

STUDI PENDAHULUAN ANALISIS KINEMATIK LATIHAN INTI SEBAGAI *BASELINE* BIOMEKANIKA ANAK PRA-REMAJA

PRELIMINARY STUDY OF KINEMATIC ANALYSIS OF CORE EXERCISES AS A BASELINE FOR BIOMECHANICS OF PRE-ADOLESCENT CHILDREN

^{1*}Miftahul Janna, ²Andi Muhammad Rizky Al Mufarid, ³Muhammad Rizky Alfarizi
^{1*,2,3} Pendidikan Jasmani Kesehatan dan Rekreasi, Fakultas Ilmu Keolahragaan dan Kesehatan,
Universitas Negeri Makassar

Kontak koresponden: miftahul.janna@unm.ac.id

ABSTRAK

Latihan kekuatan inti memiliki peran penting dalam mendukung stabilitas tubuh, kualitas gerak, dan pencegahan cedera pada anak usia pra-remaja. Namun, data kinematik mengenai pelaksanaan latihan inti yang aman dan terukur masih terbatas, terutama sebagai dasar penyusunan protokol latihan yang sesuai dengan tahap perkembangan anak. Penelitian ini merupakan studi pendahuluan yang bertujuan menganalisis parameter kinematik gerakan *sit-up* dan *back-up* sebagai acuan awal pengembangan baseline biomekanika latihan kekuatan inti bagi anak usia pra-remaja. Penelitian menggunakan desain deskriptif eksploratif dengan pendekatan biomekanika berbasis analisis gerak. Subjek penelitian adalah satu atlet anggar nasional laki-laki dewasa sehat yang dipilih sebagai model gerak awal karena memiliki pengalaman latihan dan kemampuan kontrol postural yang baik. Setiap gerakan dilakukan sebanyak lima repetisi. Data diperoleh melalui perekaman gerak, dianalisis menggunakan perangkat lunak Kinovea, dan diolah secara deskriptif dengan bantuan SPSS. Hasil penelitian menunjukkan bahwa gerakan *sit-up* memiliki sudut lutut yang konsisten pada seluruh repetisi, *trunk flexion* yang relatif seragam, serta durasi gerakan yang stabil. Pada gerakan *back-up*, *trunk extension* menunjukkan variasi yang lebih besar dibandingkan parameter sudut pada *sit-up*, sedangkan durasi gerakan cenderung lebih singkat. Temuan ini menunjukkan bahwa *sit-up* dan *back-up* memiliki parameter kinematik yang dapat dijadikan acuan awal dalam pengembangan protokol latihan kekuatan inti. Namun, karena data diperoleh dari satu subjek dewasa terlatih, hasil penelitian ini belum dapat digeneralisasikan sebagai *baseline* biomekanika anak usia pra-remaja dan masih memerlukan validasi langsung pada populasi sasaran.

Kata Kunci: analisis kinematik; latihan inti; *baseline* biomekanika; anak pra-remaja

ABSTRACT

Core strength training plays a crucial role in supporting body stability, movement quality, and injury prevention in pre-adolescent children. However, kinematic data on the safe and measurable implementation of core training is limited, particularly as a basis for developing training protocols appropriate to children's developmental stages. This preliminary study aims to analyze the kinematic parameters of sit-ups and back-ups as an initial reference for developing a biomechanical baseline for core strength training for pre-adolescent children. The study employed a descriptive exploratory design with a biomechanical approach based on motion analysis. The subject was a healthy adult male national fencer selected as the initial

movement model due to his training experience and good postural control abilities. Each movement was performed for five repetitions. Data were obtained through motion recording, analyzed using Kinovea software, and processed descriptively with the help of SPSS. The results showed that sit-ups had consistent knee angles across all repetitions, relatively uniform trunk flexion, and stable movement duration. In back-ups, trunk extension showed greater variation compared to the angular parameters in sit-ups, while movement duration tended to be shorter. These findings indicate that sit-ups and back-ups have kinematic parameters that can be used as initial references in developing core strength training protocols. However, because the data were obtained from a single trained adult subject, the results of this study cannot be generalized as a biomechanical baseline for pre-adolescent children and require direct validation in the target population.

Keywords: *kinematic analysis; core training; biomechanical baseline; pre-adolescent children*

Pendahuluan

Anak usia pra-remaja berada pada fase pertumbuhan yang sangat penting, ditandai oleh perkembangan fisik, psikomotorik, koordinasi gerak, serta pembentukan kemampuan tubuh dalam merespons aktivitas sehari-hari. Pada tahap ini, aktivitas fisik memiliki peran strategis dalam mendukung pertumbuhan tulang, perkembangan otot, koordinasi motorik, dan pemeliharaan kesehatan tubuh secara menyeluruh (Cordero, 2025). Rendahnya aktivitas fisik dapat menjadi masalah apabila tidak diimbangi dengan bentuk latihan yang tepat, karena kondisi tersebut berpotensi memengaruhi postur tubuh, keseimbangan, dan meningkatkan risiko cedera pada masa perkembangan berikutnya (Zemková et al., 2024). Struktur tulang belakang, otot, dan sendi anak pra-remaja yang masih berkembang juga menjadikan kelompok usia ini lebih rentan terhadap cedera apabila latihan dilakukan tanpa kontrol gerak yang memadai (Kannas et al., 2023). Latihan yang tidak memperhatikan teknik pelaksanaan dapat memicu keluhan seperti nyeri punggung, ketegangan otot, hingga cedera sendi (Radnor, 2020). Perancangan program latihan bagi anak pra-remaja perlu mempertimbangkan karakteristik biomekanika tubuh agar peningkatan kebugaran tetap berjalan sejalan dengan prinsip keselamatan gerak.

