



**PENGEMBANGAN ALAT UKUR DIGITAL PANJANG DAN TINGGI BADAN ANAK BALITA UNTUK
PENETAPAN STATUS GIZI ANAK DI DAERAH TERPENCIL WILAYAH BOGOR
(DEVELOPMENT OF A DIGITAL MEASURING DEVICE FOR THE LENGTH AND HEIGHT OF
CHILDREN UNDER FIVE FOR THE DETERMINATION OF CHILDREN'S NUTRITIONAL STATUS IN
REMOTE AREAS OF THE BOGOR REGION)**

Moesijanti Y.E.Sোকাত্রি¹, Hendra Marwazi², Andy Sambiono², Anastu Regita Nareswara¹,
Asa Azkatu R.¹

¹Jurusan Gizi, Politeknik Kesehatan Kementerian Kesehatan Jakarta II, Jl. Hang Jebat III Blok F3, RT.4/RW.8 Jakarta Selatan,
Indonesia

²Jurusan Teknik Elektromedis, Politeknik Kesehatan Kementerian Kesehatan Jakarta II, Jl. Hang Jebat III Blok F3, RT.4/RW.8
Jakarta Selatan, Indonesia
E-mail: moesijanti@yahoo.com

Diterima: 14-10-2024

Direvisi: 21-12-2024

Disetujui: 29-12-2024

ABSTRACT

Determining the nutritional status of children under five depends heavily on accurate measurement results and the measuring instruments used. This study aims to develop a digital length and height measuring instrument for children under five who are able to measure automatically with an accuracy of 0.1 cm and store results up to 100 children's data. This tool uses a VL53L0X sensor and displays nutritional status directly based on WHO 2006 standards (TB/U). A total of 43 children under five were measured using digital and manual tools. The test results showed that the Technical Error of Measurement (TEM) and reliability values on the digital tool were in the "almost perfect" category (≥ 0.8), similar to the manual tool. Paired-Samples T-Test results showed no significant difference between the two tools ($p > 0.05$). The digital measurement tool also showed high sensitivity and specificity in detecting nutritional status. Therefore, this tool can be used as a practical alternative in anthropometric measurements in remote areas.

Keywords: nutritional status, rural, children under five, measuring instruments, sensors VL53L0X.

ABSTRAK

Penentuan status gizi anak balita sangat bergantung pada hasil pengukuran yang akurat dan alat ukur yang digunakan. Penelitian ini bertujuan mengembangkan alat ukur panjang dan tinggi badan digital untuk anak balita yang mampu mengukur secara otomatis dengan ketelitian 0,1 cm dan menyimpan hasil hingga 100 data anak. Alat ini menggunakan sensor VL53L0X serta menampilkan status gizi secara langsung berdasarkan standar WHO 2006 (TB/U). Sebanyak 43 anak balita diukur menggunakan alat digital dan manual. Hasil pengujian menunjukkan nilai *Technical Error of Measurement* (TEM) dan *reliability* pada alat digital berada dalam kategori "almost perfect" ($\geq 0,8$), serupa dengan alat manual. Hasil uji *Paired-Samples T-Test* menunjukkan tidak terdapat perbedaan signifikan antara kedua alat ($p > 0,05$). Alat ukur digital juga menunjukkan sensitivitas dan spesifisitas yang tinggi dalam mendeteksi status gizi. Oleh karena itu, alat ini dapat digunakan sebagai alternatif praktis dalam pengukuran antropometri di daerah terpencil. [Penel Gizi Makan 2024, 47(2):79-88]

Kata kunci: status gizi, perdesaan, balita, alat ukur, sensor VL53L0X

PENDAHULUAN

Mengetahui status gizi stunting anak di bawah usia 2 tahun sangat penting karena kesempatan untuk mencapai panjang badan normal dapat segera dikoreksi. Sedangkan upaya yang dapat dilakukan pada anak yang mengalami stunting (pendek) pada usia 2 (dua) tahun atau lebih adalah upaya mengurangi lebih parahnya keadaan stunting¹.

Penentuan status gizi anak sangat bergantung pada hasil pengukuran dan hasil pengukuran sangat tergantung pada alat ukur yang digunakan. Pengukuran panjang badan/tinggi badan anak sangat penting untuk menentukan status gizi dalam kegiatan *surveillance* dan untuk pencatatan persentase anak yang stunting dengan menggunakan indeks panjang badan/tinggi badan menurut umur (PB/U atau TB/U). Alat ukur panjang badan atau tinggi badan yang telah di kalibrasi yang mempunyai *reability* dan *validity* yang baik dapat menghasilkan data yang tepat sehingga kesimpulan hasil pengukuran dapat mencerminkan nilai sesungguhnya yang terjadi di lapangan^{1,2}.

