

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Pengenalan Masalah

Malnutrisi masih tetap menjadi permasalahan utama pada bayi dan anak di bawah lima tahun (balita) secara global. *Stunting* merupakan salah satu permasalahan gizi utama pada balita di Indonesia yang sampai saat ini belum teratasi. Prevalensi *stunting* di Indonesia berdasarkan WHO masih menjadi masalah kesehatan masyarakat yaitu diatas 20%. Penyebab *stunting* multifaktorial dan berkaitan dengan asupan gizi yang kurang atau kebutuhan gizi yang meningkat. *Stunting* memiliki dampak jangka pendek dan jangka panjang yang irreversible. Bahkan sampai saat ini masih belum ada panduan nasional pelayanan kesehatan untuk balita *stunting*[1].

Salah satu kriteria diagnosis *stunting* menurut WHO adalah kriteria Antropometri. Kriteria antropometri tersebut berdasarkan indeks panjang atau tinggi badan menurut umur dan jenis kelamin (PB/U atau TB/U) <-2 SD berdasarkan kurva WHO untuk anak 0-5 tahun. Pemeriksaan antropometri pada *stunting* penting dilakukan berdasarkan standar yang meliputi teknik, alat timbang dan ukur, plotting serta interpretasi hasil. Meskipun metode pengukuran *stunting* sesuai standar, metode pengukuran itu kadang terjadi pengukuran yang tidak tepat, yang mana pada tatalaksana pengukuran *stunting* sendiri harus menyesuaikan posisi balita atau baduta untuk dilakukan pengukuran, baik untuk mengukur panjang badan atau tinggi badan. Posisi berdiri dan posisi kaki sangat perlu diperhatikan, jika terjadi ketidak sesuaian posisi akan menimbulkan kesalahan atau bias yang berefek kepada ketidakvalidan pengukuran diagnosis dan tatalaksana *stunting*. Apabila masalah ketidakvalidan atau pengukuran yang tidak tepat ini terselesaikan, maka akan banyak dampak yang diperoleh ketika sistem ini dapat membantu keakuratan pada bagian pengukuran standar *stunting* yang meliputi teknik, dan ukur hingga nanti interpretasi hasil.

Dalam permasalahan ini, terdapat beberapa pihak yang terlibat, antara lain:

1. Kader Yandu yang melakukan pengukuran *stunting*

2. Ibu yang memiliki balita yang mana perlu mengetahui panjang atau tinggi badan anaknya dengan akurat
3. Pemerintah yang memiliki kepentingan untuk mencegah stunting untuk mempertahankan sumber daya manusia.

Apabila masalah dalam pengukuran stunting ini dapat diminimalisir, maka akan terus menekan angka stunting yang masih berada di atas 20%, dan meningkatkan sumber daya manusia baru. Selain itu, penyelesaian masalah ini juga dapat menjadi hal baik bagi suatu daerah untuk tetap mempertahankan dan menekan kasus stunting yang dapat mempengaruhi perkembangan fisik dan mental generasi emas.

1.1.1 Informasi Pendukung Masalah

Masalah utama dalam perancangan alat ini adalah karena adanya kesalahan kader yandu dalam pengukuran antropometri balita, yang berpengaruh pada diagnosis stunting anak.

Menurut survei SSGI, angka stunting di Indonesia masih cukup tinggi yaitu 21,6% berdasarkan hasil Survei Status Gizi Indonesia (SSGI) tahun 2022, walaupun terjadi penurunan dari tahun sebelumnya yaitu 24,4% tahun 2021, namun masih perlu upaya besar untuk mencapai target penurunan stunting pada tahun 2024 sebesar 14%. Stunting dapat terjadi sejak sebelum lahir, hal ini dapat dilihat dari prevalensi stunting berdasarkan kelompok usia hasil SSGI 2022, dimana terdapat 18,5% bayi dilahirkan dengan panjang badan kurang dari 48 cm. Dari data tersebut kita dapat melihat pentingnya pemenuhan gizi ibu sejak hamil. Hasil yang cukup memprihatinkan dari survei yang sama adalah risiko terjadinya stunting meningkat sebesar 1,6 kali dari kelompok umur 6-11 bulan ke kelompok umur 12-23 bulan (13,7% ke 22,4%). Hal ini menunjukkan 'kegagalan' dalam pemberian makanan pendamping ASI (MP-ASI) sejak usia 6 bulan, baik dari segi kesesuaian umur, frekuensi, jumlah, tekstur dan variasi makanan[2].

Penelitian [3] menyebutkan bahwa untuk menetapkan *stunting*, balita perlu diukur tinggi badannya atau panjang badannya disesuaikan dengan umurnya. Berdasarkan hasil validasi stunting yang dilakukan oleh petugas Puskesmas menunjukkan bahwa

secara umum pengukuran antropometri yang dilakukan oleh kader sebagian besar kurang akurat (over estimasi). Permasalahan lain yang dihadapi berkaitan dengan upaya pencegahan stunting adalah kemampuan kader dalam melakukan pemantauan pertumbuhan balita di wilayahnya masih lemah. Hal ini akan menyebabkan pendeteksian gangguan pertumbuhan tidak optimal sehingga beberapa kasus *stunting* muncul tanpa disadari akibat gangguan pertumbuhan tidak dipantau sejak dini. Masalah lainnya adalah pengetahuan kader yang terbatas tentang makanan balita, mengurangi efektivitas edukasi kepada ibu balita[3].

Standar antropometri anak adalah kumpulan data tentang ukuran, proporsi, komposisi tubuh sebagai rujukan untuk menilai status gizi dan tren pertumbuhan anak. Anak merupakan anak dengan usia 0(nol) bulan sampai dengan 18(delapan belas) tahun. Penelitian ini juga menunjukkan perbedaan signifikan dalam pengetahuan kader posyandu sebelum dan sesudah diberikan edukasi tentang standar antropometri anak[4]. Terdapat beberapa kendala dalam proses pengukuran antropometri di posyandu, seperti bayi tidak mau diam, tidak kooperatif, atau menangis saat melakukan pengukuran[31]. Dan juga sebagian besar kader memang sudah melaksanakan prosedur yang baik pada pemosisian anak dalam pengukuran tinggi badan. Langkah koreksi pada hasil pengukuran memerlukan perhatian karena sebagian besar kader tidak melaksanakan. Hal ini akan berdampak pada data stunting yang dikumpulkan dari kader posyandu untuk Puskesmas.

Dari data yang diberikan, membuktikan bahwa masih adanya kelemahan dalam melakukan pengukuran dan pemantauan pertumbuhan balita. Sehingga diperlukan sebuah alat yang lebih mudah dan akurat dalam pengukuran dan pencegahan stunting sehingga pemantauan balita melalui kader lebih efisien, akurat dan maksimal.

1.1.2 Analisis Masalah

Untuk mengatasi masalah ketidak akuratan pengukuran stunting oleh kader, diperlukan sistem baru untuk pengukuran stunting. Untuk menganalisis masalah ini, ada beberapa konstrain yang perlu dianalisis agar mencapai solusi yang lebih efektif dan efisien.

a. Konstrain Ekonomi

Biaya yang diperlukan untuk merancang dan mengembangkan sistem akan ditawarkan tidak lebih melebihi dari Rp. 7.000.000

b. Konstrain Manufacturability

- a. Desain alat harus cukup sederhana namun tahan lama serta mudah untuk dibawa-bawa. Komponen yang digunakan harus mudah untuk didapatkan dan tidak terlalu mahal
- b. Pada proses produksi, dibuat lebih mudah dan tidak memerlukan peralatan berat yang harganya mahal.
- c. Rancangan sistem diharapkan mampu memberikan keakuratan dalam pengukuran *stunting*.

c. Konstrain Sustainability

Alat yang dirancang memiliki pencatatan pengukuran tinggi atau panjang badan yang jelas serta dan dapat digunakan dalam jangka panjang

d. Konstrain Kesehatan

Alat yang digunakan tentunya tidak akan mengancam keselamatan dan kesehatan pengguna terutama tidak akan menyakiti objek yang dideteksi yaitu balita

e. Konstrain Etika

- a. Sistem tidak akan mengumpulkan serta menyimpan data pribadi objek tanpa seizin kader yandu dan orang tua balita
- b. Sistem pengukuran menerapkan etika dan aturan yang telah ditetapkan oleh kemenkes tentang tatalaksana *stunting*.

f. Konstrain Kesejahteraan

Alat yang dirancang dapat menguntungkan semua anggota masyarakat, baik itu kader yandu, ibu dan anak, masyarakat serta pemerintah.