Partisipasi anak dalam kegiatan olahraga juga membawa konsekuensi terhadap meningkatnya potensi cedera, terutama ketika aktivitas dilakukan secara intensif tanpa pengawasan teknik yang tepat. Beberapa cabang olahraga, seperti sepak bola dan senam, menunjukkan pola cedera tertentu pada anak, sehingga strategi pencegahan perlu disesuaikan dengan karakteristik usia, jenis aktivitas, dan kemampuan fisik peserta latihan (Mommel et al., 2023; Weil et al., 2021). Pemantauan aktivitas fisik, pengenalan teknik gerak yang benar, serta penerapan program pencegahan cedera menjadi bagian penting dalam menekan risiko cedera pada kelompok anak dan remaja (Temsah et al., 2022; Mahmoudi et al., 2024).

Kekuatan inti atau *core strength* merupakan salah satu komponen penting dalam mendukung kualitas gerak anak usia pra-remaja. Kemampuan tubuh dalam menstabilkan area abdomen, panggul, dan tulang belakang sangat menentukan stabilitas postural, efektivitas gerakan, serta perlindungan terhadap risiko cedera selama aktivitas dinamis (Zemková et al.,

2024). Latihan stabilitas inti, termasuk bentuk latihan dasar seperti *sit-up* dan *back-up*, sering digunakan dalam pembinaan fisik karena berperan dalam memperkuat otot pusat tubuh. Pelaksanaannya tetap perlu disesuaikan dengan tahap perkembangan fisiologis anak agar manfaat latihan tidak menimbulkan beban berlebih pada struktur tubuh yang masih berkembang. Latihan penguatan inti terbukti dapat meningkatkan massa otot, daya tahan, kekuatan otot, serta membantu menjaga postur dan stabilitas tubuh selama beraktivitas (Başkaya et al., 2023). Variasi latihan seperti *Quad-Core exercises*, posisi plank, penggunaan *balance board*, dan *Bosu ball* juga dilaporkan mampu meningkatkan kekuatan inti, keterampilan motorik, dan fungsi neuromuskular anak (Başkaya et al., 2023; Güngörenler & Şimşek, 2023; Sawant et al., 2020; Gu et al., 2022). Penyesuaian bentuk latihan dengan karakteristik perkembangan anak menjadi syarat penting sebelum anak diarahkan pada pola latihan yang lebih kompleks (Yalfani et al., 2020; Ali, 2019). Kebaruan penelitian ini terletak pada penerapan analisis kinematik berbasis perangkat lunak Kinovea untuk menyusun parameter biomekanika awal pada latihan *sit-up* dan *back-up*, meliputi sudut tubuh, durasi gerakan, dan stabilitas posisi tubuh sebagai dasar pengembangan protokol latihan kekuatan inti bagi anak usia pra-remaja. Penggunaan Kinovea relevan dalam penelitian ini karena perangkat lunak tersebut telah digunakan dalam analisis biomekanika olahraga untuk mengukur parameter gerak seperti sudut, kecepatan, dan estimasi *power* melalui analisis video gerak atlet (Mahmuddin et al., 2026). Selain itu, Kinovea juga dilaporkan memiliki reliabilitas dan validitas yang baik sebagai perangkat analisis gerak dua dimensi dalam pengukuran sudut batang tubuh (Iijima et al., 2023).

Pemahaman terhadap gerakan yang ideal berdasarkan prinsip biomekanika menjadi aspek penting dalam upaya pencegahan cedera pada anak pra-remaja. Cedera olahraga pada anak pada dasarnya dapat diprediksi dan dikurangi melalui program latihan yang memperhatikan mekanika gerak, kontrol postural, stabilitas sendi, dan keseimbangan tubuh (Yeon et al., 2022; Shigematsu et al., 2022; Habermehl et al., 2021). Dalam konteks latihan kekuatan inti, parameter kinematik seperti sudut lutut, *trunk flexion*, *trunk extension*, dan durasi gerakan penting dianalisis karena parameter tersebut menggambarkan posisi tubuh, rentang gerak, serta kontrol gerakan selama latihan. Pada gerakan *sit-up*, variasi posisi tubuh dapat memengaruhi keterlibatan otot abdominal dan *hip flexor*, sehingga posisi lutut, panggul, dan batang tubuh perlu dikontrol agar gerakan tetap efektif dan tidak didominasi oleh kompensasi otot tertentu (Sullivan et al., 2015; Parfrey et al., 2008). Pada gerakan *back-up*, pengamatan terhadap *trunk extension* diperlukan untuk memastikan bahwa gerakan ekstensi batang tubuh dilakukan secara terkontrol dan tidak berlebihan, mengingat postur dan gaya mekanik tubuh dapat memengaruhi beban pada area lumbar (Roman-Liu et al., 2023). Durasi gerakan juga perlu diperhatikan karena tempo latihan yang terlalu cepat dapat mengurangi kontrol postural dan meningkatkan kemungkinan gerakan kompensatoris. Program pencegahan seperti FIFA 11+ Kids menunjukkan bahwa teknik gerak yang benar, stabilitas inti, dan keseimbangan gerakan anggota tubuh dapat membantu menurunkan risiko cedera pada anak yang aktif berolahraga (Yalfani et al., 2020). Pelatihan yang aman, teknik yang sesuai, serta pengaturan lingkungan olahraga menjadi komponen penting dalam membangun aktivitas fisik yang sehat dan minim risiko

(Yeon et al., 2022; Temsah et al., 2022).

