

## Desain Alat Ukur Kekuatan untuk Anak Berkebutuhan Khusus

Liliana Puspa Sari<sup>1</sup>, Dicky Hendrawan<sup>2</sup>, Khairul Usman<sup>3</sup>, Umri Rahman Efendi<sup>4</sup>,  
Abel Okta Priza<sup>5</sup>, Setiawan Putra Zega<sup>6</sup>, Jernila Zega<sup>7</sup>

<sup>1,2,5,6,7</sup>Program Studi Pendidikan Jasmani Kesehatan dan Rekreasi,

Sekolah Tinggi Olahraga dan Kesehatan Bina Guna

<sup>3,4</sup>Program Studi Pendidikan Guru Sekolah Dasar, Universitas Negeri Medan

Surel: [lili.binaguna@gmail.com](mailto:lili.binaguna@gmail.com)

### Abstract

North Sumatra is a province with a distinguished tradition of sporting achievement, including at the 2024 National Paralympic Games (Peparnas), where it achieved a top-five ranking with a total of 73 medals. This achievement underscores the importance of systematic regeneration and scouting of athletes with disabilities, particularly in the flagship sport of discus throw. This research aims to develop an arm muscle strength measurement tool suitable for the characteristics of athletes with disabilities as a supporting instrument for talent scouting. The research method uses research and development (RnD) with the Richey and Klein level 4 design, which includes product design, validation, revision, product creation, and limited to operational testing. The tool was developed using a steel base plate, a 500 kg capacity digital hanging scale, steel chains, and ergonomically designed handrails for both sitting and standing positions. The trial was conducted on 20 NPCI North Sumatra athletes with disabilities. The research findings indicate that the measuring tool is valid, reliable, and suitable for use as a strength test instrument for athletes with disabilities, and contributes to the development of adaptive sports testing and measurement.

**Keyword:** Measuring Instruments, Strength, Athletes with Disabilities

### Abstrak

Sumatera Utara merupakan provinsi dengan tradisi prestasi olahraga yang menonjol, termasuk pada Pekan Olahraga Paralimpik Nasional (Peparnas) 2024 dengan capaian lima besar melalui perolehan 73 medali. Capaian tersebut menegaskan pentingnya regenerasi dan penjarangan atlet disabilitas secara sistematis, khususnya pada cabang unggulan lempar cakram. Penelitian ini bertujuan mengembangkan alat ukur kekuatan otot lengan yang sesuai dengan karakteristik atlet disabilitas sebagai instrumen pendukung talent scouting. Metode penelitian menggunakan research and development (RnD) dengan desain Richey and Klein level 4 yang meliputi perancangan produk, validasi, revisi, pembuatan produk, serta uji coba terbatas hingga operasional. Alat dikembangkan menggunakan plat besi pijakan, timbangan gantung digital berkapasitas 500 kg, rantai besi, dan pipa pegangan dengan desain ergonomis untuk posisi duduk maupun berdiri. Uji coba dilakukan pada 20 atlet disabilitas NPCI Sumatera Utara. Hasil penelitian menunjukkan bahwa alat ukur valid, reliabel, dan layak digunakan sebagai instrumen tes kekuatan atlet disabilitas, serta berkontribusi pada pengembangan tes dan pengukuran olahraga adaptif.

**Kata Kunci:** Alat Ukur, Kekuatan, Atlet Disabilitas

## PENDAHULUAN

Sumatera Utara merupakan salah satu provinsi yang memiliki posisi strategis dalam perkembangan olahraga nasional, terutama setelah dipercaya menjadi tuan rumah Pekan Olahraga Nasional (PON) Tahun 2024. Kepercayaan tersebut tidak terlepas dari capaian prestasi olahraga Sumatera Utara yang menempati peringkat keempat secara nasional. Prestasi olahraga ini tidak hanya berdampak pada atlet non-disabilitas, tetapi juga memberikan ruang dan pengakuan yang semakin luas bagi atlet disabilitas yang berkompetisi pada ajang Pekan Olahraga Paralimpik Nasional (*Pekan Olahraga Paralimpik Nasional/Perparnas*) (Faquhuddin et al., 2025; Rel, 2022; Tambunan, 2024). Hal ini menunjukkan bahwa pembangunan olahraga di Sumatera Utara bersifat inklusif dan berorientasi pada pemerataan kesempatan berprestasi bagi seluruh lapisan masyarakat.

Capaian kontingen Sumatera Utara pada *Perparnas* Tahun 2024 menjadi bukti konkret keberhasilan pembinaan olahraga disabilitas di daerah tersebut. Sumatera Utara berhasil menempati peringkat lima besar nasional dengan perolehan total 73 medali yang terdiri atas 28 medali emas, 26 medali perak, dan 19 medali perunggu. Prestasi tersebut diraih melalui kontribusi 164 kontingen yang terdiri dari 133 atlet, 30 ofisial, dan 1 ketua kontingen (Anik, 2022). Jumlah ini mencerminkan keseriusan pemerintah daerah dan pemangku kepentingan olahraga dalam memfasilitasi atlet disabilitas untuk berkompetisi secara optimal di tingkat nasional.

Rekam jejak prestasi yang dicapai oleh Sumatera Utara melalui *National Paralympic Committee*

*Indonesia (NPCI)* menunjukkan konsistensi pembinaan dan pengelolaan olahraga disabilitas yang berkelanjutan. Keberadaan NPCI tidak hanya berfungsi sebagai lembaga pembina prestasi, tetapi juga sebagai wadah pemberdayaan masyarakat disabilitas agar dapat berkarya dan mengembangkan potensi diri melalui olahraga (Undang-Undang Tentang Penyandang Disabilitas, 2016; Yuliasna, 2019). Dengan demikian, olahraga tidak hanya dipandang sebagai sarana kompetisi, tetapi juga sebagai instrumen peningkatan kualitas hidup dan kesejahteraan penyandang disabilitas.

