratur minimal 150 menit per minggu perlu

ditekankan bagi individu yang memiliki kebiasaan merokok untuk menjaga kesehatan tulang secara optimal (Mafazah et al., 2016).

Selain itu, pemeriksaan densitas mineral tulang secara berkala penting dilakukan mengingat kerusakan tulang akibat merokok sering berkembang tanpa gejala. Pemeriksaan seperti DXA memungkinkan deteksi dini terhadap penurunan kepadatan tulang sehingga intervensi dapat dilakukan lebih cepat sebelum terjadi komplikasi seperti osteopenia atau fraktur (Nguyen, 2018). Deteksi dini menjadi langkah yang sangat relevan terutama bagi perokok dengan faktor risiko tambahan seperti usia lanjut atau riwayat penyakit metabolik.

Secara keseluruhan, pencegahan kerusakan tulang pada perokok perlu dilakukan melalui kombinasi penghentian merokok, perbaikan nutrisi, peningkatan aktivitas fisik, dan pemeriksaan rutin. Pendekatan komprehensif ini mampu menargetkan mekanisme biologis yang terganggu akibat paparan rokok sehingga lebih efektif dalam mencegah penurunan kualitas tulang maupun risiko komplikasi jangka panjang (Rodionova et al., 2020).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dari berbagai penelitian, dapat disimpulkan bahwa kebiasaan merokok membawa dampak nyata dan berlapis terhadap kekuatan dan kesehatan tulang. Kandungan nikotin, karbon monoksida, dan berbagai zat toksik lainnya dalam rokok terbukti menghambat proses pembentukan tulang sekaligus mempercepat pengeroposan. Merokok menurunkan aktivitas osteoblas, meningkatkan aktivitas osteoklas, serta menghambat penyerapan

kalsium dan vitamin D yang sangat dibutuhkan untuk mempertahankan kepadatan tulang.

Penurunan aliran darah ke jaringan tulang, stres oksidatif, serta gangguan hormonal. Seperti hormon estrogen yang terjadi pada perempuan maupun testosteron yang terjadi pada laki-laki, yang dapat memperburuk kondisi tulang perokok. Berbagai penelitian yang dikaji dalam literatur ini secara konsisten menunjukkan bahwa perokok memiliki densitas mineral tulang yang lebih rendah, lebih rentan mengalami osteopenia dan osteoporosis, serta memiliki risiko pada fraktur yang lebih tinggi dibandingkan orang yang tidak merokok. Meski beberapa studi menemukan bahwa *Bone Mineral Density (BMD)* tidak selalu berbeda secara signifikan antara perokok dan nonperokok, angka pada kasus patah tulang lebih tinggi pada kelompok perokok. Hal ini menegaskan bahwa dampak merokok tidak hanya terlihat dari angka BMD saja, tetapi juga dilihat pada kualitas struktur tulang secara keseluruhan.

Secara umum, hasil kajian ini menegaskan bahwa merokok merupakan salah satu faktor yang berisiko terhadap terjadinya kerusakan tulang, baik pada usia produktif, lansia maupun kelompok khusus seperti wanita menopause. Oleh karena itu, upaya pencegahan seperti berhenti merokok, menjaga aktivitas fisik, serta melakukan pemeriksaan tulang secara berkala perlu diupayakan untuk menghindari risiko gangguan muskuloskeletal di masa yang akan datang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan segala kerendahan hati dan rasa syukur, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan, baik

secara langsung maupun tidak langsung, dalam proses penyusunan literatur review ini. Proses penulis ini tentu tidak lepas dari bantuan, arahan, dan dorongan dari berbagai pihak yang telah memberikan waktu, tenaga, serta pemikiran terbaiknya. Ucapan terima kasih secara khusus, penulis sampaikan kepada dosen pembimbing Ibu Popi Sopiah, S.Kp.,M Biomedik yang telah memberikan arahan, masukan, serta bimbingan yang sangat berarti sejak tahap awal hingga penyelesaian tulisan ini. Penulis juga berterima kasih kepada rekan-rekan yang ikut membantu dalam pencarian referensi, berdiskusi, dan memberikan saran yang membantu memperkaya isi kajian.

Tidak lupa, penulis menyampaikan apresiasi kepada keluarga yang selalu memberikan doa, dorongan, dan semangat sehingga penulis dapat menyelesaikan karya ini dengan baik. Seluruh kontribusi dan kebaikan yang diberikan sangat berarti bagi penulis.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Bashaireh, A. M., Haddad, L. G., Weaver, M., Chengguo, X., Kelly, D. L., & Yoon, S. (2018a). The Effect of Tobacco Smoking on Bone Mass: An Overview of Pathophysiologic Mechanisms. *Journal of Osteoporosis*, 2018. <https://doi.org/10.1155/2018/1206235>
- Al-Bashaireh, A. M., Haddad, L., Weaver, M., Chengguo, X., Kelly, D., & Yoon, S. L. (2018b). The Effect of Tobacco Smoking on Bone Mass: An Overview of Pathophysiologic Mechanisms. In *Journal of Osteoporosis* (Vol. 2018). <https://doi.org/10.1155/2018/1206235>
- Cooper, C., Halbout, P., Reginster, J.-Y., & Kanis, J. A. (2021). *The statistics are startling. Chair of the IOF Committee of National Societies A Letter to All Europeans. SCORECARD FOR OSTEOPOROSIS IN EUROPE SCOPE 2021 Summary Report.*
- Hecht, S. S., & Szabo, E. (2014). Fifty years of tobacco carcinogenesis research: From mechanisms to early detection and prevention of lung cancer. *Cancer Prevention Research*, 7(1), 1–8. <https://doi.org/10.1158/1940-6207.CAPR-13->

