HASIL UJI KALIBRASI SENSOR DARI UNIT PENGUKURAN INERSIA XSENS UNTUK PENDERITA CACAT INTELEKTUAL

Steven Pandelaki
Program Studi Teknik Informatika; Fakultas Teknik
Universitas Katolik De La Salle Manado; Kombos – Kairagi 1 Manado, Telp: (0431) 871957
e-mail: spandelaki@unikadelasalle.ac.id

Abstrak—Penderita cacat intelektual menunjukkan perilaku maladaptif dalam setiap aktivitas yang dilakukannya setiap hari karena fisik yang tidak normal ataupun gangguan saraf mereka. Mereka kurang memiliki kemampuan untuk menggerakkan tubuh mereka secara halus, cepat, dan teratur. Kegesitan (*agility*) adalah salah satu indikator penting untuk mewakili kemampuan mereka. Itu membutuhkan keterampilan dalam menggerakkan tubuh dengan menggunakan gabungan dari keseimbangan, koordinasi, kecepatan, reflex, kekuatan, dan daya tahan. Terdapat banyak alat bantu yang telah didesain untuk menguji kegesitan. Pada penelitian ini, metode berbasis latihan gerakan tubuh dengan memanfaatkan unit pengukuran inersia (*Xsens MTw Awinda*) diusulkan untuk merekam dan mengevaluasi kegesitan dari penderita cacat intelektual. Sebelum metode tersebut diterapkan, Xsens sensor diuji kalibrasi terlebih dahulu untuk mengetahui keakuratan dari sensor tersebut. Uji kalibrasi dibagi menjadi 2 bagian, pertama menguji ketepatan perputaran sudut dan kedua menguji ketepatan waktu. Hasil dari penelitian ini menunjukkan hasil statistik yang tidak signifikan dan itu berarti sensor *Xsens MTw Awinda* dinyatakan akurat dan dapat diandalkan pada penelitian ini.

Kata Kunci—cacat intelektual, kegesitan, unit pengukuran inersia, uji kalibrasi.

I. PENDAHULUAN

Cacat intelektual juga dikenal sebagai cacat mental adalah kecacatan yang ditandai dengan keterbatasan yang signifikan baik fungsi intelektual maupun perilaku adaptif [1] [2]. Tingkat populasi global dari penyandang cacat intelektual berada di antara 1% dan 3% dan di klasifikasikan menjadi 4 klasifikasi yaitu, *mild* (IQ=50-70), *moderate* (IQ=35-49), *severe* (IQ=20-34), dan *profound* (IQ<20) [3].

Keterampilan motorik dan disfungsi kognitif adalah masalah umum untuk para penyandang cacat intelektual [4]. Penyandang cacat intelektual menunjukkan tertundanya perkembangan motorik dan membutuhkan waktu yang lama untuk belajar mengendalikan motorik mereka dibandingkan dengan orang yang normal [5] [6].

Untuk memonitor kinerja motorik dari penyandang cacat intelektual, uji mobilitas diusulkan, khususnya berjalan, berlari, dan bermain sepak bola. Dari hasil uji statistik dilakukan, tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara penyandang cacat intelektual dan orang normal dalam uji berjalan. Itu dapat diterima karena dibandingkan dengan berlari dan bermain sepak bola, uji berjalan tidak ada tantangan untuk mereka dan biasanya hanya membutuhkan kinerja motorik yang tidak terlalu besar [7].

Diantara faktor-faktor gangguan motorik yang ditunjukkan oleh penyandang cacat intelektual, kegesitan adalah salah satu kemampuan penting untuk mendapatkan gerakan yang efektif dan fungsional. Khususnya kegesitan dari extremitas atas dan bawah untuk kemampuan mereka dalam bergerak dan mengubah arah dan posisi tubuh dengan cepat dan efektif saat dalam keadaan tidak terkontrol, dan membutuhkan integrasi keterampilan gerakan terisolasi menggunakan kombinasi keseimbangan, koordinasi, kecepatan, refleks , kekuatan, daya tahan, dan stamina [8].