Seiring dengan capaian tersebut, Ketua NPCI Sumatera Utara memiliki tanggung jawab strategis untuk melakukan regenerasi atlet secara sistematis dan terencana. Regenerasi atlet menjadi aspek krusial agar prestasi yang telah diraih dapat dipertahankan dan ditingkatkan pada event olahraga berikutnya. Proses regenerasi ini harus mengacu pada komposisi atlet yang ideal sesuai dengan kriteria NPCI agar mampu bersaing di tingkat nasional maupun internasional (Budi & Lismadiana, 2020; Herdiyana & Prakoso, 2016; Sihombing et al., 2023). Tanpa regenerasi yang berkelanjutan, prestasi olahraga berisiko mengalami stagnasi bahkan penurunan.

Cabang olahraga unggulan NPCI Sumatera Utara yang secara konsisten menyumbangkan medali adalah cabang atletik, khususnya pada nomor lempar cakram, tolak peluru, dan lari jarak pendek. Di antara ketiga nomor tersebut, lempar cakram tercatat sebagai nomor yang paling dominan dalam perolehan medali emas. Kondisi ini menegaskan bahwa lempar cakram memiliki potensi besar untuk terus dikembangkan sebagai cabang andalan daerah. Oleh karena itu, rekrutmen calon atlet lempar cakram

menjadi kebutuhan mendesak agar Sumatera Utara tetap memiliki atlet berprestasi di masa mendatang (Dzainuddin, 2019; Mata et al., 2023; Savitri, 2021).

Berdasarkan analisis tersebut, diperlukan proses pendeteksian bakat atau *talent scouting* yang terarah untuk menjaring calon atlet lempar cakram yang memiliki potensi unggul. Pendeteksian ini bertujuan untuk mempertahankan capaian medali emas serta membuka peluang peningkatan prestasi pada ajang nasional lainnya hingga ke tingkat internasional. Salah satu aspek penting dalam proses seleksi calon atlet lempar cakram adalah pengukuran kekuatan otot lengan. Penggunaan alat ukur kekuatan otot lengan menjadi instrumen objektif untuk menilai potensi fisik calon atlet berdasarkan capaian nilai tertinggi atau standar kekuatan yang telah ditetapkan (Abadi, 2012; Çiftçi et al., 2025; Juraidi, 2021; Mardhika, 2016; Rodríguez-Perea & Chiroso Rios, 2025).

Namun, alat ukur kekuatan yang tersedia saat ini umumnya dirancang untuk atlet non-disabilitas, seperti *back and leg dynamometer* yang digunakan dengan posisi berdiri. Kondisi tersebut menyulitkan atlet disabilitas dalam melakukan penyesuaian posisi saat tes kekuatan dan sering kali memerlukan bantuan lebih dari dua orang penguji. Selain itu, alat yang ada memiliki batas maksimal pengukuran hingga 300 kg dan akan menampilkan informasi *error* apabila hasil pengukuran melebihi batas tersebut. Oleh karena itu, diperlukan modifikasi dan pengembangan alat ukur kekuatan otot lengan yang bersifat adaptif, memiliki multi posisi sesuai kondisi atlet disabilitas, serta mampu mendeteksi kekuatan di atas 300 kg secara akurat (Fenanlampir & Faruq,

2015; Hidayat et al., 2021; Piazzini et al., 2025; Samarakoon et al., 2025).

Pengembangan alat ukur kekuatan otot lengan bagi atlet disabilitas tidak hanya memiliki nilai praktis, tetapi juga bernilai akademik dan ilmiah. Proses pengembangan ini perlu dikaji berdasarkan pendekatan ilmu anatomi, fisiologi, ergonomi, serta memenuhi unsur evaluasi dalam bidang olahraga (Anggriawan, 2015; Juniarsyah et al., 2017; Lim, 2025; Robert Varte et al., 2025; L. H. Wang et al., 2010). Selain berkontribusi terhadap pengembangan keilmuan olahraga, inovasi alat ukur ini juga berpotensi memberikan dampak sosial yang luas bagi Provinsi Sumatera Utara, yaitu meningkatkan motivasi masyarakat disabilitas untuk berprestasi, membuka peluang kesejahteraan hidup melalui olahraga, serta memperkuat posisi Sumatera Utara sebagai provinsi yang unggul dan inklusif dalam prestasi olahraga di tingkat daerah, nasional, maupun internasional.