Kajian sebelumnya menunjukkan bahwa pencegahan cedera dan latihan kekuatan inti pada anak dan remaja telah dibahas dari beberapa sudut pandang. Yeon et al. (2022) menunjukkan bahwa cedera nonfatal pada anak dan remaja banyak berkaitan dengan mekanisme seperti jatuh atau terpeleset, tabrakan, dan kecelakaan kendaraan bermotor, sehingga aspek keselamatan aktivitas fisik perlu mendapat perhatian dalam perancangan latihan. Shigematsu et al. (2022) mengidentifikasi bahwa durasi olahraga mingguan, spesialisasi olahraga, jenis kelamin, level kompetisi, dan riwayat cedera sebelumnya merupakan faktor yang berkaitan dengan cedera olahraga pada anak usia sekolah dan remaja. Yalfani et al. (2020) menunjukkan bahwa program FIFA 11+ dan FIFA 11+ Kids dapat digunakan sebagai strategi pencegahan cedera pada pemain sepak bola pra-remaja karena berkaitan dengan peningkatan keseimbangan, aktivitas melompat, kekuatan tungkai bawah, stabilitas, pola gerak, dan daya tahan otot batang tubuh. Temsah et al. (2022) menekankan bahwa kampanye edukasi keselamatan dapat meningkatkan pengetahuan dan sikap orang tua atau pengasuh terhadap pencegahan cedera anak dan remaja, meskipun kajian tersebut lebih berfokus pada aspek edukasi keselamatan daripada analisis biomekanika gerak. Dalam konteks latihan inti, Başkaya et al. (2023) meneliti pengaruh latihan inti statis dan dinamis terhadap performa motorik serta keterampilan sepak bola pemain usia 10–12 tahun. Güngörenler & Şimşek (2023) menunjukkan bahwa latihan stabilisasi inti dapat meningkatkan keterampilan motorik ekstremitas atas pada anak overweight dan obese. Gu et al. (2022) membahas faktor-faktor yang berhubungan dengan pemenuhan pedoman latihan penguatan otot pada anak dan remaja, sehingga lebih tepat digunakan untuk mendukung pentingnya partisipasi anak dalam aktivitas penguatan otot, bukan sebagai bukti langsung efektivitas latihan inti. Berdasarkan sintesis tersebut, penelitian sebelumnya memiliki persamaan dalam menekankan pentingnya latihan fisik yang aman, terkontrol, dan sesuai usia. Perbedaanannya, sebagian besar kajian masih berfokus pada pola cedera, faktor risiko cedera, program pencegahan cedera, edukasi keselamatan, atau manfaat latihan inti terhadap performa fisik. Analisis parameter kinematik spesifik seperti sudut lutut, *trunk flexion*, *trunk extension*, durasi gerakan, dan stabilitas tubuh pada latihan dasar *sit-up* dan *back-up* masih terbatas. Keterbatasan inilah yang menjadi dasar perlunya studi pendahuluan untuk menyusun acuan biomekanika awal sebagai dasar pengembangan protokol latihan kekuatan inti bagi anak usia pra-remaja.

Berdasarkan sintesis tersebut, dapat ditegaskan bahwa penelitian terdahulu telah memberikan kontribusi penting, tetapi belum secara langsung menjawab kebutuhan penelitian ini. Kajian tentang cedera anak dan remaja lebih banyak menjelaskan pola kejadian cedera, mekanisme cedera, faktor risiko, dan pentingnya edukasi keselamatan, sedangkan kajian tentang latihan inti lebih banyak menilai pengaruh latihan terhadap performa motorik, keterampilan olahraga, atau partisipasi dalam aktivitas penguatan otot. Dengan demikian, masih terdapat celah penelitian pada aspek analisis biomekanika gerak, khususnya pengukuran parameter kinematik dasar seperti sudut lutut, *trunk flexion*, *trunk extension*, durasi gerakan, dan stabilitas tubuh pada latihan *sit-up* dan *back-up*. Padahal, kedua latihan tersebut banyak digunakan dalam

pendidikan jasmani dan latihan kebugaran, tetapi acuan gerak yang terukur untuk mendukung keamanan pelaksanaannya, terutama sebagai dasar pengembangan protokol latihan anak usia pra-remaja, masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini menawarkan kontribusi awal berupa analisis kinematik *sit-up* dan *back-up* pada subjek dewasa terlatih sebagai model gerak pendahuluan untuk menyusun baseline biomekanika yang selanjutnya dapat diadaptasi dan diuji pada anak usia pra-remaja.

Penelitian ini bertujuan menganalisis parameter kinematik gerakan *sit-up* dan *back-up* pada subjek dewasa terlatih sebagai acuan awal dalam pengembangan baseline biomekanika latihan kekuatan inti yang akan diadaptasi bagi anak usia pra-remaja. Fokus analisis mencakup sudut tubuh, posisi tubuh, durasi gerakan, serta stabilitas selama pelaksanaan latihan. Pengukuran terhadap aspek-aspek seperti sudut lutut, sudut panggul atau batang tubuh, tempo gerakan, dan kestabilan postural diharapkan dapat memberikan gambaran awal mengenai karakteristik gerak yang aman dan efektif. Hasil analisis ini penting untuk mendukung penyusunan pedoman latihan kekuatan inti yang tidak hanya berorientasi pada peningkatan kebugaran, tetapi juga mempertimbangkan keamanan struktur tubuh anak yang masih berada dalam masa pertumbuhan.

Penelitian ini diposisikan sebagai studi pendahuluan untuk menguji kelayakan prosedur perekaman dan analisis gerak serta mengidentifikasi parameter kinematik yang relevan pada gerakan *sit-up* dan *back-up*. Penggunaan satu subjek dewasa terlatih tidak dimaksudkan untuk merepresentasikan karakteristik biomekanika anak usia pra-remaja, tetapi untuk memperoleh pelaksanaan gerak yang relatif konsisten sehingga prosedur pengukuran sudut tubuh, durasi gerakan, dan stabilitas posisi dapat dievaluasi secara awal. Parameter yang diperoleh dalam penelitian ini diperlakukan sebagai parameter kandidat yang selanjutnya perlu diadaptasi, diuji, dan divalidasi secara langsung pada anak usia pra-remaja.

Metode

Penelitian ini menggunakan desain deskriptif eksploratif dengan pendekatan biomekanika berbasis prinsip fisika. Desain ini dipilih sebagai studi pendahuluan untuk memperoleh gambaran awal parameter kinematik latihan kekuatan inti tubuh sebelum dikembangkan lebih lanjut bagi anak usia pra-remaja. Penggunaan satu subjek dalam penelitian ini diposisikan sebagai *single-subject preliminary analysis*, yaitu analisis awal yang bertujuan menggambarkan karakteristik gerak secara mendalam pada satu model gerak terlatih, bukan untuk menghasilkan generalisasi populasi. Oleh karena itu, hasil penelitian ini dibatasi pada konteks subjek yang dianalisis dan tidak dimaksudkan untuk digeneralisasikan secara langsung pada kelompok yang lebih luas.

