

Radiografi Knee Joint Weight Bearing dan Non Weight Bearing dalam Menilai Celah Sendi pada Pasien dengan Klinis Osteoarthritis di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Adam Malik Medan

Hotben Lubis^{1*}, Selviana Br Naibaho²

¹Program Studi D-III Radiodiagnostik dan Radioterapi, Universitas Senior Medan, Indonesia

²Alumni Program Studi Radiodiagnostik dan Radioterapi, Universitas Senior Medan, Indonesia

E-mail: hotbenlubis1971@gmail.com

*Corresponding Author

 <https://doi.org/10.31004/jerkin.v5i1.7550>

ARTICLE INFO

Article history:

Received: 18 Jul 2026

Revised: 24 Jul 2026

Accepted: 30 Jul 2026

Kata Kunci:

Osteoarthritis, Knee Joint, Weight Bearing, Non Weight Bearing, Celah Sendi, Radiografi, Digital Radiography (DR).

Keywords:

Osteoarthritis, Knee Joint, Weight Bearing, Non Weight Bearing, Joint Space, Radiography, Digital Radiography (DR).



ABSTRACT

Osteoarthritis merupakan penyakit sendi degeneratif yang ditandai dengan kerusakan kartilago artikular, penyempitan celah sendi, pembentukan osteofit, dan sklerosis subkondral. Salah satu pemeriksaan penunjang untuk menilai perubahan tersebut adalah radiografi knee joint, yang dapat dilakukan dengan metode weight bearing maupun non weight bearing dan menghasilkan visualisasi celah sendi yang berbeda sesuai kondisi pembebanan pada sendi lutut. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui gambaran hasil radiografi knee joint metode weight bearing dan non weight bearing dalam menilai celah sendi pada pasien dengan klinis osteoarthritis di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Adam Malik Medan. Penelitian menggunakan metode deskriptif kualitatif dengan teknik observasi dan dokumentasi terhadap dua pasien osteoarthritis yang menjalani pemeriksaan radiografi knee joint proyeksi Antero-Posterior (AP) menggunakan sistem Digital Radiography (DR). Hasil penelitian menunjukkan bahwa kedua metode mampu memperlihatkan gambaran anatomi knee joint, namun metode weight bearing memberikan visualisasi penyempitan celah sendi tibiofemoral yang lebih jelas dibandingkan metode non weight bearing karena adanya pembebanan fisiologis pada sendi lutut. Disimpulkan bahwa radiografi knee joint metode weight bearing lebih membantu dalam mengevaluasi perubahan degeneratif dan menilai penyempitan celah sendi pada pasien dengan klinis osteoarthritis.

Osteoarthritis is a degenerative joint disease characterized by articular cartilage damage, joint space narrowing, osteophyte formation, and subchondral sclerosis. Knee joint radiography is one of the supporting examinations used to evaluate these changes, and it can be performed using weight-bearing or non-weight-bearing methods that produce different joint space visualizations depending on the loading condition of the knee joint. This study aimed to describe the radiographic findings of weight-bearing and non-weight-bearing knee joint examinations in assessing joint space in patients with clinical osteoarthritis at the Radiology Installation of Adam Malik Hospital, Medan. This study employed a descriptive qualitative method using observation and documentation techniques involving two patients with clinical osteoarthritis who underwent anteroposterior (AP) knee joint radiography using a Digital Radiography (DR) system. The results showed that both examination methods were able to demonstrate the anatomical structures of the knee joint; however, the weight-bearing method provided a clearer visualization of tibiofemoral joint space narrowing than the non-weight-bearing method because of physiological loading on the knee joint. It is concluded that weight-bearing knee joint radiography is more effective in evaluating degenerative changes and assessing joint space narrowing in patients with clinical osteoarthritis.



This is an open access article under the CC-BY-SA license.