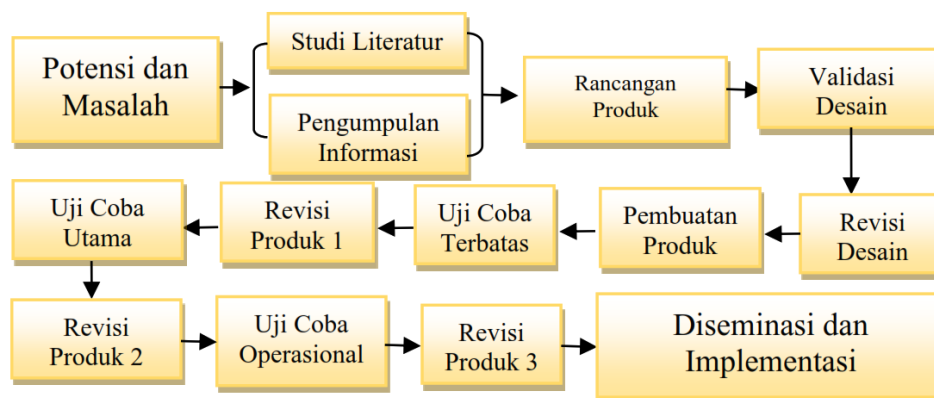
## METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan *research and development (RnD)* yang bertujuan untuk mengembangkan alat ukur kekuatan yang adaptif bagi anak berkebutuhan khusus sebagai pendukung proses penjaringan atlet disabilitas. Pendekatan ini dipilih karena tidak hanya berfokus pada pengujian teori, tetapi juga pada proses perancangan, pengembangan, dan pengujian produk secara sistematis agar menghasilkan alat ukur yang valid, reliabel, dan aplikatif (Gani & Purbangkara, 2023; Putra et al., 2025; Putro et al., 2023; Wahditiya et al., 2025). Pengembangan alat ukur kekuatan ini dianalisis secara keilmuan dan kajian akademik dengan mempertimbangkan

kebutuhan lapangan, karakteristik pengguna, serta tuntutan prestasi olahraga disabilitas yang semakin kompetitif.

Desain pengembangan yang digunakan dalam penelitian ini mengacu pada model *Richey and Klein* dengan penerapan level 4, yaitu melaksanakan keseluruhan tahapan penelitian dan pengembangan secara komprehensif. Model ini dipilih karena memberikan alur pengembangan yang sistematis mulai dari perancangan produk hingga tahap

diseminasi dan implementasi. Tahapan pengembangan mencakup proses perancangan produk awal, validasi desain oleh para ahli, revisi desain berdasarkan masukan validator, pembuatan produk, uji coba terbatas, revisi produk tahap pertama, uji coba utama, revisi produk tahap kedua, uji coba lapangan operasional, revisi produk tahap ketiga, hingga tahap akhir berupa diseminasi dan implementasi produk kepada pengguna sasaran (Sugiyono, 2017; Usman et al., 2022).



**Gambar 1. Prosedur Penelitian**

Prosedur penelitian diawali dengan tahap pendeteksian potensi dan permasalahan yang berkaitan dengan keterbatasan alat ukur kekuatan bagi atlet disabilitas, sebagaimana telah diuraikan pada bagian latar belakang penelitian. Tahap ini bertujuan untuk memastikan bahwa produk yang dikembangkan benar-benar menjawab kebutuhan nyata di lapangan. Permasalahan yang teridentifikasi kemudian dianalisis secara mendalam untuk menentukan spesifikasi alat ukur yang sesuai dengan kondisi fisik, ergonomi, serta kemampuan motorik anak berkebutuhan khusus dalam konteks olahraga prestasi.

Tahap selanjutnya adalah studi literatur dan pengumpulan informasi yang relevan dengan pengembangan alat

ukur kekuatan. Studi literatur dilakukan dengan menelaah teori-teori terkait pengukuran kekuatan otot, karakteristik atlet disabilitas, prinsip ergonomi, serta hasil penelitian terdahulu yang relevan. Informasi yang diperoleh dari kajian pustaka ini menjadi dasar dalam merancang produk awal, baik dari segi desain, fungsi, maupun mekanisme pengukuran, sehingga alat ukur yang dikembangkan memiliki landasan ilmiah yang kuat dan sesuai dengan kebutuhan pengguna.

Berdasarkan hasil analisis kebutuhan dan studi literatur, peneliti merancang produk berupa alat ukur kekuatan yang diperuntukkan sebagai proyek mata kuliah sekaligus sebagai sarana pendukung prestasi olahraga

disabilitas. Produk yang telah dirancang kemudian melalui tahap validasi oleh para ahli yang memiliki kompetensi di bidang olahraga, alat ukur, dan pendidikan khusus. Hasil validasi digunakan sebagai dasar untuk melakukan revisi desain guna meningkatkan efektivitas dan efisiensi produk. Selanjutnya, produk yang telah direvisi diuji melalui uji coba terbatas, uji coba utama, dan uji coba operasional untuk memperoleh data empiris terkait kinerja dan kelayakan alat ukur.

Tahap akhir dari proses penelitian ini adalah penyempurnaan produk berdasarkan hasil uji coba dan revisi yang dilakukan secara bertahap hingga diperoleh alat ukur yang memenuhi kriteria kelayakan. Produk yang telah dinyatakan layak kemudian didiseminasikan dan diimplementasikan kepada masyarakat, khususnya pihak-pihak yang terlibat dalam pembinaan atlet disabilitas. Diseminasi dan implementasi ini bertujuan agar alat ukur yang dikembangkan dapat dimanfaatkan secara luas sebagai instrumen penjarangan bakat atlet disabilitas, sekaligus memberikan kontribusi nyata terhadap pengembangan olahraga disabilitas berbasis kajian ilmiah dan inovasi teknologi.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil

Hasil penelitian menunjukkan bahwa alur pengembangan alat ukur kekuatan untuk anak berkebutuhan khusus sebagai pendukung penjarangan atlet disabilitas merupakan implementasi nyata dari pendekatan *Outcome Based Education (OBE)* dalam perkuliahan tes dan pengukuran olahraga. Produk yang dihasilkan tidak hanya berorientasi pada capaian akademik mahasiswa, tetapi juga

diarahkan untuk memberikan luaran yang berdampak langsung bagi masyarakat, khususnya komunitas disabilitas. Dengan demikian, hasil penelitian ini tidak semata-mata menghasilkan prototipe alat ukur, melainkan juga menghadirkan model pembelajaran berbasis proyek yang relevan dengan kebutuhan lapangan dan selaras dengan sasaran prestasi olahraga disabilitas.

