

# INTEGRASI LATIHAN VESTIBULAR-POSTURAL (V-POST) DALAM MENINGKATKAN KONTROL MOTORIK DAN REGULASI PERILAKU: STUDI KASUS ANAK DENGAN GANGGUAN SENSORI DI KLINIK X SURABAYA

**Khabib Abdullah<sup>1</sup>, Nura Maulida Isna<sup>2</sup>, Sarah As Syifa<sup>3</sup>**

<sup>1,2,3</sup> Prodi S1 Fisioterapi FIK Universitas Muhammadiyah Surabaya

e-mail: [khabibabdullah@um.surabaya.ac.id](mailto:khabibabdullah@um.surabaya.ac.id)

**Abstract:** Sensory Processing Disorder (SPD) adversely affects motor control, weakens postural muscles, and causes physical instability in children. Cases at Clinic X Surabaya indicate that this physical issue is frequently accompanied by behavioral challenges such as sensory seeking, hyperactivity, and poor focus, as the child feels unsafe against gravity (gravitational insecurity), which triggers a stress response (fight-or-flight). To overcome the limitations of conventional therapy that only strengthens muscles in isolation, this single-subject research with an A-B design evaluates the level 2 hybrid protocol "V-POST" (Vestibular-Postural Exercise Integration). The research subject was Master A (male, 5 years old) at Clinic X Surabaya, who was trained twice a week for 8 weeks (total of 16 sessions, 60 minutes each). This therapy combines vestibular stimulation using a gym ball and a swing with functional exercises such as dynamic squats, balance discs, and a balance beam. Evaluations using SATCo, PBS, and Behavior Observation Sheets showed improved capabilities in the subject. Postural stability (SATCo) increased by 2 levels from Mid-Thoracic to Lower-Lumbar, the PBS balance score rose by 50% (from 32 to 48 points) with single-leg stance capability jumping from 0 to 5–7 seconds, and focus duration increased by 300% (from 3 to 12 minutes) followed by a decrease in hyperactive behavior. In conclusion, this case study on a child with sensory and behavioral disorders proves that the V-POST protocol is highly effective in enhancing the child's motor control.

**Keywords:** *Vestibular-Postural, SATCo, Pediatric Balance Scale, Neuroplasticity, motor control*

**Abstrak:** Gangguan pemrosesan sensoris (*Sensory Processing Disorder/SPD*) berdampak buruk pada kontrol motorik, melemahkan otot postural, dan membuat fisik anak tidak stabil. Kasus di klinik X Surabaya menunjukkan masalah ini sering dibarengi hambatan perilaku seperti *sensory seeking*, hiperaktivitas, dan sulit fokus akibat anak merasa tidak aman terhadap gravitasi (*gravitational insecurity*) yang memicu response stress (*fight-or-flight*). Untuk mengatasi keterbatasan terapi konvensional yang hanya menguatkan otot secara terpisah, studi kasus (*Single Subject Research*) desain A-B ini menguji protokol hybrid "V-POST" (*Integrasi Latihan Vestibular-Postural*) Level 2. Subjek penelitian adalah An. A (laki-laki, 5 tahun) di Klinik X Surabaya yang dilatih 2 kali seminggu selama 8 minggu (total 16 sesi, @60 menit). Terapi ini memadukan stimulasi vestibular memakai *gym ball* dan ayunan dengan latihan fungsional seperti *dynamic squat*, *balance disc*, dan balok titian. Evaluasi menggunakan instrumen SATCo, PBS, dan Lembar Observasi Perilaku menunjukkan kemampuan subjek meningkat. Stabilitas postur (SATCo) naik 2 tingkat dari *Mid-Thoracic* ke *Lower-Lumbar*, skor keseimbangan PBS naik 50% (32 menjadi 48 poin) dengan kemampuan berdiri satu kaki melonjak dari 0 ke 5–7 detik, serta durasi fokus naik 300% (3 menjadi 12 menit) diikuti penurunan perilaku hiperaktif. Kesimpulannya, studi kasus pada anak dengan gangguan sensoris dan perilaku ini membuktikan bahwa protokol V-POST sangat efektif dalam meningkatkan kontrol motorik anak.

**Kata Kunci:** *Vestibular-Postural, SATCo, Pediatric Balance Scale, Neuroplasticity, kontrol motorik*

## PENDAHULUAN

Gangguan perkembangan pada anak, khususnya yang melibatkan aspek sensorik dan perilaku, telah menjadi tantangan kompleks dalam praktik fisioterapi (Kilroy 2021). Anak dengan gangguan pemrosesan sensorik (*Sensory Processing Disorder*) sering kali menunjukkan manifestasi klinis berupa ketidakmampuan dalam meregulasi input eksternal, yang secara langsung berdampak pada kontrol motorik dan efisiensi gerak fungsional (Ismael 2022), (Qori Apsari, Abdullah and Swandari 2025). Dalam konteks klinis di Surabaya, prevalensi anak dengan hambatan sensori-perilaku menunjukkan tren yang memerlukan pendekatan intervensi yang lebih integratif dan sistematis (Wardani and Sari 2023). Tren klinis di berbagai pusat rehabilitasi lokal mengindikasikan bahwa anak-anak seringkali menunjukkan perilaku *sensory seeking* yang masif akibat ketidakmampuan tubuh beradaptasi dengan lingkungan. Kondisi lapangan saat ini masih didominasi oleh layanan terapi yang terfragmentasi—di mana intervensi motorik dan modulasi sensorik dilakukan secara terpisah—sehingga kurang efisien dalam mengejar jendela perkembangan anak. Oleh karena itu, fenomena ini memerlukan transformasi menuju pendekatan intervensi yang lebih integratif, sistematis, dan bersifat hybrid guna menyoal sistem saraf pusat secara simultan."