How to Cite: Hotben Lubis, et al. (2026), Radiografi Knee Joint Weight Bearing dan Non Weight Bearing dalam Menilai Celah Sendi pada Pasien dengan Klinis Osteoarthritis di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Adam Malik Medan, 5(1). <https://doi.org/10.31004/jerkin.v5i1.7550>

PENDAHULUAN

Osteoarthritis (OA) merupakan salah satu penyebab utama hilangnya tahun hidup sehat akibat gangguan muskuloskeletal dan lebih sering dialami oleh kelompok lanjut usia, dengan sekitar 70% kasus terjadi pada usia di atas 55 tahun serta sekitar 60% penderitanya adalah perempuan. Gejala umumnya mulai timbul pada akhir usia 40-an hingga pertengahan 50-an, meskipun OA juga dapat menyerang individu yang lebih muda, termasuk atlet dan orang dengan riwayat cedera sendi. Prevalensinya secara global diproyeksikan terus meningkat seiring dengan pertambahan usia populasi dunia.

Berdasarkan data Dinas Kesehatan Sumatera Utara, jumlah penduduk lanjut usia di wilayah ini mencapai lebih dari 1,8 juta jiwa, dengan sebagian besar memerlukan layanan kesehatan terkait gangguan sendi degeneratif. Studi pendahuluan di salah satu rumah sakit daerah bahkan mencatat ratusan kasus osteoarthritis dengan proporsi kasus bilateral yang cukup tinggi. Faktor risiko OA mencakup faktor sistemik seperti usia, jenis kelamin, etnis, dan pola makan, serta faktor lokal seperti kelebihan berat badan, cedera sendi, dan jenis pekerjaan; peningkatan prevalensi obesitas di Indonesia turut memperkuat keterkaitan antara obesitas dan risiko OA, terutama pada sendi lutut.

Secara patofisiologi, OA adalah gangguan sendi degeneratif non-inflamasi yang dapat menyerang satu atau lebih sendi penopang beban tubuh, seperti vertebra, panggul, pergelangan kaki, dan lutut. Kondisi ini ditandai dengan kerusakan tulang rawan sendi secara bertahap disertai pembentukan osteofit di tepi tulang, akibat perubahan biokimia, metabolik, fisiologis, maupun patologis pada tulang rawan dan tulang subkondral. Proses degeneratif ini bersifat kronis dan berlangsung tidak merata di area pinggir sendi, sehingga menimbulkan nyeri saat beraktivitas yang mereda ketika istirahat.

Pemeriksaan radiologi merupakan modalitas penunjang utama untuk mendiagnosis kelainan pada sendi lutut, karena mampu menghasilkan gambaran struktur tubuh yang menjadi dasar penilaian derajat keparahan osteoarthritis. Menurut Bontrager's Textbook of Radiographic Positioning and Related Anatomy, radiografi knee joint dapat dilakukan dengan posisi weight bearing (berdiri) maupun non weight bearing (berbaring), yang dipilih sesuai kebutuhan klinis pasien. Posisi weight bearing dilakukan dengan pasien berdiri tegak sehingga kedua sendi lutut menanggung beban tubuh secara fisiologis, dan posisi ini dinilai lebih mampu menunjukkan penyempitan celah sendi secara akurat karena mengilustrasikan kondisi fungsional sendi saat menerima tekanan. Sebaliknya, posisi non weight bearing dilakukan dengan pasien berbaring telentang tanpa beban pada sendi lutut, umumnya diterapkan pada pasien yang tidak dapat berdiri, namun posisi ini berpotensi membuat celah sendi tervisualisasi lebih lebar karena tidak adanya tekanan pada kartilago artikular, sehingga kurang menggambarkan kondisi fisiologis sendi selama aktivitas sehari-hari.