Tahap awal hasil pengembangan ditunjukkan melalui studi literatur yang menghasilkan landasan konseptual bagi desain alat ukur. Literatur yang dikaji meliputi konsep tes dan pengukuran olahraga, karakteristik biomekanik atlet disabilitas, desain alat olahraga adaptif, sistem pembinaan atlet *National Paralympic Committee Indonesia (NPCI)*, serta capaian prestasi olahraga disabilitas. Hasil kajian ini menjadi dasar dalam menentukan spesifikasi alat ukur kekuatan yang aman, ergonomis, dan sesuai dengan kemampuan fisik atlet disabilitas. Temuan pada tahap ini menegaskan bahwa alat ukur konvensional belum sepenuhnya mengakomodasi kebutuhan atlet disabilitas, sehingga diperlukan inovasi alat ukur yang fleksibel dalam penggunaan posisi berdiri maupun duduk.

Hasil perancangan produk awal menunjukkan bahwa alat ukur kekuatan yang dikembangkan memiliki komponen utama yang disesuaikan dengan kebutuhan fungsional dan keamanan pengguna. Desain produk kemudian divalidasi oleh para ahli untuk menilai validitas *content* dan *construct*. Berdasarkan hasil validasi, alat ukur dinyatakan layak secara konseptual dan fungsional dengan beberapa catatan perbaikan minor pada aspek ergonomi dan kestabilan alat. Selain itu, uji reliabilitas dilakukan menggunakan

metode *test and retest* untuk memastikan konsistensi hasil pengukuran. Hasil uji reliabilitas menunjukkan bahwa alat ukur memiliki tingkat kestabilan pengukuran yang baik dan dapat digunakan secara berulang tanpa menghasilkan perbedaan nilai yang signifikan (Palmer et al., 2023; Sari et al., 2025).

Adapun gambaran desain produk hasil pengembangan dapat dilihat pada Tabel 1. Tabel ini menunjukkan bahwa setiap komponen alat memiliki fungsi

yang saling terintegrasi untuk mendukung proses pengukuran kekuatan otot lengan atlet disabilitas. Penggunaan timbangan gantung digital dengan kapasitas hingga 500 kg menjadi temuan penting karena mampu mengatasi keterbatasan alat ukur konvensional yang hanya memiliki batas maksimal 300 kg. Selain itu, keberadaan rantai besi sebagai pengatur jarak memungkinkan penyesuaian ergonomi sesuai kondisi fisik pengguna.

**Tabel 1. Desain Produk Alat Ukur Kekuatan**

| No | Alat yang Dipakai                                                                                       | Keterangan Alat                                                          | Kegunaan                                                       |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| 1  | <br><b>40 x 40 CM</b> | Plat besi tebal 5-10mm ukuran 40 x 40 cm                                 | Sebagai pondasi pijakan kaki                                   |
| 2  |                      | Timbangan Gantung Digital Ukuran 500Kg ( <i>Crane Sclae Industrial</i> ) | Sebagai alat pengukuran hasil tes                              |
| 3  |                      | Rantai Besi ukuran 1 meter                                               | Sebagai pengatur jarak ergonomi antara tangan dengan timbangan |
| 4  |                                                                                                         | Pipa Besi                                                                | Sebagai Pegangan alat tes                                      |



## Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengembangan alat ukur kekuatan bagi anak berkebutuhan khusus mampu menjawab kebutuhan nyata dalam proses penjarangan atlet disabilitas. Temuan ini sejalan dengan pandangan bahwa keterbatasan instrumen pengukuran yang adaptif menjadi salah satu kendala utama dalam pembinaan olahraga disabilitas (Jamieson & Wijesundara, 2025; Liu, Yu, et al., 2025). Penelitian terdahulu juga menegaskan bahwa penggunaan alat ukur yang tidak sesuai dengan karakteristik fisik atlet disabilitas berpotensi menghasilkan data yang bias dan kurang akurat, sehingga menghambat proses identifikasi potensi atlet secara objektif (Nocera et al., 2025; Travers et al., 2025; Wileman et al., 2025). Dengan demikian, hasil penelitian ini memperkuat urgensi pengembangan alat ukur khusus yang dirancang sesuai kebutuhan pengguna.

Implementasi pendekatan *Outcome Based Education (OBE)* dalam pengembangan alat ukur ini terbukti menghasilkan luaran yang bersifat akademik sekaligus aplikatif. Temuan ini

mendukung hasil penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa integrasi *project-based learning* dalam pendidikan tinggi mampu menghasilkan inovasi yang relevan dengan kebutuhan masyarakat dan dunia kerja (Lee & Lee, 2025; Naseer et al., 2025; Shenbagavalli, 2025). Dalam konteks olahraga, pendekatan berbasis luaran dinilai efektif untuk menjembatani kesenjangan antara teori pengukuran dan praktik lapangan, khususnya pada olahraga disabilitas yang menuntut penyesuaian desain dan prosedur tes (Westmattelmann et al., 2025; Zhong et al., 2025).