Saat ini, penelitian tentang kinerja kegesitan masih terbatas. Pendekatan yang diterapkan pada penelitian tersebut dibagi menjadi 2 yaitu, efek dari evaluasi terhadap 6 bulan latihan dengan bola dinamis, selain itu menggunakan pendekatan pendeteksi gerak berbasis kamera, namun pendekatan-pendekatan tersebut memiliki keterbatasan dalam waktu penelitian maupun ruangan yang dibutuhkan [10].

Pada penelitian ini bertujuan untuk mengusulkan pendekatan menggunakan unit pengukuran inersia berbasis 3D *accelerometers* dan *gyroscopes* untuk mengukur nilai kinerja kegesitan dari penyandang cacat intelektual. Unit pengukuran inersia memiliki beberapa keuntungan yaitu berbentuk kecil, *portable*, dan *wireless* [11]. Penelitian ini lebih berfokus pada uji kalibrasi dari sensor unit pengukuran inersia *Xsens MTw Awinda* untuk mendapatkan hasil yang akurat dan dapat diandalkan. Sensor dipasang di extremitas atas dan bawah kemudian perputaran sudut dan ketepatan waktu dari hasil keluaran sensor diuji.

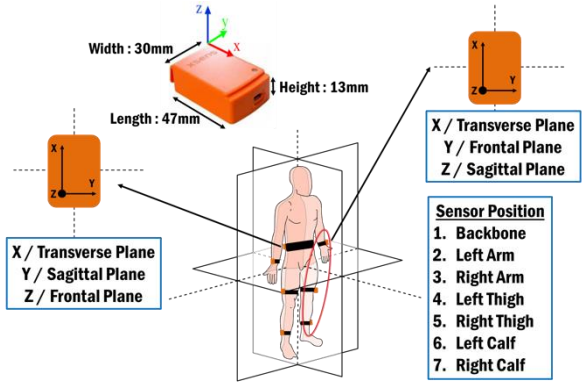
II. METODE PENELITIAN

A. Peserta

Penelitian ini dilakukan di Chang Gung University, Taiwan. 30 peserta ikut terlibat dalam penelitian ini. 30 peserta tersebut merupakan mahasiswa S1 program studi ilmu komputer dan teknik informatika Chang Gung University, Taiwan. Pada penelitian ini didampingi oleh beberapa dosen sebagai pembimbing mereka.

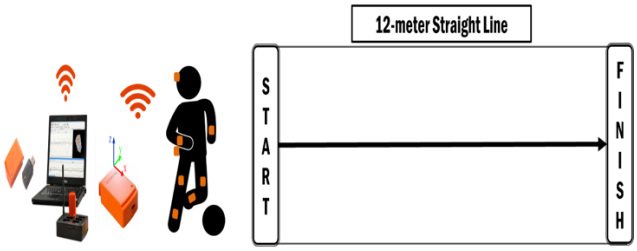
B. Prosedur

Pada penelitian ini, 3D *accelerometer*, *gyroscopes*, dan *magnetometer Xsens MTw Awinda* digunakan. Tetapi hanya digunakan data yang di ambil dari *accelerometer* dan *gyroscopes*. Gambar 1. memperlihatkan ukuran dari sensor Xsens beserta posisi sensor yang diletakkan pada extremitas atas (lengan kiri dan kanan), extremitas bawah (paha kiri dan kanan serta betis kiri dan kanan), dan tulang belakang.



