

E-Growth Monitoring System (EGMS) sebagai Upaya Penurunan Prevalensi Stunting

HUSNENI MUKHTAR¹, HESTY SUSANTI¹, WILLY ANUGRAH CAHYADI^{1,*},
DIEN RAHMAWATI¹, TEUKU ZULKARNAIN MUTTAQIEN¹, OUY ARIE
SUDIYONO², KUSNAHADI SUSANTO³, SUTO SETIYADI¹, ARIK GERALDI¹,
YOGA PUJIRAHARJO¹, SHEIZI PRISTA SARI³, EKA AFRIMA SARI³, DIENA
YUDIARTI¹

¹Universitas Telkom, Indonesia; ²PT. Pelita Inspirasi, Indonesia;

³Universitas Padjadjaran, Indonesia

*Email: waczze@telkomuniversity.ac.id

Received 17 Maret 2022 | *Revised* 14 April 2022 | *Accepted* 10 Agustus 2022

ABSTRAK

Pemerintah Indonesia melalui Stranas Percepatan Pencegahan Anak Kerdil (stunting) 2018-2024 memprioritaskan pencegahan dan penurunan prevalensi stunting dengan menyoasar berbagai penyebab langsung dan tidak langsung yang memerlukan kerjasama dan koordinasi lintas sektor di seluruh tingkatan pemerintah, swasta, dunia usaha dan masyarakat, terutama di Posyandu. E-Growth Monitoring System (EGMS) yang dirancang ini berfungsi untuk mengukur tumbuh kembang bayi dan balita, terutama mendeteksi terjadinya stunting dan gizi buruk sejak dini agar dapat dilakukan upaya perbaikan secara tepat. Implementasi produk inovasi ini menggunakan sensor ultrasonik dan load cell untuk mengukur tinggi badan dan berat badan bayi dan balita, di mana rentang error pembacaan sensor-sensor tersebut secara berturut-turut adalah 0,01 – 4,36% dan 0,00 – 1,43%.

Kata kunci: *stunting, e-growth monitoring system, berat badan, tinggi badan, posyandu*

ABSTRACT

Indonesian government, through National Strategy for Preventing Child Stunting 2018-2024, prioritize both prevention and reduction of stunting prevalence by targeting the causes. It requires inter-sector coordinations between government, private companies, businesses, and citizens, especially in local clinics. E-Growth Monitoring System (EGMS) is proposed to measure the growth of infant and toddler, specifically to detect a possible stunting and bad nutrition as early as possible in order to devise an improvement effectively. The implementation of this innovation employs the use of both ultrasonic sensor and load cell to measure the body height and weight of infant and toddler. Its expected margin of error for the sensors are 0.01 – 4.36% and 0.00 – 1.43% for ultrasonic sensor and load cell, respectively.

Keywords: *stunting, e-growth monitoring system, weight, height, posyandu*

1. PENDAHULUAN

Pemerintah Indonesia melalui Stranas Percepatan Pencegahan Anak Kerdil (*stunting*) 2018-2024 memprioritaskan pencegahan *stunting* dengan menyoar berbagai penyebab langsung dan tidak langsung yang memerlukan kerjasama dan koordinasi lintas sektor di seluruh tingkatan pemerintah, swasta, dan dunia usaha, serta masyarakat. Tujuan umum Stranas *Stunting* ini adalah mempercepat pencegahan *stunting* dalam kerangka kebijakan dan institusi yang ada. Sementara itu, data Riskesdas 2018 (**Kemendesa, 2018**) menunjukkan 18 provinsi dengan prevalensi yang tergolong tinggi (30-40%) termasuk di Jawa Barat, yaitu tercatat ada 29,9% atau 2,7 juta balita yang mengalami *stunting*. Menurut data Provinsi Jawa Barat, terdapat 13 kabupaten dengan angka *stunting* yang sangat tinggi, salah satunya Kabupaten Bandung, yakni sebesar 40,7% (**Pemprov Jabar, 2018**). *Stunting* merupakan gangguan pertumbuhan yang mempengaruhi tumbuh kembang anak yang dipengaruhi oleh kondisi gizinya, baik dari masa kehamilan ibu sampai masa tumbuh kembang saat bayi dan balitanya, yaitu umur satu hingga lima tahun (**Rahmadita, 2020**) (**Deshpande, 2022**). Menurut Kementerian Kesehatan, status gizi anak dan balita dinilai berdasarkan standar *Child Growth WHO (WHO, 2014)* atau penilaian tiga indeks, yaitu berat badan sesuai usia, tinggi badan sesuai usia, dan perbandingan antara berat badan dengan tinggi badan yang dicapai.

Dari kelima pilar yang ada, peran percepatan *stunting* ada pada Pilar Ketiga, yaitu "Konvergensi Program Pusat, Daerah, dan Desa" melalui implementasi Mobilisasi Kader Pembangunan Manusia (KPM) untuk memastikan terselenggaranya akselerasi pencegahan *stunting* di tingkat desa dan melakukan pendataan dan pelaporan secara berkala masih belum dapat diatasi, terutama kader-kader posyandu masih belum mengetahui dan paham bagaimana mengetahui atau mendeteksi kondisi *stunting* pada anak bayi dan balita. Apalagi tinggi badan anak dan balita umumnya memang cenderung rendah. Secara umum, kader posyandu melaporkan dan mengirimkan data pengukuran tinggi badan dan berat badan anak ke bidan atau dokter yang ada di Puskesmas. Selanjutnya tenaga kesehatan tersebut memeriksa data-data yang dikirimkan oleh setiap posyandu yang ada di setiap RW dalam satu kecamatan. Banyaknya jumlah posyandu dengan jumlah bayi dan balita yang dapat mencapai angka ribuan, maka proses pengecekan data yang dikirimkan memerlukan waktu yang tidak singkat. Biasanya waktu yang dibutuhkan berkisar 1-2 bulan. Akibatnya tindakan preventif sedini mungkin kurang dapat diimplementasikan. Di lain hal, *stunting* merupakan salah satu dari tiga masalah kesehatan yang diprioritaskan untuk ditangani secara holistik oleh beberapa kementerian, namun pengobatannya bersifat preventif dan kuratif dari satu pihak saja (pemerintah). Orang awam seringkali tidak memahami hal-hal yang berkaitan dengan *stunting* itu sendiri.