Hasil studi literatur yang menjadi dasar perancangan alat menunjukkan bahwa sebagian besar alat ukur kekuatan yang digunakan selama ini masih berorientasi pada atlet non-disabilitas. Temuan ini konsisten dengan penelitian terdahulu yang mengungkapkan bahwa instrumen tes konvensional, seperti *back and leg dynamometer*, memiliki keterbatasan dalam mengakomodasi variasi postur dan kemampuan motorik atlet disabilitas (Barbosa et al., 2026; Sidik et al., 2025). Oleh karena itu, hasil penelitian ini memperkuat argumen

bahwa pengembangan alat ukur adaptif merupakan kebutuhan mendesak dalam pembinaan atlet disabilitas berbasis prestasi.

Hasil validasi ahli menunjukkan bahwa alat ukur yang dikembangkan memenuhi aspek validitas *content* dan *construct*. Temuan ini sejalan dengan penelitian Che Jamaludin et al. (2025) dan Kabashkin et al. (2025) yang menyatakan bahwa keterlibatan ahli dalam proses pengembangan instrumen merupakan langkah krusial untuk menjamin kesesuaian konsep, fungsi, dan keamanan alat. Selain itu, hasil uji reliabilitas menggunakan metode *test and retest* menunjukkan konsistensi pengukuran yang baik, sebagaimana juga dilaporkan oleh Mak et al. (2025); Moreno-Azze et al. (2025) dan Ye et al. (2025), bahwa reliabilitas yang tinggi menjadi indikator utama kelayakan alat ukur kekuatan dalam konteks olahraga prestasi.

Keunggulan alat ukur yang dikembangkan terletak pada fleksibilitas penggunaannya, yaitu dapat digunakan dalam posisi berdiri maupun duduk. Hasil ini mendukung penelitian terdahulu yang menekankan pentingnya prinsip ergonomi dan adaptabilitas dalam desain alat olahraga disabilitas (Judge et al., 2025; Liu, Bleakney, et al., 2025). Penelitian sebelumnya juga menunjukkan bahwa alat ukur yang ergonomis mampu meningkatkan kenyamanan, keamanan, serta partisipasi atlet dalam proses pengukuran, sehingga data yang diperoleh menjadi lebih representatif terhadap kemampuan fisik sebenarnya (Maurício & Gabriel, 2026; Merino-Campos, 2025).

Hasil uji coba lapangan terhadap atlet disabilitas NPCI Sumatera Utara menunjukkan bahwa alat ukur mampu mendeteksi variasi kekuatan otot lengan

secara jelas dan konsisten. Temuan ini memperkuat hasil penelitian Kawasaki et al. (2025) dan Sheng (2025), yang menyatakan bahwa penggunaan instrumen berbasis *objective measurement* lebih efektif dalam proses seleksi dan pembinaan atlet dibandingkan pendekatan subjektif. Dengan adanya data kuantitatif yang akurat, proses penjarangan atlet dapat dilakukan secara lebih transparan dan berbasis bukti ilmiah.

Penggunaan timbangan gantung digital dengan kapasitas hingga 500 kg dalam alat ukur yang dikembangkan menjadi temuan penting dalam penelitian ini. Hasil ini mendukung penelitian Y. Wang et al. (2025) dan Warneke et al. (2025), yang menyatakan bahwa keterbatasan kapasitas alat ukur konvensional sering menyebabkan terjadinya *measurement error*, terutama pada atlet dengan tingkat kekuatan tinggi. Dengan kapasitas pengukuran yang lebih besar, alat ukur ini mampu memberikan data yang lebih akurat dan komprehensif, sehingga mendukung proses identifikasi atlet potensial secara lebih presisi.

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini konsisten dan didukung oleh berbagai penelitian terdahulu yang menekankan pentingnya pengembangan alat ukur adaptif, valid, dan reliabel dalam olahraga disabilitas (D'Amours et al., 2025; Muñoz-Llerena et al., 2025; Shao et al., 2025). Temuan penelitian ini tidak hanya memperkaya kajian ilmiah di bidang tes dan pengukuran olahraga, tetapi juga memiliki implikasi praktis dalam mendukung pembinaan prestasi atlet disabilitas secara berkelanjutan. Dengan dukungan empiris dan kesesuaian dengan hasil penelitian sebelumnya, alat ukur ini berpotensi menjadi kontribusi signifikan bagi pengembangan sistem penjarangan dan

pembinaan atlet disabilitas di tingkat daerah, nasional, hingga internasional.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa Provinsi Sumatera Utara memiliki kebutuhan strategis dalam melakukan penjarangan dan regenerasi atlet disabilitas untuk mempertahankan serta meningkatkan prestasi, khususnya pada cabang unggulan lempar cakram. Pengembangan alat ukur kekuatan otot lengan yang adaptif, ergonomis, dan mampu digunakan dalam posisi duduk maupun berdiri serta memiliki kapasitas pengukuran di atas 300 kg terbukti layak dan akurat berdasarkan uji coba pada atlet disabilitas NPCI Sumatera Utara. Melalui pendekatan *research and development* dengan desain *Richey and Klein* level 4, alat ukur ini tidak hanya berkontribusi pada pengembangan keilmuan tes dan pengukuran olahraga, tetapi juga memberikan manfaat praktis dalam mendukung pembinaan prestasi, pemberdayaan masyarakat disabilitas, serta penguatan posisi Sumatera Utara dalam prestasi olahraga di tingkat nasional dan internasional.

