

Effectiveness Of Robot-Assisted Gait Training (RAGT) In Improving Motor Function In Children With Cerebral Palsy: A Systematic Review

Oktaviani Fitriyah^{1*}, Sabrina Jauza Yonasha², Tasya Alunna Nissaussholihah³

^{1,2,3} Fisioterapi, Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas Muhammadiyah Ponorogo, Indonesia

Open  Access Freely
Available Online

Dikirim: 6 Juni 2026

Direvisi: 30 Juni 2026

Diterima: 30 Juni 2026

*Penulis Korespondensi:

E-mail:

oktavianifitriyah@umpo.ac.id

ABSTRAK

Cerebral Palsy (CP) merupakan sekelompok kondisi yang ditandai dengan cedera otak non-progresif pada masa bayi yang menyebabkan kondisi terbatasnya aktivitas serta dampak yang menetap pada perkembangan motorik pusat dan postur tubuh. Tujuan utama RAGT adalah untuk memperbaiki proses pembelajaran motorik melalui stimulasi berjalan yang dilakukan berulang kali disertai dengan umpan balik audio-visual. RAGT menawarkan program rehabilitasi yang lebih canggih dan bisa diubah sesuai kebutuhan. RAGT telah diperkenalkan selama 15 tahun terakhir dan menggabungkan perangkat ortosis robot bilateral. Pemilihan artikel dalam penelitian ini menggunakan metode *systematic review*. Pemilihan artikel dilakukan pada bulan Juli tahun 2025 oleh penulis pertama yang selanjutnya kembali dipilih 8 artikel berdasarkan kriteria inklusi dan kriteria eksklusi. Berdasarkan hasil pencarian dan pemilihan artikel yang telah dilakukan oleh penulis pertama, didapatkan 8 artikel yang sesuai dengan kriteria inklusi dan eksklusi. Studi *systematic review* yang peneliti lakukan berisi artikel mengenai fisioterapi pada *cerebral palsy* dengan terapi modalitas menggunakan *Robot-Assisted Gait Training* (RAGT) yang menyatakan bahwa semua kasus menunjukkan peningkatan sudut ekstensi sendi panggul dan lutut saat fase stance, Aktivitas otot gluteus maximus meningkat selama *stance phase*, Peningkatan skor *Canadian Occupational Performance Measure* (COPM) baik dalam performa maupun kepuasan. Maka dapat disimpulkan bahwa RAGT merupakan salah satu metode rehabilitasi yang potensial dalam meningkatkan fungsi motorik kasar, keseimbangan postural, serta parameter gaya berjalan seperti panjang langkah, kecepatan, dan efisiensi energi.

Kata kunci: Anak-anak, *Cerebral Palsy*, Fungsi Motorik, *Robot-Assisted Gait Training*

ABSTRACT

Cerebral Palsy (CP) is a group of conditions characterized by non-progressive brain injury in infancy that causes a state of restricted activity and a persistent impact on central motor development and posture. The main objective of RAGT is to improve the motor learning process through repetitive walking stimulation accompanied by audio-visual feedback. RAGT offers a more sophisticated and customizable rehabilitation program. RAGT has been introduced over the last 15 years and incorporates bilateral robotic orthosis devices. The selection of articles in this study used the systematic review and Meta-analysis (PRISMA) method. The selection of articles was carried out in July 2025 by the first author who then selected 9 articles based on the inclusion criteria and exclusion criteria. Based on the results of the search and selection of articles that have been carried out by the first author, 9 articles were obtained that fit the inclusion and exclusion criteria. The systematic review study that the researchers conducted contained articles on physiotherapy in cerebral palsy with modality therapy using *Robot-Assisted Gait Training* (RAGT) which stated that all cases showed an increase in hip and knee joint extension angles during the stance phase, increased gluteus maximus muscle activity during the stance phase, increased COPM (*Canadian Occupational Performance Measure*) scores in both performance and satisfaction.

Keywords: Children, *Cerebral Palsy*, Motor Function, *Robot-Assisted Gait Training*