1.1.3 Kebutuhan Yang Harus Dipenuhi

Berdasarkan analisis masalah, masalah pengukuran *stunting* ini bukanlah masalah yang bisa dianggap sepele. Maka dari itu, diperlukan sistem yang dapat meminimalisir masalah tersebut, dibutuhkan semacam sistem yang dapat melakukan pengukuran tinggi badan balita. Berikut kebutuhan yang harus dipenuhi untuk menyelesaikan masalah :

- a. Alat bisa mengukur, mencatat serta menampilkan hasil pengukuran tinggi badan dan bisa meminimalisir kesalahan dalam pengukuran.
- b. Alat harus bisa mendeteksi objek yang ingin diukur yaitu balita.
- c. Alat yang dirancang harus mampu menyediakan bukti pengukuran yang bisa dipantau oleh kader yandu.

1.1.4 Tujuan

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, maka diperlukan sistem yang dapat melakukan pengukuran antropometri bagian tinggi badan balita, guna mengurangi potensi kesalahan karena kurangnya keterampilan kader yang sering terjadi pada pengukuran manual. Dengan adanya sistem ini, proses pengukuran diharapkan menjadi lebih efisien dan konsisten, serta dapat mendukung pencatatan data pertumbuhan anak secara digital.

1.2 Solusi

1.2.1 Karakteristik Produk

Fitur Dasar

- a. Kemampuan Pendeteksian: Sistem harus dilengkapi kemampuan yang dapat mendeteksi objek balita untuk dilakukan pengukuran
- b. Kemampuan Komputasi : Sistem harus mampu memproses gambar hasil tangkapan dari kamera dan menghasilkan estimasi panjang atau tinggi badan balita yang konsisten, sehingga dapat digunakan dalam pemantauan pertumbuhan oleh kader atau tenaga kesehatan.

- c. *Responsive Capability*: Sistem akan memproses gambar yang diambil saat objek balita sudah berada di posisi yang benar, dan kemudian menghasilkan informasi pengukuran yang dapat ditampilkan kepada pengguna.
- d. *Integrasi Database*: Sistem tentunya harus terintegrasi dengan database untuk menyimpan data hasil pengukuran panjang badan atau tinggi badan.
- e. *Notification Capability*: Sistem harus bisa mengirimkan data dengan cepat kepada kader yandu untuk dilihat hasil pengukurannya.
- f. *Save to Use* : Keamanan menjadi keutamaan karena alat berinteraksi dengan anak kecil.

Fitur Tambahan

- a. Alat tidak mudah rusak : Untuk menjaga sistem tetap dapat berjalan dengan baik, diharapkan alat yang dibuat tidak mudah rusak ketika digunakan dalam jangka panjang
- b. Dapat Mencatat Pengukuran : Alat yang dirancang diharapkan bisa melakukan pencatatan pengukuran dari respon sistem
- c. Dapat diselesaikan dalam jangka 6 bulan : Proses pembuatan alat harus bisa diselesaikan kurang dari waktu 6 bulan.
- d. *Low Cost*: Harga dari alat dan bahan yang akan dibuat tidak terlalu mahal namun tetap bagus

1.2.2 Usulan Solusi

1.2.2.1 Solusi 1 Menggunakan Teknologi Pengolahan Citra

Sistem ini menggunakan teknologi pengolahan citra untuk mengukur panjang atau tinggi badan balita secara otomatis. Kamera akan menangkap citra balita, kemudian sistem akan memproses data tersebut untuk mendeteksi posisi kepala, kaki, dan kontur tubuh. Proses pengolahan ini menghasilkan pengukuran yang akurat, yang kemudian dapat dilihat melalui aplikasi berbasis smartphone. Aplikasi ini memungkinkan tenaga kesehatan untuk memantau hasil pengukuran secara langsung serta menyimpan riwayat pengukuran balita. Cara kerja sistem ini nantinya adalah

dengan sistem mengambil gambar balita saat berada di area pengukuran, seperti di atas matras atau permukaan datar. Hasil dari tangkapan gambar tersebut diproses untuk mendeteksi bagian tubuh balita yang relevan dan menghitung panjang atau tinggi badan. Kemudian hasil pengukuran disajikan melalui aplikasi yang mudah digunakan, sehingga mempermudah tenaga kesehatan dalam memantau dan mencatat pengukuran.

Dalam solusi ini, digunakan single board computer untuk memproses gambar yang jadi inputan dari kamera webcam. Gambar tersebut diproses menggunakan Algoritma Mask RCNN yang nantinya akan melakukan segmentasi inputan gambar dari kamera. Setelah proses dari segmentasi terbentuk, maka dilakukan proses pengukuran untuk mengubah piksel segmentasi tersebut ke satuan *centimeter* menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{tinggi objek} = h \times \left(\frac{2 \times \tan(FOV/2) \times \text{jarak}}{\text{resolusi}} \right)$$

Secara umum Tinggi badan = Jumlah piksel tinggi *bounding box* x Ukuran cm per piksel.

Setelah tahu bagaimana proses konversi dari piksel ke centimeter, tahapan selanjutnya adalah memastikan *bounding box* yang tercipta adalah *bounding box* hasil segmentasi terbesar. Jadi, jika nanti ada dua objek tersegmentasi oleh model, maka objek yang memiliki segmentasi terbesar lah yang nantinya akan dibentuk *bounding box* dan dilakukan proses pengukuran tinggi.

1.2.2.2 Solusi 2 Sensor Jarak dan Algoritma Kalman Filter

Sistem ini dirancang untuk mengukur panjang atau tinggi badan balita secara otomatis dengan memanfaatkan data jarak antara kepala atau kaki balita dan titik referensi tertentu. Proses pengukuran dimulai dengan mendeteksi posisi objek balita yang relevan, seperti kepala atau kaki, melalui sensor jarak yang mampu menghitung jarak dengan tingkat akurasi tinggi. Data jarak yang dikumpulkan oleh sensor akan diolah lebih lanjut untuk menghitung panjang atau tinggi badan balita berdasarkan metode perhitungan tertentu yang telah dirancang dalam sistem.

Hasil pengolahan data ini kemudian ditampilkan secara langsung, sehingga tenaga kesehatan dapat melihat hasil pengukuran dalam waktu singkat tanpa perlu melakukan penghitungan manual. Dengan sistem ini, proses pengukuran menjadi lebih praktis, cepat, dan akurat, serta meminimalkan potensi kesalahan yang sering terjadi pada metode pengukuran manual. Untuk mengatasi banyaknya balita yang tiba-tiba bergerak sistem dirancang dengan mekanisme pengambilan data secara cepat dan kontinu sehingga sistem dapat melakukan pengukuran jarak antara kepala dan kaki balita. Sistem nantinya akan menggunakan algoritma kalman filter yang mampu menyaring data sensor dengan mengurangi noise dan memberikan estimasi jarak yang lebih stabil. Dengan Kalman Filter, data yang berfluktuasi akibat adanya pergerakan balita dapat diolah dan menghasilkan nilai pengukuran yang konsisten. Algoritma ini bekerja dengan memprediksi nilai jarak berdasarkan pengukuran sebelumnya dan kemudian memperbaruinya dengan data baru secara iteratif. Sistem ini juga dirancang agar mudah diintegrasikan dengan LCD, sehingga tenaga kesehatan dapat dengan mudah menyimpan dan memantau riwayat pengukuran balita secara berkelanjutan.