Berbagai alat pengukur panjang badan (PB) untuk anak usia dibawah 2 tahun dan Tinggi badan (TB) untuk anak usia 2 tahun atau lebih sudah diperkenalkan. Alat yang diperkenalkan oleh WHO pada tahun 2005 adalah terbuat dari kayu (*teak wood*) yang dapat digunakan untuk pengukuran panjang badan dan tinggi badan anak balita sekaligus. Namun alat ini relatif berat, memerlukan waktu untuk membaca dan memerlukan kegiatan pencatatan oleh pengukur untuk dokumentasi³.

Pada umumnya pengukuran panjang badan dilakukan dengan menggunakan infantometer (*length board*) yang diletakkan di meja atau tempat yang datar dan keras. Sedangkan pengukuran tinggi badan dilakukan dengan menggunakan *microtoise* yang diletakkan pada permukaan yang vertikal seperti dinding dengan dasar yang datar. Kedua alat ini membutuhkan 2 orang petugas, satu petugas berada pada posisi di kepala anak dan petugas lain ada di bagian kaki anak. Kemudian bagian alat dirapatkan pada bagian tubuh anak dengan menggeser bagian yang dapat digerakkan secara manual ke kepala/kaki anak. Petugas kesehatan dengan cepat, kemudian membaca angkanya pada skala di jendela baca dengan posisi mata petugas sejajar dengan angka. Proses pengukuran cukup memakan waktu 1-2 menit per anak^{3,4}.

Posisi anak dan pengukur adalah aspek lain yang perlu diperhatikan untuk pencapaian realibilitas pengukuran yang baik. Diperlukan alat yang mudah dibawa (*portable*) tetapi reliabel, serta cepat dalam menampilkan hasil karena pada umumnya anak tidak nyaman dalam posisi pengukuran 'statis' yang relatif lama. Disamping itu petugas harus menghitung dengan tepat umur anak sebagai salah satu variabel yang menentukan status gizi anak selain juga gender^{3,4}.

Alat yang dikembangkan diharapkan mampu melakukan pengukuran PB dan TB anak di bawah usia lima tahun (balita) itu dengan *reliability* dan *validity* yang baik karena merupakan kunci dalam menetapkan masalah gizi terutama stunting di suatu daerah pedesaan/terpencil. Oleh karena itu, alat ukur yang dikembangkan tersebut harus mempunyai *reability* dan *validity* yang tepat, cepat menginformasikan hasil ukur dan mampu menampilkan dan menyimpan hasil ukurnya sehingga petugas pengukur tidak perlu bersusah payah untuk mengingat angka hasil ukur. Umumnya petugas mencatat di suatu kertas yang ditakutkan hilang. Ditambah lagi, petugas masih harus menetapkan status gizi setelah melakukan *plotting* hasil ukur pada tabel/kurva PB/U atau TB/U sesuai dengan umur dan gender anak yang diukur^{2,5}.

Syarat alat ukur yang akan dikembangkan tetap memenuhi syarat dan diharapkan mampu meringankan beban waktu dan pekerjaan administrasi para kader/petugas kesehatan di lapangan (dalam kegiatan di posyandu maupun di puskesmas). Selain itu, di daerah terpencil juga terbatas akan sumber listrik sebagai energi untuk alat ukur dan cahaya/penerangan untuk membaca hasil pada alat ukur. Alat yang dikembangkan ini sangat membantu pada daerah yang terbatas akan sumber daya listrik^{3,6}.

Hasil pengukuran antropometri di validasi dengan alat ukur kesehatan yang sudah ada di puskesmas/posyandu, yang telah di kalibrasi juga sebagai *gold standard*. Kemudian akan dilakukan uji TEM (*Technical Error Measurement*) yaitu membandingkan hasil ukur dan aspek lainnya (seperti kenyamanan dan kecepatan) antara *prototype* alat ukur yang dikembangkan dan alat ukur *gold standard* di daerah yang jauh dari kota/daerah pedesaan. Pertimbangan ini didasarkan pada hasil studi di Indonesia bahwa stunting banyak dijumpai pada keluarga yang miskin dan di daerah pedesaan (38,3% vs 24,4% di perkotaan)^{7,8,9}.