Urgensi penelitian ini didasarkan pada data global yang menunjukkan bahwa angka kejadian gangguan pemrosesan sensorik (*Sensory Processing Disorder/SPD*) diperkirakan terjadi pada 5% hingga 16% anak usia sekolah di populasi umum (Reynolds, Glennon and Lane 2021). Namun, pada populasi anak dengan kebutuhan khusus seperti *Autism Spectrum Disorder* (ASD) dan ADHD, angka ini melonjak drastis hingga mencapai 80% hingga 90% (Pastor-Cerezuela 2021). Di

Indonesia sendiri, meskipun data nasional secara spesifik masih terbatas, laporan dari berbagai klinik anak menunjukkan peningkatan kunjungan pasien dengan keluhan defisit motorik yang disertai gangguan perilaku (Triani 2022). Kondisi ini juga tercermin secara nyata di lokasi penelitian (Klinik X Surabaya), di mana berdasarkan data rekam medis internal sepanjang tahun 2025 hingga awal 2026, tercatat sekitar 70% dari total kunjungan pasien anak dengan keterlambatan perkembangan (*developmental delay*) menunjukkan manifestasi klinis SPD yang signifikan. Mayoritas dari populasi tersebut datang dengan keluhan sekunder berupa ketidakstabilan postur yang disertai dengan perilaku *sensory seeking* yang ekstrem di dalam ruangan terapi.

Sebagai gambaran, observasi awal di salah satu klinik anak di Surabaya (klinik X) pada bulan Januari 2026 menunjukkan bahwa sekitar 6 dari 10 anak yang datang dengan keluhan keterlambatan bicara (*speech delay*) atau hiperaktivitas, ternyata memiliki skor kontrol postural yang berada di bawah rata-rata usia kronologisnya. Hal ini menegaskan bahwa gangguan kontrol motorik bukan sekadar masalah otot, melainkan manifestasi dari kegagalan integrasi sistem sensorik yang bersifat masif (Harrar 2022). Kontrol motorik yang optimal sangat bergantung pada integritas sistem sensorimotor (Haddad and Snyder 2023).

Selama ini, intervensi fisioterapi cenderung berfokus pada penguatan otot secara terisolasi tanpa mempertimbangkan fondasi sensorik yang mendasarinya (Valvano and Rapport 2023). Padahal, menurut teori sensori integrasi: sistem taktil, proprioseptif, dan vestibular merupakan "tiga serangkai" pondasi yang membangun kesadaran tubuh (*body awareness*) (Blakeslee and Guler 2023). Penelitian sebelumnya telah mengkonfirmasi bahwa stimulasi taktil (level 1) melalui terapi

sentuh memiliki efektivitas yang signifikan dalam menurunkan ambang kecemasan dan memperbaiki regulasi diri pada anak (Qori Apsari, Abdullah and Swandari 2025), (Romadhona, Abdullah and Swandari 2025). Namun, keberhasilan pada aspek sensorik dasar ini belum serta-merta menjamin tercapainya stabilitas postur yang dinamis jika tidak dilanjutkan pada tahap intervensi tingkat berikutnya (level 2). Studi-studi terdahulu yang berfokus pada terapi integrasi sensori konvensional menunjukkan hasil yang efektif dalam menurunkan defensivitas taktil, meningkatkan registrasi sensori, dan menenangkan regulasi emosi anak (Smith et al., 2022; Miller & Schaaf, 2023). Namun, evaluasi lanjut dari penelitian tersebut mengungkapkan bahwa intervensi sensori murni tanpa tantangan motorik fungsional yang terstruktur tidak memberikan dampak signifikan terhadap peningkatan tonus otot postural maupun anticipatory postural adjustments (APA) saat anak melakukan aktivitas dinamis (Fisher & Bundy, 2023). Hal ini terjadi karena stimulasi sensori pasif belum cukup kuat untuk mengaktifkan Refleks Vestibulospinal (Vestibulospinal Reflex/VSR) secara otomatis yang diperlukan untuk stabilitas batang tubuh segmental.

Keterbatasan hasil dari studi terdahulu inilah yang menjadi peluang kebaruan (novelty) utama dalam penelitian ini. Protokol V-POST hadir untuk mengisi kesenjangan tersebut dengan cara mengkonversi input sensorik dasar yang telah teregistrasi menjadi output motorik aktif melalui latihan postural fungsional yang adaptif dan simultan dalam satu sesi terapi."

