

RANCANG BANGUN ALAT BANTU FIKSASI *KNEE JOINT*
PROYEKSI BILATERAL

KARYA TULIS ILMIAH

Sebagai Salah Satu Persyaratan Menyelesaikan Pendidikan Diploma III
Radiologi Politeknik Kesehatan TNI AU Adisutjipto Yogyakarta



Disusun Oleh :

M.FAUZAN ADIMAN

22230043

PROGRAM STUDI D3 RADIOLOGI POLITEKNIK
KESEHATAN TNI AU ADISUTJIPTO
YOGYAKARTA
2025

LEMBAR PERSETUJUAN
KARYA TULIS ILMIAH

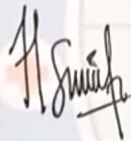
RANCANG BANGUN ALAT BANTU FIKSASI *KNEE*
JOINT PROYEKSI BILATERAL

M.FAUZAN ADIMAN
NIM : 22230043

Menyetujui :

Pembimbing I

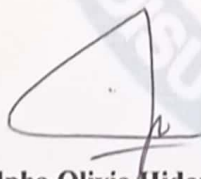
Tanggal,



M. Sofyan, S.ST., M. Kes
NIP : 011904040

Pembimbing II

Tanggal,



Alpha Olivia Hidayati, S.Si., M.P.H.
NIP : 4224128202

LEMBAR PENGESAHAN

KARYA TULIS ILMIAH

RANCANG BANGUN ALAT BANTU FIKSASI KNEE
JOINT PROYEKSI BILATERAL

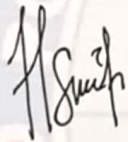
Dipersiapkan dan disusun oleh :

M.FAUZAN ADIMAN

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
pada tanggal, / /2025

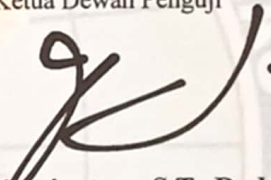
Susunan Dewan Penguji

Pembimbing I



M. Sofyan, S.ST., M. Kes
NIP : 011904040

Ketua Dewan Penguji



Dyah Ayu Puspiningtyas, S.Tr.Rad., M.Tr.Kes
NIP : 24099402

Pembimbing II



Alpha Olivia Hidayati, S.Si., M.P.H
NIP : 4224128202

Karya Tulis Ilmiah ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh gelar Diploma Tiga Radiologi

Yogyakarta, /2025


Redha Okta Silina, M.Tr.Kes
NIP : 0514109301

SURAT PERNYATAAN
TIDAK MELAKUKAN PLAGIASI

Yang bertandatangan di bawah ini

Nama : M.Fauzan Adiman

NIM : 22230043

Saya menyatakan bahwa Karya Tulis Ilmiah yang berjudul “Rancang Bangun Alat Bantu Pemeriksaan Knee Joint Erect Proyeksi bilateral” ini sepenuhnya karya saya sendiri. Tidak ada bagian di dalamnya yang merupakan plagiat dari karya orang lain dan saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku. Atas pernyataan ini, saya siap menanggung resiko atau sanksi yang dijatuhkan kepada saya apabila kemudian ditemukan pelanggaran etika keilmuan dalam karya saya ini, atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya saya ini.

Yogyakarta,.....2025

Yang membuat
pernyataan,

(M.Fauzan Adiman)

HALAMAN MOTTO

Perkuliah adalah perjalanan panjang yang penuh ujian, pengorbanan, dan pembelajaran, bukan hanya tentang meraih gelar, tetapi tentang menempa diri agar menjadi pribadi yang kuat, sabar, dan bertanggung jawab. Dalam setiap langkah perjuangan, restu dan doa orang tua adalah kekuatan terbesar yang menuntun di saat lelah dan memberi cahaya di tengah gelapnya kesulitan. Dari merekalah lahir semangat untuk terus berjuang, bahkan ketika dunia terasa berat dan harapan mulai pudar.

Setiap keberhasilan adalah wujud dari doa yang tidak pernah putus di setiap sujud mereka, dan setiap kegagalan adalah bagian dari rencana Allah untuk mempersiapkan sesuatu yang lebih indah. Dengan ilmu, manusia belajar memahami kehidupan; dengan iman, manusia belajar menerima ketetapan-Nya. Maka, jalani setiap langkah di dunia perkuliahan dengan niat yang tulus, kerja keras yang ikhlas, dan keyakinan bahwa ridha Allah akan selalu mengikuti ridha orang tua. Sebab keberhasilan sejati bukan sekadar diukur dari nilai dan gelar, tetapi dari seberapa besar kita mampu membahagiakan orang tua dan menjadikan ilmu yang diperoleh sebagai amal yang bermanfaat.

BIODATA PENELITI

Nama : M.Fauzan Adiman
Tempat,tanggal lahir : Rasabou, 28 Desember 2001
Jenis kelamin : Laki-Laki
Agama : Islam
Nama Ayah : Kisman
Nama Ibu : Ervina
Alamat : Desa Rasabou, Kec.Bolo,Kab.Bima, Prov NTB
Nomor Handphone : 085-333-185-890
Alamat e-mail : fauzanadiman744@gmail.com



RIWAYAT PENDIDIKAN

NO	Nama Sekolah	KOTA	TAHUN
1	SDN 03 SILA	Bima	2008 – 2014
2	SMPN NEGERI 1 BOLO	Bima	2014 – 2017
3	SMKN 2 KOTA BIMA	Kota Bima	2017 – 2020
4	POLITEKNIK KESEHATAN TNI AU ADISUTJIPTO	Yogyakarta	2022 – 2025

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan hidayah-nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Karya Tulis Ilmiah dengan judul “Rancang Bangun Alat Bantu Pemeriksaan *Knee Joint bilateral* ”.

Karya tulis ilmiah ini ditulis untuk memenuhi Tugas Akhir Program Studi Diploma III Radiologi Poltekkes TNI AU Adisutjipto Yogyakarta. Dalam penulisan karya tulis ini, penulis banyak mendapat bimbingan serta bantuan dari berbagai pihak sehingga karya tulis ini terselesaikan dengan baik. Penulis mengucapkan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada :

1. Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-nya
2. dr. Mintoro Sumego, MS., Direktur Poltekkes TNI AU Adisutjipto Yogyakarta, atas dukungan yang diberikan.
3. Redha Okta Silfina, M.Tr.Kes., Ketua Program Studi Diploma III Radiologi Poltekkes TNI AU Adisutjipto Yogyakarta, atas arahan dan bimbingan yang diberikan.
4. M. Sofyan, S.ST., M.Kes., dosen pembimbing, yang telah dengan sabar memberikan bimbingan, saran, dan masukan hingga karya tulis ilmiah ini dapat terselesaikan.
5. Ibu Alpha Olivia Hidayati, S.Si., M.P.H., dosen pembimbing, yang telah banyak membantu penulis dalam penyusunan karya tulis ilmiah ini.
6. Seluruh staf pengajar program studi Diploma III Radiologi Poltekkes TNI AU Adisutjipto Yogyakarta atas ilmu pengetahuan yang telah diberikan

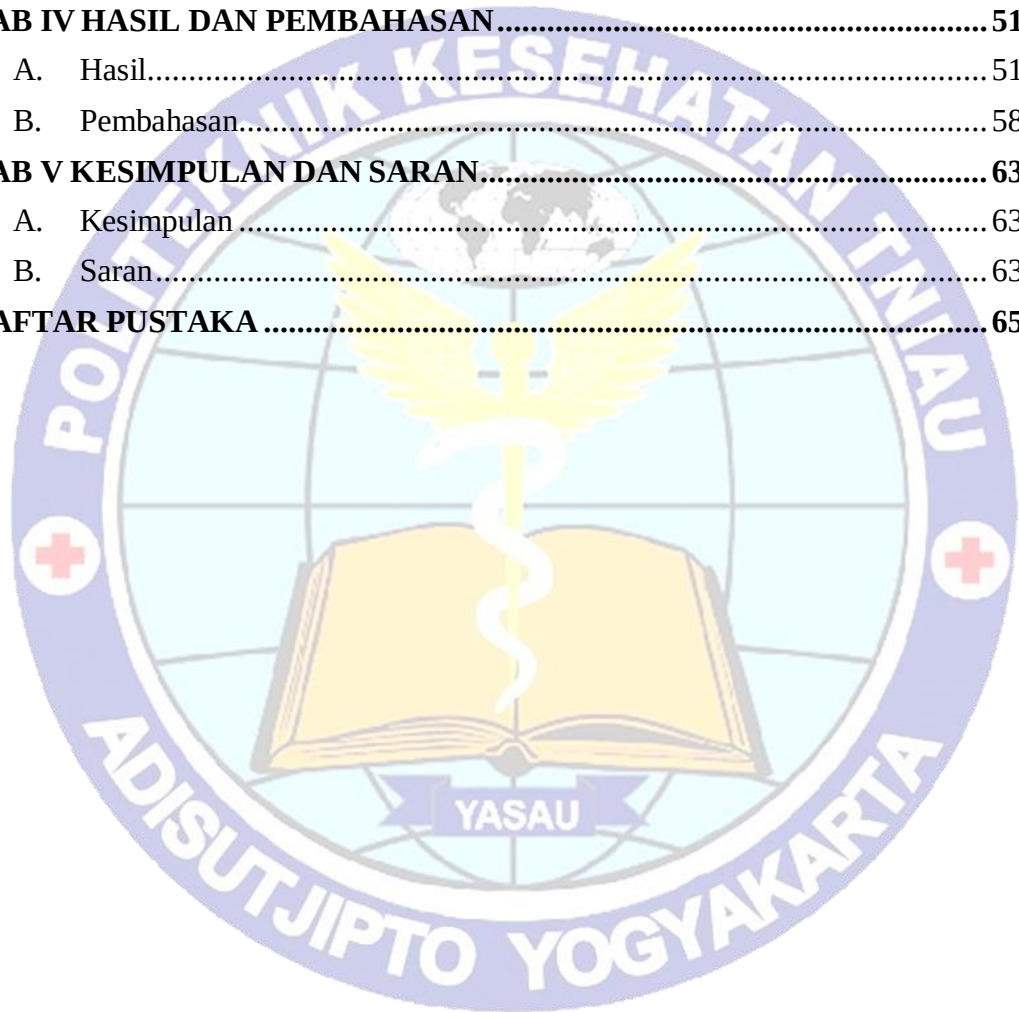
7. Kedua Orang tua yang selalu memberikan doa, semangat dan dukungan
8. Teman-teman yang selalu ada, memberikan motivasi, perhatian dan dukungan bagi kelancaran karya tulis ilmiah penulis. Penulis menyadari bahwa karya tulis ilmiah ini tak lepas dari kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran kepada pembaca agar dapat memperbaiki karya tulis selanjutnya. Penulis juga berharap semoga karya tulis ini dapat bermanfaat bagi penulis maupun pembaca.



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN	Error! Bookmark not defined.
LEMBAR PENGESAHAN.....	Error! Bookmark not defined.
KARYA TULIS ILMIAH.....	Error! Bookmark not defined.
SURAT PERNYATAAN	iv
TIDAK MELAKUKAN PLAGIASI.....	iv
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
INTISARI.....	xiv
ABSTRACT	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	5
C. Tujuan Penelitian	5
D. Batasan penelitian	5
E. Manfaat Penelitian	5
F. Keaslian Penelitian.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	8
A. Landasan Teori.....	8
B. Kerangka Teori.....	40
C. Kerangka Konsep	41
BAB III METODE PENELITIAN	42
A. Jenis Penelitian.....	42
B. Waktu dan Tempat Penelitian	42
C. Populasi dan sampel	42
D. Metode pengumpulan data	42
E. Alat dan Bahan Perancangan Alat Bantu.....	43
F. Desain Alat.....	45
G. Prosedur Pembuatan Alat.....	46

H. Cara kerja alat	47
I. Pertanyaan kuesioner	47
J. Pengujian Alat	48
K. Etika penelitian	49
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	51
A. Hasil	51
B. Pembahasan	58
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	63
A. Kesimpulan	63
B. Saran	63
DAFTAR PUSTAKA	65



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Anatomi <i>Knee Joint</i>	11
Gambar 2. 2 Proyeksi AP	17
Gambar 2. 3 Hasil radiograf AP	19
Gambar 2. 4 Proyeksi AP <i>weight-Bearing Method</i>	20
Gambar 2. 5 Hasil radiograf AP <i>weight-Bearing</i>	21
Gambar 2. 6 Proyeksi Lateral Mediolateral	22
Gambar 2. 7 Hasil Radiograf Lateral Mediolateral	23
Gambar 2. 8 Proyeksi PA Rosen Berg Method Weight-	24
Gambar 2. 9 Hasil Radiograf Proyeksi PA <i>Rosen Berg Method Weight-Bearing</i>	24
Gambar 2. 10 Proyeksi PA <i>OBLIQUE Lateral rotation</i>	25
Gambar 2. 11 Hasil Radiograf Proyeksi PA <i>OBLIQUE Lateral rotation</i>	26
Gambar 2. 12 Proyeksi PA	27
Gambar 2. 13 Hasil Radiograf PA	28
Gambar 2. 14 PA Axial	29
Gambar 2. 15 Hasil Radiograf Proyeksi PA Axial	30
Gambar 2. 16 Cassette holder	30
Gambar 2. 17 Tam-em Board	31
Gambar 2. 18 Perekat	31
Gambar 2. 19 Pigg-O-Stat	32
Gambar 2. 20 Adjustable-Type Leg and IR Holder	32
Gambar 2. 21 Softbag	33
Gambar 2. 22 Gaunze bandage	33
Gambar 2.22 kerangka teori	40
Gambar 2. 23 kerangka Konsep	41
Gambar 3.1 Desain alat tampak depan	45
Gambar 3.2 tampak samping	46
Gambar 4.1 penyatuan bahan	52
Gambar 4.2 Perakitan komponen	53
Gambar 4.3 Proses finishing / Pengecatan	54
Gambar 4.4 Alat fiksasi kne joint	54
Gambar 4.5 proyeksi Antero Posterior (AP)	55
Gambar 4.6 Hasil Radiograf proyeksi Antero Posterior (AP)	55

DAFTAR TABEL

Table 1.1 Keaslian Penelitian	6
Tabel 3. 1 Bahan Perancangan Alat Bantu	43
Tabel 3. 2 Bahan Perancangan Alat Bantu	44
Tabel 3.3 kuesioner Pertanyaan Penelitian Pada Radiografer	47
Tabel 3.4 Kriteria Kelayakan (Skala Gutman)	49
Tabel 4.1 kuesioner Pertanyaan Penelitian Pada Radiografer	56
Tabel 4.2 Cara menghitung Tingkat Keberhasilan Alat Hasil Rancang Bangun ...	57



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Lembar persetujuan volunteer

Lampiran 2. *Ethical clearance*

Lampiran 3. Surat permohonan izin penelitian

Lampiran 4. Dokumentasi Informan Radiografer

Lampiran 5. Hasil Kuesioner Radiografer 1

Lampiran 6. Hasil Kuesioner Radiografer 2

Lampiran 7. Hasil Kuesioner Radiografer 3

Lampiran 8. Hasil Kuesioner Radiografer 4

Lampiran 9. Hasil Kuesioner Radiografer 5

Lampiran 10. Hasil Kuesioner Radiografer 6

Lampiran 11. Hasil Kuesioner Radiografer 7

Lampiran 12. Hasil Kuesioner Radiografer 8

Lampiran 13. lembar persetujuan Radiografer

Lampiran 14. lembar persetujuan Radiografer

Lampiran 15. lembar persetujuan Radiografer 1

Lampiran 16. lembar persetujuan Radiografer 2

Lampiran 17. lembar persetujuan Radiografer 3

Lampiran 18. lembar persetujuan Radiografer 4

Lampiran 19. lembar persetujuan Radiografer 5

Lampiran 20. lembar persetujuan Radiografer 6

Lampiran 21. lembar persetujuan Radiografer 7

Lampiran 21. lembar persetujuan Radiografer 8

RANCANG BANGUN ALAT BANTU FIKSASI *KNEE JOINT* PROYEKSI *BILATERAL*

M. Fauzan Adiman¹, M. Sofyan², Alpha Olivia Hidayati, S.Si., M.P.H³.
Mahasiswa Jurusan Program Studi Radiologi Program Diploma Tiga Poltekkes
TNI AU Adisutripto Yogyakarta 2,3 Dosen Jurusan Program Studi Radiologi
Program Diploma Tiga Poltekkes TNI AU Adisutripto Yogyakarta
Email: fauzanadiman744@gmail.com

INTISARI

Latar Belakang: Pemeriksaan radiografi knee joint pada pasien osteoarthritis sering menghadapi kendala dalam pemosisian akibat keterbatasan gerak sendi. Alat bantu fiksasi yang tersedia umumnya masih sederhana, kurang stabil, dan tidak ergonomis, sehingga dapat memengaruhi kualitas citra serta kenyamanan pasien. Oleh karena itu, diperlukan inovasi alat fiksasi dengan desain yang lebih stabil, kuat, dan presisi untuk mendukung kualitas pemeriksaan radiografi.

Tujuan: Mengetahui proses perancangan dan menilai kelayakan alat bantu fiksasi knee joint proyeksi bilateral pada pemeriksaan radiografi pasien osteoarthritis.

Metode: Penelitian ini merupakan penelitian rancang bangun dengan pendekatan eksperimen eksploratif. Tahapan penelitian meliputi perancangan desain, perakitan, dan uji fungsi alat. Uji kelayakan dilakukan terhadap delapan orang radiografer di Instalasi Radiologi RS Panti Rapih menggunakan kuesioner berskala Guttman. Selain itu, dilakukan pula uji kekuatan mekanik untuk menilai daya tahan alat terhadap beban.

Hasil: Alat berhasil dibuat menggunakan bahan utama akrilik, kayu, dan stainless steel, serta dilengkapi sistem hidrolik elektrik untuk mengatur ketinggian secara presisi. Hasil uji kelayakan menunjukkan nilai 100% pada aspek fungsi, keamanan, dan kemudahan penggunaan. Uji kekuatan menunjukkan alat mampu menahan beban hingga 177 kg tanpa mengalami kerusakan atau penurunan stabilitas.

Simpulan: Rancang bangun alat bantu fiksasi knee joint proyeksi bilateral dinyatakan berhasil dan sangat layak digunakan dalam pemeriksaan radiografi. Alat ini mampu meningkatkan kualitas citra radiografis, kenyamanan pasien, serta efisiensi kerja radiografer.

Kata Kunci: Rancang bangun, alat fiksasi, knee joint, radiografi, osteoarthritis.