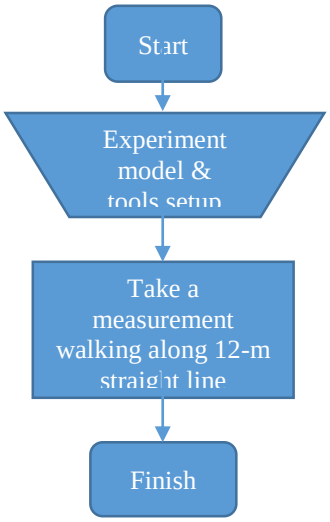
Gambar 1. Sensor Xsens dan posisinya

Pada saat pengambilan data berlangsung, setiap peserta dipakaikan sabuk elastis pada extremitas atas (lengan kiri dan kanan), extremitas bawah (paha kiri dan kanan serta betis kiri dan kanan), dan tulang belakang beserta sensor Xsens yang ditempelkan pada sabuk tersebut. Kemudian peserta diberikan waktu untuk mempersiapkan diri di lintasan yang disediakan seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2. Setiap peserta akan diuji berjalan pada lintasan 12 meter yang telah disediakan. Mulai berjalan dari garis *start* sampai berhenti pada garis *finish* dan dilakukan sebanyak 3 kali.



Gambar 2. Lintasan 12 meter garis lurus

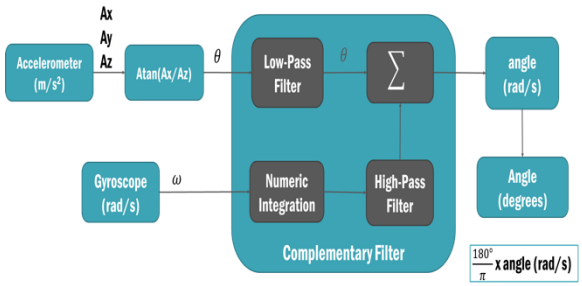
Setelah setiap peserta sudah siap dan berdiri di garis *start*, peserta diberikan petunjuk sederhana untuk ujian yang akan diselesaikan. Ujian dimulai dengan ditandakan bunyi peluit dan berhenti ditandakan dengan bunyi peluit juga. Prosedur pengambilan data tersebut diperlihatkan pada Gambar 3.



Gambar 3. *Flowchart* uji berjalan di lintasan 12 meter

C. Analisis Signal dan Proses kalibrasi

Pada penelitian ini, kami menggunakan R Studio (R version 3.4.2) untuk komputasi statistic dan grafik dalam perhitungan dan proses analisa seluruh data. Fase pertama yaitu persiapan proses yang ditampilkan sebagai signal, termasuk pemisahan masalah *noise* pada signal, disini kami menggunakan algoritma *complementary filter* untuk menghilangkan *noise* yang muncul dari data yang dikeluarkan oleh sensor. Algoritma ini menghitung perputaran sudut dari sensor yang terdiri dari data sensor *accelerometer* dan *gyroscopes*. Prosedur ini berdasarkan fakta bahwa sensor *gyroscopes* menanggapi dengan baik signal dengan frekuensi tinggi, dan sensor *accelerometer* menanggapi dengan baik untuk signal dengan frekuensi rendah seperti yang diperlihatkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Algoritma *Complementary Filter*

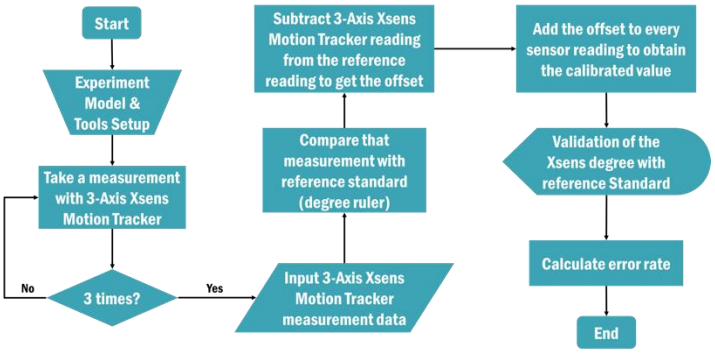
Pada fase kedua dimana kami melihat bentuk gelombang yang di tampilkan oleh signal dan menentukan fitur yang dihasilkan oleh signal. Berdasarkan bentuk gelombang yang ditampilkan oleh signal, kami mendapatkan 2 parameter untuk mewakilkan kecepatan gerakan tubuh.