1.2.2.3 Solusi 3 Dengan Menggunakan Penanda QR Code untuk Mengukur Jarak Antara kepala Dan Kaki Menggunakan Kamera

Sistem ini dirancang untuk mempermudah pengukuran panjang atau tinggi badan balita secara otomatis. Proses dimulai dengan mendeteksi posisi kepala dan kaki balita menggunakan teknologi yang dapat membaca penanda khusus seperti QR Code. Pada penanda juga dirancang dengan pola dan ukuran mudah dikenali oleh sistem. Sistem ini akan menghitung jarak antara kedua titik tersebut berdasarkan informasi yang diperoleh dari deteksi penanda.

Hasil penghitungan kemudian langsung ditampilkan untuk dilihat oleh pengguna. Selain itu, hasil pengukuran secara otomatis dikirim ke aplikasi yang dirancang untuk menyimpan data secara digital. Aplikasi ini juga memungkinkan pengguna untuk memantau riwayat pengukuran balita kapan saja. Cara kerja dari sistem ini adalah

penanda diletakkan pada posisi tertentu yang mencakup ujung kepala dan ujung kaki balita. Penempatan ini memastikan akurasi hasil pengukuran karena jarak antar penanda menjadi dasar perhitungan. Sistem akan mendeteksi penanda yang telah diletakkan dengan akurasi tinggi. Data dari deteksi ini digunakan untuk mengenali posisi relatif dari kedua titik yang relevan. Setelah mendeteksi posisi penanda, sistem akan menghitung jarak di antara keduanya. Hasil pengukuran ini diperoleh dengan metode perhitungan yang dirancang untuk menghasilkan nilai panjang atau tinggi badan secara akurat. Hasil penghitungan langsung tersedia dalam bentuk visual yang mudah dipahami oleh pengguna. Dengan ini, proses pengukuran menjadi lebih cepat dan praktis. Data hasil pengukuran secara otomatis disimpan di dalam sistem digital. Selain itu, pengguna dapat memantau hasil pengukuran sebelumnya dan melihat riwayat perkembangan balita secara berkala.

1.2.3 Analisis Usulan Solusi

Analisis Menggunakan *HoQ*

Tabel 1.1 *House of Quality*

		<i>Karakteristik Produk</i>						
		Kemampuan Pendeteksian	Kemampuan Komputasi	Responsive Capability	Integrasi Database	Notifikasi Capability	Save to Use	
5	<i>Low Cost</i>				-	-		
3	Tidak mudah rusak				-	-		

5	Dapat Mencatat Pengukuran						-	
5	Dapat diselesaikan dalam jangka 6 bulan				-	-		
	<i>Rating</i>	47	47	47	15	15	19	190
	<i>Persentase</i>	25%	25%	25%	8.0%	8.0%	11%	100%

Keterangan :

Tabel 1.2 Keterangan Simbol

Simbol	Nilai	Pengertian
-	0	Tidak berhubungan
	1	Kurang Berhubungan
	2	Hubungan sedang/normal
	3	Hubungannya erat

Pada Tabel 1.1 menampilkan hubungan antara aspek dan kebutuhan yang harus dipenuhi oleh solusi beserta fitur pada solusi. Setiap hubungan telah diberikan simbol yang berisi nilai dari 1-3. Kemudian dicari total nilai dengan mengalikan nilai ketertarikan yang berada di sebelah kanan fitur tambahan. Ketika semua nilai itu didapatkan maka akan dicari presentasi dengan cara membagi nilai total dengan jumlah nilai total dan dikali dengan 100%. Sehingga akan didapatkan nilai persentase masing-masing dari komponen yang ada pada *HoQ*. Dan dalam penghitungan tersebut maka nilai tertinggi diperoleh dari kemampuan pendeteksian, kemampuan

komputasi dan responsive capability. Hal ini menunjukkan ketiga fitur itu merupakan fitur penting dan menjadi fokus utama penulis dalam mengembangkan sistem ini. Setelah itu, berdasarkan total skor yang didapatkan. Maka dilakukan penjumlahan dengan masing-masing solusi yang sudah ditawarkan untuk menentukan solusi mana yang paling sesuai dengan kebutuhan yang telah diidentifikasi.

Tabel 1.3 Analisis Solusi yang Ditawarkan

	Kemampuan Pendeteksian	Kemampuan Komputasi	Responsive Capability	Integrasi Databas	Notifikasi Capability	Save to Use	Total
	25%	25%	25%	8.0%	8.0%	11%	100%
Solusi 1	3	3	3	3	3	2	295%
Solusi 2	3	3	3	1	2	2	271%
Solusi 3	3	2	2	2	3	3	248%

Untuk usulan solusi ditawarkan, dilakukan perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Solusi 1: } [(3 \times 25\%) + (3 \times 25\%) + (3 \times 25\%) + (3 \times 8.0\%) + (3 \times 8.0\%) + (2 \times 11\%)] = 295\%$$

$$\text{Solusi 2: } [(3 \times 25\%) + (3 \times 25\%) + (3 \times 25\%) + (1 \times 8.0\%) + (2 \times 8.0\%) + (2 \times 11\%)] = 271\%$$

$$\text{Solusi 3: } [(3 \times 25\%) + (2 \times 25\%) + (2 \times 25\%) + (2 \times 8.0\%) + (3 \times 8.0\%) + (3 \times 11\%)] = 248\%$$

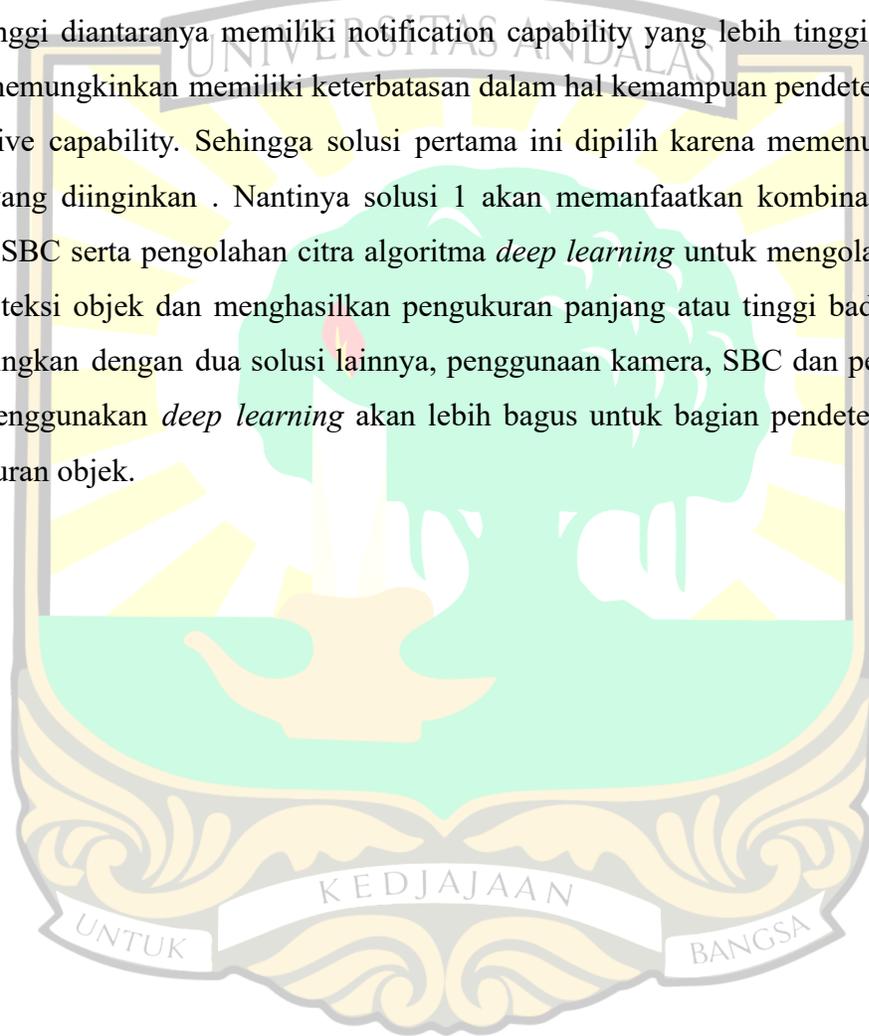
Analisa yang dilakukan dengan metode *House of Quality* (HoQ) yang mana itu membandingkan setiap aspek analisis masalah dengan fitur dasar dan fitur tambahan. Terdapat 6 aspek analisis masalah, 6 fitur dasar dan 4 fitur tambahan. Pada aspek-aspek analisis masalah terdapat beberapa aspek seperti aspek ekonomi, manufaktur, kesehatan dll. Aspek pertama yang dianalisis yaitu aspek Ekonomi, rencana biaya perancangan alat ini adalah kurang dari Rp.7.000.000. Hal ini tentu kurang berhubungan dengan fitur *Detection Ability*, *Computation Ability* dan *Responsive Capability*. Karena jika memang memerlukan fitur yang memiliki kemampuan tersebut akan berpengaruh ke biaya produksi Namun, fitur tersebut tentu memiliki hubungan yang normal dengan dan *Safe to Use*. Dengan harapan, dengan biaya yang bisa dikontrol dan rendah alat ini mudah dan aman digunakan untuk pengukuran panjang atau tinggi badan balita.