Dengan penjelasan di atas, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan alat ukur

panjang badan dan tinggi badan yang relatif lebih cepat dan akurat dalam membaca hasil ukur dan dapat menyimpannya dengan ketepatan digital 0.1 cm secara otomatis. Diharapkan dengan pengembangan alat tersebut, prosesnya anak menjadi tenang dan pembacaan berjalan lebih cepat (alat mengeluarkan angka secara otomatis) sehingga pembacaan tidak memerlukan waktu yang lama. Daerah sasaran alat ukur yang akan dikembangkan ini adalah daerah yang jauh dari kota/ daerah pedesaan¹⁰.

METODE

Penelitian ini di laksanakan pada bulan Juni-Juli 2024. Dalam penelitian ini sebanyak 43 subyek. Kegiatan pengukuran tinggi badan untuk balita menggunakan dua alat yang berbeda, yaitu alat ukur digital dan alat ukur standar yang ada di posyandu. Pengambilan sampel menggunakan purposive sampling yang memiliki kriteria inklusi dan eksklusi. Kriteria inklusi yaitu usia 0-5 tahun, bayi dan balita yang hadir pada saat posyandu sedangkan kriteria eksklusi yaitu bayi dan balita yang sedang sakit, pada saat di ukur rewel atau nangis. Pengukuran dilakukan sebanyak 2x untuk setiap sampel per masing-masing alat ukur. Analisis deskriptif pada penelitian ini yaitu mengukur reability dan validity, reability yaitu inter dan intra, seorang enumerator yang mengukur secara dua kali lalu dilihat perbandingan dari hasil ukur yang pertama dengan yang hasil ukur yang kedua, sedangkan intra pengukur 1 mengukur, hasil

nya dibandingkan dengan pengukur yang lain, sedangkan validity digunakan untuk membandingkan alat ukur PB dan TB digital dengan alat ukur tinggi badan yang ada di posyandu^{11,12,13}. Rumus untuk menghitung TEM :

$$\frac{\sum D^2}{2N}$$

The formula for percentage TEM is as below;

$$\%TEM = \frac{TEM}{\bar{X}} \times 100$$

The formula for coefficient of reliability R is;

$$R = 1 - \left\{ \frac{(TEM)^2}{SD^2} \right\}$$

Nilai untuk koefisien reliability berkisar dari 0 hingga 1. Koefisien di bawah 0 menunjukkan "tidak ada reability", >0 hingga < 0,8 adalah substansial dan 0,8 – 1,0 adalah reability yang hampir sempurna. Analisis data yang digunakan menggunakan t-test paired untuk membandingkan rata-rata hasil pengukuran antara alat ukur tinggi badan manual dan digital. Data dianalisis dengan menggunakan Paired-Samples T Test pada taraf signifikansi 0,05¹¹.

HASIL

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan diperoleh data mengenai karakteristik subjek, seperti pada Tabel 1.

Tabel 1
Karakteristik Subjek Panjang Badan Dan Tinggi Badan

Variabel	n	%
Usia (bulan)		
0 – 12	7	16
12 - 24	2	5
24 - 36	9	21
36 – 48	15	35
48 - 60	10	23
Jenis Kelamin		
Laki-laki	17	40
Perempuan	26	60