## DAFTAR RUJUKAN

- Abadi, R. A. (2012). Studi Analisis Prestasi Atlet Karate Sulawesi Selatan. *Jurnal Pascasarjana Universitas Negeri Makassar*, 1(1).
- Anggriawan, N. (2015). Peran Fisiologi Olahraga dalam Menunjang Prestasi. *Jurnal Olahraga Prestasi*, 11(2), 8–18.
- Anik. (2022). *50 Atlet Disabilitas Kendal Ikuti Talent Scouting NPC Jateng*. Poskota Jateng.
- Barbosa, L. L., Dutkowsky, J. P., & Agrawal, S. K. (2026). Hippotherapy simulators in physical rehabilitation: A systematic review. *Mechatronics*, 114, 103449. <https://doi.org/10.1016/j.mechatronics.2025.103449>
- Budi, B., & Lismadiana, L. (2020). Evaluasi Program Pembinaan Atletik di Pengcab PASI Kabupaten Kuningan. *JUARA : Jurnal Olahraga*, 5(2), 209–221. <https://doi.org/10.33222/juara.v5i2.1029>
- Che Jamaludin, F. I., Abdullah, M. R. T. L., Endut, M. N. A. A., Saifuddeen, S. M., Hamimi, K. A., & Harun, S. (2025). Developing a Shariah-compliant medical services framework in Malaysia: an expert system approach using fuzzy Delphi method and interpretive structural modelling. *BMJ Open*, 15(1), e082263. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2023-082263>
- Çiftçi, M. C., Çelik, S., Çabuk, S., Ulupınar, S., & İnce, İ. (2025). Investigation of the intra and inter-day reliability of the athletic shoulder test using the wii balance board in volleyball players. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, 17(1), 158. <https://doi.org/10.1186/s13102-025-01185-4>
- D'Amours, J., Girard, S., Miquelon, P., & Veillette, P.-L. (2025). Bonheur en boule: an adapted group-based physical activity program for youth with disabilities. *Frontiers in Sports and Active Living*, 7.

<https://doi.org/10.3389/fspor.2025.1580697>

024.2372323

- Dzainuddin, M. (2019). *SURVEI PRESTASI CABANG OLAHRAGA UNGGULAN KONI KABUPATEN PASER*. 7(2), 917–928.
- Faqihuddin, A., Ratri, P. M., Sholihah, K. U., & Susanti, R. N. (2025). *PSIKOLOGI OLAHRAGA Dari Lapangan, Arena, hingga Dunia Virtual*. Azzia Karya Bersama.
- Fenanlampir, A., & Faruq, M. M. (2015). *Tes dan pengukuran dalam olahraga*. CV. ANDI.
- Gani, R. A., & Purbangkara, T. (2023). *Metodologi penelitian pendidikan jasmani*. uwais inspirasi indonesia.
- Herdiana, A., & Prakoso, G. P. W. (2016). Pembelajaran Pendidikan Jasmani Yang Mengacu Pada Pembiasaan Sikap Fair Play Dan Kepercayaan Pada Peserta Didik. *Jurnal Olahraga Prestasi*, 12(1), 77–85.
- Hidayat, A., Hardiyono, B., Satria, M. H., & Pratama, R. (2021). Tes dan Pengukuran Kondisi Fisik dan Keterampilan Atlet Bola Tangan Kota Palembang. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat Bina Darma*, 1(1), 57–60. <https://doi.org/10.33557/pengabdian.v1i1.1336>
- Jamieson, A. R., & Wijesundara, H. D. (2025). A review of adaptive equipment and technology for exercise and sports activities for people with disabilities. *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*, 20(1), 33–45. <https://doi.org/10.1080/17483107.2024.2372323>
- Judge, L. W., Moore, M., Biddle, A., Smith, A., & Hoover, D. (2025). Enhancing Inclusivity in Sports: A Focus on Adaptive Synergy for Athletes with Physical Disabilities. *International Journal of Exercise Science*, 18(1), 470–494. <https://doi.org/10.70252/BENN8852>
- Juniarsyah, A. D., Apriantono, T., & Adnyana, I. K. (2017). Karakteristik Fisiologi Pemain Futsal Profesional Dalam Dua Pertandingan Berturut-Turut. *Jurnal Sains Keolahragaan Dan Kesehatan*, 2(2).
- Juraiddi. (2021). *Menpora: Sumut sentra pembinaan atlet dalam DBON*. Antaranews.
- Kabashkin, I., Fedorov, R., & Perekrestov, V. (2025). Decision-Making Framework for Aviation Safety in Predictive Maintenance Strategies. *Applied Sciences*, 15(3), 1626. <https://doi.org/10.3390/app15031626>
- Kawasaki, Y., Kasai, T., Takami, Y., Kawana, F., Shiroshita, N., Ogasawara, E., & Koikawa, N. (2025). Changes in the objective measures of sleep in association with menses among female athletes with excessive daytime sleepiness. *Sleep and Biological Rhythms*. <https://doi.org/10.1007/s41105-025-00599-4>
- Lee, M. Y., & Lee, J. S. (2025). Project-Based Learning as a Catalyst for Integrated STEM Education. *Education Sciences*, 15(7), 871.

<https://doi.org/10.3390/educsci15070871>

Jelas.