Penelitian-penelitian yang terkait *stunting* tidaklah banyak dalam merespon permasalahan-permasalahan, terutama permasalahan terkait pilar ketiga tadi. Salah satu upaya dalam mendukung program pemerintah adalah dengan memberikan pendidikan kesehatan kepada ibu melalui *smartphone* berbentuk buku gizi kesehatan keliling berbasis android (**Oktaviana, 2020**). Penelitian lainnya dalam upaya mendeteksi risiko *stunting* adalah menggunakan metode *forward chaining* untuk mendeteksi *stunting*, terutama untuk ibu hamil yang berisiko tinggi untuk melahirkan. Deteksi *stunting* ini memberikan akurasi sebesar 89% (**Setyawati, 2018**). Selain itu, ternyata manajemen data yang buruk telah menyebabkan strategi zero *stunting* di Indonesia kurang efektif dan bahkan tidak bergerak. Beberapa pembenaran mengenai demografi dan jumlah anak yang terkena dampak masih berupa asumsi sederhana tanpa data pendukung yang jelas. Menggunakan modifikasi prinsip Connolly dan Begg, suatu penelitian (**Rahutomo, 2020**) membangun basis data yang dapat mencatat setiap peningkatan pertumbuhan yang sedikit. Riset lain terkait data adalah sebuah penelitian di

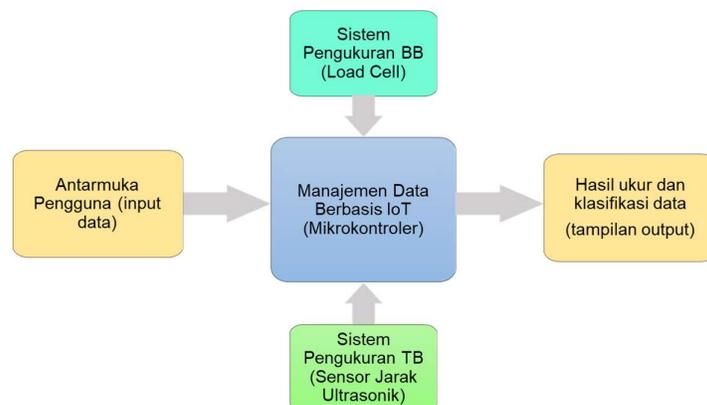
Bangladesh untuk mengklasifikasi malnutrisi dalam memprediksi status malnutrisi pada anak usia 0-59 bulan menggunakan pendekatan *deep learning* model prediktif. Riset tersebut telah memperoleh akurasi terbaik dengan klasifikasi gizi buruk, *underweight*, dan *stunting* (Shahriar, 2019).

Implementasi produk inovasi *e-Growth Monitoring System (EGMS)* merupakan upaya yang dilakukan oleh tim peneliti yang disampaikan pada artikel ini. EGMS ini dirancang untuk membantu permasalahan kader posyandu dalam memperoleh informasi kondisi atau status dari pengukuran yang mereka lakukan. Produk teknologi tepat guna ini menggunakan sensor ukur jarak dan *load cell* yang otomatis dapat mengukur tinggi badan serta berat badan dalam satu kali proses pengukuran, serta memberikan informasi klasifikasi pengukuran tinggi badan dan berat badan anak berdasarkan jenis kelamin dan usia langsung setelah pengukuran dilakukan menggunakan mikrokontroler. Manajemen data dilakukan dengan penyimpanan internal dan pengiriman ke situs *web Firebase* melalui *server*.

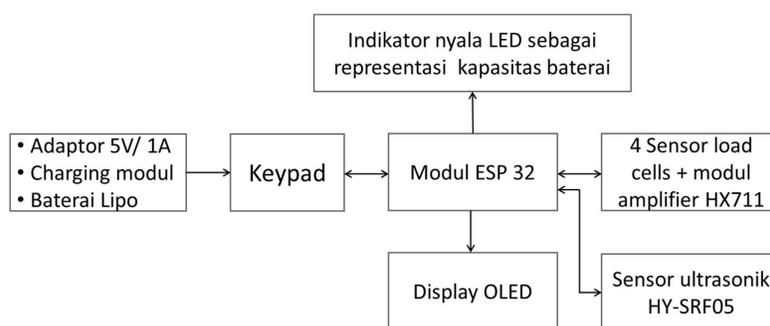
2. METODE PENELITIAN

2.1 Perancangan Sistem EGMS

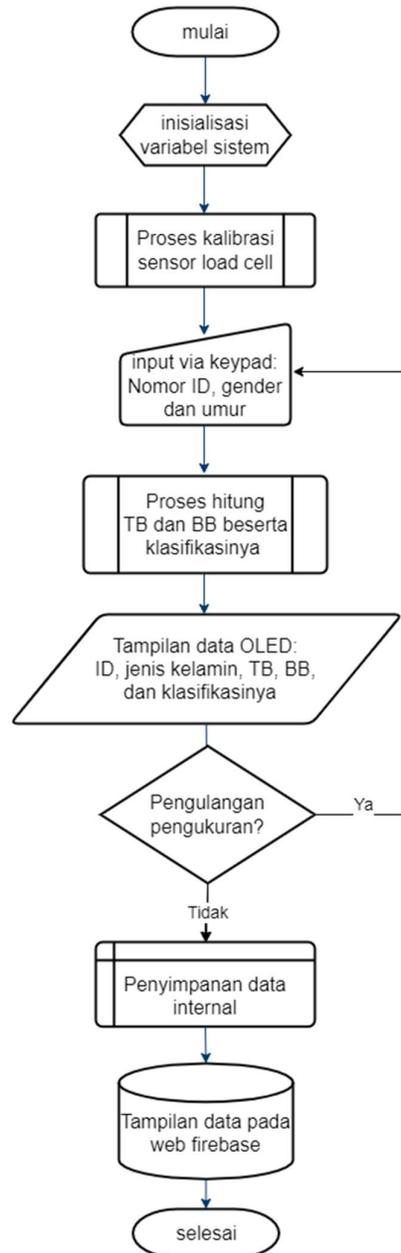
E-Growth Monitoring System (EGMS) terdiri dari lima bagian utama, yaitu antarmuka input untuk pengguna, sistem pengukuran berat badan (BB) menggunakan sensor *load cell*, sistem pengukuran tinggi badan (TB) menggunakan sensor jarak ultrasonik, manajemen data berbasis IoT, dan tampilan data ukur dan klasifikasi data. Konsep solusi ditunjukkan pada Gambar 1 dan diagram blok dari sistem EGMS ditunjukkan pada Gambar 2, sementara *flowchart* diilustrasikan pada Gambar 3.