Subjek penelitian adalah seorang atlet anggar nasional laki-laki dewasa yang berada dalam kondisi sehat. Karakteristik subjek meliputi usia 26 tahun, tinggi badan 171 cm, berat badan 65 kg, indeks massa tubuh 22,23 kg/m², pengalaman berlatih 14 tahun, dominasi anggota tubuh tangan kanan, serta tidak memiliki riwayat cedera muskuloskeletal atau keluhan nyeri pada area punggung, panggul, lutut, dan ekstremitas bawah dalam 12 bulan terakhir. Pemilihan subjek

didasarkan pada pertimbangan bahwa atlet memiliki pengalaman latihan, kemampuan kontrol postural, serta konsistensi gerak yang diperlukan untuk menghasilkan model gerak awal yang stabil dan dapat dianalisis secara objektif.

Pengambilan data dilakukan di laboratorium kebugaran FIKK UNM pada kondisi lingkungan yang relatif terkendali, dengan permukaan lantai datar, area gerak bebas dari hambatan, dan pencahayaan yang cukup. Sebelum pengambilan data, subjek diberikan penjelasan mengenai prosedur penelitian, bentuk gerakan yang dianalisis, serta instruksi teknis pelaksanaan *sit-up* dan *back-up*. Subjek melakukan pemanasan selama 10 menit yang terdiri atas mobilisasi sendi, peregangan dinamis ringan, dan aktivasi otot inti. Setelah itu, subjek diberi kesempatan melakukan percobaan gerakan sebanyak 3 kali untuk memastikan pemahaman terhadap posisi awal, posisi akhir, dan tempo gerakan. Gerakan *sit-up* dan *back-up* dilakukan dengan bantuan alat fitness berupa *sit-up bench* yang berfungsi membantu mempertahankan posisi kaki, kestabilan tungkai, dan keseimbangan tubuh selama latihan. Setiap gerakan dilakukan sebanyak satu set yang terdiri atas lima repetisi, dengan waktu istirahat antar gerakan selama 2 menit. Subjek diinstruksikan untuk melakukan gerakan secara terkontrol, mempertahankan posisi kaki tetap stabil, menghindari gerakan kompensasi berlebihan, dan menjaga tempo gerakan agar relatif konsisten.

Perekaman gerakan dilakukan menggunakan kamera smartphone dengan resolusi 720p dan frame rate 30 fps. Kamera ditempatkan pada sisi lateral subjek agar bidang gerak sagital pada gerakan *sit-up* dan *back-up* terlihat jelas. Jarak kamera dari subjek adalah 3 meter, dengan tinggi kamera 80 cm dari permukaan lantai. Sudut pengambilan gambar dibuat tegak lurus terhadap bidang gerak subjek untuk meminimalkan distorsi pengukuran sudut. Selama proses perekaman, posisi kamera dipertahankan tetap, sedangkan pencahayaan ruangan diatur agar posisi segmen tubuh dapat diamati dengan jelas. Gerakan yang dianalisis terdiri atas dua bentuk latihan kekuatan inti, yaitu *sit-up* dan *back-up*. Setiap gerakan dilakukan sebanyak lima repetisi. Analisis difokuskan pada parameter kinematik yang meliputi sudut lutut, *trunk flexion*, *trunk extension*, durasi gerakan, stabilitas posisi kaki, dan keseimbangan tubuh selama pelaksanaan latihan. Seluruh rekaman gerakan dianalisis menggunakan perangkat lunak Kinovea untuk memperoleh data sudut tubuh, durasi gerakan, dan pola gerak. Data hasil pengukuran kemudian diolah menggunakan statistik deskriptif dengan bantuan perangkat lunak SPSS, meliputi nilai rata-rata, standar deviasi, nilai minimum, dan nilai maksimum.

Dalam penelitian ini, stabilitas posisi kaki dan keseimbangan tubuh dinilai secara operasional berdasarkan hasil observasi rekaman video. Posisi kaki dikategorikan stabil apabila kaki tetap berada pada alat penahan, tidak mengalami pergeseran posisi yang tampak selama gerakan, dan sudut lutut relatif dapat dipertahankan selama repetisi berlangsung. Keseimbangan tubuh dikategorikan stabil apabila subjek mampu melakukan gerakan tanpa kehilangan kontrol postural, tanpa ayunan tubuh berlebihan ke samping, tanpa perubahan titik tumpu yang mencolok, serta mampu kembali ke posisi awal secara terkontrol setelah setiap repetisi. Penilaian stabilitas dilakukan dengan mengamati konsistensi posisi segmen tubuh pada setiap repetisi melalui rekaman video yang dianalisis menggunakan Kinovea.

Penelitian ini secara khusus bertujuan untuk memperoleh gambaran awal mengenai karakteristik kinematik latihan kekuatan inti yang berpotensi relevan bagi pengembangan latihan anak usia pra-remaja. Analisis terhadap sudut tubuh, durasi, stabilitas, dan keseimbangan gerakan diharapkan dapat memberikan dasar objektif dalam merancang latihan yang sesuai dengan tahap perkembangan fisik anak. Hasil penelitian ini juga diharapkan dapat berkontribusi dalam penyusunan protokol latihan inti yang lebih aman, efektif, dan berorientasi pada peningkatan performa gerak sekaligus pencegahan risiko cedera pada anak usia pra-remaja.

