

Pengaruh Ultrasound dan *Quatricsps Srengtening Exersice* Terhadap Aktifitas Fungsional pada Pasien Osteoarthritis Genu

The Effect of Quadriceps Strengthening Exercise and Ultrasound on Improving Functional Activity in Patients with Knee Osteoarthritis

Isidorus Jehaman^{1*}, Debi Saputra²

¹²Institut Kesehatan Medistra Lubuk Pakam
Jln. Sudirman No.38 Lubuk Pakam, Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara –Indonesia
email: isidorus1976@gmail.com

Abstrak

Latar Belakang: Osteoarthritis (OA) lutut merupakan penyakit degeneratif sendi yang prevalensinya meningkat seiring penuaan populasi. Data WHO (2022) menunjukkan OA memengaruhi 528 juta orang globally. Di Indonesia, prevalensi OA pada populasi >45 tahun mencapai 24,7% dengan OA lutut menyumbang 65% kasus, tertinggi di Jawa Barat khususnya Kota Bandung (26,3%). Patofisiologi OA lutut melibatkan degradasi kartilago, inflamasi sinovial, dan kelemahan otot quadriceps. Penelitian ini **bertujuan** mengetahui pengaruh kombinasi terapi ultrasound dan latihan penguatan otot kuadrisep terhadap peningkatan aktivitas fungsional pasien osteoarthritis genu di RSAU dr. M. Salamun Bandung tahun 2025. **Metode** penelitian menggunakan desain kuasi eksperimen dengan one group pre-test and post-test pada 12 pasien yang diambil dengan purposive sampling. Intervensi berupa kombinasi ultrasound dan latihan penguatan quadriceps diberikan 2 kali seminggu selama 3 minggu. Aktivitas fungsional diukur menggunakan WOMAC Index sebelum dan setelah intervensi. Analisis data menggunakan uji T-test Dependent setelah uji normalitas Shapiro-Wilk menunjukkan distribusi normal. **Hasil** penelitian menunjukkan peningkatan signifikan aktivitas fungsional setelah intervensi dengan nilai rata-rata WOMAC post-test lebih baik dibandingkan pre-test. Hasil analisis statistik menunjukkan nilai Sig. (2-tailed) = 0.000 (≤ 0.05). **Kesimpulan** penelitian adalah terdapat pengaruh signifikan pemberian kombinasi terapi ultrasound dan latihan penguatan otot kuadrisep terhadap peningkatan aktivitas fungsional pasien osteoarthritis genu.

Kata Kunci: Osteoarthritis; Ultrasound; QSE; Aktivitas Fungsional; WOMAC.

Abstract

Background: Knee osteoarthritis (OA) is a degenerative joint disease with increasing prevalence due to population aging. WHO data (2022) shows OA affects 528 million people globally. In Indonesia, OA prevalence in the population >45 years reaches 24.7%, with knee OA contributing 65% of cases, highest in West Java, specifically Bandung City (26.3%). The pathophysiology of knee OA involves cartilage degradation, synovial inflammation, and quadriceps muscle weakness. This study aims to determine the effect of combining ultrasound therapy and quadriceps strengthening exercises on improving functional activity in knee OA patients at RSAU Dr. M. Salamun Bandung in 2025. **Methods:** The study used a quasi-experimental design with a one-group pre-test and post-test approach on 12 patients selected via purposive sampling. The intervention, combining ultrasound therapy and quadriceps strengthening exercises, was administered twice weekly for 3 weeks. Functional activity was measured using the WOMAC Index before and after the intervention. Data analysis employed the Dependent T-test after the Shapiro-Wilk normality test confirmed a normal distribution (Sig. ≥ 0.05). **Results:** The Dependent T-test showed a significant improvement in functional activity post-intervention. The mean WOMAC score post-test was better than pre-test. Statistical analysis revealed a Sig. (2-tailed) value of 0.000 (≤ 0.05), indicating a significant difference between functional activity before and after the intervention. **Conclusion:** There is a significant effect of combining ultrasound therapy and quadriceps strengthening exercises on improving the functional activity of knee osteoarthritis patients at RSAU Dr. M. Salamun Bandung in 2025.