Gambar 1. Konsep Solusi EGMS

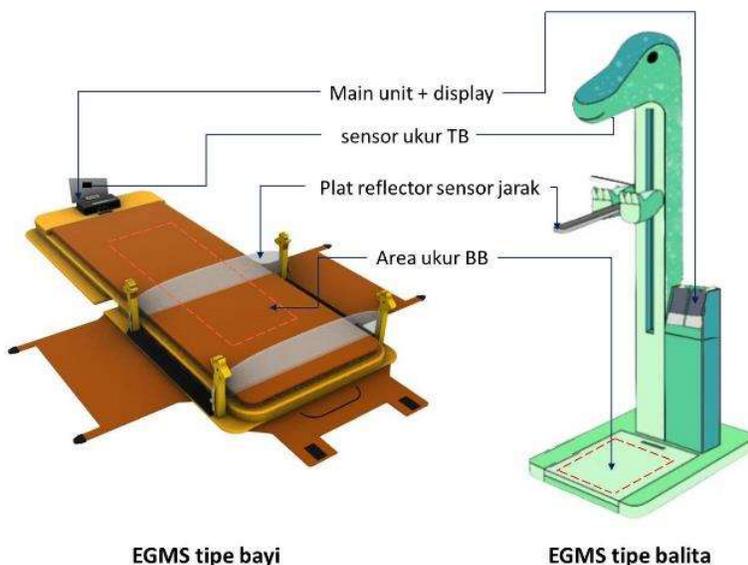


Gambar 2. Diagram Blok Sistem EGMS



Gambar 3. Flowchart dari Perangkat EGMS

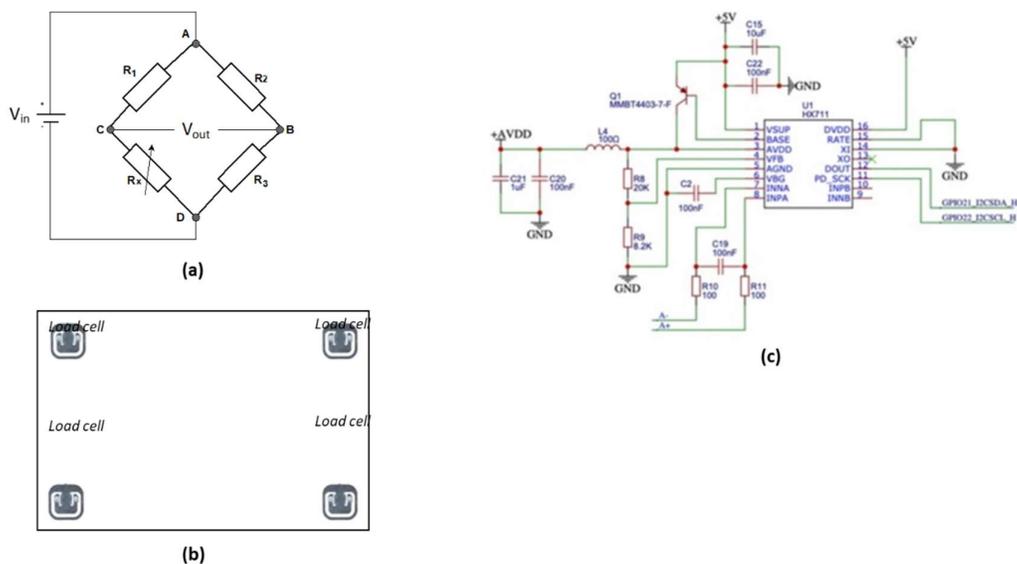
Rancangan produk teknologi tepat guna EGMS ini ditampilkan pada Gambar 4, di mana desain dibuat dalam dua tipe, yaitu tipe untuk bayi dan tipe untuk balita yang sudah dapat berdiri saat pengukuran dilakukan. Sensor pengukuran BB ditempatkan pada papan pengukuran yang menjadi tumpuan berdiri subjek pada saat dilakukan pengukuran, sedangkan sensor pengukuran TB ditempatkan pada bagian atas kepala tegak lurus plat reflektor sensor pengukur TB. Antarmuka pengguna terdiri dari *display* dan *keypad* untuk memasukkan data jenis kelamin, TB dan BB dari bayi atau balita yang akan diukur.



Gambar 4. Rancangan Platform EGMS untuk Tipe Bayi (Kiri) dan Balita (Kanan)

2.2 Sistem Pengukuran Berat Badan EGMS dan Kalibrasi

Sistem ukur BB dari produk TTG EGMS ini menggunakan sensor *load cell* 25 kg yang dipasang pada keempat sisi area objek yang diukur ditempatkan. Cara kerja sensor ukur BB memanfaatkan konsep *strain gauge* yang nilai resistansinya berubah ketika terjadi regangan pada material yang disebabkan oleh tekanan atau berat objek yang diukur. Jembatan *Wheatstone* dirangkai pada setiap *load cell*, yang digunakan untuk mengukur perubahan resistansi pada *strain gauge* sebagai perbedaan tegangan antara titik B dan D menggunakan prinsip pembagi tegangan. Sensor *load cell* ditempatkan pada papan pengukuran berat badan yang dijadikan tumpuan berdiri subjek ketika dilakukan pengukuran (**Fauzi, 2021**). Hal ini dapat dilihat pada Gambar 5 beserta skematik elektronik sistem ukur sensornya.



Gambar 5. Prinsip Kerja Sensor Ukur BB Menggunakan (a) Rangkaian Jembatan Wheatstone dan (b) Ilustrasi Penempatan Sensor pada Permukaan Bawah Papan atau Area Ukur Serta (c) Skematik Elektronik Sistem Ukur BB Berbasis *Load Cell*

Ketika jembatan dalam keadaan seimbang, yaitu $V_C = V_B$, maka nilai resistansi dan tegangan keluarannya dapat dihitung menggunakan Persamaan (1) dan (2). Selanjutnya keluaran sinyal listrik dari sensor *load cell* perlu diperkuat dengan modul penguat (*amplifier*) karena nilainya kecil (dalam satuan millivolt). Nilai yang diperkuat dapat diproses lebih lanjut oleh mikrokontroler dan menghitung berat badan (massa) objek.

$$\frac{R_x}{R_2} = \frac{R_3}{R_1} \quad (1)$$

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} - \frac{R_3}{R_3 + R_x} \quad (2)$$

Sebagaimana sensor lainnya yang dipengaruhi oleh gaya gravitasi atau gaya berat, maka kemungkinan berkurangnya akurasi sensor *load cell* ini dapat terjadi akibat lamanya periode pemakaian. Oleh karena itu, EGMS dilengkapi dengan proses kalibrasi awal pada setiap kali sistem ini dinyalakan untuk menghindari permasalahan penurunan akurasi pembacaan sensor. Proses kalibrasi tersebut dilakukan dengan alur berikut ini:

- i. Kondisi *tare*, memulai kalibrasi dengan mengosongkan area penimbangan sehingga sensor membaca kondisi tersebut adalah keadaan tanpa beban, atau massa adalah 0 kg.
- ii. Input massa referensi, yaitu dengan menempatkan anak timbangan sebesar 1 kg di atas area penimbangan. Anak timbangan yang digunakan sudah ditera oleh badan meteorologi sebagai massa referensi. Selanjutnya nilai tegangan yang dihasilkan oleh sensor *load cell* dikonversi menjadi nilai digital dan disimpan sebagai nilai referensi yang mewakili massa 1 kg.

Dengan demikian EGMS telah siap digunakan untuk melakukan pengukuran berat badan, di mana pengukuran berat badan nantinya akan dibandingkan dengan nilai digital dari massa referensi yang tersimpan.