Design and Development of a Bilateral Projection Knee Joint Fixation Device

M. Fauzan Adiman¹, M. Sofyan², Alpha Olivia Hidayati, S.Si., M.P.H³. Student,
Diploma III Program in Radiology, Poltekkes TNI AU Adisutjipto Yogyakarta

²³Lecturers, Diploma III Program in Radiology, Poltekkes TNI AU Adisutjipto
Yogyakarta Email: fauzanadiman744@gmail.com

ABSTRACT

Background: Radiographic examination of the knee joint in patients with osteoarthritis often encounters difficulties in positioning due to limited joint mobility. The existing fixation devices are generally simple, less stable, and not ergonomic, which may affect image quality and patient comfort. Therefore, an innovative fixation device with a more stable, durable, and precise design is required to support high-quality radiographic examinations.

Objective: To develop and evaluate the feasibility of a bilateral knee joint fixation device for radiographic examination in patients with osteoarthritis.

Methods: This study employed a design-based experimental approach. The research stages included designing, assembling, and testing the device's functionality. Feasibility testing was conducted using a Guttman-scale questionnaire distributed to eight radiographers at the Radiology Department of Panti Rapih Hospital. In addition, a mechanical strength test was performed to assess the device's load-bearing capacity.

Results: The fixation device was successfully constructed using acrylic, wood, and stainless steel as the main materials, and equipped with an electric hydraulic system allowing precise height adjustments. Feasibility testing showed a 100% score across all aspects of functionality, safety, and ease of use. Load testing demonstrated that the device could withstand up to 177 kg without damage or instability.

Conclusion: The design and development of the bilateral knee joint fixation device were successful and highly feasible for radiographic applications. The device improves radiographic image quality, enhances patient comfort, and increases radiographer efficiency.

Keywords: design, fixation device, knee joint, radiography, osteoarthritis.

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pemeriksaan radiografi yaitu sebuah pemeriksaan yang dapat digunakan untuk mengetahui adanya patologis. Radiografi adalah gambar yang direkam dengan memaparkan salah satu reseptor gambar ke sinar-x. Setiap Langkah dalam melakukan prosedur radiografi harus diselesaikan secara akurat untuk memastikan bahwa jumlah informasi yang maksimal terekam pada gambar. Informasi yang diperoleh dengan melakukan pemeriksaan radiografi umumnya menunjukkan ada tidaknya kelainan atau trauma. Informasi ini membantu dalam diagnosis dan perawatan pasien. Akurasi dan perhatian terhadap detail sangat penting dalam setiap pemeriksaan radiologi. Salah satu pemeriksaan radiologi yang biasa dilakukan adalah pemeriksaan *knee joint* (Merrill', 2016).

Sendi lutut, atau dikenal sebagai *knee joint*, merupakan sendi terbesar dan paling kompleks dalam tubuh. Sendi ini mencakup *femorotibial joint*, yang terletak di antara dua kondilus, yaitu kondilus *femur* dan kondilus *tibia*. Selain itu, *patellofemoral joint* juga termasuk dalam struktur sendi lutut, di mana *patela* berhubungan dengan permukaan anterior distal *femur*. Fungsi utama sendi lutut adalah sebagai pusat tumpuan otot, penopang tubuh selama pergerakan, serta menopang berat badan (Kenneth dkk., 2018). Berbagai gangguan dapat memengaruhi sendi lutut, seperti trauma, dislokasi, *patellofemoral pain syndrome*, dan *osteoarthritis*.

Osteoarthritis adalah gangguan yang memengaruhi seluruh komponen sendi, termasuk tulang rawan, lapisan sendi, ligamen, dan tulang. Kondisi ini umum terjadi pada lansia dan ditandai dengan kerusakan kartilago (jaringan yang melapisi ujung tulang pada sendi), perubahan pada struktur tulang sendi, kerusakan tendon serta ligamen, dan tingkat peradangan yang bervariasi pada lapisan sendi. Dalam pemeriksaan radiografi *knee joint*, beberapa proyeksi yang sering digunakan meliputi proyeksi *anteroposterior*

(erect), proyeksi *lateral (erect)*, serta proyeksi *weight bearing* (Mutmainah dkk., 2019).

Proyeksi anteroposterior *weight bearing* adalah teknik radiografi di mana pasien berdiri menghadap ke depan dengan kedua kaki sebagai tumpuan. Pemeriksaan *knee joint* menggunakan proyeksi *weight bearing* ini memberikan informasi yang lebih mendalam tentang kondisi sendi dibandingkan dengan teknik *supine* tanpa beban. Teknik ini sangat bermanfaat untuk menilai keselarasan antara *femur* dan *tibia*, terutama dalam menganalisis *deformitas valgus* dan *varus* (Whiteley, 2016). Selain itu, evaluasi radiografi dengan teknik *weight bearing* dapat mengungkap lebih banyak detail mengenai celah sendi, sehingga hasilnya lebih akurat dan informatif dibandingkan teknik *non-weight bearing*.

Dalam klinis osteoarthritis, proyeksi yang sering digunakan meliputi *anteroposterior weight bearing bilateral*, *lateral erect*, *posteroanterior weight bearing bilateral*, serta proyeksi *skyline* (Kenneth dkk., 2018). Untuk mendukung proses pemeriksaan ini, telah tersedia berbagai alat bantu fiksasi seperti *adjustable-type leg support* and *IR holder*, *softbag*, *sandbag*, *gauze bandage*, serta box dari busa. Berdasarkan penelitian Ari Setiyo, dkk (2015), alat fiksasi pemeriksaan *genu bilateral* proyeksi *anteroposterior (AP) erect* mendapatkan nilai kelayakan sebesar 90,7%, yang melebihi batas ambang kelayakan yang ditetapkan yaitu 75%. Selain itu, penelitian berjudul “Rancang Bangun Alat Bantu Pemeriksaan *Knee Joint* int Pada Kasus Osteoarthritis” menunjukkan hasil uji fungsi mencapai 100% dan hasil uji kinerja sebesar 96%, sehingga alat pemeriksaan *knee joint* ini dikatakan layak untuk digunakan pada kasus *osteoarthritis* (Handoko,dkk., 2021).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Handoko,dkk (2021), diketahui bahwa alat bantu pemeriksaan *knee joint* yang dikembangkan memperoleh nilai kelayakan sebesar 96%, yang menunjukkan bahwa alat tersebut mampu berfungsi dengan baik dan layak digunakan dalam pemeriksaan radiografi *osteoarthritis*. Meskipun demikian ,dari hasil studi tersebut terdapat beberapa keterbatasan yang menjadi kelemahan utama,

antara lain penggunaan bahan dasar yang relatif konvensional dan kurangnya sistem mekanis yang memungkinkan penyesuaian otomatis posisi pasien secara lebih presisi dan stabil selama pemeriksaan. Selain itu, alat yang dikembangkan cenderung tidak dilengkapi dengan fitur ergonomis yang mampu meningkatkan kenyamanan pasien secara optimal maupun efisiensi dalam proses pengoperasian, sehingga masih terdapat peluang untuk mengembangkan inovasi yang lebih canggih dan adaptif. Celah penelitian ini membuka peluang untuk melakukan pengembangan alat fiksasi yang mengintegrasikan bahan yang lebih tahan lama, transparan, dan didukung mekanisme penggerak otomatis yang mampu meningkatkan stabilitas serta kenyamanan selama prosedur radiografi *knee joint* pada pasien dengan keterbatasan gerak, seperti penderita *osteoarthritis*. Dengan demikian, penelitian lanjutan dapat diarahkan pada inovasi desain dan mekanisme yang lebih mutakhir guna memperoleh alat yang tidak hanya memenuhi aspek kelayakan dan fungsi, tetapi juga meningkatkan efisiensi dan kenyamanan pengguna secara keseluruhan.

Berdasarkan hasil studi pendahuluan yang telah dilakukan oleh penulis, ditemukan bahwa selama proses pemeriksaan radiografi *knee joint* pada pasien dengan *osteoarthritis*, radiografer sering mengalami kendala dalam memposisikan pasien secara optimal. Salah satu hambatan utama adalah keterbatasan alat fiksasi yang tersedia di fasilitas kesehatan. Alat fiksasi yang saat ini digunakan umumnya bersifat sederhana, terbuat dari bahan seperti kayu, dan tidak dilengkapi dengan pegangan tangan. Kondisi tersebut tidak hanya menyulitkan radiografer dalam melakukan posisi pasien secara tepat, tetapi juga meningkatkan risiko ketidakstabilan selama prosedur pemeriksaan, yang berpotensi membahayakan keselamatan pasien. Selain itu, pasien dengan *osteoarthritis knee* sering mengalami keterbatasan dalam menjalani pemeriksaan sendi lutut akibat nyeri, keterbatasan gerak, serta kekakuan sendi yang menghambat proses evaluasi klinis secara optimal. Kondisi ini dapat memperparah kesulitan dalam prosedur pemeriksaan radiologi maupun fisik, sehingga memerlukan

pendekatan khusus untuk menilai tingkat keparahan dan menentukan strategi penanganan yang tepat. Oleh karena itu, pengembangan alat fiksasi yang mampu meningkatkan stabilitas dan kenyamanan pasien selama pemeriksaan diharapkan dapat membantu mengatasi kendala tersebut dan meningkatkan kualitas serta efisiensi proses diagnostik.

Berdasarkan pengamatan dan telaah terhadap berbagai jurnal serta penelitian terdahulu terkait rancang bangun alat fiksasi pemeriksaan *knee joint* dengan proyeksi *weight bearing*, penulis menemukan bahwa kelemahan utama dari penelitian sebelumnya terletak pada penggunaan bahan yang sederhana dan kurang optimalnya sistem pengaturan posisi yang dapat disesuaikan secara otomatis. Hal ini menyebabkan tingkat stabilitas dan kenyamanan selama prosedur pemeriksaan masih perlu ditingkatkan. Oleh karena itu, penelitian ini mengusulkan inovasi desain dengan memadukan bahan akrilik yang transparan dan kuat serta sistem penggerak hidrolik yang mampu mengatur posisi fiksasi secara otomatis dan presisi. Penggunaan bahan akrilik dipilih karena sifatnya yang tahan lama, mudah dibersihkan, dan memungkinkan visualisasi posisi pasien secara langsung, sementara sistem hidrolik dimanfaatkan untuk memberikan mekanisme penyesuaian posisi yang lebih stabil dan fleksibel, terutama untuk pasien dengan keterbatasan gerak seperti penderita *osteoarthritis*. Penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan alat fiksasi yang tidak hanya meningkatkan stabilitas dan kenyamanan pasien, tetapi juga mempercepat dan mempermudah proses pemeriksaan radiografi *knee joint* secara klinis.

Berdasarkan hal tersebut penulis tertarik untuk melakukan penelitian dengan membuat alat bantu fiksasi *knee joint* dengan proyeksi *Bilateral* yang dapat mengatasi keterbatasan pergerakan alat sinar-X. Alat bantu ini diharapkan dapat memberikan stabilitas yang optimal pada sendi lutut, meningkatkan kenyamanan pasien, serta memungkinkan pergerakan alat sinar-X yang lebih fleksibel untuk mendapatkan gambar yang lebih akurat. Maka penulis tertarik dengan mengangkat judul : “RANCANG BANGUN ALAT BANTU FIKSASI *KNEE JOINT* PROYEKSI *BILATERAL*”

B. Rumusan Masalah

1. Bagaimana pembuatan rancang bangun alat fiksasi pemeriksaan *knee joint* dengan klinis *osteoarthritis*?
2. Bagaimana uji kelayakan rancang bangun alat fiksasi pemeriksaan *knee joint* pada klinis *osteoarthritis* ?

C. Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui rancang bangun alat bantu fiksasi pemeriksaan *knee joint* pada klinis *osteoarthritis*
2. Untuk mengetahui uji kelayakan alat bantu fiksasi pemeriksaan *knee joint* pada klinis *osteoarthritis*.

D. Batasan penelitian

Karya tulis ilmiah ini secara khusus mengkaji proses desain dan pembuatan alat bantu fiksasi untuk pemeriksaan radiografi *knee joint* dengan menggunakan proyeksi *Anteroposterior (AP) Weight-bearing method*. selain itu, penelitian ini bertujuan untuk menilai efektifitas alat yang di rancang dalam meningkatkan kualitas pemeriksaan *knee joint*, baik dari aspek kenyamanan pasien maupun ketepatan hasil citra radiografis

E. Manfaat Penelitian

1. Bagi Penulis
sebagai bahan pembelajaran dan pengembangan ilmu pengetahuan dan keterampilan dalam rancang alat bantu fiksasi pemeriksaan *knee joint* dengan klinis *osteoarthritis*.
2. Bagi Rumah Sakit
Diharapkan dapat mempermudah radiografer dalam melakukan pemeriksaan *knee joint* dengan klinis *osteoarthritis*.
3. Bagi Institusi Pendidikan
Dapat menambah referensi tentang rancang bangun alat bantu fiksasi pemeriksaan *knee joint* dengan klinis *osteoarthritis*.

F. Keaslian Penelitian

Table 1.1 Keaslian Penelitian

No.	Nama Peneliti; Tahun; Judul	Metode (Desain, Sampel, Variabel, Instrumen, Analisa)	Hasil Penelitian	Persamaan/ Perbedaan Penelitian
1	Bagus Dwi Handoko, Agung Bayu Pamungkas, Akhmad Haris Sulistiyadi (2021). Rancang Bangun Alat Bantu Pemeriksaan <i>Knee Joint</i> Pada Kasus <i>Osteoarthritis</i>	Desain: Eksperimen Sampel: penelitian dalam studi ini terdiri dari lima responden yang merupakan radiografer Variabel : - Independen - Penggunaan alat bantu fiksasi - Dependen - Kualitas hasil radiografi dan efektivitas alat dalam meningkatkan kualitas radiografi Instrumen: : Observasi, wawancara, dan kuesioner Analisis: deskriptif.	penelitian dengan judul “Rancang Bangun Alat Bantu Pemeriksaan <i>Knee Joint</i> Pada Kasus <i>Osteoarthritis</i>” mendapatkan hasil uji fungsi 100% dan hasil uji kinerja 96%. sehingga alat pemeriksaan <i>knee joint</i> pada kasus <i>osteoarthritis</i> tersebut dikatakan layak untuk Digunakan	Persamaan dalam penelitian ini adalah keduanya membahas tentang perancangan dan pengembangan alat bantu untuk pemeriksaan sendi lutut. Perbedaan dalam penelitian ini terletak pada perancangan desain alat serta mekanisme kerja yang digunakan.

2	, Intan Andriani, Marichatul Jannah ,Ari Setiyo Winarko, Rancang Bangun Alat Fiksasi Pemeriksaan <i>Genu Bilateral Proyeksi Antero Posterior (anteroposterior) Erect</i>	Desain: Eksperimen Sampel: 5 orang radiografer yang menjadi responden untuk mengisi kuesioner mengenai uji kelayakan alat fiksasi. Variabel : Independen Penggunaan alat bantu fiksasi Dependen Tingkat kelayakan alat berdasarkan penilaian radiografer Instrumen: : Observasi, wawancara, dan kuesioner Observasi : Analisis deskriptif.	Penelitian terhadap alat fiksasi pemeriksaan <i>genu bilateral proyeksi antero posterior (AP) erect</i> menunjukkan bahwa alat tersebut mendapatkan nilai kelayakan sebesar 90,7%. Nilai ini melebihi batas ambang kelayakan yang telah ditetapkan, yaitu 75%.	Persamaan dalam penelitian ini adalah sama-sama membahas perancangan dan pengembangan. Perbedaan dalam penelitian ini terletak pada rancangan desain, jenis bahan yang digunakan, serta mekanisme kerja alat.
---	--	---	---	---

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Landasan Teori

1. Sinar-X

Sinar-X merupakan salah satu bentuk gelombang elektromagnetik yang energi sangat tinggi. Dalam proses pembentukannya di dalam tabung sinar-X, elektron bebas dihasilkan dan kemudian dipercepat oleh beda tegangan yang sangat tinggi sebelum diarahkan ke suatu target. Karena energinya yang besar, jenis radiasi ini mampu menyebabkan ionisasi sepanjang jalur pergerakannya, sehingga disebut sebagai radiasi pengion. Proses pembentukan sinar-X terjadi memiliki saat elektron yang bergerak cepat berinteraksi dengan elektron dalam atom target (Fitler, 2018).

Tingkat energi sinar-X dipengaruhi oleh besar tegangan percepatan yang diterapkan antara katoda dan anoda. Tegangan ini berperan penting dalam menentukan seberapa besar energi yang dimiliki sinar-X serta sejauh mana kemampuan penetrasinya. Semakin tinggi tegangan yang digunakan, maka sinar-X yang dihasilkan akan memiliki energi dan daya tembus yang lebih besar. Dalam aplikasi medis, sinar-X yang digunakan memiliki spektrum energi yang bersifat kontinu, yang berarti bahwa berkas tersebut terdiri dari sinar-X dengan berbagai tingkat energi, mulai dari yang rendah hingga yang tinggi (Pamungkas D dkk., 2020).

2. Teori Citra Radiografi

Salah satu cara untuk menilai citra radiograf antara jaringan atau organ manusia adalah dengan melakukan pengujian terhadap kualitas radiograf. Kualitas radiograf mengacu pada kemampuan suatu citra radiografi dalam menyajikan informasi yang akurat dan relevan untuk keperluan diagnosis. Beberapa aspek penting yang dinilai dalam uji kualitas ini mencakup detail, ketajaman (sharpness), kontras, dan densitas.

a. Detail

Detail pada radiograf menunjukkan tingkat ketajaman gambar serta kemampuan untuk menampilkan struktur-struktur paling halus. Faktor-faktor yang memengaruhinya terutama berasal dari aspek geometris, seperti jarak antara fokus dan film (FFD), jarak antara objek dan film (FOD), serta ukuran *focal spot* yang digunakan (Zelfiani 2017).

b. Ketajaman (*Sharpness*)

Ketajaman adalah sejauh mana batas-batas objek dalam radiograf tampak jelas dan tegas. Aspek ini sangat berperan dalam menentukan kejelasan citra radiograf. Beberapa faktor yang memengaruhi ketajaman antara lain adalah ukuran *focal spot*- semakin kecil ukurannya, semakin tajam hasil gambar. Selain itu, kualitas film juga berpengaruh; film dengan kristal yang lebih halus cenderung memberikan ketajaman lebih tinggi. Faktor lain yang perlu diperhatikan adalah pergerakan, baik dari pasien maupun peralatan, karena dapat menurunkan ketajaman gambar (Khan, 2017; Brady, 2017).

c. Kontras

Kontras adalah perbedaan tingkat kehitaman antara bagian-bagian dalam gambar radiograf. Perbedaan ini memungkinkan kita untuk membedakan satu objek dengan objek lainnya maupun dengan latar belakangnya. Secara kuantitatif, kontras dapat diamati dari variasi tingkat keabuan dalam gambar, yang biasanya ditunjukkan melalui histogram (Zelfiani 2017).

d. Densitas

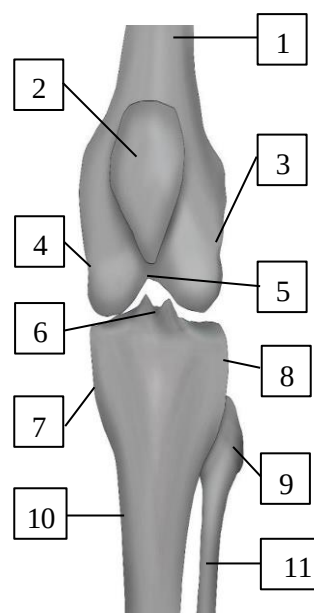
Densitas dalam radiografi merujuk pada tingkat kehitaman suatu area dalam citra radiograf, yang dipengaruhi oleh jumlah radiasi yang diterima film. Bagian yang tidak banyak menerima sinar-X akan tampak lebih terang atau transparan. Radiograf yang baik akan memperlihatkan densitas yang sesuai, sehingga memudahkan identifikasi

area gelap (ruang udara), area terang (tulang), dan area abu-abu (jaringan lunak). Beberapa parameter yang memengaruhi densitas adalah *milliampere*, *kilovoltage*, dan durasi paparan.