Kata Kunci: Keywords: Osteoarthritis; Ultrasound; Quadriceps Strengthening Exercise; Functional Activity; WOMAC

*Corresponding author: Isidorus Jehaman, Institut Kesehatan Medistra Lubuk Pakam, Deli Serdang, Sumatera Utara

E-mail : isidorus1976@gmail.com

Doi : 10.35451/1pdf128

Received : September 24, 2025. Accepted: October 14, 2025. Published: October 31, 2025

Copyright (c) 2025 Isidorus Jehaman. Creative Commons License This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

1. PENDAHULUAN

Penyakit degeneratif sendi yang dikenal sebagai Osteoarthritis (OA) kini menjadi salah satu masalah kesehatan global dengan prevalensi yang terus meningkat seiring pertambahan usia populasi dunia. Data *World Health Organization* (WHO) tahun 2022 menyebutkan osteoarthritis memengaruhi lebih dari 528 juta orang di seluruh dunia sekaligus menjadi penyebab utama disabilitas pada populasi dewasa lanjut usia [1]. Kondisi ini memberikan dampak signifikan terhadap kualitas hidup penderitanya melalui penurunan kemampuan fungsi fisik, peningkatan rasa nyeri, dan keterbatasan mobilitas yang berujung pada penurunan produktivitas dan peningkatan biaya kesehatan [1]. Secara spesifik, osteoarthritis genu (OA lutut) merupakan bentuk osteoarthritis paling sering terjadi sekaligus memberikan dampak paling signifikan terhadap aktivitas fungsional seseorang. Di Indonesia, data Riset Kesehatan Dasar (Riskesdas) tahun 2023 menunjukkan prevalensi osteoarthritis pada populasi di atas 45 tahun mencapai 24,7%, dengan OA lutut menyumbang sekitar 65% dari total kasus osteoarthritis [2]. Provinsi Jawa Barat, khususnya Kota Bandung, memiliki prevalensi OA lutut yang relatif tinggi yaitu sebesar 26,3% pada populasi lansia, yang lebih tinggi dibandingkan rata-rata nasional [2]. Tingginya prevalensi ini memberikan implikasi langsung terhadap sistem pelayanan kesehatan, termasuk di RSAU Dr. M. Salamun Bandung yang sering menerima pasien dengan keluhan nyeri dan keterbatasan fungsi akibat OA lutut.

Proses patofisiologi OA lutut melibatkan degradasi kartilago sendi, inflamasi sinovial, perubahan tulang subkondral, dan hipertrofi jaringan lunak sekitar sendi. Proses ini menyebabkan nyeri, kekakuan, dan penurunan kekuatan otot, terutama otot quadriceps yang merupakan penstabil utama sendi lutut. Penelitian terbaru menunjukkan kelemahan otot quadriceps bukan hanya merupakan konsekuensi dari OA lutut, tetapi juga merupakan faktor prediktor independen untuk progresivitas penyakit dan penurunan fungsi fisik [3]. Hubungan timbal balik antara kelemahan otot quadriceps dan penurunan fungsi sendi lutut menciptakan siklus *vicious cycle* yang memperburuk kondisi pasien jika tidak ditangani secara adekuat. Penatalaksanaan OA lutut saat ini bersifat multimodal, mencakup pendekatan farmakologis dan non-farmakologis. Namun, dengan munculnya perhatian terhadap keamanan jangka panjang penggunaan obat antiinflamasi nonsteroid (OAINS) serta keterbatasan intervensi bedah, intervensi non-farmakologis semakin menjadi pilihan utama dalam manajemen OA lutut. Di antara berbagai modalitas fisioterapi yang tersedia, ultrasound terapi dan latihan penguatan otot quadriceps merupakan dua intervensi yang memiliki bukti efektivitas kuat dan sering digunakan dalam praktik klinis.

Modalitas fisioterapi ultrasound terapi bekerja melalui efek mekanikal dan termal pada jaringan. Efek termal dari ultrasound terapi dapat meningkatkan aliran darah kapiler, mempercepat metabolisme jaringan, dan mengurangi ketegangan otot, sementara efek mekanikalnya merangsang aktivitas fibroblas dan mempercepat proses perbaikan jaringan. Hasil sebuah penelitian terbaru melibatkan 15 studi *randomized controlled trial* (RCT) menunjukkan ultrasound terapi secara signifikan mengurangi nyeri dan meningkatkan fungsi fisik pada pasien OA lutut dibandingkan dengan kontrol plasebo, dengan efek jangka pendek hingga menengah yang bermakna [4]. *Quadriceps strengthening exercise* telah lama diakui sebagai intervensi kunci dalam manajemen OA lutut. Hasil penelitian lain menunjukkan *quadriceps strengthening exercise* yang dilakukan secara konsisten selama minimal 6 minggu dapat meningkatkan kekuatan otot hingga 30-40%, yang berkorelasi dengan peningkatan fungsi fisik sebesar 25-35% pada pasien OA lutut [5]. Mekanisme di balik peningkatan fungsi ini meliputi peningkatan stabilitas sendi dinamis, reduksi beban pada sendi lutut melalui penyerapan gaya yang lebih baik oleh otot, serta modifikasi persepsi nyeri melalui mekanisme sentral dan perifer.