2.3 Sistem Pengukuran Tinggi Badan EGMS

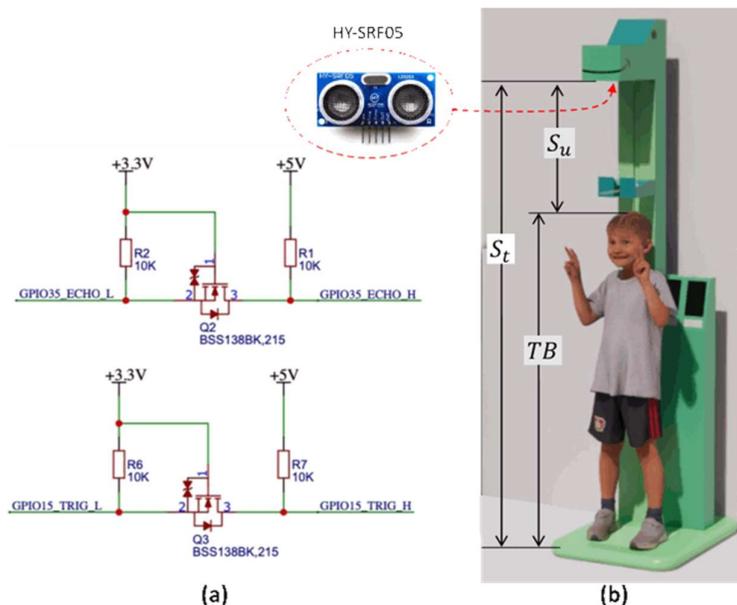
Pengukuran tinggi badan (TB) dihitung dari hasil pengukuran jarak sensor ultrasonik jenis HY-SRF05 yang memiliki rentang ukur (2 - 450) cm dan resolusi 2 mm, di mana skema elektronik sensor ini dalam EGMS dapat dilihat pada Gambar 5(a). Sensor tersebut mengubah energi listrik menjadi energi mekanik dalam bentuk gelombang ultrasonik ketika berperan sebagai *transmitter* dan bentuk sebaliknya ketika berperan sebagai *receiver*. Prinsip kerja sensor ini dimulai dari gelombang ultrasonik dikirimkan oleh sensor (*transmitter*) ke arah permukaan objek ukur, kemudian gelombang direfleksikan kembali dari permukaan objek dan diterima kembali oleh sensor (*receiver*). Selisih antara waktu kirim dari *transmitter* dan waktu terima pada *receiver* merupakan representasi jarak objek ke sensor.

Besaran jarak dapat dihitung dengan mengetahui cepat rambat gelombang ultrasonik di udara dan mensubstitusikannya ke Persamaan (3). Selisih waktu pin *echo* pada sensor ultrasonik saat bernilai 1 (menerima gelombang ultrasonik) dan saat bernilai 0 (tidak menerima gelombang ultrasonik) dihitung dan dikonversi menjadi jarak menggunakan Persamaan (3). Variabel S adalah jarak sensor dan objek dalam meter, t adalah waktu tempuh gelombang dalam detik sejak gelombang dikirimkan dan diterima oleh *transmitter* dan *receiver*. Sedangkan, v adalah cepat rambat gelombang ultrasonik di udara, yaitu 340 m/s.

$$S = \frac{v \cdot t}{2} \quad (3)$$

$$\text{Tinggi badan (TB)} = S_T - S_u \quad (4)$$

Dari Persamaan (4), dikarenakan jarak yang ingin diukur adalah hanya jarak antara sensor dan objek ukur saja, maka waktu total yang diukur perlu dibagi dua, dengan asumsi waktu gelombang datang dan gelombang pantul adalah identik atau sama. Selanjutnya, pengukuran TB dilakukan menggunakan Persamaan (4) dengan cara menghitung selisih jarak total dengan nilai jarak baca sensor (ilustrasi Gambar 6(b)). Proses validasi pembacaan sensor ultrasonik untuk memperoleh hasil yang mendekati nilai sebenarnya dibahas pada bagian hasil dan pembahasan.



Gambar 6. (a) Skematik Elektronik Sensor Ultrasonic dan (b) Ilustrasi Perhitungan Tinggi Badan Balita menggunakan Sensor Ultrasonik pada EGMS

2.4 Manajemen Data

Selain proses klasifikasi data ukur TB dan BB, EGMS juga dilengkapi dengan fitur penyimpanan data lokal (*micro SD*). Data tersebut selanjutnya dikirim ke *database Firebase* dan ditampilkan di situs web (Gambar 7). Klasifikasi data TB dan BB ditentukan dari referensi standar "*z-scores, WHO child growth standard*", yaitu *Length-for-age girls and boys* dan *Weight-for-age girls and boys (WHO, 2012)*. Tabel 1 menunjukkan jenis klasifikasi tumbuh kembang anak, di mana klasifikasi dari *z-score* ini berdasarkan nilai standar deviasi (SD) dari nilai tinggi badan dan berat badan berdasarkan standar dari WHO. Nilai klasifikasi ini berbeda untuk anak laki-laki dan perempuan.

Tabel 1. Klasifikasi Pengukuran Berat Badan dan Tinggi Badan Anak Berdasarkan Referensi Z-Scores WHO Child Growth Standard

Nilai z-score (BB dalam kg) (TB dalam cm)	Klasifikasi tumbuh kembang berdasarkan umur dan jenis kelamin	
	Berat Badan (BB)	Tinggi Badan (TB)
$< -3SD$	kurang gizi	<i>stunted</i>
$-3SD \leq BB < -2SD$	sangat kurus	pendek
$-2SD \leq BB < -1SD$	<i>underweight</i>	agak pendek
$-1SD \leq BB < 1SD$	normal	normal
$1SD \leq BB < 2SD$	gemuk	agak tinggi
$2SD \leq BB < 3SD$	obesitas	<i>overheight</i>
$> 3SD$	<i>extreme obese</i>	<i>extreme overheight</i>

E-GROWTH MONITORING SYSTEM (EGMS)						
Nama Posyandu - Nama Desa				Total Anak:		
No	Gender	Umur (Thn/Bln)	TB (cm)	Klasifikasi TB	BB (Kg)	Klasifikasi BB
1
2
3
4
5
6
7

Klasifikasi Tinggi Badan	
Normal	: ...
Stunting	: ...
Diatas rata-rata	: ...

Klasifikasi Berat Badan	
Normal	: ...
Gemuk	: ...
Obesitas	: ...
Kurus	: ...

Gambar 7. Ilustrasi Desain Pengukuran EGMS pada Laman Web Pengguna

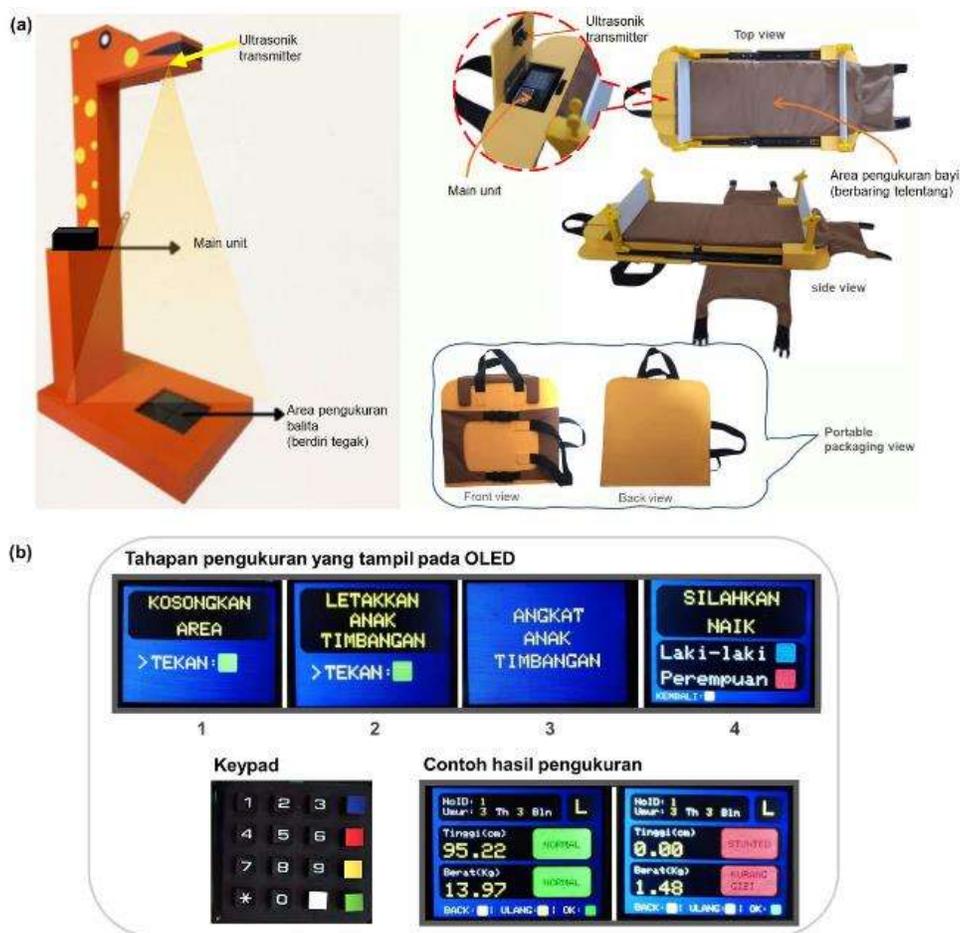
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Perancangan