$$SF\ (swing/minute) = \frac{Nls+Nrs}{t} \quad (1)$$

$$MST(sec) = \frac{t}{Nls+Nrs} \quad (2)$$

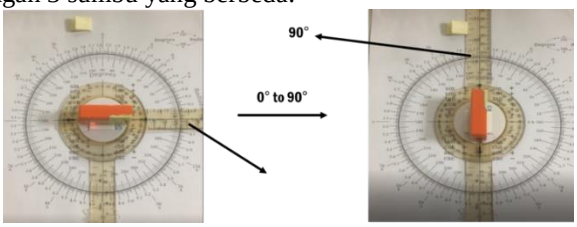
Dimana Nls adalah jumlah ayunan dari sensor yang diletakkan disebelah kiri tubuh, Nrs adalah jumlah ayunan dari sensor yang diletakkan disebelah kanan tubuh, dan t adalah waktu tempuh.

Pada fase terakhir yaitu dimana proses kalibrasi sensor yang akan membandingkan data dari sensor dengan hasil dari standar referensi yang dipakai. Pada penelitian ini kami menggunakan mistar sudut seperti yang diperlihatkan pada Gambar 5. dan kamera sebagai standar referensi.

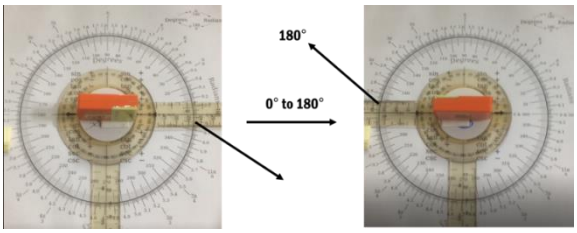


Gambar 5. *Flowchart* uji kalibrasi

Untuk menjalankan kalibrasi sensor, pertama kami menguji keluaran perputaran sudut dari sensor dengan memutar sensor ke 90° seperti yang diperlihatkan pada Gambar 6. dan diulangi sampai 3 kali dengan 3 sumbu yang berbeda kemudian dilanjutkan dengan memutar sensor ke 180° seperti yang diperlihatkan pada Gambar 7. dan diulangi sampai 3 kali dengan 3 sumbu yang berbeda.

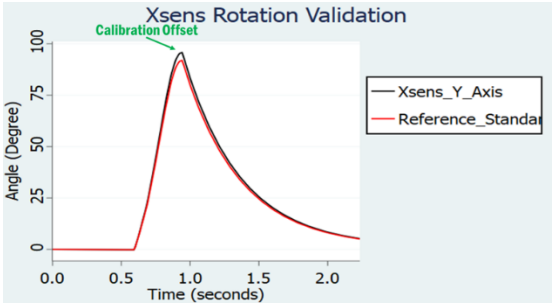


Gambar 6. Perputaran dari sensor ke 90°

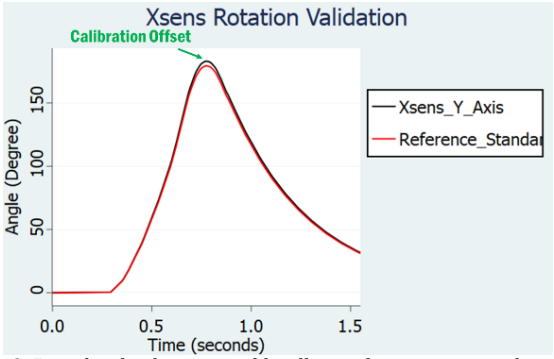


Gambar 7. Perputaran dari sensor 180°

Sebelum data hasil uji kalibrasi diproses, data ditampilkan dalam bentuk bentuk gelombang. Bentuk gelombang dari keluaran data sensor digabungkan dengan bentuk gelombang dari keluaran data standar referensi menjadi satu grafik sehingga dapat terlihat perbedaan diantara kedua hasil kalibrasi tersebut. Gambar 8. Memperlihatkan perbedaan yang dihasilkan dari uji kalibrasi sensor yang di putar ke 90°. Gambar 9. Memperlihatkan perbedaan yang dihasilkan dari uji kalibrasi sensor yang di putar ke 180°.



