

Design and Development of an iOS Application for Early Detection and Monitoring of Scoliosis Using Core Motion

Gwynneth Isviandhy^{1*}, Adi Suryaputra Paramita^{2*}

* Program Studi Sistem Informasi, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Ciputra Surabaya
9wynneth@gmail.com¹, adi.suryaputra@ciputra.ac.id²

Article Info

Article history:

Received 2025-02-24
Revised 2025-03-03
Accepted 2025-03-06

Keyword:

Core Motion,
iOS,
Digital Scoliometer,
Scoliosis,
Health monitoring.

ABSTRACT

Scoliosis is a disorder of the spine characterized by an abnormal curvature in the back, which can impair quality of life if not properly addressed. Early detection is crucial in preventing the worsening of this condition. This research aims to design an iOS-based application to help users independently track the progression of scoliosis. The application employs Core Motion technology to detect and monitor the degree of spinal curvature. Core Motion technology utilizes a gyroscope to implement a digital scoliometer, enabling the measurement of elevation differences between the right and left sides of the body while bending forward, similar to conventional scoliometer. Testing results indicate that the use of these technologies provides fairly accurate and consistent measurements with an accuracy rate reaching 90%. The application is expected to serve as an efficient monitoring tool and a data source in efforts to analyze public health and formulate more effective health policies.



This is an open access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.

I. PENDAHULUAN

Dalam kehidupan sehari-hari, banyak orang cenderung mengabaikan aktivitas-aktivitas yang dapat menyebabkan suatu masalah pada kesehatan tubuh, termasuk kesehatan pada tulang belakang. Memasang postur tubuh yang baik seringkali kurang diperhatikan dalam rutinitas sehari-hari, padahal posisi tubuh yang buruk dapat berdampak langsung pada kesehatan tulang belakang. Dalam sebuah studi yang dilakukan, ditemukan bahwa posisi duduk yang salah dan berat beban tas yang berlebih berhubungan langsung dengan peningkatan deviasi pada tulang belakang pada siswa [1]. Selain itu, studi lainnya menekankan bahwa membawa perlengkapan yang berat dalam jangka waktu lama dapat menyebabkan postur buruk yang berujung pada kelainan tulang belakang [2]. Sebuah penelitian lainnya juga mengatakan bahwa duduk terlalu lama dapat mempengaruhi ketegangan otot yang akan berdampak pada tulang belakang [3]. Kebiasaan-kebiasaan buruk dalam menjaga postur tubuh ini akan meningkatkan risiko gangguan struktural seperti skoliosis.

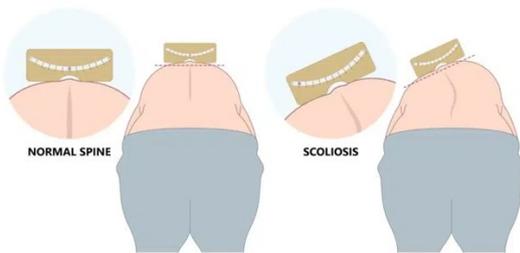
Skoliosis adalah kelainan dimana tulang belakang melengkung ke arah samping, baik ke kanan maupun ke kiri. Suatu individu dianggap mengalami skoliosis jika Cobb angle, sudut kemiringan tulang belakangnya, melebihi 10 derajat [4]. Ciri-ciri skoliosis meliputi tubuh yang condong ke satu sisi, tulang belikat yang menonjol, lengkungan tulang belakang yang terlihat jelas, dan tinggi pinggang yang tidak seimbang [5].

Banyak orang tidak menyadari bahwa mereka menderita skoliosis hingga gejala fisik, seperti nyeri punggung, mulai muncul. Hal ini sering terjadi karena skoliosis pada tahap awal sering kali tidak menunjukkan gejala yang jelas, sehingga banyak orang baru mengetahui kondisi ini ketika mereka mulai merasakan ketidaknyamanan dan memeriksakan diri ke dokter, di mana diagnosis skoliosis baru diketahui dan sering kali sudah terlambat [6].

Skoliosis dapat memiliki dampak yang serius terhadap kualitas hidup individu. Dampak ini mencakup aspek fisik, emosional, dan sosial. Penelitian menunjukkan bahwa skoliosis dapat menyebabkan berbagai masalah kesehatan, termasuk nyeri punggung kronis, ketidaknyamanan pada punggung, gangguan fungsi kardiorpulmonal, dan

keterbatasan mobilitas yang mengganggu aktivitas sehari-hari [7], [8]. Hal ini dapat mengganggu keseimbangan dan fungsi tubuh, mengurangi kemampuan individu untuk berpartisipasi dalam aktivitas fisik dan sosial yang dapat berdampak pada hubungan interpersonal [8]. Selain itu, masalah psikologis seperti kecemasan, rendahnya harga diri, dan depresi juga lebih umum terjadi pada individu dengan skoliosis, terutama akibat perubahan postur tubuh dan stigma sosial terkait kondisi ini. Mereka mungkin merasa kurang percaya diri atau mengalami kecemasan karena perbedaan fisik mereka yang terlihat, dan sering merasa terisolasi akibat kurangnya dukungan sosial, yang meningkatkan risiko stres dan depresi [8], [9].

Seriusnya dampak skoliosis terhadap kesehatan tergantung pada derajat kelainan/cobb angle dan usia onsetsnya. Skoliosis yang tidak segera ditangani berisiko tambah parah dan dapat menyebabkan komplikasi yang lebih serius, seperti gangguan pernapasan dan masalah jantung [7], [8]. Oleh karena itu, deteksi dini merupakan langkah penting dalam manajemen skoliosis. Dengan menggunakan alat seperti skoliometer, tanda-tanda awal kelengkungan tulang belakang dapat diidentifikasi, yang memungkinkan intervensi lebih awal untuk mencegah skoliosis atau perkembangannya lebih lanjut dan mengurangi dampaknya pada kualitas hidup individu [9], [10]. Sebuah studi di Hungaria menunjukkan bahwa skrining menggunakan metode Adam's Forward Bend Test dengan skoliometer dapat menurunkan tingkat intervensi bedah dengan mendeteksi skoliosis lebih awal, sehingga memungkinkan penanganan yang optimal melalui penggunaan penyangga dan opsi pembedahan yang tepat waktu [11].



