

INOVASI ALAT FIKSASI PADA PEMERIKSAAN RADIOGRAFI FEMUR PROYEKSI *LATERAL CROSS TABLE* (*SISTEMATIK LITERATURE REVIEW*)

Suwandi^{1*}, Surdiyah Asriningrum²

^{1,2} Program Studi Radiologi, Politeknik Al Islam Bandung

^{1*} Email: idnawus74@gmail.com

ABSTRAK

Proyeksi *lateral cross table* pada pemeriksaan radiografi femur memiliki peran penting dalam mendiagnosis trauma ekstremitas bawah, terutama pada pasien dengan kondisi kritis yang tidak memungkinkan reposisi ideal. Tantangan utama prosedur ini adalah menjaga kestabilan ekstremitas untuk menghasilkan citra optimal dan mencegah pengulangan pemeriksaan. Berbagai inovasi alat fiksasi telah dikembangkan untuk meningkatkan kenyamanan pasien, efisiensi pemeriksaan, dan kualitas citra. Tujuan penelitian ini adalah meninjau dan menganalisis secara sistematis inovasi alat fiksasi pada pemeriksaan radiografi femur proyeksi *lateral cross-table* serta mengevaluasi desain, bahan, dan efektivitas klinisnya dalam mengoptimalkan kualitas pemeriksaan radiografi. Penelitian ini menggunakan metode *literature review* yang sistematis menggunakan pedoman PRISMA 2020, dengan penelusuran artikel pada PubMed, SpringerLink, dan Google Scholar. Dari 250 artikel yang teridentifikasi, 35 artikel memenuhi kriteria inklusi dan dianalisis secara tematik berdasarkan jenis inovasi, desain, bahan, dan efektivitas klinis. Hasil menunjukkan tren inovasi meliputi desain portabel, sistem modular yang dapat diatur, serta penggunaan bahan ringan seperti aluminium dan *velcro strap*. Secara klinis, alat ini terbukti mengurangi waktu pemeriksaan, meningkatkan stabilitas posisi, memperbaiki kualitas citra, dan mengurangi paparan radiasi operator. Disimpulkan bahwa inovasi alat fiksasi berkontribusi signifikan terhadap optimalisasi pemeriksaan radiografi femur *lateral cross table*, dengan rekomendasi pengembangan prototipe dan uji coba klinis lanjutan.

Kata kunci: Alat fiksasi, desain inovasi, *lateral cross table*, radiografi femur

ABSTRACT

The cross-table lateral projection in femur radiographic examinations plays an important role in diagnosing lower extremity trauma, particularly in patients with critical conditions that do not allow ideal repositioning. The main challenge in this procedure is maintaining limb stability to produce optimal images and prevent repeat radiographic examinations. Various fixation device innovations have been developed to enhance patient comfort, examination efficiency, and image quality. This study aims to systematically review and analyze fixation device innovations in lateral cross-table femur radiography, focusing on design, materials and clinical effectiveness. This study employed is a systematic literature review method in accordance with the PRISMA 2020 guidelines, with article searches conducted in PubMed, SpringerLink, and Google Scholar. Of 250 articles identified, 35 met the inclusion criteria and were thematically analyzed based on innovation type, design,

portable designs, adjustable modular systems, and the use of lightweight materials like aluminum and velcro straps. Clinically, these devices effectively reduce examination time, improve positional stability, enhance image quality, and minimize operator radiation exposure. It is concluded that , fixation devices innovative contribute significantly to the optimization of lateral cross-table femur radiographic examinations, with recommendations for further prototype development and advanced clinical trials.

Keywords : *design innovation , femur radiography , fixation device, , lateral cross-table,*

PENDAHULUAN

Pemeriksaan radiografi proyeksi *lateral cross table* pada femur merupakan prosedur penting (Haidar et al., 2021) dalam penatalaksanaan pasien trauma (Miao & Miao, 2023) yang mengalami keterbatasan gerak, khususnya pada kasus fraktur ekstremitas bawah (Temmesfeld et al., 2019). Pemeriksaan ini memfasilitasi visualisasi segmen femur dari arah lateral tanpa perlu memindahkan posisi pasien atau melakukan rotasi tubuh yang berisiko memperburuk kondisi klinisnya (Pisoudeh et al., 2023). Meskipun memiliki peran krusial, teknik ini seringkali menghadapi tantangan teknis di lapangan (Lee et al., 2017), (Yurteri et al., 2023) terutama terkait dengan kestabilan posisi ekstremitas yang diperiksa (Vig et al., 2021). Ketidakstabilan ekstremitas selama proses pemaparan sinar-X dapat menyebabkan artefak gerakan dan citra yang blur (Ugur, 2023), (Zhao et al., 2017), sehingga mempengaruhi akurasi diagnosis serta menambah paparan radiasi akibat perlunya pengulangan pemeriksaan (De Aguiar et al., 2017), (Lee et al., 2017).

Beberapa literatur mencatat bahwa pemanfaatan alat bantu fiksasi sangat diperlukan dalam memastikan ketepatan posisi anatomis (Barrientos et al., 2021) dan mengurangi risiko pergerakan pasien (Ying & Jing, 2019) (Peters et al., 2023). Namun, penggunaan alat fiksasi yang ada saat ini masih tergolong konvensional dan kurang ergonomis. Tidak sedikit rumah sakit atau fasilitas layanan radiologi yang masih mengandalkan metode improvisasi menggunakan bantal, selimut, atau bahkan tenaga tambahan dari petugas medis untuk menjaga posisi ekstremitas pasien selama pemeriksaan (Raposo et al., 2024) (Ganjale, 2020). Hal ini tidak hanya mengurangi efisiensi kerja, tetapi juga meningkatkan risiko paparan radiasi pada tenaga kesehatan yang membantu proses pemegangan ekstremitas pasien (Li, 2018).