Gambar 8. Bentuk gelombang yang dihasilkan pada putaran sensor ke 90°



Gambar 9. Bentuk gelombang yang dihasilkan pada putaran sensor ke 180°

Setelah diuji kalibrasi, hasil dari uji kalibrasi dihitung untuk mendapatkan tingkat kesalahannya (*error rate*). Tingkat kesalahan yang rendah akan menandakan sensor tersebut akurat dan dapat diandalkan untuk mengukur kinerja kegesitan pada penelitian ini.

$$Error(\%) = \frac{|exact\ value - approximate\ value|}{exact\ value} \times 100 \qquad (3)$$

Dimana *exact value* adalah keluaran dari standar referensi, dan *approximate value* adalah keluaran dari sensor yang diberikan nilai mutlak dan di bahagi dengan 100 untuk mencari persentasenya.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah proses kalibrasi, kami mendapatkan hasil perbandingan yang didapatkan dari keluaran data dari sensor dan standar referensi. Hasil uji kalibrasi dibagi menjadi 2 bagian, pertama hasil dari ketepatan waktu dari sensor dan kedua hasil dari perputaran sudut yang dihasilkan keluaran sensor.

Tabel 1. Menunjukkan hasil keluaran dari sensor dan standar referensi. Ayunan dan waktu menjadi faktor untuk menghitung parameter yang sudah ditentukan. Dapat dilihat perbedaan yang ada dari hasil data keluaran dari sensor dan dari standar referens.

Tabel 1.
Hasil ayunan dan waktu yang dihasilkan dari keluaran data sensor dan data standar referensi

Experiments	Swing and Time Between Xsens and Reference Standard					
	Steps			Times		
	Xsens (swing)	Reference (swing)	Error (%)	Xsens (sec)	Reference (sec)	Error (%)
First	16	18	12.50	6.44	7	8.70
Second	19	19	0.00	9.6	10	4.17
Third	20	21	5.00	6.6	7	6.06
Mean	18.33	19.33	5.83	7.55	8.00	6.31

Setelah mendapatkan hasil ayunan dan waktu dari hasil keluaran data sensor dan data standar referensi, parameter yang ditentukan sebelumnya dihitung berdasarkan hasil di atas. Seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2. Tingkat kesalahan pada parameter *Swing Frequency (SF)* dan parameter *Mean Swing Time (MST)* menunjukkan tingkat kesalahan <= 3%, sehingga bisa dikatakan untuk tingkat ketepatan waktu sensor Xsens adalah akurat dan dapat diandalkan.

Tabel 2.
Hasil tingkat kesalahan dari sensor untuk ketepatan waktu

Experiments	Comparison of Temporal Parameters Between Xsens and Reference Standard					
	Swing Frequency (SF)			Mean Swing Time (MST)		
	Xsens (swing/min)	Reference (swing/min)	Error (%)	Xsens (sec)	Reference (sec)	Error (%)
First	149.06	154.28	3.50	0.40	0.38	5.00
Second	118.75	114.00	4.00	0.50	0.52	4.00
Third	181.81	179.99	1.00	0.33	0.33	0.00
Mean	149.87	149.42	2.83	0.41	0.41	3.00

