

## **ANALISIS KOMPARATIF KINEMATIKA GERAK MENENDANG PADA ANAK USIA DINI DAN USIA SEKOLAH DASAR: STUDI OBSERVASIONAL BERBASIS BELAJAR GERAK**

Pandu Dinata Agustian<sup>1</sup>, Meli Agustina Purba<sup>2</sup>, Nailatus Seifa<sup>3</sup>,  
Rahma Dewi<sup>4</sup>, Siti Rahima Gultom<sup>5</sup>

<sup>1-5</sup>Pendidikan Kepelatihan Olahraga, Fakultas Ilmu Keolahragaan  
Universitas Negeri Medan

[1pandudinata098@gmail.com](mailto:1pandudinata098@gmail.com), [2purbameli92@gmail.com](mailto:2purbameli92@gmail.com), [3nailatusseifa@gmail.com](mailto:3nailatusseifa@gmail.com),  
[4rahmadewi@unimed.ac.id](mailto:4rahmadewi@unimed.ac.id), [5sitigultom@unimed.ac.id](mailto:5sitigultom@unimed.ac.id)

### **ABSTRACT**

*The developmental trajectory of kicking movements in children represents a complex phenomenon governed by progressive kinematic adaptation and neuromotor regulation. This study comparatively analyzed kicking kinematics between early childhood (ages 4–6) and primary school-age children (ages 7–12) using an observational approach grounded in motor learning theory. Field observations concentrated on four primary dimensions: inter-segmental coordination, dynamic stability, kicking power, and motor decision-making latency. Findings revealed that early childhood participants exhibited gross coordination characteristics—marked by substantial center-of-mass (COM) instability, kinetic chain asynchrony, and considerable postural oscillation during the approach phase. Primary school-age children, by contrast, demonstrated more mature movement consolidation evidenced by greater kicking velocity and consistency; nevertheless, residual motor decision-making latency (150–250 ms) was identified as a limiting factor for attacking efficiency. The discussion integrates Gallahue's motor development phases and Schmidt's Schema Theory, supported by recent empirical evidence. The study concludes that developmentally differentiated training programmes are essential for optimizing the kicking skill trajectory in a structured and age-appropriate manner.*

**Keywords:** *kicking kinematics, motor learning, dynamic stability, motor latency, early childhood, primary school*

### **ABSTRAK**

Perkembangan gerak menendang pada anak merupakan fenomena sarat perubahan kinematika dan regulasi neuromotorik yang berlangsung bertahap seiring pertumbuhan biologis. Kajian ini bertujuan menganalisis secara komparatif karakteristik kinematika tendangan antara kelompok anak usia dini (4–6 tahun) dan anak usia sekolah dasar (7–12 tahun) melalui pendekatan observasional yang dilandasi kerangka teori belajar gerak. Observasi lapangan terfokus pada empat dimensi utama: koordinasi inter-segmental, stabilitas dinamis, power tendangan, serta

latensi keputusan motorik. Hasil menunjukkan bahwa anak usia dini berada dalam fase koordinasi kasar yang ditandai oleh instabilitas pusat massa (COM), asinkronisasi rantai kinetik, dan osilasi postural signifikan pada fase anjang-ancang. Sebaliknya, anak sekolah dasar memperlihatkan konsolidasi pola gerak yang lebih matang dengan peningkatan kecepatan dan konsistensi tendangan; namun latensi keputusan motorik (150–250 ms) masih terdeteksi sebagai penghambat efisiensi serangan. Pembahasan diintegrasikan dengan teori fase perkembangan motorik Gallahue dan Schema Theory Schmidt, didukung evidensi empiris terkini. Simpulan menegaskan perlunya diferensiasi program latihan berbasis usia perkembangan guna mengoptimalkan trajektori keterampilan menendang secara bertahap dan terstruktur.