Sistem vestibular bertindak sebagai "jangkar" biologis bagi tubuh manusia (K. E. Cullen 2022). Sebagai reseptor yang mendeteksi perubahan posisi kepala dan gravitasi, sistem vestibular memiliki hubungan neurologis yang erat dengan otot-

otot ekstensor melalui Refleks Vestibulospinal (VSR) (Dieterich and Brandt 2021). Pada anak dengan gangguan sensori, sering ditemukan adanya *low muscle tone* atau kontrol postural yang buruk (*slumping posture*), yang disebabkan oleh kegagalan integrasi input vestibular ke dalam otot-otot *core* (Lane, Mailloux and Roley 2022). Ketidakstabilan fisik ini sering kali berkorelasi dengan ketidakstabilan perilaku; anak yang merasa "tidak aman" secara gravitasi cenderung menunjukkan perilaku impulsif, sulit fokus, atau bahkan tantrum sebagai bentuk kompensasi atas ketidakmampuan mereka dalam mengontrol tubuh terhadap lingkungan (May-Benson 2022).

Oleh karena itu, diperlukan sebuah strategi hibridisasi metodologis yang menghubungkan antara input sensorik dan output motorik (Rine and Braswell 2022). Intervensi yang disebut sebagai "Integrasi Latihan Vestibular-Postural (V-Post)" dirancang untuk menjembatani celah tersebut (Rine and Braswell 2022). Dengan memberikan tantangan vestibular yang terukur—seperti stimulasi linear dan rotasi—yang dikombinasikan secara simultan dengan latihan kontrol postur, diharapkan terjadi peningkatan aktivasi *core stability* dan kontrol motorik fungsional yang lebih permanen (K. Cullen 2023). Keunggulan utama dari intervensi integrasi vestibular-postural (V-POST) ini dibandingkan dengan intervensi konvensional terletak pada pendekatan hibridnya yang menasar akar masalah neurologis, bukan sekadar melatih otot secara terisolasi. Jika latihan konvensional umumnya hanya berfokus pada penguatan otot abdomen dan punggung secara statis (*top-down*), protokol V-POST bekerja secara dinamis (*bottom-up*) dengan memanfaatkan Refleks Vestibulospinal (VSR). Stimulasi linear dan rotasi yang diberikan akan memaksa aparatus vestibular mendeteksi perubahan gravitasi secara

konstan, yang secara otomatis memicu ko-kontraksi cepat pada otot-otot *core stability*. Selain itu, berbeda dengan latihan motorik biasa yang sering kali mengabaikan regulasi perilaku, intervensi ini menawarkan keunggulan ganda: pemenuhan kebutuhan sensori vestibular secara masif akan menurunkan kecemasan postural (*gravitational insecurity*), sehingga secara simultan mampu memperbaiki atensi dan menurunkan hiperaktivitas anak dalam satu sesi terapi yang terpadu."

Dalam ranah rehabilitasi pediatri, protokol V-POST bukanlah satu-satunya intervensi yang digunakan untuk meningkatkan kontrol motorik anak. Pendekatan konvensional lain seperti latihan penguatan inti tubuh (*core strengthening*) statis, *Neuro-Developmental Treatment* (NDT), dan terapi integrasi sensori taktil tunggal telah lama diterapkan secara luas (Valvano & Rapport, 2023). Beberapa kajian ilmiah terdahulu mengonfirmasi bahwa intervensi-intervensi tersebut mampu memberikan kontribusi pada stabilitas fisik anak (Haddad & Snyder, 2023). Namun, kelemahan mendasar dari metode-metode tersebut adalah sifatnya yang masih terisolasi dan terfragmentasi; latihan penguatan otot sering kali mengabaikan regulasi sensorik dasar, sementara terapi sensori taktil tingkat awal belum mampu menjamin otomatisasi postur yang dinamis (Qoriapsari et al., 2025; Romadhona et al., 2025).

Kajian klinis mengenai intervensi serupa menunjukkan bahwa stimulasi vestibular linear atau rotasi secara terpisah memang dapat memicu refleks postural (Cullen & Guler, 2023). Begitu pula dengan latihan tantangan postur di atas permukaan tidak stabil yang terbukti meningkatkan *anticipatory postural adjustments* (Guler & Subasi, 2023). Meski demikian, penelitian yang menguji efektivitas penggabungan kedua unsur tersebut secara simultan dan terstruktur dalam satu sesi hibrid masih

sangat terbatas. Di sinilah letak kebaruan (*novelty*) dari penelitian ini. Protokol V-POST (Level 2) sengaja dipilih dan dirancang sebagai jembatan metodologis yang menghubungkan antara input sensorik (vestibular-proprioseptif) dan output motorik (kontrol postural segmental) secara *bottom-up*. Kebaruan ini terletak pada integrasi taktisnya: memberikan tantangan gravitasi yang dinamis sembari memaksa terjadinya ko-kontraksi otot *core* fungsional secara bersamaan, yang terbukti tidak hanya memantapkan sirkuit motorik di serebelum, tetapi juga secara langsung meregulasi hambatan perilaku anak melalui penciptaan *gravitational security* (Rine & Braswell, 2022; Kleim & Kilroy, 2024)."

Studi kasus ini bertujuan untuk menganalisis penerapan integrasi latihan vestibular-postural pada seorang anak dengan gangguan sensori dan perilaku di Klinik X Surabaya. Melalui pendekatan intervensi level 2 ini, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi empiris bagi pengembangan protokol fisioterapi pediatri yang lebih komprehensif, sekaligus menjadi landasan bagi edukasi publik mengenai pentingnya sinergi antara keseimbangan sistem saraf dan kekuatan fisik dalam mendukung tumbuh kembang anak yang optimal. Studi kasus ini telah mendapat surat layak etik dari KEPK FIK UMSURA No 105/KEPK/F/III/FIK/2026.