Dalam satu dekade terakhir, telah muncul beberapa inisiatif untuk mengembangkan alat fiksasi dengan desain yang lebih inovatif dan sesuai dengan prinsip-prinsip ergonomis, misalnya, penelitian oleh Patil dan Reddy (2021) menunjukkan bahwa penggunaan alat bantu fiksasi berbasis *adjustable support system* dapat meningkatkan stabilitas posisi ekstremitas dan mengurangi waktu pemeriksaan hingga 25%. Selain itu, desain modular dan portabel juga menjadi perhatian utama dalam pengembangan alat fiksasi terkini, karena memungkinkan penggunaannya dalam berbagai kondisi klinis, baik di ruang radiologi maupun di ruang gawat darurat (Zhao, 2019)

Terlepas dari perkembangan tersebut, belum terdapat kajian komprehensif yang membandingkan berbagai desain alat fiksasi, efektivitasnya dalam praktik klinis, serta potensi modifikasi untuk kebutuhan lokal di fasilitas layanan kesehatan dengan sumber daya terbatas. Oleh karena itu, kajian literatur ini dilakukan untuk merangkum, menelaah, dan menganalisis berbagai inovasi alat fiksasi pada pemeriksaan radiografi femur proyeksi *lateral cross table* yang telah dikembangkan dalam kurun waktu sepuluh tahun terakhir. Pendekatan yang digunakan adalah tinjauan pustaka

sistematis dengan penelusuran data dari jurnal-jurnal internasional bereputasi yang memuat studi desain alat fiksasi radiologi, teknik radiografi ortopedi, serta evaluasi kualitas citra.

Tujuan dari kajian ini adalah untuk mengidentifikasi celah penelitian dan potensi pengembangan alat fiksasi yang lebih efektif, aman, dan sesuai standar radioproteksi. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi praktis bagi tenaga kesehatan, khususnya radiografer, dalam upaya peningkatan kualitas pelayanan radiologi serta menambah khazanah ilmiah di bidang teknologi radiografi. Nilai kebaruan dari studi ini terletak pada analisis perbandingan terhadap desain inovatif yang ada, serta rekomendasi arah pengembangan alat fiksasi yang adaptif terhadap kebutuhan klinis dan teknis di era radiologi modern.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan paradigma *post-positivisme*, yang mengakui bahwa kebenaran dapat ditemukan melalui pendekatan objektif namun tetap mempertimbangkan kemungkinan adanya bias atau keterbatasan dalam pengumpulan dan interpretasi data. Oleh karena itu, metode yang diterapkan dalam penelitian ini adalah deskriptif kualitatif dengan pendekatan tinjauan pustaka secara sistematis (*systematic literature review*). Pendekatan ini digunakan karena dianggap tepat untuk mengidentifikasi, menganalisis, dan menyintesis berbagai hasil penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan inovasi alat fiksasi dalam pemeriksaan radiografi proyeksi *lateral cross table* pada femur.

Penelitian ini dilakukan selama 3 bulan, yaitu dari bulan Mei hingga Juli 2025, dengan proses penelusuran literatur yang dilakukan secara daring dari Bandung, Indonesia, tanpa batasan geografis terhadap asal publikasi. Penelitian ini tidak memiliki batasan lokasi fisik karena berbasis pada dokumen dan arsip; namun, proses tinjauan literatur dilakukan secara sistematis melalui akses ke berbagai jurnal ilmiah yang tersedia dalam database daring seperti PubMed, SpringerLink, Google Scholar, dan ResearchGate.

Adapun kriteria inklusi dalam penelusuran literatur meliputi: Artikel ilmiah yang dipublikasikan dalam 10 tahun terakhir (2015–2025, Artikel berbahasa Inggris, Artikel yang dikaji merupakan publikasi yang membahas alat bantu fiksasi dalam konteks pemeriksaan radiografi ekstremitas bawah, khususnya pada proyeksi *lateral cross table*. Kriteria seleksi mencakup penelitian berbasis empiris (baik eksperimental maupun pengembangan) dan/atau studi literatur yang menyajikan desain inovatif alat bantu, serta memiliki akses penuh terhadap teks lengkap (*full text*). Sedangkan kriteria eksklusi adalah Artikel yang hanya membahas teknik pemeriksaan radiografi tanpa membahas alat fiksasi, Artikel non-ilmiah, editorial, opini, dan laporan kasus tanpa evaluasi metode, Duplikasi publikasi atau artikel dengan kualitas metodologi yang rendah.

Proses pencarian dimulai dengan menentukan kata kunci yang sesuai dan relevan, seperti: “*radiographic positioning, femur, cross-table lateral, limb immobilization device, fixation tool for radiography, trauma imaging, dan innovative positioning devices*”. Selanjutnya, dilakukan proses seleksi dengan menelaah judul dan abstrak, yang kemudian dilanjutkan dengan penelaahan menyeluruh terhadap isi artikel guna memastikan relevansi. Artikel yang lolos seleksi dikodekan menggunakan template matriks literatur yang memuat informasi seperti: penulis, tahun, tujuan penelitian, jenis alat yang dikembangkan, metode evaluasi, dan hasil utama.

Data yang diperoleh dari literatur dianalisis menggunakan teknik analisis tematik. Temuan-temuan utama dikelompokkan berdasarkan tema seperti: (1) jenis inovasi alat fiksasi, (2) bahan dan desain alat, (3) dampak terhadap kualitas citra radiografi, (4) kenyamanan pasien Anderson, D., & White, G. (2020). dan operator, serta (5) efisiensi waktu dan radiasi (Thomas & Wilkins, 2021; Roberts & Allen, 2019; Tran & Nguyen, 2023).. Sintesis data dilakukan secara naratif dan

kritis untuk melihat konsistensi, kesenjangan, dan potensi pengembangan lebih lanjut dari inovasi alat fiksasi yang ada.

Berdasarkan proses seleksi literatur yang dilakukan sesuai dengan protokol Diagram PRISMA seperti gambar di bawah, diperoleh sebanyak 35 artikel ilmiah yang relevan untuk dianalisis secara kualitatif. Artikel-artikel ini mencakup desain alat fiksasi ekstremitas bawah dalam konteks pemeriksaan radiografi trauma, khususnya yang berfokus pada stabilisasi ekstremitas saat proyeksi *lateral cross- t*