**Kata Kunci:** kinematika tendangan, belajar Gerak, stabilitas dinamis; latensi motorik, anak usia dini, sekolah dasar

## **A. Pendahuluan**

Gerak menendang (kicking) merupakan salah satu keterampilan motorik fundamental yang paling sering dijumpai dalam aktivitas fisik anak, mulai dari permainan informal di halaman sekolah hingga cabang olahraga terstruktur seperti sepakbola, futsal, dan sepaktakraw. Kemampuan menendang secara efektif bukan sekadar urusan kekuatan tungkai, melainkan mencerminkan kematangan sistem neuromotorik, integrasi sensorik multi-modal, serta kapasitas kontrol postural yang saling berinteraksi secara dinamis (Neto et al., 2014).

Dari perspektif biomekanika, tendangan yang efisien membutuhkan sinergi rantai kinetik yang terkoordinasi—dimulai dari

pergerakan pinggul, diikuti paha, tungkai bawah, dan diakhiri dengan kontak kaki pada bola. Urutan proksimal-ke-distal ini tidak muncul secara instan, melainkan berkembang melalui serangkaian fase yang dikenal dalam literatur perkembangan motorik sebagai tahapan dari gerakan kasar (gross) menuju gerakan matang (mature) (Goodway et al., 2019). Kegagalan pada satu simpul rantai kinetik akan menghasilkan kebocoran energi yang berdampak pada penurunan kecepatan bola dan akurasi tendangan.

Anak usia dini (4–6 tahun) secara fisiologis masih berada dalam fase konstruksi sistem saraf pusat yang belum sempurna. Korteks prefrontal yang berperan dalam perencanaan gerak masih mengalami proses mielinisasi aktif sehingga pemrosesan

informasi sensorik-motorik berlangsung lebih lambat dan kurang stabil (Hadders-Algra, 2018). Hal ini tercermin dalam pola tendangan yang sering terputus-putus, tidak bertenaga, dan sulit diulang dengan konsistensi. Berbeda dengan anak usia sekolah dasar (7–12 tahun) yang telah mengalami pematangan parsial pada sirkuit cerebro-cerebellar, sehingga koordinasi inter-segmental lebih baik dan program motorik mulai terkonsolidasi (Schmidt et al., 2019).

Kajian ini hadir untuk mengisi celah literatur melalui analisis komparatif berbasis observasi lapangan yang diinterpretasikan dalam kerangka belajar gerak. Tujuannya adalah (1) mendeskripsikan karakteristik kinematika tendangan pada kedua kelompok usia; (2) mengidentifikasi perbedaan komparatif dalam aspek koordinasi, stabilitas dinamis, power, dan latensi keputusan motorik; serta (3) mendiskusikan implikasi temuan dalam perancangan program latihan yang tepat-guna secara perkembangan.

## **B. Metode Penelitian**

### **Desain Penelitian**

Penelitian ini menggunakan rancangan studi observasional deskriptif-komparatif. Pendekatan ini

dipilih karena kajian tidak melakukan manipulasi terhadap variabel bebas, melainkan merekam dan menginterpretasikan perilaku gerak yang terjadi secara alami dalam konteks aktivitas fisik terstruktur (Creswell & Creswell, 2018). Kerangka analisis dibangun di atas fondasi teori belajar gerak dan teori perkembangan motorik sehingga data observasional dapat dikontekstualisasikan secara ilmiah.

### **Partisipan dan Pengaturan Lapangan**

Observasi dilaksanakan terhadap dua kelompok usia dalam satu setting lapangan olahraga rumput sintetis. Kelompok A terdiri atas anak usia dini (4–6 tahun) yang mengikuti program pengenalan olahraga dasar. Kelompok B terdiri atas anak sekolah dasar (7–12 tahun) yang mengikuti ekstrakurikuler sepakbola. Seluruh partisipan menggunakan bola berukuran sesuai usia (ukuran 3 dan 4) dan orang tua/wali telah memberikan persetujuan verbal untuk keperluan observasi akademis ini.

### **Prosedur dan Instrumen**

Observasi dilakukan menggunakan lembar observasi terstruktur yang dikembangkan berdasarkan kerangka kinematika tendangan kontemporer. Empat dimensi

yang diamati: (1) koordinasi inter-segmental—sinkronisasi panggul, tungkai, dan pergelangan kaki; (2) stabilitas dinamis—kestabilan COM selama anjang-ancang dan tumpuan tunggal; (3) power tendangan—diperkirakan dari jarak tempuh dan kecepatan bola; serta (4) latensi keputusan motorik—jeda antara stimulus dan inisiasi tendangan. Rekaman video dilakukan dari dua sudut pandang (frontal dan sagital) pada 60 fps, dianalisis oleh dua observer terlatih secara independen.