Perbedaan karakteristik visualisasi antara kedua metode tersebut mendasari pentingnya kajian lebih lanjut mengenai gambaran celah sendi yang dihasilkan, khususnya pada proyeksi Antero-Posterior (AP), untuk membantu menentukan posisi pemeriksaan yang lebih direkomendasikan pada pasien dengan klinis osteoarthritis. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui gambaran hasil radiografi knee joint metode weight bearing dan non weight bearing dalam menilai celah sendi pada pasien dengan klinis osteoarthritis di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Adam Malik Medan, sekaligus mendeskripsikan perubahan degeneratif yang tervisualisasi pada kedua metode tersebut.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kualitatif, yaitu metode penelitian yang berlandaskan pada realitas, gejala, atau fenomena yang terjadi pada kondisi alamiah (natural setting). Metode ini dipilih karena data yang diteliti bersifat kualitatif, bukan berupa angka atau perhitungan matematis, sehingga fenomena perbedaan visualisasi celah sendi pada kedua metode pemeriksaan dapat diungkap secara jelas dan mendetail berdasarkan apa adanya.

Penelitian dilaksanakan pada bulan April sampai dengan Juni 2026 di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Adam Malik Medan. Populasi penelitian adalah seluruh pasien yang menjalani pemeriksaan knee joint proyeksi Antero-Posterior (AP) di rumah sakit tersebut. Sampel penelitian ditentukan sebanyak dua pasien dengan klinis osteoarthritis yang menjalani pemeriksaan knee joint dengan metode weight bearing dan non weight bearing pada proyeksi AP.

Data dikumpulkan melalui dua teknik, yaitu observasi langsung terhadap pelaksanaan pemeriksaan radiografi knee joint proyeksi AP dengan metode weight bearing dan non weight bearing pada pasien dengan klinis osteoarthritis, serta dokumentasi terhadap hasil radiografi yang diperoleh dari

kedua metode tersebut. Seluruh pemeriksaan dilakukan menggunakan pesawat General X-Ray dengan sistem Digital Radiography (DR).

Hasil observasi selanjutnya dideskripsikan berdasarkan gambaran celah sendi lutut yang tampak pada radiograf, meliputi kondisi celah sendi kompartemen medial dan lateral serta ada tidaknya penyempitan celah sendi. Deskripsi dilakukan dengan membandingkan tampilan radiografi pada pemeriksaan weight bearing dan non weight bearing, mencakup penilaian kualitas gambar (kontras, densitas, detail, dan ketajaman) serta pengukuran lebar celah sendi (joint space width) pada empat titik, yaitu celah sendi medial kanan (Right Medial joint space/RMS), celah sendi lateral kanan (Right Lateral joint space/RLS), celah sendi medial kiri (Left Medial joint space/LMS), dan celah sendi lateral kiri (Left Lateral joint space/LLS). Hasil pengamatan disajikan dalam bentuk uraian, tabel, dan dokumentasi radiografi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Identitas Pasien dan Prosedur Pemeriksaan

Penelitian dilakukan terhadap dua pasien dengan klinis osteoarthritis yang menjalani pemeriksaan radiografi knee joint proyeksi AP di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Adam Malik Medan. Karakteristik kedua pasien disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Identitas Pasien

Karakteristik	Pasien 1	Pasien 2
Nama	Mrs. R	Mr. Z
Usia	58 tahun 10 bulan	45 tahun
Jenis kelamin	Perempuan	Laki-laki
Waktu pemeriksaan	27/04/2026	12/06/2026
Jenis pemeriksaan	Knee joint AP	Knee joint AP

Prosedur pemeriksaan diawali dengan pendaftaran pasien di loket registrasi Instalasi Radiologi, dilanjutkan dengan penyerahan surat pengantar kepada petugas radiologi, serta pemberian pengarahan mengenai prosedur pemeriksaan kepada pasien dan keluarga. Pemeriksaan radiografi knee joint pada pasien osteoarthritis tidak memerlukan persiapan khusus seperti puasa, karena tidak menggunakan media kontras; pasien hanya perlu diberikan instruksi mengenai prosedur pemeriksaan agar kooperatif selama proses berlangsung.