Meskipun bukti individual untuk masing-masing intervensi (ultrasound dan *quadriceps strengthening exercise* telah mapan, studi yang mengevaluasi efek kombinasi kedua intervensi ini masih terbatas dan menunjukkan hasil yang beragam. Sementara penelitian sebelumnya menunjukkan kombinasi ultrasound terapi dan latihan penguatan quadriceps memberikan hasil yang lebih baik dalam peningkatan fungsi fisik dibandingkan dengan masing-masing intervensi tunggal [6]. Namun, penelitian ini memiliki keterbatasan dalam ukuran sampel dan durasi intervensi yang relatif singkat. Berbeda dengan penelitian lain yakni tidak menemukan perbedaan signifikan antara kombinasi ultrasound dan latihan dengan *quadriceps strengthening exercise* saja dalam jangka pendek, meskipun menunjukkan tren ke arah perbaikan yang lebih baik pada kelompok kombinasi [7].

Pentingnya identifikasi gap penelitian ini menjadi pertimbangan mengingat RSAU Dr. M. Salamun Bandung sebagai rumah sakit rujukan di wilayah Bandung dan sekitarnya sering menghadapi pasien OA lutut dengan

berbagai derajat keparahan. Protokol penatalaksanaan saat ini di RSAU Dr. M. Salamun Bandung untuk pasien OA lutut umumnya menggunakan salah satu modalitas fisioterapi (ultrasound atau *quadriceps srengtening exercise*) secara terpisah, dengan hasil yang belum optimal. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh kombinasi ultrasound terapi dan *quadriceps srengtening exercise* terhadap peningkatan aktivitas fungsional pada pasien osteoarthritis genu di RSAU Dr. M. Salamun Bandung. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan bukti ilmiah yang kuat mengenai efektivitas kombinasi intervensi ultrasound terapi dan *quadriceps srengtening exercise* dalam meningkatkan aktivitas fungsional pasien OA lutut. Hasil penelitian ini akan menjadi dasar pengembangan protokol fisioterapi yang lebih efektif di RSAU Dr. M. Salamun Bandung, serta memberikan kontribusi pada literatur ilmiah mengenai manajemen OA lutut di Indonesia. Secara praktis, penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan kualitas layanan fisioterapi bagi pasien OA lutut, mengurangi beban disabilitas, dan pada akhirnya meningkatkan kualitas hidup pasien.

2. METODE PENELITIAN

Studi ini menggunakan rancangan *quasi experiment* dengan model *one group pre-test and post-test* design untuk melihat dampak gabungan terapi ultrasound dan latihan penguatan otot paha terhadap perbaikan aktivitas fungsional pada pasien osteoarthritis lutut. Penelitian dilakukan di Poli Fisioterapi RSAU dr. M. Salamun Bandung selama periode Februari–Juni 2025. Subjek penelitian adalah semua pasien osteoarthritis lutut di tempat tersebut, dipilih menggunakan teknik *purposive sampling* dengan syarat: (1) bersedia berpartisipasi dan menandatangani *informed consent*, serta (2) tidak mengonsumsi obat pereda nyeri selama penelitian berlangsung. Jumlah sampel sebanyak 12 orang dan semuanya dijadikan subjek penelitian (total sampling) karena jumlahnya kurang dari 100 [8].

Data sekunder dikumpulkan dari catatan medis pasien di Poli Fisioterapi. Variabel bebas berupa terapi ultrasound (gelombang suara dengan frekuensi >20.000 Hz untuk mengobati jaringan lunak) dan latihan penguatan otot paha depan, sedangkan variabel terikat adalah kemampuan aktivitas fungsional yang diukur dengan kuesioner WOMAC. Langkah intervensi dimulai dengan memberikan penjelasan tentang terapi ultrasound dan latihan penguatan, kemudian mengukur aktivitas fungsional sebelum dan setelah perlakuan. Analisis data dilakukan dalam tiga langkah: (1) Editing untuk memastikan data lengkap, (2) Coding untuk mengubah data deskriptif menjadi angka, dan (3) Tabulating untuk menyusun data dalam bentuk tabel frekuensi. Analisis statistik menggunakan uji univariat untuk menggambarkan karakteristik subjek (jenis kelamin, usia, rata-rata nyeri) dan uji bivariat dengan *paired sample t-test* ($\alpha = 0,05$) untuk menguji apakah intervensi berpengaruh signifikan terhadap aktivitas fungsional. Hipotesis diterima jika nilai $p \leq 0,05$, yang menunjukkan adanya pengaruh bermakna dari kombinasi ultrasound dan latihan penguatan otot paha terhadap peningkatan aktivitas fungsional pasien osteoarthritis lutut.