Gambar 1. Adam's Forward Bend Test

Gambar 1 adalah gambar yang dirujuk dari <https://chouneurosurgery.id/>. Gambar tersebut menunjukkan salah satu langkah awal dokter untuk mendiagnosis skoliosis yang biasanya menggunakan alat skoliometer konvensional. Sebuah penelitian menunjukkan bahwa menilai pasien dengan Adam's Forward Bend Test diikuti oleh pengukuran skoliometer memiliki validitas prediktif untuk perkembangan skoliosis. Rujukan dini berdasarkan temuan ini telah dianjurkan sebagai praktik terbaik dalam pengelolaan skoliosis [12].

Keterlambatan dalam deteksi skoliosis dapat meningkatkan beban kesehatan di masyarakat, yang berdampak pada efisiensi layanan kesehatan. Hal ini

disebabkan oleh meningkatnya kebutuhan akan perawatan medis yang lebih intensif dan biaya yang lebih tinggi untuk menangani komplikasi yang mungkin timbul. Pemerintah memainkan peran penting dalam pemantauan kondisi kesehatan masyarakat. Melalui program-program deteksi dini, pemerintah dapat membantu mengidentifikasi kasus skoliosis sebelum berkembang menjadi lebih serius dan mempengaruhi kualitas hidup masyarakat [8]. Selain itu, data kesehatan publik, termasuk data skoliosis, sangat penting bagi pemerintah untuk merumuskan kebijakan kesehatan yang tepat sasaran dan mengalokasikan sumber daya dengan efisien.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang sebuah aplikasi yang mampu mengidentifikasi tanda awal skoliosis menggunakan teknologi digital, sehingga memudahkan deteksi dini dan mengurangi risiko keterlambatan diagnosis. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk merancang sebuah aplikasi yang dapat membantu pengguna dalam melacak perkembangan kondisi skoliosis secara mandiri.

II. METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan Challenge-Based Learning (CBL) yang dirancang untuk memecahkan tantangan nyata melalui proses kolaboratif, investigatif, dan reflektif [13], [14]. Pendekatan ini bertujuan untuk membekali individu dengan keterampilan berpikir kritis dan solusi nyata yang dapat diimplementasikan. Model CBL meningkatkan keterlibatan individu dalam menyelesaikan tantangan nyata sekaligus mengembangkan keterampilan kolaboratif dan pemecahan masalah [13], [14].

CBL sering digunakan dalam pengembangan aplikasi, karena efektif dalam menggabungkan teori dengan praktik, memungkinkan penerapan pengetahuan dalam konteks yang relevan dan nyata. Dalam konteks pendidikan tinggi, pendekatan ini terbukti meningkatkan literasi ilmiah dan keterampilan pemecahan masalah di berbagai disiplin ilmu, menjadikannya pilihan yang efektif untuk pembelajaran modern [13], [14].

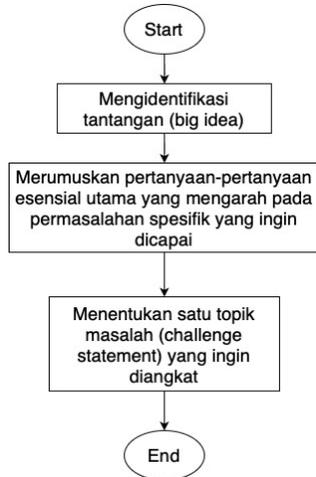
Namun, meskipun bermanfaat, implementasi CBL tidak lepas dari tantangan. Keterbatasan waktu, sumber daya, dan resistensi terhadap perubahan metode pengajaran sering kali menjadi hambatan yang dihadapi dalam pelaksanaan CBL [15]. Dengan pendekatan yang tepat, CBL memiliki potensi besar untuk mempersiapkan individu dalam menghadapi tantangan dunia nyata dan meningkatkan hasil belajar secara keseluruhan [16], [17].

Metode ini terdiri dari tiga tahap utama: engage, investigate, dan act, yang masing-masing memiliki peran penting dalam pengembangan keterampilan berpikir kritis dan kreativitas. Berikut adalah 3 tahapan besar dari metode Challenge Based Learning:

A. Engage

Pada tahap ini, individu diajak untuk mengidentifikasi dan memahami tantangan utama yang relevan. Penelitian

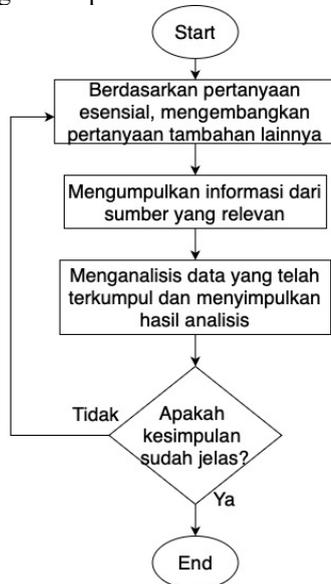
menunjukkan bahwa keterlibatan awal ini sangat penting untuk membangun motivasi dan minat individu untuk memecahkan masalah yang akan dieksplorasi [14], [18]. Gambar 2 menunjukkan Langkah-langkah dalam tahap engage.



Gambar 2. Langkah dalam Tahap Engage

B. Investigate

Tahap ini berfokus pada penggalian informasi, penelitian, dan pengumpulan data untuk memahami tantangan secara lebih mendalam. Individu dapat melakukan riset mendalam untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan utama tadi dan memahami aspek-aspek penting yang terkait dengan tantangan yang dihadapi.



Gambar 3. Langkah dalam Tahap Investigate

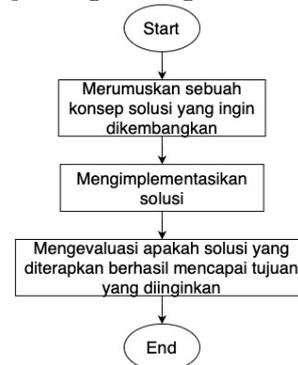
Tujuan dari fase ini adalah untuk memahami aspek teknis dan non-teknis dari masalah yang akan dipecahkan. Penelitian menunjukkan bahwa pendekatan ini mendorong mereka untuk mengembangkan keterampilan berpikir kritis

dan kemampuan analisis yang lebih baik [18], [19]. Selain itu, mereka juga belajar untuk bertanya dengan tepat dan mengidentifikasi solusi yang mungkin. Gambar 3 menunjukkan Langkah-langkah dalam tahap investigate. Tahap ini berbentuk siklus atau iterative cycle, di mana dapat kembali ke langkah-langkah awal untuk memperdalam pemahaman mereka atau menemukan informasi baru yang relevan.