Hasil

Bagian ini menyajikan hasil analisis kinematik pada latihan *sit-up* dan *back-up*. Paparan hasil difokuskan pada parameter sudut tubuh, durasi gerakan, stabilitas posisi kaki, serta keseimbangan tubuh selama pelaksanaan gerakan.

a. Analisis *Sit-up*

Tabel 1. Hasil analisis gerakan *sit-up*

Repetisi	Sudut Lutut (°)	<i>Trunk flexion</i> (°)	Posisi Kaki (Stabilitas)	Durasi Gerakan (detik)
1	91,2	96,4	Stabil	4,33
2	91,2	97,6	Stabil	4,10
3	91,2	98,1	Stabil	4,20
4	91,2	96,8	Stabil	4,17
5	91,2	98,3	Stabil	4,23

Berdasarkan tabel, hasil pengukuran pada gerakan *sit-up* menunjukkan bahwa sudut lutut berada pada nilai yang sama, yaitu 91,2° pada seluruh repetisi. Konsistensi tersebut mengindikasikan bahwa posisi tungkai dapat dipertahankan secara relatif tetap selama gerakan berlangsung. Berdasarkan kriteria operasional stabilitas yang digunakan dalam penelitian ini, posisi kaki dikategorikan stabil karena kaki tetap berada pada alat penahan, tidak tampak mengalami pergeseran selama gerakan, dan sudut lutut dapat dipertahankan secara konsisten pada setiap repetisi. Sementara itu, nilai *trunk flexion* berada pada rentang 96,4°–98,3°, dengan variasi yang relatif kecil antar repetisi. Durasi gerakan juga menunjukkan pola yang cukup seragam, yaitu antara 4,10–4,33 detik. Secara visual, gerakan *sit-up* juga menunjukkan keseimbangan tubuh yang relatif terkontrol karena tidak tampak adanya ayunan tubuh berlebihan, perubahan titik tumpu yang mencolok, atau kehilangan kontrol postural selama pelaksanaan gerakan. Temuan ini menunjukkan bahwa gerakan *sit-up* dilakukan dengan pola gerak yang relatif konsisten, ditandai oleh kestabilan sudut lutut, keteraturan durasi, dan variasi *trunk flexion* yang masih rendah antar repetisi.

Tabel 2. Analisis deskriptif kinematik gerakan *sit-up*

No	Parameter <i>Sit up</i>	Mean	SD	Min	Max
1	Sudut Lutut	91,20	0	91,20	91,20

2	<i>Trunk flexion</i> (°)	97,44	0,82	96,40	98,30
3	Durasi Gerakan	4,21	0,08	4,10	4,33

Tabel memperlihatkan hasil analisis deskriptif parameter kinematik pada gerakan *sit-up*. Sudut lutut memiliki nilai rata-rata sebesar 91,20° dengan standar deviasi 0,00, nilai minimum 91,20°, dan nilai maksimum 91,20°. Hasil ini menunjukkan bahwa sudut lutut berada pada nilai yang sama pada seluruh repetisi. Parameter *trunk flexion* menunjukkan nilai rata-rata sebesar 97,44° dengan standar deviasi 0,82. Nilai minimum *trunk flexion* adalah 96,40°, sedangkan nilai maksimum sebesar 98,30°. Rentang nilai tersebut menunjukkan adanya variasi kecil antar repetisi pada gerakan fleksi batang tubuh. Durasi gerakan *sit-up* memiliki nilai rata-rata sebesar 4,21 detik dengan standar deviasi 0,08. Durasi tercepat tercatat sebesar 4,10 detik, sedangkan durasi terlama sebesar 4,33 detik. Secara umum, hasil analisis deskriptif menunjukkan bahwa gerakan *sit-up* memiliki pola pengukuran yang relatif konsisten pada lima repetisi, terutama pada sudut lutut dan durasi gerakan.

b. Analisis *Back-up*

Tabel 3. Hasil analisis gerakan *back-up*

Repetisi	<i>Trunk Extension</i> (°)	Posisi Kaki (Stabilitas)	Durasi Gerakan (detik)	Keseimbangan (Stabil/Instabil)
1	26,8	Stabil	1,27	Stabil
2	20,7	Stabil	1,53	Stabil
3	30,0	Stabil	1,60	Stabil
4	26,3	Stabil	1,40	Stabil
5	32,2	Stabil	1,37	Stabil

Tabel menunjukkan hasil analisis kinematik pada gerakan *back-up*. Nilai *trunk extension* pada lima repetisi berada pada rentang 20,7°–32,2°. Nilai terendah terdapat pada repetisi kedua, yaitu 20,7°, sedangkan nilai tertinggi terdapat pada repetisi kelima, yaitu 32,2°. Hasil ini menunjukkan adanya variasi derajat ekstensi batang tubuh antar repetisi. Durasi gerakan *back-up* berada pada rentang 1,27–1,60 detik. Durasi tercepat terdapat pada repetisi pertama, yaitu 1,27 detik, sedangkan durasi terlama terdapat pada repetisi ketiga, yaitu 1,60 detik. Secara umum, durasi gerakan *back-up* menunjukkan variasi kecil antar repetisi. Berdasarkan hasil observasi rekaman video, posisi kaki berada dalam kategori stabil pada seluruh repetisi. Keseimbangan tubuh juga dikategorikan stabil pada lima repetisi, karena subjek mampu menyelesaikan gerakan tanpa kehilangan kontrol postural yang tampak secara visual, tanpa perubahan titik tumpu yang mencolok, dan tanpa pergeseran posisi kaki dari alat penahan.

Tabel 4. Analisis deskriptif kinematik gerakan *back-up*

No	Parameter <i>back up</i>	Mean	SD	Min	Max
1	<i>Trunk Extension</i> (°)	27,20	4,20	20,7	32,2
2	Durasi Gerakan	1,43	0,11	1,27	1,6

Tabel memperlihatkan hasil analisis deskriptif parameter kinematik pada gerakan *back-up*. Nilai trunk extension memiliki rata-rata sebesar $27,20^{\circ}$ dengan standar deviasi 4,20. Nilai minimum trunk extension tercatat sebesar $20,7^{\circ}$, sedangkan nilai maksimum sebesar $32,2^{\circ}$. Data tersebut menunjukkan bahwa trunk extension pada gerakan *back-up* memiliki variasi yang lebih besar dibandingkan parameter sudut pada gerakan *sit-up*. Durasi gerakan *back-up* memiliki nilai rata-rata sebesar 1,43 detik dengan standar deviasi 0,11. Durasi tercepat tercatat sebesar 1,27 detik, sedangkan durasi terlama sebesar 1,60 detik. Hasil ini menunjukkan bahwa durasi pelaksanaan gerakan *back-up* pada lima repetisi berada dalam rentang yang relatif pendek dengan variasi kecil antar repetisi.

