

Artikel Penelitian

Pengembangan dan Evaluasi Aplikasi GATOT SCOLI-CARE untuk Monitoring Kepatuhan *Brace* dan Luaran Klinis pada Remaja dengan Adolescent Idiopathic Scoliosis

Development and Evaluation of the GATOT SCOLI-CARE Application for Monitoring Brace Compliance and Clinical Outcomes in Adolescents with Adolescent Idiopathic Scoliosis

Gatot Sunarto¹, Ellysa Okky Gusma^{2*}, Roni Susanto³, Gian Aditya Lisuari⁴, Hana Kristina⁵

^{1,3}RSUD Sumberglagah Provinsi Jawa Timur, Mojokerto, Indonesia

^{2,4,5}Program Studi S1 Fisioterapi, STIKES Bethesda Yakkum, Yogyakarta, Indonesia

*email korespondensi: ellysa@stikesbethesda.ac.id

Abstrak

Kepatuhan penggunaan *brace* merupakan faktor penting dalam terapi konservatif *Adolescent Idiopathic Scoliosis* (AIS), namun pemantauannya masih menghadapi kendala berupa keterlibatan pasien yang terbatas dan belum optimalnya monitoring berkelanjutan. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi penggunaan aplikasi GATOT SCOLI-CARE sebagai media monitoring digital terapi *brace* pada pasien AIS. Penelitian menggunakan desain prospektif terkontrol dengan pendekatan *pretest-posttest control group design* pada 30 pasien AIS yang terbagi menjadi kelompok intervensi (n=15) menggunakan aplikasi dan kelompok kontrol (n=15) dengan pemantauan konvensional selama tiga bulan. Variabel yang dianalisis meliputi kepatuhan penggunaan *brace*, perubahan tinggi badan, dan perubahan *Cobb angle*. Aplikasi menunjukkan validitas ahli sebesar 92,8%, skor *System Usability Scale* (SUS) sebesar $86,4 \pm 5,8$, dan tingkat penerimaan pengguna sebesar 92,2%. Kepatuhan *brace* pada kelompok intervensi sebesar 84,6%, dibandingkan 68,4% pada kelompok kontrol. Perubahan *Cobb angle* lebih besar pada kelompok intervensi ($-5,53^\circ$ vs $-4,27^\circ$; $p=0,010$), sedangkan perubahan tinggi badan tidak berbeda bermakna. Effect size menunjukkan efek besar (Cohen's $d=1,02$). Penelitian ini menyimpulkan bahwa GATOT SCOLI-CARE berpotensi mendukung monitoring kepatuhan terapi *brace* dan luaran klinis AIS, meskipun efektivitasnya perlu dikonfirmasi melalui penelitian dengan sampel lebih besar dan follow-up lebih panjang.

Diterima: 25 Juni 2026

Direvisi: 16 Agustus 2026

Disetujui: 15 September 2026

Dipublikasi: 30 September 2026

Copyright :

© 2026 Gatot Sunarto, Ellysa Okky Gusma, Roni Susanto, Gian Aditya Lisuari, and Hana Kristina. Published by Jurnal Sains dan Kesehatan, Faculty of Pharmacy, University of Mulawarman, Samarinda, Indonesia. This is an Open Access article under the [CC-BY-NC License](#).



Kata kunci: Skoliosis idiopatik remaja, kepatuhan *brace*, digital health

Abstract

Adherence to brace use is an important factor in the conservative management of Adolescent Idiopathic Scoliosis (AIS); however, its monitoring remains challenging because of limited patient engagement and suboptimal continuous monitoring. This study aimed to evaluate the use of the GATOT SCOLI-CARE application as a digital monitoring tool for brace therapy in patients with AIS. A prospective controlled study with a pretest-posttest control group design was conducted in 30 patients with AIS, comprising an intervention group (n=15) using the application and a control group (n=15) receiving conventional monitoring for three months. The outcomes assessed were brace adherence, changes in body height, and changes in Cobb angle. The application demonstrated 92.8% expert validity, a System Usability Scale (SUS) score of 86.4 ± 5.8 , and a User Acceptance Test score of 92.2%. Brace adherence was 84.6% in the intervention group compared with 68.4% in the control group. The intervention group showed a greater change in Cobb angle than the control group (-5.53° vs. -4.27° ; $p=0.010$), whereas changes in body height were not statistically significant. The effect size indicated a large effect (Cohen's $d=1.02$). This study concludes that GATOT SCOLI-CARE has good validity, usability, and user acceptance and may support brace adherence monitoring and clinical outcomes in patients with AIS. However, its clinical effectiveness should be confirmed through studies with larger samples and longer follow-up periods.

Keywords: Adolescent idiopathic scoliosis, brace adherence, digital health

1 Pendahuluan

Adolescent Idiopathic Scoliosis (AIS) merupakan deformitas tulang belakang tiga dimensi yang ditandai dengan sudut Cobb $\geq 10^\circ$ dan rotasi vertebra tanpa etiologi yang pasti, menjadikannya salah satu tantangan ortopedik paling signifikan yang berdampak luas pada kesehatan fisik dan kualitas hidup remaja [1], [2]. Kurva progresif dapat menyebabkan gangguan postur, deformitas batang tubuh, penurunan kapasitas respirasi, serta penurunan kualitas hidup bila tidak ditangani secara optimal [1], [3], [4]. Pada pasien dengan sudut Cobb 20° – 40° yang masih memiliki potensi pertumbuhan, terapi *brace* merupakan standar emas konservatif sesuai pedoman SOSORT [5]. Keberhasilan terapi sangat dipengaruhi oleh tingkat kepatuhan penggunaan *brace*. Studi *Bracing in Adolescent Idiopathic Scoliosis Trial* menunjukkan bahwa efektivitas terapi berkorelasi langsung dengan durasi pemakaian harian, sehingga kepatuhan menjadi determinan utama dalam mencegah progresivitas kurva scoliosis [6], [7]. Meskipun efektivitas *brace* telah dibuktikan secara luas, kepatuhan penggunaan selama 18–23 jam per hari masih menjadi tantangan utama. Berbagai faktor seperti ketidaknyamanan fisik, gangguan citra tubuh, keterbatasan aktivitas sosial, dan hambatan psikologis sering menyebabkan rendahnya kepatuhan pasien. Pasien dengan tingkat kepatuhan yang lebih tinggi terbukti memperoleh luaran klinis yang lebih baik dibandingkan pasien dengan kepatuhan rendah meskipun menggunakan desain *brace* yang sama [8]–[10]. Namun demikian, evaluasi kepatuhan dalam praktik klinis masih banyak mengandalkan wawancara dan laporan mandiri yang rentan terhadap bias pelaporan [11]. Penggunaan sensor suhu seperti *Cricket* dan *Thermobrace* memang mampu merekam durasi pemakaian secara lebih objektif [12], tetapi pendekatan tersebut belum mengintegrasikan luaran klinis, parameter pertumbuhan, maupun komunikasi berkelanjutan antara pasien dan tenaga kesehatan sehingga identifikasi dini pasien yang berisiko tidak patuh masih terbatas [13], [14].

Perkembangan teknologi kesehatan digital membuka peluang baru dalam pemantauan terapi jangka panjang berbasis aplikasi. Tinjauan terhadap aplikasi *mobile health* untuk kepatuhan penggunaan *brace* pada skoliosis menunjukkan bahwa sebagian besar aplikasi yang tersedia masih memiliki keterbatasan fitur dan belum mampu mengintegrasikan data kepatuhan dengan luaran klinis secara komprehensif [15], [16]. Temuan tersebut sejalan dengan berbagai prototipe aplikasi yang masih berada pada tahap awal pengembangan dan evaluasi [17], [18]. Di sisi lain, berbagai penelitian pada penyakit

kronis menunjukkan bahwa pendekatan *mobile health* berpotensi mendukung kepatuhan terapi, memperkuat keterlibatan pasien, dan mendukung pemantauan kesehatan yang berkelanjutan [19], [20]. Namun, pada konteks AIS, sebagian besar sistem digital yang dikembangkan masih berfokus pada fungsi tunggal, seperti pengingat penggunaan *brace* atau pencatatan durasi pemakaian, sehingga belum sepenuhnya mendukung proses monitoring terapi yang melibatkan pasien, keluarga, dan tenaga kesehatan secara terintegrasi. Kondisi tersebut menunjukkan perlunya pengembangan aplikasi yang tidak hanya berperan sebagai media pencatatan, tetapi juga mampu menghubungkan informasi kepatuhan terapi, perkembangan antropometri, dokumentasi klinis, serta keterlibatan tenaga kesehatan dalam evaluasi pasien secara berkelanjutan [15], [16].

Transformasi digital kesehatan di Indonesia juga mendorong pemanfaatan teknologi informasi untuk meningkatkan efisiensi pelayanan, kualitas dokumentasi klinis, serta keterlibatan pasien dalam proses perawatan. Keberhasilan implementasi sistem digital sangat dipengaruhi oleh kemudahan penggunaan, persepsi manfaat, dan kesesuaian sistem dengan kebutuhan pengguna maupun tenaga kesehatan [19], [21]-[23]. Berdasarkan kebutuhan tersebut, penelitian ini mengembangkan aplikasi GATOT SCOLI-CARE (*Growth and Therapeutic Orthotic Tracker – Scoliosis Care*) melalui tahapan identifikasi kebutuhan pengguna, perancangan fitur, pengembangan prototipe, validasi ahli, serta evaluasi penerimaan pengguna sebagai upaya mendukung pelayanan ortotik prostetik pada pasien AIS. Aplikasi ini menyediakan pencatatan durasi pemakaian *brace*, pengingat jadwal penggunaan dan kontrol, dokumentasi klinis, pencatatan tinggi dan berat badan, pelaporan keluhan, serta pencatatan kepatuhan berbasis digital yang dapat ditinjau oleh ortotis prostetik selama periode terapi [24]-[27]. Berbeda dengan penelitian sebelumnya yang umumnya hanya berfokus pada durasi pemakaian atau laporan mandiri, GATOT SCOLI-CARE mengintegrasikan pemantauan kepatuhan, data antropometri, dokumentasi klinis, dan keterlibatan ortotis prostetik dalam satu platform digital.