Meningkatnya *milliampere* atau *kilovoltage* akan menambah jumlah dan energi sinar-X yang mencapai film, sehingga meningkatkan densitas. Durasi paparan yang lebih lama juga akan menambah densitas gambar. Penilaian terhadap densitas berkaitan erat dengan penilaian kontras, namun keduanya memiliki fokus yang berbeda: densitas berkaitan dengan seberapa gelap atau terang suatu area, sedangkan kontras berhubungan dengan perbedaan kecerahan antar struktur di dalam citra (Bushong, 2020).

3. Anatomi Knee Joint

Sendi lutut, yang juga dikenal sebagai sendi *sinovial*, merupakan salah satu sendi terbesar dan paling kompleks dalam tubuh. Hal ini disebabkan oleh keberadaan otot fleksor dan ekstensor, serta ligamen yang kuat. Sendi lutut tergolong jenis sendi engsel (*hinge joint*) dan secara struktural terbentuk dari beberapa hubungan antar tulang (artikulasi), yaitu patello- femoral joint (antara tulang patela dan femur), tibio-femoral joint (antara tulang tibia dan femur), serta *tibio-fibular joint* (antara tulang tibia dan fibula) (Gupton dkk., 2021). Penyusun Sendi ini terbentuk dari beberapa tulang, yaitu femur, tibia, fibula, dan patela.



keterangan gambar

1. Femur
2. Patella
3. Lateral femoral condyle
4. Medial femoral condyle
5. Intercondylar notch
6. Intercondylar eminence
7. Medial tibia condyle
8. Medial fibula condyle
9. Head of fibula

10. *Tibia*11. *Fibula***Gambar 2. 1 Anatomi Knee Joint**a. *Femur*

Femur adalah tulang terpanjang dan terbesar dalam kerangka tubuh. Pada bagian pangkalnya, *femur* berartikulasi dengan acetabulum membentuk kepala sendi yang disebut *caput femoris*. Di bagian atas dan bawah leher *femur* (*columna femoris*), terdapat tonjolan yang disebut *trokanter mayor* dan *trokanter minor*. Ujung *distal femur* membentuk sendi lutut (*knee joint*) dengan dua tonjolan, yaitu *kondilus medialis* dan *kondilus lateralis*. Di antara kedua kondilus ini terdapat lekukan yang disebut *fossa kondilus*, tempat tulang *patela* berada (Pratama, 2019).

b. *Patela*

Tulang *patela* berfungsi sebagai perekat otot atau tendon dan juga sebagai pengungkit pada sendi lutut. Saat lutut ditekuk hingga 90°, *patela* berada di antara kedua *kondilus femur*, sedangkan saat ekstensi, *patela* terletak di permukaan *anterior femur* (Pratama, 2019).

c. *Tibia*

Tibia adalah tulang yang relatif lebih kecil, dengan bagian pangkalnya melekat pada *os fibula*. Ujung *distal tibia* membentuk sendi dengan tulang-tulang pangkal kaki dan memiliki tonjolan yang disebut *os malleolus medialis* (Pratama, 2019).

d. *Fibula*

Fibula adalah tulang pipa terbesar setelah *femur*, yang juga berperan dalam membentuk *knee joint* bersama *femur* di bagian ujungnya. Ujung *distal fibula* memiliki tonjolan yang disebut *os malleolus lateralis* (Pratama, 2019).

4. Patofisiologi

Osteoarthritis adalah gangguan pada sendi yang disebabkan oleh kerusakan pada tulang rawan serta perubahan pada tulang subkondral, disertai dengan proses inflamasi di dalam sendi (Firman & Astutir, 2019).

Penyakit ini termasuk dalam kategori degeneratif, di mana penderita mengalami gangguan fungsi sendi yang cenderung memburuk seiring bertambahnya usia. Pada *osteoarthritis* terdapat proses degenerasi, reparasi, dan inflamasi yang terjadi dalam jaringan ikat, lapisan rawan, *sinovium*, dan tulang *subchondral*. Pada saat penyakit aktif dapat terjadi secara bersamaan dalam tingkat intensitas yang berbeda. (Kapoor, 2015).

Osteoarthritis pada *knee joint* berhubungan dengan berbagai patofisiologi seperti instabilitas sendi lutut, menurunnya LGS, *disused atrophy* dari otot *quadriceps*, nyeri lutut sangat kuat berhubungan dengan penurunan kekuatan otot *quadriceps* yang merupakan stabilisator utama sendi lutut dan sekaligus berfungsi untuk melindungi struktur sendi lutut. Pada penderita usia lanjut kekuatan *quadriceps* bisa menurun 1/3 nya dibanding dengan kekuatan *quadriceps* pada kelompok usia yang sama yang tidak menderita *osteoarthritis* lutut (Pardjoto, 2000). Beberapa faktor meningkatkan resiko seseorang mengalami *osteoarthritis* yaitu :

a. Usia

Usia merupakan salah satu faktor utama yang berkaitan erat dengan peningkatan risiko *osteoarthritis* (OA). Seiring bertambahnya umur, prevalensi OA menunjukkan peningkatan yang signifikan, dengan insiden tertinggi tercatat pada kelompok usia 55 hingga 64 tahun. Fenomena ini sejalan dengan teori bahwa kemampuan sel kondrosit dalam memproduksi kolagen dan matriks ekstraseluler menurun seiring waktu.

Penuaan juga menyebabkan melemahnya mekanisme seluler yang bertugas menjaga keseimbangan jaringan kartilago, sehingga memperbesar kemungkinan terjadinya kerusakan sendi. Selain itu, proses penuaan disertai dengan peningkatan massa lemak tubuh, yang memicu produksi lebih tinggi dari adipokin dan sitokin proinflamasi. Kedua zat ini berkontribusi terhadap peningkatan stres oksidatif, yang pada gilirannya mempercepat kerusakan jaringan. Akumulasi dari perubahan-perubahan tersebut mengubah distribusi beban mekanis pada sendi, sehingga mempercepat kerusakan pada matriks tulang rawan (Labania, H.M.D., dkk. 2022).

b. Obesitas

Obesitas merupakan salah satu faktor risiko utama yang berperan signifikan dalam terjadinya dan progresivitas *osteoarthritis* (OA). Kondisi ini adalah gangguan kompleks yang disebabkan oleh penumpukan jaringan lemak secara berlebihan, yang pada akhirnya berdampak buruk terhadap kesehatan secara keseluruhan. Jaringan adiposa melepaskan berbagai zat inflamasi dengan sifat katabolik, seperti asam lemak bebas, sitokin, radikal oksigen bebas, dan adipokin, yang berkontribusi terhadap kerusakan pada jaringan sendi.

Selain itu, obesitas juga berkaitan dengan peningkatan kadar sitokin proinflamasi seperti IL-6 dan TNF- α . Kelebihan berat badan juga memperbesar beban mekanis pada sendi, terutama pada lutut, di mana aktivitas otot paha depan dan otot gastroknemius meningkat, menyebabkan peningkatan tekanan kontak sendi lutut. Hal ini menyebabkan pergeseran gaya ke arah medial. Beban berlebih ini dapat menyebabkan penipisan cairan sinovial, pembentukan osteofit pada kartilago dan tepi artikular, serta kerusakan pada tulang rawan artikular. Individu dengan indeks massa tubuh (IMT) tinggi (>25) diketahui memiliki risiko lebih besar untuk mengalami OA (Labania, H.M.D., dkk. 2022).

c. Komorbiditas

Komorbiditas pada penderita *osteoarthritis* (OA) usia di atas 50 tahun diketahui berkontribusi pada peningkatan tingkat kecacatan fisik. Beberapa penyakit penyerta yang paling umum ditemukan adalah depresi, penyakit paru obstruktif kronik (PPOK), diabetes, dan hipertensi, dengan prevalensi yang lebih tinggi pada wanita dibandingkan pria. Individu yang mengalami depresi cenderung lebih sering mengeluhkan nyeri kronis atau nyeri yang lebih berat, dan lebih dari separuh penderita nyeri kronis juga mengalami depresi. Penderita OA juga cenderung mengalami penurunan interaksi sosial, keterbatasan aktivitas fisik, peningkatan nyeri, serta kecacatan, yang

secara keseluruhan memperburuk kualitas hidup mereka. Adanya komorbiditas ini memperumit penatalaksanaan OA, sehingga diperlukan pendekatan yang berpusat pada pasien dengan mempertimbangkan semua kondisi yang menyertai, serta memastikan strategi manajemen dan layanan kesehatan yang tepat serta terpadu (Labania, H.M.D., dkk. 2022).

d. Cedera

Osteoarthritis pascatrauma (Post-traumatic *osteoarthritis*/PTOA) merupakan bentuk OA yang muncul akibat cedera pada sendi. Salah satu kondisi yang paling sering dikaitkan dengan peningkatan risiko PTOA adalah cedera ligamen anterior cruciate (ACL). PTOA dapat berkembang setelah berbagai jenis trauma sendi seperti fraktur intraartikular, cedera ligamen, atau kerusakan pada tulang rawan, baik artikular maupun meniskus.

Beberapa jenis cedera yang diketahui menjadi pemicu OA antara lain: cedera ACL, robekan *meniskus*, ketidakstabilan glenohumeral, dislokasi patela, serta ketidakstabilan pergelangan kaki. Setelah terjadi trauma awal pada ACL, sejumlah faktor biologis dapat muncul secara bersamaan dengan kerusakan struktural, yang memicu degenerasi sendi secara bertahap. Aktivitas sel *sinovial*, walaupun dalam tingkat rendah, beserta produksi *sitokin* dan aktivasi proses inflamasi dalam jaringan sendi, turut meningkatkan risiko berkembangnya OA progresif. Selain itu, radikal bebas yang dilepaskan oleh kondrosit selama proses cedera dapat merusak jaringan dan mempercepat degradasi matriks.

Segera setelah cedera, tubuh juga memproduksi berbagai *sitokin* dalam jumlah besar, yang meskipun bersifat akut, dapat memberikan dampak jangka panjang pada *homeostasis* sendi, sehingga mempercepat proses degeneratif. Perubahan kronis akibat cedera ini, baik pada beban statis maupun dinamis di lutut, dapat memicu kerusakan progresif pada tulang rawan dan struktur sendi lainnya (Labania, H.M.D., dkk. 2022).

e. Genetik

Osteoarthritis (OA) merupakan contoh dari penyakit poligenik, yaitu kondisi yang timbul akibat kombinasi pewarisan beberapa alel risiko dari individu. Terdapat dua mekanisme utama yang menjelaskan bagaimana variasi genetik dapat memengaruhi fenotipe.

Mekanisme pertama terjadi melalui perubahan langsung pada struktur protein, di mana varian genetik menyebabkan perubahan pada urutan DNA dalam daerah pengkode gen, sehingga terjadi substitusi asam amino yang berdampak pada fungsi protein (Labania,H.M.D.,dkk.2022).

f. Jenis Kelamin

Perbedaan jenis kelamin dapat memengaruhi faktor risiko tertentu yang meningkatkan kemungkinan terjadinya *osteoarthritis* (OA). Perempuan, misalnya, cenderung memiliki indeks massa tubuh (IMT) yang lebih tinggi dibandingkan laki-laki, yang menjadi salah satu pemicu risiko OA. Selain itu, wanita lebih rentan mengalami OA struktural, terutama pada sendi lutut, dengan kejadian hampir dua kali lebih sering dibandingkan pria. Mereka juga cenderung memiliki ambang nyeri yang lebih rendah dan mengalami keterbatasan aktivitas yang lebih signifikan.

Sebaliknya, pada laki-laki, risiko berkembangnya OA di masa depan lebih banyak dikaitkan dengan kebiasaan melakukan aktivitas fisik dengan intensitas tinggi secara rutin. Salah satu penyebab utama OA pada wanita diduga berkaitan dengan penurunan kadar hormon estrogen, terutama setelah masa menopause. Penurunan estrogen ini berdampak negatif pada tulang rawan sendi, karena hormon ini berperan penting dalam pembentukan *osteoprotegerin* dan juga dalam proses sintesis *kondrosit* sel yang berfungsi menjaga kesehatan kartilago. *Kondrosit* memelihara jaringan kartilago dengan menghasilkan matriks ekstraseluler berupa *proteoglikan* dan kolagen. Ketika kadar estrogen menurun, sintesis *kondrosit* dan matriks ekstraseluler ikut berkurang, sehingga memperparah kerusakan sendi dan meningkatkan risiko OA pada wanita. Dengan

demikian, estrogen memiliki peran penting dalam menjaga kesehatan tulang dan kartilago pada Perempuan (Labania,H.M.D.,dkk.2022) .

g. Aktifitas fisik

Pekerjaan fisik berat merupakan salah satu faktor risiko yang paling umum dalam perkembangan *osteoarthritis* (OA). Aktivitas kerja seperti berlutut, jongkok, mengangkat beban, melakukan gerakan berulang, dan memanjat telah dikaitkan dengan peningkatan insiden OA. Pekerjaan yang memberikan beban tinggi pada sendi lutut, mengharuskan tubuh berada dalam posisi yang tidak ergonomis, serta paparan beban kumulatif dalam jangka panjang dapat mempercepat proses degeneratif pada sendi.

Sebuah studi oleh Seidler mengungkapkan bahwa risiko OA meningkat pada pria yang mengangkat beban ≥ 20 kg lebih dari 10 kali per hari selama masa kerja 40 tahun (dengan total sekitar 220 hari kerja per tahun). Sementara itu, penelitian oleh Jason menunjukkan adanya hubungan positif antara pekerjaan yang melibatkan pengangkatan beban 10–20 kg secara berulang selama minimal 10–20 tahun, dengan durasi lebih dari 2 jam per hari, dan risiko berkembangnya OA. Selain itu, aktivitas naik tangga secara berlebihan, seperti menaiki lebih dari 30 anak tangga setiap hari, juga dapat meningkatkan kemungkinan terjadinya *osteoarthritis* (Labania,H.M.D.,dkk.2022).

5. Prosedur Pemeriksaan *Knee Joint*

a. Persiapan Pasien

(Merrill',2014)pemeriksaan radiografi *knee joint* tidak memerlukan persiapan khusus dari pasien. Pasien disarankan untuk melepaskan benda-benda yang berpotensi menimbulkan bayangan radioopak pada hasil radiograf. Selain itu, pasien juga diberikan penjelasan terlebih dahulu mengenai prosedur pemeriksaan yang akan dilakukan.

b. Persiapan Alat dan Bahan

- 1) Pesawat Sinar-X
- 2) Penerima citra (*Image Receptor*) berukuran 24 x 30 cm
- 3) *Proses pengolahan film*

4) Apron pelindung

c. Proyeksi Pemeriksaan (Merrill', 2014)

1) Proyeksi *anteroposterior*

(a) Posisi Pasien

Posisikan pasien berbaring telentang dengan tubuh sejajar, memastikan panggul tetap stabil dan tidak mengalami rotasi.

(b) Posisi Objek

(1) Tempatkan IR di bawah lutut pasien, lalu tekuk sedikit sendi lutut untuk menemukan titik puncak *patela*. Saat pasien meluruskan lutut, pusatkan IR sekitar 1,3 cm ($\frac{1}{2}$ inci) di bawah puncak *patela* untuk memastikan IR sejajar dengan ruang sendi.

(2) Sesuaikan posisi tungkai pasien dengan memastikan *epikondilus femoralis* sejajar terhadap IR untuk mendapatkan proyeksi AP yang akurat . Patela akan sedikit bergeser ke sisi *medial*.

(3) Jika lutut tidak dapat diluruskan sepenuhnya, gunakan IR yang melengkung sebagai alternatif.

(4) Pastikan area gonad terlindungi



Gambar 2. 2 Proyeksi AP
(Merrill', 2014)

(c) Central Ray

- (1) Diarahkan ke titik sekitar $\frac{1}{2}$ inci (1,3 cm) di bawah puncak *patela*.
- (2) Sudut bervariasi tergantung pada jarak antara *spina illiaca anterie superior* (ASIS) dan permukaan meja

(d) Central point

Sekitar 1,3 cm ($\frac{1}{2}$ inci) di bawah *apeks patela*

(e) FFD

100 cm

(f) Kriteria Radiograf

- (1) Ruang sendi *femorotibial* terlihat terbuka
- (2) Lutut sendi *femorotibial* terlihat terbuka
- (3) Lebar ruang di kedua sisi terlihat simetris pada lutut yang normal.
- (4) Patela tampak sepenuhnya bertumpuk pada tulang paha.
- (5) Tidak ada tanda rotasi pada tulang paha maupun *tibia*.
- (6) Kepala *fibula* terlihat sedikit tumpang tindih dengan *tibia* pada kondisi normal.
- (7) Jaringan lunak di sekitar sendi lutut terlihat dengan jelas.
- (8) Detail tulang di sekitar patela dan tulang paha distal terlihat dengan baik.



Gambar 2. 3 Hasil radiograf AP
(Merrill', 2014)

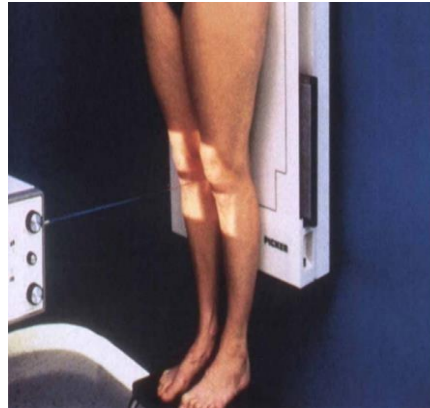
2) Proyeksi AP *Weight-Bearing Method*

(a) Posisi Pasien

Posisikan pasien dalam keadaan berdiri tegak dengan punggung menghadap ke grid vertikal.

(b) Posisi Objek

- (1) Atur posisi pasien sehingga lutut berada di tengah IR.
- (2) Arahkan jari-jari kaki lurus ke depan, dengan jarak antar kaki cukup untuk menjaga keseimbangan.
- (3) Instruksikan pasien untuk berdiri tegak dengan lutut sepenuhnya lurus dan berat badan terdistribusi merata pada kedua kaki.
- (4) IR sekitar 1,3 cm ($\frac{1}{2}$ inci) di bawah puncak *patela*.