Fitur pencatatan data pengukuran memiliki hubungan erat dengan semua fitur utama, kecuali fitur *save to use*, karena tidak ada kaitan langsung di antara keduanya. Salah satu cara untuk memastikan hasil pengukuran dapat diakses dengan baik adalah melalui pencatatan data yang akurat, yang kemudian secara responsif dikirimkan ke database.

Alat ini harus mampu diselesaikan dalam jangka waktu 6 bulan, yang memiliki hubungan normal dengan semua fitur utama, kecuali integrasi database dan kemampuan notifikasi, karena keduanya tidak memiliki hubungan langsung. Semua fitur utama dapat disesuaikan dengan jangka waktu pengerjaan, dan sistem yang dirancang dapat disesuaikan dalam berbagai aspek, sehingga memungkinkan penyelesaian dalam waktu 6 bulan. Integrasi database dan kemampuan notifikasi lebih berfungsi sebagai fasilitas pendukung yang akan mengikuti alur pengembangan sistem, bukan sebagai fitur yang memengaruhi dasar dari pengukuran itu sendiri. Dengan demikian, jika bagian komputasi dan desain sistem sudah siap, fitur database dan notifikasi akan disesuaikan berdasarkan kebutuhan dan tidak perlu mempengaruhi waktu pengerjaan inti

1.2.4 Solusi Yang Dipilih

Setelah dilakukan analisis dengan menggunakan HoQ didapatkan hasil bahwa solusi pertama memiliki nilai persentase lebih tinggi dibanding dua solusi lainnya. Perbandingan antara setiap solusi berada pada kemampuan pendeteksian dan komputasinya. Solusi 1 memiliki tingkat komputasi yang lebih baik dan tinggi namun solusi 2 dan 3 tidak. Walaupun demikian, solusi 3 memiliki keunggulan yang lebih tinggi diantaranya memiliki notification capability yang lebih tinggi. Solusi 2 dan 3 memungkinkan memiliki keterbatasan dalam hal kemampuan pendeteksian dan responsive capability. Sehingga solusi pertama ini dipilih karena memenuhi semua aspek yang diinginkan . Nantinya solusi 1 akan memanfaatkan kombinasi kamera dengan SBC serta pengolahan citra algoritma *deep learning* untuk mengolah gambar hasil deteksi objek dan menghasilkan pengukuran panjang atau tinggi badan balita. Dibandingkan dengan dua solusi lainnya, penggunaan kamera, SBC dan pengolahan citra menggunakan *deep learning* akan lebih bagus untuk bagian pendeteksian dan pengukuran objek.



BAB II

SPESIFIKASI PRODUK

2.1 Spesifikasi Produk

Berdasarkan hasil analisis dari HoQ yang dilakukan pada BAB 1. Produk yang dirancang merupakan sistem pengukuran panjang atau tinggi badan balita berbasis teknologi pengolahan citra. Kebutuhan yang dibutuhkan dari sistem tersebut adalah kemampuan dari sistem dalam melakukan pengukuran panjang atau tinggi badan balita atau baduta. Sistem ini akan membutuhkan kamera dengan resolusi yang baik untuk menangkap gambar balita dengan detail yang cukup, termasuk untuk posisi kepala dan kaki. Kamera tersebut nantinya harus juga memiliki kemampuan fokus yang baik dan dapat bekerja dalam berbagai kondisi pencahayaan lingkungan untuk memastikan gambar hasil tangkapan tetap akurat. Resolusi minimum yang direkomendasikan adalah 1080p (1920 x 1080 piksel) yang mendukung pengambilan gambar dalam kondisi pencahayaan rendah atau ruangan dengan cahaya tidak merata. Yang mana resolusi ini cukup untuk menangkap citra tubuh balita secara keseluruhan dalam area pengukuran 1.5 meter dan memungkinkan deteksi fitur penting seperti kepala dan kaki. Resolusi kamera harus cukup tinggi untuk menghasilkan gambar di mana kepala dan kaki balita setidaknya 10-100 piksel masing-masing agar pengolahan citra dapat mendeteksi dan menghitung panjang badan dengan akurasi tinggi.

Data gambar yang ditangkap kamera kemudian akan diproses oleh Raspberry Pi 4 Model B yang dilengkapi prosesor quad-core ARM Cortex-A72 64-bit yang cukup kuat menjalankan algoritma pengolahan citra. Raspberry Pi 4 Model B dirancang untuk penggunaan efisien dalam konsumsi daya yang juga merupakan bagian penting dari sistem ini. Proses pengolahan citra nantinya akan menggunakan algoritma pose detection dan mask-rcnn untuk segmentasi tubuh guna mendeteksi kontur tubuh balita secara tepat.

Mask R-CNN terdiri dari beberapa layer utama, yaitu:

1. **Backbone (Feature Extractor):** Menggunakan arsitektur CNN seperti ResNet-50 dengan FPN (Feature Pyramid Network) untuk ekstraksi fitur.
2. **Region Proposal Network (RPN):** Layer ini menghasilkan kandidat bounding box yang mungkin mengandung objek target, seperti kepala dan kaki balita.
3. **ROI Align:** Teknik yang meningkatkan akurasi dalam menyesuaikan wilayah hasil RPN dengan fitur yang diekstraksi.
4. **Bounding Box Regression dan Classification:** Branch yang digunakan untuk memprediksi bounding box serta klasifikasi objek.
5. **Segmentation Mask Branch:** Layer ini menghasilkan segmentation mask dengan dimensi awal 28x28 piksel per objek sebelum diinterpolasi ke dimensi asli.

Bounding box akan dihitung dalam skala relatif terhadap ukuran gambar input untuk memastikan akurasi dalam mendeteksi kepala dan kaki. Model ini juga akan menghasilkan classification score untuk memastikan bahwa area yang terdeteksi benar-benar merupakan kepala atau kaki balita. Untuk memastikan pemrosesan berjalan optimal, sistem ini memerlukan RAM minimal 4GB agar dapat melakukan inferensi dalam waktu kurang dari 2 detik per gambar pada Raspberry Pi 4. Hasil pengukuran akan ditampilkan di layar LCD dan aplikasi smartphone guna menyimpan data hasil pengukuran jangka panjang.

Pada Tabel 2.1 berikut akan menyajikan komponen-komponen yang digunakan dalam sistem ini

Tabel 2.1 Spesifikasi Produk

Komponen	Keterangan
Fungsi Utama	Mengukur panjang atau tinggi abdan secara otomatis menggunakan teknologi pengolahan citra dengan kamera, algoritma deteksi serta aplikasi smartphone

Kamera	Jenis : Kamera Webcam Resolusi : 1920 x 1080 pixel Fitur: Fixed Focus
Sistem Pemrosesan Gambar	<i>Processor</i> : Raspberry Pi 4 Model B 4 GB RAM Algoritma : Mask R-CNN, Open CV Kecepatan Pemrosesan : < 5 detik
Framework Machine Learning	Tensorflow untuk pelatihan dan inferensi model pengolahan citra
Database	MongoDB Atlas Cloud untuk menyimpan data pengukuran balita
Layar Output	Jenis : LCD Ukuran : 16 x 2

Berdasarkan tabel Tabel 2.1, Sistem ini menggunakan kamera beresolusi Full HD untuk menangkap citra tubuh balita yang kemudian diproses menggunakan Raspberry Pi 4 Model B dengan algoritma Mask RCNN untuk segmentasi objek . Hasil pengukuran nantinya akan ditampilkan di layar LCD dan juga Aplikasi Smartphone serta kemudian disimpan ke dalam database.