Keberhasilan terapi AIS tidak hanya dinilai dari perubahan *Cobb angle*, tetapi juga dari indikator pertumbuhan tubuh [28]-[30]. Koreksi deformitas melalui penggunaan *brace* dapat meningkatkan tinggi badan akibat perbaikan kesejajaran batang tubuh. Pengukuran tinggi badan merupakan metode yang sederhana, noninvasif, dan tidak memerlukan paparan radiasi berulang seperti radiografi sehingga berpotensi menjadi parameter tambahan dalam evaluasi terapi jangka panjang [31]-[34]. Pencatatan data antropometri secara longitudinal melalui aplikasi memungkinkan pemantauan pertumbuhan pasien secara lebih sistematis selama menjalani terapi konservatif [35].

Penelitian terdahulu menunjukkan beberapa keterbatasan yang konsisten. Martínez-Borba dkk. (2021) mengembangkan sistem *mobile health* untuk AIS tanpa memasukkan parameter pertumbuhan [36]. Sánchez-Raya dkk. (2025) melaporkan tingkat kepatuhan penggunaan *brace* yang baik, tetapi masih bergantung pada laporan mandiri dan belum mengintegrasikan data antropometri [16]. Rahman dkk. (2015) dan Donzelli dkk. (2018) berfokus pada pengukuran objektif durasi pemakaian *brace* tanpa mengevaluasi luaran pertumbuhan maupun keterlibatan langsung ortotis prostetik. Sementara itu, meta-analisis Liu dkk. (2022) menunjukkan bahwa pendekatan multimodal lebih efektif dalam meningkatkan kepatuhan, namun bukti mengenai sistem digital terintegrasi yang menghubungkan kepatuhan, pertumbuhan, dan luaran klinis objektif masih sangat terbatas, terutama di negara berkembang. Oleh karena itu, masih terdapat kebutuhan terhadap suatu platform digital yang mampu mengintegrasikan berbagai komponen monitoring terapi *brace* secara komprehensif serta dievaluasi tidak hanya dari aspek kelayakan aplikasi, tetapi juga dari hubungannya dengan kepatuhan terapi dan perubahan luaran klinis pasien AIS [3], [12], [37]. Berdasarkan kesenjangan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi penggunaan aplikasi GATOT SCOLI-CARE sebagai platform monitoring digital terapi *brace* pada pasien AIS, dengan menilai kelayakan dan penerimaan aplikasi serta

mengevaluasi hubungannya dengan ketaatan penggunaan *brace*, perubahan tinggi badan, dan perubahan *Cobb angle* selama periode pemantauan.

2 Metode Penelitian

2.1 Desain, Lokasi, dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan melalui beberapa tahap, yaitu persiapan, pengembangan dan validasi aplikasi, serta implementasi dan pengumpulan data klinis. Tahap persiapan dimulai setelah diperoleh persetujuan etik dari Komite Etik Penelitian Rumah Sakit. Pengembangan, penyempurnaan, dan validasi aplikasi GATOT SCOLI-CARE dilaksanakan pada Januari–Juni 2025, meliputi identifikasi kebutuhan pengguna, perancangan fitur, pengembangan prototipe, validasi ahli, dan evaluasi usability. Tahap implementasi aplikasi dan pengumpulan data klinis dilaksanakan pada Oktober 2025–Januari 2026.

Penelitian menggunakan desain prospektif terkontrol dengan pendekatan pretest-posttest control group design, yang membandingkan kelompok intervensi menggunakan aplikasi GATOT SCOLI-CARE dengan kelompok kontrol yang memperoleh pemantauan konvensional selama tiga bulan. Penelitian dirancang sebagai evaluasi klinis awal (pilot clinical evaluation) untuk mengeksplorasi potensi manfaat aplikasi dalam mendukung monitoring terapi *brace* pada pasien *adolescent idiopathic scoliosis* (AIS). Dengan demikian, penelitian ini tidak dimaksudkan sebagai uji efektivitas definitif, tetapi sebagai bukti awal mengenai hubungan penggunaan aplikasi dengan ketaatan terapi dan perubahan luaran klinik. Penelitian dilaksanakan di Praktik Mandiri Ortotik Prostetik Mojokerto dan Unit Ortotik Prostetik RSUD Sumberglagah, Jawa Timur.

Sebanyak 60 pasien yang memenuhi kriteria inklusi dan eksklusi direkrut menggunakan consecutive sampling. Peserta yang memberikan persetujuan penelitian kemudian dialokasikan dengan rasio 1:1 ke kelompok intervensi dan kontrol menggunakan simple random allocation berdasarkan urutan alokasi acak yang telah disiapkan sebelumnya. Kelompok intervensi menggunakan aplikasi berbasis web GATOT SCOLI-CARE yang dapat diakses melalui perangkat Android dan iOS untuk pencatatan digital dan pemantauan terapi. Kelompok kontrol menjalani pemantauan konvensional melalui kunjungan berkala, pencatatan manual durasi penggunaan *brace*, edukasi, evaluasi tenaga kesehatan, dan konsultasi sesuai kebutuhan klinik. Frekuensi evaluasi klinis pada kedua kelompok disamakan untuk meminimalkan pengaruh perbedaan intensitas pemantauan terhadap luaran.

Selama periode observasi tiga bulan, sebanyak 30 peserta tidak menyelesaikan penelitian. Sebanyak 20 peserta mengalami withdrawal, sedangkan 10 peserta mengalami loss to follow-up akibat kendala akademik, aktivitas personal, dan keterlibatan keluarga yang kurang optimal dalam mendukung terapi *brace*. Dengan demikian, tingkat penyelesaian penelitian sebesar 50% dan attrition sebesar 50%, yang berpotensi menimbulkan attrition bias serta membatasi generalisasi hasil penelitian.

Analisis akhir dilakukan terhadap 30 peserta yang menyelesaikan seluruh periode observasi, terdiri atas 15 peserta kelompok intervensi dan 15 peserta kelompok kontrol. Analisis menggunakan pendekatan per-protocol, karena penelitian berfokus pada evaluasi perubahan ketaatan penggunaan *brace* dan luaran klinik pada peserta yang menyelesaikan intervensi selama tiga bulan. Meskipun demikian, hasil diinterpretasikan secara hati-hati dengan mempertimbangkan kemungkinan attrition bias, ukuran sampel yang terbatas, dan periode tindak lanjut yang relatif singkat. Karakteristik dasar kedua kelompok dibandingkan sebelum analisis luaran untuk menilai keseimbangan awal dan mengidentifikasi kemungkinan faktor perancu. Temuan penelitian ini selanjutnya dapat menjadi dasar bagi penelitian konfirmasi dengan ukuran sampel lebih besar dan periode tindak lanjut lebih panjang.

2.2 Populasi dan Sampel

Populasi penelitian adalah seluruh pasien remaja dengan diagnosis *Adolescent Idiopathic Scoliosis* (AIS) yang menjalani terapi *brace* di Praktik Mandiri Ortotik Prostetik Mojokerto dan Unit Ortotik

Prostetik RSUD Sumberglagah, Provinsi Jawa Timur. Sampel penelitian direkrut menggunakan metode *consecutive sampling*, yaitu seluruh pasien yang memenuhi kriteria inklusi dan tidak memenuhi kriteria eksklusi direkrut secara berurutan hingga jumlah sampel awal terpenuhi. Sebanyak 60 peserta direkrut pada tahap awal penelitian dan dialokasikan secara acak dengan rasio 1:1 ke dalam kelompok intervensi dan kelompok kontrol sebelum pemberian intervensi. Kelompok intervensi menggunakan aplikasi GATOT SCOLI-CARE sebagai media pencatatan digital dan pemantauan terapi, sedangkan kelompok kontrol menjalani pemantauan konvensional sesuai prosedur pelayanan standar. Setelah periode pemantauan selama tiga bulan, sebanyak 30 peserta menyelesaikan seluruh rangkaian penelitian dan dimasukkan dalam analisis akhir, terdiri atas 15 peserta pada kelompok intervensi dan 15 peserta pada kelompok kontrol. Kehilangan subjek selama penelitian dipertimbangkan sebagai potensi *attrition bias*, sehingga karakteristik dasar kedua kelompok dibandingkan sebelum analisis luaran dilakukan untuk menilai keseimbangan awal dan kemungkinan faktor perancu. Kriteria inklusi: (1) remaja perempuan usia 13–18 tahun; (2) terdiagnosis AIS; (3) memiliki *Cobb angle* 20°–35° berdasarkan radiografi terbaru; (4) menggunakan *brace scoliosis*; (5) belum pernah menjalani operasi koreksi skoliosis; (6) bersedia mengikuti penelitian dan menandatangani *informed consent*. Kepemilikan telepon pintar tidak digunakan sebagai kriteria inklusi khusus pada kelompok intervensi karena aplikasi diberikan setelah proses alokasi kelompok dilakukan. Dengan demikian, akses terhadap perangkat digital tidak menjadi faktor yang menentukan pembentukan kelompok penelitian.

Kriteria eksklusi: (1) mengalami kelainan neuromuskular atau sindrom yang memengaruhi pertumbuhan tulang belakang; (2) mengalami gangguan kognitif yang menghambat partisipasi penelitian; (3) tidak menyelesaikan masa pemantauan tiga bulan; (4) tidak mengikuti jadwal evaluasi akhir penelitian.

2.3 Variabel Penelitian dan Definisi Operasional

Variabel independen: implementasi aplikasi GATOT SCOLI-CARE sebagai media monitoring dan pencatatan penggunaan *brace*. Variabel dependen: (1) tingkat ketaatan penggunaan *brace*; (2) perubahan tinggi badan pasien; (3) perubahan *Cobb angle*. Variabel kovariat: usia, *Cobb angle* awal, tinggi badan awal, durasi penggunaan *brace*, dan dukungan keluarga selama periode observasi. Ketaatan penggunaan *brace* diukur sebagai rasio durasi penggunaan aktual terhadap durasi yang direkomendasikan klinisi, dihitung dengan rumus:

$$\text{Ketaatan} = \left(\frac{\text{Durasi penggunaan aktual}}{\text{Durasi penggunaan yang direkomendasikan}} \right) \times 100\%$$