Tabel 2
Hasil Pengukuran Menggunakan Hasil Ukur Manual dan Hasil Ukur Digital

Nama	Hasil ukur Manual		D	D ²	Ket.	Hasil ukur Digital		D (a-b)	D ² (a-b) ²	Ket.
	I	II				I	II			
AA	105	105	0	0	Normal	105,1	105,1	0	0	Normal
SA	91	91	0	0	Normal	93,2	92,5	0,7	0,49	Normal
NK	96,1	98	-1,9	3,61	Normal	98,6	98,1	0,5	0,25	Normal
AF	91,6	91,6	0	0	Normal	93,1	92,7	0,4	0,16	Normal
MA	80,9	80,7	0,2	0,04	Pendek	74,4	75,2	-0,8	0,64	Sangat pendek
MB	96,7	96,7	0	0	Normal	97,3	96,6	0,7	0,49	Normal
AA	100	99,7	0,3	0,09	Normal	101	101,2	-0,2	0,04	Normal
IS	90,4	90,3	0,1	0,01	Normal	90,7	90,7	0	0	Normal
SM	86,5	86,5	0	0	Normal	85,8	86,1	-0,3	0,09	Normal
MD	91,7	91,3	0,4	0,16	Normal	92,4	91,5	0,9	0,81	Normal
F	93,3	93,3	0	0	Pendek	93,6	93,3	0,3	0,09	Sangat pendek
RA	96,4	96,4	0	0	Normal	96,4	96,6	-0,2	0,04	Normal
AD	99,6	99,5	0,1	0,01	Normal	99,4	99,1	0,3	0,09	Normal
SP	85,4	85,6	-0,2	0,04	Pendek	86	86,2	-0,2	0,04	Pendek
SR	82,3	82,4	-0,1	0,01	Normal	93	86,4	6,6	43,56	Normal
AS	89,8	89,5	0,3	0,09	Sangat Pendek	90,8	90,7	0,1	0,01	Sangat pendek
AA	113,9	113,9	0	0	Tinggi	107,6	107	0,6	0,36	Normal
AD	107	107	0	0	Normal	107,3	107	0,3	0,09	Normal
MD	91,6	91,6	0	0	Pendek	90	89,7	0,3	0,09	Normal
SF	85,5	85,5	0	0	Pendek	85,3	84,3	1	1	Pendek
AN	89,9	89,8	0,1	0,01	Pendek	90	89,3	0,7	0,49	Sangat pendek
AD	101,4	101,4	0	0	Normal	101,7	102,3	-0,6	0,36	Normal
AF	92,3	92,3	0	0	Normal	91,3	92,1	-0,8	0,64	Normal
AA	108,8	108,6	0,2	0,04	Normal	110	110	0	0	Normal
SR	83,7	83,6	0,1	0,01	Sangat Pendek	81	78,4	2,6	6,76	Pendek
IS	91,7	91,7	0	0	Normal	92	91,3	0,7	0,49	Normal
AA	102,1	102,1	0	0	Normal	104,3	103	1,3	1,69	Normal
SA	91,9	91,9	0	0	Normal	91,7	91,3	0,4	0,16	Normal
FA	93	93	0	0	Pendek	94,1	94,1	0	0	Sangat pendek
ZP	106,4	106,4	0	0	Normal	109	107	2	4	Normal
RP	86,2	86,2	0	0	Normal	84,7	86	-1,3	1,69	Normal
R	96	96	0	0	Normal	95,8	97,7	-1,9	3,61	Normal
AA	76,7	76,7	0	0	Sangat Pendek	74	74	0	0	Sangat pendek

RH	91,3	91,3	0	0	Pendek	90	89,9	0,1	0,01	Pendek
----	------	------	---	---	--------	----	------	-----	------	--------

Berdasarkan Tabel 2 hasil pengukuran tinggi badan balita menggunakan 2 alat antropometri yaitu alat ukur digital dan alat ukur tinggi badan yang digunakan oleh posyandu setempat. Hasil Pengukuran Tinggi Badan Balita menurut perhitungan kalkulasi TEM dengan membandingkan pengukuran tinggi badan alat standar (manual) dan digital dengan rumus¹¹ :

$$\text{TEM Manual Calculation : } \frac{\sum D^2}{2N} = \frac{4,12}{68} = 0,06$$

$$\text{TEM Digital Calculation : } \frac{\sum D^2}{2N} = \frac{68,4}{68} = 1$$

$$\text{Reliability Manual : } R = 1 - \left\{ \frac{(\text{TEM})^2}{SD^2} \right\} = 1 - \left\{ \frac{0,06^2}{8,4^2} \right\} = 0,99$$

$$\text{Reliability Digital : } R = 1 - \left\{ \frac{(\text{TEM})^2}{SD^2} \right\} = 1 - \left\{ \frac{1^2}{8,9^2} \right\} = 0,98$$

Perhitungan pengumpulan data pertama reliability TEM tinggi badan balita pada reliability manual (0,99) dan digital (0,98) menunjukkan bahwa kedua alat ukur berada dalam kategori keandalan *almost perfect reliability* (0,8 - 1,0).

Hasil dari uji sensitifitas dan spesitivitas pada alat ukur didapatkan nilai 90,91% (sensitivitas) dan 100,00% (spesitivitas).

Tabel 3
Sensivitas dan Spesitifitas Alat Ukur Tinggi Badan Digital dan Manual

Tinggi Badan			
Manual	Digital		Jumlah
	Stunting	Non stunting	
Stunting	10	0	10
Non Stunting	1	23	24
Jumlah	11	23	34
Sensitivitas/kepekaan (Se) = (a) / (a+c)			90,91%
Spesitifitas kecermatan (Sp) = (d) / (b+d)			100,00%