Hasil perancangan dari penelitian ini adalah suatu produk teknologi tepat guna untuk kegiatan posyandu yang dinamakan dengan *e-Growth Monitoring System* (EGMS). Gambar 8 menampilkan EGMS yang diimplementasikan dalam dua jenis, yaitu untuk bayi dan balita. Desain EGMS yang dibuat sedemikian rupa tidak hanya memperhatikan kenyamanan untuk anak-anak namun juga memperhitungkan efektivitas dan efisiensi pekerjaan dan waktu dari kader posyandu yang melakukan pengukuran dan penimbangan. Dengan hanya membaringkan bayi di atas kasur yang disediakan atau menempatkan balita yang berdiri di atas area penimbangan, maka kedua sensor akan segera mengukur dan data diolah di mikroprosesor. Hasilnya ditampilkan pada layar OLED, yaitu berupa nilai TB dan BB serta klasifikasi tumbuh kembang anak. Data tersebut selanjutnya disimpan di penyimpanan lokal dan dikirim ke laman *web Firebase* melalui *server*.

3.2 Validasi dan Koreksi Pembacaan Sensor Ultrasonik

Validasi pembacaan sensor ultrasonik dilakukan dengan cara membandingkan nilai pengukuran tinggi menggunakan pita ukur (h_p) dengan hasil pembacaan sensor HY-SRF05 (h_s). Pengukuran untuk setiap nilai ketinggian dilakukan sebanyak 10 kali pengulangan, dimana nilai presisi setiap pengukuran ditampilkan dalam format rata-rata dan standar deviasi. Dari seluruh rentang pengukuran, diperoleh nilai rentang dari persentase kesalahan relatif (KSR) sensor sebesar 0,03 – 9,62%. Selanjutnya dihitung nilai koreksi pembacaan dengan menggunakan persamaan regresi linier sehingga diperoleh nilai rentang KSR berkurang menjadi di kisaran (0,01 – 4,36) %. Semua hasil tersebut ditampilkan pada Tabel 2.



Gambar 8. Hasil Perancangan EGMS. (a) Dua Jenis Produk EGMS, yaitu Pengukuran TB dan BB Untuk Balita (Kiri, EGMS Tipe Berdiri) dan Bayi (Kanan, EGMS Tipe Berbaring), (b). Tampilan OLED yang Menunjukkan Tahapan Pengukuran TB dan BB Serta Keypad sebagai Antarmuka Pengguna

Tabel 2. Hasil Validasi, Koreksi, dan Error Pembacaan Sensor Ultrasonik HY-SRF05

h_p (cm)	$(\bar{h}_s \pm \Delta h_s)$ cm	KSR \bar{h}_s (%)	$(\bar{h}_{ks} \pm \Delta h_{ks})$ cm	KSR \bar{h}_{ks} (%)
11,0	11,63 ± 0,01	5,73	10,55 ± 0,01	4,07
..
17,5	18,08 ± 0,01	3,31	17,25 ± 0,01	1,41
18,0	18,49 ± 0,01	2,72	17,67 ± 0,01	1,79
18,5	19,02 ± 0,01	2,81	18,22 ± 0,01	1,46
..
..
83,5	82,13 ± 0,01	1,64	83,78 ± 0,01	0,34
84,0	83,08 ± 0,01	1,10	84,77 ± 0,01	0,92
84,5	81,05 ± 0,01	4,08	82,66 ± 0,01	2,17
85,0	83,14 ± 0,01	2,19	84,83 ± 0,01	0,19
Rentang KSR \bar{h}_s				(0,03 – 9,62) %
Error pembacaan \bar{h}_s				1,83 %
Rentang KSR \bar{h}_{ks}				(0,01 – 4,36) %
Error pembacaan \bar{h}_{ks}				0,85 %

Tabel 3. Spesifikasi Tiga Jenis Sensor Ultrasonik HC-SR04, HC-SR05 dan HY-SRF05

Spesifikasi	HC-SR04	HC-SR05	HY-SRF05
Jarak pengukuran (cm)	2 – 400	2 - 450	2 - 450
Resolusi pengukuran (mm)	3 mm	3 mm	2 mm
Sudut pengukuran (°)	18	18	<15

Serangkaian simulasi dilakukan untuk observasi dan evaluasi baik pengiriman maupun penerimaan sinyal pada bagian *transmitter* dan *receiver* dari beberapa jenis sensor ultrasonik, yaitu HC-SR04, HC-SR05 dan HY-SRF05 (spesifikasi masing-masing sensor telah tertulis pada Tabel 3). Satu sensor ultrasonik bertindak sebagai transmitter dan empat sensor ultrasonik lainnya berperan sebagai *receiver*. Sinyal yang dipancarkan oleh *transmitter* sensor diterima oleh keempat receiver dalam jarak tertentu, yaitu jarak yang dipaparkan pada Tabel 3 dan Tabel 4. Arah pancaran sinyal sensor diamati dalam arah vertikal dan horizontal. Ilustrasi dapat dilihat pada Gambar 9. Hasil pengujian untuk perbandingan ketiga sensor ditampilkan dalam Tabel 4.