Pada kelompok intervensi, durasi penggunaan *brace* dicatat secara mandiri oleh pasien atau orang tua melalui aplikasi GATOT SCOLI-CARE. Aplikasi ini menggunakan pendekatan *digital self-report monitoring* dan tidak dilengkapi dengan sensor suhu, sensor tekanan, maupun perangkat *wearable*. Oleh karena itu, data yang diperoleh merepresentasikan laporan penggunaan berdasarkan input pengguna dan tidak dapat dianggap sebagai hasil pengukuran objektif berbasis sensor. Setiap entri pencatatan tersimpan sebagai catatan elektronik yang memuat waktu pengisian, sehingga dokumentasi penggunaan *brace* dapat dilakukan secara lebih sistematis dan memudahkan proses penelusuran data selama periode observasi. Hari tanpa pencatatan penggunaan *brace* pada aplikasi tidak dianggap sebagai durasi penggunaan aktual dan tidak dihitung sebagai ketaatan. Oleh karena itu, evaluasi tingkat ketaatan dilakukan berdasarkan data pemantauan yang tersedia selama periode observasi, dengan mempertimbangkan kelengkapan pencatatan penggunaan *brace* oleh peserta. Namun demikian, metode pencatatan ini tetap memiliki keterbatasan karena bergantung pada kejujuran, pemahaman, dan kedisiplinan pengguna sehingga berpotensi mengalami *reporting bias* dan *recall bias*. Tindak lanjut (*follow-*

up) dan pengingat pengisian data dilakukan melalui *WhatsApp* [38], [39]. Pada kelompok kontrol, ketaatan dipantau berdasarkan catatan rekam medis yang dikumpulkan saat kunjungan kontrol rutin. Selain itu, durasi penggunaan *brace* pada kelompok kontrol dicatat secara manual menggunakan lembar monitoring konvensional selama periode observasi yang sama. Perbedaan antara kelompok intervensi dan kontrol terletak pada metode dokumentasi, yaitu pencatatan digital menggunakan aplikasi pada kelompok intervensi dan pencatatan manual pada kelompok kontrol. Perbedaan metode pencatatan antara kedua kelompok menjadi salah satu pertimbangan dalam interpretasi hasil penelitian, karena kelompok intervensi menggunakan sistem pencatatan digital sedangkan kelompok kontrol menggunakan pencatatan manual. Meskipun demikian, kedua kelompok memiliki periode observasi dan indikator ketaatan yang sama, yaitu rasio durasi penggunaan aktual terhadap durasi penggunaan yang direkomendasikan oleh klinis.

Perubahan tinggi badan dan *Cobb angle* dihitung berdasarkan selisih antara pengukuran awal (*baseline*) dan evaluasi akhir bulan ketiga menggunakan prosedur pengukuran yang sama pada seluruh peserta. Interpretasi perubahan tinggi badan dan *Cobb angle* dilakukan secara hati-hati karena kedua parameter tersebut dapat dipengaruhi oleh faktor pertumbuhan alami, variasi pengukuran radiografis, serta faktor klinis lain di luar penggunaan aplikasi.

2.4 Instrumen Penelitian

Instrumen utama dalam penelitian ini adalah aplikasi GATOT SCOLI-CARE (*Growth and Therapeutic Orthotic Tracker – Scoliosis Care*), yaitu platform digital yang dikembangkan untuk mendukung proses pemantauan terapi *brace* pada pasien *Adolescent Idiopathic Scoliosis* (AIS). Aplikasi ini menyediakan fitur pencatatan penggunaan *brace* berbasis laporan mandiri digital (*digital self-report monitoring*), pengingat jadwal terapi, pelaporan keluhan pasien, dokumentasi perkembangan klinis, serta penyajian data yang dapat ditinjau oleh tenaga kesehatan. Aplikasi GATOT SCOLI-CARE tidak menggunakan sensor suhu, sensor tekanan, maupun perangkat *wearable*, sehingga data ketaatan yang diperoleh merepresentasikan pencatatan berdasarkan input pasien atau orang tua dan bukan hasil pengukuran otomatis dari perangkat *brace*. Tampilan antarmuka dan fitur utama aplikasi GATOT SCOLI-CARE disajikan pada Gambar 1. Pengembangan aplikasi dilakukan secara bertahap melalui proses identifikasi kebutuhan pengguna, perancangan fitur, pengembangan prototipe, validasi ahli, serta evaluasi *usability* dan penerimaan pengguna. Identifikasi kebutuhan pengguna dilakukan berdasarkan permasalahan pemantauan terapi *brace* dalam praktik klinis, kebutuhan pasien dan keluarga dalam melakukan pencatatan penggunaan *brace*, serta masukan dari tenaga kesehatan yang terlibat dalam pelayanan ortotik prostetik. Hasil identifikasi kebutuhan tersebut kemudian digunakan sebagai dasar dalam menentukan rancangan fitur aplikasi, meliputi pencatatan penggunaan *brace*, pengingat terapi, pelaporan keluhan, serta dokumentasi perkembangan pasien selama periode pemantauan. Validasi konten aplikasi dilakukan oleh panel ahli multidisiplin yang terdiri atas dua ortotis prostetik senior dan tiga fisioterapis dengan pengalaman klinis dalam bidang ortotik prostetik dan rehabilitasi muskuloskeletal. Penilaian validasi menggunakan instrumen berbasis skala Likert 1–5 yang mencakup aspek kesesuaian klinis, kemudahan penggunaan, tampilan antarmuka, dan kelengkapan fitur aplikasi. Nilai validitas dihitung menggunakan persentase skor total yang diperoleh dibandingkan dengan skor maksimum instrumen menggunakan rumus:

$$\text{Nilai Validitas (\%)} = \left(\frac{\text{Total skor yang diperoleh}}{\text{Skor maksimum instrumen}} \right) \times 100\%$$

Hasil validasi kemudian diinterpretasikan berdasarkan tingkat kelayakan aplikasi. Nilai validasi sebesar 92,8% menunjukkan bahwa aplikasi GATOT SCOLI-CARE berada dalam kategori sangat layak untuk digunakan pada tahap evaluasi pengguna dan implementasi klinis. Masukan dari *panel* ahli

digunakan sebagai dasar penyempurnaan aplikasi, terutama pada aspek tampilan antarmuka, struktur fitur, alur penggunaan, dan kesesuaian fungsi aplikasi dengan kebutuhan pemantauan terapi *brace* sebelum dilakukan implementasi klinis.

The image displays four screenshots of the GATOT SCOLI-CARE application interface. The top-left screenshot shows the application logo, which features a stylized human figure with a spine, surrounded by the text 'GATOT SCOLI-CARE' and 'GROWTH AND THERAPEUTIC ORTHOTIC TRACKER'. Below the logo, it says 'MONITOR • SUPPORT • GROW' and 'SCOLIOSIS CARE FOR A BETTER FUTURE'. The top-right screenshot shows the 'Data Awal Klinis' (Initial Clinical Data) form, which includes fields for 'Nama Pasien' (Patient Name), 'No RM' (Medical Record Number), 'Tanggal Lahir' (Date of Birth), 'Jenis Kelamin' (Gender) with a dropdown menu set to 'Perempuan' (Female), 'Diagnosis', 'Tinggi Badan Awal (cm)' (Initial Body Height), 'Berat Badan Awal (kg)' (Initial Body Weight), 'Risser Sign', and 'Menarche'. The bottom-left screenshot shows the 'Monitoring Harian' (Daily Monitoring) form, which includes fields for 'Tanggal Monitoring' (Monitoring Date), 'Tinggi badan dengan brace (cm)' (Body height with brace), 'Tinggi badan tanpa brace (cm)' (Body height without brace), 'Jam pemakaian brace per hari' (Hours of brace use per day), 'Lama stretching exercise (menit)' (Duration of stretching exercise), 'Aktivitas renang' (Swimming activity) with a dropdown menu set to 'Ya' (Yes), 'Lama brace dilepas / resting without brace (jam)' (Duration of brace removal / resting without brace), 'Skala nyeri (0-10)' (Pain scale), and 'Catatan keluhan harian' (Daily complaint notes). The bottom-right screenshot shows the 'Upload Foto Rontgen Serial' (Upload Serial X-ray Photo) section with a 'Pilih File' button and a message 'tidak ada file yang dipilih' (no file selected), and the 'Input Cobb Angle Serial' (Input Serial Cobb Angle) section with fields for 'Baseline', '1 Bulan In Brace', '1 Bulan Without Brace', '3 Bulan', '6 Bulan', and '12 Bulan'.

Gambar 1. Antarmuka Aplikasi GATOT SCOLI-CARE

Evaluasi keterpakaian aplikasi dilakukan menggunakan *System Usability Scale* (SUS), sedangkan penerimaan pengguna dievaluasi menggunakan *User Acceptance Test* (UAT). Instrumen SUS terdiri atas 10 item dengan skala Likert lima tingkat yang digunakan untuk menilai kemudahan penggunaan serta pengalaman pengguna dalam berinteraksi dengan aplikasi. Sementara itu, UAT digunakan untuk menilai penerimaan pengguna berdasarkan aspek manfaat aplikasi, kemudahan penggunaan, dan kesesuaian fitur dengan kebutuhan pemantauan terapi *brace*. Evaluasi SUS dan UAT dilakukan setelah tahap validasi ahli dan sebelum implementasi klinis sebagai evaluasi awal terhadap keterpakaian aplikasi. Pengujian dilakukan terhadap 4 pengguna yang terdiri atas pasien/orang tua pasien sebagai pengguna aplikasi serta tenaga kesehatan yang terlibat dalam pemantauan terapi *brace*. Evaluasi ini bertujuan untuk memperoleh gambaran awal mengenai keterpakaian aplikasi, tingkat penerimaan pengguna, serta kesesuaian fitur aplikasi dengan kebutuhan monitoring terapi. Hasil evaluasi menunjukkan skor SUS

sebesar $86,4 \pm 5,8$ dan skor UAT sebesar 92,2%, yang menunjukkan bahwa aplikasi memiliki tingkat keterpakaian dan penerimaan pengguna yang baik.

Pengukuran tinggi badan dilakukan menggunakan *stadiometer* dinding dengan prosedur yang sama pada fase *baseline* dan evaluasi akhir bulan ketiga. Evaluasi perubahan *Cobb angle* utama dilakukan berdasarkan pemeriksaan radiografi tulang belakang posisi berdiri (*standing posteroanterior and lateral radiograph*) pada kondisi *out-of-brace*. Peserta diminta melepas *brace* sebelum pemeriksaan radiografi sesuai standar evaluasi klinis untuk memastikan konsistensi penilaian perubahan kurva skoliosis selama periode observasi. Selain itu, evaluasi kondisi *in-brace* dilakukan sesuai kebutuhan klinis untuk menilai respons koreksi awal terhadap penggunaan *brace*.

Pengukuran tinggi badan dilakukan menggunakan *stadiometer* dinding dengan prosedur yang sama pada fase *baseline* dan evaluasi akhir bulan ketiga. Evaluasi perubahan *Cobb angle* utama dilakukan berdasarkan pemeriksaan radiografi tulang belakang posisi berdiri (*standing posteroanterior and lateral radiograph*) pada kondisi *out-of-brace*. Peserta diminta melepas *brace* sebelum pemeriksaan radiografi sesuai standar evaluasi klinis untuk memastikan konsistensi penilaian perubahan kurva skoliosis selama periode observasi. Selain itu, evaluasi kondisi *in-brace* dilakukan sesuai kebutuhan klinis untuk menilai respons koreksi awal terhadap penggunaan *brace*.