Secara keseluruhan, hasil analisis menunjukkan bahwa gerakan *sit-up* memiliki sudut lutut yang konsisten pada seluruh repetisi, *trunk flexion* dengan variasi kecil, serta durasi gerakan yang relatif seragam. Pada gerakan *back-up*, *trunk extension* menunjukkan variasi yang lebih besar dibandingkan parameter sudut pada *sit-up*, sedangkan durasi gerakan berada pada rentang yang lebih singkat. Posisi kaki dan keseimbangan tubuh pada kedua gerakan berada dalam kategori stabil berdasarkan kriteria observasi yang digunakan dalam penelitian ini. Temuan ini merupakan baseline kinematik awal yang diperoleh dari satu subjek dewasa terlatih, sehingga belum dapat digeneralisasikan sebagai baseline biomekanika anak usia pra-remaja. Data ini perlu divalidasi lebih lanjut melalui penelitian yang melibatkan populasi anak usia pra-remaja secara langsung.

Pembahasan

Penelitian ini menghasilkan baseline kinematik awal pada dua bentuk latihan inti dasar, yaitu *sit-up* dan *back-up*, melalui analisis sudut lutut, *trunk flexion*, *trunk extension*, durasi gerakan, stabilitas posisi kaki, dan keseimbangan tubuh. Istilah *baseline* dalam penelitian ini perlu dipahami secara terbatas sebagai acuan awal yang diperoleh dari satu subjek dewasa terlatih, bukan sebagai standar final yang langsung merepresentasikan karakteristik biomekanika anak usia pra-remaja. Dengan demikian, hasil penelitian ini lebih tepat diposisikan sebagai tahap pendahuluan untuk mengidentifikasi parameter gerak yang dapat digunakan dalam penyusunan protokol awal, sebelum diuji dan divalidasi secara langsung pada populasi anak.

Pada gerakan *sit-up*, sudut lutut berada pada nilai yang konsisten, yaitu $91,20^{\circ}$ pada seluruh repetisi. Konsistensi ini menunjukkan bahwa posisi tungkai dapat dipertahankan secara relatif tetap selama gerakan berlangsung. Dalam konteks biomekanika *sit-up*, kestabilan posisi lutut penting karena perubahan posisi tungkai dapat memengaruhi pola gerak batang tubuh dan keterlibatan otot selama pelaksanaan latihan. Posisi lutut yang relatif stabil juga membantu mengurangi variasi gerakan yang tidak diperlukan, sehingga analisis terhadap *trunk flexion* dapat dilakukan secara lebih terkontrol. Temuan ini menunjukkan bahwa penggunaan alat penahan kaki dapat membantu menjaga posisi tungkai selama pengukuran, meskipun efektivitasnya pada anak pra-remaja tetap perlu diuji lebih lanjut.

Nilai *trunk flexion* pada *sit-up* menunjukkan rata-rata $97,44^{\circ}$ dengan standar deviasi 0,82. Variasi yang kecil antar repetisi menunjukkan bahwa subjek mampu melakukan fleksi batang

tubuh dengan pola yang relatif seragam. Secara biomekanik, *trunk flexion* merupakan parameter penting karena menggambarkan derajat pengangkatan batang tubuh selama *sit-up*. Gerakan *sit-up* melibatkan kerja otot abdominal dan *hip flexor*, sehingga sudut fleksi, posisi panggul, dan kontrol batang tubuh perlu diperhatikan agar gerakan tidak didominasi oleh kompensasi otot tertentu. Sullivan et al. (2015) dan Parfrey et al. (2008) menunjukkan bahwa variasi posisi dalam *sit-up* atau *curl-up* dapat memengaruhi aktivasi otot abdominal dan *hip flexor*. Oleh karena itu, nilai *trunk flexion* dalam penelitian ini dapat digunakan sebagai informasi awal untuk memahami pola fleksi batang tubuh pada subjek terlatih, tetapi belum dapat ditetapkan sebagai sudut ideal bagi anak usia pra-remaja.

Durasi gerakan *sit-up* memiliki rata-rata 4,21 detik dengan standar deviasi 0,08. Nilai ini menunjukkan bahwa tempo gerakan relatif seragam antar repetisi. Dalam latihan kekuatan inti, tempo gerakan berperan penting karena pelaksanaan yang terlalu cepat dapat mengurangi kontrol postural, sedangkan tempo yang lebih terkontrol memungkinkan subjek mempertahankan posisi tubuh secara lebih konsisten. Dengan demikian, durasi *sit-up* yang relatif seragam dalam penelitian ini menunjukkan adanya pola gerak yang stabil pada subjek dewasa terlatih. Namun, karena kemampuan kontrol motorik anak pra-remaja dapat berbeda dari orang dewasa, tempo ini tidak dapat langsung dijadikan acuan latihan anak tanpa proses adaptasi.

Pada gerakan *back-up*, *trunk extension* menunjukkan rata-rata 27,20° dengan standar deviasi 4,20 dan rentang 20,7°–32,2°. Dibandingkan dengan *trunk flexion* pada *sit-up*, variasi *trunk extension* pada *back-up* tampak lebih besar. Hal ini mengindikasikan bahwa gerakan *back-up* membutuhkan kontrol ekstensi batang tubuh yang lebih konsisten, terutama karena gerakan ini melibatkan pengangkatan batang tubuh dalam posisi tengkurap. Dalam konteks latihan inti, ekstensi batang tubuh perlu dikontrol agar tidak dilakukan secara berlebihan. Roman-Liu et al. (2023) menunjukkan bahwa beban pada tulang belakang lumbar dapat dipengaruhi oleh postur dan gaya mekanik yang bekerja pada tubuh. Oleh karena itu, hasil *trunk extension* dalam penelitian ini dapat menjadi perhatian awal dalam merancang latihan *back-up* yang lebih terkontrol, khususnya apabila latihan tersebut akan diadaptasi untuk anak pra-remaja.