2.1.1 Webcam

Webcam merupakan perangkat yang nantinya akan menampilkan dan menangkap gambar atau video dengan resolusi tertentu. Webcam bisa menangkap gambar terhadap objek yang disorot oleh lensa kamera. Penggunaan kamera ini nanti akan berhubungan dengan *Raspberry pi* agar dapat mendeteksi objek balita untuk dilakukan pengukuran. Untuk itu, dibutuhkan webcam yang kompatibel untuk melakukan pengukuran. *Webcam* yang digunakan dalam sistem ini adalah *Logitech Brio 100 Webcam*. Yang nantinya akan menggunakan resolusi 1920 x 1080 piksel. Ini akan membuat kamera mampu menangkap gambar dengan kualitas HD dan

memberikan detail yang cukup baik untuk pengukuran objek. Dengan *frame rate max* 30 fps. Artinya kamera dapat menangkap gambar sebanyak 30 buah setiap detiknya. Hal ini akan dilakukan untuk merekam video dengan gerakan yang halus.



Gambar 2.1 Webcam Logitech Brio 100 [5]

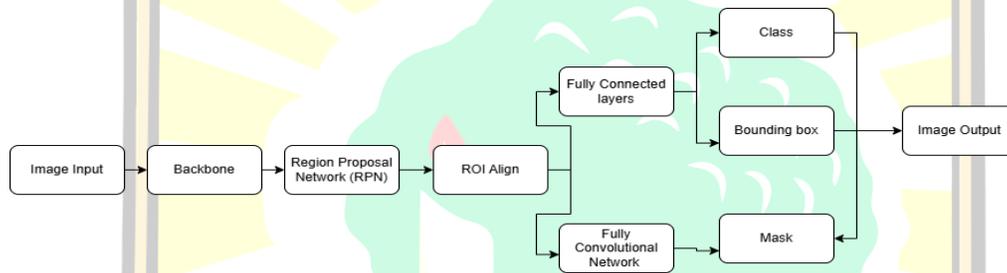
Resolusi 1080p sangat baik untuk pengukuran objek balita nantinya. Dengan *max frame rate 30 fps* untuk mengambil gambar dan memprosesnya menggunakan Raspberry pi.

Tabel 2.2 Spesifikasi Logitech Brio 100 Webcam

Dimensi		Spesifikasi Teknis	
Tinggi	31,91 mm	Resolusi Maks	1080p/30fps
Lebar	72,91 mm	Kamera megapixel	2MP
Tebal	66,64 mm	Jenis fokus	Fixed focus
Panjang kabel	1,5 m	Jenis lensa	Plastik
Berat	75 g		

2.1.2 Mask *Region Based Convolutional Neural Network* (Mask R-CNN)

Mask RCNN adalah sebuah framework untuk melakukan segmentasi objek yang merupakan perkembangan dari metode sebelumnya, yaitu Faster R-CNN. Metode ini menambahkan fitur yang mampu melakukan prediksi terhadap dimana kemungkinan sebuah objek berada dan memberikan mask atau lapisan pada objek. Pada Mask RCNN, diciptakan sebuah layer baru untuk memprediksi segmentation mask dari tiap Region of Interest (ROI) yang berjalan secara paralel dengan layer untuk klasifikasi dan bounding box regression yang sudah ada sebelumnya.[6]



Gambar 2.1 Arsitektur Mask R-CNN

Pada di atas menunjukkan gambar arsitektur Mask R CNN memiliki langkah-langkah seperti berikut:

1. Proses dimulai dengan tahapan *Image Input*, yang dapat berisi *image* dari objek yang ingin dideteksi
2. *Backbone*, berguna sebagai ekstraksi dari fitur penting dari gambar baik berupa tekstur dan pola.
3. *Region Proposal Network (RPN)*, berguna sebagai tempat untuk identifikasi area yang berpotensi mengandung objek dengan menghasilkan bounding box
4. *Region of Interest (ROI) Align*, bounding box yang terbentuk dari RPN akan disejajarkan untuk mendapatkan bounding box yang konsisten sehingga menghasilkan bounding box yang akurat.

5. Beberapa implementasi *Mask R-CNN* menggunakan *Fully Connected Layers* setelah *ROI Align* untuk lebih menyempurnakan fitur yang diekstraksi khusus untuk setiap ROI. Tahap ini dapat meningkatkan kinerja dalam kasus tertentu.

6. *Fully Convolutional Network (FCN)*, Tahap ini mengambil ROI yang diperkecil dan fitur terkaitnya dari langkah sebelumnya. Ini menggunakan jaringan syaraf konvolusional untuk melakukan dua tugas independent:

a. *Klasifikasi*: Memprediksi probabilitas kelas untuk setiap ROI, menunjukkan jenis objek yang dikandungnya (misalnya, orang, mobil, anjing).

b. *Prediksi Masker*: Menghasilkan masker biner untuk setiap ROI. Setiap piksel dalam masker diberi probabilitas milik objek di ROI. Ini memungkinkan segmentasi halus bentuk objek.

7. *Class*, Berdasarkan cabang klasifikasi *FCN*, model menetapkan label kelas (misalnya, orang, mobil, anjing) ke setiap ROI dengan skor kepercayaan yang sesuai.

8. *Bounding Box*, Model menyempurnakan proposal bounding box awal dari RPN berdasarkan keluaran *FCN*. Hal ini menghasilkan bounding box yang lebih akurat yang mengelilingi objek yang terdeteksi dengan erat.

9. *Mask*, *binary mask* yang diprediksi oleh *FCN* untuk setiap ROI mendefinisikan bentuk dan batas yang tepat dari objek yang terdeteksi dalam *bounding box*. Ini memungkinkan segmentasi objek secara detail, membedakannya dari latar belakang dan objek lain dalam gambar.

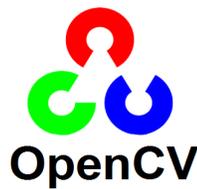
10. *Image output*, *Output* akhir dari model *Mask R-CNN* adalah gambar asli dengan *overlay bounding box* untuk objek yang terdeteksi dan objek sebenarnya yang telah secara manual ditentukan, bersama dengan label class atau nama objek tersebut [7].

Penelitian sebelumnya[7] menunjukkan keefektifan metode *mask R-CNN* dan metode *keypoint R-CNN* dalam deteksi objek yang mana lebih unggul *mask R-CNN* yang

cocok untuk memprediksi citra gambar. Dan pada penelitian lain[8] juga menunjukkan bahwa *Mask RCNN* memberikan performa deteksi yang baik dan mampu mencapai mean average precision sebesar 80.16% dalam mendeteksi semua kelas objek pada gambar, seperti sudut pengambilan dan kondisi pencahayaan berbeda, *Mask R-CNN* mampu mengatasi tantangan tersebut dalam deteksi objek.

2.1.3 *OpenCV*

OpenCV (Open-Source Computer Vision Library) adalah *library open source* dan *library computer vision* yang sangat populer untuk memproses dan menganalisis gambar. Terdapat 2500 algoritma yang ada dalam *OpenCV* [9].



Gambar 2.2 Logo OpenCV [10]

Pada sistem yang akan dibuat, *OpenCV* akan digunakan untuk menangkap gambar dan mengolahnya pada tahapan preprocessing seperti memotong gambar dan *resizing* gambar.