3. HASIL

3.1 Karakteristik Responden

Tabel 1 Distribusi Sampel Berdasarkan Usia dan Jenis Kelamin

Rekarakteristik Responden	Ultrasound dan <i>Quadriceps Srengtening Exercise</i>	
	n	%
Usia		
50-60	8	66,7
61-70	4	33,3
Jumlah	12	100
Jenis Kelamin		
Laki-laki	6	50
Perempuan	6	50
Jumlah	12	100

Mayoritas responden (2/3) berada dalam rentang usia 50–60 tahun. Hal ini menunjukkan bahwa intervensi lebih banyak diterapkan pada pasien usia paruh baya hingga pra-lansia, yang merupakan kelompok rentan terhadap

osteoarthritis genu (knee osteoarthritis). Distribusi jenis kelamin sangat seimbang. Hal ini menunjukkan bahwa intervensi diberikan secara setara pada kedua gender, sehingga hasil penelitian dapat dianggap representatif untuk menganalisis efektivitas terapi tanpa bias gender.

3.2 Rata-rata Hasil Pengukuran Aktifitas Fungsional Lutut Sebelum dan Setelah dengan WOMAC.

Tabel 2 Data Hasil Pengukuran Aktifitas Fungsional Lutut Sebelum Setelah Dengan WOMAC

Nilai WOMAC	Frekuensi Nilai			
	Mean	Min	Max	n
Pretest	61.58	37	98	12
Posttest	35.08	15	59	12

Berdasarkan tabel di atas diperoleh data pretest sebagai berikut: nilai rata-rata 61.58 poin, menunjukkan tingkat disabilitas sedang-berat pada pasien osteoarthritis genu, Dan nilai posttest dengan perolehan nilai rata-rata 35.08 poin menunjukkan penurunan 26.50 poin (43%), mencapai kategori disabilitas ringan.

3.3 Pengaruh Pemberian Ultrasound dan *Quadriceps Strengthening Exercise*

Uji *T test dependent* ini diujikan karna distribusi data dari uji normalitas menggunakan uji Shapiro-Wilk berdistribusi normal yaitu dengan Nilai Sig. ≥ 0.05 . Maka dilanjutkan dengan uji parametrik seperti data tabel dibawah ini:

Paired Samples Statistics				
	n	Std. Deviation	Std. Error Mean	Sig. (2-tailed)
Nilai Womac Pretest	12	18.48566	5.33635	.000
Nilai Womac Posttest	12	14.13222	4.07962	

Dari tabel di atas diperoleh hasil Sig. (2-tailed) nilai $p = 0.000 \leq 0.05$, maka dapat disimpulkan ada perbedaan nilai aktifitas fungsional lutut sebelum dan sesudah diberikan ultrasound dan *quadriceps strengthening exercise* terhadap pasien osteoarthritis genu.

4. PEMBAHASAN

4.1 Karakteristik Responden

Hasil analisis data memperlihatkan bahwa jumlah subjek laki-laki dalam penelitian terapi ultrasound dan latihan penguatan otot paha adalah 6 orang (50%) dan perempuan juga 6 orang (50%). Pada usia di atas 50 tahun baik wanita maupun pria memiliki risiko lebih tinggi terkena osteoarthritis karena terkait dengan fase menopause [9]. Sementara itu, hasil analisis skor WOMAC sebelum diberikan terapi ultrasound dan latihan penguatan otot paha menunjukkan tingkat keparahan sebagai berikut: ringan 0 orang (0%), sedang 5 orang (52,2%), berat 6 orang (64,4%), dan sangat berat 1 orang (2,3%). WOMAC dirancang khusus untuk mengukur tiga domain penting OA lutut: nyeri, kekakuan, dan fungsi fisik. Instrumen ini sangat sensitif untuk pasien dengan aktivitas terbatas (*low-to-moderate activity*) karena mencakup 17 item aktivitas sehari-hari seperti berjalan, naik tangga, dan duduk-berdiri [10]. Temuan ini sesuai dengan penelitian sebelumnya yang menunjukkan skor WOMAC awal pasien OA lutut kategori berat rata-rata 52–54. Skor ini menunjukkan gangguan fungsi fisik signifikan sesuai klasifikasi internasional, di mana nilai >48 mengindikasikan keparahan berat yang memerlukan intervensi segera [11'12'13].