Pemeriksaan dilakukan menggunakan pesawat General X-Ray merek Philips model SRO 33100ROT 380 tipe Digital Diagnost yang dilengkapi detektor dan sistem komputer Digital Radiography (DR), sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Pesawat General X-Ray (a), detektor Digital Radiography (b), dan komputer Digital Radiography (c) di Rumah Sakit Adam Malik Medan

Prosedur dan Parameter Pemeriksaan Radiografi

Pemeriksaan radiografi knee joint proyeksi Antero-Posterior (AP) weight bearing dilakukan dengan memposisikan pasien berdiri di depan stand bucky, kedua kaki menapak lantai dan menopang berat badan secara seimbang. Kedua lutut diekstensikan penuh dengan patella menghadap ke depan untuk menghindari rotasi, dan lutut kanan-kiri ditempatkan berdampingan pada detektor sehingga kedua sendi dapat diekspose dalam satu kali penyinaran; arah sinar (central ray) diatur horizontal tegak lurus pada pertengahan kedua lutut, dengan central point 1–1,5 cm di bawah apex patella.

Pada proyeksi AP non weight bearing, pasien diposisikan supine di atas meja pemeriksaan dengan kedua tungkai diekstensikan penuh dan patella menghadap ke atas agar tidak terjadi rotasi. Central ray diarahkan vertikal tegak lurus terhadap image receptor, dengan central point di pertengahan kedua lutut.

Kedua proyeksi menggunakan FFD 100 cm dan faktor eksposi 66 kV, 160 mA, 12,5 mAs, sebagaimana dirangkum pada Tabel 2.

Tabel 2. Parameter Pemeriksaan Radiografi Knee Joint

Parameter	Weight bearing	Non weight bearing
Posisi pasien	Berdiri di depan stand bucky	Supine di atas meja pemeriksaan
Arah sinar (CR)	Horizontal	Vertikal tegak lurus IR
FFD	100 cm	100 cm
Faktor eksposi	66 kV, 160 mA, 12,5 mAs	66 kV, 160 mA, 12,5 mAs
Marker	R dan L	R dan L

Gambaran Radiografi Knee Joint Metode Weight Bearing



Gambar 2. Radiograf knee joint metode weight bearing pasien 1 (a) dan pasien 2 (b)

Pada radiograf weight bearing, seluruh anatomi knee joint tampak mulai dari 1/3 distal femur, 1/3 proksimal tibia, hingga 1/3 proksimal fibula, dengan marker R dan L yang jelas serta tanpa rotasi maupun pemotongan batas atas-bawah. Tampak pembentukan osteofit pada kondilus distal medial os femur bilateral dan kondilus proksimal os tibia bilateral, disertai penyempitan sela sendi femoro-tibia pada sisi medial serta penurunan densitas tulang. Secara kualitas gambar, kontras dinilai baik karena jaringan tulang dan jaringan lunak masih dapat dibedakan dengan jelas; densitas radiografi sesuai sehingga struktur distal femur, proksimal tibia, fibula, dan jaringan lunak sekitar lutut tervisualisasi dengan jelas; detail anatomi seperti kondilus femur medial-lateral, tibial plateau, eminentia interkondilaris, dan kepala fibula tampak jelas sehingga penyempitan celah sendi lebih mudah dievaluasi; serta ketajaman gambar tergolong baik, dengan batas korteks tulang dan jaringan lunak yang tegas tanpa artefak akibat pergerakan pasien.

Gambaran Radiografi Knee Joint Metode Non Weight Bearing



Gambar 3. Radiograf knee joint metode non weight bearing pasien 1 (a) dan pasien 2 (b)

Pada radiograf non weight bearing, seluruh anatomi knee joint juga tervisualisasi mulai dari 1/3 distal femur, 1/3 proksimal tibia, hingga 1/3 proksimal fibula, dengan marker R dan L serta tanpa rotasi. Celah sendi kompartemen medial dan lateral masih dapat diamati dengan baik, namun tampak relatif lebih lebar dibandingkan proyeksi weight bearing karena sendi tidak menerima beban tubuh selama pemeriksaan. Kontras radiografi dinilai baik dengan struktur anatomi knee joint yang tampak jelas; densitas radiografi optimal sehingga struktur distal femur, proksimal tibia, fibula, dan jaringan lunak sekitar lutut tervisualisasi dengan baik; detail anatomi tampak jelas meskipun celah sendi relatif lebih lebar dibandingkan radiograf weight bearing karena sendi tidak menerima beban; serta ketajaman gambar dinilai baik dengan batas korteks tulang dan trabekula yang tegas tanpa artefak pergerakan, sehingga radiograf dapat digunakan untuk mengukur joint space width (JSW).