**Analisis Data**

Data bersifat observasional kualitatif-ordinal, dianalisis secara

deskriptif-interpretatif dengan skala rendah—sedang—tinggi. Triangulasi dilakukan dengan merujuk pada kajian empiris yang menggunakan pendekatan kuantitatif dan motion capture, sehingga interpretasi observasional memiliki basis validitas eksternal yang memadai.

**C. Hasil Dan Pembahasan**

**Gambaran Umum Kinematika Tendangan**

Hasil observasi lapangan secara konsisten memperlihatkan pola perbedaan kinematika yang tajam antara kedua kelompok usia. Ringkasan komparatif disajikan pada Tabel 1.

**Tabel 1. Perbandingan Komparatif Karakteristik Kinematika Gerak Menendang**

Aspek Gerak	Anak Usia Dini (4–6 Th)	Anak Sekolah Dasar (7–12 Th)	Referensi
Koordinasi Inter-segmental	Asinkron; pola en-bloc; belum ada rotasi panggul yang mendahului tungkai bawah	Sekuensial proksimal-ke-distal mulai terbentuk; sinergi hip–knee–ankle meningkat	Neto et al. (2014)
Stabilitas Dinamis	Osilasi COM tinggi; koreksi postural mendadak; BOS sering terlampaui	Fluktuasi COM nyata; kemampuan tumpuan tungkai tunggal lebih terkontrol	Ramos et al. (2012)

Power Tendangan	Rendah; impulsu terbatas oleh lemahnya aktivasi hip flexor dan rectus femoris	Meningkat signifikan; rekrutmen quadriceps dan gluteus lebih terorganisir	Sacko et al. (2021)
Latensi Keputusan Motorik	Sangat tinggi (>300 ms); belum ada GMP yang terkonsolidasi; bergantung pada feedback control	Moderat (150–250 ms); GMP mulai terbentuk namun otomatisasi belum optimal	Fitton Davies et al. (2021)
Efisiensi Energi	Rendah; energi banyak terserap untuk stabilisasi postural alih-alih akselerasi bola	Moderat; redistribusi energi kinetik ke tungkai effektor mulai berlangsung	Kokstejn et al. (2019)
Akurasi Tendangan	Sangat bervariasi; titik kontak kaki-bola tidak konsisten; proprioepsi pergelangan kaki belum matang	Lebih konsisten; integrasi visual-motorik meningkat; sweet spot lebih sering tercapai	Davids et al. (2000)

*Sumber: Data observasi lapangan yang diolah dan dikomparasikan dengan literatur terpilih*

**Stabilitas Dinamis: Kendala Fundamental Anak Usia Dini**

Temuan paling menonjol dari observasi Kelompok A adalah instabilitas dinamis yang pervasif, terutama pada fase anjang-ancang menuju titik tendangan. Anak usia dini secara konsisten memperlihatkan osilasi pusat massa (COM) yang besar, ditandai oleh gerakan kompensasi

tubuh bagian atas yang berlebihan—mengayunkan lengan secara tidak terkontrol dan memiringkan batang tubuh mendadak—sebagai upaya refleksif mempertahankan keseimbangan saat beban berpindah ke tungkai tumpuan.

Fenomena ini selaras dengan temuan Ramos et al. (2012) yang menegaskan bahwa anak prasekolah

memiliki kapasitas kontrol postural reaktif yang masih terbatas, sehingga gangguan kecil pada basis penopang (BOS) langsung memicu respons kaskade yang mengganggu ritme langkah. Dalam terminologi Goodway et al. (2019), kondisi ini mencerminkan fase initial dari pola gerak fundamental—di mana gerak sudah dapat diidentifikasi namun kontrol spasial dan temporal masih sangat terbatas. Secara mekanis, proporsi tubuh anak usia dini dengan rasio kepala-terhadap-tubuh yang tinggi menempatkan COM lebih tinggi sehingga margin stabilitas menjadi sangat sempit (Hadders-Algra, 2018).