Pengukuran *Cobb angle* dilakukan oleh dua evaluator independen, yaitu dokter spesialis ortopedi dan dokter spesialis kedokteran fisik dan rehabilitasi yang memiliki pengalaman dalam penatalaksanaan AIS. Evaluator tidak mengetahui status kelompok intervensi maupun kelompok kontrol peserta (*blinded assessor*) untuk meminimalkan potensi bias pengukuran. Apabila ditemukan perbedaan hasil pengukuran antar evaluator, dilakukan diskusi klinis untuk memperoleh kesepakatan nilai akhir. Penggunaan dua evaluator independen dilakukan untuk meningkatkan objektivitas pengukuran dan mengurangi kemungkinan variasi interpretasi antarpenilai. Kesoragaman prosedur pengukuran dijaga dengan menggunakan metode pengukuran *Cobb angle* yang sama pada seluruh pemeriksaan radiografi, baik pada evaluasi awal maupun akhir penelitian. Selain dilakukan oleh dua evaluator independen, prosedur pengukuran *Cobb angle* juga menggunakan kriteria anatomi *vertebra* yang sama dalam menentukan batas *vertebra superior* dan *inferior* pada setiap kurva yang dinilai. Standardisasi prosedur ini dilakukan untuk mengurangi variasi interpretasi antarpenilai dan menjaga konsistensi hasil pengukuran radiografis.

2.5 Prosedur Penelitian

Pada fase *baseline*, seluruh peserta menjalani evaluasi awal yang meliputi pengukuran antropometri berupa tinggi badan dan pemeriksaan radiografi untuk menentukan nilai awal *Cobb angle*. Pemeriksaan radiografi dilakukan sesuai jadwal evaluasi klinis yang ditetapkan oleh dokter spesialis ortopedi dan dokter spesialis kedokteran fisik dan rehabilitasi. Seluruh peserta kemudian diberikan edukasi mengenai tujuan penelitian, prosedur penggunaan *brace*, serta pentingnya kepatuhan terhadap terapi sebelum memasuki periode observasi.

Kelompok intervensi memperoleh edukasi tambahan mengenai penggunaan aplikasi GATOT SCOLI-CARE, termasuk pelatihan pengisian data penggunaan *brace*, pelaporan keluhan, serta pemanfaatan fitur pengingat terapi. Selama periode observasi tiga bulan, durasi penggunaan *brace* dicatat secara mandiri oleh pasien atau orang tua melalui aplikasi menggunakan pendekatan *digital self-report monitoring*. Aplikasi berfungsi sebagai media pencatatan digital dan pengingat terapi, bukan sebagai alat pengukuran otomatis durasi penggunaan *brace*. Setiap data yang dimasukkan tersimpan dalam sistem sebagai dokumentasi elektronik yang dapat ditinjau oleh tenaga kesehatan selama proses pemantauan.

Kelompok kontrol menjalani pemantauan konvensional sesuai standar pelayanan yang berlaku. Pemantauan dilakukan melalui kunjungan berkala, edukasi standar mengenai kepatuhan penggunaan *brace*, pencatatan durasi penggunaan *brace* menggunakan lembar monitoring manual, serta konsultasi klinis sesuai kebutuhan pasien. Frekuensi evaluasi klinis pada kelompok kontrol disesuaikan dengan

kelompok intervensi untuk mengurangi pengaruh perbedaan intensitas pemantauan terhadap hasil penelitian. Pada akhir periode observasi tiga bulan, seluruh peserta menjalani evaluasi ulang berupa pengukuran tinggi badan dan pemeriksaan radiografi untuk menilai perubahan *Cobb angle*. Pengukuran akhir dilakukan menggunakan prosedur yang sama dengan evaluasi awal untuk menjaga konsistensi perbandingan perubahan luaran klinis. Data kepatuhan penggunaan *brace*, perubahan tinggi badan, dan perubahan *Cobb angle* kemudian dianalisis untuk membandingkan perbedaan luaran antara kelompok intervensi dan kelompok kontrol.

2.6 Analisis Data

Data dianalisis menggunakan perangkat lunak IBM SPSS *Statistics* versi 26. Analisis deskriptif disajikan dalam bentuk rerata $\pm$ simpangan baku untuk data numerik yang berdistribusi normal atau median (rentang interkuartil) untuk data yang tidak berdistribusi normal, sedangkan data kategorikal disajikan dalam bentuk frekuensi dan persentase. Uji normalitas data dilakukan menggunakan metode *Shapiro-Wilk* sebagai dasar dalam menentukan penggunaan analisis parametrik atau nonparametrik. Perbandingan karakteristik awal antara kelompok intervensi dan kontrol dianalisis menggunakan *independent t-test* atau *Mann-Whitney U test* sesuai dengan distribusi data. Analisis karakteristik awal dilakukan untuk menilai kesetaraan kondisi dasar kedua kelompok sebelum evaluasi luaran penelitian. Perubahan dalam masing-masing kelompok (*intragrup*) dianalisis menggunakan *paired t-test* atau *Wilcoxon signed-rank test* berdasarkan distribusi data.

Perbedaan perubahan luaran antara kelompok intervensi dan kontrol dianalisis menggunakan *independent t-test* terhadap nilai delta (Δ), yaitu selisih antara pengukuran awal (*baseline*) dan evaluasi akhir bulan ketiga. Pemilihan pendekatan nilai delta (*change score*) dilakukan karena penelitian ini memiliki jumlah sampel yang relatif terbatas pada masing-masing kelompok. Pendekatan ini digunakan untuk menggambarkan perubahan individu selama periode observasi dan membandingkan perbedaan perubahan antar kelompok tanpa memasukkan banyak parameter prediktor secara simultan yang berpotensi menghasilkan estimasi tidak stabil pada ukuran sampel kecil. Meskipun demikian, pendekatan *change score* tetap memiliki keterbatasan karena tidak sepenuhnya menggantikan analisis penyesuaian kovariat seperti ANCOVA, sehingga hasil penelitian perlu diinterpretasikan dengan mempertimbangkan karakteristik awal dan faktor perancu yang ada. Analisis ANCOVA tidak dilakukan karena jumlah sampel penelitian relatif terbatas dan penelitian difokuskan pada evaluasi perubahan luaran (*change score*) berdasarkan perbedaan nilai antara *baseline* dan akhir observasi. Pendekatan nilai delta digunakan untuk menggambarkan perubahan masing-masing peserta selama periode penelitian serta membandingkan perbedaan perubahan antar kelompok. Luaran utama yang dianalisis meliputi kepatuhan penggunaan *brace*, perubahan tinggi badan, dan perubahan *Cobb angle*. Nilai *p* dilaporkan secara eksplisit dengan tingkat kemaknaan statistik ditetapkan pada $p < 0,05$. Apabila asumsi normalitas atau homogenitas varian tidak terpenuhi, analisis dilakukan menggunakan metode nonparametrik yang sesuai.

Analisis dilakukan menggunakan pendekatan *per-protocol analysis* karena evaluasi penelitian difokuskan pada peserta yang menyelesaikan seluruh periode intervensi selama tiga bulan. Namun, kehilangan subjek sebesar 50% selama periode observasi dipertimbangkan sebagai potensi *attrition bias*, sehingga hasil penelitian perlu diinterpretasikan secara hati-hati dan belum dapat digeneralisasikan secara luas. Faktor klinis dan eksternal yang berpotensi memengaruhi luaran penelitian, meliputi usia, tinggi badan awal, *Cobb angle* awal, serta dukungan keluarga, dipertimbangkan melalui evaluasi karakteristik dasar antar kelompok sebelum analisis luaran dilakukan. Analisis multivariat tidak dilakukan karena jumlah sampel penelitian terbatas sehingga pemasukan beberapa variabel prediktor secara simultan berpotensi menghasilkan estimasi yang tidak stabil. Oleh karena itu, interpretasi hasil tetap mempertimbangkan kemungkinan pengaruh faktor perancu tersebut dan memerlukan validasi

lebih lanjut melalui penelitian dengan jumlah sampel yang lebih besar. Besaran efek dihitung menggunakan Cohen's *d* untuk melengkapi interpretasi signifikansi statistik. Nilai *effect size* dikategorikan berdasarkan pedoman umum sebagai efek kecil, sedang, atau besar. Interpretasi hasil tidak hanya mempertimbangkan signifikansi statistik, tetapi juga besarnya perubahan absolut, arah perubahan, relevansi klinis terhadap perjalanan AIS, serta faktor lain yang dapat memengaruhi luaran seperti pertumbuhan alami pasien, variasi pengukuran, dan durasi observasi penelitian.

3 Hasil dan Pembahasan

3.1 Karakteristik Responden dan Validitas Instrumen

Penelitian ini melibatkan 30 remaja perempuan dengan diagnosis *Adolescent Idiopathic Scoliosis* (AIS) yang terbagi ke dalam kelompok intervensi dan kelompok kontrol dengan periode observasi selama tiga bulan. Pada tahap awal penelitian, sebanyak 60 peserta direkrut sesuai dengan kriteria inklusi dan eksklusi. Namun, sebanyak 30 peserta tidak menyelesaikan periode observasi karena menolak melanjutkan partisipasi (*withdrawal*) atau mengalami *loss to follow-up*. Analisis karakteristik awal dilakukan pada peserta yang menyelesaikan seluruh rangkaian penelitian untuk mengevaluasi kesetaraan karakteristik dasar antara kelompok intervensi dan kelompok kontrol sebelum dilakukan analisis luaran. Karena analisis utama menggunakan pendekatan *per-protocol analysis*, karakteristik awal dibandingkan berdasarkan peserta yang menyelesaikan seluruh periode observasi untuk memastikan kesetaraan kelompok yang dianalisis.

Karakteristik dasar kedua kelompok disajikan pada Tabel 1. Karakteristik awal menunjukkan kondisi yang relatif sebanding antara kelompok intervensi dan kelompok kontrol. Rerata usia kelompok intervensi adalah $15,2 \pm 1,7$ tahun dan kelompok kontrol $15,3 \pm 1,7$ tahun. Tinggi badan awal masing-masing kelompok adalah $153,3 \pm 5,2$ cm dan $152,5 \pm 5,9$ cm, sedangkan *Cobb angle* awal sebesar $27,1 \pm 5,2^\circ$ pada kelompok intervensi dan $27,0 \pm 4,9^\circ$ pada kelompok kontrol. Durasi penggunaan *brace* sebelum penelitian pada kedua kelompok adalah 0 bulan karena seluruh peserta belum pernah menggunakan *brace* sebelum mengikuti penelitian. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa kedua kelompok memiliki titik awal pengalaman terapi *brace* yang sama sebelum pemberian intervensi.