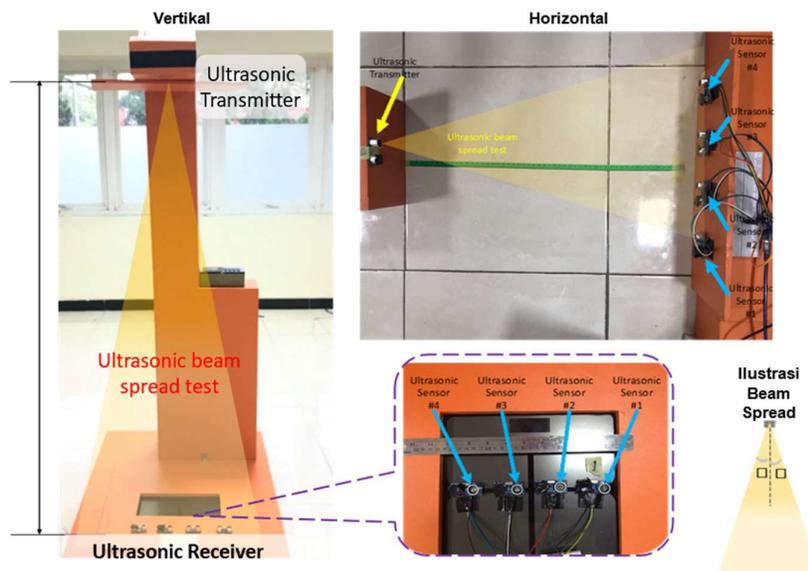
Pengujian sensor dilakukan dengan dari jarak 11,0 cm sampai 85,0 cm dengan spasi 0,5 cm. Walaupun *error* maksimal dari sensor ultrasonik jenis HY-SRF05 ini masih cukup besar, yaitu 4,36%, namun *error* rata-rata pembacaan koreksinya masih kurang dari 1%. Dibandingkan jenis sensor ultrasonik lainnya, kinerja sensor ini jauh lebih bagus daripada jenis HC-SR04 dan HC-SR05. Pemilihan sensor HY-SR0F5 adalah berdasarkan perbandingan kinerja ketiga sensor tersebut, di mana sensor ini jauh lebih stabil dalam melakukan pembacaan jarak.

Hasil yang diperoleh dari seluruh pengujian sensor ultrasonik menunjukkan deviasi terbesar hanya hingga 4,36% yang dapat dikatakan cukup teliti dengan perbandingan merujuk pada studi sebelumnya (**Achlison, 2020**). Sedikit deviasi pengukuran pada EGMS dinilai merupakan hal wajar yang ditemui pada sensor ultrasonik, sesuai dengan hasil studi-studi (**Bhatia, 2019**) (**Fang, 2022**) (**Kumar, 2017**) yaitu disebabkan faktor-faktor seperti temperatur, kelembapan udara, kepadatan udara, material pemantul, dan orientasi objeknya.

Tabel 4. Hasil Perbandingan Tiga Jenis Sensor Ultrasonik

Pengujian ke-1,2,3 arah gelombang secara vertikal (Jarak= 140 cm)									
Sensor receiver ke-	HC-SR04			HC-SR05			HY-SRF05		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Sensor #4	113	132	95	125	191	193	138	139	140
Sensor #3	128	98	95	121	130	185	140	138	138
Sensor #2	93	94	101	124	128	249	141	140	141
Sensor #1	110	109	137	120	191	201	141	139	140
Pengujian ke-1,2,3 arah gelombang secara horizontal (Jarak = 54 cm)									
Sensor receiver ke-	HC-SR04			HC-SR05			HY-SRF05		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Sensor #4	52	52	53	53	53	52	55	50	55
Sensor #3	52	53	53	53	53	53	55	54	55
Sensor #2	51	67	50	50	50	51	87	57	58
Sensor #1	36	0	44	44	36	36	59	57	89

Ilustrasi Sudut Rambat dan Pantul Gelombang Suara dari Sensor Ultrasonik yang Disimulasikan Arah Rambatannya



Gambar 9. Pengujian dan Evaluasi Tiga Jenis Sensor Ultrasonik

3.3 Pengujian Kinerja Sensor *Load Cell*

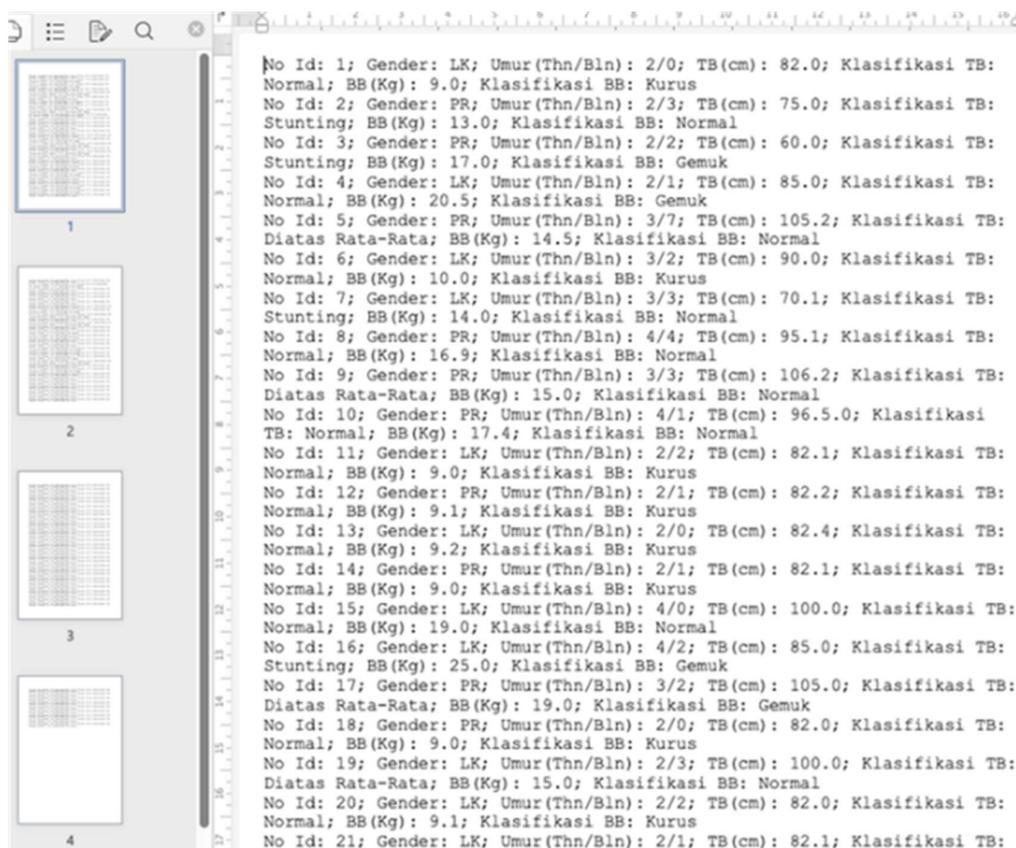
Sesuai yang sudah disampaikan pada sub-bab 2.2, sensor *load cell* dikalibrasi saat pertama kali sistem dinyalakan. Untuk mengetahui kinerja sensornya maka dilakukan pengukuran berulang seperti yang ditampilkan pada Tabel 5, di mana setiap beban referensi dilakukan pengukuran 10 kali pengulangan, beserta dengan nilai standar deviasinya (Δm). Hasil pembacaan sensor *load cell* akan lebih akurat hasilnya jika dilakukan tidak bersamaan dengan proses *charging*. Rentang error pembacaan sensor dengan dan tanpa adaptor berturut-turut adalah (0,00 – 1,83)% dan (0,00 – 1,43)%. Fungsionalitas *load cell* dengan rentang error tersebut dapat diterima dan sesuai hasil studi pada (Zecchin, 1993) (Widianto, 2018) yaitu penggunaannya sebagai alat ukur berat badan bayi dan anak-anak.