Durasi gerakan *back-up* memiliki rata-rata 1,43 detik dengan standar deviasi 0,11. Durasi ini lebih singkat dibandingkan dengan durasi *sit-up*. Perbedaan tersebut menunjukkan bahwa pelaksanaan *back-up* cenderung lebih cepat daripada *sit-up* pada subjek penelitian ini. Tempo gerakan yang lebih cepat dapat menjadi perhatian karena berpotensi mengurangi kontrol postural, terutama pada gerakan yang melibatkan ekstensi batang tubuh. Oleh karena itu, dalam pengembangan protokol latihan untuk anak, gerakan *back-up* perlu diberi instruksi tempo yang jelas, batas ekstensi yang terkontrol, serta pengawasan teknik agar gerakan tidak dilakukan secara menghentak.

Temuan penelitian ini memiliki implikasi praktis bagi pengembangan latihan kekuatan inti dalam pendidikan jasmani dan pembinaan kebugaran anak. Pertama, latihan *sit-up* dan *back-up* sebaiknya tidak hanya dinilai dari jumlah repetisi, tetapi juga dari kualitas gerakan, seperti kestabilan posisi kaki, sudut batang tubuh, tempo pelaksanaan, dan kemampuan kembali ke posisi awal secara terkontrol. Kedua, penggunaan alat bantu atau penahan kaki dapat

dipertimbangkan pada tahap awal latihan untuk membantu stabilitas posisi tubuh, tetapi penggunaannya tetap perlu disesuaikan dengan usia dan kemampuan anak. Ketiga, guru pendidikan jasmani atau pelatih perlu memberikan instruksi teknik yang jelas, terutama terkait gerakan yang tidak menghentak, pengaturan tempo, dan pembatasan ekstensi batang tubuh pada *back-up*.

Justifikasi penggunaan satu subjek dewasa dalam penelitian ini terletak pada posisinya sebagai model gerak awal. Subjek dewasa terlatih dipilih karena memiliki pengalaman latihan, kontrol postural, dan konsistensi gerak yang memungkinkan parameter kinematik dasar diidentifikasi secara lebih jelas. Namun, penggunaan satu subjek juga menjadi keterbatasan utama penelitian. Hasil yang diperoleh hanya menggambarkan karakteristik gerak subjek tersebut dan tidak dapat digeneralisasikan secara langsung pada anak usia pra-remaja. Anak pra-remaja memiliki struktur muskuloskeletal, tingkat kematangan motorik, kekuatan otot, dan kontrol postural yang berbeda dari orang dewasa. Oleh karena itu, *baseline* yang dihasilkan dalam penelitian ini masih bersifat pendahuluan.

Keterbatasan lain penelitian ini adalah jumlah subjek yang sangat terbatas, penggunaan dua jenis latihan inti saja, serta analisis yang masih berbasis pengukuran kinematik sederhana. Penelitian ini belum mengukur aktivasi otot secara langsung, misalnya melalui elektromiografi, dan belum menganalisis beban mekanik pada tulang belakang secara mendalam. Selain itu, kategori stabilitas kaki dan keseimbangan tubuh masih didasarkan pada observasi video, sehingga penelitian lanjutan perlu menggunakan indikator stabilitas yang lebih objektif. Dengan mempertimbangkan keterbatasan tersebut, penelitian selanjutnya disarankan melibatkan anak usia pra-remaja secara langsung, menggunakan jumlah sampel yang lebih besar, membandingkan jenis kelamin dan kelompok usia, serta menambahkan variasi latihan inti seperti *plank*, *bridge*, atau *dynamic stability drills*.

Dengan demikian, kontribusi utama penelitian ini adalah menyediakan gambaran awal parameter kinematik *sit-up* dan *back-up* sebagai dasar pengembangan protokol latihan kekuatan inti berbasis biomekanika. Data ini dapat membantu merancang latihan yang lebih terukur dari aspek posisi lutut, sudut batang tubuh, tempo gerakan, dan stabilitas pelaksanaan. Namun, penerapannya pada anak usia pra-remaja harus dilakukan secara hati-hati melalui proses adaptasi dan validasi lebih lanjut agar protokol latihan yang dikembangkan benar-benar aman, sesuai usia, dan berbasis bukti.

Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa analisis kinematik pada gerakan *sit-up* dan *back-up* dapat digunakan untuk mengidentifikasi parameter awal latihan kekuatan inti, terutama sudut tubuh, durasi gerakan, dan stabilitas pelaksanaan. Kedua gerakan memperlihatkan pola kinematik yang relatif terkontrol pada subjek dewasa terlatih, sehingga hasilnya dapat dimanfaatkan sebagai tahap pendahuluan dalam penyusunan prosedur dan parameter latihan yang selanjutnya perlu diuji pada anak usia pra-remaja. Secara praktis, temuan ini menegaskan pentingnya pengawasan teknik, pengaturan tempo, kontrol posisi tubuh, dan penyesuaian

intensitas sebelum *sit-up* dan *back-up* diterapkan pada anak. Namun, karena penelitian hanya melibatkan satu subjek dewasa, hasil yang diperoleh lebih tepat diposisikan sebagai data pendahuluan dalam pengembangan baseline biomekanika anak usia pra-remaja, bukan sebagai nilai normatif yang dapat langsung diterapkan pada populasi tersebut. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya perlu melibatkan anak pra-remaja secara langsung dengan jumlah subjek yang lebih besar, memperluas variasi latihan inti, serta menggunakan analisis biomekanika yang lebih objektif dan komprehensif.