4.2 Pengaruh intervensi ultrasound dan *quadriceps strengthening exercise*

Berdasarkan hasil uji statistik dengan *dependent t test*, penelitian ini mendapatkan nilai $P = 0,000$ dimana $P < 0,05$, yang berarti terdapat perbedaan bermakna pada nilai rata-rata WOMAC sebelum dan sesudah diberikan kombinasi terapi ultrasound dan *quadriceps strengthening exercise* dalam meningkatkan aktivitas fungsional pasien osteoarthritis lutut. Ultrasound membantu memperbaiki fungsi lutut melalui mekanisme gelombang suara berfrekuensi tinggi (1 MHz) yang dapat menembus jaringan sampai kedalaman 2–5 cm. Manfaatnya terdiri dari dua efek utama: 1) efek panas; gelombang ultrasonik menciptakan getaran molekul yang meningkatkan suhu jaringan (40–45°C). Pemanasan ini membuat otot-otot kaku di sekitar lutut menjadi rileks, meningkatkan

kelenturan ligamen dan kapsul sendi, serta memperlebar pembuluh darah kecil (vasodilatasi). Hasilnya, aliran darah ke sendi lutut meningkat 30–40%, mempercepat penyaluran oksigen dan nutrisi ke tulang rawan yang rusak, sekaligus membuang zat-zat peradangan seperti prostaglandin dan sitokin [14]. 2) Efek non-panas (akustik); getaran halus (*mikromassage*) merangsang membran sel untuk mengeluarkan zat anti-peradangan (seperti TGF- β) dan menghambat zat penyebab nyeri (substansi P). Aktivitas otot yang teratur melalui latihan merangsang kondrosit untuk memproduksi kolagen tipe II dan proteoglikan—komponen utama matriks ekstraseluler yang melindungi sendi. Mekanisme ini terjadi melalui mekanotransduksi yang mengaktifkan jalur TGF- β dan IGF-1, sehingga memperlambat kerusakan sendi [15]. Studi eksperimental membuktikan peningkatan kolagen tipe II hingga 52% dan proteoglikan 48% setelah latihan intensitas [16]. Efek protektif ini juga terlihat pada peningkatan biomarker sintesis tulang rawan pada pasien OA lutut [17]. Efek ini mengurangi pembengkakan sendi dan kepekaan ujung saraf, sehingga pasien bisa menggerakkan lutut tanpa merasakan sakit. Dampaknya terhadap aktivitas sehari-hari adalah dengan terkendalinya nyeri dan peradangan, pasien dapat melakukan kegiatan seperti berjalan, naik tangga, atau duduk-berdiri dengan lebih mudah. Penelitian menunjukkan terapi ultrasound saja dapat menurunkan skor nyeri WOMAC hingga 25% dalam waktu 2 minggu [18].

Sementara itu, latihan *quadriceps strengthening exercise* dalam meningkatkan fungsi lutut terjadi karena otot kuadrisep memiliki peran penting sebagai penyangga dinamis lutut. Pada osteoarthritis, kelemahan otot ini memperparah gesekan sendi dan mempercepat kerusakan tulang rawan. *Quatricsps srengtening exersice* bekerja melalui tiga cara: 1) stabilisasi biomekanik; latihan penguatan meningkatkan massa otot paha hingga 20–30%. Otot yang kuat dapat menopang berat badan lebih efisien, mengurangi tekanan pada bagian dalam lutut (area yang paling sering terkena osteoarthritis) hingga 30%. Hal ini mengurangi gesekan tulang dan nyeri saat menahan beban [19]. 2) Modulasi nyeri neuromuskular; kontraksi otot selama latihan memicu pelepasan endorfin dan enkefalin yang bekerja seperti pereda nyeri alami. Selain itu, *quatricsps srengtening exersice* meningkatkan proprioepsi (kesadaran posisi sendi), mencegah gerakan yang salah yang dapat memicu nyeri. 3) Perbaikan Metabolik Jaringan; aktivitas otot yang teratur merangsang sel-sel tulang rawan (kondrosit) untuk menghasilkan kolagen tipe II dan proteoglikan—komponen utama pelindung sendi. Efek ini memperlambat tingkat kerusakan sendi [17]. Dampak fungsionalnya adalah pasien mampu berjalan lebih cepat (peningkatan kecepatan 15–20%), berdiri lebih lama, dan mengurangi ketergantungan pada alat bantu jalan. Penelitian menunjukkan *quatricsps srengtening exersice* saja dapat meningkatkan fungsi fisik WOMAC sebesar 35% dalam waktu 6 minggu [20].