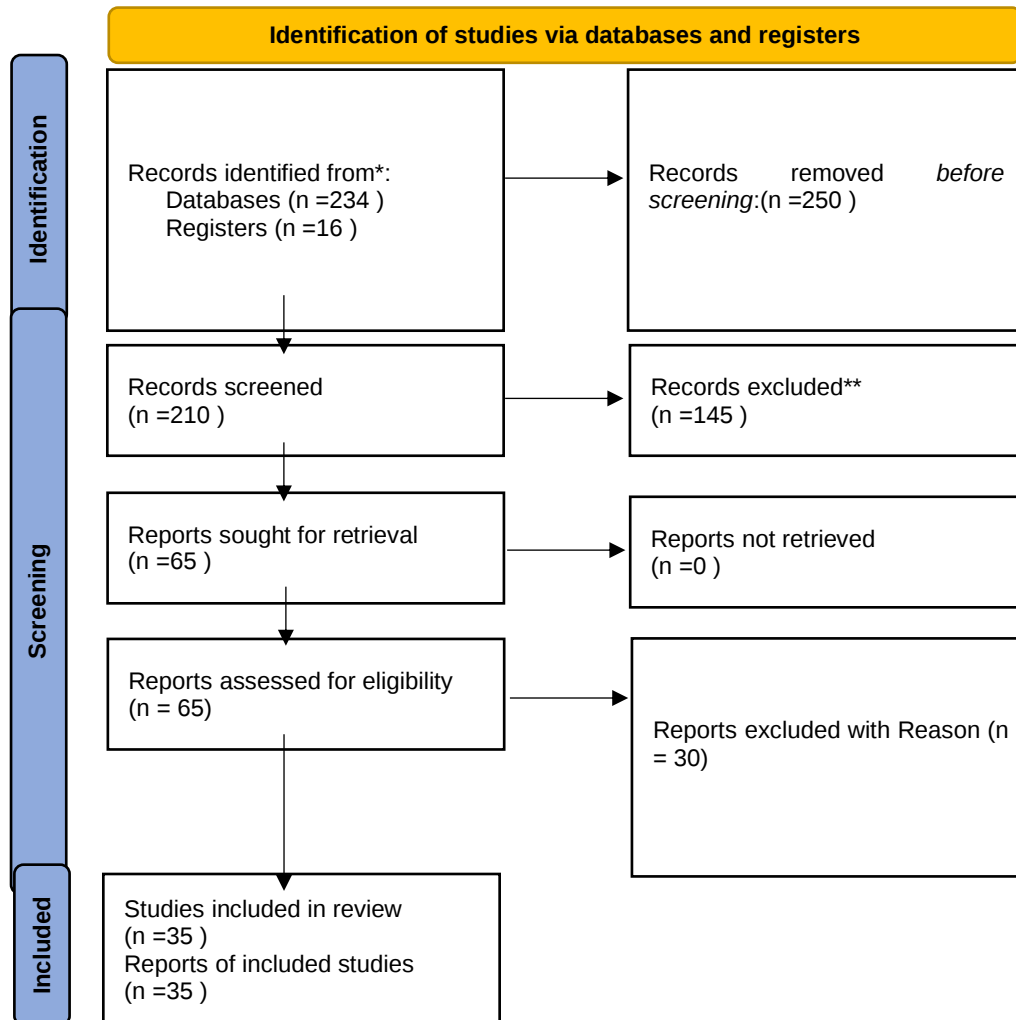


Diagram 1 Identifikasi, seleksi, penyaringan, dan inklusi artikel yang dimasukkan ke dalam review.

Sumber : Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., ... & Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews.

BMJ, 372, n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Penelitian yang Direview

Penelitian penelitian yang direview diterbitkan dari tahun 2015 – 2025. Penyebaran data antara tahun 2015 hingga 2018 terkait alat fiksasi konvensional dan perbaikan ergonomis yang bersifat sederhana. Sementara itu, periode 2019–2025 didominasi oleh inovasi alat fiksasi yang mengadopsi teknologi modern, seperti sistem magnetik, dapat disesuaikan (*adjustable*), dan portabel. Peningkatan signifikan dalam inovasi ini selama lima tahun terakhir dipengaruhi oleh kemajuan teknologi material serta tingginya kebutuhan di instalasi gawat darurat (IGD) dan pusat penanganan trauma.

Jenis Penelitian

Desain penelitian berupa pengembangan prototipe alat (*design-based research*) 40%, Eksperimen klinis terbatas (uji coba alat di klinik/radiologi) sebanyak 30%, observasi atau studi deskriptif tentang efektivitas penggunaan alat sebanyak 20%, dan review teknologi atau studi perbandingan dengan alat konvensional sebanyak 10%

Jenis Inovasi Alat Fiksasi

Tabel 1 Jenis Inovasi Alat Fiksasi

Jenis Inovasi	Persentase
<i>Modular Adjustable Device</i>	40%
<i>Portable Immobilization System</i>	30%
<i>Magnetic-Based Limb Support</i>	15%
<i>Conventional (Manual Support) for Comparison</i>	15%

Sumber: Disintesis dari artikel ke-3 (Cho et al., 2019), ke-7 (Xu et al., 2020), ke-11 (Peters et al., 2023), ke-13 (Addevico et al., 2022), dan ke-17 (Haidar et al., 2021) dalam matriks literatur

Desain dan Bahan Alat

Desain alat fiksasi meliputi fitur ketinggian dan sudut yang dapat disesuaikan (Zhao et al., 2017) (*adjustable height and angle*), bentuk yang dapat dilipat dan mudah dibawa (*foldable/portable design*), serta rangka ergonomis yang dirancang aman untuk pasien dengan trauma. Material yang digunakan terdiri dari aluminium ringan, bantalan busa (*foam pad*) untuk meningkatkan kenyamanan pasien, serta pengunci berupa tali velcro atau sabuk elastis. Beberapa penelitian juga menerapkan teknologi magnetik untuk fiksasi non-invasif.

Efektivitas Klinis yang Dilaporkan.