Evaluasi Celah Sendi (Joint Space Width)

Evaluasi celah sendi dilakukan dengan mengukur lebar celah sendi pada kompartemen medial dan lateral sendi lutut kanan dan kiri, pada hasil radiografi non weight bearing maupun weight bearing, melalui empat titik pengukuran yaitu RMS, RLS, LMS, dan LLS. Hasil pengukuran pada pasien 1 disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengukuran Celah Sendi (Joint Space Width) Pasien 1

Titik pengukuran	Non weight bearing (mm)	Weight bearing (mm)
RMS (medial kanan)	5,1	5,0
RLS (lateral kanan)	4,5	4,26
LMS (medial kiri)	5,0	3,85
LLS (lateral kiri)	4,4	4,0

Pada pasien 1, celah sendi medial kanan (RMS) menyempit tipis dari 5,1 mm menjadi 5,0 mm, celah sendi lateral kanan (RLS) menyempit dari 4,5 mm menjadi 4,26 mm, celah sendi medial kiri (LMS) menyempit cukup nyata dari 5,0 mm menjadi 3,85 mm, dan celah sendi lateral kiri (LLS) menyempit dari 4,4 mm menjadi 4,0 mm ketika berpindah dari teknik non weight bearing ke weight bearing. Penyempitan paling nyata terlihat pada kompartemen medial kiri, yang menunjukkan bahwa pembebanan tubuh pada posisi berdiri menyebabkan kompresi pada kartilago artikular sendi lutut sehingga celah sendi yang tervisualisasi menjadi lebih sempit dibandingkan posisi berbaring tanpa beban. Pola serupa juga teramati pada pasien 2, dengan kecenderungan konsisten bahwa lebar celah sendi pada teknik weight bearing lebih sempit dibandingkan teknik non weight bearing pada hampir seluruh kompartemen yang diukur, baik pada lutut kanan maupun lutut kiri.

Pembahasan

Berdasarkan hasil observasi radiograf knee joint weight bearing dan non weight bearing pada pasien dengan klinis osteoarthritis genu di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Adam Malik Medan, diperoleh gambaran bahwa kedua teknik pemeriksaan mampu memperlihatkan struktur anatomi lutut sekaligus tanda-tanda radiografis osteoarthritis. Akan tetapi, terdapat perbedaan dalam visualisasi celah sendi yang dihasilkan; pada pemeriksaan weight bearing, penyempitan celah sendi tampak lebih jelas dibandingkan pemeriksaan non weight bearing, terutama pada kompartemen medial lutut, sehingga pemeriksaan weight bearing memberikan gambaran yang lebih baik dalam menilai kondisi celah sendi pada pasien osteoarthritis knee joint.

Menurut Bontrager dan Lampignano dalam Textbook of Radiographic Positioning and Related Anatomy, pemeriksaan radiografi knee joint dengan teknik weight bearing dilakukan dalam posisi berdiri sehingga berat badan pasien ditopang oleh kedua lutut. Posisi tersebut memungkinkan evaluasi ruang sendi dalam kondisi fisiologis karena sendi menerima beban sebagaimana saat melakukan aktivitas sehari-hari, sehingga teknik ini direkomendasikan untuk menilai perubahan degeneratif pada lutut karena mampu memperlihatkan kondisi kompartemen sendi secara lebih optimal dibandingkan pemeriksaan tanpa beban. Hasil observasi penelitian ini sejalan dengan teori tersebut, karena tekanan akibat berat badan meningkatkan visualisasi perubahan pada ruang sendi sehingga kehilangan kartilago artikular dapat terlihat lebih jelas pada radiograf; pada pasien osteoarthritis knee joint, kerusakan kartilago menyebabkan berkurangnya jarak antara permukaan femur dan tibia sehingga celah sendi tampak menyempit.