Pada penelitian sebelumnya[9], *OpenCV* dapat melakukan pendeteksian secara konsisten bahkan dengan lingkungan pencahayaan bervariasi. Hal ini tentu akan sesuai dengan sistem yang akan dibuat bahwa lingkungan untuk pengukuran panjang atau tinggi badan balita selalu tidak stabil pencahayaannya.

2.1.4 *Tensorflow Lite (LiteRT)*

LiteRT, sebelumnya dikenal sebagai *TensorFlow Lite*, adalah runtime berperforma tinggi dari Google untuk AI di perangkat. Anda dapat menemukan model *LiteRT* siap pakai untuk berbagai berbagai tugas ML/AI, atau mengonversi dan menjalankan

model *TensorFlow*, *PyTorch*, dan *JAX* untuk format *TFLite* menggunakan alat konversi dan pengoptimalan *AI Edge* [11].

LiteRT nantinya akan bertugas dalam menjalankan model R-CNN yang telah dioptimalkan. *LiteRT* ini akan mendukung dalam pengurangan menggunakan memori dan meningkatkan kecepatan inferensi.

Pada penelitian sebelumnya[12], *Tensorflow Lite* dapat diimplementasikan dengan baik dan model-model yang diuji memiliki *deployability* yang baik. Waktu infrensi dan akurasi model pun bervariasi tergantung pada arsitektur dan ukuran input yang digunakan.

2.1.5 Raspberry Pi 4 Model B

Raspberry Pi 4 Model B adalah *System on Module (SoM)* yang berisi prosesor, memori, eMMC Flash, dan power *circuitry*. Modul-modul ini akan membuat perancangan untuk memanfaatkan perangkat keras dan perangkat lunak *Raspberry Pi* dalam sistem dan faktor bentuk khusus mereka sendiri.



Gambar 2.4 *Raspberry Pi 4 Model B* [15]

Raspberry Pi 4 Model B memiliki prosesor quad-core 64-bit berperforma tinggi, dukungan layar ganda pada resolusi hingga 4K melalui sepasang port micro HDMI, decode video perangkat keras hingga 4Kp60, RAM hingga 8GB, LAN nirkabel dual-band 2.4/5.0 GHz, Bluetooth 5.0, Gigabit Ethernet, USB 3.0, dan kapabilitas PoE (melalui add-on PoE HAT terpisah). Bagi pengguna akhir, *Raspberry Pi 4 Model*

B menyediakan kinerja desktop yang sebanding dengan sistem PC x86 tingkat pemula.[15]

Pada *Raspberry pi 4 Model B*. Konektivitas juga menjadi hal yang penting, Mulai dari *Ethernet*, *Wifi* dan *Bluetooth* serta *Port USB* yang digunakan untuk menghubungkan berbagai perangkat eksternal seperti kamera.

Tabel 2.3 Spesifikasi *Raspberry Pi 4 Model B*[16]

Feature	Specifications
Processor	Broadcom BCM2711, Quad core Cortex-A72 (ARM v8) 64-bit SoC @ 1.8GHz
RAM	1GB, 2GB, 4GB or 8GB LPDDR4-3200 SDRAM (depending on model)
Wireless	2.4 GHz and 5.0 GHz IEEE 802.11ac wireless, Bluetooth 5.0, BLE
Ethernet	Gigabit Ethernet
USB	2 USB 3.0 ports; 2 USB 2.0 ports
GPIO	Raspberry Pi standard 40 pin GPIO header (fully backwards compatible with previous boards)
Video Output	2 × micro-HDMI® ports (up to 4kp60 supported)
Display	2-lane MIPI DSI display port
Camera	2-lane MIPI CSI camera port
Audio/Video	4-pole stereo audio and composite video port
Video Codec	H.265 (4kp60 decode), H264 (1080p60 decode, 1080p30 encode)

Graphics	OpenGL ES 3.1, Vulkan 1.0
Storage	Micro-SD card slot for loading operating system and data storage
Power	5V DC via USB-C connector (minimum 3A*) 5V DC via GPIO header (minimum 3A*) Power over Ethernet (PoE) enabled (requires separate PoE HAT)
Operating Temperature	0 – 50 degrees C ambient

Pada penelitian sebelumnya [17] menunjukkan bahwa Raspberry Pi Model B memiliki kemampuan pengolah data yang baik dan juga sebagai alat penguontrol. Di penelitian lain juga [18]. Keunggulan utama Raspberry Pi dalam hal ini adalah efisiensi dalam mengklasifikasikan gambar, kecepatan dalam proses pelatihan (0,10 detik), serta kemampuan pemrosesan secara real-time yang menghemat sumber daya seperti memori.

2.1.6 LCD I2C

LCD (*Liquid Crystal Display*) merupakan suatu jenis media tampil yang menggunakan kristal cair sebagai penampil utama. Untuk sistem pengukuran panjang atau tinggi badan balita, jenis LCD yang cocok adalah LCD karakter 16x2 yang mendukung komunikasi I2C yang nantinya bisa lebih fleksibel jika digunakan dengan *Raspberry Pi* untuk mengirim dan menerima data.



Gambar 2.5 LCD I2C[19]

LCD ini memiliki beberapa keunggulan yang sesuai dengan kebutuhan sistem:

1. Ukuran yang cocok untuk perangkat portabel dan tidak memakan banyak ruang.
2. Kemudahan integrasi: Mudah dihubungkan dengan mikrokontroler seperti Raspberry Pi.
3. Mampu menampilkan informasi penting seperti hasil pengukuran dengan jelas.
4. Biaya yang relatif murah dibandingkan dengan jenis display lainnya.

LCD 16x2 akan mampu menampilkan informasi penting seperti hasil pengukuran tinggi badan atau panjang badan sesuai dengan yang dibutuhkan. LCD akan mengatur tampilan karakter, mengatur kontras dan merespon perintah dari mikrokontroler.

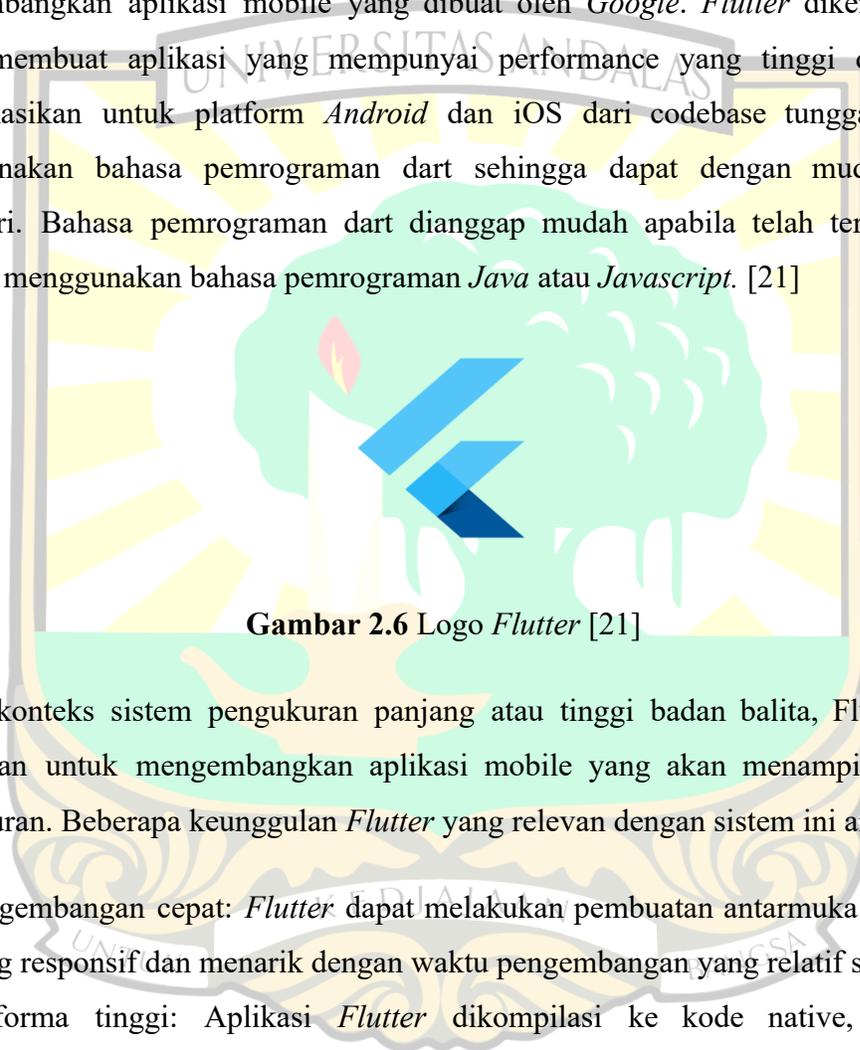
Tabel 2.4 Spesifikasi LCD 16x2 [20]