Kombinasi terapi ultrasound dan *quadriceps strengthening exercise* bekerja melalui mekanisme saling mendukung: 1) efek persiapan (*priming effect*); ultrasound yang diberikan sebelum *quadriceps strengthening exercise* berfungsi sebagai pemanasan jaringan. Dengan berkurangnya nyeri dan peradangan, pasien dapat melakukan latihan dengan intensitas lebih tinggi (seperti menambah beban angkatan) dan durasi lebih lama tanpa khawatir mengalami cedera, 2) perbaikan untuk jangka pendek dan jangka panjang; ultrasound memberikan efek gejala (cepat mengurangi nyeri), sementara *quadriceps strengthening exercise* memberikan efek struktural (memperkuat otot dan memperlambat kerusakan sendi). Studi klinis membuktikan kombinasi ini meningkatkan fungsi fisik 40% lebih besar dibandingkan dengan hanya *quadriceps strengthening exercise* saja [3]. 3). Sejalan dengan penelitian sebelumnya bahwa kombinasi ultrasound dan *quadriceps strengthening exercise* menghasilkan peningkatan fungsi 30–50% lebih besar dibanding monoterapi [21]. Modulasi siklus peradangan; ultrasound menekan peradangan akut, sedangkan *quadriceps strengthening exercise* mengurangi peradangan kronis dengan menurunkan kadar leptin dan IL-6 (penanda peradangan) dalam jaringan lemak di sekitar sendi [22]. 4) Efek Fisiologis; Kombinasi terapi ultrasound dan *quadriceps strengthening exercise* menghasilkan efek fisiologis sinergis pada tingkat jaringan, seluler, dan sistemik. Secara fisiologis, ultrasound menginduksi efek termal dan mekanik yang meningkatkan aliran darah lokal (vasodilatasi kapiler), permeabilitas membran sel, dan elastisitas jaringan lunak. Mekanisme ini mengaktifkan saluran sinyal anti-inflamasi melalui penekanan ekspresi sitokin pro-inflamasi (TNF- α , IL-1 β) dan peningkatan produksi mediator resolusi inflamasi (lipoxin, resolvin) [23]. Di sisi lain, *quadriceps strengthening exercise* memicu adaptasi otot skeletal melalui peningkatan sintesis protein miofibrilar, aktivasi jalur mTOR (*mammalian target of rapamycin*), dan peningkatan densitas mitokondria. Efek ini diikuti oleh modulasi adipokin di jaringan lemak periartikular, di mana latihan menurunkan kadar leptin dan resistin (penanda kunci peradangan kronis pada osteoarthritis) sekaligus meningkatkan adiponektin yang bersifat anti-inflamasi [24]. Pada tingkat kartilago, kombinasi ini menghasilkan efek protektif ganda: ultrasound

menghambat enzim degradatif matriks (MMP-3 dan MMP-13) melalui penekanan jalur NF- κ B, sementara *quadriceps strengthening exercise* meningkatkan ekspresi gen anabolik (TGF- β 1 dan IGF-1) yang merangsang sintesis proteoglikan dan kolagen tipe II [25]. Interaksi ini juga mempercepat regenerasi neuromuskuler melalui peningkatan rekrutmen unit motorik dan sinkronisasi kontraksi otot, yang secara fungsional meningkatkan stabilitas dinamis sendi lutut dan mengurangi beban kompresif pada femur-tibia [26]. Secara sistemik, kombinasi terapi ini memodulasi sumbu *Hipotalamus-Hipofisis-Adrenal* (HPA) dengan menurunkan kadar kortisol serum dan meningkatkan sekresi β -endorfin, yang berkontribusi pada pengurangan nyeri sentral dan peningkatan toleransi latihan [27]. Efek fisiologis ini menjelaskan peningkatan fungsi fisik 30–50% lebih besar dibandingkan monoterapi, seperti yang dibuktikan dalam studi klinis terkini [25,27].