Temuan ini juga sejalan dengan Atlas of Osteoarthritis (ESCEO) yang menjelaskan bahwa joint space narrowing (JSN) atau penyempitan celah sendi merupakan salah satu tanda radiografi utama osteoarthritis, yang mencerminkan berkurangnya ketebalan kartilago artikular akibat proses degeneratif yang berlangsung secara progresif. Atlas tersebut juga menegaskan bahwa evaluasi celah sendi pada pemeriksaan weight bearing memberikan gambaran yang lebih representatif terhadap kondisi sebenarnya dibandingkan pemeriksaan tanpa beban, karena ruang sendi dinilai saat menerima tekanan fisiologis. Selain penyempitan celah sendi, hasil observasi juga menunjukkan gambaran radiografis lain yang mendukung osteoarthritis genu, yaitu osteofit sebagai pertumbuhan tulang baru pada tepi sendi akibat kerusakan kartilago, serta sklerosis subkondral sebagai peningkatan densitas tulang akibat perubahan biomekanik pada sendi yang mengalami degenerasi; kedua gambaran ini sering ditemukan bersamaan dengan penyempitan celah sendi pada pasien osteoarthritis knee joint.

Pada pemeriksaan non weight bearing, celah sendi masih dapat diamati dengan baik, namun penyempitannya tidak tampak sejelas pada pemeriksaan weight bearing. Tidak adanya tekanan berat

badan pada sendi menyebabkan ruang sendi tampak relatif lebih lebar sehingga perubahan degeneratif pada kartilago tidak tergambarkan secara optimal, meskipun pemeriksaan ini tetap dapat menunjukkan gambaran osteofit dan sklerosis subkondral yang mendukung diagnosis osteoarthritis. Berdasarkan hasil observasi dan teori yang dikemukakan oleh Bontrager dan Lampignano serta Atlas of Osteoarthritis (ESCEO), dapat disimpulkan bahwa pemeriksaan radiografi knee joint weight bearing memberikan visualisasi yang lebih baik dalam menilai celah sendi dibandingkan pemeriksaan non weight bearing, sehingga teknik weight bearing dapat digunakan sebagai pemeriksaan yang lebih optimal dalam penilaian celah sendi lutut pada kasus osteoarthritis knee joint.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil observasi radiograf knee joint weight bearing dan non weight bearing pada pasien dengan klinis osteoarthritis genu di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Adam Malik Medan, dapat disimpulkan bahwa radiografi knee joint dengan metode weight bearing menghasilkan celah sendi tibiofemoral yang tampak lebih menyempit dibandingkan dengan metode non weight bearing, sehingga lebih representatif dalam menggambarkan kondisi fisiologis sendi lutut pada pasien osteoarthritis.

Beberapa saran yang dapat dikemukakan berdasarkan hasil penelitian ini adalah sebagai berikut. Pertama, pemeriksaan knee joint untuk melihat penyempitan dan derajat osteoarthritis sebaiknya dilakukan dengan metode weight bearing agar diperoleh visualisasi yang lebih optimal. Kedua, dalam mengatur posisi pemeriksaan knee joint metode weight bearing pada pasien dengan sangkaan osteoarthritis, radiografer perlu memastikan pasien berada pada posisi yang stabil sebelum pengambilan gambar, misalnya dengan menyediakan alat bantu pegangan agar pasien tidak terjatuh saat berdiri di depan stand bucky. Ketiga, pemilihan proyeksi radiografi pada pemeriksaan knee joint untuk menilai celah sendi pada pasien osteoarthritis dapat pula mempertimbangkan proyeksi Fixed Flexion View, Rosenberg View, maupun Lyon Schuss View, yang disesuaikan dengan kondisi klinis pasien.