- 0371
- Hopper. (2018). *J Bone Miner Res – bone microarchitecture*.
- J, K. Jc. Cr. Rr. (2019). *European guidance for the diagnosis and management of osteoporosis in postmenopausal women*.
<https://doi.org/10.1007/s00198-018-4704-5>
- Kemendes. (2023). Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor HK.01.07/Menkes/2171/2023 tentang Pedoman Nasional Pelayanan Kedokteran Tata laksana Osteoporosis. *Pusat Data Dan Informasi Kementerian Kesehatan RI*, 1–160.
<https://pusdatin.kemkes.go.id/article/view/21051100002/situasi-osteoporosis-di-indonesia.html>
- Li, H., Wallin, M., Barregard, L., Sallsten, G., Lundh, T., Ohlsson, C., Mellström, D., & Andersson, E. M. (2020). Smoking-Induced Risk of Osteoporosis Is Partly Mediated by Cadmium From Tobacco Smoke: The MrOS Sweden Study. *Journal of Bone and Mineral Research : The Official Journal of the American Society for Bone and Mineral Research*, 35(8), 1424–1429.
<https://doi.org/10.1002/jbmr.4014>
- Limbong, E. A., & Syahrul, F. (2022). Risk Ratio of Osteoporosis. *Jurnal Berkala Epidemiologi*, 3(2), 194.
- Lorentzon, M. and Cummings, S. R. (2015). *Osteoporosis in Dentistry*.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1111/joim.12369>
- Mafazah, N., Rosidi, A., & Kholifatuddin, Y. (2016). Hubungan Tingkat Kecukupan Kalsium dan Kebiasaan Merokok dengan Kepadatan Tulang Pada Wanita di Desa Klumpit Kabupaten Kudus. *Jurnal Gizi*.
<https://jurnal.unimus.ac.id/index.php/jgizi/article/view/1941>
- Mamasta, K. F. A., & Maulina, B. (2021). HUBUNGAN ANTARA DERAJAT PERILAKU MEROKOK DENGAN INDEKS BONE MINERAL DENSITY (BMD) DI RS MURNI TEGUH MEDAN TAHUN 2020. *Jurnal Kedokteran Ibnu Nafis*.
<https://jurnal.fk.uisu.ac.id/index.php/ibnunafis/article/view/129>
- Nguyen, V. H. (2018). Smoking Status on Bone Health and Osteoporosis Prevalence. In *Osong public health and research perspectives* (Vol. 9, Issue 4, pp. 213–214).
<https://doi.org/10.24171/j.phrp.2018.9.4.11>
- Perokok Aktif di Indonesia Tembus 70 Juta Orang, M. A. M. (n.d.). *No Title*.
- Robert N Proctor. (2012). *The history of the discovery of the cigarette-lung cancer link: evidentiary traditions, corporate denial, global toll*.
<https://doi.org/10.1136/tobaccocontrol-2011-050338>
- Rodionova, S., Khakimov, U. R., Morozov, A. K., & Krivova, A. V. (2020). Smoking and alcohol abuse as risk factors causing low-energy fractures in males suffering from primary osteoporosis. In *Health Risk Analysis*.
<https://doi.org/10.21668/health.risk/2020.2.14>
- Sabrina, F., Mochtar, N. M., Laitupa, A. A., & ... (2023). Pengaruh Merokok Terhadap Kualitas Tulang Pada Perempuan Menopause Range Usia 45 Tahun Keatas. In *Jurnal Ilmiah: J academia.edu*.
https://www.academia.edu/download/123669505/6255-Article_Text-24876-1-10-20230823.pdf
- Sasaki, M., Chubachi, S., Kameyama, N., Sato, M., Haraguchi, M., Miyazaki, M., Takahashi, S., Nakano, T., Kuroda, Y., Betsuyaku, T., & Matsuo, K. (2018). Effects of long-term cigarette smoke exposure on bone metabolism, structure, and quality in a mouse model of emphysema. In *PLoS ONE* (Vol. 13).
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0191611>
- Tales Tobacco Told in Sixteenth-Century Europe. (n.d.). *No Title*.
- Tarantino, U., Cariati, I., Greggi, C., Gasbarra, E., Belluati, A., Ciolli, L., Maccauro, G., Momoli, A., Ripanti, S., Falez, F., & Brandi, M. L. (2021). Skeletal System Biology and Smoke Damage: From Basic Science to Medical Clinic. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(12).
<https://doi.org/10.3390/ijms22126629>
- The Impact of Smoking on Bone Metabolism, B. M. D. and V. F. in P. W. (n.d.). *No Title*.
- Ward, K. D., & Klesges, R. C. (2001). *A Meta-Analysis of the Effects of Cigarette Smoking on Bone Mineral Density*.
<https://doi.org/10.1007/BF02390832>
- Ward KD, K. R. (2001). *A meta-analysis of the effects of cigarette smoking on bone mineral density*.
<https://doi.org/10.1007/BF02390832>. PMID: 11683532.

Jurnal Ilmiah Kesehatan Mandala Waluya (JIKMW) is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