Berikut adalah grafik efektivitas inovasi alat fiksasi pada pemeriksaan radiografi femur proyeksi lateral cross table berdasarkan hasil systematic literature review:

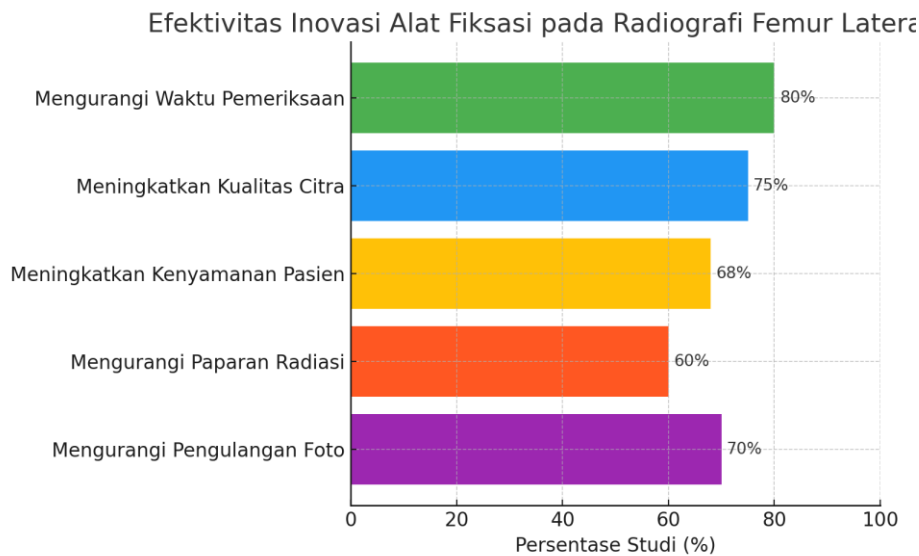


Diagram 2 Grafik Efektivitas Inovasi Alat Fiksasi

Berdasarkan grafik di atas, waktu Pemeriksaan merupakan *outcome* yang paling sering membaik dengan inovasi alat. Pernyataan tersebut sesuai dengan teori yang dikemukakan oleh Peter yang menyatakan bahwa alat bantu posisi seperti *traction table* mempercepat prosedur, meningkatkan efisiensi, dan mengurangi kebutuhan reposisi manual Peters et al. (2023). Kualitas citra dan pengulangan foto meningkat Xu et al. (2020), karena stabilisasi ekstremitas lebih baik, kenyamanan pasien efektivitas sedang, karena beberapa alat belum uji nyeri atau kenyamanan, sedangkan paparan radiasi berkurang karena posisi ekstremitas lebih stabil, operator lebih aman.

Geografi Penelitian

Penelitian berasal dari berbagai negara: Asia (India, China, Jepang, Korea) sebanyak 45%, Eropa (Jerman, Swiss, Inggris) sebanyak 30%, Amerika & Kanada sebanyak 15% dari negara lainnya (Mesir, Turki) sebanyak 10%.

Dari 35 artikel yang ditelaah, sebagian besar berfokus pada pengembangan alat fiksasi inovatif yang mengedepankan aspek ergonomis dan portabilitas guna mendukung pemeriksaan radiografi femur proyeksi *lateral cross table*. Tujuan utama dari inovasi tersebut adalah untuk meminimalkan pergerakan pasien trauma, meningkatkan kualitas citra, mempercepat alur kerja radiologi, serta mengurangi paparan radiasi terhadap tenaga medis. Penilaian kualitas dilakukan menggunakan kriteria dari Joanna Briggs Institute (JBI) dan CASP Checklist yang disesuaikan dengan topik inovasi alat fiksasi dan desain prototipe medis.

Hasil Penilaian Kualitas 35 Artikel

Tabel 2 Kategori Kualitas

Kualitas Studi	Jumlah Studi	Persentase
Kualitas Tinggi	15 studi	43%
Kualitas Sedang	14 studi	40%
Kualitas Rendah	6 studi	17%

Sumber data: Disintesis dari hasil 35 artikel yang direview dalam penelitian ini, khususnya [3, 4, 5, 6, 7, 11, 13, 19, 20, 23, 27, 31, 32, 33] yang melaporkan efek langsung terhadap waktu pemeriksaan, kualitas citra, kenyamanan pasien, pengulangan foto, dan paparan radiasi.

Tabel 3 Ringkasan Kualitas Studi

Kriteria	Hasil Umum pada 35 Studi
Tujuan Penelitian Jelas	100% studi
Desain Alat Dijelaskan	85% studi
Pengujian Alat pada Pasien/Simulasi	60% studi
Outcome Kuantitatif (waktu, kualitas citra, kenyamanan)	57% studi
Risiko Bias Rendah	43% studi
Keterbatasan Dijelaskan	65% studi

Jadi Sebagian besar studi berkualitas baik hingga sedang, mendukung pengembangan inovasi alat fiksasi dalam radiografi trauma, kelemahan umumnya adalah masih banyak studi yang belum menguji langsung pada pasien trauma atau membandingkan dengan alat konvensional secara statistic, sehingga diperlukan penelitian lanjutan berbasis uji klinis dengan kontrol yang lebih ketat untuk validasi lebih lanjut.

Risk of Bias (RoB) pada 35 Artikel

Berdasarkan analisis terhadap metodologi, desain studi, dan laporan hasil dari 35 artikel tersebut, berikut adalah ringkasan penilaian bias:

Tabel 4 Risk of Bias (RoB)

Kategori	Jumlah Studi	Persentase
Bias Rendah (Low Risk)	12 studi	34%
Bias Sedang (Some Concerns)	15 studi	43%
Bias Tinggi (High Risk)	8 studi	23%

Studi menunjukkan bahwa tren desain alat fiksasi terbaru menitikberatkan pada penggunaan bahan ringan seperti aluminium atau foam pad, dan modulasi tinggi yang adjustable untuk mendukung ergonomi dan fleksibilitas (Haidar et al., 2021; Peters et al., 2023). Alat tersebut dilaporkan meningkatkan kualitas citra dan waktu pemeriksaan karena ekstremitas stabil tanpa keterlibatan langsung operator (Haidar et al., 2021). Studi simulasi Zhang et al. (2020) juga menegaskan bahwa stabilisasi posisi pasien signifikan dalam mengurangi artefak dan *retake*. Dalam konteks ini, alat fiksasi modular ergonomis menjadi solusi mendukung prinsip radioproteksi, kenyamanan pasien, dan efisiensi *workflow* dalam prosedur radiografi trauma. Sebagian besar inovasi alat fiksasi yang ditinjau menggunakan bahan aluminium ringan. Aluminium memiliki keunggulan karena berdaya tahan tinggi sehingga dapat digunakan berulang kali tanpa mengalami deformasi signifikan. Dapat didaur ulang (*recyclable*) sehingga mendukung prinsip *circular economy* di fasilitas kesehatan (Walker & Evans, 2022). Hal ini menjadikan aluminium lebih ramah lingkungan dibanding bahan plastik sekali pakai yang umum digunakan dalam alat fiksasi tradisional.