Spesifikasi	Nilai
Tegangan	4,7V - 5,3V
Arus Operasi	1 mA
Ukuran PCB Modul	80 Panjang x 36 Lebar x 10 Tinggi mm
Pengontrol	HD47780
Jumlah Kolom	16
Jumlah Pin LCD	16
Jumlah Baris	2
Mode Operasi	4-bit dan 8-bit

2.1.7 Flutter

Flutter adalah framework open-source yang dikembangkan oleh *Google* untuk membangun aplikasi multi-platform dengan kode tunggal.

Flutter merupakan sebuah *SDK (Software Development Kit)* yang digunakan untuk mengembangkan aplikasi mobile yang dibuat oleh *Google*. *Flutter* dikembangkan untuk membuat aplikasi yang mempunyai performance yang tinggi dan dapat dipublikasikan untuk platform *Android* dan *iOS* dari codebase tunggal. *Flutter* menggunakan bahasa pemrograman *dart* sehingga dapat dengan mudah untuk dipelajari. Bahasa pemrograman *dart* dianggap mudah apabila telah terbiasa dan familiar menggunakan bahasa pemrograman *Java* atau *Javascript*. [21]



Gambar 2.6 Logo *Flutter* [21]

Dalam konteks sistem pengukuran panjang atau tinggi badan balita, *Flutter* akan digunakan untuk mengembangkan aplikasi mobile yang akan menampilkan hasil pengukuran. Beberapa keunggulan *Flutter* yang relevan dengan sistem ini antara lain:

1. Pengembangan cepat: *Flutter* dapat melakukan pembuatan antarmuka pengguna yang responsif dan menarik dengan waktu pengembangan yang relatif singkat.
2. Performa tinggi: Aplikasi *Flutter* dikompilasi ke kode native, sehingga memberikan performa yang hampir setara dengan aplikasi *native*.
3. Kompatibilitas multi-platform: Dengan *Flutter*, aplikasi dapat dikembangkan untuk *iOS* dan *Android* sekaligus, menghemat waktu dan sumber daya.

4. Integrasi mudah: *Flutter* diharapkan mudah untuk diintegrasikan dengan *backend* sistem, dalam hal ini *Raspberry Pi*, untuk menerima dan menampilkan data pengukuran.
5. Customizable UI: *Flutter* menyediakan *widget* yang dapat disesuaikan, melakukan pembuatan antarmuka pengguna yang intuitif untuk menampilkan hasil pengukuran balita.

Dalam sistem ini, *Flutter* akan digunakan untuk membuat aplikasi *mobile* yang akan menerima data hasil pengukuran dari *Raspberry Pi* melalui jaringan internet, kemudian informasi kemudian disajikan dalam bentuk yang mudah dimengerti oleh kader yandu guna mempermudah proses pencatatan.

Tabel 2.5 *Flutter Hardware Requirements*[22]

<i>Requirements</i>	<i>Minimum</i>	<i>Recommended</i>
<i>x86_64 CPU Cores</i>	4	8
<i>Memory in GB</i>	8	16
<i>Display Resolution in Pixels</i>	WXGA(1366 x 768)	FHD (1920 x 1080)
<i>Free disk Space in GB</i>	4.0	52.0

Tabel 2.6 *Flutter Software Requirements* [22]

<i>Operating System</i>	<i>Developments Tools</i>
Microsoft Windows 10 or later	<i>Git for Windows</i>
	<i>Visual Studio Code</i>

2.2 Verifikasi

Verifikasi merupakan sebuah cara untuk memeriksa apakah komponen yang digunakan memenuhi kebutuhan sesuai dengan kebutuhan sistem pengukuran panjang atau tinggi badan balita. Bagian verifikasi adalah yang akan menjelaskan tentang kebutuhan-kebutuhan seperti alat, perangkat serta prosedur yang digunakan nanti untuk pengujian dan pengukuran.

Tabel 2.7 Tabel Verifikasi Sistem

No	Kebutuhan	Rincian Perangkat	Prosedur Pengujian	Metode Pengukuran
1	Dapat mendeteksi objek balita	Webcam Logitech Brio 100	Melakukan pengujian kamera agar dapat menangkap objek balita dengan <i>fixed camera</i> dan dalam jarak 3 meter	Pengujian dilakukan dengan menggunakan kamera <i>fixed</i> (Logitech Brio 100) untuk menangkap gambar balita pada jarak 3 meter dalam 2 kondisi pencahayaan yaitu cerah dan mendung. Gambar hasil

				tangkapan digunakan sebagai input sistem untuk mendeteksi objek balita.
2	Menguji kemampuan sistem dalam melakukan deteksi dan pengukuran panjang atau tinggi badan balita berdasarkan input gambar dari kamera menggunakan algoritma Mask R-CNN yang dijalankan di Raspberry Pi.	Raspberry Pi dan Mask-RCNN	Melakukan pengujian raspberry pi agar dapat melakukan pengukuran panjang atau tinggi badan balita berdasarkan input gambar dari kamera	Raspberry Pi memproses gambar dari kamera menggunakan algoritma Mask R-CNN untuk mendeteksi segmentasi tubuh balita. Untuk menguji sistem terhadap variasi orientasi tubuh, gambar diambil dalam empat posisi berbeda: menghadap depan, belakang, samping kanan, dan samping kiri. Setiap hasil pengukuran dari

				<p>sistem secara otomatis dikonversi ke satuan <i>centimeter</i> berdasarkan kontur tubuh yang terdeteksi. Hasil ini kemudian dibandingkan dengan pengukuran manual untuk menilai tingkat akurasi sistem dalam berbagai kondisi pose balita.</p>
3	<p>Dapat menampilkan data hasil pengukuran panjang atau tinggi badan</p>	<p>LCD dan Aplikasi <i>Smartphone</i></p>	<p>Melakukan pengujian kemampuan LCD dan aplikasi <i>smartphone</i> dalam menampilkan data hasil pengukuran dari <i>Raspberry Pi</i></p>	<p>LCD dan aplikasi <i>smartphone</i> menampilkan data hasil pengukuran panjang dan tinggi badan dengan mengamati apakah hasil</p>

				yang ditampilkan pada LCD dan aplikasi smartphone sesuai dengan data yang yang ditampilkan di Raspberry Pi.
4	Memastikan data hasil pengukuran dari Raspberry Pi berhasil disimpan ke dalam database dan dapat ditampilkan di aplikasi smartphone.	Database	Pengujian dilakukan dengan menjalankan sistem pengukuran balita hingga hasil ditampilkan di aplikasi. Setelah pengguna menekan tombol yang ada pada aplikasi, sistem mengirimkan data ke server dan menyimpannya ke dalam database. Data	Verifikasi dilakukan dengan mencocokkan entri terbaru pada database dan mencocokkannya dengan tampilan di aplikasi. Jika data muncul dengan nilai yang sesuai, maka dapat disimpulkan bahwa proses penyimpanan ke database dan pengambilan data oleh aplikasi

			hasil pengukuran kemudian dicek apakah muncul di fitur riwayat pengukuran pada aplikasi <i>smartphone</i> .	berjalan dengan baik.
--	--	--	---	-----------------------

Untuk melakukan perbandingan teoritis antara alat dengan pengukuran manual dapat dilihat dari pengukuran manual yang mana kesalahan manusia lebih mungkin terjadi karena ketidakakuratan dalam pengukuran alat ukur atau posisi tubuh balita tidak sempurna. Pada alat otomatis pengaruh faktor eksternal seperti posisi, gerakan dan kualitas gambar bisa menyebabkan kesalahan dalam estimasi tinggi badan. Alat otomatis juga jauh lebih mengurangi kebutuhan interaksi langsung dengan balita. Alat dibuat lebih unggul dalam pengolahan data karena dapat terhubung dengan aplikasi *smartphone* sehingga proses pencatatan dan pelaporan lebih jelas. Pengukuran manual membutuhkan keterampilan teknis dan waktu yang lebih lama, oleh karena itu alat otomatis bisa digunakan untuk meningkatkan efisiensi.