Tabel 1. Karakteristik Dasar Responden

Variabel	Intervensi (n=15)	Kontrol (n=15)	p-value
Usia (tahun)	$15,2 \pm 1,7$	$15,3 \pm 1,7$	0.870
Tinggi badan awal (cm)	$153,3 \pm 5,2$	$152,5 \pm 5,9$	0.690
<i>Cobb angle</i> awal ($^\circ$)	$27,1 \pm 5,2$	$27,0 \pm 4,9$	0.950
Durasi penggunaan <i>brace</i> sebelum penelitian (bulan)	0	0	Tidak diuji (konstan)
Perempuan	100%	100%	Tidak diuji (konstan)
Kurva tipe C	100%	100%	Tidak diuji (konstan)
Dukungan keluarga aktif selama observasi	15 (100%)	9 (60%)	0,017*

Karakteristik awal kedua kelompok menunjukkan kondisi yang relatif sebanding secara klinis berdasarkan variabel demografi dan karakteristik klinis yang diamati, meliputi usia, tinggi badan awal, *Cobb angle* awal, jenis kelamin, tipe kurva, dan durasi penggunaan *brace* sebelum penelitian. Meskipun demikian, interpretasi hasil penelitian tetap mempertimbangkan kemungkinan adanya faktor perancu karena jumlah sampel yang terbatas dan tidak seluruh variabel klinis dapat dikendalikan secara penuh. Variabel durasi penggunaan *brace* sebelum penelitian, jenis kelamin, dan tipe kurva tidak dilakukan uji

perbandingan statistik karena seluruh responden memiliki karakteristik yang sama pada kedua kelompok (*constant variable*). Kondisi tersebut menunjukkan bahwa kedua kelompok memiliki karakteristik dasar yang homogen pada variabel tersebut sebelum dilakukan analisis luaran penelitian.

Selain karakteristik klinis, dukungan keluarga juga dievaluasi sebagai faktor eksternal yang berpotensi memengaruhi ketaatan penggunaan *brace*. Pada kelompok intervensi, seluruh peserta menunjukkan dukungan keluarga aktif selama periode observasi, sedangkan pada kelompok kontrol terdapat 9 dari 15 peserta dengan dukungan keluarga aktif. Perbedaan dukungan keluarga antar kelompok menunjukkan adanya faktor eksternal yang perlu dipertimbangkan dalam interpretasi hasil penelitian, karena ketaatan penggunaan *brace* tidak hanya dipengaruhi oleh penggunaan aplikasi, tetapi juga oleh keterlibatan keluarga, motivasi pasien, dan dukungan lingkungan selama menjalani terapi. Perbedaan dukungan keluarga tersebut juga menunjukkan kemungkinan adanya faktor perancu yang dapat memengaruhi hubungan antara penggunaan aplikasi GATOT SCOLI-CARE dan ketaatan penggunaan *brace*. Oleh karena itu, peningkatan ketaatan pada kelompok intervensi perlu diinterpretasikan dengan mempertimbangkan kontribusi dukungan keluarga selain kontribusi penggunaan aplikasi.

Sebelum implementasi klinis, aplikasi GATOT SCOLI-CARE menjalani validasi konten oleh panel ahli multidisiplin yang terdiri atas dua *ortotis prostesis senior* dan tiga fisioterapis. Hasil validasi menunjukkan skor kelayakan sebesar 92,8%. Selanjutnya, evaluasi *usability* menggunakan *System Usability Scale* (SUS) menghasilkan skor $86,4 \pm 5,8$, sedangkan *User Acceptance Test* (UAT) menunjukkan tingkat penerimaan pengguna sebesar 92,2%. Validasi dan evaluasi tersebut mencakup aspek kesesuaian klinis, kemudahan penggunaan, tampilan antarmuka, serta kelengkapan fitur aplikasi. Secara keseluruhan, hasil evaluasi awal menunjukkan bahwa GATOT SCOLI-CARE memiliki tingkat kelayakan, keterpakaian, dan penerimaan pengguna yang baik sebagai media pencatatan dan monitoring digital terapi *brace* pada pasien AIS.

Namun, interpretasi hasil tersebut perlu mempertimbangkan bahwa evaluasi SUS dan UAT dalam penelitian ini merupakan *pilot usability testing* dengan jumlah responden terbatas ($n=4$). Evaluasi ini dilakukan untuk memperoleh gambaran awal mengenai keterpakaian, kemudahan penggunaan, dan penerimaan aplikasi sebelum implementasi klinis, bukan sebagai evaluasi *usability* berskala penuh. Oleh karena itu, skor SUS sebesar $86,4 \pm 5,8$ dan UAT sebesar 92,2% perlu dipandang sebagai indikasi awal yang positif terhadap keterpakaian dan penerimaan pengguna, tetapi belum dapat digeneralisasikan kepada seluruh populasi pengguna aplikasi. Selain itu, hasil evaluasi tersebut belum dapat secara langsung menggambarkan dampak klinis jangka panjang penggunaan aplikasi terhadap ketaatan terapi maupun luaran klinis AIS. Dengan demikian, kesiapan aplikasi untuk implementasi klinis perlu ditafsirkan secara hati-hati dan dievaluasi bersama dengan luaran klinis yang relevan.

Evaluasi *usability* lanjutan dengan jumlah pengguna yang lebih besar dan karakteristik pengguna yang lebih beragam diperlukan untuk mengonfirmasi keterpakaian dan penerimaan aplikasi pada konteks implementasi klinis yang lebih luas. Evaluasi lanjutan juga penting untuk menilai konsistensi pengalaman pengguna serta mengidentifikasi aspek antarmuka dan fitur yang masih memerlukan penyempurnaan sebelum aplikasi diterapkan secara lebih luas. Temuan ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menekankan pentingnya validasi konten dan pengujian *usability* sebelum aplikasi kesehatan digital diterapkan pada populasi pasien. Rincian hasil validasi dan evaluasi *usability* aplikasi GATOT SCOLI-CARE disajikan pada Tabel 2. Secara keseluruhan, aplikasi menunjukkan hasil evaluasi yang baik pada aspek validitas konten, *usability*, dan penerimaan pengguna. Validasi konten memperoleh skor 92,8%, sedangkan evaluasi *System Usability Scale* (SUS) menghasilkan skor $86,4 \pm 5,8$ dan *User Acceptance Test* (UAT) sebesar 92,2%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa aplikasi memiliki potensi sebagai media monitoring terapi *brace* sebelum implementasi klinis lebih lanjut.

Tabel 2. Validasi dan *Usability* Aplikasi GATOT SCOLI-CARE

Komponen Evaluasi	Responden/Validator	Instrumen	Hasil
Validasi konten aplikasi	2 ortotis prostetis senior dan 3 fisioterapis dengan pengalaman klinis dalam bidang ortotik prostetik dan rehabilitasi muskuloskeletal	Instrumen validasi berbasis skala Likert 1–5 meliputi aspek kesesuaian klinis, kemudahan penggunaan, tampilan antarmuka, dan kelengkapan fitur	92,8% (kategori sangat layak)
<i>System Usability Scale</i> (SUS)	4 pengguna akhir yang terdiri atas pasien/orang tua pasien dan tenaga kesehatan yang terlibat dalam pemantauan terapi <i>brace</i>	SUS (10 item dengan skala Likert lima tingkat)	86,4 ± 5,8
<i>User Acceptance Test</i> (UAT)	4 pengguna akhir yang terdiri atas pasien/orang tua pasien dan tenaga kesehatan yang terlibat dalam pemantauan terapi <i>brace</i>	UAT berdasarkan aspek manfaat aplikasi, kemudahan penggunaan, dan kesesuaian fitur dengan kebutuhan monitoring terapi	92,2%

3.2 Tingkat Kepatuhan Penggunaan *Brace*

Berdasarkan hasil pada Tabel 3, terdapat perbedaan tingkat kepatuhan penggunaan *brace* antara kelompok intervensi dan kontrol setelah tiga bulan. Tingkat kepatuhan pada kelompok intervensi mencapai $84,6 \pm 6,9\%$, sedangkan kelompok kontrol sebesar $68,4 \pm 8,1\%$. Hasil *independent t-test* menunjukkan perbedaan bermakna ($p < 0,001$), dengan Cohen's d sebesar 2,15 yang menunjukkan ukuran efek sangat besar. Temuan ini menunjukkan bahwa penggunaan GATOT SCOLI-CARE sebagai media pencatatan digital dan pengingat terapi berkaitan dengan kepatuhan *brace* yang lebih tinggi dibandingkan pemantauan konvensional.

Tabel 3 juga menunjukkan bahwa perubahan tinggi badan tidak berbeda bermakna antara kedua kelompok. Peningkatan tinggi badan sebesar $0,89 \pm 0,09$ cm pada kelompok intervensi dan $0,83 \pm 0,11$ cm pada kelompok kontrol ($p=0,118$; Cohen's $d=0,60$). Sebaliknya, perubahan *Cobb angle* menunjukkan perbedaan bermakna. Kelompok intervensi mengalami perubahan sebesar $-5,53 \pm 1,36^\circ$, sedangkan kelompok kontrol sebesar $-4,27 \pm 1,10^\circ$ ($p=0,010$), dengan Cohen's $d=1,02$ yang menunjukkan ukuran efek besar.

Pola tersebut menunjukkan bahwa kelompok dengan kepatuhan *brace* lebih tinggi juga mengalami perubahan *Cobb angle* yang lebih besar. Temuan ini memperkuat potensi GATOT SCOLI-CARE dalam mendukung monitoring terapi secara lebih terstruktur dan berkelanjutan. Namun, hubungan tersebut tidak dapat diinterpretasikan sebagai hubungan kausal karena ukuran sampel terbatas dan analisis dilakukan secara *per-protocol*. Selain itu, kepatuhan dinilai melalui *digital self-report monitoring* pada kelompok intervensi dan pencatatan manual pada kelompok kontrol, sehingga memungkinkan terjadinya *reporting bias* dan perbedaan konsistensi pencatatan. Faktor seperti motivasi pasien dan dukungan keluarga juga dapat memengaruhi kepatuhan. Oleh karena itu, hasil Tabel 3 menunjukkan adanya asosiasi antara penggunaan GATOT SCOLI-CARE dengan kepatuhan *brace* dan perubahan *Cobb angle*, yang perlu dikonfirmasi melalui penelitian dengan sampel lebih besar, periode pemantauan lebih panjang, dan pengukuran kepatuhan yang lebih objektif.