Tabel 5. Hasil Pengujian Pembacaan Sensor *Load Cell*

Beban referensi	Nilai Massa (kg)	
	$(\bar{m} \pm \Delta m)$ (menggunakan adaptor)	$(\bar{m} \pm \Delta m)$ (tanpa adaptor)
0	(0,00 ± 0,00)	(0,00 ± 0,00)
1	(1,01 ± 0,00)	(1,00 ± 0,00)
2	(1,99 ± 0,00)	(2,00 ± 0,00)
3	(2,96 ± 0,00)	(3,00 ± 0,00)
..
11	(10,81 ± 0,01)	(11,00 ± 0,00)
12	(11,81 ± 0,01)	(12,00 ± 0,00)
13	(12,79 ± 0,01)	(12,99 ± 0,00)
..
20	(19,65 ± 0,01)	(20,01 ± 0,00)
21	(20,63 ± 0,01)	(21,00 ± 0,00)
22	(21,62 ± 0,01)	(22,01 ± 0,00)
..
29	(28,52 ± 0,00)	(29,03 ± 0,00)
30	(29,51 ± 0,00)	(30,03 ± 0,00)

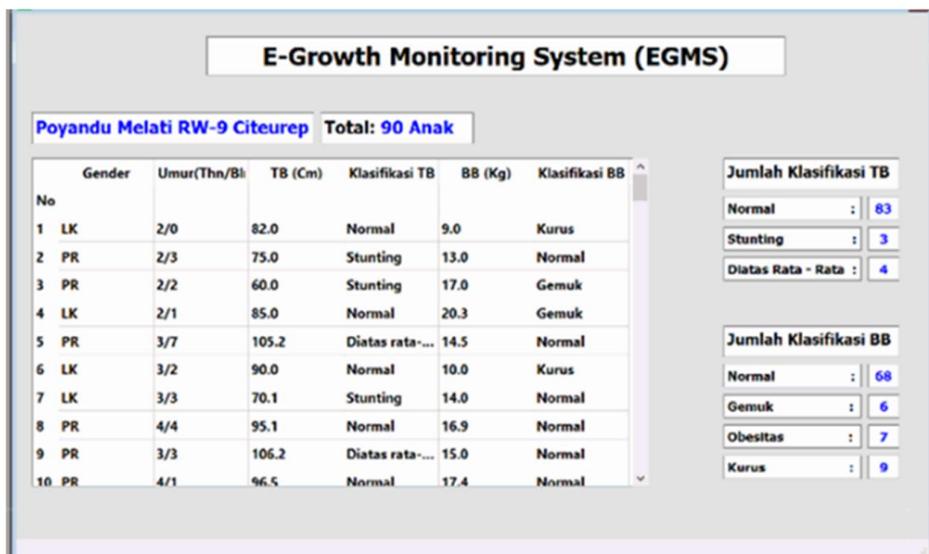
Tabel 6. Data Pengukuran Anak di Posyandu Menggunakan EGMS

No	Tipe Alat	Jenis kelamin	Umur (Tahun / Bulan)	TB (cm)	Klasifikasi TB	BB (kg)	Klasifikasi BB
1	Bayi	Laki-laki	2 / 0	82,0	Normal	9,0	Kurus
2	Bayi	Perempuan	0 / 10	57,0	Normal	8,5	Normal
3	Bayi	Perempuan	0 / 11	58,6	Normal	8,7	Normal
4	Bayi	Perempuan	1 / 0	59,2	Normal	8,9	Normal
5	Bayi	Perempuan	1 / 1	59,8	Normal	9,2	Normal
6	Bayi	Laki-laki	2 / 0	82.4	Normal	9.2	Kurus
7	Balita	Perempuan	2 / 3	75,0	<i>Stunting</i>	13,0	Normal
8	Balita	Perempuan	2 / 2	60,0	<i>Stunting</i>	17,0	Gemuk
9	Balita	Laki-laki	2 / 1	85,0	Normal	20,3	Gemuk
10	Balita	Perempuan	3 / 7	105,2	Di atas rata-rata	14,5	Normal
11	Balita	Laki-laki	3 / 2	90,0	Normal	10,0	Kurus
12	Balita	Laki-laki	3 / 3	70,1	<i>Stunting</i>	14,0	Normal
13	Balita	Perempuan	4 / 4	95,1	Normal	16,9	Normal
14	Balita	Perempuan	3 / 3	106,2	Di atas rata-rata	15,0	Normal
15	Balita	Perempuan	4 / 1	96,5	Normal	17,4	Normal

Gambar 10. Tampilan Hasil Pengukuran dengan EGMS dari Penyimpanan Internal *MicroSD* (Format *File *.txt*)

3.4 Hasil Pengukuran dan Manajemen Data

Pengujian perangkat EGMS dilakukan langsung pada anak dan balita di Posyandu Melati 9 Citeureup, Kab. Bandung, dengan jumlah data pengukuran sebanyak 90 anak. Sebagian kecil data pengukuran tersebut ditampilkan pada Tabel 6, di mana semua data juga disimpan di penyimpanan internal dan sekaligus dikirimkan ke *web* dengan mengaktifkan jaringan wifi.

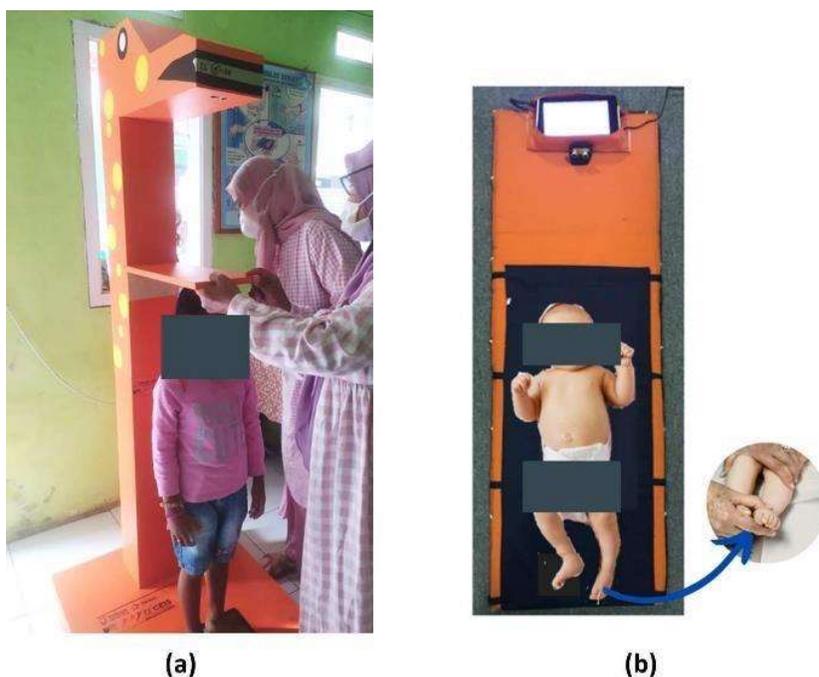


No	Gender	Umur(Thn/Bl)	TB (Cm)	Klasifikasi TB	BB (Kg)	Klasifikasi BB
1	LK	2/0	82.0	Normal	9.0	Kurus
2	PR	2/3	75.0	Stunting	13.0	Normal
3	PR	2/2	60.0	Stunting	17.0	Gemuk
4	LK	2/1	85.0	Normal	20.3	Gemuk
5	PR	3/7	105.2	Diatas rata...	14.5	Normal
6	LK	3/2	90.0	Normal	10.0	Kurus
7	LK	3/3	70.1	Stunting	14.0	Normal
8	PR	4/4	95.1	Normal	16.9	Normal
9	PR	3/3	106.2	Diatas rata...	15.0	Normal
10	PR	4/1	96.5	Normal	17.4	Normal