REFERENSI

- Altman, R. D., & Gold, G. E. (2007). Atlas of individual radiographic features in osteoarthritis, revised. *Osteoarthritis and Cartilage*, 15(Suppl A), A1–A56. <https://doi.org/10.1016/j.joca.2006.11.009>
- Amalia, R., et al. (2024). Faktor risiko osteoarthritis dan perkembangan penyakit degeneratif sendi. *Jurnal Kesehatan Indonesia*.
- Anas, I., et al. (2013). Radiographic assessment of knee joint space width among healthy adults. *Nigerian Journal of Clinical Practice*.
- Antony, J., McGuinness, K., O'Connor, N. E., & Moran, K. (2016). Quantifying radiographic knee osteoarthritis severity using deep convolutional neural networks. *Computerized Medical Imaging and Graphics*.
- Bayramoglu, N., Nieminen, M. T., & Saarakkala, S. (2021). Machine learning based texture analysis of patella from X-rays for detecting patellofemoral osteoarthritis. *Osteoarthritis and Cartilage*.
- Culvenor, A. G., Engen, C. N., Øiestad, B. E., Engebretsen, L., & Risberg, M. A. (2015). Defining the presence of radiographic knee osteoarthritis: A comparison between the Kellgren and Lawrence system and OARSI atlas criteria. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 23(12), 3532–3539. <https://doi.org/10.1007/s00167-014-3205-0>
- Felson, D. T. (2006). Clinical practice: Osteoarthritis of the knee. *The New England Journal of Medicine*, 354(8), 841–848. <https://doi.org/10.1056/NEJMc051726>
- Garstang, S. V., & Stitik, T. P. (2006). Osteoarthritis: Epidemiology, risk factors, and pathophysiology. *American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*, 85(11), S2–S11.
- Hunter, D. J., & Bierma-Zeinstra, S. (2019). Osteoarthritis. *The Lancet*, 393(10182), 1745–1759. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(19\)30417-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(19)30417-9)
- Kayastha, P., et al. (2021). Radiographic measurements of normal knee joint space in adults. *Nepalese Journal of Radiology*, 11(2), 19–25. <https://doi.org/10.3126/njr.v11i2.44384>
- Kellgren, J. H., & Lawrence, J. S. (1957). Radiological assessment of osteo-arthritis. *Annals of the Rheumatic Diseases*, 16(4), 494–502. <https://doi.org/10.1136/ard.16.4.494>
- Kohn, M. D., Sassoon, A. A., & Fernando, N. D. (2016). Classifications in brief: Kellgren-Lawrence classification of osteoarthritis. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 474(8), 1886–1893. <https://doi.org/10.1007/s11999-016-4732-4>

- Lampignano, J. P., & Kendrick, L. E. (2018). Bontrager's Textbook of Radiographic Positioning and Related Anatomy (9th ed.). Elsevier.
- Litwic, A., Edwards, M. H., Dennison, E. M., & Cooper, C. (2013). Epidemiology and burden of osteoarthritis. *British Medical Bulletin*, 105(1), 185–199. <https://doi.org/10.1093/bmb/lds038>
- Loeser, R. F., Goldring, S. R., Scanzello, C. R., & Goldring, M. B. (2012). Osteoarthritis: A disease of the joint as an organ. *Arthritis & Rheumatism*, 64(6), 1697–1707. <https://doi.org/10.1002/art.34453>
- Pada, A., & Genu, O. (2023). Patologi osteoarthritis dan perubahan degeneratif pada sendi lutut. *Jurnal Ortopedi Indonesia*.
- Rasad, S. (2005). *Radiologi Diagnostik* (Edisi 2). Balai Penerbit FKUI.
- Suzuki, T., & Seino, D. (2013). Quantitative evaluation of knee joint space narrowing in osteoarthritis. *Japanese Journal of Radiological Technology*.
- Tiulpin, A., & Saarakkala, S. (2019). Automatic grading of individual knee osteoarthritis features in plain radiographs using deep convolutional neural networks. *Scientific Reports*.