C. Act

Pada tahap terakhir, individu menciptakan dan merancang solusi konkret terhadap tantangan yang dihadapi berdasarkan hasil investigasi yang telah dilakukan. Prototipe aplikasi dirancang dan diimplementasikan, lalu diuji efektivitasnya terhadap tantangan yang telah ditetapkan untuk mendapatkan umpan balik. Individu juga membagikan hasil atau dampak dari solusi yang relevan ini kepada khalayak yang lebih luas, misalnya melalui peluncuran produk atau penyebaran informasi kepada komunitas terkait.

Implementasi CBL dalam konteks ini telah terbukti meningkatkan hasil belajar dan keterampilan kolaboratif individu, serta mempersiapkan mereka untuk tantangan di dunia nyata [19]. Langkah-langkah dalam tahap act.



Gambar 4. Langkah dalam Tahap Act

Gambar 4 menunjukkan Langkah-langkah dalam tahap act. Melalui ketiga tahapan ini, CBL mendorong pemikiran kritis, kolaborasi, serta inovasi, yang sangat cocok untuk proses perancangan aplikasi. CBL dapat menjadi alat yang efektif untuk menghadapi tantangan di masa depan dan meningkatkan keterampilan individu secara keseluruhan [20]. Terakhir, dalam model CBL suatu individu diarahkan untuk merefleksikan pengalaman belajar mereka dan mengevaluasi hasil yang dicapai. Terdapat beberapa pertanyaan refleksi yang akan membantu mereka memikirkan tentang apa yang mereka pelajari, kesulitan yang dihadapi, dan bagaimana proses tersebut dapat disempurnakan. Individu dapat mendokumentasikan proses pembelajaran mereka dalam bentuk tulisan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penerapan metode Challenge-Based Learning (CBL) dalam perancangan dan pengembangan aplikasi menghasilkan sejumlah temuan signifikan. Proses ini melalui beberapa tahapan yang sistematis.

A. Engage

Tahap pertama dimulai dengan identifikasi tantangan utama yang akan diatasi. Penguji melakukan eksplorasi terhadap isu-isu di lingkungan sekitar dan memilih topik "deteksi skoliosis" sebagai big idea, dengan ketertarikan pribadi yang kuat terhadap isu ini. Pemilihan ini dipengaruhi oleh pengalaman pribadi penguji, yang memiliki kecenderungan tulang belakang miring, serta kondisi skoliosis yang dialami oleh ayahnya.

Selanjutnya, penguji merumuskan beberapa essential questions. Beberapa pertanyaan utama yang diajukan adalah:

- 1) Apakah penting untuk mendeteksi skoliosis sejak dini?
- 2) Berapa banyak orang di dunia yang terdiagnosis skoliosis?
- 3) Seberapa besar kemungkinan seseorang mengalami skoliosis?
- 4) Bagaimana cara mendeteksi skoliosis tanpa harus ke dokter?
- 5) Bagaimana saya bisa mendeteksi skoliosis sendiri?

Berdasarkan hasil pertimbangan tersebut, challenge statement yang ditetapkan adalah merancang aplikasi yang dapat membantu pengguna mendeteksi skoliosis secara mandiri.

B. Investigate

Pada tahap ini, penguji telah melaksanakan dua siklus iterasi untuk mendalami challenge statement yang telah ditetapkan. Pada siklus pertama, fokus riset diarahkan untuk memahami lebih dalam mengenai skoliosis. Riset dilakukan dengan desk research serta wawancara dengan dokter ortopedi.

Berikut adalah beberapa guiding questions beserta hasil temuan yang diperoleh:

Guiding Question 1: Apa itu skoliosis?

Findings 1: Skoliosis adalah sebuah kelainan dimana tulang belakang melengkung ke samping secara tidak normal, membentuk pola seperti huruf "S" atau "C" saat dilihat dari belakang. Kelainan ini dapat terjadi pada satu atau lebih bagian tulang belakang dan biasanya berkembang selama masa pertumbuhan, terutama menjelang masa pubertas. Skoliosis didiagnosis ketika sudut kemiringan tulang belakang, atau yang dikenal sebagai cobb angle, melebihi 10° [4].

Guiding Question 2: Berapa banyak orang di dunia yang terdiagnosis skoliosis?

Findings 2: Berdasarkan data The National Scoliosis Foundation USA prevalensi terjadinya skoliosis sekitar 4,5% dari total populasi pada tahun 2022 [21]. Sedangkan, di

Indonesia sendiri, prevalensi terjadinya skoliosis mencapai 3-5% [21]. Di antara remaja, prevalensi skoliosis idiopatik diperkirakan antara 2% hingga 4%. Penelitian menunjukkan bahwa sekitar 80-85% dari kasus skoliosis terjadi pada masa pubertas, dengan kecenderungan lebih tinggi pada perempuan dibandingkan laki-laki [21].

Guiding Question 3: Apa penyebab skoliosis?

Findings 3: Penyebab Skoliosis bervariasi, termasuk idiopatik (penyebab tidak diketahui namun factor genetic dan hormonal mungkin terlibat) [21], kebiasaan posisi tubuh yang tidak baik, kogenital (kelainan bawaan pada tulang belakang), degeneratif (terjadi akibat penuaan pada orang dewasa), dan neuromuskular (kondisi seperti cerebal palsy/distrofi otot).

Guiding Question 4: Apa dampak dari skoliosis?

Findings 4: Skoliosis bisa berdampak kepada suatu individu secara fisik ataupun psikologis. Secara fisik, dampak dari skoliosis bisa bermacam-macam tergantung pada tingkat keparahannya yang biasa dilihat dari derajat kemiringan atau yang sering disebut dengan cobb angle. Berikut adalah tabel untuk menjelaskan dampak-dampak dari skoliosis [22]:

TABEL I
DAMPAK-DAMPAK DARI SKOLIOSIS

Cobb Angle	Klasifikasi Tingkat Keparahan	Dampak
$<10^\circ$	Normal	Kemungkinan nyeri
$>25^\circ$	Ringan	Kemungkinan peningkatan tekanan arteri pulmonal pada ekokardiogram yang dapat menyebabkan peningkatan tekanan pada paru-paru
$>40^\circ$	Sedang	Intervensi bedah perlu dipertimbangkan
$>70^\circ$	Berat	Kemungkinan hipoventilasi alveolar, gagal napas kronis

Guiding Question 5: Apakah skoliosis bisa sembuh? Apakah kalau sembuh bisa saja kambuh lagi? Apakah semakin cepat skoliosis diatasi maka semakin cepat pula recovery-nya?