Referensi

- Ali, M. S. (2019). Impact of Core Stability Education on Postural Control in Children With Spastic Cerebral Palsy. *Bulletin of Faculty of Physical Therapy*, 24(2), 85–89. https://doi.org/10.4103/bfpt.bfpt_25_18
- Başkaya, G., Ünveren, A., & Karavelioğlu, M. B. (2023). The Effect of Static and Dynamic Core Exercises on Motor Performance and Football-Specific Skills of Football Players Aged 10-12. *Gazi Beden Eğitimi Ve Spor Bilimleri Dergisi*, 28(1), 63–72. <https://doi.org/10.53434/gbesbd.1148408>
- Cordero, D. A. (2025). Exploring the Lack of Physical Activity among Adolescents Worldwide. *Diabetes and Metabolism Journal*, 49(3), 513–515. <https://doi.org/10.4093/dmj.2025.0181>
- Gu, J., Hong, J., Lin, Y., Yan, J., & Chen, S. (2022). Correlates of Meeting the Muscle-Strengthening Exercise Guidelines in Children and Adolescent. *Frontiers in Public Health*, 10. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.854100>
- Güngörenler, C. Y., & Şimşek, T. T. (2023). The Effect of Core Stabilization Exercises on Upper Extremity Motor Skills in Overweight and Obese Children: Quasi-Experimental Controlled Study. *Türkiye Klinikleri Journal of Pediatrics*, 32(2), 96–105. <https://doi.org/10.5336/pediatr.2023-96298>
- Habermehl, N., Minich, N., Malay, S., Mahran, A., & Kim, G. (2021). Pediatric Thoracolumbar Spinal Injuries in United States Trauma Centers. *Pediatric Emergency Care*, 38(2), e876–e880. <https://doi.org/10.1097/pec.0000000000002427>
- Iijima, S., Shiomi, M., & Hara, T. (2023). Verification of Reliability and Validity of Trunk Forward Tilt Angle Measurement During Gait Using 2-Dimensional Motion Analysis. *Journal of Chiropractic Medicine*, 22(2), 89–95. <https://doi.org/10.1016/j.jcm.2022.04.008>
- Kannas, T. M., Stiliani, T., Martha, T., Georgios, C., & Fotini, A. (2023). Effects of sports training on muscle and tendon properties across developmental stages. *Journal of Physical Education and Sport*, 23(8), 2106–2114. <https://doi.org/10.7752/jpes.2023.08242>
- Mahmoudi, F., Daneshjoo, A., Bahiraei, S., & Sahebozamani, M. (2024). Effects of Injury Prevention Programs on Muscle Flexibility in Children and Adolescents: A Systematic Review. *Physical Treatments - Specific Physical Therapy*, 14(1), 11–22. <https://doi.org/10.32598/ptj.14.1.589.1>
- Mahmuddin, Prima, A., Panjaitan, H. J., Simorangkir, H. A., Limbong, R., & Pasaribu, S. P. (2026). Analisis Biomekanika Tendangan Roundhouse Kick Pada Atlet Muaythai Menggunakan Aplikasi Kinovea. 8(1), 1–8.
- Mommel, C., Lehner, L., Loose, O., Gündisch, C., Krutsch, V., Huber, L., Alt, V., Krutsch, W., & Gerling, S. (2023). Pathological Findings in Male and Female Semi-Professional Football Players From 11 to 14 Years—A Report of the Bavarian Football Association's Pre-Participation Screening Program. *Applied Sciences*, 13(7), 4375.

<https://doi.org/10.3390/app13074375>

- Parfrey, K. C., Docherty, D., Workman, R. C., & Behm, D. G. (2008). The effects of different sit- and curl-up positions on activation of abdominal and hip flexor musculature. *Applied Physiology, Nutrition and Metabolism*, 33(5), 888–895. <https://doi.org/10.1139/H08-061>
- Radnor, J. M. (2020). *the Development of Muscle Architecture Throughout Maturation and Its Nfluence on Physical Performance*. April 2019.
- Roman-Liu, D., Kamińska, J., & Tokarski, T. (2023). Differences in Lumbar Spine Intradiscal Pressure Between Standing and Sitting Postures: A Comprehensive Literature Review. *Peerj*, 11, e16176. <https://doi.org/10.7717/peerj.16176>
- Sawant, R. S., Chotai, K., Patil, S., & Rayjade, A. (2020). Effectiveness of Bosu Ball Exercises Versus Thera Band Exercises on Core Stabilization and Balance Performance. *Indian Journal of Forensic Medicine & Toxicology*. <https://doi.org/10.37506/ijfmt.v14i2.2788>
- Shigematsu, R., Katoh, S., Suzuki, K., Nakata, Y., & Sasai, H. (2022). Risk Factors of Sports-Related Injury in School-Aged Children and Adolescents: A Retrospective Questionnaire Survey. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(14), 8662. <https://doi.org/10.3390/ijerph19148662>
- Sullivan, W., Gardin, F. A., Bellon, C. R., & Leigh, S. (2015). Effect of Traditional vs. Modified Bent-Knee Sit-up on Abdominal and Hip Flexor Muscle Electromyographic Activity. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(12), 3472–3479. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001006>
- Temsah, M., Aljamaan, F., Alhaboob, A., Almosned, B., Alsebaail, R. A., Temsah, R., Senjab, A., Alarfaj, A., Aljudi, T., Jamal, A., Habash, A., Alsohime, F., Almazyad, M., Alabdulhafid, M., Hasan, G., Assiri, R. A., Alqahtani, W. M. A., Alherbishi, A., Alhasan, K., & Al-Eyadhy, A. (2022). Enhancing Parental Knowledge of Childhood and Adolescence Safety. *Medicine*, 101(3), e28649. <https://doi.org/10.1097/md.00000000000028649>
- Weil, N. L., Hemke, R., Reurink, G., & Maas, M. (2021). Imaging of Pediatric Lower Limb Sports Injuries. *Seminars in Musculoskeletal Radiology*, 25(01), 123–136. <https://doi.org/10.1055/s-0041-1725076>
- Yalfani, A., Saki, F., & Kerman, M. T. (2020). The Effects of the FIFA 11+ and 11+ Kids Training on Injury Prevention in Preadolescent Football Players: A Systematic Review. *Annals of Applied Sport Science*, 8(4), 0. <https://doi.org/10.29252/aassjournal.832>
- Yeon, G. M., Hong, Y. R., & Kong, S. G. (2022). Nonfatal Injuries in Korean Children and Adolescents, 2007–2018. *Clinical and Experimental Pediatrics*, 65(4), 194–200. <https://doi.org/10.3345/cep.2021.00563>
- Zemková, E., Mohr, M., & Malý, T. (2024). Editorial: A physiologically-based approach to study different types of locomotion in association with core performance. *Frontiers in Physiology*, 15(October), 1–3. <https://doi.org/10.3389/fphys.2024.1505881>