Dilanjutkan dengan hasil uji kalibrasi untuk perputaran sudut yang dihasilkan dari hasil keluaran data sensor dan dibandingkan dengan hasil keluaran data standar referensi. Tabel 3. Menunjukkan hasil keluaran data sensor dari setiap posisi sensor serta 3 sumbu sensor. Dari hasil yang ditunjukkan dapat dilihat bahwa pada uji putaran sudut ke 90°, seluruh posisi dan seluruh sumbu sensor menunjukkan tingkat kesalahan < 5%. Kemudian Tabel 4. menunjukkan pada uji putaran sudut ke 180°, seluruh posisi dan seluruh sumbu sensor menunjukkan tingkat kesalahan < 3%. Sehingga dapat dikatakan bahwa sensor Xsens untuk perputaran sudut dikatakan akurat dan dapat diandalkan.

Penelitian ini menampilkan bagaimana proses uji kalibrasi yang dilakukkan untuk menguji tingkat kesalahan dari sensor Xsens yang akan dipakai untuk penelitian selanjutnya.

Tabel 3.
Hasil tingkat kesalahan dari sensor untuk perputaran sudut ke 90°

Sensors	Average Degrees Between Xsens and Reference Standard in 90° Rotation Test								
	X-Axis			Y-Axis			Z-Axis		
	Xsens (°)	Reference (°)	Error (%)	Xsens (°)	Reference (°)	Error (%)	Xsens (°)	Reference (°)	Error (%)
Backbone	93.41	90.00	3.65	93.21	90.00	3.44	93.45	90.00	3.69
Right Arm	93.23	90.00	3.46	93.89	90.00	4.14	93.72	90.00	3.97
Left Arm	92.70	90.00	2.91	94.18	90.00	4.44	94.16	90.00	4.42
Right Thigh	92.98	90.00	3.20	94.45	90.00	4.71	93.69	90.00	3.94
Left Thigh	93.34	90.00	3.58	93.55	90.00	3.79	93.90	90.00	4.15
Right Calf	94.01	90.00	4.27	93.12	90.00	3.35	94.56	90.00	4.82
Left Calf	93.98	90.00	4.23	93.77	90.00	4.02	93.39	90.00	3.63
Mean	93.38	90.00	3.62	82.02	90.00	3.99	93.84	90.00	4.09

Tabel 4.
Hasil tingkat kesalahan dari sensor untuk perputaran sudut ke 90°

Sensors	Average Degrees Between Xsens and Reference Standard in 180° Rotation Test								
	X-Axis			Y-Axis			Z-Axis		
	Xsens (°)	Reference (°)	Error (%)	Xsens (°)	Reference (°)	Error (%)	Xsens (°)	Reference (°)	Error (%)
Backbone	185.65	180.00	3.04	184.27	180.00	2.32	184.65	180.00	2.52
Right Arm	184.37	180.00	2.37	185.14	180.00	2.78	185.37	180.00	2.90
Left Arm	185.99	180.00	3.22	185.78	180.00	3.11	184.49	180.00	2.43
Right Thigh	184.54	180.00	2.46	185.89	180.00	3.17	184.26	180.00	2.31
Left Thigh	185.71	180.00	3.07	186.01	180.00	3.23	185.03	180.00	2.72
Right Calf	185.34	180.00	2.88	186.07	180.00	3.26	184.20	180.00	2.28
Left Calf	186.12	180.00	3.29	184.30	180.00	2.33	184.99	180.00	2.70
Mean	185.39	180.00	2.91	185.35	180.00	2.89	184.71	180.00	2.55

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Pada penelitian ini, kami memakai unit pengukuran inersia sensor Xsens kepada peserta untuk mengetahui dan membuktikan bahwa sensor tersebut bias dikatakan akurat dan dapat diandalkan dalam pengambilan data ataupun keperluan untuk penelitian nantinya. Penelitian ini mempunyai 2 kontribusi. Pertama, penelitian ini menyelesaikan masalah kalibrasi sensor khususnya pada proses pengurangan *noise* yang muncul akibat dari ketidakstabilan sensor. Kedua, hasil yang ditunjukkan menyatakan sensor Xsens adalah akurat dan dapat diandalkan sehinggah pada penelitian selanjutnya yang akan menggunakan sensor Xsens bisa menggunakannya karena sudah dibuktikan bahwa sensor Xsens adalah akurat dan dapat diandalkan. Pengujian dilakukan dengan 2 bagian yaitu pembuktian untuk ketepatan waktu dan pembuktian untuk perputaran sudut dari sensor Xsens yang dibandingkan dengan standar referensi.