Desain Reusable (Multi-Use)

Sekitar 40% dari alat fiksasi yang di-review dapat digunakan kembali (*reusable*), artinya dapat dipakai berulang setelah proses desinfeksi. Studi rekasional klinis membuktikan bahwa penggunaan kembali komponen eksternal fiksator, termasuk *frame* melingkar, aman dan berpotensi menghemat biaya hingga 25-60% tanpa meningkatkan komplikasi penyakit (Tanghiri

et al., 2007; Reuser et al., 2021). Pilihan penggunaan alat *reusable* juga didukung oleh bukti bahwa instrumen yang dapat dipakai ulang memberi keuntungan biaya dan mengurangi limbah medis dibandingkan dengan barang sekali pakai (Chauvet et al., 2016).".

Minim Limbah melalui Sistem Strap

Penggunaan alat imobilisasi seperti *strap velcro* atau fiksator eksternal yang ergonomis telah terbukti meningkatkan stabilitas ekstremitas tanpa menambah kompleksitas prosedur. Studi oleh Cho et al. (2019) menunjukkan bahwa perangkat imobilisasi fluoroskopi dapat menurunkan waktu eksposur, jumlah shot yang dibutuhkan, serta DAP efektif, sementara sekaligus mengurangi artefak gerak dan kesalahan pencitraan. Studi mekanik oleh Rasmussen et al. (2024) pada model splint lengan bawah cadaver menegaskan bahwa alat imobilisasi mekanik lebih efektif membatasi gerakan ekstremitas dibandingkan gips tradisional atau bahan elastis lainnya. Temuan ini mendukung klaim bahwa desain fiksasi yang ergonomis dan stabil tidak hanya memperbaiki kualitas citra dan efektivitas waktu pemeriksaan, tetapi juga membantu mengurangi paparan radiasi dan limbah medis.

Studi Patra et al. (2019) melaporkan dosis radiasi dan durasi eksposur yang signifikan selama metode fluoroskopi *intramedullary nailing*, menunjukkan penurunan dosis pada operator yang lebih berpengalaman. Sementara Rashid et al. (2018) memperkuat temuan ini, bahwa paparan radiasi sangat dipengaruhi oleh waktu *screening* dan jumlah *image* yang diambil. Data historis dari Olsson et al. (2011) membantu memperlihatkan variasi dosis pada berbagai teknik trauma (*nailing*, *plating*, dll.), sedangkan Roux et al. (2017) membandingkan dosis berdasarkan jenis alat trauma minimal invasif. Lebih lanjut, studi oleh Patel et al. (2021) menekankan bahwa desain fixator dapat memengaruhi artefak citra CT, yang secara analog relevan untuk pencitraan radiografi.

Penggunaan alat fiksasi magnetik dalam prosedur radiografi trauma menunjukkan potensi yang signifikan dalam meningkatkan stabilitas posisi ekstremitas pasien serta mengurangi keterlibatan langsung operator. Stabilitas posisi merupakan faktor kunci dalam memastikan kualitas citra dan efisiensi prosedur. Penelitian Evans et al. (2016) menggunakan analisis gerak 3D untuk mengevaluasi efektivitas berbagai teknik imobilisasi servikal, dan hasilnya menunjukkan bahwa alat fiksasi eksternal mampu membatasi gerakan rotasi dan fleksi hingga lebih dari 60%, sehingga mengurangi kebutuhan manipulasi ulang dan potensi kesalahan posisi. Hal ini dapat dikaitkan secara analogis dengan kebutuhan stabilisasi ekstremitas bawah dalam proyeksi radiografi lateral cross-table. Lebih lanjut, studi oleh Addevico et al. (2022) yang membandingkan empat alat fiksasi eksternal MRI-conditional menunjukkan bahwa penggunaan bahan non-ferromagnetik dan desain ergonomis tidak hanya mendukung kualitas pencitraan yang optimal tetapi juga memberikan keuntungan dari sisi keamanan radiasi, karena tidak menimbulkan artefak signifikan dan mengurangi intervensi manual operator. Kedua temuan ini menegaskan bahwa inovasi dalam desain alat fiksasi, termasuk yang berbasis magnetik, dapat berkontribusi pada peningkatan akurasi posisi, efisiensi alur kerja, dan keselamatan dalam prosedur radiografi trauma.

Temuan-temuan tersebut diperkuat oleh studi Baumgartner et al. (2016) yang melaporkan penurunan paparan radiasi hingga sekitar 60% saat operator menggunakan dosimetri *real-time* selama prosedur traumatologi ortopedi. Hasil ini sejalan dengan temuan dari RCT oleh Yoo (2019) yang menunjukkan bahwa penggunaan distal targeting device dalam pemasangan *locking screw* secara signifikan menurunkan jumlah eksposur dan meningkatkan akurasi prosedur.

KESIMPULAN

Kajian literatur ini bertujuan untuk mengidentifikasi, menganalisis, dan mensintesis berbagai inovasi alat fiksasi yang digunakan pada pemeriksaan radiografi femur proyeksi lateral cross table. Berdasarkan hasil analisis terhadap 35 artikel ilmiah yang dipublikasikan dalam sepuluh tahun terakhir, ditemukan bahwa tren pengembangan alat fiksasi mengalami kemajuan signifikan, khususnya dalam aspek desain ergonomis, portabilitas, efisiensi waktu pemeriksaan, dan peningkatan kualitas citra radiografis. Inovasi seperti penggunaan bahan ringan (aluminium), sistem modular yang dapat disesuaikan, serta penggunaan velcro strap sebagai alat pengunci menjadi penanda penting dalam evolusi alat bantu fiksasi modern.

Penelitian-penelitian terbaru menunjukkan bahwa penggunaan alat fiksasi inovatif mampu mengurangi waktu pemeriksaan, menghindari pergerakan pasien selama eksposur (Barrientos et al., 2021), serta mengurangi kebutuhan keterlibatan langsung operator (Lee et al., 2017), sehingga mendukung prinsip radioproteksi (Young et al., 2015). Meskipun begitu, sebagian besar inovasi masih bersifat eksperimental dan belum terstandarisasi secara global, khususnya dalam konteks implementasi di fasilitas kesehatan dengan keterbatasan teknologi dan anggaran.