Gambar 2. 4 Proyeksi AP weight-Bearing Method
(Merrill', 2014)

(c) Central Ray

Berkas sinar diarahkan secara horizontal dan tegak lurus ke pusat IR, dengan titik masuk berada sekitar 1,3 cm ($\frac{1}{2}$ inci) di bawah puncak *patela*

(d) Central point

Di arahkan di tengah 1,5 cm distal dari *apex patela*.

(e) FFD

100 cm

(f) Kriteria Radiograf

- (1) Lutut tanpa rotasi.
- (2) Kedua lutut terlihat.
- (3) Ruang sendi lutut berada di tengah area paparan.
- (4) IR berukuran cukup untuk menampilkan sumbu longitudinal tubuh atau poros *femur* dan *tibia*.



**Gambar 2. 5 Hasil radiograf AP weight-Bearing
Method (Merrill', 2014)**

3)Proyeksi *Lateral Mediolateral*

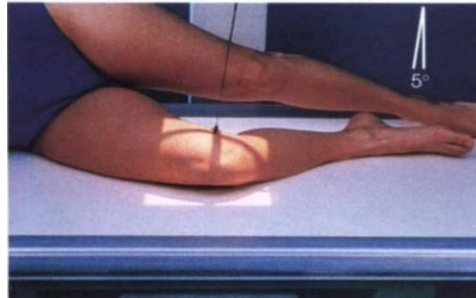
(a) Posisi Pasien

- (1) Instruksikan pasien untuk berbaring miring pada sisi yang mengalami cedera, memastikan posisi panggul tetap sejajar dan tidak berputar.
- (2) Untuk proyeksi lateral standar, mintalah pasien menekuk lutut yang cedera ke depan sementara anggota tubuh lainnya diluruskan ke belakang. Sebagai alternatif, anggota tubuh yang tidak cedera dapat diletakkan di depan lutut yang cedera dengan penyangga tambahan.

(b) Posisi Objek

- (1) Posisi *fleksi* 20-30 derajat umumnya disarankan karena membantu merelaksasi otot dan memaksimalkan ruang pada rongga sendi.
- (2) Untuk mencegah pergeseran *fragmen* pada *fraktur patela* yang baru atau belum sepenuhnya sembuh, lutut sebaiknya tidak ditekuk lebih dari 10 derajat.
- (3) Tempatkan penyangga di bawah pergelangan kaki.
- (4) Pegang *epikondilus* dan atur posisinya agar tegak lurus terhadap IR, memastikan kondilus saling bertumpuk. Patela harus tegak lurus terhadap bidang .

- (5) Pastikan area gonad terlindungi.



Gambar 2. 6 Proyeksi Lateral Mediolateral
(Merrill', 2014)

(c) Central Ray

- (1) Arahkan sinar sentral ke sendi lutut, sekitar 1 inci (2,5 cm) di bawah *epikondilus medial*, dengan sudut 5 hingga 7 derajat menuju kepala. Penyesuaian sudut ini bertujuan untuk mencegah ruang sendi tertutup oleh bayangan *kondilus femoralis medial* yang tampak lebih besar. Selain itu, pada posisi miring, *kondilus medial* biasanya berada sedikit lebih rendah dibandingkan *kondilus lateral*.
- (2) Sesuaikan IR agar sejajar dengan sinar sentral.

(d) Central point

Diarahkan 1 inci (2,5 cm) *distal* dari *epikondilus medial femur*

(e) FFD

100 cm

(f) Kriteria Radiograf

- (1) Kondilus *femoralis* saling bertumpuk (Gunakan tuberkulum adduktor pada permukaan *posterior*)
- (2) kondilus *medial* untuk mengidentifikasi *kondilus medial* dan memastikan apakah lutut mengalami rotasi berlebihan atau kurang rotasi.
- (3) Ruang sendi antara kondilus *femoralis* dan *tibia* tampak terbuka.
- (4) Patela terlihat dalam profil *lateral*.
- (5) Ruang sendi *patelofemoral* terlihat terbuka.

- (6) Kepala *fibula* dan *tibia* sedikit bertumpuk (Rotasi berlebihan akan mengurangi tumpang tindih, sedangkan rotasi yang kurang akan meningkatkan tumpang tindih).
- (7) Lutut ditekuk pada sudut 20 hingga 30 derajat.
- (8) Seluruh jaringan lunak di sekitar lutut terlihat.
- (9) kondilus *femoralis* tampak dengan kepadatan yang sesuai.



Gambar 2. 7 Hasil Radiograf Lateral Mediolateral
(Merrill', 2014)

4) Proyeksi PA *Rosen Berg Method Weight-Bearing*

a) Posisi Pasien

Tempatkan pasien dalam posisi tegak dengan bagian depan lutut terpusat pada perangkat kisi vertical.

b) Posisi Objek

- (1) Untuk proyeksi PA langsung, instruksikan pasien untuk berdiri tegak dengan lutut menyentuh perangkat kisi vertikal.
- (2) Posisikan IR pada ketinggian 1,3 cm ($\frac{1}{2}$ inci) di bawah puncak patela.
- (3) Minta pasien memegang tepi perangkat kisi dan menekuk lutut sehingga tulang paha membentuk sudut 45 derajat
- (4) Pastikan perlindungan gonad diterapkan.



Gambar 2. 8 Proyeksi PA Rosen Berg Method Weight-Bearing (Merrill', 2014)

c) Central Ray

Berada dalam posisi horizontal dan tegak lurus terhadap pusat JR. CR sejajar dengan tibia dan fibula. Kadang-kadang digunakan sudut kaudal 10 derajat.

d) Central point

Diajukan 1,3 cm ($\frac{1}{2}$ inci) distal dari *apex patela*, dengan sudut 10° kaudal

e) FFD

100 cm

f) Kriteria Radiograf

- (1) Lutut dalam posisi netral tanpa rotasi.
- (2) Kedua lutut harus terlihat.
- (3) Sendi lutut ditempatkan di pusat area paparan.



Gambar 2. 9 Hasil Radiograf Proyeksi PA Rosen Berg Method Weight-Bearing (Merrill', 2014)

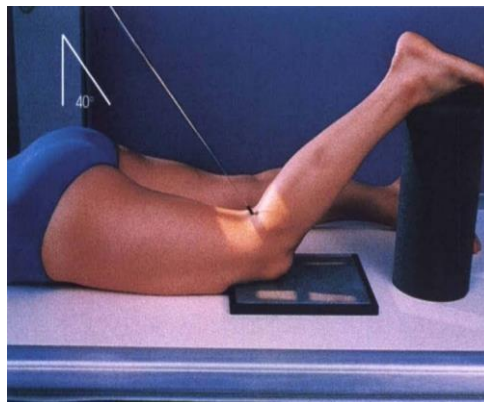
5) Proyeksi *PA Oblique Lateral Rotation*

a) Posisi Pasien

Tempatkan pasien dalam posisi tengkurap di atas meja radiografi

b) Posisi Objek

- (1) Angkat pinggul pada sisi yang terkena, lalu putar jari kaki dan lutut ke samping hingga membentuk sudut 45 derajat.
- (2) Gunakan penyangga untuk menopang pinggul.
- (3) Pastikan perlindungan gonad.
- (4) Holmblad merekomendasikan agar lutut ditekuk sekitar 10 derajat.



Gambar 2. 10 Proyeksi PA OBLIQUE Lateral rotation
(Merrill', 2014)

c) Central Ray

Tegak lurus melalui sendi lutut pada ketinggian 1,3 cm
(½ inci) di bawah puncak *patela*.

d) Central point

Diarahkan 1,3 cm (½ inci) distal dari *apeks patela*, dengan
sudut 5°–7° kaudal.

e) FFD

100cm

f) Kriteria Radiograf

- (1) *Kondilus femoralis* dan *tibialis medial* terlihat jelas.
- (2) Permukaan datar *tibialis*.

- (3) Ruang sendi lutut terbuka.
- (4) *Fibula* tampak bertumpang tindih dengan bagian *lateral tibia*.
- (5) Tepi patela sedikit menonjol di luar *kondilus femoralis lateral*.
- (6) Jaringan lunak di sekitar sendi lutut terlihat.
- (7) Struktur tulang pada bagian distal femur dan proksimal tibia tampak dengan jelas.



Gambar 2. 11 Hasil Radiograf Proyeksi PA OBLIQUE Lateral rotation (Merrill', 2014)

6) Proyeksi PA

a) Posisi Pasien

Tempatkan pasien dalam posisi tengkurap dengan jari kaki bertumpu pada meja radiografi, atau gunakan karung pasir di bawah pergelangan kaki sebagai penyangga

b) Posisi Objek

- (1) Posisikan bagian tengah IR pada titik 1,3 cm ($\frac{1}{2}$ inci) di bawah puncak patela, lalu atur tungkai pasien agar *epikondilus femoralis* sejajar dengan permukaan meja. Karena lutut cenderung miring ke sisi *medial patela*, penyesuaian harus dilakukan dengan hati-hati.

(2) Pastikan perlindungan gonad.



Gambar 2. 12 Proyeksi PA
(Merrill', 2014)

c) Central Ray

Sinar diarahkan dengan sudut 5 derajat kaudal, keluar pada titik 1,3 cm ($\frac{1}{2}$ inci) di bawah puncak *patela*. Karena tibia dan fibula memiliki sedikit kemiringan, sinar pusat akan sejajar dengan dataran tinggi *tibia*.

d) Central point

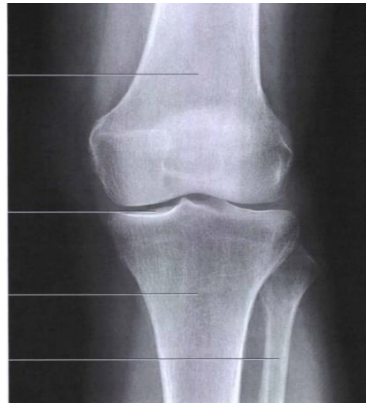
1,3 cm ($\frac{1}{2}$ inci) distal dari *apex patela*

e) FFD

100 cm

f) Kriteria Radiograf

- (1) Ruang sendi *femorotibial* tampak terbuka.
- (2) Lutut dalam posisi lurus sepenuhnya jika memungkinkan.
- (3) Jika lutut normal, jarak antara kedua sisi simetris.
- (4) Tidak ada rotasi pada femur jika tibia dalam kondisi normal.
- (5) Kepala fibula sedikit bertumpang tindih dengan tibia.
- (6) Jaringan lunak di sekitar sendi lutut terlihat jelas.
- (7) Struktur tulang di sekitar patela tampak dengan detail.



Gambar 2. 13 Hasil Radiograf PA
(Merrill', 2014)

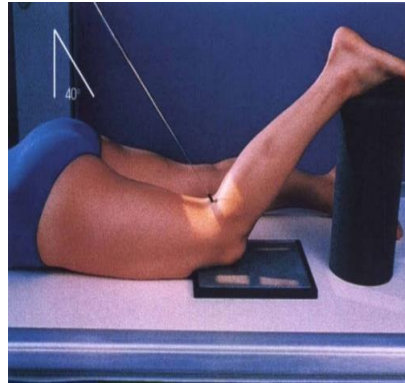
7) Proyeksi *PA Axial*

a) Posisi Pasien

Tempatkan pasien dalam posisi tengkurap dan pastikan tubuh tetap sejajar tanpa adanya rotasi.

b) Posisi Objek

- (1) Tekuk lutut pasien hingga mencapai sudut 40 atau 50 derajat, lalu tempatkan kaki pada penyangga yang sesuai.
- (2) Posisikan bagian atas IR agar sejajar dengan sendi lutut, sementara sudut sinar pusat memastikan proyeksi sendi berada di tengah IR.
- (3) Gunakan busur derajat di samping kaki untuk memastikan sudut yang tepat.
- (4) Atur posisi kaki agar lutut tetap dalam posisi netral tanpa rotasi medial maupun *lateral*.
- (5) Pastikan perlindungan gonad.



Gambar 2. 14 PA Axial
(Merrill', 2014)

c) Central Ray

Tegak lurus terhadap sumbu panjang tungkai dan terfokus pada sendi lutut, tepat di atas area depresi *poplitea*.

d) Central point

10°–15° kaudal (menurun ke arah kaki) sejajar dengan sumbu tibia, menyesuaikan sudut *fleksi* lutut.

e) FFD

100 cm

f) Kriteria Radiograf

- (1) Fosa tampak terbuka.
- (2) Permukaan posteroinferior kondilus femoralis terlihat jelas.
- (3) Eminentia interkondilaris dan ruang sendi lutut dapat diamati.
- (4) Puncak patela tidak menutupi fosa.
- (5) Tidak ada rotasi, ditunjukkan oleh sedikit tumpang tindih antara *tibia* dan *fibula*.
- (6) Jaringan lunak di area fosa dan ruang *interkondilaris* terlihat.
- (7) Struktur tulang pada *eminentia interkondilaris*, bagian *distal femur*, dan *proksimal tibia* tampak dengan detail.



Gambar 2. 15 Hasil Radiograf Proyeksi PA Axial
(Merrill', 2014)

6. Alat Fiksasi

Menurut Bontrager (2014), alat fiksasi pemeriksaan adalah perangkat yang digunakan dalam prosedur radiografi untuk membantu proses pemeriksaan. Alat ini berperan penting dalam memudahkan radiografer dalam memposisikan pasien dengan tepat. Terdapat berbagai jenis alat fiksasi, di antaranya:

a. *Cassette Holder*

Cassette holder tersedia dalam berbagai bentuk, menyesuaikan dengan jenis dan kebutuhan pemeriksaan. Alat ini berfungsi untuk membantu radiografer dalam proses pemeriksaan, sehingga anggota keluarga pasien tidak perlu memegang kaset sinar-X selama pemeriksaan dilakukan.



Gambar 2. 16 Cassette holder
(Bontranger, 2014)

b. *Tam-em board*

Menurut Bontrager (2010), *Tam-em Board* merupakan alat bantu yang digunakan dalam pemeriksaan area thorax dan abdomen. Alat ini dilengkapi dengan beberapa sabuk pengikat berbahan velcro yang berfungsi untuk menahan pergerakan bayi, mulai dari tungkai atas hingga tungkai bawah.



Gambar 2. 17 Tam-em Board
(Lampignano, 2014)

c. Perekat

Perekat juga tersedia dalam jenis yang lembut dan dapat digunakan selama prosedur pemeriksaan. Namun, bahan pada perekat ini berpotensi menimbulkan artefak pada citra radiografi dan dapat menyebabkan iritasi atau luka pada kulit bayi. Risiko tersebut dapat diminimalkan jika perekat dilapisi dengan kain tipis yang diletakkan di antara perekat dan kulit (Bontrager, 2014).



Gambar 2. 18 Perekat
(Bontrager, 2014).

d. *Pigg-O-Stat*

Pigg-O-Stat merupakan alat bantu immobilisasi yang digunakan untuk menstabilkan posisi pasien anak dan bayi saat menjalani pemeriksaan thorax dan abdomen, khususnya pada anak berusia di bawah 2 tahun.



Gambar 2. 19 Pigg-O-Stat
(Bontrager, 2014).

e. *Adjustable-Type Leg and IR Holder*



Gambar 2. 20 Adjustable-Type Leg and IR Holder
(Bontrager 2018).

f. *Softbag*



Gambar 2. 21 Softbag
(Bontrager 2018).

g. *Gaunze bandage*



Gambar 2. 22 *Gaunze bandage*
(Bontrager 2018).

7. Teori Akrilik

Akrilik memiliki tampilan yang menyerupai kaca, namun menawarkan keunggulan tersendiri, terutama dalam hal fleksibilitas yang lebih baik dibandingkan kaca. Selain itu, akrilik juga memiliki sifat tahan pecah, ringan, serta mudah dipotong, dikikir, dibor, dihaluskan, dan dicat. Material ini juga dapat dibentuk menjadi berbagai desain yang rumit, dengan salah satu metode yang umum digunakan yaitu pembentukan menggunakan panas (termal). Karena ketahanannya terhadap pecah, akrilik sangat cocok digunakan pada area yang memerlukan keamanan tinggi namun tetap membutuhkan visibilitas, seperti pada jendela kapal selam. (Arsitag, 2015)

Terdapat dua jenis akrilik yaitu :

- a. Akrilik ekstrusi adalah jenis akrilik yang diproduksi melalui proses di mana plastik cair dialirkan melewati roller, yang kemudian membentuknya menjadi lembaran saat didinginkan. Jenis akrilik ini umumnya lebih terjangkau secara harga. Namun, di balik harganya yang lebih murah, akrilik ekstrusi memiliki beberapa kelemahan, seperti teksturnya yang lebih lunak dibandingkan akrilik cetakan, lebih rentan terhadap goresan, serta kemungkinan mengandung kotoran selama proses produksinya. Meskipun demikian, saat ini kualitas akrilik ekstrusi telah banyak mengalami peningkatan. Akrilik jenis ini sering digunakan untuk keperluan seperti papan nama, display, dan aplikasi lainnya. (Arsitag, 2015)
- b. Akrilik cetakan merupakan jenis akrilik yang umumnya memiliki kualitas lebih tinggi dibandingkan akrilik ekstrusi, meskipun harganya relatif lebih mahal. Pada proses pencetakan sel, lembaran akrilik dibuat dengan menekan plastik cair di antara dua cetakan tekan—biasanya terbuat dari kaca—yang kemudian dipanaskan secara bertahap. Hasil dari proses ini adalah lembaran akrilik yang lebih kokoh dan kuat dibandingkan jenis ekstrusi (Arsitag, 2015).

Akrilik memiliki sejumlah keunggulan yang menjadikannya pilihan ideal untuk berbagai kebutuhan, termasuk dalam pembuatan alat bantu fiksasi berskala besar. Salah satu kelebihan utamanya adalah bobotnya yang ringan dibandingkan dengan kaca, sehingga memudahkan proses pemasangan dan penanganan, terutama pada struktur besar seperti alat bantu fiksasi radiologi . Selain itu, akrilik memiliki fleksibilitas tinggi dan mudah dibentuk, memungkinkan pembuatan desain yang melengkung atau inovatif. Tak hanya itu, akrilik juga unggul dalam hal transparansi dan kejernihan visual. Dengan kemampuan mentransmisikan cahaya hingga 92% dan bebas distorsi, akrilik mampu memberikan tampilan yang sangat jernih dan realistis,

menjadikannya material yang sangat diminati dalam desain arsitektur transparan (Arsitag, 2015).

8. Penellitian Terdahulu

a. Penelitian terdahulu dilakukan (Ari Setiyo dkk, 2015)

Hasil penelitian bahwa Alat fiksasi berhasil mendapat nilai kelayakan sebesar 90,7%. Nilai ini melebihi ambang batas kelayakan yang ditetapkan yaitu 75%, yang menunjukkan bahwa alat fiksasi tersebut sangat layak untuk digunakan dalam pemeriksaan radiografi *genu bilateral* proyeksi *AP erect*.