#### **Koordinasi Rantai Kinetik: Dari Sinkroni Parsial Menuju Integrasi**

Observasi pada pola ayunan tungkai menunjukkan bahwa Kelompok A cenderung menggerakkan seluruh anggota gerak bawah sebagai satu unit kaku (en-bloc movement), tanpa rotasi panggul yang memadai dan tanpa fleksi lutut pada fase backswing. Akibatnya, transfer momentum angular dari segmen proksimal ke segmen distal—mekanisme inti penghasil power tendangan—tidak berlangsung optimal (Neto et al., 2014).

Kelompok B memperlihatkan pola yang lebih matang. Rotasi panggul yang mendahului ayunan tungkai bawah mulai terlihat jelas, mengindikasikan bahwa program motorik untuk urutan proksimal-ke-distal telah mulai terenkodkan dalam sistem saraf pusat. Koksteyn et al. (2019) melaporkan bahwa pola kinetik tendangan pada anak usia 8–10 tahun sudah menunjukkan karakteristik sekuensial yang signifikan dibanding kelompok lebih muda, meski masih berbeda secara kuantitatif dari pemain dewasa terlatih.

#### **Power dan Konsistensi Tendangan pada Anak SD**

Observasi terhadap Kelompok B mengungkap profil yang lebih positif dalam hal kekuatan dan keterarahan tendangan. Anak sekolah dasar mampu menghasilkan tendangan dengan jarak tempuh lebih jauh dan arah yang lebih konsisten. Dari perspektif biomekanika, hal ini mencerminkan peningkatan kapasitas rekrutmen motor unit—terutama pada otot quadriceps dan iliopsoas—yang berkontribusi pada impuls lebih besar saat kaki berkontak dengan bola (Sacko et al., 2021).

Akumulasi pengalaman gerak yang lebih banyak pada anak sekolah dasar turut berkontribusi pada pembentukan representasi internal gerak (internal model) yang lebih akurat, sehingga prediksi konsekuensi mekanis dari setiap aksi tendangan menjadi lebih reliabel. Meskipun demikian, variabilitas dalam timing kontak kaki-bola masih cukup besar, yang dikaitkan dengan belum sempurnanya kontrol proprioseptif sendi pergelangan kaki pada usia ini (Davids et al., 2000).

### **3.5 Latensi Keputusan Motorik: Hambatan Efisiensi Serangan**

Salah satu temuan observasional yang paling relevan secara taktis adalah keberadaan jeda waktu yang terdeteksi pada Kelompok B antara penilaian situasi (perceptual judgment) dan eksekusi tendangan. Dalam pengaturan permainan simulasi—di mana anak diminta menendang setelah menerima umpan dari arah yang bervariasi—Kelompok B secara konsisten menunjukkan hesitancy visual sebelum mengeksekusi tendangan. Rentang latensi ini diperkirakan berada pada kisaran 150–250 milidetik berdasarkan analisis video frame-by-frame.

Fenomena ini dapat diinterpretasikan melalui kerangka Schema Theory Schmidt et al. (2019). Teori ini menyatakan bahwa eksekusi gerak yang cepat dan akurat memerlukan Generalized Motor Program (GMP) yang terinternalisasi dengan baik, sehingga seleksi parameter gerak tidak lagi memerlukan pemrosesan eksplisit yang memakan waktu. Pada anak sekolah dasar, GMP untuk tendangan telah mulai terbentuk namun belum cukup terotomatisasi untuk pengambilan keputusan cepat dalam konteks dinamis (Fitton Davies et al., 2021).

Pada Kelompok A, latensi bersifat lebih fundamental—bukan sekadar kelambatan dalam seleksi GMP, melainkan ketiadaan GMP yang cukup terkonsolidasi. Anak usia dini masih bergantung pada kontrol berbasis umpan balik (feedback control) yang reaktif, bukan umpan maju (feedforward control) yang proaktif dan efisien (Hadders-Algra, 2018).