Tabel 3. Perbandingan Kepatuhan dan Luaran Klinis Setelah Tiga Bulan

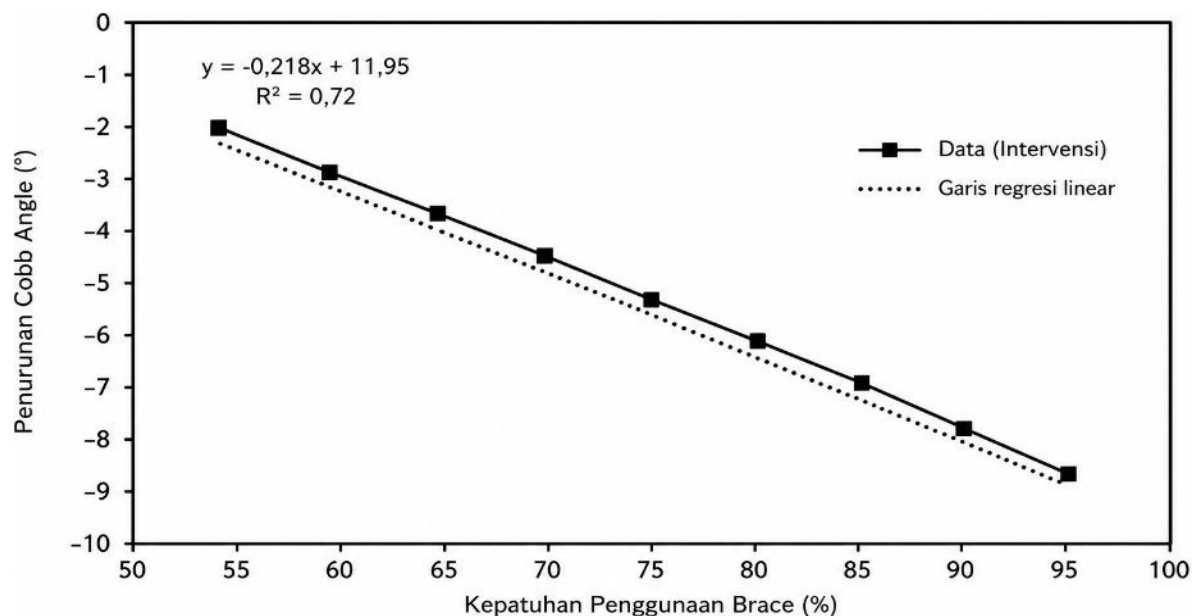
Variabel	Intervensi (n=15)	Kontrol (n=15)	Uji Statistik	Nilai <i>p</i>	Cohen's <i>d</i>
Kepatuhan penggunaan <i>brace</i> (%)	84,6 ± 6,9	68,4 ± 8,1	<i>Independent t-test</i>	<0,001*	2,15
Δ Tinggi badan (cm)	+0,89 ± 0,09	+0,83 ± 0,11	<i>Independent t-test</i>	0,118	0,60
Δ <i>Cobb angle</i> (°)	-5,53 ± 1,36	-4,27 ± 1,10	<i>Independent t-test</i>	0,010*	1,02

*Signifikan pada $p < 0,05$.

3.3 Luaran Klinis: Perubahan *Cobb Angle* dan Tinggi Badan

Perubahan *Cobb angle* menunjukkan adanya perbedaan antara kelompok intervensi dan kelompok kontrol. Kelompok intervensi mengalami penurunan *Cobb angle* sebesar $-5,53 \pm 1,36^\circ$, sedangkan kelompok kontrol mengalami penurunan sebesar $-4,27 \pm 1,10^\circ$ ($p=0,010$). Hasil ini menunjukkan bahwa penggunaan aplikasi GATOT SCOLI-CARE berasosiasi dengan perubahan *Cobb angle* yang lebih besar dibandingkan dengan pemantauan konvensional selama periode observasi tiga bulan.

Hubungan antara tingkat kepatuhan penggunaan *brace* dan perubahan *Cobb angle* pada kelompok intervensi ditunjukkan melalui analisis korelasi (Gambar 2). Temuan ini menunjukkan adanya hubungan antara tingkat kepatuhan penggunaan *brace* dan perubahan *Cobb angle* selama periode observasi.



Gambar 2. Korelasi Kepatuhan Penggunaan *Brace* dan Perubahan *Cobb Angle* pada Kelompok Intervensi

Perbedaan perubahan *Cobb angle* antara kelompok intervensi dan kelompok kontrol secara teoritis dapat dijelaskan melalui mekanisme *three-point pressure system*, yaitu prinsip biomekanik terapi *brace* dalam memberikan gaya koreksi terhadap kurva skoliosis. Kepatuhan penggunaan *brace* yang lebih optimal memungkinkan gaya koreksi diberikan secara lebih konsisten selama periode terapi, sehingga

secara teoritis dapat mendukung pengendalian progresivitas kurva skoliosis. Namun demikian, hubungan antara penggunaan aplikasi, peningkatan kepatuhan *brace*, dan perubahan *Cobb angle* dalam penelitian ini tidak dapat diinterpretasikan sebagai hubungan sebab-akibat langsung. Hal tersebut disebabkan oleh jumlah sampel yang terbatas, periode observasi yang relatif singkat, serta kemungkinan pengaruh faktor lain seperti usia, status pertumbuhan, *Cobb angle* awal, durasi penggunaan *brace* sebelum penelitian, dan karakteristik klinis pasien yang belum sepenuhnya dapat dikendalikan. Dengan demikian, hasil penelitian ini lebih tepat dipahami sebagai adanya asosiasi antara penggunaan aplikasi GATOT SCOLI-CARE, peningkatan kepatuhan terapi, dan perubahan *Cobb angle* dibandingkan dengan pemantauan konvensional.

Perubahan tinggi badan tidak menunjukkan perbedaan yang bermakna antara kelompok intervensi dan kelompok kontrol ($+0,89 \pm 0,09$ cm vs $+0,83 \pm 0,11$ cm; $p=0,118$). Temuan ini menunjukkan bahwa perubahan tinggi badan selama periode observasi tiga bulan belum dapat digunakan sebagai indikator utama keberhasilan terapi *brace*, karena parameter tersebut masih sangat dipengaruhi oleh proses pertumbuhan alami pada remaja. Selain itu, tinggi badan sebagai parameter tunggal memiliki keterbatasan dalam menggambarkan respons terapi, sehingga interpretasinya perlu dilakukan secara komprehensif dengan mempertimbangkan parameter klinis lain, terutama perubahan *Cobb angle* dan karakteristik perkembangan pasien.

3.4 Effect Size Intervensi

Analisis *effect size* menggunakan Cohen's *d* menunjukkan bahwa perbedaan perubahan luaran antara kelompok intervensi dan kelompok kontrol memiliki ukuran efek sedang terhadap perubahan tinggi badan ($d=0,60$) dan ukuran efek besar terhadap perubahan *Cobb angle* ($d=1,02$) (Tabel 4). Temuan ini menunjukkan bahwa perbedaan perubahan luaran antar kelompok memiliki besar efek statistik yang cukup kuat.

Namun, ukuran efek yang besar tidak secara langsung dapat diinterpretasikan sebagai kebermaknaan klinis. Interpretasi klinis perlu mempertimbangkan besarnya perubahan absolut, variasi pengukuran *Cobb angle*, durasi observasi, serta relevansi perubahan tersebut terhadap perjalanan klinis AIS. Selisih perubahan *Cobb angle* antara kelompok intervensi dan kontrol sebesar sekitar $1,26^\circ$ perlu ditafsirkan secara hati-hati karena pengukuran *Cobb angle* memiliki variasi pengukuran tertentu.

Dengan demikian, hasil penelitian ini menunjukkan adanya perbedaan antar kelompok dengan ukuran efek statistik yang besar, tetapi belum dapat memastikan manfaat klinis jangka panjang dari penggunaan aplikasi GATOT SCOLI-CARE. Penelitian lanjutan dengan jumlah sampel yang lebih besar, desain penelitian yang lebih kuat, dan periode tindak lanjut yang lebih panjang diperlukan untuk mengonfirmasi kebermaknaan klinis serta potensi manfaat jangka panjang aplikasi dalam pemantauan terapi *brace* pada pasien AIS.

Tabel 4. *Effect Size* Intervensi

Variabel	Cohen's d	Interpretasi
Δ Tinggi badan	0,60	Sedang
Δ <i>Cobb angle</i>	1,02	Besar

Secara keseluruhan, integrasi aplikasi GATOT SCOLI-CARE dalam pelayanan ortotik prostetik menunjukkan potensi sebagai media pemantauan digital yang dapat mendukung keterlibatan pasien dan kepatuhan terhadap terapi *brace*. Temuan penelitian ini menunjukkan adanya asosiasi antara penggunaan aplikasi, peningkatan kepatuhan penggunaan *brace*, dan perubahan *Cobb angle* yang lebih baik dibandingkan dengan pemantauan konvensional. Meskipun demikian, hasil penelitian perlu diinterpretasikan secara hati-hati mengingat jumlah sampel yang relatif terbatas, periode observasi yang

hanya berlangsung selama tiga bulan, analisis berdasarkan peserta yang menyelesaikan seluruh periode penelitian (*per-protocol analysis*), serta pengukuran ketaatan yang masih menggunakan metode laporan mandiri (*self-report monitoring*). Selain itu, penelitian ini merupakan evaluasi klinis awal (*pilot clinical evaluation*) sehingga belum dilakukan perhitungan kebutuhan sampel berbasis hipotesis untuk mendeteksi perbedaan klinis tertentu. Oleh karena itu, temuan penelitian ini perlu dipandang sebagai bukti awal mengenai hubungan penggunaan aplikasi GATOT SCOLI-CARE dengan ketaatan terapi *brace* dan perubahan luaran klinis, yang masih memerlukan validasi lebih lanjut melalui penelitian dengan jumlah sampel lebih besar dan desain penelitian konfirmasi.