Findings 5: Skoliosis dapat "dikurangi" kemiringannya, terutama jika terdeteksi dini dan ditangani dengan tepat. Penanganan seperti olahraga dan penggunaan penyangga tulang dapat membantu mencegah perkembangan lebih lanjut. Namun, ada kemungkinan skoliosis kambuh, terutama jika tidak ada perawatan berkelanjutan. Semakin cepat skoliosis diatasi, semakin besar kemungkinan untuk memperbaiki kondisi dan mencegah komplikasi serius di masa depan. Oleh karena itu, pemeriksaan rutin sangat dianjurkan untuk memantau perkembangan skoliosis.

Guiding Question 6: Apa gejala skoliosis? Ciri-ciri orang skoliosis itu apa? Bagaimana cara dokter melakukan diagnosis skoliosis?

Findings 6: Gejala skoliosis meliputi: tulang belakang melengkung, asimetri bahu, asimetri pinggul, kondisi tubuh cenderung condong, dan ketidaknyamanan atau nyeri pada punggung.

Dokter biasanya menggunakan pemeriksaan fisik dengan skoliometer pada tahap awal untuk mendeteksi indikasi skoliosis, seperti asimetri bahu atau pinggul. Jika hasil pemeriksaan fisik mencurigakan, dokter akan merujuk pasien untuk melakukan foto Rontgen. Rontgen diperlukan untuk mengukur derajat kelengkungan tulang belakang secara akurat dan mengevaluasi kondisi lebih lanjut, seperti rotasi vertebrae dan dampaknya terhadap postur tubuh. Penggunaan Rontgen sangat penting dalam menentukan strategi pengobatan yang tepat dan memantau perkembangan skoliosis dari waktu ke waktu.

Guiding Question 7: Apa yang harus dilakukan setelah terdiagnosis skoliosis?

Findings 7: Setelah terdiagnosis skoliosis, langkah-langkah yang harus dilakukan meliputi:

1. Temui dokter ortopedi untuk mendiskusikan hasil diagnosis dan rencana perawatan.
2. Jika skoliosis ringan, lakukan pemeriksaan berkala setiap 6 bulan untuk memantau perkembangan.
3. Ikuti program terapi fisik untuk memperkuat otot punggung dan memperbaiki postur tubuh. Jika lengkungan lebih dari 20°, dokter mungkin merekomendasikan penggunaan brace untuk mencegah kemajuan kondisi. Untuk kasus parah (lebih dari 45°), pertimbangkan opsi bedah jika metode lain tidak efektif.

Dari siklus pertama ini diperoleh sebuah sintesis dari investigasi mengenai skoliosis sebagai berikut:

Skoliosis, yang ditandai oleh kelengkungan abnormal pada tulang belakang, berpotensi mempengaruhi kualitas hidup, baik secara fisik maupun psikologis. Berdasarkan data yang tersedia, skoliosis idiopatik merupakan tipe paling umum, terutama di kalangan remaja, dengan prevalensi global yang bervariasi dan kecenderungan lebih tinggi pada perempuan. Penyebab skoliosis dapat mencakup faktor idiopatik, kebiasaan postur tubuh, kelainan bawaan, degenerasi, dan gangguan neuromuskular.

Secara klinis, dampak fisik dari skoliosis beragam tergantung pada derajat kemiringan tulang belakang (cobb angle), dengan risiko yang meningkat seiring dengan tingkat keparahan kelengkungan. Kelengkungan ringan mungkin hanya menyebabkan nyeri punggung, sementara kelengkungan berat dapat memengaruhi kapasitas paru-paru hingga berpotensi menyebabkan kesulitan bernapas atau bahkan gagal napas kronis. Selain itu, dampak psikologis seperti kecemasan, stres, dan penurunan rasa percaya diri sangat umum dialami penderita, terutama pada usia remaja, akibat perubahan postur yang memengaruhi persepsi diri.

Proses diagnosis skoliosis melibatkan pemeriksaan fisik dengan alat skoliometer untuk mendeteksi kelainan awal pada bahu atau pinggul, yang kemudian dapat diperkuat

dengan pemeriksaan Rontgen untuk menilai sudut kelengkungan. Pentingnya deteksi dini menjadi jelas, karena skoliosis dapat dicegah perkembangannya melalui terapi fisik atau penggunaan brace jika teridentifikasi sejak awal. Selain itu, penanganan yang cepat memungkinkan perbaikan kondisi dan mencegah komplikasi lebih lanjut.

Dari situ, dapat disimpulkan bahwa intervensi dini dan pendekatan diagnostik yang tepat sangat penting dalam perkembangan skoliosis. Aplikasi berbasis teknologi yang mampu mendeteksi skoliosis dini dapat menjadi solusi efektif, terutama bagi individu yang ingin melakukan pemeriksaan mandiri secara berkala.

Maka dari itu, pengujian melanjutkan proses investigasi lebih dalam pada siklus kedua mengenai metode deteksi skoliosis dengan menggunakan alat skoliometer. Pada siklus ini pengujian menggali informasi dari jurnal dan sumber relevan lainnya. Berikut adalah beberapa guiding questions beserta hasil temuan yang diperoleh:

Guiding Question 1: Apa itu skoliometer? Bagaimana cara kerjanya? Apakah semua orang bisa menggunakan?

Findings 1: Skoliometer adalah alat non-invasif yang digunakan untuk mengukur sudut rotasi batang tubuh pada pasien skoliosis. Dengan menggunakan metode Adam's Forward Bend Test, dimana pasien dapat membungkukkan badan ke depan, maka alat ini diletakkan di punggung pasien. Skoliometer ini dapat memberikan pengukuran sudut rotasi yang membantu dalam diagnosis dan pemantauan skoliosis. Cara kerjanya cukup menempatkan skoliometer di area punggung pasien lalu skoliometer akan mengukur perbedaan tinggi antara dua bagian tubuh. Hasil pengukuran ini memberikan informasi tentang derajat kelengkungan. Semua orang dapat menggunakan alat skoliometer.

Guiding Question 2: Seberapa akurat skoliometer?

Findings 2: Skoliometer memiliki tingkat akurasi hingga 93,8% untuk mendeteksi skoliosis dengan kelengkungan lebih dari 10°.

Guiding Question 3: Apakah menggunakan skoliometer aja sudah cukup? Tidak perlu foto rontgen?

Findings 3: Penggunaan skoliometer dapat menjadi langkah awal yang sangat efektif untuk mendeteksi skoliosis, karena alat ini noninvasif dan tidak memerlukan radiasi [10]. Skoliometer mengukur sudut rotasi batang tubuh dan dapat membantu menentukan apakah perlu melakukan foto rontgen diperlukan. Deteksi dini skoliosis dapat dilakukan dengan melakukan pemeriksaan menggunakan skoliometer. Terdapat korelasi yang baik antara hasil skoliometer dengan cobb angle sehingga bisa dijadikan alat deteksi skoliosis pengganti pemeriksaan radiografi [10].