PENDAHULUAN

Cerebral Palsy (CP) merupakan sekumpulan gangguan yang memengaruhi perkembangan motorik pusat dan postur secara permanen, serta menciptakan sindrom terbatas dalam aktivitas akibat kerusakan otak yang tidak bersifat progresif selama masa pertumbuhan (Sadowska et al., 2020). Kondisi ini biasanya juga disertai oleh hambatan pada fungsi sensorik, persepsi, kognisi, komunikasi, perilaku, dan epilepsi (Takano et al., 2020). Tanda utama dari CP adalah adanya diskinesia serta kelainan pada postur. Prevalensi CP berkisar antara 2 hingga 3 per 1.000 kelahiran hidup, serta angka ini cenderung tetap stabil dalam beberapa dekade terakhir (Patel et al., 2020). Salah satu tujuan utama rehabilitasi anak dengan CP adalah memperbaiki kemampuan berjalan dan fungsi motorik kasar, karena keterbatasan ini berdampak besar terhadap partisipasi sosial dan kualitas hidup (Vameghi et al., 2023). Masalah motorik yang paling umum muncul akibat CP adalah spastisitas dan gangguan tonus otot, yang umumnya terkait dengan kesulitan dalam koordinasi, kekuatan, dan kontrol motorik yang spesifik (Paul et al., 2022). Kondisi-kondisi ini dapat menyebabkan perubahan pada tulang dan sendi sebagai akibat dari spastisitas, serta mengakibatkan rasa sakit dan gangguan fungsi (Ghai et al., 2013). Hristina Colovic dkk. (2025) menemukan bahwasanya CP dapat dikategorikan ke dalam empat jenis: spastik, diskinetik, ataksia, serta campuran, berlandaskan jenis defisiensi motorik. Jenis ataksik dari CP adalah yang paling sedikit ditemukan, hanya terjadi pada 5–10% anak yang mengidap CP. Ciri-cirinya meliputi pola postur atau gerakan yang tidak normal, serta kekuatan, ritme, dan ketepatan yang tidak wajar (Colovic et al., 2025).

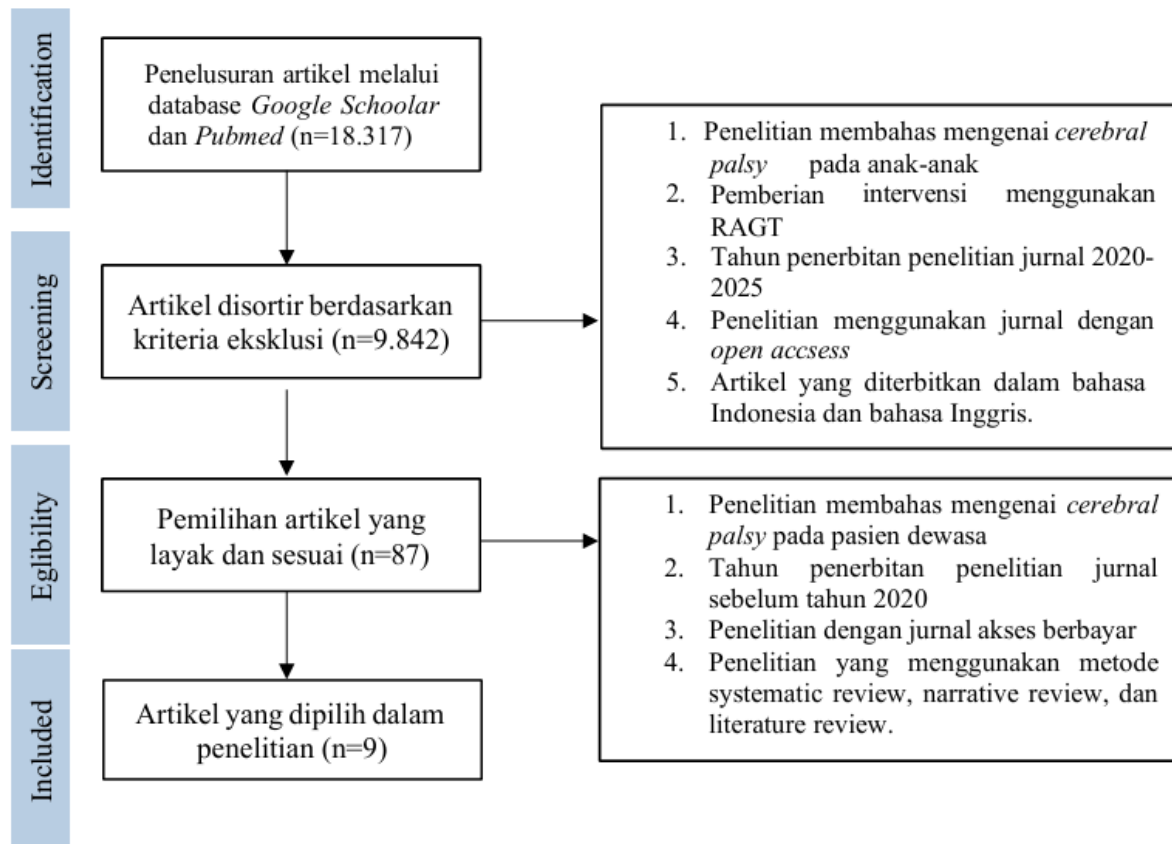
Selama dua dekade terakhir, pendekatan terapi rehabilitasi telah berkembang pesat, termasuk penggunaan *Robot-Assisted Gait Training* (RAGT) yang menawarkan latihan berjalan intensif, berulang, dan berbasis prinsip neuroplastisitas (Calabrò et al., 2026). RAGT dirancang untuk meningkatkan pembelajaran motorik melalui stimulasi berulang dengan jalur gerak yang terkontrol dan aman, memungkinkan pelatihan yang lebih konsisten dibandingkan terapi manual konvensional (Cortés-Pérez et al., 2022). Studi terbaru menunjukkan bahwa RAGT dapat memperbaiki parameter gait seperti panjang langkah, kecepatan berjalan, dan aktivitas otot pada anak dengan CP (Cinnera et al., 2024). Dalam penelitian oleh Kim et al. (2021), penggunaan exoskeleton tanpa kabel (*untethered*) pada anak CP