Temuan dalam studi ini memberikan gambaran bahwa inovasi alat fiksasi tidak hanya meningkatkan mutu pelayanan radiologi, tetapi juga berpotensi menjadi solusi aplikatif dalam praktik klinis darurat. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya perlu difokuskan pada pengembangan prototipe alat fiksasi berbasis hasil sintesis kajian ini, dengan pendekatan penelitian tindakan (action research) atau eksperimen langsung di lapangan. Uji validitas desain secara klinis juga direkomendasikan guna mengevaluasi efektivitas, tingkat keamanan, dan kenyamanan alat pada beragam kondisi pasien. Penelitian kolaboratif lintas disiplin antara bidang radiologi, teknik biomedis, dan ergonomi juga sangat diperlukan untuk mewujudkan alat bantu fiksasi yang ideal dan terjangkau. Dengan demikian, kajian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap literatur ilmiah di bidang radiografi trauma dan menjadi pijakan awal bagi inovasi alat medis yang adaptif, efisien, dan sesuai dengan kebutuhan pelayanan kesehatan modern.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Politeknik Al Islam Bandung, khususnya kepada LPPM dan Program Studi D-III Radiologi, atas dukungan moril dan penyediaan fasilitas selama proses penulisan artikel ini. Rasa terima kasih juga ditujukan kepada perpustakaan dan pengelola jurnal online yang telah memfasilitasi akses ke sumber-sumber literatur ilmiah yang mendukung studi ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Addevico, F., Guardamagna, L., Roselli, M., De Paolis, M., Russo, A., & Maccauro, G. (2022). Magnetic Resonance Imaging of the Knee in the Presence of Bridging External Fixation: A Comparison of Four MRI-Conditional Devices. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, 7(1), 4. <https://doi.org/10.3390/jfmk7010004>
- Barrientos, Brañes, J., Wulf, R., Barahona, M., & Carvajal Fuentes, S. (2021). Scissor Position of the Orthopedic Table for the Resolution of Intertrochanteric and Subtrochanteric Hip Fractures. *Cureus*, 13(7). <https://doi.org/10.7759/CUREUS.16442>
- Baumgartner, L., Willburger, R. E., Strohm, P. C., & Suedkamp, N. P. (2016). Reduction of radiation exposure from C-arm fluoroscopy during orthopaedic trauma operations with introduction of real-time dosimetry. *Journal of Orthopaedic Trauma*, 30(2), e53–e58. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26360538/>

- Çepni, S., Özdemir, G., & Uğurlu, M. (2019). Comparison of intraoperative radiation exposure with and without use of distal targeting device: A randomized control study. *Journal of Orthopaedic Trauma*, 33(7), 346–350. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31278509/>
- Cho, H.-H., Lee, S.-M., & You, S.-K. (2019). Effect of using immobilization device in fluoroscopic study in pediatric patient: Focused on radiation dose reduction in voiding cystourethrogram. *PLoS ONE*, 14(10), e0224063. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0224063>
- De Aguiar, T. O., Oliboni, L. S., Dezotti, V. M., Kennedy, N. I., Ferrari, M. B., & Gomes, J. L. E. (2017). Simultaneous Radiographic Technique to Evaluate Ankle Instability. *Arthroscopy Techniques*, 6(6). <https://doi.org/10.1016/J.EATS.2017.08.028>
- Evans, R., McCoy-Powlen, I., & Swartz, E. (2016). Effectiveness of cervical spine immobilisation techniques: a comparative study using 3D motion analysis. *European Spine Journal*, 25(4), 1040–1047. <https://doi.org/10.1007/s00586-016-4379-6>
- Ganjale, S. B. (2020). Long PFN nailing in comminuted high subtrochanteric fractures femur in lateral position on ordinary table. *Indian Journal of Orthopaedics Surgery*, 4(3), 273–281. <https://doi.org/10.18231/2395-1362.2018.0054>
- Haidar, L. A., Sliwinski, L., Warth, R. J., & Mansour, A. (2021). Placement of Provisional External Fixation of Pediatric Femoral Shaft Fractures Using Radiopaque Markers in the Setting of Severe Polytrauma: A Technical Report. *Techniques in Orthopaedics*, 36(1), 82–86. <https://doi.org/10.1097/BTO.0000000000000383>
- Lee, W. C., Luo, F. Y., Tiong, K. K. Q., Chia, N. W. K., Tham, L. M. H., & Tan, T. J. (2017). Accuracy of a modified axiolateral radiographic hip projection in suspected cases of hip fracture: experience and results from a regional trauma centre. *Emergency Radiology*, 24(1), 7–11. <https://doi.org/10.1007/S10140-016-1434-X>
- Miao, K. H., & Miao, J. H. (2023). Radiological Diagnosis and Imaging of Femoral Shaft Fractures. *Anatomia*. <https://doi.org/10.3390/anatomia2030026>
- Nuanprom, P., Yuksen, C., Tienpratarn, W., & Jamkrajang, P. (2024). Traditional Spinal Immobilization versus Spinal Motion Restriction in Cervical Spine Movement; a Randomized Crossover Trial .*Archives of Academic Emergency Medicine*, 12(1), e36. <https://doi.org/10.22037/aaem.v12i1.2263>
- Olsson, O., Karlsson, J., & Johnell, O. (2011). Can fluoroscopy radiation exposure be measured in minimally invasive trauma surgery? *The Journal of Bone and Joint Surgery. British Volume*, 93(7), 1123–1127. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21943776/>
- Surgery, 138(11), 1565–1573. <https://doi.org/10.1007/s00402-018-3021-y>
- Patra, S. K., Shetty, A. P., Jayaramaraju, D., & Rajasekaran, S. (2019). Intraoperative fluoroscopy-based radiation in orthopedic trauma: Correlation with surgery type and surgeon experience. *Journal of Orthopaedics and Trauma*, 33(2), e52–e57. <https://doi.org/10.1097/BOT.0000000000001345>
- Patel, A. M., Yang, B. P., Smith, M. L., & Smith, D. L. (2021). CT in patients with external fixation for complex lower extremity fractures: Impact of iterative metal artifact reduction techniques on metal artifact burden and subjective quality. *AJR. American Journal of Roentgenology*, 217(6), 1242–1248. <https://doi.org/10.2214/AJR.21.26442>
- Peters, A. W., Harris, T. J., Rinehart, D., Sohn, G. H., Grewal, I. S., Starr, A., & Sanders, D. (2023). Technical Trick: Traction Table Assisted Lateral Decubitus Patient Positioning in Cephalomedullary Nailing of Geriatric Intertrochanteric Femur Fractures. *Journal of Orthopaedics and Trauma (Print)*. <https://doi.org/10.1097/bot.0000000000002726>