Selain keterbatasan klinis dan metodologis tersebut, perbedaan media pencatatan antara kelompok intervensi dan kelompok kontrol juga perlu dipertimbangkan dalam interpretasi hasil penelitian. Kelompok intervensi menggunakan aplikasi GATOT SCOLI-CARE yang tidak hanya menyediakan media pencatatan digital, tetapi juga dilengkapi dengan fitur pengingat terapi yang dapat memengaruhi keterlibatan pengguna dalam melakukan pemantauan penggunaan *brace*. Sementara itu, kelompok kontrol menggunakan metode pencatatan manual sesuai prosedur pelayanan standar. Oleh karena itu, peningkatan ketaatan yang ditemukan kemungkinan merupakan hasil kombinasi antara manfaat pencatatan digital, mekanisme pengingat terapi, serta perubahan perilaku akibat proses monitoring yang lebih terstruktur, sehingga tidak dapat semata-mata diinterpretasikan sebagai efek langsung dari aplikasi.

Selain itu, penerapan aplikasi berbasis digital juga dipengaruhi oleh kesiapan pengguna dalam mengadopsi teknologi. Akses terhadap perangkat digital, tingkat literasi teknologi pasien dan keluarga, serta dukungan keluarga selama proses penggunaan aplikasi dapat memengaruhi konsistensi pencatatan penggunaan *brace* dan keterlibatan pasien dalam pemantauan terapi. Oleh karena itu, aspek tersebut perlu dipertimbangkan sebagai faktor perancu dalam penelitian selanjutnya yang mengevaluasi implementasi teknologi digital pada pelayanan AIS. Evaluasi *usability* dan penerimaan pengguna pada penelitian ini juga melibatkan jumlah responden yang terbatas, sehingga hasil SUS dan UAT lebih merepresentasikan gambaran awal keterpakaian aplikasi dan belum dapat digeneralisasikan secara luas pada seluruh populasi pengguna. Evaluasi lanjutan dengan jumlah pengguna yang lebih besar diperlukan untuk mengonfirmasi penerimaan aplikasi pada berbagai karakteristik pengguna.

Meskipun pengukuran *Cobb angle* dalam penelitian ini telah dilakukan oleh dua evaluator independen untuk meningkatkan objektivitas penilaian, penelitian ini belum melakukan analisis reliabilitas antarpenilai secara statistik seperti *intraclass correlation coefficient* (ICC). Evaluasi reliabilitas antarpenilai pada penelitian selanjutnya diperlukan untuk memperkuat validitas pengukuran radiografis dan memastikan konsistensi hasil pengukuran *Cobb angle*. Berbagai keterbatasan tersebut menyebabkan penelitian ini belum dapat memberikan kesimpulan mengenai hubungan kausal maupun memastikan manfaat jangka panjang aplikasi. Penelitian lanjutan dengan jumlah sampel yang lebih besar, desain penelitian yang lebih kuat, dan periode tindak lanjut yang lebih panjang diperlukan untuk mengonfirmasi kebermaknaan klinis serta potensi manfaat jangka panjang aplikasi dalam mendukung pemantauan terapi *brace* pada pasien AIS [41].

4 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa aplikasi GATOT SCOLI-CARE memiliki kelayakan, *usability*, dan penerimaan pengguna yang baik sebagai media monitoring digital terapi *brace* pada pasien *adolescent idiopathic scoliosis* (AIS), dengan validasi ahli sebesar 92,8%, skor System Usability Scale (SUS) sebesar $86,4 \pm 5,8$, dan User Acceptance Test (UAT) sebesar 92,2%. Penggunaan aplikasi berasosiasi dengan tingkat ketaatan penggunaan *brace* yang lebih tinggi pada kelompok intervensi dibandingkan kelompok kontrol (84,6% vs. 68,4%) dan perubahan *Cobb angle*

yang lebih besar, sedangkan perubahan tinggi badan tidak menunjukkan perbedaan bermakna. Temuan tersebut menunjukkan bahwa GATOT SCOLI-CARE berpotensi mendukung keterlibatan pasien dan pemantauan terapi brace secara sistematis dalam pelayanan AIS. Namun, hubungan kausal antara penggunaan aplikasi dan luaran klinis belum dapat ditetapkan secara definitif karena keterbatasan ukuran sampel, attrition sebesar 50%, analisis per-protocol, periode observasi tiga bulan, serta pengukuran kepatuhan berbasis self-report. Dengan demikian, GATOT SCOLI-CARE dapat dipertimbangkan sebagai media pendukung monitoring terapi brace, sedangkan efektivitas klinisnya perlu dikonfirmasi melalui penelitian multisenter dengan ukuran sampel lebih besar, periode tindak lanjut lebih panjang, dan pengukuran kepatuhan yang lebih objektif.

5 Deklarasi/Pernyataan

5.1 Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktur RSUD Sumberglagah Provinsi Jawa Timur atas dukungan dan fasilitasi pelaksanaan penelitian ini. Penulis juga menyampaikan apresiasi kepada seluruh pasien dan keluarga yang telah berpartisipasi dalam penelitian, serta kepada tim Ortotis Prostetis dan Tim diklat RSUD Sumberglagah yang telah membantu proses pengumpulan data, validasi aplikasi, dan pelaksanaan monitoring selama penelitian berlangsung.

5.2 Penyanggah Dana

Dana penelitian dalam artikel ini bersumber dari dana pribadi tidak terikat pada instansi manapun

5.3 Kontribusi Penulis

Penulis pertama berkontribusi dalam pencetusan ide penelitian, pengambilan data hingga menulis. Penulis kedua dan ketiga serta keempat berkontribusi dalam memberi arahan dan masukan.

5.4 Etik

Penelitian ini telah memperoleh persetujuan etik dari Komite Etik Penelitian Rumah Sakit Umum Daerah Sumberglagah dengan nomor ethical approval No. 800.2/133/102.15/XII/2024. Seluruh prosedur penelitian dilaksanakan dengan memperhatikan prinsip etika penelitian yang melibatkan subjek manusia. Sebelum penelitian dimulai, peserta dan orang tua/wali diberikan penjelasan secara menyeluruh mengenai tujuan penelitian, prosedur yang akan dilakukan, manfaat, serta potensi risiko yang mungkin timbul selama penelitian. Setelah memperoleh pemahaman yang memadai, peserta dan orang tua/wali memberikan persetujuan tertulis (informed consent), sedangkan peserta remaja memberikan persetujuan keterlibatan (assent). Keikutsertaan peserta dalam penelitian bersifat sukarela, dan peserta memiliki hak untuk mengundurkan diri kapan saja tanpa memengaruhi pelayanan kesehatan yang diterima. Seluruh informasi dan data peserta dijaga kerahasiaannya serta hanya digunakan untuk kepentingan penelitian sesuai dengan prinsip perlindungan subjek penelitian.

5.5 Konflik Kepentingan

Tidak ada konflik kepentingan di dalam penelitian ini.

5.6 Pernyataan Penggunaan Kecerdasan Artifisial

Penulis menggunakan AI sebagai alat bantu penulisan, sementara seluruh data dan hasil penelitian berasal dari penelitian nyata dan telah diverifikasi oleh penulis.

6 Daftar Pustaka

- [1] E. O. Gusma, G. Sunarto, G. L. Adityasiwi, N. A. Khenda, dan N. A. P. Susanto, "Quality of life and physical activity participation in adolescent girls with idiopathic scoliosis treated with bracing," *J. Ilm. Kesehat. Sandi Husada*, vol. 15, no. 1, hlm. 20–29, Mar 2026, doi: 10.35816/jiksh.v15i1.203.

- [2] E. O. Gusma, G. Sunarto, G. L. Adityasiwi, H. Kristina, dan N. A. Khenda, "Health-Related Quality of Life Among Adolescent Girls with Idiopathic Scoliosis Using Spinal Orthoses: A Systematic Review," *Epidemiol. Soc. Health Rev. ESHR*, vol. 8, no. 2, hlm. 84–95, Jul 2026, doi: 10.26555/eshr.v8i2.16061.
- [3] Y. Liu dkk., "Correlational analysis of three-dimensional spinopelvic parameters with standing balance and gait characteristics in adolescent idiopathic scoliosis: A preliminary research on Lenke V," *Front. Bioeng. Biotechnol.*, vol. 10, hlm. 1022376–1022376, Nov 2022, doi: 10.3389/fbioe.2022.1022376.
- [4] N. Ramadhani, D. L. Romadhoni, dan A. Awanis, "Prevalence and determinants associated with adolescent idiopathic scoliosis: results of screening in Surakarta, Indonesia," *Int. J. Public Health Sci. IJPHS*, vol. 13, no. 4, hlm. 1548–1548, Agu 2024, doi: 10.11591/ijphs.v13i4.23884.
- [5] S. Schreiber dkk., "Effect of Schroth exercises added to the standard of care on the scoliosis curve and postural control in adolescents with idiopathic scoliosis," *Spine*, vol. 41, no. 4, hlm. E177–E184, 2016.
- [6] L. A. Karol, D. Virostek, K. Felton, dan L. Wheeler, "Effect of Compliance Counseling on Brace Use and Success in Patients with Adolescent Idiopathic Scoliosis," *J. Bone Jt. Surg.*, vol. 98, no. 1, hlm. 9–14, Jan 2016, doi: 10.2106/jbjs.o.00359.
- [7] S. Negrini dkk., "2016 SOSORT guidelines: Orthopaedic and rehabilitation treatment of idiopathic scoliosis during growth," *Scoliosis Spinal Disord.*, vol. 13, no. 1, Jan 2018, doi: 10.1186/s13013-017-0145-8.
- [8] F. Cantele, E. Posanti, C. Pittarello, dan S. Masiero, "Is higher compliance to brace therapy associated with poorer quality of life and self-image? A 36-months follow-up study," *J. Back Musculoskelet. Rehabil.*, vol. 36, no. 5, hlm. 1163–1169, Jul 2023, doi: 10.3233/bmr-220361.
- [9] S. Donzelli, F. Zaina, S. Minnella, M. Lusini, dan S. Negrini, "Consistent and regular daily wearing improve bracing results: a case-control study," *Scoliosis Spinal Disord.*, vol. 13, no. 1, Jul 2018, doi: 10.1186/s13013-018-0164-0.
- [10] M. Sapienza dkk., "Clinical, Psychological, and Social Determinants of Brace Compliance in Adolescent Idiopathic Scoliosis: A Systematic Review and Meta-Analysis," *J. Funct. Morphol. Kinesiol.*, vol. 11, no. 1, hlm. 68–68, Feb 2026, doi: 10.3390/jfmk11010068.
- [11] G. Davies dkk., "Methods for assessment of patient adherence to removable orthoses used after surgery or trauma to the appendicular skeleton: a systematic review," *Trials*, vol. 21, no. 1, hlm. 507–507, Jun 2020, doi: 10.1186/s13063-020-04456-2.
- [12] T. Rahman dkk., "Electronic monitoring of orthopedic brace compliance," *J. Child. Orthop.*, vol. 9, no. 5, hlm. 365–369, Agu 2015, doi: 10.1007/s11832-015-0679-3.
- [13] E. O. Gusma dan G. Sunarto, "Hubungan Riwayat Menarke Dini dengan Derajat Keparahan Skoliosis pada Remaja Putri Pengguna Brace Skoliosis di Klinik Ortotik Prostetik Mojokerto," *Excell. Midwifery J.*, vol. 9, no. 1, hlm. 515–524, Apr 2026, doi: 10.55541/emj.v9i1.405.
- [14] M. Smuck, C. A. Odonkor, J. K. Wilt, N. Schmidt, dan M. A. Swiernik, "The emerging clinical role of wearables: factors for successful implementation in healthcare," *Npj Digit. Med.*, vol. 4, no. 1, hlm. 45–45, Mar 2021, doi: 10.1038/s41746-021-00418-3.
- [15] H. E. Cho, C. W. Jang, S.-R. Cho, W. A. Choi, dan J. H. Park, "Mobile Apps to Improve Brace-Wearing Compliance in Patients with Idiopathic Scoliosis: A Quality Analysis, Functionality Review and Future Directions," *J. Clin. Med.*, vol. 12, no. 5, hlm. 1972–1972, Mar 2023, doi: 10.3390/jcm12051972.