menunjukkan peningkatan signifikan dalam *Gross Motor Function Measure* (GMFM), keseimbangan, dan efisiensi berjalan (Kim et al., 2021). RAGT menawarkan program rehabilitasi yang lebih canggih dan bisa diubah sesuai kebutuhan. RAGT telah diperkenalkan selama 15 tahun terakhir dan menggabungkan perangkat ortosis robot bilateral (Hu et al., 2024). Ortotik robot membawa gerakan kaki pasien mengikuti jalur yang sudah ditentukan sebelumnya dan dapat dilakukan berulang kali dari sendi pinggul dan lutut dalam bidang sagital, dan dukungan pada kaki membantu menjaga dorsofleksi pasif pada pergelangan kaki, yang dapat mendukung anak-anak dengan CP saat mereka berjalan (Žarković et al., 2021). Tujuan utama RAGT adalah untuk memperbaiki proses pembelajaran motorik melalui stimulasi berjalan yang dilakukan berulang kali disertai dengan umpan balik audio-visual. RAGT menciptakan lingkungan terapi yang sederhana dan aman yang memungkinkan sesi latihan lebih lama dengan banyak pengulangan langkah, sambil menghasilkan pola langkah yang dapat diulang, konsisten secara kinematik, dan simetris.

METODE

Penelitian dalam artikel ini memakai metode *systematic review*. Pengumpulan data dilakukan dengan pencarian literatur yang disusun dengan format PICO: Populasi dalam penulisan artikel adalah pasien pediatri yang menderita *cerebral palsy*, *intervention* menggunakan RAGT, *Comparison* dalam penelitian ini tanpa perbandingan, *Outcome* yang didapatkan merupakan intervensi RAGT dapat meningkatkan fungsi motorik. Database umum yang digunakan pada pencarian literatur dalam artikel ini meliputi *PubMed* serta *Google Scholar* dengan kata kunci yang menerapkan operator boolean yakni, *Cerebral Palsy AND Robot-Assisted Gait Training AND Motoric Function AND Children*. Artikel penelitian yang dijadikan acuan dibatasi oleh beberapa kriteria pada pencarian jurnal yakni: 1) Penelitian membahas mengenai *cerebral palsy* pada anak-anak (WHO) mengklasifikasikan anak-anak sebagai individu berusia 0 sampai di bawah 18 tahun, 2) Pemberian intervensi menggunakan RAGT, 3) Tahun penerbitan artikel jurnal 2020-2025, 4) Penelitian menggunakan jurnal dengan *open access*, 5) Artikel yang diterbitkan dalam Bahasa Indonesia dan Bahasa Inggris. Artikel penelitian akan dieliminasi apabila memenuhi kriteria eksklusi berikut: 1) Penelitian membahas mengenai *cerebral palsy* pada pasien dewasa, 2) Tahun penerbitan artikel sebelum tahun 2020, 3)

Penelitian dengan jurnal akses berbayar, 4)
 Penelitian yang menggunakan metode *systematic review*, *narrative review*, dan *literature review*.



Gambar 1. Diagram Alur PRISMA

Pemilihan artikel dalam penelitian ini menggunakan metode *systematic review*. Pemilihan artikel dilakukan pada bulan Juli tahun 2025 oleh penulis pertama yang selanjutnya kembali dipilih 8 artikel berdasarkan kriteria inklusi dan kriteria eksklusi.

HASIL

Berdasarkan hasil pencarian dan pemilihan artikel yang telah dilakukan oleh penulis pertama, didapatkan 9 artikel yang sesuai dengan kriteria inklusi dan eksklusi. Studi *systematic review* yang peneliti lakukan berisi artikel mengenai fisioterapi pada *cerebral palsy* dengan terapi modalitas menggunakan *Robot-Assisted Gait Training* (RAGT) yang dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 1
 Hasil Mapping Artikel