Berikut adalah beberapa kelebihan dan kekurangan dari alat yang di gunakan penelitian ini:

1) Kelebihan

a) Automatisasi

Alat ini bisa naik turun secara otomatis, jadi pasien tidak perlu banyak bergerak. Ini sangat membantu, terutama untuk pasien yang kesulitan bergerak.

b) Keamanan

Alat dilengkapi pegangan agar pasien bisa berpegangan saat berdiri, sehingga lebih aman dan mengurangi risiko jatuh.

c) Fleksibilitas dan Portabilitas

Karena ada rodanya, alat ini bisa dipindahkan dengan mudah ke berbagai tempat di ruang radiologi.

d) Kesesuaian untuk Berbagai Pasien

Alat ini dapat disesuaikan untuk digunakan oleh pasien dari berbagai umur dan ukuran, berfungsi dengan baik dalam kondisi yang berbeda.

e) Meningkatkan Kualitas Hasil Radiografi

Desain alat membantu pasien berada di posisi yang benar, sehingga gambar radiografi yang dihasilkan menjadi lebih jelas dan akurat.

2) Kekurangan

a) Kurangnya uji longitudinal

Penelitian ini belum menguji alat dalam jangka waktu lama, jadi belum diketahui bagaimana kinerja alat jika digunakan terus-menerus dalam berbagai kondisi dan pasien.

b) Keterbatasan desain atau fungsi

Meskipun alat sudah dibuat nyaman dan aman, masih ada hal yang bisa ditingkatkan, seperti menambah fitur ergonomis atau peredam suara agar pasien lebih nyaman.

c) Ketergantungan pada kondisi spesifik

Alat ini dirancang khusus untuk digunakan di RSUD Bendan Kota Pekalongan. Jadi, belum pasti apakah alat ini bisa cocok digunakan di rumah sakit atau klinik lain.

d) Biaya dan aksesibilitas belum dijelaskan

Penelitian belum menjelaskan biaya pembuatan, perawatan, atau distribusi alat. Padahal, hal ini penting untuk mengetahui apakah alat bisa digunakan secara luas, terutama di tempat dengan dana terbatas..

Gambar Alat penelitian sebelumnya :

(1) Tempat pegangan untuk pasien



(2) Pembuatan tempat kaset



(3) Pembuatan tempat berdiri pasien



(4) Pembuatan rel untuk naik dan turun



(5) Pembuatan penggerak agar bisa naik turun



b. Penelitian terdahulu dilakukan Handoko dkk (2021)

Menunjukkan bahwa alat bantu pemeriksaan *knee joint* pada kasus osteoarthritis berfungsi dengan baik, mampu menahan beban hingga 154 kg, dan memperoleh skor kelayakan 96%, meningkatkan kenyamanan pasien serta efisiensi proses radiografi.

Berikut adalah beberapa kelebihan dan kekurangan dari alat yang di gunakan penelitian ini:

1) Kelebihan

a) Desain Fungsional

Alat ini bekerja dengan sangat baik karena semua bagiannya berfungsi sesuai tujuan.

b) Meningkatkan kenyamanan pasien

Alat dirancang agar pasien merasa lebih nyaman saat berdiri selama pemeriksaan, sehingga tidak terlalu lelah atau tidak nyaman.

c) Kualitas radiograf lebih baik

Dengan penggunaan alat ini, diharapkan dapat mengurangi pergerakan pasien, sehingga menghasilkan radiograf yang lebih informatif dan akurat.

d) Bangunan konstruksi yang kokoh

Alat terbuat dari pipa stainless steel yang kuat dan bisa menahan beban berat, jadi aman digunakan untuk berbagai pasien.

2) Kekurangan

a) Keterbatasan dalam aplikasi

Penelitian ini hanya dilakukan pada pasien osteoarthritis, sehingga belum diketahui apakah alat ini bisa digunakan untuk kondisi lain.

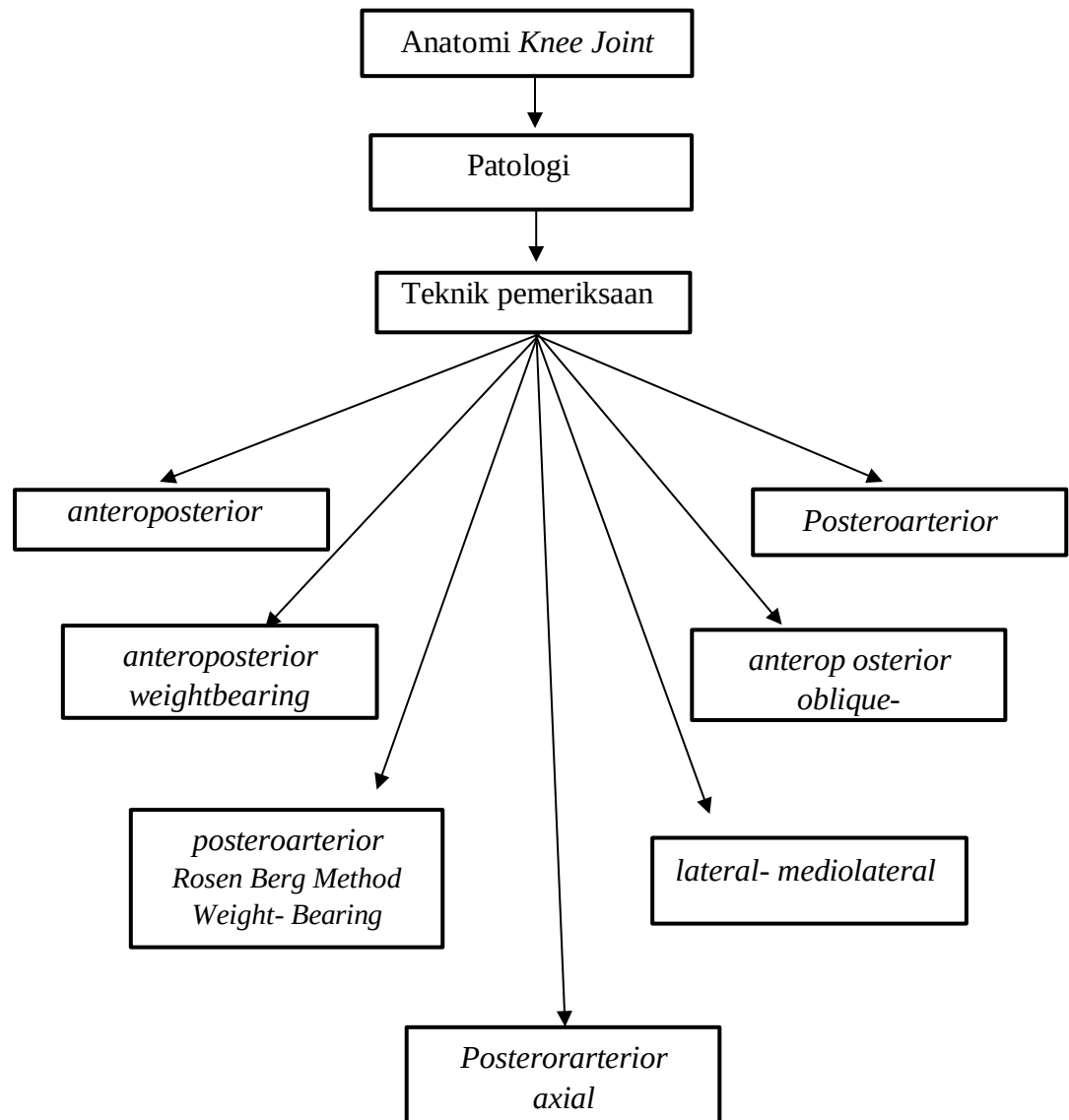
b) Biaya dan aksesibilitas

Alat ini dibuat dari bahan tertentu yang mungkin cukup mahal dan belum tentu bisa diakses oleh semua rumah sakit atau klinik.

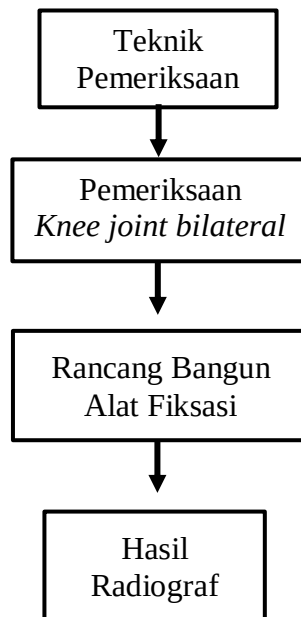
c) Keterbatasan standar radiografis

Meskipun alat ini membantu dalam pengambilan gambar rontgen, hasil akhir tetap dipengaruhi oleh cara pengambilan gambar dan jenis alat radiografi yang digunakan.



B. Kerangka Teori**Gambar 2.22** kerangka teori

C. Kerangka Konsep



Gambar 2. 23 kerangka Konsep

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode Rancang bangun dengan pendekatan eksperimen eksploratif, yang dilakukan melalui pembuatan alat bantu fiksasi untuk pemeriksaan *knee joint* pada *proyeksi bilateral*. Alat yang dikembangkan bertujuan untuk mempermudah petugas radiologi dalam melaksanakan pemeriksaan radiologi *knee joint* dengan proyeksi *bilateral*. Sebelum alat tersebut digunakan, akan dilakukan uji fungsi terlebih dahulu guna memastikan apakah kelayakan alat sudah sesuai dengan desain yang direncanakan.

B. Waktu dan Tempat Penelitian

1. Waktu penelitian : Agustus
2. Tempat penelitian : RS Panti Rapih

C. Populasi dan sampel

Populasi pada penelitian ini adalah radiografer yang telah melaksanakan pemeriksaan *knee joint* dengan proyeksi *anteroposterior weight bearing* yang berjumlah 8 orang dan Sampel pada penelitian ini adalah pasien dengan pemeriksaan *knee joint* proyeksi *anteroposterior weight bearing* yang berjumlah 1 orang .

D. Metode pengumpulan data

Penelitian ini mengamati dan berperan secara langsung dalam proses pembuatan alat bantu dari mulai tahapan perancangan, proses pembuatan alat, uji kelayakan. dan penelitian memperoleh data dari hasil pengisian keusioner oleh responden pada penelitian kali ini Kemudian digunakan sebagai data untuk menarik kesimpulan.

E. Alat dan Bahan Perancangan Alat Bantu

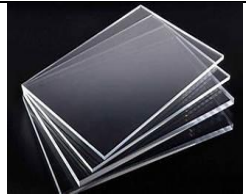
1. Alat Perancangan Alat Bantu

Tabel 3. 1 Bahan Perancangan Alat Bantu

No.	Nama Alat	Gambar Alat	Fungsi
1.	Rol Meter		Mengukur akrilik
2.	Obeng		Pengencang sekrup
3.	Bor Listrik		Membuat lubang
4.	Gerinda		Memotong besi
5.	Las listrik		Menyambung dua logam dengan mencairkan ujungnya
6.	Las stik		Menyambung dua logam

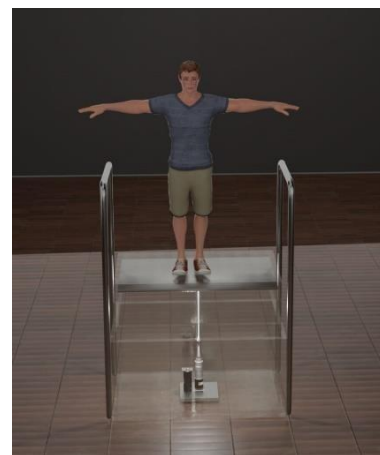
2. Bahan Perancangan Alat Bantu

Tabel 3. 2 Bahan Perancangan Alat Bantu

No.	Nama Bahan	Gambar Bahan	Fungsi
1.	Besi Stainless		sebagai bahan tiang pegangan tangan
2.	Akrilik		Sebagai body alat atau casing
3.	Baut		Menyambungkan dua komponen secara kuat
4.	Hidrolik Listrik		Menaikan/menurunkan beban
5.	Power Suplay		Mengubah tegangan AC ke DC

6.	Kabel		Menghantarkan arus listrik
7.	Saklar		Menaikan /menurunkan hidrolik
8	Kayu		Sebagai penompang

F. Desain Alat



Gambar 3. 1 Desain alat tanpak depan



Gambar 3.2 tampak samping Gambar

G. Prosedur Pembuatan Alat

1. Alat dan bahan seperti yang tertera pada gambar di atas disiapkan
2. Lembaran akrilik berukuran 40 x 60 cm dipotong menjadi dua bagian yang sama dengan menggunakan gerinda potong; akrilik tersebut digunakan sebagai penutup bagian atas dan bawah.
3. Akrilik dipotong menjadi empat bagian dengan masing-masing ukuran tinggi 30 cm untuk digunakan sebagai sisi kiri, kanan, depan, dan belakang untuk bagian dasar.
4. Akrilik dipotong untuk bagian samping kiri, kanan, depan, dan belakang dengan ketinggian 25 cm , untuk bagian yang naik ke atas.
5. Plat dan akrilik disatukan dengan cara dibuat lubang menggunakan bor, kemudian baut dipasang untuk merekatkan keduanya dengan kuat.
6. Proses perekatkan dilakukan pada bagian-bagiannya hingga seluruh bagian menyatu membentuk sebuah kotak.
7. Pipa stainless dipotong sepanjang 1 meter, lalu dibengkokkan membentuk huruf U untuk digunakan sebagai pegangan.
8. Lubang dibuat pada bagian samping kiri dan kanan untuk keperluan pemasangan besi stainless, kemudian besi stainless dipasang menggunakan baut yang dikencangkan dengan obeng.

9. Hidrolik ditempatkan di posisi tengah untuk menjaga keseimbangan, kemudian dilakukan pengeboran dan pemasangan baut agar posisinya terkunci dan tidak terjadi pergerakan.
10. Hidrolik ditempatkan di posisi tengah untuk menjaga keseimbangan, kemudian dilakukan pengeboran dan pemasangan baut untuk mengunci posisinya agar tidak terjadi pergerakan.

H. Cara kerja alat

1. Pasien diminta naik ke alat dan diarahkan untuk mengambil posisi menghadap langsung ke arah datangnya sinar X.
2. Pegangan tangan dipegang oleh pasien dengan kedua tangan untuk menjaga posisi tetap stabil selama pemeriksaan.
3. Saklar ditekan ke atas untuk mengaktifkan hidrolik sehingga alat dapat dinaikkan. Pencitraan dilakukan
4. Pencitraan dilakukan.
5. Setelah pencitraan selesai dilakukan, saklar ditekan untuk menurunkan hidrolik.

I. Pertanyaan kuesioner

Tabel 3.3 kuesioner Pertanyaan Penelitian Pada Radiografer

No	Pernyataan	Responden	
		Ya	Tidak
1.	Apakah pegangan dapat disesuaikan dengan tinggi pasien?		
2.	Apakah alat bantu dapat membantu kinerja radiografer?		
3.	Apakah sistem hidrolik untuk naik-turun berfungsi dengan baik?		
4.	Apakah alat bantu dapat menahan beban objek?		
5.	Apakah alat bantu dapat mempermudah radiografer dalam memposisikan pasien?		
6.	Apakah alat bantu mudah ditempatkan/dipindahkan		

	ke depan <i>bucky stand</i> ?		
7.	Apakah alat bantu tidak mengganggu gambaran radiograf?		
Kuesioner (Erlyana , 2023)			

J. Pengujian Alat

Pengajuan alat fiksasi untuk pemeriksaan *knee joint* Rs Panti Rapih hal-hal yang perih dalam pengujian alat tersebut adalah:

1. Persiapan Alat dan Bahan
 - a. Alat fiksasi *knee joint*
 - b. Pesawat sinar-X
 - c. Kaset ukuran 18 x 24 cm
 - d. Computer Radiograf
2. Persiapan Pemeriksaan Radiograf *Knee Joint*
 - a. Pesawat sinar-X disiapkan.
 - b. Obyek diposisikan pada alat fiksasi *knee joint* yang telah dibuat.
 - c. Luas lapangan kolimator diatur terhadap obyek.
 - d. Faktor eksposi diatur, kemudian dilakukan penyinaran (eksposi).
3. Melakukan uji kinerja dengan memberikan kuesioner pada dosen radiologi untuk mengisi kuesioner seperti contoh dibawah ini:
 - a. Uji kelayakan alat bantu fiksasi *knee joint* Metode analisis data yang diperoleh dari hasil penyerahan lembar kuesioner kepada responden untuk dianalisa, lembar kuesioner berisi 7 pertanyaan yang diberikan kepada 8 responden yaitu radiografer. kemudian dilakukan pengolahan data sebagai berikut (Nazir, 2014).

Untuk menghitung tingkat keberhasilan dari jawaban kuesioner responden, di gunakan rumus sebagai berikut:

$$\frac{\text{Jumlah jawaban yang mendukung kelayakan alat bantu}}{\text{Jumlah pertanyaan} \times \text{Jumlah responden}} \times 100$$

Prosentase hasil uji kelayakan alat bantu fiksasi *knee joint*

Tabel 3. 4 Kriteria Kelayakan (Skala Gutman)

No.	Kategori	Kriteria
1	Tidak Layak Digunakan	< 50%
2	Layak Digunakan	>50%

K. Etika penelitian

Penelitian merupakan seperangkat pedoman moral yang mengatur setiap aktivitas penelitian, khususnya yang melibatkan hubungan antara peneliti, subjek penelitian, serta masyarakat yang Etika nantinya akan merasakan dampak dari hasil penelitian tersebut (Notoatmodjo, 2010).

Sebelum memulai penelitian, peneliti harus terlebih dahulu memperoleh rekomendasi dari institusi asal untuk kemudian mengajukan izin kepada institusi atau lembaga tempat dilaksanakannya penelitian. Dalam pelaksanaan penelitian ini, penulis memberikan perhatian khusus pada aspek etika yang mencakup:

1. Menghargai martabat dan nilai kemanusiaan (respect for human dignity).

Peneliti memperhatikan hak-hak subjek penelitian untuk memperoleh informasi secara transparan mengenai proses penelitian, serta memberikan kebebasan kepada subjek untuk membuat keputusan sendiri tanpa adanya tekanan atau paksaan dalam berpartisipasi (autonomy). Salah satu bentuk penerapan prinsip penghormatan terhadap martabat manusia adalah dengan menyiapkan lembar persetujuan partisipasi (informed consent).

2. Menjaga privasi dan kerahasiaan subjek penelitian (respect for privacy and confidentiality)

Secara umum, kegiatan penelitian dapat mengungkap informasi pribadi dari individu yang terlibat, termasuk data yang bersifat sensitif. Oleh karena itu, peneliti harus menghormati dan melindungi hak-hak dasar setiap individu terkait privasi dan kerahasiaan informasi yang diberikan.