## METODE

Penelitian ini menggunakan rancangan studi kasus dengan desain A-B. Fase A merupakan tahap *baseline* (sebelum intervensi) untuk melihat kondisi awal kontrol motorik subjek, dan Fase B merupakan tahap intervensi menggunakan protokol latihan integrasi vestibular-postural.

Subjek adalah seorang anak laki-laki berusia 5 tahun (An. A) yang didiagnosis memiliki gangguan pemrosesan sensori dan

hambatan perilaku (hiperaktivitas dan rendahnya atensi). Penelitian dilakukan di Klinik X Surabaya pada periode Maret– Mei 2026. Subjek dipilih karena telah menyelesaikan program level 1 (terapi sentuh/taktil) namun masih menunjukkan defisit signifikan pada stabilitas postur dan kontrol motorik kasar.

Untuk mengukur efektivitas intervensi secara kuantitatif, digunakan dua instrumen utama:

- a. Segmental Assessment of Trunk Control (SATCo): Digunakan untuk menilai tingkat kontrol postur secara segmental dari level cervical hingga pelvis.
- b. Pediatric Balance Scale (PBS): Digunakan untuk mengukur kemampuan keseimbangan fungsional anak dalam berbagai aktivitas harian.
- c. Lembar Observasi Perilaku: Mencatat durasi fokus anak dalam menyelesaikan satu tugas motorik dan frekuensi perilaku maladaptif selama sesi terapi.

Intervensi diberikan sebanyak 2 kali seminggu selama 8 minggu (total 16 sesi), dengan durasi 60 menit per sesi. Pemilihan dosis dan durasi intervensi ini didasarkan pada prinsip hubungan dosis-respons (*dose-response relationship*) dalam neuro rehabilitasi anak, di mana frekuensi minimal 2 kali seminggu selama rentang waktu 8 minggu merupakan ambang batas kritis yang diperlukan sistem saraf pusat untuk mematangkan otomatisasi pola gerak baru dan memicu konsolidasi neuroplastisitas secara permanen (Hayward & Brauer, 2022). Durasi 16 sesi ini juga selaras dengan rekomendasi protokol latihan integrasi sensorimotor terstruktur yang membuktikan bahwa perubahan klinis bermakna pada kontrol motorik kasar dan stabilitas postur anak dengan gangguan perkembangan membutuhkan waktu stimulasi repetitif berkisar antara 6 hingga 8 minggu (Shumway-Cook & Woollacott, 2024; Rine & Braswell, 2022). Tahapan latihan yang diberikan meliputi:

**Table 1. Protokol Latihan V-Post**

Fase Latihan	Durasi	Aktivitas Spesifik	Tujuan
Persiapan (Regulasi)	5 Menit	Pemberian input deep pressure (taktil) dan proprioseptif sendi untuk menyiapkan sistem saraf.	Membuat anak menjadi lebih tenang, menurunkan kecemasan fobia ruang/gravitasi, sehingga mereka siap secara emosi dan perilaku untuk mengikuti instruksi latihan berikutnya
Inti I (Vestibular)	15 Menit	Stimulasi linear menggunakan vestibular swing atau gym ball (maju-mundur/atas-bawah) untuk aktivasi otot ekstensor.	Untuk mengaktivasi sistem Refleks Vestibulospinal (VSR) secara spesifik guna memicu kontraksi otomatis pada otot-otot ekstensor postural (core dan punggung).
Inti II (Postural)	15 Menit	Latihan core stability aktif di atas permukaan tidak stabil (balance disc) disertai tugas menjangkau objek (reaching). Anak diminta melakukan gerakan transisi dari jongkok penuh ke berdiri tegak ( <i>squat-to-stand</i> ) di atas permukaan yang tidak stabil ( <i>balance disc</i> atau busa <i>foam</i> ). Latihan dilakukan sebanyak 3 set dengan 8–10 repetisi per set. Waktu istirahat antar-set diberikan selama 60 detik.	Memfasilitasi strategi penyesuaian postur otomatis ( <i>anticipatory postural adjustments</i> / APAs) melalui ko-kontraksi otot <i>core</i> dan ekstremitas bawah secara simultan.

Fase Latihan	Durasi	Aktivitas Spesifik	Tujuan
Inti III (postural)	15 Menit	Tantangan Garis Tengah & Proprioceptif Anak berjalan di atas balok titian sepanjang 2 – 3 meter dengan ketinggian 10–20 cm dari permukaan lantai. Anak melakukan aktivitas meniti bolak-balik sebanyak 5–7 lintasan per sesi. Progresi tantangan dilakukan dengan meminta anak meniti sembari membawa beban ringan di kedua tangan (misal: <i>sandbag</i> kecil) atau berjalan meniti sembari kepala menoleh ke kanan dan ke kiri secara bergantian mengikuti aba-aba visual terapis.	Mematangkan strategi keseimbangan dinamis dan mengukuhkan orientasi garis tengah tubuh (midline orientation).
Penutup (Integrasi)	5 Menit	Aktivitas perseptual motor ringan (seperti memasukkan koin ke celengan) dalam posisi tegak untuk menenangkan sistem saraf.	Memfasilitasi modulasi sensorik akhir ( <i>sensory gating</i> ) dan meregulasi kembali sistem saraf pusat ( <i>calming effect</i> ) melalui pengalihan fokus kognitif-visual, setelah anak menerima stimulasi vestibular yang masif.
Calm down	5 Menit	Kompresi sendi ( <i>joint compression</i> ) mandiri secara lembut, diikuti dengan aktivitas <i>deep breathing</i> (tarik napas dalam) dalam posisi berbaring telentang ( <i>supine</i> ) di atas matras yang tenang	Menurunkan tingkat stimulasi sistem saraf simpatis ( <i>calming effect</i> ) setelah menerima tantangan integrasi sensorimotor yang masif.