No	Judul Artikel	Penulis	Metode	Penelitian Hasil
1	<i>Case Report: Robot-assisted gait training with the wearable cyborg hybrid assistive limb 2S size in three children with cerebral palsy</i> (Žarković et al., 2021).	Kazushi Takahashi1, Hirotaka Mutsuzaki, Tomohiro Nakayama, Mayumi Matsuda Kuroda, Kazunori Koseki1, Kenichi Yoshikawa1, Junko Nakayama, Haruka Oguro, Ryoko Takeuchi, Masafumi Mizukami, Hiroki Watanabe, Aiki Marushima	Case Report	Setelah dilakukannya terapi modalitas selama 5-6 minggu, didapatkan bahwa semua kasus menunjukkan peningkatan sudut ekstensi sendi panggul dan lutut saat fase stance, Aktivitas otot gluteus maximus meningkat selama stance phase, Peningkatan skor COPM (<i>Canadian Occupational Performance Measure</i>) baik dalam performa maupun kepuasan.
2	<i>Clinical study on the safety and feasibility of AiWalker-K for lower</i>	Yi Zhang, Zhichong Hui, Weihang Qi, Jiamei Zhang,	RCT	Setelah dilakukannya intervensi selama 4 minggu, Meningkatkan hasil pada: GMFM-88 dimensi D & E, 6MWT,

	<i>limbs exercise rehabilitation in children with cerebral palsy</i> (Y. Zhang et al., 2024)	Mingmei Wang, Dengna Zhu		<i>Pediatric Balance Scale</i> (PBS), dan <i>Edinburgh Visual Gait Score</i> (EVGS), Efek positif tanpa kejadian efek samping serius.
3	<i>Locomotor and robotic assistive gait training for children with</i> (Žarković et al., 2021)	Dayna Pool, Janevalentine, Nicholas F Taylor, Natasha Bear, Catherine Elliott	RCT	Setelah dilakukan intervensi selama 6 minggu, hasil yang didapat ialah Tidak ada perbedaan signifikan antara kelompok RAGT + locomotor training dan locomotor training saja, Kedua kelompok menunjukkan peningkatan, tetapi penambahan RAGT tidak memberi manfaat tambahan.
4	<i>Gait Changes Following Robot-Assisted Gait Training in Children With Cerebral Palsy</i> (Žarković et al., 2021)	Dragana Žarković, Monika Šorfova, James J. Tufano, Patrik Kutilek, Slávka Vítečková, David Ravník, Katja Groleger- Sršen, Imre Cikajlo, Jakub Otáhal	Eksperimen	Setelah dilakukannya terapi modalitas selama 20 sesi RAGT dalam 20 hari kerja berturut-turut didapatkan Penurunan aktivitas otot: biceps femoris, rectus femoris, tibialis anterior, Penurunan rotasi internal sendi panggul, Peningkatan cadence, panjang langkah, dan waktu langkah, serta RAGT dianggap efektif untuk re- edukasi otot dan peningkatan gerak sendi panggul.
5	<i>Influence of Robotic Neurorehabilitation in Cerebral Palsy on Motor Function and Gait</i> (Colovic et al., 2025)	Hristina Colovic, Dejan Nikolic, Dragan Zlatanovic, Vesna Zivkovic, Anita Stankovic, Jasna Stojkovic, Natasa Mujovic, Sindi Mitrovic, Nevena Krstic and Natasa Radosavljevic	Case Report	Setelah melakukan terapi modalitas RAGT didapatkan Peningkatan kemampuan berjalan mandiri (dari tidak dapat berjalan menjadi dapat berjalan sejauh 14 meter), Peningkatan kecepatan jalan, frekuensi langkah, dan durasi fase support kaki, GMFM-88 meningkat terutama pada dimensi D (berdiri) dan E (berjalan, lari, lompat). The gross motor function measurement-88 terdapat 5 kategori: lying and turning (A), sitting (B), crawling and kneeling (C), standing (D), andgait, running, andjumping (E)
6	<i>Overground Robot-Assisted Gait Training for Pediatric Cerebral Palsy</i> (Kim et al., 2021)	Seung Ki Kim, Dongho Park, Beomki Yoo, Dain Shim, Joong-OnChoi, Tae Young Choi, Eun Sook Park	Studi Eksperimen Pilot pada 3 anak CP	Setelah melakukan intervensi dengan durasi 7-20 minggu, didapatkan hasil Peningkatan skor GMFM, terutama pada dimensi D dan E, Peningkatan kecepatan berjalan, cadence, dan jarak tempuh, Penurunan konsumsi oksigen (peningkatan efisiensi berjalan)
7	<i>The Effects of Over-Ground Robot Assisted Gait Training for Children with Ataxic Cerebral Palsy: A Case Report</i> (Kim et al., 2021)	Myungeun Yoo, Jeong Hyeon Ahn and Eun Sook Park	Case Report	Setelah dilakukannya sebanyak 20 kali sesi selama 4 minggu didapatkan hasil peningkatan signifikan pada GMFM-D dan GMFM-E, perbaikan keseimbangan (PBS & PRT) dan kapasitas berjalan (1MWT & TUG), tanpa efek samping yang dilaporkan.
8	<i>Cost-effectiveness analysis of robot-assisted gait training in patients with bilateral spastic cerebral palsy</i> (Klobucká et al., 2023)	Stanislava Klobucká, Robert Klobucký, Katarína Valovičová, Pavol Šiarník and Branislav Kollár	RCT	Setelah dilakukan 20 kali sesi latihan selama 4-6 minggu didapatkan hasil peningkatan besar dalam kemampuan, motorik, seperti duduk, berjalan, melompat dibanding kelompok terapi biasa, peningkatan kemampuan diukur dengan skala GMFM (<i>Gross Motor Function Measure</i>)