Dari iterasi kedua yang telah dilakukan, didapat sintesis sebagai berikut:

Skoliometer merupakan alat deteksi non-invasif yang efektif untuk mengidentifikasi skoliosis secara dini. Dengan menggunakan metode Adam's Forward Bend Test, skoliometer mengukur sudut rotasi batang tubuh, yang kemudian memberikan indikasi awal derajat kelengkungan

tulang belakang pada pasien skoliosis. Temuan menunjukkan bahwa skoliometer memiliki akurasi tinggi, mencapai 93,8% dalam mendeteksi skoliosis dengan kelengkungan di atas 10 derajat, sehingga sangat bermanfaat sebagai langkah awal dalam diagnosis skoliosis.

Penggunaan skoliometer juga memiliki kelebihan sebagai alternatif yang aman karena tidak melibatkan radiasi seperti pada foto Rontgen. Meskipun demikian, skoliometer umumnya digunakan untuk pemeriksaan awal; jika hasil pengukuran menunjukkan kelainan yang signifikan, pemeriksaan lanjutan dengan foto Rontgen tetap dianjurkan untuk memastikan derajat kelengkungan lebih akurat dan merencanakan penanganan yang tepat. Korelasi yang baik antara hasil skoliometer dan Cobb angle semakin memperkuat posisi skoliometer sebagai alat screening yang ideal, khususnya bagi populasi yang membutuhkan pemeriksaan rutin tanpa paparan radiasi yang berlebihan.

Dengan pemahaman ini, penggunaan skoliometer dapat diterapkan secara luas untuk deteksi dini skoliosis, sehingga meminimalkan perkembangan skoliosis dan memungkinkan intervensi lebih awal.

Dari hasil investigasi yang telah dilakukan, pengujian melakukan ideasi terhadap challenge statement, yaitu: membuat skoliometer digital yang dapat membantu mendeteksi skoliosis secara mandiri.

C. Act

Pada tahap ini, pengujian telah melakukan satu siklus iterasi untuk memahami lebih dalam akan aplikasi yang akan dikembangkan. Pada iterasi pertama, pengujian fokus pada pengekplorasi teknologi Apple. Berikut adalah guiding question untuk iterasi pertama:

Guiding Question 1: Apakah ada teknologi Apple apa yang dapat diterapkan untuk membantu melakukan deteksi skoliosis dari kemiringan tubuh?

Findings 1:

Core Motion menyediakan akses ke data sensor perangkat, seperti akselerometer, gyroscope, dan magnetometer. Data dari sensor ini dapat digunakan untuk mengukur kemiringan dan rotasi tubuh pasien saat melakukan tes skoliometer. Core Motion memungkinkan aplikasi mengukur sudut kemiringan tubuh secara real-time, yang dapat membantu memberikan hasil yang lebih akurat pada skoliometer digital.

Selain itu, terdapat juga teknologi Vision. "VNDetectHumanBodyPoseRequest" pada Vision dapat mendeteksi posisi tubuh pengguna dan mengidentifikasi titik-titik bahu kanan dan bahu kiri pada foto pengguna.

Penerapan kedua teknologi tersebut sudah diimplementasikan dan dilakukan uji coba. Hasilnya teknologi Vision dari Apple bisa dibilang tidak terlalu akurat. Hasil yang didapat tidak selalu konsisten dan kadang melenceng dari hasil yang sebenarnya. Vision juga kadang tidak dapat mendeteksi kedua bahu jika pakaian yang dikenakan berwarna gelap atau latar belakangnya terlalu ramai.

Dari seluruh riset yang telah dilakukan, pengujian menemukan beberapa use case:

1. Pengguna ingin melakukan deteksi awal untuk skoliosis menggunakan skoliometer digital dalam mengukur derajat kemiringan tulang belakang.
2. Pengguna ingin hasil tes (derajat kemiringan) disimpan agar dapat melacak perkembangannya.

Maka dari itu, sebagai solusi untuk membantu deteksi dini skoliosis, penelitian ini menghasilkan sebuah aplikasi iOS menggunakan SwiftUI dengan beberapa fitur berikut.

1. Skoliometer Digital

Fitur skoliometer digital pada aplikasi ini berfungsi seperti skoliometer konvensional untuk mengukur kemiringan tubuh dan Cobb angle saat pengguna membungkukkan badan dan melakukan Adam's Forward Bend Test. Dalam tes ini, pengguna membungkukkan badan ke depan, dan perangkat diletakkan di punggung mereka dengan layar menghadap ke orang yang memegang perangkat.

Dengan memanfaatkan Core Motion Framework dari Apple, aplikasi ini menggunakan gyroscope perangkat untuk mengukur sudut kemiringan. Gyroscope mengukur rotasi perangkat saat pengguna membungkuk, menghasilkan nilai Cobb angle yang berkaitan dengan tingkat kemiringan tulang belakang.

Untuk memudahkan pengguna dalam memahami hasil, aplikasi menampilkan animasi bola yang bergerak sesuai kemiringan perangkat; semakin besar sudut kemiringan, semakin jauh bola bergeser dari titik pusat. Hal ini memberikan visualisasi intuitif yang membantu pengguna mengenali kondisi skoliosis dengan lebih jelas.

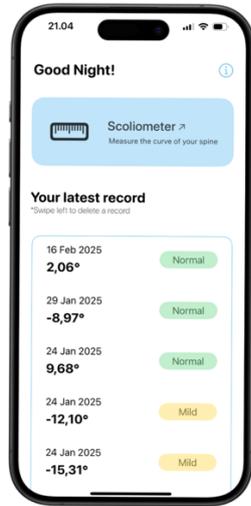
2. Penyimpanan Data

Skoliometer digital pada aplikasi menyediakan tombol simpan untuk menyimpan data Cobb angle, tanggal, dan tingkat keparahan pengguna. Hal ini sangat penting untuk membantu melacak perubahan Cobb angle pengguna dari waktu ke waktu. Dengan adanya aplikasi ini, diharapkan pengguna dapat memantau kesehatan tulang belakang mereka secara mandiri dan melakukan pemeriksaan lebih lanjut apabila terdeteksi adanya potensi skoliosis. Berikut adalah hasil implementasi aplikasi.