Tabel 4
Hasil Ukur Panjang Badan

Nama	Hasil ukur manual		Rata-rata	Status Gizi	d	d ²	Hasil ukur digital		Rata-rata	Status Gizi
	I	II					I	II		
MN	71	71	71	Normal	0	0	79,4	76,1	77,75	Normal
RN	79,2	79,2	79,2	Normal	0	0	77,6	75,2	76,4	Normal
AA	67,3	67,5	67,4	Normal	-0,2	0,04	59,8	61,7	60,75	Sangat Pendek
MB	67,6	68,3	67,95	Pendek	-0,7	0,49	70	67,1	68,55	Pendek
MI	59,4	59,5	59,45	Normal	-0,1	0,1	60,9	61,3	61,1	Tinggi
NA	79	79	79	Normal	0	0	77,7	81,7	79,7	Normal
AA	66,2	66,2	66,2	Normal	0	0	65,3	66,2	65,75	Normal
MRA	74	74	74	Normal	0	0	64,3	59,5	61,9	Sangat Pendek
NQ	73,6	73,6	73,6	Normal	0	0	71,2	71,5	71,35	Normal
Jumlah	637,3	638,3	637,8			0,54	626,2	620,3		

Tabel 5
Sensivitas dan Spesitifitas Alat Ukur Panjang Badan Digital dan Manual

Manual	Digital		Jumlah
	Stunting	Non-Stunting	
Stunting	1	0	1
Non-stunting	2	6	8
Jumlah	3	6	9
Sensitivitas = (a) / (a+c)	33,33%		
Spesitivitas = (d) / (b+d)	100%		

Perhitungan Pengumpulan Data TEM
Calculation Panjang Badan Baduta

$$\text{TEM Manual Calculation : } \frac{\sum D^2}{2N} = \frac{0,54}{2 \times 9} = 0,025$$

$$\text{TEM Digital Calculation : } \frac{\sum D^2}{2N} = \frac{68,77}{2 \times 9} = 3,1$$

Perhitungan Pengumpulan Data Kedua
Reliability TEM Panjang Badan Baduta

$$\text{Reliability Manual: } R = 1 - \left\{ \frac{(TEM)^2}{SD^2} \right\} = 1 - \left\{ \frac{0,02^2}{6,01^2} \right\} = 1$$

$$\text{Reliability Digital : } R = 1 - \left\{ \frac{(TEM)^2}{SD^2} \right\} = 1 - \left\{ \frac{3,12^2}{7,1^2} \right\} = 0,8$$

Perhitungan pengumpulan data kedua reliability TEM panjang badan baduta pada reliability manual (1) dan reability digital (0,8).

Hasil dari uji sensitifitas dan spesitivitas pada alat ukur didapatkan nilai 33,33% (sensitivitas) dan 100,00% (Spesitivitas). Perbedaan pengukuran antara status gizi manual dengan status gizi digital dikarenakan faktor dari pencahayaan, balita tidak kooperatif pada saat diukur. Berdasarkan dari hasil perhitungan TEM tinggi badan balita menggunakan reability manual (0,99) dan digital (0,98) menunjukkan bahwa kedua alat ukur berada dalam keandalan almost perfect reability. Untuk alat ukur panjang badan manual memiliki nilai reability (1) dan alat ukur panjang badan digital memiliki nilai reability (0,8).

Dari hasil *paired samples test* didapatkan nilai value 0,838 ($p > 0,005$), antara alat ukur tinggi badan manual dan digital memiliki nilai yang tidak signifikan. Penelitian ini sejalan dengan peneltian Sulistyawati (2018) membandingkan alat ukur stadiometer seca 217 dengan stadiometer modifikasi tidak ada perbedaan yang signifikan. Tidak ada perbedaan yang signifikan sehingga alat stadiometer modifikasi dapat digunakan sebagai alat alternatif untuk pengukuran tinggi badan¹⁴.

Berdasarkan tabel 5 alat ukur tinggi badan digital dan alat ukur manual memiliki nilai sensitivitas (90,1%) dan spesifitas (100%), sehingga kedua alat ini dapat mengidentifikasi 100% balita yang stunting dan yang tidak stunting. Menurut penelitian yang dilakuakn oleh Trevethan (2020) suatu alat ukur dengan nilai sensitivitas mendekati 100% akan lebih sensitif dan spesifik untuk alat ukur tersebut. Pengukuran panjang badan balita digital memiliki nilai sensitivitas 33,33% dan spesitivitas 100,00%. Dari hasil paired samples test didapatkan nilai value 0,799 ($p > 0,005$) menunjukkan bahwa tidak ada hubungan yang signifikan¹⁵.