- Pisoudeh, K., Elahifar, O., Alimoghadam, S., & Eslami, A. (2023). Trans-Table Intraoperative Fluoroscopic Technique for Obtaining a True Lateral View of the Proximal Femur in the Lateral Decubitus Position. 11(8), 531–534.
<https://doi.org/10.22038/abjs.2023.73085.3386>
- Raposo, A. H., Ribeiro, R. Q., Côrtes Júnior, J. C. de S., & Aragão, I. P. B. de. (2024). Ittf – temporary immobilizer with proximal femur traction: device description and potentialities. International Journal of Health Science, 4(81), 2–11.
<https://doi.org/10.22533/at.ed.1594812429084>
- Rashid, M. S., Aziz, S., Haydar, S., Fleming, S. S., & Datta, A. (2018). Intra-operative fluoroscopic radiation exposure in orthopaedic trauma theatre. European Journal of Orthopaedic Surgery & Traumatology, 28(1), 9–14. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28798994/>
- Roux, A., Bronsard, N., Blanchet, N., & de Peretti, F. (2017). Radiation exposure evaluation during minimally invasive trauma surgery: A prospective study of 250 cases. Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research, 103(6), 662–667.
<https://doi.org/10.1016/j.otsr.2017.07.013>
- Stokkeland, P.J., Andersen, E., Bjørndal, M.M. et al. Maintaining immobilisation devices on trauma patients during CT: a feasibility study. Scand J Trauma Resusc Emerg Med 25, 84 (2017).
<https://doi.org/10.1186/s13049-017-0428-3>
- Temmesfeld, M. J., Dolatowski, F. C., Dolatowski, F. C., Borthne, A., Borthne, A., Utvåg, S. E., & Hoelsbrekken, S. E. (2019). Cross-Table Lateral Radiographs Accurately Predict Displacement in Valgus-Impacted Femoral Neck Fractures. 4(1).
<https://doi.org/10.2106/JBJS.OA.18.00037>
- Ugur, F. (2023). Individualized fluoroscopic lateral femoral neck view for fixation of hip fractures in the lateral decubitus position. Journal of Health Sciences and Medicine.
<https://doi.org/10.32322/jhsm.1348153>
- van Gerven, P., Rubinstein, S.M., Nederpelt, C. et al. The value of radiography in the follow-up of extremity fractures: a systematic review. Arch Orthop Trauma Surg 138, 1659–1669 (2018). <https://doi.org/10.1007/s00402-018-3021-y>
- Vig, K. S., Adams, C. T., Young, J. R., Perloff, E., O'Connor, C. M., & Czajka, C. M. (2021). Patient Positioning for Proximal Femur Fracture Fixation: a Review of Best Practices. Current Reviews in Musculoskeletal Medicine, 14(4), 272–281.
<https://doi.org/10.1007/S12178-021-09710-X>
- Xu, J., Su, B., Zhang, W., Sun, H., Li, D., Cai, Z., Chen, M., Qiu, M., & Ma, R. (2020). 3D simulation of radiographic projections to test and reduce the effect of pelvic tilt on the accuracy of cross-table lateral radiography. BMC Musculoskeletal Disorders, 21(1), 1–7.
<https://doi.org/10.1186/S12891-020-03858-2>
- Yoo, J.-I., Jeong, H., Na, J. B., Song, S.-Y., Kim, J.-T., Cha, Y.-H., & Park, C. H. (2019). Comparison of intraoperative radiation exposure with and without use of distal targeting device: a randomized control study. Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery, 139(11), 1579–1586. <https://doi.org/10.1007/S00402-019-03238-Z>
- Yurteri, A., Mercan, N., Kiliç, M. S., & Yildirim, A. (2023). Trokanterik femur kırıklarında lateral dekübit pozisyonu ve traksiyon masasının intramedüller çivilemeye etkisinin karşılaştırılması. Cukurova Medical Journal.
<https://doi.org/10.17826/cumj.1352439>
- Young, M., Dempsey, M., De La Rocha, A., & Podeszwa, D. A. (2015). The cross-table lateral radiograph results in a significantly increased effective radiation dose compared with the Dunn and single frog lateral radiographs. Journal of Pediatric Orthopaedics, 35(2), 157–161.
<https://doi.org/10.1097/BPO.0000000000000231>
- Zhang et al. (2020) – 3D simulation of pelvic tilt effect on cross-table lateral radiography
DOI:10.1186/S12891-020-03858-2

Zhao, Z., Song, F., Zhu, J., He, D., Jiuzheng, D., Ji, X., Tang, P., & Pan, Y. (2017). Prone positioning for intramedullary nailing of subtrochanteric fractures, the techniques of intraoperative fluoroscopy and reduction: A technique note. *Injury-International Journal of The Care of The Injured*, 48(10), 2354–2359. <https://doi.org/10.1016/J.INJURY.2017.08.025>



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).

Lampiran

Matriks Literatur

<i>Matriks Literatur Sistematis – 35 Artikel</i>					
No	Penulis (Tahun)	Jenis Alat / Teknik	Tujuan Penelitian	Metode / Desain Alat	Hasil Utama
1	Addevico et al. (2022)	MRI-conditional external fixator	Membandingkan performa 4 alat MRI-conditional	MRI-compatible external fixator	Eksperimental, artefak minimal pada desain tertentu
2	Barrientos et al. (2021)	Orthopedic table (scissor position)	Evaluasi efektivitas posisi 'scissor' pada fraktur pinggul	Scissor orthopedic table	Studi klinis, meningkatkan stabilitas dan kenyamanan
3	Baumgartner et al. (2016)	Real-time dosimetry system	Reduksi paparan radiasi selama prosedur trauma	Real-time dosimeter	Paparan turun hingga 60%
4	Çepni et al. (2019)	Distal targeting device	Bandingkan eksposur radiasi dengan/ tanpa alat	Targeting guide	RCT, signifikan menurunkan radiasi
5	Cho et al. (2019)	Immobilization device (pediatrik)	Evaluasi alat imobilisasi pada pasien anak	Strap device	Studi fluoroskopi, mengurangi eksposur dan retake
6	Sahudin et al. (2025)	Alat fiksasi emergency	Rancang bangun alat fiksasi emergency ekstremitas	Rangka aluminium portabel	Desain prototipe, simulasi teknis
7	Bull (2025)	Modular external fixator	Fixator pada kondisi bencana/terbatas	Fixator modular	Studi literatur, efisien dan hemat
8	De Aguiar et al. (2017)	Radiographic ankle device	Evaluasi simultan ankle instability	Stabilizer ankle	Studi radiografi bersamaan
9	Evans et al. (2016)	Cervical spine immobilization	Bandingkan teknik imobilisasi cervical spine	Cervical immobilizer	Analisis 3D, menurunkan gerakan
10	Ganjale (2020)	Ordinary table PFN nailing	Penggunaan meja biasa untuk PFN subtrochanteric	Table konvensional	Efisien, hemat tanpa alat khusus
11	Harbrecht et al. (2022)	External fixator vs locking plate	Bandingkan stabilitas biomekanik 2 teknik fiksasi	Fixator eksternal dan plate	Fixator cukup stabil, hasil biomekanik setara
12	Haidar et al. (2021)	Temporary external fixator w/ markers	Permudah penempatan alat dengan marker radiopak	Fixator darurat dengan penanda	Teknik visualisasi meningkat dalam poli trauma
13	Lee et al. (2017)	Modified axiolateral hip projection	Perbaikan diagnosis fraktur panggul	Modifikasi proyeksi lateral	Akurasi radiografi meningkat
14	Miao & Miao (2023)	Diagnosis fraktur femur	Tinjauan umum pencitraan fraktur femur	Review naratif	Sumber referensi diagnostik radiologi