PEMBAHASAN

Latihan berjalan yang dibantu oleh robot atau RAGT telah menjadi pendekatan terapi inovatif dalam rehabilitasi anak-anak dengan CP, terutama dalam menangani gangguan gaya berjalan (Tekeş et al., 2025). Teknologi ini memungkinkan pelatihan yang intensif, berulang, dan berbasis tugas, yang secara teoritis mampu mendukung proses neuroplastisitas dan pembelajaran motorik (Moskiewicz & Sarzyńska-Długosz, 2025). RAGT dirancang untuk memperbaiki pola berjalan abnormal yang umum terjadi pada anak dengan CP, seperti berjalan dengan jari kaki atau gaya berjalan membungkuk (Mahendika, 2026).

Melalui pengulangan gerakan yang terstruktur dan terkendali, pelatihan ini diharapkan dapat meningkatkan kontrol motorik, memperkuat otot, dan membentuk pola berjalan yang lebih normal (D. Zhang et al., 2024). Meskipun terdapat bukti awal yang menunjukkan peningkatan variabel gait seperti kecepatan berjalan, panjang langkah, dan frekuensi langkah, efektivitas klinis RAGT secara keseluruhan masih dianggap belum meyakinkan. Beberapa studi menunjukkan bahwa hasil dari RAGT tidak secara signifikan lebih unggul dibandingkan dengan terapi tradisional, seperti fisioterapi intensif atau latihan menggunakan treadmill (Nedergård et al., 2021). Misalnya, penelitian oleh Pool et al. menunjukkan bahwa pada anak dengan tingkat GMFCS level III hingga V, RAGT tidak memberikan peningkatan signifikan dibandingkan pelatihan lokomotor konvensional. Perbedaan hasil ini disebabkan oleh variasi dalam tipe CP (spastik, ataksik, campuran), tingkat keparahan, usia, dan kemampuan fisik pasien, yang memengaruhi seberapa besar manfaat yang bisa diperoleh dari intervensi RAGT (Pool et al., 2021).

Dari sudut pandang teknologi, terdapat dua tipe utama sistem RAGT, yaitu *tethered* (*Lokomat*) dan *untethered* atau *overground exoskeleton Hybrid Assistive Limb* atau *AiWalker-K*. Sistem *tethered* memberikan stabilitas lebih tinggi karena menggunakan treadmill dan suspensi tubuh, namun membatasi partisipasi aktif pasien (Neves et al., 2023). Sebaliknya, sistem *untethered* memungkinkan pasien berjalan di permukaan nyata dan berinteraksi langsung dengan lingkungan sekitar, sehingga menstimulasi gerakan yang lebih alami dan mendorong aktivitas otot yang lebih baik, walaupun memerlukan kemampuan motorik yang lebih besar (Neves et al., 2023). Penelitian menunjukkan bahwa sistem *Hybrid Assistive Limb* (HAL) dapat meningkatkan sudut ekstensi sendi dan aktivitas otot pada anak-anak dengan CP.

Dalam studi kasus terhadap tiga anak, setelah mengikuti 11 hingga 12 sesi terapi, ditemukan adanya peningkatan aktivitas otot gluteus maximus selama fase stance serta perbaikan pada rotasi sendi pinggul dan aktivasi otot yang lebih optimal, berdasarkan analisis gerak tiga dimensi dan *Surface Electromyography* (sEMG) (Neves et al., 2023).

Di sisi lain, alat *AiWalker-K* menunjukkan hasil yang positif dan aman, termasuk peningkatan signifikan dalam kestabilan berjalan enam menit, keseimbangan, dan visual gait score, serta penurunan aktivitas berlebih otot biceps femoris dan tibialis anterior (Y. Zhang et al., 2024). Selain aspek biomekanis, RAGT juga berdampak positif terhadap penggunaan energi dan efisiensi metabolik saat berjalan. Robot eksternal yang mendukung fase ayunan dan tumpuan terbukti mengurangi beban metabolik, mengurangi kelelahan, serta meningkatkan efektivitas berjalan (Tricomi et al., 2024). Di samping itu, gabungan terapi RAGT dengan teknologi VR memberikan hasil menggembirakan dalam mempertahankan kemampuan berdiri dan berjalan jangka panjang, seperti yang ditunjukkan dalam studi longitudinal terhadap seorang gadis remaja dengan CP ataksik yang menjalani terapi selama dua tahun.