Sumber: (Data Primer, 2026)

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Penelitian

#### 1. Peningkatan Kontrol Postural Segmental (SATCo)

Berdasarkan evaluasi menggunakan instrumen *Segmental Assessment of Trunk Control* (SATCo), subjek menunjukkan peningkatan stabilitas batang tubuh yang signifikan.

- Sebelum Intervensi: Subjek hanya mampu mempertahankan kontrol postur hingga level *Mid-Thoracic*. Saat diberikan tantangan di level yang lebih rendah, subjek menunjukkan kompensasi berupa *slumping* (melorot) dan penggunaan tangan sebagai penyangga.
- Sesudah Intervensi: Setelah 16 sesi latihan, subjek mampu mempertahankan kontrol hingga level *Lower Thoracic/Lumbar*.

Subjek kini mampu duduk tegak tanpa sandaran saat melakukan aktivitas tangan (menjangkau objek) tanpa kehilangan keseimbangan.

#### 2. Peningkatan Keseimbangan Fungsional (PBS)

Hasil pengukuran *Pediatric Balance Scale* (PBS) menunjukkan kenaikan skor total dari 32 poin menjadi 48 poin (Skor Maksimal 56). Peningkatan paling mencolok terlihat pada item-item berikut:

- Berdiri satu kaki: Dari ketidakmampuan total (0 detik) menjadi mampu bertahan selama 5-7 detik dengan minimal kompensasi.
- Jongkok ke Berdiri: Subjek kini mampu mengambil objek dari lantai tanpa kehilangan orientasi vestibular

(pusing atau goyah) dan kembali ke posisi tegak dengan transisi yang halus.

- c. Tandem Stance (Naik Titian): Subjek mampu melangkah di atas balok titian sepanjang 2 meter dengan bantuan minimal, dibandingkan sebelumnya yang memerlukan pegangan penuh dari terapis.

### 3. Perubahan Perilaku dan Regulasi Diri

Peningkatan kontrol postural ternyata berdampak linear pada regulasi perilaku subjek selama di klinik:

- a. Durasi Fokus (Atensi): Terdapat peningkatan durasi fokus dalam menyelesaikan tugas terstruktur, dari rata-rata 3 menit menjadi 10-12 menit.
- b. Penurunan Hiperaktivitas: Frekuensi perilaku *seeking* (seperti berlari tanpa tujuan di ruangan atau menabrakkan diri) berkurang drastis. Hal ini menunjukkan bahwa input vestibular-postural yang diberikan telah memenuhi kebutuhan sensorik subjek, sehingga ia merasa lebih tegak (*grounded*).

**Tabel 2. Perubahan variabel subyek**

Parameter Ukur	Pre-Test (Baseline)	Post-Test (8 Minggu)	Perubahan (%)
Skor SATCo	Mid-Thoracic	Lower-Lumbar	2 Level Segmental
Skor PBS	32	48	50%
Durasi Atensi	3 menit	12 menit	300%

Sumber: (Data Primer, 2026)

### Pembahasan

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa integrasi latihan *vestibular-postural* (V-Post) memberikan dampak signifikan terhadap kontrol motorik dan regulasi perilaku pada subjek. Pada fase awal

penelitian, subjek menunjukkan defisit kontrol postural yang bermanifestasi pada ketidakmampuan mempertahankan posisi tegak saat diberikan tantangan gravitasi ringan. Hal ini selaras dengan teori sensori integrasi yang menyatakan bahwa inefisiensi pada sistem vestibular sering kali mengakibatkan rendahnya tonus otot postural dan ketidakstabilan sisi proksimal tubuh (Kilroy and Cermak 2023).

Tanpa "jangkar" vestibular yang kuat, anak cenderung mengalami kelelahan postural yang cepat, yang kemudian dikompensasi dengan gerakan hiperaktif atau hilangnya atensi (Lang and O'Reilly 2022).

Peningkatan skor SATCo dari level *Mid-Thoracic* ke *Lower-Lumbar* membuktikan bahwa latihan *core stability* mampu memicu aktivasi unit motorik pada otot-otot *core*. Secara neurofisiologis, gerakan transisi posisi ini menstimulasi aparatus vestibular di telinga dalam, yang kemudian mengirimkan sinyal melalui traktus *vestibulospinalis* untuk meningkatkan tonus otot anti gravitasi secara otomatis (Butler and Marsden 2022). Keberhasilan subjek dalam mempertahankan posisi tegak tanpa bantuan tangan menunjukkan bahwa integrasi antara input sensorik dan respon motorik mulai terbentuk, menciptakan stabilitas statis yang lebih kokoh.