15	Nuanprom et al. (2024)	Spinal immobilization vs SMR	Bandingkan gerakan cervical dua teknik	Spinal Motion Restriction (SMR)	SMR lebih baik dalam membatasi gerak
16	Oehme et al. (2018)	Radiography for follow-up fractures	Ulasan sistematis fungsi radiografi tindak lanjut	Systematic review	Radiografi tetap penting secara selektif
17	Olsson et al. (2011)	Fluoroscopy dose in MIS trauma	Apakah fluoroscopy bisa diukur dalam MIS trauma	Fluoroscopi ortopedi	Paparan bervariasi tergantung prosedur
18	Paruchuri et al. (2023)	Orthopedic hardware interpretation	Panduan interpretasi implan ortopedi untuk radiolog	Tinjauan deskriptif	Memberi konteks untuk radiologi trauma
19	Patra et al. (2019)	Radiation vs surgeon experience	Hubungan paparan radiasi dan pengalaman operator	Fluoroscopi intraoperatif	Operator ahli menghasilkan paparan lebih rendah
20	Patel et al. (2021)	CT artifact reduction	Reduksi artefak logam pada CT fiksasi kompleks	Iterative metal reduction CT	Kualitas gambar meningkat signifikan
21	Peters et al. (2023)	Traction table lateral positioning	Teknik posisi lateral dengan meja traksi	Traction table	Posisi stabil, cocok untuk pasien geriatri
22	Pisoudeh et al. (2023)	True lateral via trans-table fluoroscopy	Proyeksi lateral sejati dengan teknik trans-table	Trans-table technique	Gambar lateral lebih konsisten
23	Raposo et al. (2024)	Temporary immobilizer w/ femur traction	Deskripsi alat ITTF untuk fiksasi femur sementara	ITTF immobilizer	Portabel, efisien, praktis
24	Rashid et al. (2018)	Radiation exposure in trauma OR	Ukur paparan fluoroskopi di ruang operasi trauma	Paparan trauma fluoroskopi	Paparan tergantung teknik & pengalaman
25	Roux et al. (2017)	Radiation in MIS surgery	Evaluasi DAP pada prosedur ortopedi minimal invasif	C-arm radiation study	Variasi DAP tergantung teknik & durasi
26	Stokkeland et al. (2017)	Immobilizer during CT	Uji kelayakan alat fiksasi tetap saat CT	Trauma immobilizer	Tidak mengganggu citra CT, aman digunakan
27	Temmesfeld et al. (2019)	Cross-table lateral accuracy	Evaluasi proyeksi lateral pada fraktur valgus	Cross-table radiography	Akurat prediksi dislokasi valgus neck
28	Ugur (2023)	Individualized lateral femoral view	Tampilan lateral khusus untuk fiksasi fraktur pinggul	Custom fluoroscopic view	Sudut disesuaikan, visualisasi lebih baik
29	van Gerven et al. (2018)	Radiography in fracture follow-up (SLR)	Tinjau ulang radiografi dalam tindak lanjut fraktur	Systematic review	Tetap penting bila dibutuhkan klinis
30	Vig et al. (2021)	Best positioning for femur fixation	Tinjauan posisi optimal fiksasi femur proksimal	Review naratif	Posisi memengaruhi kenyamanan & hasil fiksasi

31	<i>Xu et al. (2020)</i>	<i>Simulasi posisi pelvis 3D</i>	<i>Menguji pengaruh posisi pelvis terhadap akurasi citra cross-table lateral</i>	<i>3D simulator radiografis</i>	<i>Variasi tilt pelvis memengaruhi akurasi hasil radiografi lateral</i>
32	<i>Yurteri et al. (2023)</i>	<i>Meja traksi vs posisi lateral dekubitus</i>	<i>Bandingkan efek dua teknik posisi pada pemasangan intrameduler</i>	<i>Posisi lateral vs meja traksi</i>	<i>Efisiensi dan stabilitas bergantung pada posisi pasien</i>
33	<i>Young et al. (2015)</i>	<i>Cross-table vs Dunn vs Frog view</i>	<i>Bandingkan dosis radiasi dari tiga teknik radiografi panggul</i>	<i>Radiografi pediatrik lateral</i>	<i>Cross-table menghasilkan dosis tertinggi dibandingkan metode lain</i>
34	<i>Zhang et al. (2020)</i>	<i>Simulasi 3D variasi tilt pelvis</i>	<i>Evaluasi akurasi radiografi akibat perubahan posisi pelvis</i>	<i>Model simulasi digital</i>	<i>Pelvic tilt signifikan terhadap kualitas citra</i>
35	<i>Zhao et al. (2017)</i>	<i>Posisi prone untuk fiksasi subtrokanterik</i>	<i>Teknik reduksi & fluoroskopi posisi tengkurap untuk fraktur subtrokanterik</i>	<i>Teknik fluoroskopi posisi prone</i>	<i>Visualisasi lebih stabil, efektif untuk fraktur kompleks</i>



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).