Menariknya, pelatihan (Nurahmi et al., 2026) RAGT *overground* pada anak dengan CP ataksik juga terbukti lebih efektif dibandingkan terapi konvensional, khususnya dalam aspek *Gross Motor Function Measure* (GMFM) yang sebelumnya sulit ditingkatkan melalui fisioterapi tradisional. Penelitian Yoo et al. menunjukkan bahwa dua anak dengan CP ataksik mengalami peningkatan dalam keseimbangan dan kemampuan berjalan setelah menjalani sesi RAGT *overground* secara rutin. Meskipun demikian, implementasi RAGT tidak lepas dari tantangan. Salah satu kendala utama adalah biaya tinggi dan akses terbatas, terutama di daerah dengan sumber daya rendah. Hal ini diperkuat oleh temuan Klobucká et al. yang mengakui bahwa meskipun RAGT lebih mahal di awal, terapi ini memiliki potensi efisiensi biaya jangka panjang karena mampu meningkatkan kemandirian pasien, mengurangi kebutuhan perawatan tambahan, dan meningkatkan kualitas hidup. Bahkan, hasilnya lebih menonjol pada remaja dan dewasa muda dengan CP spastik bilateral (Colovic et al., 2025). Sebagai respons terhadap keterbatasan tersebut, pendekatan integratif yang menggabungkan RAGT dengan terapi okupasi, fisioterapi konvensional, serta elemen motivasional seperti permainan interaktif dan realitas virtual kini menjadi tren dalam

rehabilitasi anak-anak dengan CP. Kombinasi ini tidak hanya meningkatkan hasil klinis, tetapi juga memotivasi anak untuk mengikuti latihan secara konsisten dan menyenangkan (Yoo et al., 2021). Secara keseluruhan, meskipun RAGT belum menunjukkan superioritas mutlak atas terapi konvensional, terapi ini menunjukkan potensi besar sebagai bagian dari pendekatan rehabilitasi yang komprehensif. Dengan terus berkembangnya teknologi dan pendekatan individualisasi, RAGT berpeluang menjadi salah satu pilar utama dalam terapi CP di masa depan (Colovic et al., 2025).

SIMPULAN

Berdasarkan hasil kajian terhadap sembilan artikel ilmiah mengenai RAGT pada anak dengan CP dapat disimpulkan bahwa RAGT merupakan salah satu metode rehabilitasi yang potensial dalam meningkatkan fungsi motorik kasar, keseimbangan postural, serta parameter gaya berjalan seperti panjang langkah, kecepatan, dan efisiensi energi. Berbagai studi menunjukkan bahwa RAGT, baik yang bersifat *tethered* maupun *untethered*, mampu memberikan hasil positif terutama jika digunakan secara intensif dan dikombinasikan dengan terapi konvensional. Meskipun demikian, efektivitas RAGT belum seragam untuk semua kelompok usia atau tingkat keparahan CP. Beberapa studi tidak menemukan perbedaan signifikan antara RAGT dan terapi konvensional dalam hal peningkatan fungsi motorik, terutama pada anak-anak dengan keterbatasan motorik berat. Selain itu, faktor biaya, ketersediaan alat, serta kebutuhan terhadap tenaga terlatih menjadi tantangan dalam penerapan RAGT secara luas. Dengan demikian, RAGT belum dapat sepenuhnya menggantikan terapi konvensional, tetapi dapat dijadikan sebagai terapi tambahan yang efektif jika diintegrasikan dalam program rehabilitasi multidisipliner. Penelitian selanjutnya perlu mengembangkan dan menerapkan protokol RAGT yang terstandarisasi, meliputi durasi program, frekuensi latihan, intensitas, lama setiap sesi, serta parameter pengaturan alat, sehingga hasil antarpemeriksaan dapat dibandingkan secara lebih konsisten dan memperkuat bukti ilmiah mengenai efektivitas RAGT pada anak dengan *cerebral palsy*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah membantu dalam penyusunan review ini, terutama kepada rekan penulis.