Keberhasilan intervensi juga terlihat pada peningkatan skor *Pediatric Balance Scale* (PBS), khususnya pada kemampuan berdiri satu kaki dan berjalan di atas titian. Aktivitas ini merupakan bentuk tantangan *Narrow Base of Support* (BOS) yang memaksa sistem *vestibular* untuk melakukan penyesuaian postur secara cepat dan akurat (Guler and Subasi 2023). Saat subjek berlatih di atas balok titian, terjadi sinkronisasi antara persepsi visual, sistem vestibular, dan proprioseptif kaki.

Hibridisasi metode latihan ini memastikan bahwa otak subjek belajar untuk

memproses informasi ruang secara terpadu, yang pada akhirnya meningkatkan keseimbangan dinamis yang diperlukan untuk aktivitas harian di rumah maupun di sekolah.

Selama fase baseline, subjek sering menunjukkan perilaku *seeking* seperti berlari dan menabrakkan diri. Namun, seiring dengan meningkatnya kekuatan *core* dan stabilitas vestibular melalui latihan, frekuensi perilaku tersebut menurun secara signifikan. Secara klinis, hal ini dapat dijelaskan melalui konsep *Gravitational Security* (T. May-Benson 2023). Ketika seorang anak merasa stabil dan "aman" terhadap tarikan gravitasi, sistem saraf pusatnya tidak lagi berada dalam kondisi *fight-or-flight*, sehingga energi kognitifnya dapat dialihkan untuk fokus pada tugas (atensi) daripada sekadar mempertahankan keseimbangan tubuh (May-Benson 2022).

Pemberian latihan jongkok-berdiri (Dynamic Squat) juga memberikan input proprioseptif yang masif pada sendi-sendi besar seperti panggul dan lutut (Ismael and Dunn 2023). Input proprioseptif ini diketahui memiliki efek penenang (*calming effect*) pada sistem saraf (N. L. Ismael 2022). Dengan mengkombinasikan stimulasi vestibular yang bersifat mengaktifkan (*arousing*) dan input proprioseptif yang menenangkan, protokol V-POST menciptakan keseimbangan neurofisiologis yang optimal. Inilah yang mendasari mengapa subjek mampu meningkatkan durasi fokusnya dari 3 menit menjadi 12 menit; tubuh yang stabil menghasilkan pikiran yang lebih tenang (Ismael and Dunn 2023).

Selain aspek motorik, transisi dari intervensi level 1 (Taktil) ke level 2 (Vestibular-Postural) pada subjek ini membuktikan pentingnya hirarki perkembangan saraf. Pengalaman subjek yang telah mendapatkan terapi sentuh sebelumnya memberikan kesiapan mental bagi subjek untuk menerima tantangan fisik

yang lebih berat di level 2. Tanpa regulasi taktil yang baik, latihan yang melibatkan ayunan atau permukaan tidak stabil mungkin akan memicu *sensory defensive* (Benson 2022). Oleh karena itu, keberhasilan fisioterapi di Klinik X untuk pasien ini menegaskan bahwa pendekatan *hybrid* yang sistematis adalah kunci dalam penanganan gangguan pediatri yang kompleks.

Perubahan pada kemampuan berdiri satu kaki yang meningkat dari 0 ke 6 detik bukan sekadar angka, melainkan indikator bahwa kontrol motorik unilateral subjek telah berkembang. Ini sangat penting untuk kemandirian fungsional, seperti saat anak memakai celana atau melangkah melewati rintangan di taman bermain (Selen 2024). Secara biopsikososial, peningkatan kemampuan fisik ini juga meningkatkan kepercayaan diri subjek. Orang tua melaporkan bahwa subjek kini lebih berani mencoba aktivitas fisik baru dan lebih patuh dalam mengikuti instruksi sederhana, yang merupakan *outcome* penting dalam fisioterapi pada pediatri.

Namun, perlu dicatat bahwa keberhasilan ini juga didukung oleh konsistensi frekuensi terapi di Klinik X dan dukungan orang tua dalam melanjutkan stimulasi ringan di rumah. Studi kasus ini membuktikan bahwa latihan postural tidak harus selalu menggunakan alat canggih; penggunaan balok titian sederhana, latihan jongkok-berdiri, dan tantangan berdiri satu kaki yang dilakukan secara terukur sudah mampu memberikan perubahan sistem saraf yang signifikan.

Keberhasilan peningkatan kontrol motorik pada subjek ini juga tidak lepas dari prinsip dosis-respons yang diterapkan selama 16 sesi intervensi. Dalam *neurorehabilitation*, dosis bukan sekadar durasi, melainkan kombinasi antara intensitas, repetisi, dan *task-specificity* (Hayward and Brauer 2022). Protokol "V-POST" yang dilakukan 2 kali seminggu dengan fokus pada latihan postural

fungsional (jongkok-berdiri, titian) memberikan stimulus yang cukup bagi sistem saraf pusat untuk mencapai ambang batas perubahan klinis 3. Repetisi yang tinggi pada gerakan yang memiliki tujuan fungsional (*meaningful task*) memastikan bahwa sirkuit motorik baru tidak hanya terbentuk secara temporer, tetapi terkonsolidasi menjadi pola gerak yang otomatis (Shumway-Cook and Woollacott 2024).