3. Menimbang manfaat dan potensi kerugian yang mungkin terjadi (balancing harms and benefits)

Peneliti melaksanakan penelitian sesuai dengan prosedur yang telah ditetapkan agar hasil yang diperoleh dapat memberikan manfaat sebesar-besarnya bagi subjek penelitian serta dapat diterapkan secara lebih luas pada populasi (beneficence). Di sisi lain, peneliti juga berupaya untuk mengurangi atau mencegah timbulnya dampak negatif yang merugikan subjek penelitian (nonmaleficence).

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil

Proses Pembuatan Alat Rancang Bangun *Knee Joint*

1. Proses pembuatan alat

Rancangan alat fiksasi untuk pemeriksaan *knee joint* dengan Proyeksi AP *weight-Bearing Method* melalui beberapa tahapan, yaitu mulai dari proses pengukuran, pemotongan bahan, penyatuan komponen, pemolesan, hingga tahap akhir yaitu finishing. Adapun tahapan-tahapan ini merupakan langkah-langkah dalam pembuatan alat fiksasi berbahan dasar akrilik dan sistem hidrolik untuk menunjang pemeriksaan radiografi *knee joint* proyeksi AP *weight-Bearing Method*.

a. Tahapan pengukuran

Pada tahap awal pembuatan alat pemeriksaan *knee joint*, dilakukan pengukuran yang teliti terhadap bahan utama seperti akrilik dan kayu untuk memastikan dimensi yang presisi sesuai rancangan. Lembar akrilik berketebalan 8 mm dan 5 mm dipersiapkan, dengan pengukuran panjang dan lebar yang cermat, untuk rangka dasar berukuran 60x40 cm dan 60x35 cm. selanjutnya pipa stainless diukur sepanjang sekitar 100 cm, agar nantinya dapat dibengkokkan dan digunakan sebagai pegangan .

b. Tahap pemotongan dan pembetulan

Setelah proses pengukuran selesai, tahap berikutnya adalah pemotongan bahan akrilik berukuran 8 mm dan 5 mm dipersiapkan sesuai dengan dimensi yang telah direncanakan. Akrilik berukuran 60x40 cm dan 60x35 cm digunakan sebagai rangka dasar, sedangkan akrilik berukuran 60x25 cm dan 40x25 cm difungsikan sebagai rangka bagian atas. Pemotongan dilakukan dengan presisi menggunakan alat gerinda potong agar ukuran yang dihasilkan sesuai dengan desain awal. Selanjutnya, bagian bahan dipahat dan dibentuk sesuai bentuk yang diperlukan, seperti bagian samping, depan, dan belakang yang dibuat dengan tinggi 30 cm untuk

bagian yang naik ke atas. Pada proses ini, juga dilakukan pembengkokan dan penyusunan bahan agar sesuai dengan posisi yang diinginkan, sehingga membentuk struktur kotak yang kokoh dan rapi.

Setelah semua bagian bahan dipotong dan dibentuk, tahap berikutnya adalah penyatuan menggunakan lem G, kopi hitam, dan memastikan bahan-bahan tersebut melekat dengan kuat dan stabil sebagai media pemeriksaan yang aman dan nyaman. Setelah semua bagian bahan dipotong dan dibentuk, dilakukan pelubangan pada akrilik dan kayu untuk membuat dudukan besi stainless sebagai pegangan tangan, kemudian sambungkan dengan menggunakan baut dan sekrup agar sesuai dengan posisi yang diinginkan dan memastikan kestabilan serta keamanan struktur alat



Gambar 4.1 penyatuan bahan bahan

c. Tahap penyatuan komponen

Pada tahap perakitan, seluruh komponen utama yang terdiri atas akrilik, kayu, dan besi stainless disatukan secara hati-hati melalui metode pengikatan mekanis maupun perekat tambahan. Proses awal dilakukan dengan pengeboran lubang kecil pada bagian yang akan disambungkan untuk memudahkan pemasangan baut dan sekrup. Selanjutnya, komponen dikencangkan menggunakan sekrup yang diposisikan secara presisi sehingga mampu menghasilkan kekuatan sambungan yang optimal. Untuk memperkuat ikatan antar akrilik, digunakan perekat berupa lem G yang dikombinasikan dengan bubuk kopi hitam, sehingga sambungan menjadi lebih kokoh dan tahan lama. Pada bagian kayu dilakukan pengeboran khusus

untuk dudukan hidrolik agar tetap presisi dan tidak mengalami pergeseran saat digunakan. Tahap akhir dari proses perakitan adalah pemasangan empat roda pada bagian bawah alat, sehingga alat memiliki mobilitas yang baik serta dapat dipindahkan dengan mudah sesuai kebutuhan posisi pemeriksaan.



Gambar 4.2 Perakitan komponen

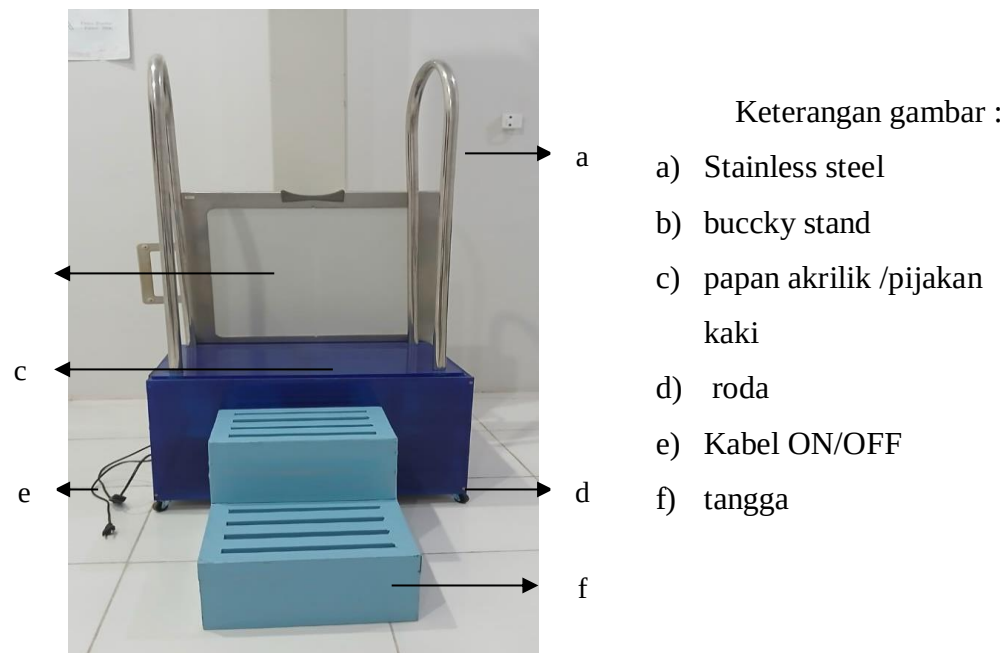
d. Tahapan pemolesan dan finishing

Pada tahap ini, seluruh bagian alat yang telah dirakit dan dipasang dipoles menggunakan bahan poles yang sesuai, seperti amplas halus atau pasta poles, guna menghilangkan goresan, bekas lem, dan ketidakrataan pada permukaan. Proses pemolesan dilakukan dengan hati-hati dan menyeluruh agar permukaannya menjadi halus dan mengkilap, serta mengurangi risiko luka atau iritasi saat digunakan oleh pasien. Setelah proses pemolesan selesai, dilakukan tahap finishing yaitu membersihkan alat dari residu bahan poles dan debu dengan kain lembut atau lap khusus. Selanjutnya, dilakukan proses pengecatan menggunakan cat pelapis yang sesuai untuk memberikan tampilan yang lebih rapi sekaligus melindungi permukaan alat dari korosi atau kerusakan.



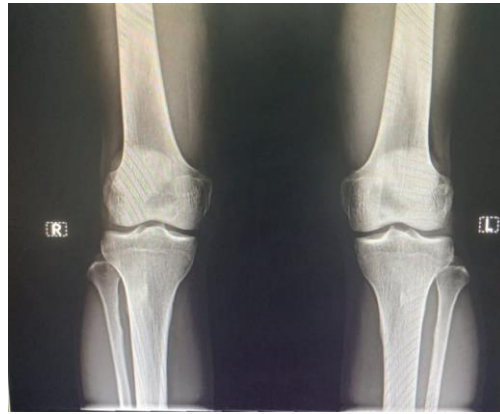
Gambar 4.3 Proses finishing / Pengecatan
2. Hasil Rancang Bangun Alat Fiksasi

Setelah dilakukan proses pembuatan rancang bangun alat fiksasi pada pemeriksaan *knee joint* Proyeksi AP *weight-Bearing Method*



Gambar 4.4 Alat fiksasi kne joint

Gambar di bawah ini merupakan salah satu ilustrasi penggunaan alat fiksasi dalam memposisikan obyek saat melakukan pemeriksaan radiografi *Knee Joint* dengan proyeksi Antero Posterior (AP) *weight-Bearing Method* .



Gambar 4.5 proyeksi Antero Posterior (AP) *weight-Bearing Method*



Gambar 4.6 Hasil Radiograf proyeksi Antero Posterior (AP) *weight-Bearing Method*

3. Hasil pengujian alat fiksasi

Penilaian terhadap alat fiksasi *knee joint* Proyeksi AP *weight-Bearing Method*. dilakukan oleh 8 orang radiografer di RS Panti Rapih. Penilaian difokuskan pada kemudahan penggunaan alat saat dioperasikan.

Penilaian terhadap alat fiksasi *knee joint* dengan proyeksi *anteroposterior weight-bearing method* dilakukan oleh 8 orang radiografer di Instalasi Radiologi RS Panti Rapih pada tanggal 27 Agustus 2025. Instrumen penelitian yang digunakan berupa kuesioner dengan skala penilaian dikotomi, yaitu pilihan jawaban “Ya” (skor = 1) dan “Tidak” (skor = 0).

Tabel 4.1 kuesioner Pertanyaan Penelitian Pada Radiografer

No	Pernyataan	Responden	
		Ya	Tidak
1.	Apakah pegangan dapat disesuaikan dengan tinggi pasien?	8	
2.	Apakah alat bantu dapat membantu kinerja radiografer?	8	
3.	Apakah sistem hidrolik untuk naik-turun berfungsi dengan baik?	8	
4.	Apakah alat bantu dapat menahan beban objek?	8	
5.	Apakah alat bantu dapat mempermudah radiografer dalam memposisikan pasien?	8	
6.	Apakah alat bantu mudah ditempatkan/dipindahkan ke depan <i>bucky stand</i> ?	8	
7.	Apakah alat bantu tidak mengganggu gambaran radiograf?	8	
Total		56	

Berdasarkan tabel uji kerja alat yang telah diisi oleh 8 responden mengenai cara kerja alat, dan hasilnya yaitu

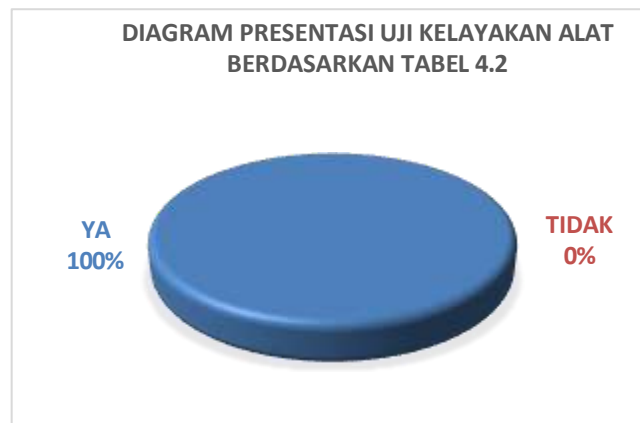
- Pada check list Apakah pegangan dapat disesuaikan dengan tinggi pasien?, sebanyak 8 responden memberi jawaban Ya maka sebanyak 100% responden menyatakan alat ini dapat menyesuaikan tinggi pasien
- Pada check list Apakah alat bantu dapat membantu kinerja radiografer?, sebanyak 8 respnden memberi jawaban Ya maka sebanyak 100% menyatakan alat ini mampu membatu kinerja radiografer .
- Pada check list Apakah sistem hidrolic untuk naik turun berfungsi dengan baik?, sebanyak 8 responden memberi jawaban Ya maka sebanyak 100% responden menyatakan alat ini berfungsi dengan baik.
- Pada check list Apakah alat bantu dapat menahan beban objek?, sebanyak 8 responden memberi jawaban Ya maka sebanyak 100% responden menyatakan alat ini dapat Menahan beban .

- e. Pada check list Apakah alat bantu dapat mempermudah radiografer dalam memposisikan pasien?, sebanyak 8 responden memberi jawaban Ya maka sebanyak 100% responden menyatakan alat ini dapat mempermudah dalam meposisikan pasien.
- f. Pada check list Apakah alat bantu mudah ditempatkan/dipindahkan ke depan *bucky stand*?, sebanyak 8 responden memberi jawaban Ya maka sebanyak 100% responden menyatakan alat ini dapat mudah di pindahkan depan *bucky stand*.
- g. Pada check list Apakah alat bantu tidak mengganggu gambaran radiograf?, sebanyak 8 responden memberi jawaban Ya maka sebanyak 100% responden menyatakan alat ini tidak mengganggu gambaran radiograf.

4. Cara Menghitung Tingkat Keberhasilan

Tabel 4.2 Cara menghitung Tingkat Keberhasilan Alat Hasil Rancang Bangun

YA	TIDAK
$X = \frac{56}{7.8} \times 100$	-
$X = \frac{56}{56} \times 100$	-
$x = \frac{5600}{56}$	-
$x = 100\%$	-



Berikut adalah keterangan dan cara menghitung tingkat keberhasilan alat fiksasi *knee joint* pada tabel 4.2 bagian “YA”:

- 56= Jumlah Jawaban Yang Mendukung Kelayakan Alat
- 7= Jumlah Pertanyaan
- 8 = Jumlah Responden
- 100 = jumlah yang akan di kalikan

Dari keterangan di atas kita menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\frac{\text{Jumlah Jawaban yang Mendukung Kelayakan Alat Bantu}}{\text{Jumlah pertanyaan} \times \text{Jumlah responden}} \times 100$$

Sehingga di jumlahkan menjadi hasil 100%.

B. Pembahasan

1. Prosedur pembuatan racang bangun alat fiksasi pemeriksaan knee joint bilateral

Rancang bangu alat fiksasi untuk pemeriksaan knee joint pada pasien osteoarthritis bertujuan meningkatkan akurasi diagnosis sekaligus kenyamanan pasien. Perancangan alat mempertimbangkan kondisi klinis khas osteoarthritis, seperti deformitas, kekakuan, dan sensitivitas terhadap tekanan. Tahap awal melibatkan pengumpulan data anatomi dan klinis untuk menentukan parameter desain. Bahan utama yang digunakan adalah

akrilik (tebal 8 mm untuk dasar dan 5 mm untuk bagian atas) dengan ukuran potongan tertentu, dipadukan dengan rangka kayu berukuran 58x38 cm sebagai pondasi. Komponen dirakit menggunakan sekrup stainless steel agar kuat dan stabil. Sistem hidrolik dipasang untuk memungkinkan pengaturan ketinggian knee joint secara presisi sesuai kebutuhan klinis. Pipa stainless sepanjang 80 cm dipasang dan dihubungkan dengan mekanisme pengatur yang mudah dioperasikan radiografer. Tahap akhir berupa pemolesan permukaan agar halus dan aman, serta uji kekuatan mekanik dan stabilitas keseluruhan alat. Dengan demikian, alat ini diharapkan efektif, ergonomis, serta aman digunakan pada pasien osteoarthritis.

Jika dibandingkan dengan penelitian terdahulu, hasil penelitian ini menunjukkan peningkatan yang signifikan dari segi fungsionalitas dan keamanan. Pada penelitian Ari Setiyo dkk. (2015), alat fiksasi genu bilateral proyeksi AP erect memiliki hasil uji kelayakan sebesar 90,7%, yang dikategorikan sangat layak digunakan, namun masih bersifat manual tanpa adanya sistem pengatur ketinggian otomatis. Penelitian Handoko dkk. (2021) juga berhasil merancang alat dengan rangka pipa stainless steel berdiameter 3 cm dan alas kayu yang kokoh, tetapi belum dilengkapi sistem hidrolik untuk pengaturan tinggi dan masih memiliki keterbatasan dari sisi ergonomi. Sementara dalam penelitian ini, hasil uji kelayakan menunjukkan nilai 100%, yang berarti alat dinilai sangat layak digunakan oleh seluruh radiografer responden.

Hal ini menunjukkan bahwa inovasi berupa penggunaan akrilik dan sistem hidrolik mampu meningkatkan kualitas, keamanan, dan kenyamanan penggunaan alat dibandingkan rancangan sebelumnya.

Berdasarkan pengamatan lapangan, alat yang dikembangkan memiliki beberapa kelebihan yang menonjol. Pertama, penggunaan sistem hidrolik elektrik memungkinkan penyesuaian posisi lutut secara otomatis dan presisi tanpa perlu mengubah posisi pasien secara manual. Kedua, bahan akrilik yang digunakan memiliki keunggulan berupa kekuatan tinggi, bobot

ringan, tahan terhadap korosi, serta bersifat transparan, sehingga memudahkan radiografer dalam mengatur posisi ekstremitas selama pemotretan radiografi. Ketiga, desain alat bersifat ergonomis dengan pegangan stainless dan alas antiselip yang meningkatkan stabilitas dan kenyamanan pasien. Keempat, hasil uji kekuatan menunjukkan alat mampu menahan beban hingga 177 kg, sehingga aman digunakan untuk berbagai kategori pasien, termasuk pasien dengan obesitas.

Namun demikian, alat ini juga memiliki beberapa kekurangan. Penggunaan sistem hidrolik membutuhkan pasokan listrik yang stabil agar dapat berfungsi optimal, sehingga alat tidak dapat dioperasikan jika terjadi pemadaman listrik. Selain itu, mekanisme hidrolik membutuhkan perawatan rutin dan penanganan teknis khusus apabila terjadi kerusakan, sehingga memerlukan biaya tambahan untuk pemeliharaan. Proses pembuatan alat juga relatif lebih kompleks dan mahal dibandingkan alat berbahan kayu atau logam sederhana. Di sisi lain, meskipun akrilik cukup kuat, material ini tetap berisiko retak apabila terkena tekanan atau benturan keras secara tiba-tiba.

Dari keseluruhan hasil penelitian dan perbandingan dengan studi sebelumnya, penulis berpendapat bahwa alat bantu fiksasi berbahan akrilik dengan sistem hidrolik ini merupakan inovasi signifikan dalam bidang radiografi, karena mampu menggabungkan aspek kekuatan struktural, ergonomi, dan kenyamanan pasien dalam satu rancangan yang efisien. Dengan kemampuan menahan beban tinggi dan pengaturan posisi otomatis, alat ini dinilai lebih unggul dibandingkan rancangan terdahulu, serta berpotensi diterapkan secara luas dalam pemeriksaan radiografi *knee joint* bilateral, terutama pada pasien dengan osteoarthritis.