- Lim, W. M. (2025). What Is Qualitative Research? An Overview and Guidelines. *Australasian Marketing Journal*, 33(2), 199–229. <https://doi.org/10.1177/14413582241264619>
- Liu, J., Bleakney, A. W., Cheung, W. C., Yu, H., Cao, C., & Jan, Y.-K. (2025). Emerging assistive technologies in paralympic sports: a systematic review. *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*, 1–28. <https://doi.org/10.1080/17483107.2025.2597408>
- Liu, J., Yu, H., Cheung, W. C., Bleakney, A., & Jan, Y.-K. (2025). A systematic review of pathophysiological and psychosocial measures in adaptive sports and their implications for coaching practice. *Heliyon*, 11(2), e42081. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2025.e42081>
- Mak, M. C. W., Bishop, C., & Beato, M. (2025). Validity and Reliability of Flywheel Resistance Technology as an Assessment Method and Its Association With Sports Performance and Asymmetry: A Systematic Review. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 39(7), e930–e948. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000005146>
- Mardhika. (2016). Pengaruh Kepribadian Atlet Dalam Olahraga. Prosiding. Seminar Nasional Keolahragaan. *Arah Pendidikan Karakter Tidak Jelas*.
- Mata, P., Sepak, K., Dasar, B., Supriadi, A., Valianto, B., Olahraga, P. K., Ilmu, F., Universitas, K., Keolahragaan, F. I., Medan, U. N., Keolahragaan, I., Ilmu, F., Universitas, K., & Medan, N. (2023). Potensi Kabaddi Sebagai Olahraga Unggulan di Sumatera Utara Persiapan PON XXI Tahun 2024. *Jurnal Dunia Pendidikan*, 3(November 2023), 67–78.
- Maurício, C., & Gabriel, A. T. (2026). *Usability in Sports Equipment Development: A Literature Review* (pp. 351–362). [https://doi.org/10.1007/978-3-031-82291-9\\_25](https://doi.org/10.1007/978-3-031-82291-9_25)
- Merino-Campos, C. (2025). Enhancing Physical Education Through Gamification and Ergonomics: A Literature Review. *Theoretical and Applied Ergonomics*, 1(1), 3. <https://doi.org/10.3390/tae1010003>
- Moreno-Azze, A., López-Plaza, D., Alacid, F., & Falcón-Miguel, D. (2025). Validity and Reliability of an iOS Mobile Application for Measuring Change of Direction Across Health, Performance, and School Sports Contexts. *Applied Sciences*, 15(4), 1891. <https://doi.org/10.3390/app15041891>
- Muñoz-Llerena, A., Angosto, S., Pérez-Campos, C., & Alcaraz-Rodríguez, V. (2025). A Systematic Review of Volunteer Motivation and Satisfaction in Disability Sports Organizations. *Disabilities*, 5(2), 33. <https://doi.org/10.3390/disabilities>

5020033

- Naseer, F., Tariq, R., Alshahrani, H. M., Alruwais, N., & Al-Wesabi, F. N. (2025). Project based learning framework integrating industry collaboration to enhance student future readiness in higher education. *Scientific Reports*, 15(1), 24985.  
<https://doi.org/10.1038/s41598-025-10385-4>
- Nocera, V. G., Wozencroft, A. J., & Coe, D. P. (2025). Methodologies, perspectives and strategies to promote holistic assessment of health and activity behaviours in youth with developmental disabilities: a narrative review. *BMJ Open Sport & Exercise Medicine*, 11(2), e002194.  
<https://doi.org/10.1136/bmjsem-2024-002194>
- Palmer, B. L., Van der ploeg, G. E., Bourdon, P. C., & Crowther, R. G. (2023). The reliability and validity of two different inertial measurement units in youth basketball players. *Journal of Physical Education and Sport*, 23(7), 1556–1560.  
<https://doi.org/10.7752/jpes.2023.07190>
- Piazzini, M., Angelini, L., Ciapetti, T., Doronzio, S., Baccini, M., Guachi, R., Mucci, P., Controzzi, M., & Cecchi, F. (2025). Application and adaptation of the Virtual Eggs Test for assessing hand dexterity in subjects with stroke: a pilot study. *Archives of Physiotherapy*, 131–137.  
<https://doi.org/10.33393/aop.2025.3291>
- Putra, R. S. P., Susilowati, T., Wael, S., Katimenta, K. Y., Sorongan, R. M., Berikang, R. A., Lambanaung, S. H., Zulkarnain, M., & Rompis, O. (2025). *Metode Penelitian Kesehatan*. MEGA PRESS NUSANTARA.
- Putro, W. A. S., Lamatenggo, Y. N., & Widiyaningsih, W. R. (2023). *Ragam Penelitian Olahraga*. Deepublish.
- Rel. (2022). *Pengurus NPC Sumut 2022-2027* Dikukuhkan. Antaranews.Com.
- Robert Varte, L., Majumdar, D., Rawat, S., Chatterjee, T., & Bhattacharya, D. (2025). Critical Strategies for Human–Machine–Environment Interaction: Anthropometric and Ergonomic Approaches for Optimum Soldier Performance. In *Health and Sustenance in Extreme Environment* (pp. 261–287). Springer Nature Singapore.  
[https://doi.org/10.1007/978-981-96-8642-1\\_15](https://doi.org/10.1007/978-981-96-8642-1_15)
- Rodríguez-Perea, Á., & Chiroso Rios, I. J. (2025). *Functional Electromechanical Dynamometry*. Routledge.  
<https://doi.org/10.4324/9781003425182>
- Samarakoon, S. M. U. S., Herath, H. M. K. K. M. B., Yasakethu, S. L. P., Fernando, D., Madusanka, N., Yi, M., & Lee, B.-I. (2025). Long Short-Term Memory-Enabled Electromyography-Controlled Adaptive Wearable Robotic Exoskeleton for Upper Arm Rehabilitation. *Biomimetics*, 10(2), 106.