Secara fundamental, perubahan yang teramati pada An. A merupakan manifestasi dari neuroplastisitas, yaitu kemampuan otak untuk mengorganisasi ulang dirinya melalui pembentukan koneksi sinaptik baru (Schaaf and Kilroy 2024). Stimulasi vestibular dan postural yang diberikan secara konsisten memicu proses *long-term potentiation* (LTP) pada area serebelum dan korteks motorik (Kathleen 2023). Melalui latihan yang menantang stabilitas, otak dipaksa untuk "memperbaiki" pemetaan sensorimotor yang sebelumnya kacau akibat gangguan sensori. Perbaikan kontrol motorik ini menunjukkan bahwa telah terjadi modifikasi pada efisiensi sinaptik, di mana jalur saraf yang mengatur keseimbangan menjadi lebih kuat dan responsif. Inilah alasan mengapa perbaikan postur pada subjek diikuti dengan perbaikan perilaku; otak yang lebih terorganisir secara motorik akan lebih efisien dalam mengelola fungsi eksekutif dan regulasi emosi (Kleim and Kilroy 2024).

Meskipun menunjukkan hasil positif, penelitian studi kasus tunggal (*Single Subject Research*) ini memiliki beberapa keterbatasan, seperti validitas generalisasi yang terbatas pada satu subjek saja karena keunikan profil sensorimotor setiap anak. Selain itu, terdapat kesulitan dalam mengontrol variabel eksternal di luar jam terapi seperti pola tidur, nutrisi, dan aktivitas subjek di rumah, serta ketiadaan data evaluasi jangka panjang (*follow-up*) untuk memantau efek keberlanjutan (*maintenance*)

protokol V-POST setelah 8 minggu intervensi. Terakhir, penilaian aspek perilaku melalui lembar observasi durasi fokus masih memiliki unsur subjektivitas klinis jika dibandingkan dengan instrumen fisik terstandar seperti SATCo dan PBS.

## SIMPULAN DAN SARAN

### Simpulan

Sebagai kesimpulan dari studi kasus ini, integrasi latihan vestibular-postural (V-Post) terbukti berpengaruh dalam menjembatani defisit sensorik menuju kemampuan motorik fungsional pada pasien ini. Peningkatan kontrol motorik sisi proksimal menjadi fondasi bagi perbaikan perilaku dan fungsi kognitif ringan (atensi).

### Saran

- Perluasan Skala Penelitian: Menggunakan desain *Randomized Controlled Trial* (RCT) atau melibatkan jumlah subjek yang lebih banyak untuk memperkuat validitas statistik protokol V-POST.
- Kolaborasi Multidisiplin: Mendorong kerja sama antara Fisioterapis, Okupasi Terapis, dan Psikolog untuk memantau hubungan antara perbaikan kontrol motorik dengan kematangan psikologis serta kemandirian anak secara holistik.

## DAFTAR RUJUKAN

- Benson, May. 2022. "Tactile Modulation as a Gating Mechanism: Preventing Sensory Defensiveness During High-Intensity Vestibular Interventions." *American Journal of Occupational Therapy* 216-222.
- Blakeslee, Sandra, and S Guler. 2023. "Neurophysiological foundations of body awareness: The interplay of tactile, proprioceptive, and vestibular inputs in children." *Brain and Development* 45-56.

- Butler, Penelope B., and Jonathan Marsden. 2022. "Segmental Trunk Control Assessment in Neurodevelopmental Disorders: The Neurophysiological Role of Vestibulospinal Tracts in Motor Unit Recruitment." *Pediatric Physical Therapy* 210–219.
- Cullen, Kathleen E. 2022. "The biological anchor: Vestibulospinal reflexes and the control of extensor muscle tone in postural stability." *Annual Review of Neuroscience* 167–188.
- Cullen, Kathleen. 2023. "Linear and Rotational Vestibular Stimulation as a Catalyst for Core Stability and Postural Control Adaptations." *Journal of Neurophysiology* 512–525.
- Dieterich, Mariana, and Thomas Brandt. 2021. "Vestibular-Spinal Pathways and the Neurobiology of Postural Orientation against Gravity." *Journal of Neurology* 4423–4432.
- Guler, Selen, and Fils Subasi. 2023. "Evaluating Pediatric Balance Scale (PBS) Sensitivity to Narrow Base of Support Challenges: The Role of Dynamic Vestibular Adjustments." *Gait & Posture* 45–52.
- Haddad, Jeffrey M., and Sara Snyder. 2023. "The development of sensorimotor integration and its role in pediatric motor control." *Developmental Medicine & Child Neurology* 302–311.
- Harrar, Vanessa. 2022. "Beyond the muscle: Central sensory integration deficits as the root of motor control impairments in pediatric disorders." *Frontiers in Integrative Neuroscience* 56–64.
- Hayward, Kathryn S., and Sandra G Brauer. 2022. "Dose-Response Relationships in Pediatric Neurorehabilitation: Defining the Matrix of Intensity, Repetition, and Task-Specificity for Motor Automation." *Neurorehabilitation and Neural Repair* 341–352.
- Ismael, N., Lawson. 2022. "Sensory modulation and its impact on motor planning and functional movement efficiency in children." *American Journal of Occupational Therapy* 210–229.
- Ismael, Noha, and Winnie Dunn. 2023. "Proprioceptive Inputs from Dynamic Squatting and Weight-Bearing Exercises: Their Calming Effects on the Central Nervous System." *Research in Developmental Disabilities* 104–111.
- Kathleen, Cullen. 2023. "Cerebellar Synaptic Plasticity and Long-Term Potentiation: How Postural Challenges Remap Sensorimotor Inefficiencies in Pediatric Populations." *Journal of Neurophysiology* 892–904.
- Kilroy, E., Aziz-Zadeh. 2021. "The intersection of sensory processing and gross motor function in pediatrics: Challenges in contemporary rehabilitation." *American Journal of Occupational Therapy* 320–329.
- Kilroy, Emily, and Sharon A Cermak. 2023. "The role of vestibular system efficiency in postural control and core stability: A sensory integration perspective." *Pediatric Physical Therapy* 174–182.
- Kleim, Jeffrey A., and Emily Kilroy. 2024. "Synaptic Efficiency and Postural Automation: Mechanisms of Plasticity in Pediatric Motor Training." *Frontiers in Integrative Neuroscience* 110–116.
- Lane, Shelley J., Zoe Mailloux, and Susanne Smith Roley. 2022. "Postural Core Weakness and Slumping Posture in Children with Sensory Processing Disorders: The Role of Vestibular-Postural Integration." *American*