Gambar 5. Fitur Skoliometer Aplikasi

Gambar 5 merupakan fitur skoliometer pada aplikasi yang menggunakan teknologi dari Core Motion.



Gambar 6. Fitur Penyimpanan Data Aplikasi Data Cobb Angle

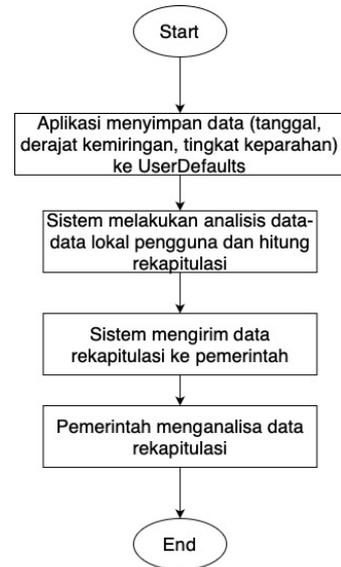
Gambar 6 merupakan fitur penyimpanan data yang dapat dilakukan oleh user menggunakan UserDefault. Aplikasi ini memiliki potensi untuk dikembangkan lebih lanjut dengan fitur yang inovatif.

1. Portal akses untuk pemerintah

Aplikasi ini dapat dilengkapi dengan portal web khusus untuk otoritas kesehatan. Portal ini memungkinkan pemerintah untuk mengakses data rekapitulasi hasil data yang telah dikumpulkan dari aplikasi. Data yang disajikan dalam portal bersifat agregat dan anonim, sehingga hanya menampilkan statistik umum, misalnya persentase kasus skoliosis tanpa informasi individu.

Data yang dikumpulkan, seperti hasil pengukuran skoliosis akan diproses dan ditampilkan dalam bentuk dashboard interaktif. Berbagai alat analisis dan visualisasi, seperti grafik dan peta panas, memungkinkan pemerintah memahami prevalensi skoliosis dengan cepat. Selain itu, data agregat ini

juga dapat menjadi sumber bagi penelitian lebih lanjut dalam bidang kesehatan kedepannya.



Gambar 7. Flowchart Proses Pengambilan Data Rekapitulasi

Gambar 7 menunjukkan gambaran besar dalam pengambilan data rekapitulasi.

2. Profil pengguna untuk manajemen banyak pengguna

Aplikasi ini dapat dikembangkan untuk membuat sistem profil yang memungkinkan pengguna untuk menambahkan informasi detail seperti nama, usia, jenis kelamin, dan riwayat kesehatan. Aplikasi juga dapat menambahkan profil anggota baru. Dengan fitur ini, maka aplikasi ini juga dapat digunakan oleh seorang dokter yang ingin melihat perkembangan pasien-pasiennya.

Sebagai bagian dari evaluasi kualitas aplikasi, pengujian black-box testing telah dilakukan seperti pada tabel 2.

TABEL II
HASIL BLACK-BOX TESTING

Feature	User Story	Test Case	Test Step	Expected Output	Test Result
Halaman Utama	User ingin membuka aplikasi	Ditampilkan ucapan salam "good morning", "good afternoon", "good evening", ataupun "good night" tergantung waktu pada hari user buka aplikasi tersebut	User membuka aplikasi pada pagi hari	Aplikasi menampilkan tulisan salam "good morning" beserta tombol skoliometer dan catatan data (bila user pernah menyimpan data)	Passed
			User membuka aplikasi pada pukul siang hari	Aplikasi menampilkan tulisan salam "good afternoon" beserta tombol skoliometer dan catatan data (bila user pernah menyimpan data)	Passed
Skoliometer Digital	User ingin mengecek	Navigasi halaman	User menekan tombol	Aplikasi menavigasikan user ke halaman skoliometer digital,	Passed

	derajat kemiringan tulang belakang	skoliometer digital	"Skoliometer"		
		Mengecek derajat kemiringan tulang belakang pada user	User membukukan badan ke depan (Adam's Forward Bend Test) dengan smartphone diletakkan pada bagian punggung	Aplikasi akan secara otomatis menampilkan derajat kemiringan tulang belakang user beserta tingkat keparahannya	Passed
	User ingin menyimpan data dari derajat kemiringan tulang belakang	Menyimpan derajat kemiringan tulang belakang pada user	User menekan tombol "Submit"	Aplikasi menyimpan data pada user defaults dan menampilkan alert "Angle Saved"	Passed
	User ingin melihat catatan data yang sudah disimpan	Melihat catatan data yang sudah disimpan	User menekan tombol panah "<"	Aplikasi menavigasikan user kembali ke halaman utama yang menampilkan catatan data yang tersimpan	Passed
Penyimpanan Data (History Record)	User ingin menghapus data dari derajat kemiringan tulang belakang yang sudah disimpan	Menghapus data yang tersimpan	User melakukan swipe drag gesture pada data yang ingin dihapus	Aplikasi menampilkan alert konfirmasi	Passed
			User menekan tombol destruktif "delete"	Aplikasi menghapus data tersebut	Passed

Selain itu, untuk memastikan tingkat akurasi dari aplikasi maka pengujian dilakukan pada pengguna yang telah melakukan konsultasi dengan dokter dan memperoleh hasil mengenai derajat kemiringannya melalui Adam's Forward Bend Test yang menggunakan skoliometer konvensional. Berikut ini adalah beberapa sampel data yang telah tercatat:

TABEL III
PERBANDINGAN DATA DOKTER MENGGUNAKAN SKOLIOMETER
KONVENSIONAL DENGAN DATA APLIKASI

No	Data Dokter (Skoliometer Konvensional)	Data Aplikasi Skoliometer
1	4 dan 6	4.25 dan 6.59
2	21	21
3	15.6 dan 24.3	15.31 dan 24.1
4	5	5.65
5	4	4.23
6	17	18.17
7	5	5.44
8	4	4.23
9	11	11.38
10	17	17.23

Penelitian menunjukkan bahwa perbedaan dalam pengukuran sudut derajat kemiringan antara metode manual dan digital dapat bervariasi, tetapi umumnya, perbedaan hingga 5° sering dianggap sebagai batas toleransi yang dapat diterima dalam konteks klinis [23]. Menurut Bunnell, kriteria toleransi 5° memungkinkan deteksi 23% pasien dengan sudut Cobb lebih dari 20° yang diukur menggunakan skoliometer [22]. Studi tersebut menggunakan kriteria 5° untuk rujukan juga menunjukkan efektivitas skoliometer dalam skrining dan investigasi prevalensi skoliosis idiopatik [23]. Dengan demikian, batas toleransi 5° tidak hanya realistis secara klinis tetapi juga didukung oleh bukti empiris dalam konteks skrining dan diagnosis awal.