BAHASAN

Dalam penelitian ini dibuat alat ukur panjang badan baduta dan tinggi badan balita digital. Alat ukur digital terbuat dari bahan akrilik sehingga alat tersebut lebih ringan, praktis dan mudah untuk dibawa. Komponen elektronik pada alat ukur yaitu sensor VL53L0X, LCD, printer, eeform dan sound. Hasil pengukuran ditampilkan pada layar LCD, dalam bentuk suara serta printer, dengan ketelitian alat 0,1 cm^{16,17}. Pengukuran tinggi bayi pada sistem yang dibuat ini adalah pengukuran tinggi bayi rentang umur 24 bulan sampai dengan 60 bulan. Menurut tabel WHO rentang tinggi bayi laki-laki atau perempuan dimulai dari rata-rata 70 cm sd 123 cm. Oleh karena itu alat ukur harus dibuat memenuhi kriteria rentang tersebut. Dengan spesifikasi memenuhi permenkes No. 2 Tahun 2020 tentang Antropometri. Sensor VL53L0X adalah sensor laser IR yang menggunakan sistem ToF (*time of flight*) yang mempunyai sebuah sumber cahaya dari LED IR sebagai *transmitter* yang akan memancarkan cahaya ke objek. Sebuah sensor *receiver* yang menangkap cahaya pantul dari objek. Pada sensor tersebut juga mengukur waktu penjaralan cahaya tersebut, yang akan

digunakan untuk menghitung jarak objek dari sumber cahaya sensor.

Cara pengukuran tinggi badan menggunakan alat ukur digital yaitu: balita yang diukur melepaskan sepatu, sandal dan topi, kemudian balita yang akan diukur berdiri tegak, kaki lurus, tumit, pantat, punggung dan kepala bagian belakang harus menempel pada papan alat ukur dan muka menghadap lurus dengan pandangan ke depan sedangkan pengukuran panjang badan baduta: baduta diletakan di alas alat ukur panjang badan, pengukur satu meluruskan kaki baduta dan menggerakkan papan pengukur, petugas dua memegang kepala baduta supaya tegap dan menempel pada bagian kepala. Antara alat ukur panjang badan baduta dan tinggi badan balita keduanya memiliki tahapan yang sama, setelah petugas megatur posisi subyek maka petugas menginput nomer unik dan menekan tombol siap mengukur. Alat ukur tinggi badan ataupun panjang badan digital akan menampilkan hasil pengukuran dan status gizi balita pada layar LCD dan dikeluarkan melalui suara serta terdapat kertas *print out*. Hasil pengukuran panjang badan dan tinggi badan yang diperoleh antara alat ukur digital dan alat ukur manual memiliki nilai reability TEM manual (0,99) dan digital (0,98) menunjukkan bahwa kedua alat ukur berada dalam kategori keandalan *almost perfect reliability* (0,8 - 1,0)^{18,19}. Nilai TEM berhubungan positif dengan hasil pengukuran, nilai rata rata yang besar berhubungan dengan TEM yang tinggi dan nilai rata rata yang kecil berhubungan dengan nilai TEM yang rendah^{20,21}.

Pengukuran antropometri yang akurat merupakan elemen penting dalam menentukan status gizi anak, terutama di daerah pedesaan yang memiliki prevalensi stunting lebih tinggi dibandingkan daerah perkotaan. Pengembangan alat ukur digital berbasis sensor VL53L0X memiliki potensi untuk menjadi solusi dalam meningkatkan kecepatan, akurasi, dan kemudahan proses pengukuran antropometri, khususnya panjang badan (PB) dan tinggi badan (TB) anak balita. Alat ukur digital yang dirancang dalam penelitian ini menunjukkan keunggulan dibandingkan alat konvensional (manual), seperti kemudahan penggunaan, kecepatan pengukuran, dan kemampuan menyimpan data hingga 100 anak. Selain itu, alat ini dapat langsung menginterpretasikan status gizi anak berdasarkan standar WHO 2006 untuk indeks TB/U dan PB/U, sehingga mengurangi beban administrasi petugas kesehatan. Hal ini sangat penting di daerah pedesaan yang sering kali kekurangan tenaga kesehatan dan infrastruktur

yang memadai. Reliabilitas alat ukur digital yang diuji melalui Technical Error Measurement (TEM) menunjukkan hasil yang memuaskan dengan nilai reliabilitas almost perfect reliability (0,8-1,0) baik untuk PB maupun TB. Hasil ini konsisten dengan penelitian lain yang menunjukkan bahwa alat ukur digital dapat memberikan hasil yang sebanding dengan alat standar yang telah terkalibrasi^{22,23}.