REFERENSI

- Calabrò, R. S., Calderone, A., Simoncini, L., Naro, A., Haughton, L. O. S., Quartarone, A., & Leochico, C. F. D. (2026). The potential of robotics: A systematic review of neuroplastic changes following advanced lower limb rehabilitation in neurological disorders. In *Neuroscience and Biobehavioral Reviews* (Vol. 180). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2025.106459>
- Cinera, A. M., Ciancarelli, I., Paolucci, T., Merla, A., Nicola, M. Di, Perpetuini, D., D'arienzo, M., Genovesi, G., Moretti, A., Russo, E. F., Gatta, M. T., Gimigliano, F., Cardone, D., & Morone, G. (2024). Evaluation of the effectiveness of Lokomat® robot-assisted gait training in children with cerebral palsy: A systematic review. In *NeuroRehabilitation* (Vol. 55, Number 4, pp. 428–439). SAGE Publications Ltd. <https://doi.org/10.1177/10538135241296010>
- Colovic, H., Nikolic, D., Zlatanovic, D., Zivkovic, V., Stankovic, A., Stojkovic, J., Mujovic, N., Mitrovic, S., Krstic, N., & Radosavljevic, N. (2025a). Influence of Robotic Neurorehabilitation in Cerebral Palsy on Motor Function and Gait. *Children*, 12(2). <https://doi.org/10.3390/children12020190>
- Colovic, H., Nikolic, D., Zlatanovic, D., Zivkovic, V., Stankovic, A., Stojkovic, J., Mujovic, N., Mitrovic, S., Krstic, N., & Radosavljevic, N. (2025b). Influence of Robotic Neurorehabilitation in Cerebral Palsy on Motor Function and Gait. *Children*, 12(2). <https://doi.org/10.3390/children12020190>
- Cortés-Pérez, I., González-González, N., Peinado-Rubia, A. B., Nieto-Escamez, F. A., Obrero-Gaitán, E., & García-López, H. (2022). Efficacy of Robot-Assisted Gait Therapy Compared to Conventional Therapy or Treadmill Training in Children with Cerebral Palsy: A Systematic Review with Meta-Analysis. In *Sensors* (Vol. 22, Number 24). MDPI. <https://doi.org/10.3390/s22249910>
- Ghai, A., Garg, N., Hooda, S., & Gupta, T. (2013). Spasticity - Pathogenesis, prevention and treatment strategies. In *Saudi Journal of Anaesthesia* (Vol. 7, Number 4, pp. 453–460). <https://doi.org/10.4103/1658-354X.121087>
- Hu, M. M., Wang, S., Wu, C. Q., Li, K. P., Geng, Z. H., Xu, G. H., & Dong, L. (2024). Efficacy of robot-assisted gait training on lower extremity function in subacute stroke

- patients: a systematic review and meta-analysis. In *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation* (Vol. 21, Number 1). BioMed Central Ltd. <https://doi.org/10.1186/s12984-024-01463-1>
- Jin, L., Zhao, C., Dou, B., Dong, J., & He, P. (2025). Influence of Robotic Interventions on Gait Improvement in Children with Cerebral Palsy. In *Cerebral Palsy - Clinical Presentation, Treatments, and Outcomes*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.1009226>
- Kim, S. K., Park, D., Yoo, B., Shim, D., Choi, J. O., Choi, T. Y., & Park, E. S. (2021a). Overground robot-assisted gait training for pediatric cerebral palsy. *Sensors*, 21(6), 1–12. <https://doi.org/10.3390/s21062087>
- Kim, S. K., Park, D., Yoo, B., Shim, D., Choi, J. O., Choi, T. Y., & Park, E. S. (2021b). Overground robot-assisted gait training for pediatric cerebral palsy. *Sensors*, 21(6), 1–12. <https://doi.org/10.3390/s21062087>
- Klobucká, S., Klobucký, R., Valovičová, K., Šiarnik, P., & Kollár, B. (2023). Cost-effectiveness analysis of robot-assisted gait training in patients with bilateral spastic cerebral palsy. *Cost Effectiveness and Resource Allocation*, 21(1). <https://doi.org/10.1186/s12962-023-00475-3>
- Mahendika, D. (2026). Scientific Medical Journal Effectiveness of Robot-Assisted Gait Training on Gait and Gross Motor Function in Children with Cerebral Palsy: A Literature Review. *SCRIPTA SCORE Scientific Medical Journal*, 7(2), 189–197. <https://doi.org/10.32734/scripta.v7i2.20393>
- Moskiewicz, D., & Sarzyńska-Długosz, I. (2025). Modern Technologies Supporting Motor Rehabilitation After Stroke: A Narrative Review. In *Journal of Clinical Medicine* (Vol. 14, Number 22). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/jcm14228035>
- Nedergård, H., Arumugam, A., Sandlund, M., Brändal, A., & Häger, C. K. (2021). Effect of robotic-assisted gait training on objective biomechanical measures of gait in persons post-stroke: a systematic review and meta-analysis. In *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation* (Vol. 18, Number 1). BioMed Central Ltd. <https://doi.org/10.1186/s12984-021-00857-9>
- Neves, M. V. M., Furlan, L., Fregni, F., Battistella, L. R., & Simis, M. (2023). Robotic-Assisted Gait Training (RAGT) in Stroke Rehabilitation: A Pilot Study. *Archives of Rehabilitation Research and Clinical Translation*, 5(1). <https://doi.org/10.1016/j.arct.2023.100255>
- Nurahmi, R., Akhlan, R., Nitiya, N., Tanbrin, I., Heryati, E., & Omonovich, K. D. (2026). Enhancing Walking Ability Through Virtual Reality in Children with Cerebral Palsy: A Single-Subject Study. *Jurnal Unik: Pendidikan Luar Biasa*, 11(1), 1–13. <https://doi.org/10.30870/unik.v11i1.38970>
- Patel, D. R., Neelakantan, M., Pandher, K., & Merrick, J. (2020). Cerebral palsy in children: A clinical overview. In *Translational Pediatrics* (Vol. 9, pp. S125–S135). AME Publishing Company. <https://doi.org/10.21037/tp.2020.01.01>
- Paul, S., Nahar, A., Bhagawati, M., & Kunwar, A. J. (2022). A Review on Recent Advances of Cerebral Palsy. In *Oxidative Medicine and Cellular Longevity* (Vol. 2022). Hindawi Limited. <https://doi.org/10.1155/2022/2622310>
- Pool, D., Valentine, J., Taylor, N. F., Bear, N., & Elliott, C. (2021). Locomotor and robotic assistive gait training for children with cerebral palsy. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 63(3), 328–335. <https://doi.org/10.1111/dmcn.14746>
- Sadowska, M., Sarecka-Hujar, B., & Kopyta, I. (2020). Cerebral palsy: Current opinions on definition, epidemiology, risk factors, classification and treatment options. In *Neuropsychiatric Disease and Treatment* (Vol. 16, pp. 1505–1518). Dove Medical Press Ltd. <https://doi.org/10.2147/NDT.S235165>
- Takano, T., Hayashi, A., & Harada, Y. (2020). Progression of motor disability in cerebral palsy: The role of concomitant epilepsy. *Seizure*, 80, 81–85. <https://doi.org/10.1016/j.seizure.2020.06.014>
- Tekeş, S. E. Ö., Sonel Tur, B., Kutlay, Ş., Gökmen, D., & Çiftci, A. (2025). Robot-assisted gait training in children with cerebral palsy: a randomized comparative study. *Developmental Neurorehabilitation*, 28(4–5), 163–172. <https://doi.org/10.1080/17518423.2025.2533218>
- Tricomi, E., Missiroli, F., Xiloyannis, M., Lotti, N., Zhang, X., Stefanakis, M., Theisen, M., Bauer, J., Becker, C., & Masia, L. (2024). Soft robotic shorts improve outdoor walking efficiency in older adults. *Nature Machine*