- [16] J. Sánchez-Raya, J. Salat-Batlle, D. Castilla, I. Zaragoza, A. García-Palacios, dan C. Suso-Ribera, "Utilizing Mobile Health Technology to Enhance Brace Compliance: Feasibility and Effectiveness of an App-Based Monitoring System for Adolescents with Idiopathic Scoliosis," *J. Pers. Med.*, vol. 15, no. 9, hlm. 405–405, Sep 2025, doi: 10.3390/jpm15090405.
- [17] K. Šýkorová dkk., "Co-Designing a Scoliosis Self-Management Mobile App with Adolescents and Parents: A Theory-Informed Qualitative Study (Preprint)," Mar 2026, doi: 10.2196/preprints.95698.
- [18] P. Ulldemolins dkk., "Cor-Esc-25: A Low-Cost Prototype for Monitoring Brace Adherence and Pressure in Adolescent Idiopathic Scoliosis," *Sensors*, vol. 25, no. 18, hlm. 5616–5616, Sep 2025, doi: 10.3390/s25185616.
- [19] E. O. Gusma, G. Sunarto, G. L. Adityasiwi, dan H. Kristina, "Effectiveness of Digital Consultation in Orthotic and Prosthetic Services: A Systematic Review," *J. Manaj. Kesehat. Yayasan RSDr Soetomo*, vol. 12, no. 1, hlm. 159, Mei 2026, doi: 10.29241/jmk.v12i1.2522.
- [20] R. Thomas, A. Zanudin, dan Y. A. Hazrin, "Validity Of Mobile Application Scoscreen for Early Screening of Adolescent Idiopathic Scoliosis," *Malays. J. Med. Health Sci.*, vol. 19, no. 3, hlm. 152–159, Mei 2023, doi: 10.47836/mjmhs19.3.20.
- [21] J. B. do Nascimento dkk., "Barriers and facilitators to utilizing digital health technologies by healthcare professionals," *Npj Digit. Med.*, vol. 6, no. 1, hlm. 161–161, Sep 2023, doi: 10.1038/s41746-023-00899-4.
- [22] Ulaya, B. Aulya, B. Ade, dan A. A. A, "Evaluasi Dampak Implementasi Electronic Health Record (Ehr) Terhadap Kualitas Pelayanan Rumah Sakit : Studi Kuantitatif," *Prepotif J. Kesehat. Masy.*, vol. 9, no. 3, hlm. 10785–10791, Des 2025, doi: 10.31004/prepotif.v9i3.52380.
- [23] E. Volkan, İ. Köse, S. Cece, dan Ö. Elmas, "Analysis of the effect of digital hospital efforts on paper savings in inpatient procedures and on the duration of nursing care services," *Front. Digit. Health*, vol. 6, hlm. 1367149–1367149, Jun 2024, doi: 10.3389/fdgh.2024.1367149.
- [24] R. Baghbani, M. Ashoorirad, B. Jamalpour, A. Akbari, A. Miresmaeili, dan M. A. Laribi, "The Development of a Smart Electronic Cervical Headgear to Record Time of Dental Patients Log," *SPIRE - Sci. Po Institutional Repos.*, vol. 24, no. 20, hlm. 33281–33288, Agu 2024, doi: 10.1109/jsen.2024.3446714.
- [25] G. Sunarto, R. Apriyanto, D. Septianiputri, R. Permatasari, dan P. Rahmadho, "Inovasi Konsultasi Ortotik Prostetik Berbasis Whatsapp Meningkatkan Akses Dan Kesiapan Pelayanan," *J. Kreat. Dan Inov. J. Kreanova*, vol. 6, no. 1, hlm. 39–45, Jan 2026, doi: 10.24034/kreanova.v6i1.7747.
- [26] G. Sunarto, P. Rahmadho, B. R. Winardi, D. Septianiputri, R. Apriyanto, dan R. Permatasari, "Pengembangan Kpop Plus Berbasis Digital Untuk Efisiensi Dan Transparansi Layanan Ortotik Prostetik Di Rsud Sumberglagah," *J. Innov. Res. Knowl.*, vol. 5, no. 8, hlm. 10083–10098, Jan 2026, doi: 10.53625/jirk.v5i8.12263.
- [27] X. Zhu *et al.*, "A compliance real-time monitoring system for the management of the brace usage in adolescent idiopathic scoliosis patients: a pilot study," *BMC Musculoskelet. Disord.*, vol. 22, no. 1, hlm. 152–152, Feb 2021, doi: 10.1186/s12891-021-03976-5.
- [28] S. Parent, M. Roy-Beaudry, J. Dufresne, R. Imbeault, S. Barchi, dan M. Beauséjour, "Artificial intelligence-driven 3D surface-topography app for screening and monitoring adolescent scoliosis: early results from a single institution," *Spine Deform.*, Jan 2026, doi: 10.1007/s43390-026-01282-5.

- [29] X. Wang *et al.* "The efficacy of 3D personalized insoles in moderate adolescent idiopathic scoliosis: a randomized controlled trial," *BMC Musculoskelet. Disord.*, vol. 23, no. 1, hlm. 983–983, Nov 2022, doi: 10.1186/s12891-022-05952-z.
- [30] H.-R. Weiss, D. Turnbull, S. Seibel, dan A. Kleban, "First end-result of a prospective cohort with AIS treated with a CAD Chêneau style brace," *J. Phys. Ther. Sci.*, vol. 31, no. 12, hlm. 983–991, Des 2019, doi: 10.1589/jpts.31.983.
- [31] P. W. H. Cheung dkk., "Immediate vs Gradual Brace Weaning Protocols in Adolescent Idiopathic Scoliosis," *JAMA Pediatr.*, vol. 178, no. 7, hlm. 657–668, Jun 2024, doi: 10.1001/jamapediatrics.2024.1484.
- [32] S. Mao, X. Sun, B. Shi, Y. Qiu, B. Qian, dan J. C. Y. Cheng, "Association between braced curve behavior by pubertal growth peak and bracing effectiveness in female idiopathic scoliosis: a longitudinal cohort study," *BMC Musculoskelet. Disord.*, vol. 19, no. 1, hlm. 88–88, Mar 2018, doi: 10.1186/s12891-018-1987-9.
- [33] M. C. Welborn dkk., "Biomarker Longitudinal Idiopathic Scoliosis Study: Predicting Growth in Idiopathic Scoliosis," *J. Pediatr. Orthop.*, vol. 45, no. 9, Jun 2025, doi: 10.1097/bpo.0000000000003022.
- [34] R. P. Woon dkk., "How precise are clinical height measurements in scoliosis patients," *Curr. Orthop. Pract.*, vol. 29, no. 3, hlm. 223–225, Mar 2018, doi: 10.1097/bco.0000000000000612.
- [35] E. O. Gusma, G. Sunarto, G. L. Adityasiwi, dan H. Kristina, "Brace Compliance, Cobb Angle, and Quality of Life in Adolescent Idiopathic Scoliosis," *Jurnal Penelitian Kesehatan SUARA FORIKES*, 2026, Tersedia pada: <https://forikes-ejournal.com/index.php/SF/article/view/7084>
- [36] V. Martínez-Borba dkk., "mHealth for the Monitoring of Brace Compliance and Wellbeing in Adolescents with Idiopathic Scoliosis: Study Protocol for a Feasibility Study," *Int. J. Environ. Res. Public. Health*, vol. 18, no. 15, hlm. 7767–7767, Jul 2021, doi: 10.3390/ijerph18157767.
- [37] S. Donzelli, F. Zaina, S. Minnella, M. Lusini, dan S. Negrini, "Consistent and regular daily wearing improve bracing results: a case-control study," *Scoliosis Spinal Disord.*, vol. 13, no. 1, hlm. 16–16, Jul 2018, doi: 10.1186/s13013-018-0164-0.
- [38] J. Kohne dan C. Montag, "ChatDashboard: A Framework to collect, link, and process donated WhatsApp Chat Log Data," *Behav. Res. Methods*, vol. 56, no. 4, hlm. 3658–3684, Des 2023, doi: 10.3758/s13428-023-02276-1.
- [39] K. Manji, J. Hanefeld, J. Vearey, H. Walls, dan T. De Gruchy, "Using WhatsApp messenger for health systems research: a scoping review of available literature," *Health Policy Plan.*, vol. 36, no. 5, hlm. 774–789, Jun 2021, doi: 10.1093/heapol/czab024.
- [40] Z. Bazancir dkk., "Does in-brace correction affect coronal spinal and thoracic cage parameters in individuals with idiopathic scoliosis? A retrospective cohort study," *Acta Orthop. Belg.*, vol. 89, no. 3, hlm. 399–408, Sep 2023, doi: 10.52628/89.3.10767.
- [41] Gao, Y. Zheng, C. Fan, Y. Yang, C. He, dan M. S. Wong, "Could the Clinical Effectiveness Be Improved Under the Integration of Orthotic Intervention and Scoliosis-Specific Exercise in Managing Adolescent Idiopathic Scoliosis: A randomized controlled trial study," *Am. J. Phys. Med. Rehabil.*, vol. 98, no. 8, hlm. 642–648, Aug 2019, doi: 10.1097/phm.0000000000001160.