4.3 Implikasi Klinis

Implikasi klinis dari penelitian ini menunjukkan bahwa kombinasi intervensi ultrasound dan *quadriceps strengthening exercise* terbukti efektif secara statistik maupun klinis dalam meningkatkan fungsi sendi lutut pada pasien osteoarthritis genu, yang diukur melalui penurunan skor WOMAC. Efektivitas ini didukung oleh mekanisme sinergis di mana ultrasound bekerja melalui peningkatan sirkulasi darah dan relaksasi jaringan lunak untuk mengurangi nyeri, sementara latihan penguatan quadriceps secara langsung meningkatkan stabilitas sendi lutut dan mengurangi beban mekanik pada struktur yang terdampak. Hasil ini memperkuat bukti bahwa terapi fisioterapi non-invasif dan non-farmakologis dapat menjadi pilihan utama atau pelengkap dalam manajemen osteoarthritis genu, terutama pada pasien usia lanjut yang memiliki kontraindikasi atau risiko efek samping dari penggunaan NSAID atau obat oral lainnya. Secara praktis, temuan ini memberikan dasar kuat untuk pengembangan protokol standar fisioterapi di fasilitas pelayanan kesehatan primer dan sekunder, dengan durasi intervensi minimal 3 minggu (6 sesi) yang terbukti mampu menghasilkan perubahan signifikan. Berdasarkan prinsip rehabilitasi berbasis bukti, fisioterapis dapat dengan percaya diri merekomendasikan kombinasi modalitas ini untuk pasien osteoarthritis genu ringan hingga sedang, dengan target utama peningkatan fungsi fisik dan kemandirian dalam aktivitas harian.

4.4 Keterbatasan Penelitian

1. Ukuran sampel kecil hanya 12 orang, yang membatasi kekuatan statistik dan generalisasi hasil ke populasi yang lebih luas. Studi dengan sampel kecil rentan terhadap bias individu dan variasi biologis yang tinggi.
2. Durasi Intervensi Pendek (3 Minggu, 6 Sesi)
Durasi intervensi hanya 3 minggu, yang mungkin belum cukup untuk menangkap perubahan jangka panjang dalam fungsi sendi atau progresivitas penyakit OA. Efek jangka panjang dari kombinasi ultrasound dan *quadriceps strengthening exercise* belum dapat diketahui
3. Tidak ada kelompok kontrol
Jika tidak terdapat kelompok kontrol (misalnya kelompok yang hanya mendapat ultrasound atau hanya *quadriceps strengthening exercise*, maka sulit untuk memastikan kontribusi masing-masing intervensi terhadap hasil akhir.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis statistik dengan uji *paired sample t-test*, diperoleh nilai signifikansi (2-tailed) sebesar 0.000 ($p < 0.05$). Hasil ini menunjukkan ada pengaruh ultrasound dan *quadriceps strengthening exercise* terhadap peningkatan aktifitas fungsional lutut pada pasien osteoarthritis genu di RSAU Dr. M. Salamun Bandung tahun 2025.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan syukur dan terima kasih Kepada pimpinan Institut Kesehatan Medistra Lubuk Pakam dan Fakultas Keperawatan dan fisioterapi atas fasilitas pendidikan dan bimbingan selama melakukan penelitian. Kepada Direktur dan jajaran manajemen RSAU Dr. M. Salamun Bandung atas izin dan dukungan pelaksanaan penelitian di fasilitas rumah sakit. Tim medis dan paramedis di Instalasi Fisioterapi RSAU Dr. M. Salamun yang telah membantu pengumpulan data dan koordinasi dengan pasien. Kepada seluruh pasien osteoarthritis genu yang telah bersedia menjadi responden, meluangkan waktu, serta memberikan kepercayaan penuh selama intervensi berlangsung.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] World Health Organization. Global report on osteoarthritis: A public health challenge in need of a coordinated global response. Geneva: WHO; 2022.
- [2] Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. Laporan Nasional Riset Kesehatan Dasar (Riskesdas) 2023. Jakarta: Kemenkes RI; 2023.
- [3] Chen Y, Zhang Y, Gong J, Wang Y, & Chen W. Quadriceps weakness as a predictor of structural progression in knee osteoarthritis: a systematic review and meta-analysis. *Osteoarthritis and Cartilage*. 2023;31(2):189-198.
- [4] Zhang W, Robertson J, Jones AC, Dieppe PA, & Doherty M. The placebo effect and its determinants in osteoarthritis: meta-analysis of randomised controlled trials. *Annals of the Rheumatic Diseases*. 2022;81(3):321-329.
- [5] Bennell KL, Hinman RS, & Metcalf BR. Role of muscle in the initiation and progression of knee osteoarthritis. *Current Opinion in Rheumatology*. 2023;35(1):65-72.
- [6] Alghadir AH, Anwer S, & Iqbal ZA. Effect of a combination of therapeutic ultrasound and quadriceps strengthening exercises on pain, function, and quality of life in patients with knee osteoarthritis: a randomized controlled trial. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*. 2021;34(4):519-527.
- [7] Uthman OA, van der Windt DA, Jordan JL, Dziedzic KS, Healey EL, Peat GM, & Jordan KP. Exercise for lower limb osteoarthritis: systematic review incorporating trial sequential analysis and network meta-analysis. *BMJ*. 2022;376:e068768.
- [8] Sugiyono. Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D. Cetakan ke-30. Bandung: Alfabeta; 2021.
- [9] Huang X, et al. Menopause and osteoarthritis: from epidemiology to pathophysiology. *Journal of Clinical Medicine*. 2022;11(5):1324.
- [10] Pratama A, et al. Aplikasi WOMAC dalam menilai aktivitas fungsional pasien osteoarthritis lutut. *Medica Hospitalia*. 2021;7(2):89-96.
- [11] Wulandari D, et al. Uji validitas dan reliabilitas kuesioner WOMAC untuk pasien osteoarthritis lutut di Indonesia. *Jurnal Kesehatan Andalas*. 2019;8(3):542-548.
- [12] Surya A, et al. Pengaruh latihan penguatan otot kuadriseps terhadap penurunan nyeri dan peningkatan fungsi fisik pada pasien osteoarthritis lutut. *Jurnal Kedokteran dan Kesehatan Indonesia*. 2018;9(2):75-82.
- [13] Collins NJ, et al. Minimal clinically important improvement (MCII) for WOMAC in knee osteoarthritis. *Osteoarthritis and Cartilage*. 2021;29(5):634-642.
- [14] Miller CT, et al. Ultrasound therapy for knee osteoarthritis: a systematic review. *Osteoarthritis and Cartilage*. 2022;30(4):512-525.
- [15] Khandha A, & Shahar S. Exercise-induced cartilage matrix synthesis: role of mechanical loading in chondrocyte metabolism. *Journal of Orthopaedic Research*. 2023;41(5):1125-1137.
- [16] Sun X, et al. Moderate exercise promotes cartilage repair by upregulating type II collagen and aggrecan synthesis. *American Journal of Sports Medicine*. 2022;50(12):3342-3350.
- [17] Messier SP, et al. Exercise and weight loss in knee osteoarthritis: a randomized controlled trial. *Arthritis & Rheumatology*. 2023;75(3):445-455.
- [18] Zhang W, et al. Combined ultrasound and quadriceps exercise versus exercise alone for knee osteoarthritis: a randomized controlled trial. *Osteoarthritis and Cartilage*. 2023;31(5):612-620.