2. Hasil uji kelayakan alat fiksasi knee joint bilateral

Uji kelayakan terhadap alat bantu pemeriksaan knee joint di Instalasi Radiologi RS Panti Rapih dilakukan melalui pengisian kuesioner oleh 8 orang radiografer sebagai responden, dengan menggunakan skala Guttman sebagai instrumen penilaian. Dari hasil pengujian tersebut, diperoleh skor rata-rata sebesar 100 % yang menunjukkan bahwa alat bantu tersebut berada

dalam kategori sangat optimal. Alat bantu pemeriksaan knee joint telah diuji ketahanannya dengan cara dinaiki oleh tiga orang yang masing-masing memiliki berat badan 67 kg, 60 kg, dan 50 kg selama sepuluh menit. Hasil pengujian menunjukkan bahwa alat tersebut mampu menopang beban total sebesar 177 kg.

Penelitian Arif dkk. (2015) berjudul Rancang Bangun Alat Fiksasi Pemeriksaan Genu Bilateral *Proyeksi Antero Posterior (AP) Erect* bertujuan merancang serta menguji kelayakan alat bantu fiksasi untuk meningkatkan keamanan dan kenyamanan pasien selama pemeriksaan radiografi genu bilateral. Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan pendekatan eksperimen dan survei, melibatkan lima radiografer sebagai responden yang menilai kelayakan alat melalui kuesioner. Alat dirancang menggunakan bahan besi, kayu, dan komponen mekanik seperti dongkrak serta motor bor yang dimodifikasi agar dapat bergerak naik-turun secara otomatis, dilengkapi pegangan untuk menjaga keseimbangan pasien. Hasil uji kelayakan menunjukkan skor 90,7%, menandakan alat sangat layak digunakan di Instalasi Radiologi RSUD Bendan Pekalongan. Sementara itu, penelitian Handoko (2021) mengenai rancang bangun alat bantu pemeriksaan *knee joint* pada kasus osteoarthritis juga melibatkan lima radiografer sebagai responden dan meliputi dua pengujian, yaitu uji fungsi dan uji kinerja. Berdasarkan lembar checklist dengan sistem penilaian skala Guttman, diperoleh hasil uji fungsi sebesar 100% dan uji kinerja sebesar 96%, serta hasil uji ketahanan menunjukkan alat mampu menahan beban hingga 154 kg, yang menandakan bahwa alat tersebut stabil, kuat, dan layak digunakan dalam pemeriksaan radiografi pasien osteoarthritis.

Berbeda dengan alat bantu sebelumnya yang belum dilengkapi sistem pengatur ketinggian dan menggunakan bahan yang kurang kokoh, alat fiksasi knee joint hasil rancang bangun ini menunjukkan keunggulan yang signifikan, baik dari segi kemudahan penggunaan maupun efektivitas dalam mendukung proses pemeriksaan radiografi. Dengan material akrilik tebal dan sistem hidrolik yang memungkinkan penyesuaian ketinggian, alat

ini tidak hanya meningkatkan efisiensi kerja radiografer, tetapi juga memberikan kenyamanan kepada pasien. Kemampuannya menahan beban hingga 177 kg juga membuktikan bahwa alat ini memiliki kestabilan dan kekuatan yang lebih baik dibandingkan desain sebelumnya yang belum mampu menahan beban secara optimal. Terdapat masukan dari seluruh responden bahwa penambahan satu buah tangga pada alat bantu tersebut .

Berdasarkan hasil uji terhadap alat bantu pemeriksaan knee joint, diketahui bahwa alat tersebut memiliki tingkat kelayakan yang sangat baik dengan hasil uji kelayakan mencapai 100%, sehingga dinyatakan layak untuk digunakan dalam praktik pemeriksaan radiografi. Seluruh komponen alat berfungsi secara layak sesuai dengan tujuan perancangannya, serta mampu menahan beban hingga 177 kg, sehingga memberikan jaminan keamanan dan kenyamanan bagi pasien dengan berbagai kondisi tubuh. Hal ini menunjukkan bahwa alat tidak hanya efektif dalam mendukung pelaksanaan prosedur radiografi, tetapi juga aman digunakan pada pasien dengan berat badan tinggi.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

1. Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa rancang bangun alat bantu fiksasi knee joint proyeksi bilateral berhasil dibuat dengan menggunakan bahan akrilik yang ringan, kuat, dan transparan, serta dilengkapi sistem hidrolik untuk menyesuaikan ketinggian secara presisi. Desain ini memberikan stabilitas, kenyamanan bagi pasien, serta keamanan saat pemeriksaan radiografi, khususnya pada pasien osteoarthritis yang memiliki keterbatasan gerak. Alat ini juga memudahkan proses pemosisian pasien agar lebih akurat dan sesuai dengan standar proyeksi.
2. Uji kelayakan oleh 8 radiografer menunjukkan bahwa alat memperoleh penilaian 100% layak digunakan. Alat ini terbukti mampu menahan beban lebih dari 170 kg, sehingga aman bagi pasien dengan berbagai kondisi tubuh. Dengan demikian, alat bantu fiksasi ini efektif mendukung pemeriksaan radiografi knee joint, meningkatkan kualitas citra, memberi efisiensi kerja bagi radiografer, serta menambah kenyamanan pasien selama pemeriksaan.

B. Saran

Penelitian selanjutnya disarankan agar pengembangan alat bantu fiksasi knee joint tidak hanya difokuskan pada optimalisasi pemeriksaan radiografi knee joint dengan proyeksi anteroposterior weight-bearing, tetapi juga diarahkan pada perluasan fungsi dan aplikasinya. Hal ini penting agar alat tersebut mampu digunakan pada berbagai jenis pemeriksaan radiografi muskuloskeletal maupun radiografi bagian tubuh lain yang memerlukan stabilisasi posisi pasien secara presisi. Dengan pengembangan yang lebih komprehensif, alat bantu fiksasi ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi kerja radiografer, meminimalkan risiko pergerakan pasien yang dapat menurunkan kualitas citra, serta memberikan fleksibilitas dalam penyesuaian posisi sesuai protokol pemeriksaan yang berbeda. Selain itu, perlu dilakukan kajian lebih lanjut terkait desain ergonomis, pemilihan material yang lebih

tahan lama, serta penambahan fitur penunjang yang mendukung keberagaman teknik pemeriksaan radiografi sehingga hasil diagnostik yang diperoleh lebih optimal dan sesuai dengan kebutuhan penelitian maupun praktik klinis.

DAFTAR PUSTAKA

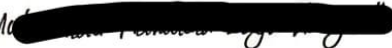
- Brady, A. P. (2017). Error and discrepancy in radiology: Inevitable or avoidable? *Insights into Imaging*, 8(1), 171–182.
- Bushong, S. C. (2020). *Radiologic Science for Technologists: Physics, Biology, and Protection* (11th ed.). Elsevier.
- Carvajal, J., dkk. (2013). Association of Body Mass Index and Knee Osteoarthritis in Adults. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 471(11), 3482–3486.
- Dewi Pamungkas, E., Fajrin, D., & Prasetyo, A. (2020). *Dasar-dasar Radiografi*. Jakarta: Penerbit Salemba Medika.
- Firman, S., & Astutir, R. (2019). Osteoarthritis: Diagnosis dan Penatalaksanaan. *Jurnal Medika Cendikia*, 7(1), 14–21.
- Gupton, J., dkk. (2021). *Advanced Imaging: Radiographic Positioning and Procedures*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
- Handoko, Bagus Dwi, Pamungkas, Agung Bayu, & Sulistiyadi, Akhmad Haris. (2021). Rancang Bangun Alat Bantu Pemeriksaan Knee Joint Pada Kasus Osteoarthritis. *Jurnal Radiologi Indonesia*, 10(2), 85–92.
- Kapoor, M. (2015). The Burden of Osteoarthritis. *Annals of the Rheumatic Diseases*, 74(8), 1486–1490.p
- Khan, F. M. (2017). *The Physics of Radiation Therapy* (5th ed.). Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
- Lampignano, P. J., & Kendrick, E. L. (2018). *Bontrager's Textbook of Radiographic Positioning and Related Anatomy* (9th ed.). St. Louis: Mosby.
- Merrill, W. (2016). *Radiography in the Digital Age: Physics - Exposure - Radiation Biology* (2nd ed.). Charles C. Thomas Publisher.
- Mutmainah, S., Yusran, H., & Nurdianti, R. (2019). Manajemen Pasien Osteoarthritis secara Holistik, Komprehensif dengan Pendekatan Kedokteran Keluarga di Puskesmas Sudiang Raya Makassar. *UMI Medical Journal*, 4(2), 141–153.
- Nazihah, N. (2017). Faktor Risiko Osteoarthritis pada Lansia. *Jurnal Kedokteran' Brawijaya*, 30(2)

- Notoatmodjo, S. (2010). *Etika dan Hukum Kesehatan*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Pranatawijaya, D., et al. (2019). *Metode Penelitian Kesehatan*. Yogyakarta: Deepublish.
- Zelfiani, N. (2017). Kualitas Citra Radiograf dan Faktor yang Mempengaruhi. *Jurnal Radiologi Indonesia*, 6(2), 67–75.

Lampiran 1. Lembar persetujuan volunteer

LEMBAR PERSETUJUAN RESPONDEN VOLUNTEER (INFORMEND CONSENT)

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : 

Umur : 23 tahun.

Dengan ini menyatakan bahwa saya telah memahami penjelasan segala sesuatu mengenai penelitian yang berjudul “ Rancangan alat fiksasi untuk pemeriksaan *knee joint* dengan Proyeksi AP *weight-Bearing Method* ” dan saya mengijinkan untuk ikut berpartisipasi dalam penelitian ini dengan penuh kesadaran dan tanpa paksaan dari siapapun.

Yogyakarta 27 Juni 2025

Peneliti


(M.Fauzan Adiman)

Volunteer




Lampiran 2. Ethical clearance



RUMAH SAKIT PANTI RAPIH
KOMITE ETIK DAN HUKUM RUMAH SAKIT (KEHRS)
Jln. Cik Di Tiro 30 - Yogyakarta 55223 Telp. 0274 – 562233, 562233, 563333

SUB KOMITE ETIK PENELITIAN KESEHATAN
RUMAH SAKIT PANTI RAPIH

KETERANGAN KELAIKAN ETIK
("ETHICAL CLEARANCE")
No. 212/SKEPK-KKE/VIII/2025

Sub Komite Etik Penelitian Kesehatan Rumah Sakit Panti Rapih, setelah mempelajari dengan seksama rancangan penelitian yang diusulkan:
The Health Research Ethical Sub Committee of Panti Rapih Hospital, after studying the proposed research design carefully :

"Rancang Bangun Alat Bantu Fiksasi Knee Joint Proyeksi Bilateral"

Peneliti Utama : M. Fauzan Adiman
Principal Investigator
Anggota Peneliti :
Investigator member
Lokasi penelitian : Rumah Sakit Panti Rapih Yogyakarta
Location : Panti Rapih Hospital, Yogyakarta
Unit/Lembaga : Politeknik Kesehatan TNI AU Adisutjipto Yogyakarta
Institution

Maka dengan ini menyatakan bahwa rencana penelitian tersebut telah memenuhi syarat atau dinyatakan laik etik untuk dilaksanakan.
Thus hereby declare that the research design has qualified and been approved for the implementation.

Demikian surat keterangan lolos kaji etik ini dibuat untuk diketahui dan dimaklumi oleh yang berkepentingan dan berlaku sejak tanggal 25 Agustus 2025 sampai dengan 24 Agustus 2026.
This ethical clearance is issued to be used appropriately and understood by all stakeholders and valid from 25 August 2025 until 24 August 2026.

Yogyakarta, 25 Agustus 2025

Komite Etik dan Hukum Rumah Sakit



dr. Maria Silvia Merry, M.Sc, Sp.MK
Ketua

Sub Komite Etik Penelitian Kesehatan
(SKEPK)



dr. Emilia Theresia, Sp.PA
Ketua

Catatan (Notes):

Kewajiban peneliti (The obligations of researcher):

- Menjaga kerahasiaan identitas subjek penelitian
Keeping the confidentiality of the research subject identity.
- Memberitahukan status penelitian apabila setelah masa berlakunya keterangan lolos kaji etik, penelitian masih belum selesai, atau ada perubahan protokol. Peneliti wajib mengajukan kembali permohonan kajian etik penelitian (amandemen protokol).
Informing about the research status if the research is not completed after passes the validity period of the ethical clearance, or there is a change in the protocol. The researchers must reappplies the application for a research ethical review (amendment protocol).
- Melaporkan status penelitian apabila penelitian berhenti di tengah jalan, ada kejadian serius yang tidak diinginkan dan melaporkan pelaksanaan penelitian secara berkala.
Reporting the research status if it stops before it is completed, there are serious adverse events, and reporting the research conduct periodically.
- Peneliti tidak boleh melakukan tindakan apa pun pada subjek sebelum penelitian lolos kaji etik, ada surat izin penelitian dan memberikan informed consent kepada subjek penelitian.
Researchers should not take any action on the subject before the study passes an ethical review, having a research license, and provides informed consent to the research subjects.
- Setelah selesai penelitian, peneliti wajib memberikan laporan penelitian kepada Sub Komite Etik Penelitian Kesehatan RS Panti Rapih.
After completing the research, the researchers is obliged to provide a report to the Health Research Ethical Sub Committee of Panti Rapih Hospital.

Lampiran 3. Surat permohonan izin penelitian



YAYASAN PANTI RAPIH
RUMAH SAKIT PANTI RAPIH
Jalan Cik Ditiro 30 Yogyakarta 55223

Telepon : 0274 - 514014, 514845, 563333 (hunting system) Fax : 0274 - 564583
0274 - 552118 Instalasi Gawat Darurat
0274 - 514004, 514006 Informasi / Pendaftaran
E-mail : admin@pantirapih.or.id http://www.pantirapih.or.id



25 Agustus 2025

Nomor : L.1998/RSPRE/VIII/2025
Hal : Jawaban Permohonan Izin Penelitian

Kepada
Yth. Ketua Program Studi D3 Radiologi Politeknik Kesehatan TNI AU Adisutjipto Yogyakarta
Jalan Majapahir (Janti) Blok-R Adisutjipto Yogyakarta

Menanggapi surat Bapak/Ibu nomor : B/135/VIII/2025/RAD tertanggal 20 Agustus 2025 tentang Ijin Penelitian Mahasiswa di RS Panti Rapih Yogyakarta, atas nama:

Nama Ketua Peneliti : M. Fauzan Adiman
NIK : 22230043
Lembaga : Program Studi Radiologi Politeknik Kesehatan TNI AU Adisutjipto Yogyakarta
Judul/Topik Penelitian : Rancang Bangun Alat Bantu Fiksasi Knee Joint Proyeksi Bilateral

bersama ini kami sampaikan bahwa Rumah Sakit Panti Rapih mengizinkan permohonan Penelitian tersebut dengan ketentuan sebagai berikut :

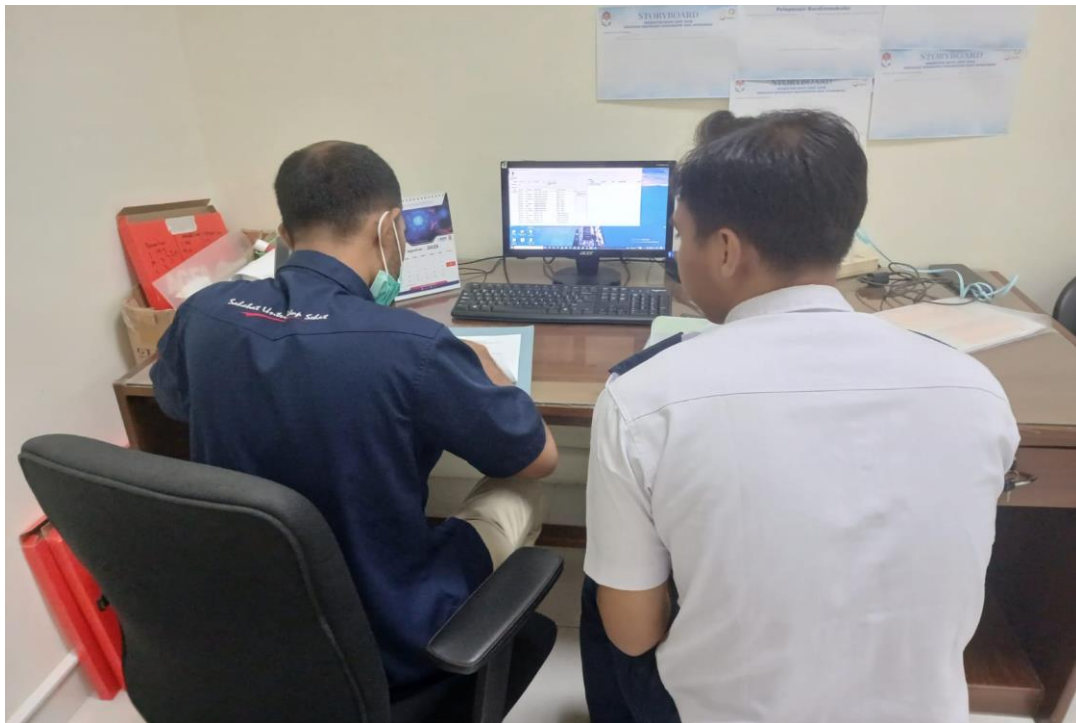
1. Data hanya untuk kepentingan karya ilmiah.
2. Wajib menjaga kerahasiaan data hasil penelitian.
3. Pengambilan data Penelitian dilakukan dengan pendampingan penyedia data.
4. Penelitian dilakukan diluar ruang lingkup data keuangan RS Panti Rapih.
5. Melakukan pembayaran biaya Penelitian sebesar Rp 300.000/ topik penelitian.
6. Mengirimkan *softfile* pas foto peneliti utama dan anggota peneliti.
7. Wajib menyerahkan "*naskah publikasi*" dari hasil Penelitian kepada RS Panti Rapih.
8. Izin dapat dibatalkan sewaktu-waktu apabila pemegang izin ini tidak memenuhi ketentuan yang berlaku.
9. Rumah Sakit Panti Rapih tidak bertanggung jawab atas penyimpangan dalam penulisan karya tulis ini, yang dilakukan oleh yang bersangkutan.
10. Penelitian dapat dilaksanakan setelah yang bersangkutan melakukan koordinasi dengan Instalasi Pendidikan, Pelatihan, dan Penelitian RS Panti Rapih.

Demikian surat izin Penelitian ini kami sampaikan. Atas perhatian Bapak/Ibu kami ucapkan terima kasih.


Direktur SDM dan Umum
dr. Dion Sulistyio, M.P.H.