Sebuah penelitian menghasilkan rata-rata perbedaan antara aplikasi pada iPhone dan skoliometer tradisional adalah 2,1°, dengan iPhone cenderung memberikan hasil yang sedikit lebih tinggi (1°) [24].

Dari Tabel III dapat disimpulkan bahwa aplikasi cukup akurat. Bila dilakukan pembulatan kebawah, maka didapatkan tingkat akurasi dari aplikasi sebesar 90%. Hasil deteksi dari aplikasi ini bila dibandingkan dengan hasil pemeriksaan skoliosis dari dokter sangat mirip dan terdapat perbedaan kecil kurang dari 2° dalam pengukuran, perbedaan ini masih berada dalam batas toleransi yang dapat

diterima untuk deteksi awal. Perbedaan antara setiap data juga menunjukkan bahwa data dari aplikasi cenderung sedikit lebih tinggi kurang dari 1°. Hal ini menandakan bahwa aplikasi dapat memberikan estimasi yang cukup akurat untuk keperluan deteksi dini.

Hasil pengujian juga menunjukkan bahwa sebagian besar pengguna merasa aplikasi ini mudah digunakan dan intuitif dalam melakukan deteksi skoliosis mandiri. Pengguna secara umum mengapresiasi fitur visual dan navigasi sederhana yang membantu mereka dalam mengikuti instruksi deteksi postur. Selain itu, fitur pelacakan perkembangan mendapatkan umpan balik positif karena memungkinkan pengguna untuk memantau perubahan kondisi mereka secara berkala.

Lebih lanjut, pengguna mengungkapkan bahwa aplikasi ini memberikan mereka rasa percaya diri dan kenyamanan dalam mengelola kondisi mereka. Mereka merasa terbantu dengan adanya catatan digital dari setiap sesi pengukuran yang dapat dijadikan referensi dalam konsultasi lebih lanjut dengan profesional kesehatan. Saran tambahan dari pengguna termasuk penambahan fitur yang dapat memberikan panduan tindakan lebih lanjut berdasarkan hasil deteksi yang diperoleh.

Evaluasi ini menunjukkan bahwa aplikasi memiliki potensi untuk menjadi alat pemantauan yang efektif di lingkungan rumah, tanpa perlu pemeriksaan berkala di pusat kesehatan. Ini dapat menjadi solusi bagi individu yang memiliki keterbatasan akses ke fasilitas kesehatan atau tinggal di wilayah dengan keterbatasan layanan medis.

IV. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang aplikasi berbasis iOS yang dirancang untuk membantu pengguna dalam mendeteksi tanda-tanda awal skoliosis secara mandiri menggunakan teknologi core motion. Aplikasi ini memanfaatkan teknologi gyroscope dari core motion untuk melakukan kalkulasi terhadap derajat kemiringan punggung pengguna dalam posisi bungkuk dan melakukan Adam's Forward Bend Test. Selain itu, aplikasi ini juga memiliki fitur pelacakan perkembangan yang memungkinkan pengguna menyimpan hasil deteksi dari waktu ke waktu.

Fitur-fitur dari aplikasi ini diharapkan dapat memberikan kemudahan bagi pengguna untuk melakukan deteksi dini skoliosis secara non-invasif dan tanpa radiasi, sekaligus memberikan manfaat dalam pengumpulan data populasi secara umum.

Fitur utama aplikasi ini, yaitu kemampuan deteksi mandiri skoliosis, menunjukkan bahwa teknologi sederhana yang ada di perangkat iOS dapat dimanfaatkan untuk tujuan medis yang bersifat preventif. Dengan menggunakan perangkat iOS yang banyak dimiliki masyarakat, aplikasi ini memungkinkan pemeriksaan awal yang murah dan mudah dilakukan. Refleksi dari hasil ini menunjukkan potensi teknologi untuk meningkatkan kesadaran kesehatan

masyarakat, khususnya untuk penyakit yang jarang terdeteksi pada tahap awal seperti skoliosis. Lebih jauh, pengumpulan data perkembangan pengguna dalam jangka panjang membuka kesempatan bagi pengguna untuk memantau kondisinya secara mandiri dan membantu mereka memahami lebih baik apakah kondisi mereka mengalami perbaikan atau semakin parah. Penggunaan aplikasi ini diharapkan akan berkontribusi pada deteksi dini skoliosis, terutama di kalangan masyarakat yang memiliki akses terbatas pada fasilitas kesehatan.

Hasil dari aplikasi ini sejalan dengan beberapa penelitian terdahulu yang menunjukkan bahwa pengukuran skoliosis menggunakan alat non-invasif, seperti skoliometer, memiliki tingkat akurasi yang cukup tinggi. Dibandingkan dengan penelitian sebelumnya yang lebih banyak fokus pada penggunaan alat medis konvensional seperti skoliometer atau metode radiografi, aplikasi ini memberikan alternatif digital yang lebih mudah diakses. Hasil dari penelitian juga menunjukkan tingkat akurasi yang cukup tinggi, mencapai 90%. Hal ini menunjukkan bahwa teknologi berbasis mobile memiliki potensi besar untuk mendukung sistem kesehatan masyarakat, khususnya untuk penyakit yang membutuhkan deteksi dan pemantauan jangka panjang.