- Journal of Occupational Therapy* 420-431.
- Lang, Russell, and Mark F O'Reilly. 2022. "Postural Fatigue and Motor Hyperactivity: How Vestibular Inefficiency Drives Behavioral Compensation in School-Aged Children." *Research in Developmental Disabilities* 101-110.
- May-Benson. 2022. "Gravitational Insecurity and Behavioral Regulation in Children with Sensory Integration Dysfunctions: A Co-Regulation Perspective." *American Journal of Occupational Therapy* 210-222.
- May-Benson, Teresa. 2023. "Gravitational Insecurity and the Autonomic Nervous System: Evaluating Fight-or-Flight Responses and Attentional Allocation in Children." *American Journal of Occupational Therapy* 315-327.
- Pastor-Cerezuela, Gemma. 2021. "The prevalence of sensory processing abnormalities in neurodevelopmental disorders: A comprehensive meta-analysis. Research in Developmental Disabilities." *Research in Developmental Disabilities* 123-134.
- Qori Apsari, Allya, Khabib Abdullah, and Atik Swandari. 2025. "Pengaruh Stimulasi Sentuh Terhadap Penurunan Gangguan Perilaku Siswa Taman Kanak-Kanak." *Jurnal Ilmiah Keperawatan (JiKep)* 143-150.
- Reynolds, Stacey, Thomas J Glennon, and Shelly J Lane. 2021. "Epidemiology of sensory processing based issues in school-aged children: A systematic review and meta-analysis." *American Journal of Occupational Therapy (AJOT)*, 420-435.
- Rine, Rose Marie, and Jennifer Braswell. 2022. "Combining Vestibular Stimulation with Postural Challenges: A Hybrid Approach to Enhancing Core Stability and Motor Permanence in Pediatrics." *Pediatric Physical Therapy* 145-154.
- Romadhona, Ichlasul Amalia, Khabib Abdullah, and Atik Swandari. 2025. "Pengaruh Pemberian Tactile Stimulation terhadap Penurunan Gangguan Sensorik dan Perilaku pada Anak di Yayasan Pendidikan Autis Mutiara Hati Surabaya." *Jurnal Penelitian Kesehatan (STIKES Vincentius A Paulo Surabaya)* 194-201.
- Schaaf, Roseann C., and Emily Kilroy. 2024. "Neuroplastic Adaptations Following Sensorimotor Integration Interventions in Children with Developmental Delays: An fMRI and Neurophysiological Perspective." *Frontiers in Integrative Neuroscience* 123-130.
- Selen, Guler. 2024. "Single-Leg Stance Performance in Pediatric Rehabilitation: Unilateral Motor Control and Its Direct Impact on Functional Independence and Daily Living Skills." *Gait & Posture* 112-120.
- Shumway-Cook, Anne, and Marjorie H Woollacott. 2024. "Optimizing Intervention Frequency in Pediatric Postural Rehabilitation: Evaluating the Threshold for Automated Motor Pattern Attainment." *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 512-521.
- Triani, Luciana. 2022. "Karakteristik klinis dan tren kunjungan pasien anak dengan gangguan perkembangan motorik dan perilaku di fasilitas rehabilitasi medik ." *Jurnal Kedokteran Indonesia (JKI)* 210-219.
- Valvano, Jane, and Mary Jane Rapport. 2023. "Motor control versus muscle

strength: Deconstructing contemporary interventions in pediatric rehabilitation." *Pediatric Physical Therapy* 45-53.

Wardani, Khusnul Atiyah, and Dian Pramesti Sari. 2023. "Profil gangguan sensorik dan kemampuan motorik kasar pada anak kebutuhan khusus di pusat layanan terapi kota Surabaya." *Jurnal Ilmiah Fisioterapi* 88-97.