### **Implikasi Perancangan Program Latihan**

Untuk anak usia dini, prioritas intervensi harus diarahkan pada pengembangan stabilitas dinamis dan kesadaran tubuh melalui aktivitas

polimorfik—bukan latihan teknik berulang yang kontraproduktif bila fondasi postural belum memadai. Aktivitas seperti berjalan di permukaan tidak rata, permainan satu kaki, dan latihan keseimbangan dinamis terbukti efektif memperkuat sirkuit kontrol postural (Ramos et al., 2012).

Untuk anak sekolah dasar, fokus harus bergeser dari sekadar peningkatan kekuatan menuju optimasi kecepatan pengambilan keputusan motorik. Pendekatan *Teaching Games for Understanding (TGfU)* dan *Constraints-Led Approach (CLA)* terbukti efektif membangun kapasitas persepsi-aksi yang lebih adaptif, sekaligus mengurangi latensi keputusan melalui paparan berulang pada situasi taktis yang bervariasi (Renshaw et al., 2019; Correia et al., 2019).

#### **D. Kesimpulan**

Kajian observasional komparatif ini menghasilkan tiga simpulan pokok. Pertama, anak usia dini (4–6 tahun) berada dalam tahap koordinasi kasar yang dicirikan oleh instabilitas dinamis dominan, asinkronisasi rantai kinetik, dan ketergantungan tinggi pada feedback control—yang secara

langsung membatasi power dan akurasi tendangan.

Kedua, anak sekolah dasar (7–12 tahun) memperlihatkan kemajuan signifikan dalam hal power dan konsistensi tendangan sebagai refleksi pematangan neuromotorik; namun latensi keputusan motorik (150–250 ms) masih teridentifikasi sebagai hambatan penting yang membedakan kelompok ini dari profil keterampilan yang lebih matang.

Ketiga, perbedaan kinematika yang teridentifikasi menuntut pendekatan pelatihan yang terdiferensiasi secara perkembangan: fondasi stabilitas dan eksplorasi gerak untuk anak usia dini; otomatisasi GMP melalui praktik variabel dan stimulasi persepsi-aksi berbasis permainan untuk anak sekolah dasar. Penelitian lanjutan disarankan menggunakan pendekatan *mixed-methods* yang mengintegrasikan kekuatan observasi ekologis dengan presisi instrumentasi biomekanika kuantitatif.

#### **Ucapan Terima Kasih**

Penulis menyampaikan apresiasi kepada Program Studi Pendidikan Kepelatihan Olahraga Kelas C, Fakultas Ilmu Keolahragaan,



- 40<https://doi.org/10.1111/dmcn.16010>
- Kokstajn, J., Musalek, M., Wolanski, P., Murawska-Cialowicz, E., & Stastny, P. (2019). Fundamental motor skills mediate the relationship between physical fitness and soccer-specific motor skills in young soccer players. *Frontiers in Physiology*, 10, 596. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.00596><https://doi.org/10.3389/fphys.2019.00596>
- Kapižić, A., Pržulj, D., Mujanović, E., & Ivanković, Z. (2014). Kinematic analysis of the instep kick in youth soccer players. *Journal of Human Kinetics*, 42, 81–90. <https://doi.org/10.2478/hukin-2014-0063><https://doi.org/10.2478/hukin-2014-0063>
- Hadders-Algra, M. (2005). Development of postural control during the first 18 months of life. *Neural Plasticity*, 12(2–3), 99–108. <https://doi.org/10.1155/NP.2005.99><https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2025.11.022>
- Renshaw, I., Davids, K., Newcombe, D., & Roberts, W. (2019). The constraints-led approach: Principles for sports coaching and practice design. Routledge.
- Schmidt, R. A., Lee, T. D., Winstein, C., Wulf, G., & Zelaznik, H. N. (2019). *Motor control and learning: A behavioral emphasis* (6th ed.). Human Kinetics.
- Vaeyens, R., Lenoir, M., Williams, A. M., & Philippaerts, R. M. (2007). Mechanisms underpinning successful decision making in skilled youth soccer players: An analysis of visual search behaviors. *Journal of Motor Behavior*, 39(5), 395–408. <https://doi.org/10.3200/JMBR.39.5.395-408><https://doi.org/10.1080/00222895.2025.2355001>
-