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan, aplikasi ini masih memiliki ruang pengembangan lebih lanjut, seperti alat monitoring berkelanjutan yang terhubung dengan platform atau database kesehatan nasional. Data rekapitulasi yang dihasilkan aplikasi ini juga dapat menganalisis prevalensi skoliosis. Selain itu, dengan sistem profil, aplikasi ini bisa menyimpan data informasi lengkap banyak pengguna, seperti nama, usia, dan riwayat kesehatan. Sehingga dokter juga dapat menggunakan aplikasi ini untuk melacak perkembangan pasiennya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. M. D. Kesumayanti, I. V. Juhanna, A. A. N. T. N. Dewi, and I. W. G. Sutadarma, 'Posisi Duduk Dan Berat Beban Tas Terhadap Kejadian Skoliosis Pada Anak Sekolah Menengah Pertama', *Majalah Ilmiah Fisioterapi Indonesia*, vol. 11, no. 1, p. 13, Jan. 2023, doi: 10.24843/mifi.2023.v11.i01.p03.
- [2] M. W. Dewangga, P. Kinasih, K. L. Farizqi, A. V. Anggraheni, C. I. Safira, and A. Pristianto, 'Program Preventif Dan Deteksi Dini Skoliosis Pada Organisasi Siswa Intra Sekolah di SMPN 3 Surakarta', *Servirisma*, vol. 4, no. 1, pp. 1–7, May 2024, doi: 10.21460/servirisma.2024.41.43.
- [3] H. Hilmiati and F. Y. Fitri Yani, 'Perbedaan pengaruh Swiss Ball Exercise dan Klapp Exercise terhadap keseimbangan penderita scoliosis pada remaja usia 16-19 tahun', *Journal Physical Therapy UNISA*, vol. 3, no. 2, pp. 69–79, Nov. 2023, doi: 10.31101/jitu.3311.
- [4] S. Haleem and C. Nnadi, 'Scoliosis: a review', May 01, 2018, *Churchill Livingstone*. doi: 10.1016/j.paed.2018.03.007.
- [5] L. Putri, A. Multazam, T. Dewi Fransiska, P. Studi Profesi Fisioterapi, F. Ilmu Kesehatan, and K. Kunci, 'Penyuluhan Dalam Upaya Pencegahan Skoliosis Dini di SD MISS Elementary School', 2024. [Online]. Available: <https://dmi-journals.org/jai/1208>
- [6] S. Byun and D. han, 'The effect of chiropractic techniques on the Cobb angle in idiopathic scoliosis arising in adolescence'.

- [7] N. Kurniawati, N. Fadilla, and M. Ali, 'Perbandingan Pengaruh Self Correction dan Task Oriented Exercise dengan Klapp Exercise terhadap Derajat Skoliosis Siswa SMP dengan Skoliosis Idiopatik Tipe C', *Quality : Jurnal Kesehatan*, vol. 13, no. 2, pp. 82–90, Dec. 2019, doi: 10.36082/qjk.v13i2.78.
- [8] J. Pelealu *et al.*, 'Rehabilitasi Medik Pada Skoliosis'.
- [9] S. Syabariyah, R. Anesti, and R. Alfin, 'Kemaknaan Lengkung Kurvatura dan Rib Hump pada Skrining Risiko Skoliosis', *Buletin Ilmu Kebidanan dan Keperawatan*, vol. 1, no. 02, pp. 53–62, Sep. 2022, doi: 10.56741/bikk.v1i02.125.
- [10] E. Nabila, 'Efektivitas Skoliometer Sebagai Alat Deteksi Dini Skoliosis', *Health & Medical Journal*, Jan. 2020, doi: 10.33854/heme.v2i1.297.
- [11] R. D. Adobor, R. B. Riise, R. Sørensen, T. J. Kibsgård, H. Steen, and J. I. Brox, 'Scoliosis detection, patient characteristics, referral patterns and treatment in the absence of a screening program in Norway', *Scoliosis*, vol. 7, no. 1, Oct. 2012, doi: 10.1186/1748-7161-7-18.
- [12] M. Beauséjour *et al.*, 'The effectiveness of scoliosis screening programs: Methods for systematic review and expert panel recommendations formulation', *Scoliosis*, vol. 8, no. 1, Jul. 2013, doi: 10.1186/1748-7161-8-12.
- [13] S. L. Olivares, E. Adame, J. I. Treviño, M. V. López, and M. L. Turrubiates, 'Action learning: challenges that impact employability skills', *Higher Education, Skills and Work-based Learning*, vol. 10, no. 1, pp. 203–216, Jan. 2020, doi: 10.1108/HESWBL-07-2019-0097.
- [14] M. Leijon, P. Gudmundsson, P. Staaf, and C. Christersson, 'Challenge based learning in higher education– A systematic literature review', *Innovations in Education and Teaching International*, vol. 59, no. 5, pp. 609–618, 2022, doi: 10.1080/14703297.2021.1892503.
- [15] S. Sadjji Evenddy and N. Gailea, 'Exploring the Benefits and Challenges of Project-Based Learning in Higher Education', *PPSDP International Journal of Education*, vol. 2, no. 2, pp. 458–469, 2023.
- [16] A. A. Rahman, S. Sahid, and N. Mohamad Nasri, 'Literature review on the benefits and challenges of active learning on students' achievement', *Cypriot Journal of Educational Sciences*, vol. 17, no. 12, Dec. 2022, doi: 10.18844/cjes.v17i12.8133.
- [17] S. E. Gallagher and T. Savage, 'Challenge-based learning in higher education: an exploratory literature review', *Teaching in Higher Education*, vol. 28, no. 6, pp. 1135–1157, 2023, doi: 10.1080/13562517.2020.1863354.
- [18] B. H. Har, N. Arsyad, and Rusli, 'Cultivating Characteristic Critical Thinking: Exploring Critical Thinking Abilities through the CBL Learning Model', *International Journal of Scientific Research and Management (IJSRM)*, vol. 12, no. 02, pp. 3209–3211, Feb. 2024, doi: 10.18535/ijrm/v12i02.e106.
- [19] S. F. Farizi, N. Umamah, and B. Soepeno, 'The Effect of the Challenge Based Learning Model on Critical Thinking Skills and Learning Outcomes', *Anatolian Journal of Education*, vol. 8, no. 1, pp. 191–206, Apr. 2023, doi: 10.29333/aje.2023.8113a.
- [20] J. Membrillo-Hernández *et al.*, 'Challenge-based learning: The case of sustainable development engineering at the Tecnológico de Monterrey, Mexico City Campus', *International Journal of Engineering Pedagogy*, vol. 8, no. 3, pp. 137–144, 2018, doi: 10.3991/ijep.v8i3.8007.
- [21] I. Adzani *et al.*, 'Efforts to optimize spinal health in adolescents: Enhancing awareness of scoliosis and body posture at SMA Negeri 3 South Tangerang City', *Community Empowerment*, vol. 9, no. 2, pp. 248–257, Feb. 2024, doi: 10.31603/ce.10561.
- [22] A. C. Koumbourlis, 'Scoliosis and the respiratory system', Jun. 2006, doi: 10.1016/j.prrv.2006.04.009.
- [23] D. M. Coelho, G. H. Bonagamba, and A. S. Oliveira, 'Scoliometer measurements of patients with idiopathic scoliosis', *Braz J Phys Ther*, vol. 17, no. 2, pp. 179–184, Apr. 2013, doi: 10.1590/S1413-35552012005000081.
- [24] M. T. Izatt, G. R. Bateman, and C. J. Adam, 'Evaluation of the iPhone with an acrylic sleeve versus the Scoliometer for rib hump measurement in scoliosis', 2012. [Online]. Available: <http://www.scoliosisjournal.com/content/7/1/14>