- Tembusan
- ☐ Kepala Instalasi Pendidikan, Pelatihan, dan Penelitian
 - ☐ Kepala Instalasi Radiologi Diagnostik dan Intervensi
 - ☐ Kepala Bidang Pelayanan dan Pengembangan Medik

Lampiran 4. Dokumentasi Informan Radiografer



Lampiran 5. Hasil Kuesioner Radiografer 1

LEMBAR PERNYATAAN KUESIONER RANCANG BANGUN ALAT BANTU FIKSASI KNEE JOINT

PROYEKSI BILATERAL

Nama : Fransiska Indrani P

Lamanya Berkerja : ☐ < 5 tahun ☒ > 5 tahun

Berikan tanda ceklis (✓) sesuai pendapat anda

Ya = layak

Tidak = Tidak layak

No	Pernyataan	Responden	
		Ya	Tidak
1.	Apakah pegangan dapat disesuaikan dengan tinggi pasien?	✓	
2.	Apakah alat bantu dapat membantu kinerja radiografer?	✓	
3.	Apakah sistem hidrolik untuk naik-turun berfungsi dengan baik?	✓	
4.	Apakah alat bantu dapat menahan beban objek?	✓	
5.	Apakah alat dapat mempermudah radiografer dalam memposisikan pasien?	✓	
6.	Apakah alat bantu mudah ditempatkan/dipindahkan ke depan <i>bucky stand</i> ?	✓	
7.	Apakah alat bantu tidak mengganggu gambaran radiograf?	✓	

Saran :

→ sudah bagus, hanya ditambahkan paku untuk naik pasien supaya tidak terut jauh.

→ bagus, kreatif.

Lampiran 6. Hasil Kuesioner Radiografer 2

LEMBAR PERNYATAAN KUESIONER RANCANG BANGUN ALAT BANTU FIKSASI KNEE JOINT PROYEKSI BILATERAL

Nama : *HY. SETIANAN*
Lamanya Berkerja : ☐ < 5 tahun ☒ > 5 tahun
Berikan tanda ceklis (✓) sesuai pendapat anda

Ya = layak

Tidak = Tidak layak

No	Pernyataan	Responden	
		Ya	Tidak
1.	Apakah pegangan dapat disesuaikan dengan tinggi pasien?	✓	
2.	Apakah alat bantu dapat membantu kinerja radiografer?	✓	
3.	Apakah sistem hidrolik untuk naik-turun berfungsi dengan baik?	✓	
4.	Apakah alat bantu dapat menahan beban objek?	✓	
5.	Apakah alat dapat mempermudah radiografer dalam memposisikan pasien?	✓	
6.	Apakah alat bantu mudah ditempatkan/dipindahkan ke depan <i>bucky stand</i> ?	✓	
7.	Apakah alat bantu tidak mengganggu gambaran radiograf?	✓	

Saran :

- *Perlu penempatan tangga utk naik keatasnya.*
- *dibuat lebih kokoh dan pergerakannya supaya stabil.*

Lampiran 7. Hasil Kuesioner Radiografer 3

LEMBAR PERNYATAAN KUESIONER RANCANG BANGUN ALAT BANTU FIKSASI KNEE JOINT

PROYEKSI BILATERAL

Nama : AMPRIAN TIKI MURKADO

Lamanya Berkerja : ☐ < 5 tahun ☒ > 5 tahun

Berikan tanda ceklis (✓) sesuai pendapat anda

Ya = layak

Tidak = Tidak layak

No	Pernyataan	Responden	
		Ya	Tidak
1.	Apakah pegangan dapat disesuaikan dengan tinggi pasien?	✓	
2.	Apakah alat bantu dapat membantu kinerja radiografer?	✓	
3.	Apakah sistem hidrolik untuk naik-turun berfungsi dengan baik?	✓	
4.	Apakah alat bantu dapat menahan beban objek?	✓	
5.	Apakah alat dapat mempermudah radiografer dalam memposisikan pasien?	✓	
6.	Apakah alat bantu mudah ditempatkan/dipindahkan ke depan <i>bucky stand</i> ?	✓	
7.	Apakah alat bantu tidak mengganggu gambaran radiograf?	✓	

Saran :

- kalau masih bisa kayu dengan hidrolik juga dikasih rangka dari besi baja biar kuat.
- hidrolik dikalem 4 besi supaya bisa menahan beban pasien lebih besar lagi.
- selebihnya sudah bagus dan bisa dikongkasi untuk lebih baik lagi untuk safety pasien.

Lampiran 8. Hasil Kuesioner Radiografer 4

LEMBAR PERNYATAAN KUESIONER RANCANG BANGUN ALAT BANTU FIKSASI *KNEE JOINT* *PROYEKSI BILATERAL*

Nama : YUNUS NOVIAN TO NEMANAS
Lamanya Berkerja : ☐ < 5 tahun ☒ > 5 tahun
Berikan tanda ceklis (✓) sesuai pendapat anda

Ya = layak

Tidak = Tidak layak

No	Pernyataan	Responden	
		Ya	Tidak
1.	Apakah pegangan dapat disesuaikan dengan tinggi pasien?	✓	
2.	Apakah alat bantu dapat membantu kinerja radiografer?	✓	
3.	Apakah sistem hidrolik untuk naik-turun berfungsi dengan baik?	✓	
4.	Apakah alat bantu dapat menahan beban objek?	✓	
5.	Apakah alat dapat mempermudah radiografer dalam memposisikan pasien?	✓	
6.	Apakah alat bantu mudah ditempatkan/dipindahkan ke depan <i>ucky stand</i> ?	✓	
7.	Apakah alat bantu tidak mengganggu gambaran radiograf?	✓	

Saran :

Tambah tangga kecil untuk pasien agar bisa naik ke alat. Kemudian untuk besi penangan dan tempat platnya lebih diperkuat.

Lampiran 9. Hasil Kuesioner Radiografer 5

LEMBAR PERNYATAAN KUESIONER RANCANG BANGUN ALAT BANTU FIKSASI KNEE JOINT PROYEKSI BILATERAL

Nama : URI ASTUTI

Lamanya Berkerja : ☐ < 5 tahun ☒ > 5 tahun

Berikan tanda ceklis (✓) sesuai pendapat anda

Ya = layak

Tidak = Tidak layak

No	Pernyataan	Responden	
		Ya	Tidak
1.	Apakah pegangan dapat disesuaikan dengan tinggi pasien?	✓	
2.	Apakah alat bantu dapat membantu kinerja radiografer?	✓	
3.	Apakah sistem hidrolik untuk naik-turun berfungsi dengan baik?	✓	
4.	Apakah alat bantu dapat menahan beban objek?	✓	
5.	Apakah alat dapat mempermudah radiografer dalam memposisikan pasien?	✓	
6.	Apakah alat bantu mudah ditempatkan/dipindahkan ke depan <i>bucky stand</i> ?	✓	
7.	Apakah alat bantu tidak mengganggu gambaran radiograf?	✓	

Saran :

- * Ditambah pijakan untuk naik & turun pasien
- * Diberi keterangan untuk beban maksimal pasien supaya pasien tidak ketakutan

Lampiran 10. Hasil Kuesioner Radiografer 6

LEMBAR PERNYATAAN KUESIONER RANCANG BANGUN ALAT BANTU FIKSASI *KNEE JOINT*

PROYEKSI BILATERAL

Nama : Andreas Rian

Lamanya Berkerja : ☒ < 5 tahun ☐ > 5 tahun

Berikan tanda ceklis (✓) sesuai pendapat anda

Ya = layak

Tidak = Tidak layak

No	Pernyataan	Responden	
		Ya	Tidak
1.	Apakah pegangan dapat disesuaikan dengan tinggi pasien?	✓	
2.	Apakah alat bantu dapat membantu kinerja radiografer?	✓	
3.	Apakah sistem hidrolik untuk naik-turun berfungsi dengan baik?	✓	
4.	Apakah alat bantu dapat menahan beban objek?	✓	
5.	Apakah alat dapat mempermudah radiografer dalam memposisikan pasien?	✓	
6.	Apakah alat bantu mudah ditempatkan/dipindahkan ke depan <i>bucky stand</i> ?	✓	
7.	Apakah alat bantu tidak mengganggu gambaran radiograf?	✓	

Saran :

Kalau bisa ditambahkan kayu dengan bantuan
direktor hidrolik. Agar lebih gampang / lebih cepat saat
turun.

Lampiran 11. Hasil Kuesioner Radiografer 7

LEMBAR PERNYATAAN KUESIONER RANCANG BANGUN ALAT BANTU FIKSASI KNEE JOINT

PROYEKSI BILATERAL

Nama : Fransisca Palupi J

Lamanya Berkerja : ☐ < 5 tahun ☒ > 5 tahun

Berikan tanda ceklis (✓) sesuai pendapat anda

Ya = layak

Tidak = Tidak layak

No	Pernyataan	Responden	
		Ya	Tidak
1.	Apakah pegangan dapat disesuaikan dengan tinggi pasien?	✓	
2.	Apakah alat bantu dapat membantu kinerja radiografer?	✓	
3.	Apakah sistem hidrolik untuk naik-turun berfungsi dengan baik?	✓	
4.	Apakah alat bantu dapat menahan beban objek?	✓	
5.	Apakah alat dapat mempermudah radiografer dalam memposisikan pasien?	✓	
6.	Apakah alat bantu mudah ditempatkan/dipindahkan ke depan <i>bucky stand</i> ?	✓	
7.	Apakah alat bantu tidak mengganggu gambaran radiograf?	✓	

Saran :

diberikan pijakan lagi agar pasien mudah untuk naik dan turun

Lampiran 12. Hasil Kuesioner Radiografer 8

LEMBAR PERNYATAAN KUESIONER RANCANG BANGUN ALAT BANTU FIKSASI KNEE JOINT

PROYEKSI BILATERAL

Nama : V. Dom Ardika D.P.

Lamanya Berkerja : ☐ < 5 tahun ☒ > 5 tahun

Berikan tanda ceklis (✓) sesuai pendapat anda

Ya = layak

Tidak = Tidak layak

No	Pernyataan	Responden	
		Ya	Tidak
1.	Apakah pegangan dapat disesuaikan dengan tinggi pasien?	✓	
2.	Apakah alat bantu dapat membantu kinerja radiografer?	✓	
3.	Apakah sistem hidrolik untuk naik-turun berfungsi dengan baik?	✓	
4.	Apakah alat bantu dapat menahan beban objek?	✓	
5.	Apakah alat dapat mempermudah radiografer dalam memposisikan pasien?	✓	
6.	Apakah alat bantu mudah ditempatkan/dipindahkan ke depan <i>bucky stand</i> ?	✓	
7.	Apakah alat bantu tidak mengganggu gambaran radiograf?	✓	

Saran :

..... karena terlalu tinggi, prolekan, agar
..... di tambah prolekan di olekan
..... untuk memudahkan pasien naik
..... ke atas
.....
.....
.....

Lampiran 13. lembar persetujuan Radiografer

**LEMBAR PERSETUJUAN RADIOGRAFER
(INFORMEND CONSENT)**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama :

Umur :

Dengan ini menyatakan bahwa saya telah memahami penjelasan segala sesuatu mengenai penelitian yang berjudul “ Rancangan alat fiksasi untuk pemeriksaan *knee joint* dengan Proyeksi AP *weight-Bearing Method* ” dan saya mengizinkan untuk ikut berpartisipasi dalam penelitian ini dengan penuh kesadaran dan tanpa paksaan dari siapapun.

Yogyakarta 27 September 2025

Peneliti

Radiografer

(.....)

(.....)

Lampiran 14. lembar persetujuan Radiografer

**LEMBAR PERSETUJUAN RADIOGRAFER
(INFORMED CONSENT)**

Saya yang bertanda tangan

dibawah ini Nama

: Fransisca Palupi J

Jenis Kelamin

: Perempuan

Lamanya Bekerja

: 18 th

Dengan ini menyatakan bahwa saya telah memahami penjelasan terkait penelitian yang berjudul "Rancang Bangun Alat Fiksasi Pemeriksaan Knee Joint Bilateral" dan saya bersedia untuk ikut berpartisipasi dalam penelitian ini dengan penuh kesadaran dan tanpa paksaan. Apabila selama penelitian ini saya menginginkan mengundurkan diri, maka saya dapat mengundurkan diri sewaktu – waktu tanpa sanksi apapun.

Yogyakarta, 27 Agustus 2025

Mengetahui,

Peneliti

Yang Menyetujui



(M. Fauzan Adiman)



(.....Fransisca Palupi.....)

Lampiran 15. lembar persetujuan Radiografer

**LEMBAR PERSETUJUAN RADIOGRAFER
(INFORMED CONSENT)**

Saya yang bertanda tangan

dibawah ini Nama

: U. Dom Ardikus D P.

Jenis Kelamin

: laki . laki

Lamanya Bekerja

: 15 th

Dengan ini menyatakan bahwa saya telah memahami penjelasan terkait penelitian yang berjudul "Rancang Bangun Alat Fiksasi Pemeriksaan Knee Joint Bilateral" dan saya bersedia untuk ikut berpartisipasi dalam penelitian ini dengan penuh kesadaran dan tanpa paksaan. Apabila selama penelitian ini saya menginginkan mengundurkan diri, maka saya dapat mengundurkan diri sewaktu – waktu tanpa sanksi apapun.

Yogyakarta, 28-8-2025

Mengetahui,

Peneliti



(M.Fauzan Adiman)

Yang Menyetujui



(Vincentus Dom)

Lampiran 16. lembar persetujuan Radiografer

**LEMBAR PERSETUJUAN RADIOGRAFER
(INFORMED CONSENT)**

Saya yang bertanda tangan

dibawah ini Nama : *Andreas Prian*
Jenis Kelamin : *L*
Umurnya Bekerja : *9 th*

Dengan ini menyatakan bahwa saya telah memahami penjelasan terkait penelitian yang berjudul "Rancang Bangun Alat Fiksasi Pemeriksaan Knee Joint Bilateral" dan saya bersedia untuk ikut berpartisipasi dalam penelitian ini dengan penuh kesadaran dan tanpa paksaan. Apabila selama penelitian ini saya menginginkan mengundurkan diri, maka saya dapat mengundurkan diri sewaktu – waktu tanpa sanksi apapun.

Yogyakarta, ...*28 Agustus 2025*...

Mengetahui,

Peneliti



(M. Fauzan Adiman)

Yang Menyetujui


(*Andreas Prian*)

Lampiran 17. lembar persetujuan Radiografer

**LEMBAR PERSETUJUAN RADIOGRAFER
(INFORMED CONSENT)**

Saya yang bertanda tangan

dibawah ini Nama : URI ASTUTI
Jenis Kelamin : PEREMPUAN
Umurnya : 6 TAHUN

Dengan ini menyatakan bahwa saya telah memahami penjelasan terkait penelitian yang berjudul "Rancang Bangun Alat Fiksasi Pemeriksaan Knee Joint Bilateral" dan saya bersedia untuk ikut berpartisipasi dalam penelitian ini dengan penuh kesadaran dan tanpa paksaan. Apabila selama penelitian ini saya menginginkan mengundurkan diri, maka saya dapat mengundurkan diri sewaktu – waktu tanpa sanksi apapun.

Yogyakarta, 27/8/2025

Mengetahui,

Peneliti



(M.Fauzan Adiman)

Yang Menyetujui



(URI ASTUTI)

Lampiran 18. lembar persetujuan Radiografer

**LEMBAR PERSETUJUAN RADIOGRAFER
(INFORMED CONSENT)**

Saya yang bertanda tangan

dibawah ini Nama

: YUPUS NOVIANTO NESIMNASI

Jenis Kelamin

: LAKI-LAKI

Lamanya Bekerja

: 7 Tahun

Dengan ini menyatakan bahwa saya telah memahami penjelasan terkait penelitian yang berjudul "Rancang Bangun Alat Fiksasi Pemeriksaan Knee Joint Bilateral" dan saya bersedia untuk ikut berpartisipasi dalam penelitian ini dengan penuh kesadaran dan tanpa paksaan. Apabila selama penelitian ini saya menginginkan mengundurkan diri, maka saya dapat mengundurkan diri sewaktu – waktu tanpa sanksi apapun.

Yogyakarta, 27. Agustus 2025

Mengetahui,

Peneliti



(M. Fauzan Adiman)

Yang Menyetujui



(YUPUS...NOVIANTO NESIMNASI

**LEMBAR PERSETUJUAN RADIOGRAFER
(INFORMED CONSENT)**

Saya yang bertanda tangan

dibawah ini Nama : ANDRIAN TRI NUGROHO
Jenis Kelamin : LAKI - LAKI
Umurnya Bekerja : 15 TAHUN

Dengan ini menyatakan bahwa saya telah memahami penjelasan terkait penelitian yang berjudul "Rancang Bangun Alat Fiksasi Pemeriksaan Knee Joint Bilateral" dan saya bersedia untuk ikut berpartisipasi dalam penelitian ini dengan penuh kesadaran dan tanpa paksaan. Apabila selama penelitian ini saya menginginkan mengundurkan diri, maka saya dapat mengundurkan diri sewaktu – waktu tanpa sanksi apapun.

Yogyakarta, 27-08-2025

Mengetahui,

Peneliti



(M. Fauzan Adiman)

Yang Menyetujui



(ANDRIAN TRI N)

Lampiran 19. lembar persetujuan Radiografer

**LEMBAR PERSETUJUAN RADIOGRAFER
(INFORMED CONSENT)**

Saya yang bertanda tangan

dibawah ini Nama

: *HY. SETIAWAN*

Jenis Kelamin

: *LAKI - LAKI*

Lamanya Bekerja

: *25 TAHUN*

Dengan ini menyatakan bahwa saya telah memahami penjelasan terkait penelitian yang berjudul "Rancang Bangun Alat Fiksasi Pemeriksaan Knee Joint Bilateral" dan saya bersedia untuk ikut berpartisipasi dalam penelitian ini dengan penuh kesadaran dan tanpa paksaan. Apabila selama penelitian ini saya menginginkan mengundurkan diri, maka saya dapat mengundurkan diri sewaktu – waktu tanpa sanksi apapun.

Yogyakarta,

Mengetahui,

Peneliti



(M.Fauzan Adiman)

Yang Menyetujui



HY. SETIAWAN

Lampiran 21. lembar persetujuan Radiografer

**LEMBAR PERSETUJUAN RADIOGRAFER
(INFORMED CONSENT)**

Saya yang bertanda tangan

dibawah ini Nama : Fransiska Indriani Putri
Jenis Kelamin : P
Umurnya Bekerja : 10 th

Dengan ini menyatakan bahwa saya telah memahami penjelasan terkait penelitian yang berjudul "Rancang Bangun Alat Fiksasi Pemeriksaan Knee Joint Bilateral" dan saya bersedia untuk ikut berpartisipasi dalam penelitian ini dengan penuh kesadaran dan tanpa paksaan. Apabila selama penelitian ini saya menginginkan mengundurkan diri, maka saya dapat mengundurkan diri sewaktu – waktu tanpa sanksi apapun.

Yogyakarta, 28 Agustus '05

Mengetahui,

Peneliti



(M. Fauzan Adiman)

Yang Menyetujui



(Fransiska Indriani .P