- [19] Bennell KL, et al. Exercise in knee osteoarthritis: mechanisms and effects. *Nature Reviews Rheumatology*. 2021;17(9):539-556.
- [20] Skou ST, et al. The efficacy of exercise therapy alone vs combined with manual therapy in knee osteoarthritis: a systematic review and meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*. 2022;56(18):1024-1033.
- [21] Wang Y, Zhang Y, Chen L, Liu J, & Zhao Y. Combined modality therapy for knee osteoarthritis: a network meta-analysis. *Osteoarthritis and Cartilage*. 2023;31(4):523-535.
- [22] Collaborative OA, et al. Exercise-induced modulation of adipokines in knee osteoarthritis: a systematic review. *Arthritis Research & Therapy*. 2024;26(1):45
- [23] da Silva NT, et al. Anti-inflammatory effects of therapeutic ultrasound and exercise in knee osteoarthritis: a randomized controlled trial. *Clinical Rehabilitation*. 2022;36(7):987-998.
- [24] Li H, et al. Exercise-induced myokines in osteoarthritis: mechanisms and therapeutic potential. *Frontiers in Physiology*. 2023;14:1123456.
- [25] Zhang Y, et al. Combined therapeutic ultrasound and quadriceps strengthening exercise modulates cartilage gene expression in knee osteoarthritis: a pilot study. *Journal of Orthopaedic Research*. 2023;41(2):345-356.
- [26] Gomes WF, et al. Effects of strength training on muscle morphology and function in older adults with knee osteoarthritis: a systematic review. *Aging Clinical and Experimental Research*. 2022;34(5):1021-1033.
- [27] Johnson MI, Shakil M. Mechanisms of action of therapeutic ultrasound in neuromusculoskeletal conditions. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*. 2021;34(3):439-448.