<https://doi.org/10.3390/biomimetics10020106>

Sari, L. P., Usman, K., Hendrawan, D., Sihombing, H., & Irfan, M. (2025). *Talent Scouting Olahraga*. Bina Guna Press.

Savitri, P. I. (2021). *BPIP perkenalkan Pancamain kepada tenaga pengajar seluruh Indonesia*. Antaraneews.Com.

Shao, J., Cui, Z., & Bao, Y. (2025). Adaptive sports programs as catalysts for social inclusion and cognitive flexibility in inclusive physical education: the mediating roles of emotional resilience and empathy. *BMC Psychology*, 13(1), 770. <https://doi.org/10.1186/s40359-025-03092-2>

Shenbagavalli, D. D. (2025). Interdisciplinary Learning and Project-Based Education. *International Journal of Emerging Knowledge Studies*, 4(2), 89–95. <https://doi.org/10.70333/ijeks-04-02-s-017>

Sheng, Y. (2025). The Relationship between Sports Measurement and Evaluation in Physical Education through Intelligent Analysis and Data Mining. *International Journal of High Speed Electronics and Systems*, 34(04). <https://doi.org/10.1142/S0129156425402955>

Sidik, M. A., Pranoto, A., Wijaya, F. J. M., Mahardika, I. M. S. U., Suyoko, A., Pramono, B. A., Wahyudi, A. R., Faruk, M., Wulandari, N. S., & Orhan, B. E. (2025). The effect of animal movement exercises on

improving upper and lower body muscles in children with down syndrome. *Pedagogy of Physical Culture and Sports*, 29(3), 204–210.

<https://doi.org/10.15561/26649837.2025.0306>

Sihombing, H., Usman, K., Naufal, A. A., Aini, S. Al, & Riandra, M. N. (2023). DESAIN OUTCOME BASED EDUCATION MELALUI PENGEMBANGAN BUKU BERBASIS SMART PADA MATA KULIAH ATLETIK. *Journal Physical Health ...*, 7(4), 770–783.

Sugiyono. (2017). *Metode Penelitian & Pengembangan Research and Development*. Alfabeta.

Tambunan, A. (2024). *Kontingen Atlet NPC Tiba di Sumut, Pemprov Bangga Dengan Prestasi Lima Besar di Peparnas 2024*. Tribun Medan.

Travers, N., Murphy, M. C., Wand, B. M., Kirwan, P., Travers, M., Debenham, J., Gibson, W., & Hince, D. (2025). The Victorian Institute of Sport Assessment – Achilles is fundamentally flawed and unfit for clinical practice or research: A Rasch Measurement Theory Analysis using COSMIN recommendations. *Physical Therapy in Sport*, 73, 68–76. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2025.03.002>

Undang-Undang Tentang Penyandang Disabilitas (2016).

Usman, K., Karo-karo, D., Silalahi, W., & Irfan, M. (2022). Outcome Based Education Design in Elementary

- School Physical Education Lectures. *Jurnal Pendidikan Jasmani*, 3(2), 72–79.
- Wahditiya, A. A., Yunus, A., Tebai, N., Ndari, P. W., Cahya, G., Antou, L. L. D., Findasari, F., Saranga, R., & Musyawir, A. K. (2025). *Metode Penelitian Statistik*. Yayasan Tri Edukasi Ilmiah.
- Wang, L. H., Lin, H. T., Lo, K. C., Hsieh, Y. C., & Su, F. C. (2010). Comparison of segmental linear and angular momentum transfers in two-handed backhand stroke stances for different skill level tennis players. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 13(4), 452–459. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2009.06.002>
- Wang, Y., Gao, Z., Wu, W., Xiong, Y., Luo, J., Sun, Q., Mao, Y., & Wang, Z. L. (2025). TENG-Boosted Smart Sports with Energy Autonomy and Digital Intelligence. *Nano-Micro Letters*, 17(1), 265. <https://doi.org/10.1007/s40820-025-01778-1>
- Warneke, K., Gronwald, T., Wallot, S., Magno, A., Hillebrecht, M., & Wirth, K. (2025). Discussion on the validity of commonly used reliability indices in sports medicine and exercise science: a critical review with data simulations. *European Journal of Applied Physiology*, 125(6), 1511–1526. <https://doi.org/10.1007/s00421-025-05720-6>
- Westmattellmann, D., Stoffers, B., Märtns, J., & Xiao, X. (2025). Exploring the New Playing Field: The Input-Output Principle of Meta-Sports. *Journal of Management Information Systems*, 42(1), 70–104. <https://doi.org/10.1080/07421222.2025.2455774>
- Wileman, T. M., McKay, M. J., Hackett, D. A., Watson, T. J., Fleeton, J., & Fornusek, C. (2025). Guiding Evidence-Based Classification in Para Sporting Populations: A Systematic Review of Impairment Measures and Activity Limitations. *Sports Medicine*, 55(2), 341–391. <https://doi.org/10.1007/s40279-024-02132-y>
- Ye, J., Cheng, R., Gao, B., Wang, Y., & Wang, Y. (2025). Scientific Assessment of Agility Performance in Competitive Sports: Evolution, Application, Reliability, and Validity. *Strength & Conditioning Journal*, 47(1), 56–75. <https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000862>
- Yuliasna. (2019). *Atlet Tuna Rungu Indonesia Siap Bawa Emas dalam SEA Games 2019*. Liputan6.Com.
- Zhong, Z., Guo, W., & Nacional, R. (2025). Reform and innovation of physical education teaching methods in universities based on fuzzy decision support systems. *Scientific Reports*, 15(1), 21320. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-05417-y>