- Intelligence*, 6(10), 1145–1155.
<https://doi.org/10.1038/s42256-024-00894-8>
- Vameghi, R., Hoseini, S. A., Heydarian, S., Azadeh, H., & Gharib, M. (2023). Walking Ability, Participation, and Quality of Life in Children with Spastic Diplegic Cerebral Palsy: A Path Analysis Study. *Iranian Journal of Child Neurology*, 17(2), 75–91.
<https://doi.org/10.22037/ijcn.v17i1.34924>
- Yoo, M., Ahn, J. H., & Park, E. S. (2021). The effects of over-ground robot-assisted gait training for children with ataxic cerebral palsy: A case report. *Sensors*, 21(23).
<https://doi.org/10.3390/s21237875>
- Žarković, D., Šorfova, M., Tufano, J. J., Kutílek, P., Vítečková, S., Ravník, D., Groleger-Sršen, K., Cikajlo, I., & Otáhal, J. (2021a). Gait Changes Following Robot-Assisted Gait Training in Children With Cerebral Palsy. *Physiological Research*, 70, S397–S408.
<https://doi.org/10.33549/physiolres.934840>
- Žarković, D., Šorfova, M., Tufano, J. J., Kutílek, P., Vítečková, S., Ravník, D., Groleger-Sršen, K., Cikajlo, I., & Otáhal, J. (2021b). Gait Changes Following Robot-Assisted Gait Training in Children With Cerebral Palsy. *Physiological Research*, 70, S397–S408.
<https://doi.org/10.33549/physiolres.934840>
- Zhang, D., Soh, K. G., Chan, Y. M., Feng, X., Bashir, M., & Xiao, W. (2024). Effect of functional training on fundamental motor skills among children: A systematic review. *Heliyon*, 10(23).
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e39531>
- Zhang, Y., Hui, Z., Qi, W., Zhang, J., Wang, M., & Zhu, D. (2024a). Clinical study on the safety and feasibility of AiWalker-K for lower limbs exercise rehabilitation in children with cerebral palsy. *PLoS ONE*, 19(5 May).
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0303517>
- Zhang, Y., Hui, Z., Qi, W., Zhang, J., Wang, M., & Zhu, D. (2024b). Clinical study on the safety and feasibility of AiWalker-K for lower limbs exercise rehabilitation in children with cerebral palsy. *PLoS ONE*, 19(5 May).
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0303517>