Uji validasi menunjukkan bahwa alat ukur digital tidak memiliki perbedaan signifikan dibandingkan alat ukur manual yang digunakan di posyandu (nilai $p > 0,05$ untuk uji paired-samples t-test). Hasil ini menegaskan bahwa alat ukur digital dapat digunakan sebagai alternatif yang dapat diandalkan untuk pengukuran antropometri di lapangan. Selain itu, uji sensitivitas dan spesifisitas alat menunjukkan performa yang sangat baik, terutama dalam mendeteksi kasus stunting (sensitivitas 90,91% dan spesifisitas 100% untuk TB digital). Meskipun sensitivitas alat ukur PB digital lebih rendah (33,33%), hasil ini masih dapat ditingkatkan dengan modifikasi alat dan teknik pengukuran. Kelebihan alat ukur digital yang portabel, hemat daya, dan mudah dioperasikan memberikan manfaat signifikan bagi kader posyandu dan petugas kesehatan di daerah terpencil. Kemampuan alat untuk menyimpan data hasil ukur secara otomatis sangat membantu mengatasi kendala seperti hilangnya catatan manual dan kesalahan pencatatan. Hal ini mendukung efektivitas program surveilans gizi dan mempermudah pemantauan tren stunting di daerah pedesaan^{24,25}.

Beberapa tantangan yang dihadapi dalam penelitian ini adalah faktor pencahayaan dan ketidakkooperatifan balita selama pengukuran, yang dapat memengaruhi akurasi hasil ukur. Oleh karena itu, diperlukan pelatihan tambahan bagi petugas kesehatan tentang penggunaan alat serta perbaikan desain alat untuk mengurangi kesalahan akibat faktor eksternal. Selain itu, uji lapangan dengan sampel yang lebih besar diperlukan untuk memastikan generalisasi temuan ini di berbagai kondisi lingkungan. Penggunaan alat ukur digital ini relevan dengan upaya nasional untuk menurunkan prevalensi stunting di Indonesia, yang masih menjadi tantangan besar di daerah pedesaan^{26,27}. Dengan meningkatkan akurasi dan efisiensi pengukuran TB/U dan PB/U, alat ini dapat membantu petugas kesehatan dalam menentukan intervensi yang tepat bagi anak-anak yang berisiko stunting.

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan yang perlu diperhatikan dalam

interpretasi hasil. Pertama, ukuran sampel yang relatif kecil (43 subjek) membatasi generalisasi temuan terhadap populasi yang lebih luas. Kedua, pengukuran dipengaruhi oleh faktor eksternal seperti pencahayaan dan kondisi subjek (misalnya balita yang tidak kooperatif), yang dapat memengaruhi akurasi pengukuran, khususnya pada alat ukur digital. Ketiga, sensitivitas alat ukur panjang badan digital masih rendah (33,33%) dibandingkan alat manual, yang mengindikasikan perlunya penyempurnaan lebih lanjut baik dari sisi desain alat maupun prosedur pengukuran. Selain itu, penelitian ini belum dilakukan di berbagai kondisi geografis dan lingkungan sosial ekonomi yang berbeda, sehingga diperlukan uji validasi lanjutan dengan jumlah sampel yang lebih besar dan keragaman wilayah yang lebih luas untuk menguatkan hasil temuan.

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa alat ukur tinggi badan dan panjang badan digital memiliki tingkat reliabilitas yang sangat tinggi, dengan nilai reliability manual sebesar 0,99 dan digital 0,98 untuk tinggi badan, serta 1 (manual) dan 0,8 (digital) untuk panjang badan. Keduanya berada dalam kategori *almost perfect reliability* (0,8–1,0). Alat ukur tinggi badan digital juga menunjukkan sensitivitas sebesar 85,71% (kategori *acceptable*) dan spesifisitas 100% (kategori *excellent*). Berdasarkan hasil tersebut, alat ukur panjang badan dan tinggi badan digital yang dikembangkan dapat digunakan sebagai alternatif alat antropometri manual. Penggunaan alat ini berpotensi mempercepat proses pengukuran, meningkatkan akurasi pencatatan, dan memudahkan penilaian status gizi balita.

SARAN

Pelatihan teknis secara berkala bagi tenaga gizi dan kader posyandu dalam penggunaan alat ukur panjang badan digital untuk baduta dan tinggi badan digital untuk balita. Pelatihan ini penting agar pengguna memahami cara pengoperasian alat secara optimal, termasuk cara kalibrasi, interpretasi hasil, serta penanganan kendala teknis di lapangan. Selain itu, pengembangan lanjutan terhadap desain alat dan peningkatan akurasi, terutama untuk pengukuran panjang badan perlu dilakukan guna meningkatkan sensitivitas alat dalam mendeteksi status gizi anak. Uji coba di berbagai wilayah dengan jumlah subjek

yang lebih besar juga direkomendasikan untuk menguatkan validitas dan generalisasi hasil.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih pada subyek yang bersedia diukur, enumerator yang membantu dalam pengumpulan data, kepada ibu ibu kader yang telah membantu menyiapkan fasilitas dalam pengumpulan data.