Jumlah Klasifikasi TB	
Normal	: 83
Stunting	: 3
Diatas Rata - Rata	: 4

Jumlah Klasifikasi BB	
Normal	: 68
Gemuk	: 6
Obesitas	: 7
Kurus	: 9

Gambar 11. Tampilan Data Pengukuran dengan EGMS Pada *Web*



Gambar 12. Ilustrasi Pengukuran (a) Balita dan (b) Bayi di Posyandu

Gambar 10 menunjukkan tampilan data yang disimpan di penyimpanan internal yang diunduh dalam format **txt*, sedangkan Gambar 11 adalah tampilan *website* EGMS berbasis *Firebase*. Sedangkan ilustrasi foto saat pengukuran bayi dan balita ditunjukkan pada Gambar 12 dengan muka subjek disamarkan untuk menjaga privasi.

4. KESIMPULAN

Implementasi *e-Growth Monitoring System* (EGMS) telah dikembangkan dengan memanfaatkan sensor ultrasonik dan *load cell*, dengan *margin of error* yang dipertahankan $\leq 4,36\%$ untuk sensor ultrasonik dan $\leq 1,43\%$ untuk *load cell*. EGMS telah dibuktikan dapat secara otomatis mengukur dalam satu kali proses juga sebagai informasi klasifikasi pengukuran tinggi badan dan berat badan anak berdasarkan jenis kelamin dan usia, yang dapat disimpan internal juga dikirimkan langsung melalui mikrokontroler pada situs *web Firebase* melalui *server*. Riset berikutnya adalah pengembangan dari EGMS menggunakan sensor pengukur tinggi badan yang berpotensi lebih akurat dan stabil dibandingkan sensor ultrasonik, yaitu kombinasi sensor kapasitif, resistif, dan induktif yang dirangkai memanfaatkan rangkaian Thevenin.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami selaku Insan DIKTI berterima kasih kepada Kemendikbudristekdikti atas pendanaan Matching Fund Program Kedaireka 2021 sehingga implementasi *e-Growth Monitoring System* (EGMS) ini dapat terwujud bersama-sama dengan PT. Pelita Inspirasi, sebagai mitra dari dunia usaha dan dunia industri.

DAFTAR RUJUKAN

- Achlison, U, Suhartono, B. (2020). Analisis Hasil Ukur Sensor Load Cell untuk Penimbang Berat Beras, Paket dan Buah berbasis Arduino. *Jurnal Ilmiah Ekonomi dan Bisnis*. 13(1). 96-101.
- Berita Website Resmi Pemerintah Daerah Provinsi Jawa Barat (2018, November). 13 Kabupaten di Jabar Kasus Stunting Tinggi. Retrieved from <https://jabarprov.go.id/index.php/news/30750/2018/11/18/13-Kabupaten-di-Jabar-Kasus-Stunting-Tinggi>
- Bhatia, K., Pathak, A. (2019). Factors Affecting Accuracy of Distance Measurement System Based on Ultrasonic Sensor in Air. *International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE)*. 8(2S11), 2143-2144.
- Deshpande, A., Ramachandran, R. (2022). Early Childhood Stunting And Later Life Outcomes: A Longitudinal Analysis. *Economics & Human Biology*. 44.
- Fang, L., Liu, H., Faraj, Y., Lan, K., Guo, S., Wang, F., Zhu, Y. (2022). Study On Measurement Model Of Cross Section Holdup Based On Array Ultrasonic Sensor. *Measurement*. 191. 110830.
- Fauzi, M.A.G., Mukhtar, H., Rahmawati, D. (2021). Assessment of Postural Stability Using an Affordable and Simple Force Platform. *IEEE 7th International Conference on Smart Instrumentation, Measurement and Applications (ICSIMA)*, (pp. 252 – 256).
- Kementerian Koordinator Bidang Pembangunan Manusia dan Kebudayaan (2018, November). *Strategi Nasional Percepatan Pencegahan Anak Kerdil (Stunting)*. Retrieved from

<http://tnp2k.go.id/filemanager/files/Rakornis%202018/Stranas%20Percepatan%20Pencegahan%20Anak%20Kerdil.pdf>

- Kumar, S., Furuhashi, H. (2017). Long-range Measurement System Using Ultrasonic Range Sensor With High-power Transmitter Array In Air. *Ultrasonics*. 74. 186-195.
- Oktaviana, F., Widyawati M. N., Kurnianingsih K., & Kubota, N. (2020). Early Detection of the Risk of Stunting in Pregnant Women and Its Recommendations. *2020 International Symposium on Community-centric Systems (CcS)*, (pp. 1-6). doi: 10.1109/CcS49175.2020.9231464.
- Rahmadita, K. (2020). Permasalahan Stunting dan Pencegahannya. *Jurnal Ilmiah Kesehatan Sandi Husada*. 11(1), 225-229.
- Rahutomo, R., Nurlaila, I., Perbangsa, A. S., & B. Pardamean. (2020). Database Management System Design with Time Series Modification for Child Growth and Malnutrition Monitoring in The Regency of Serdang Bedagai. *2020 International Conference on Information Management and Technology (ICIMTech)*, (pp. 306-311). doi: 10.1109/ICIMTech50083.2020.9211170.
- Setyawati, V. A. V., & Herlambang, B. A. (2018). Mobile Health Nutrition Book Design to Prevent Stunting at Children <5 Years. *2018 International Seminar on Application for Technology of Information and Communication*, (pp. 275-279). doi: 10.1109/ISEMANTIC.2018.8549745.
- Shahriar, M. M., Iqubal, M. S., Mitra, S., & Das, A. K. (2019). A Deep Learning Approach to Predict Malnutrition Status of 0-59 Month's Older Children in Bangladesh. *2019 IEEE International Conference on Industry 4.0, Artificial Intelligence, and Communications Technology (IAICT)*, (pp. 145-149). doi: 10.1109/ICIAICT.2019.8784823.
- WHO, World Health Organization (2014). *Child Growth Standards*. Retrieved from <https://www.who.int/tools/child-growth-standards>
- Widianto, A., Nurfitri, I., Mahtidana, P., Purnamaningsih, R.W., (2018). Weight monitoring system for newborn incubator application. *2nd Biomedical Engineering's Recent Progress In Biomaterials, Drugs Development, And Medical Devices: Proceedings of the International Symposium of Biomedical Engineering (ISBE) 2017*, (pp. 040013-2-040013-7).
- Zecchin, P. (1993). Loadcell Accuracy in Process Weighing – A Confusion of Terms. *Sensor Review*. 13(3), 9-12.