Kedepannya sensor ini dapat digunakan ataupun disarankan untuk digabungkan dengan teknologi yang lain untuk pendeteksi gerakan tubuh seperti kamera. Sehingga data dan hasil yang dihasilkan bias lebih akurat dan sangat dapat diandalkan dalam sebuah penelitian.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini, penulis mau mengucapkan terima kasih atas seluruh dukungan yang diberikan dari Chang Gung University, Taiwan. Terima kasih juga diucapkan untuk Prof. Shieh Wann-Yun atas bimbingannya pada penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

1. Carey, W.B., Crocker, A.C., Elias, E.R., Feldman, H.M. and Coleman, W.L., 2009. *Developmental-Behavioral Pediatrics E-Book*. Elsevier Health Sciences.For thesis: F. H. Door, PhD Thesis, University of Akron, 1995.
2. De Bildt, A., Serra, M., Luteijn, E., Kraijer, D., Sytema, S. and Minderaa, R., 2005. Social skills in children with intellectual disabilities with and without autism. *Journal of Intellectual Disability Research*, *49*(5), pp.317-328.
3. Maulik, P.K., Mascarenhas, M.N., Mathers, C.D., Dua, T. and Saxena, S., 2011. Prevalence of intellectual disability: a meta-analysis of population-based studies. *Research in developmental disabilities*, *32*(2), pp.419-436.
4. Lee, K.J., Lee, M.M., Shin, D.C., Shin, S.H. and Song, C.H., 2014. The effects of a balance exercise program for enhancement of gait function on temporal and spatial gait parameters in young people with intellectual disabilities. *Journal of physical therapy science*, *26*(4), pp.513-516.
5. Almuhtaseb, S., Oppewal, A. and Hilgenkamp, T.I., 2014. Gait characteristics in individuals with intellectual disabilities: A literature review. *Research in developmental disabilities*, *35*(11), pp.2858-2883.
6. Sparrow, W.A., Shinkfield, A.J. and Summers, J.J., 1998. Gait characteristics in individuals with mental retardation: unobstructed level-walking, negotiating obstacles, and stair climbing. *Human Movement Science*, *17*(2), pp.167-187.
7. Iosa, M., Morelli, D., Nisi, E., Sorbara, C., Negrini, S., Gentili, P., Paolucci, S. and Fusco, A., 2014. Assessment of upper body accelerations in young adults with intellectual disabilities while walking, running, and dual-task running. *Human movement science*, *34*, pp.187-195.
8. Lin, H.C. and Wuang, Y.P., 2012. Strength and agility training in adolescents with Down syndrome: a randomized controlled trial. *Research in developmental disabilities*, *33*(6), pp.2236-2244.

9. Carmeli, E., Bar-Chad, S., Lotan, M., Merrick, J. and Coleman, R., 2003. Five clinical tests to assess balance following ball exercises and treadmill training in adult persons with intellectual disability. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, *58*(8), pp.M767-M772.
10. Haynes, C.A. and Lockhart, T.E., 2012. Evaluation of gait and slip parameters for adults with intellectual disability. *Journal of biomechanics*, *45*(14), pp.2337-2341.
11. Bergamini, E., Ligorio, G., Summa, A., Vannozzi, G., Cappozzo, A. and Sabatini, A.M., 2014. Estimating orientation using magnetic and inertial sensors and different sensor fusion approaches: Accuracy assessment in manual and locomotion tasks. *Sensors*, *14*(10), pp.18625-18649.