RUJUKAN

1. Achadi EL, Thaha AR, Achadi A, et al. Pencegahan Stunting: Pentingnya Peran 1000 Hari Pertama Kehidupan. 1st ed. Jakarta: PT Raja Grafindo Persada; 2021.
2. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 2 Tahun 2020 tentang Standar Antropometri Anak. Jakarta; 2020.
3. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. Pedoman Pemantauan Pertumbuhan: Modul Materi Inti 2. Jakarta; 2021.
4. Supariasa IDN, Bakri B, Fajar I. Penilaian Status Gizi. Jakarta: EGC; 2001.
5. Syafiq A, Fikawati S. Reliability and validity test of digital infant length measurement board with sonar sensor precision. *Malays J Nutr*. 2013;19(3):303–9.
6. Wicaksono TA. Perancangan Pengukuran Panjang Tubuh dan Suhu Bayi Berbasis Arduino Uno. Jakarta: Poltekkes Kemenkes Jakarta II; 2019.
7. Rivaldi A. Rancang Bangun Alat Pengukur Berat Suhu dan Panjang Bayi Berbasis Arduino Uno. Jakarta: Poltekkes Kemenkes Jakarta II; 2020.
8. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. Buku Saku: Hasil Studi Status Gizi Anak Balita Indonesia (SSGBI) Tahun 2021. Jakarta; 2021.
9. Ulijaszek SJ, Kerr DA. Anthropometric measurement error and the assessment of nutritional status. *Br J Nutr*. 1999;82(3):165–77.
10. Harfi A. Rancang Bangun Alat Antropometri dengan Pencatatan Data Berbasis VB.Net. Jakarta: Poltekkes Kemenkes Jakarta II; 2021.
11. Jamaiah H, Geeta A, Safiza MN, et al. Reliability, technical error of measurements and validity of length and weight measurements for children under two years old in Malaysia. *Med J Malaysia*. 2010;65(Suppl A):131–7.
12. Bauman A, Ernst K, Hayden M, et al. Assessing community health: an innovative

- tool for measuring height and length. *J Trop Pediatr*. 2018;64(2):146–50.
13. Perini TA, de Oliveira GL, dos J, Ornellas S, de Oliveira FP. Technical error of measurement in anthropometry. *Rev Bras Med Esporte*. 2005;11(1).
 14. Sulistyawati S. Pengembangan stadiometer sebagai alat ukur tinggi badan dan tinggi lutut. *J Pengelolaan Lab Pendidikan*. 2019;1(1):7–14.
 15. Alfridsyah A, Ichsan I. Sensitivitas dan spesifisitas kartu menuju sehat model tikar monitoring pertumbuhan dalam mendeteksi stunting pada balita. *AcTion: Aceh Nutr J*. 2022;7(1):96.
 16. Waveshare. VL53L0X distance sensor user manual [Internet]. 2018 [cited 2024 Nov 30]. Available from: <https://www.waveshare.com/w/upload/0/01/VL53L0X-Distance-Sensor-User-Manual-en.pdf>
 17. Mayol-Kreiser SN, Garcia-Turner VM, Johnston CS. Examining the utility of a laser device for measuring height in free-living adults and children. *Nutr J*. 2015;14(1).
 18. Barrett SF. *Arduino Microcontroller: Processing for Everyone!* 2nd ed. Synth Lect Digit Circuits Syst. 2012;7(2):1–371.
 19. Rasyid IN. *Rancang Bangun Pengukur Berat dan Panjang Bayi Berbasis Arduino*. Jakarta: Poltekkes Kemenkes Jakarta II; 2018.
 20. Fantaye YG. MAM study procedures and field manual [Internet]. Available from: <https://www.researchgate.net/publication/258836113>
 21. Goto R, Mascie-Taylor CGN. Precision of measurement as a component of human variation. *J Physiol Anthropol*. 2007;26(2):253–6.
 22. World Health Organization. *Child growth standards*. Geneva: WHO; 2006.
 23. Nguyen PH. Double burden of malnutrition in Southeast Asia: revisiting the unique challenges. *Front Nutr*. 2018;5:1–10.
 24. UNICEF. *Child nutrition in rural areas*. New York: UNICEF Publications; 2021.
 25. Tariku A. Reliability of anthropometric measurements in community-based child nutrition studies. *BMC Public Health*. 2017;17:622–8.
 26. Badan Pusat Statistik (BPS). *Laporan Nasional Survei Gizi*. Jakarta: BPS.
 27. Nadiya R. Evaluation of anthropometric tools for measuring child growth. *Indones J Nutr*. 2022;15(2):145–53.

[dikosongkan]