2.3 Perencanaan Pasar

2.3.1 Perkiraan Biaya

Berdasarkan solusi-solusi yang telah diambil, maka perkiraan biaya yang dapat dipertimbangkan adalah:

a. *Product Cost*

Product Cost merupakan biaya yang akan merinci produk dan alat-alat yang akan digunakan dalam membuat alat pengukuran panjang atau tinggi badan balita. Berikut alat-alat yang diperlukan dalam membuat proyek tersebut.

Tabel 2.5 Product Cost

No	Perangkat	Jumlah	Harga Satuan	Estimasi Harga
1	Kamera Logitech Brio 100	1	Rp. 700.000	Rp.750.000
2	Raspberry Pi 4 Model B	1	Rp. 1.000.000	Rp.2.000.000
3	Power Bank 10000 mAH	1	Ro. 300.000	Rp. 300.000
4	LCD 16 x 2	1	Rp. 20.000	Rp.25.000
Total				Rp. 3.075.000

Dari rincian alat pada tabel 2.6 yang akan digunakan dalam pembuatan alat pengukuran panjang dan tinggi badan balita yang menggunakan *Webcam*, *SBC*, *PowerBank* 10000mAH dan LCD 16 x 2 memiliki estimasi harga dalam rentang Rp.3.075.000

b. Development Cost

Development Cost merupakan biaya yang akan digunakan dalam pengembangan alat. Biaya di dalamnya akan termasuk ke bentuk biaya pengujian, biaya development, serta biaya pemasangan alat

Tabel 2.6 Development Cost

No	Jenis	Jumlah	Harga Satuan	Estimasi Harga
1	Pengujian	1	Rp.500.000	Rp.600.000
2	Biaya Development	1	Rp.1.000.000	Rp.1.500.000

3	Biaya Pemasangan Alat	1	Rp.300.000	Rp.350.000
Total				Rp.2.450.000

Dari tabel 2.6 rincian biaya yang akan dikeluarkan saat melakukan pengembangan sistem. Maka akan dikeluarkan biaya sebesar Rp.2.450.000

2.3.2 Analisis Finansial

2.3.2.1 Analisis SWOT

Analisis SWOT adalah teknik yang digunakan untuk mengidentifikasi kekuatan, kelemahan, peluang, dan ancaman untuk bisnis atau bahkan proyek tertentu. analisis SWOT adalah alat yang ampuh untuk membantu Anda mengidentifikasi peluang kompetitif untuk peningkatan. Dengan cara ini Anda dapat bekerja untuk meningkatkan tim dan bisnis sambil tetap berada di depan tren pasar. Sederhananya, SWOT adalah singkatan dari *strengths* (kekuatan), *weaknesses* (kelemahan), *opportunities* (peluang), dan *threats* (ancaman). Masing-masing faktor ini penting untuk diperiksa agar dapat merencanakan pertumbuhan organisasi dengan baik, di situlah analisis dibutuhkan. Ketika dianalisis bersama, kerangka kerja SWOT dapat melukiskan gambaran yang lebih besar tentang di mana Anda berada dan bagaimana menuju ke langkah berikutnya. [23]

Dengan mempertimbangkan beberapa faktor-faktor dalam analisis SWOT tersebut, berikut adalah analisis SWOT dari sistem pengukuran panjang atau tinggi badan pada balita:

1. *Strength* (Kekuatan)

- a. Alat memiliki kemampuan pendeteksian dan melakukan pengukuran objek balita dengan menggunakan webcam dengan jelas dan akurat

- b. Alat memiliki kemampuan pemrosesan gambar untuk melakukan pengukuran panjang atau tinggi badan balita
- c. Alat mampu menampilkan hasil pengukuran dengan baik dan memaparkan hasil pengukuran di aplikasi smartphone sehingga mudah untuk diakses oleh kader yandu
- d. Alat ini dapat membantu meringankan tugas kader yandu dalam melakukan pengukuran antropometri bagian pengukuran panjang atau tinggi badan balita. Sehingga kesalahan dalam melakukan pengukuran dapat diminimalisir

2. **Weakness (Kelemahan)**

- a. Untuk menampilkan hasil di aplikasi smartphone, dibutuhkan jaringan internet yang terhubung di smartphone. Sehingga jika tidak ada jaringan internet maka informasi di smartphone tidak bisa ditampilkan sampai adanya jaringan internet.
- b. Sistem yang bekerja menggunakan kamera akan dipengaruhi oleh pencahayaan. Jadi, jika adanya kurangnya pencahayaan, maka hasil pengukuran akan terpengaruh juga.

3. **Opportunity (Peluang)**

- a. Dapat memperjelas hasil pengukuran panjang atau tinggi badan balita sehingga kesalahan dapat diminimalisir dalam pengukuran
- b. Sistem ini bisa juga dikembangkan untuk melakukan pengukuran panjang objek selain objek balita
- c. Sistem ini juga akan membuat peluang baru di bidang pengukuran antropometri

4. **Threat (Ancaman)**

- a. Adanya teknologi pengukuran yang lebih canggih dan fleksibel untuk digunakan
- b. Adanya aturan baru dalam tatalaksana pengukuran antropometri untuk pengukuran diagnosa stunting sehingga perlu adanya perubahan dalam teknologi yang dibuat

2.3.2.2 Analisis Kelayakan Finansial

Dalam melakukan analisis finansial, akan dilakukan penghitungan estimasi dan pengeluaran selama periode pembuatan proyek. Ini akan melibatkan banyak pendapatan yang dihasilkan melalui penggunaan sistem termasuk dalam biayapengoperasiam. Metode analisis finansial yang digunakan dalam proyek pengukuran panjang atau tinggi badan balita ini adalah ROI, NPV dan B/C.

Sebelum melakukan analisa, maka perlu ditentukan terlebih dahulu proyeksi penjualan per-tahun, biaya total yang mana itu dari total *product cost* dan development cost serta persentase dari *Return on Investment*

Return on Investment (ROI)

Alasan utama dari pentingnya memahami ROI adalah karena menjadi tolak ukur keuntungan bisnis paling tepat. Dengan mengetahui tingkat pengembalian investasi, segala tingkat kegiatan operasional, maka dapat dievaluasi tingkat pengembalian investasinya[24].

Tabel 2.7 Analisis ROI

Proyeksi Penjualan	3 alat/tahun
Biaya komponen yang digunakan untuk satu alat	Rp.3.075.000
Biaya Development	Rp.2.450.000
Persentase ROI	40%

Berdasarkan Tabel 2.7 analisis *Return on investment* atau ROI ini merupakan rasio keuntungan dan juga kerugian dari suatu investasi yang kemudian dibandingkan dengan jumlah uang yang diinvestasikan. Sederhananya, pengertian ROI ini adalah persentase profit yang dapat diperoleh dari total jumlah aset yang diinvestasikan.

Return on investment adalah cara yang cukup efektif untuk melihat efektivitas dari suatu bisnis.[24]

Rumus atau formula yang digunakan sebagai cara menghitung *Return on Investment* adalah sebagai berikut:

$$ROI = \frac{(Total\ Penjualan - Investasi)}{Biaya\ Inverstasi} \times 100\%$$

Dalam membuat proyek pengukuran panjang atau tinggi badan balita ini, diperkirakan jumlah produksi alat per-tahun adalah 3 alat dengan target *Return on Investment* sebesar 40%. Maka dari itu, untuk menentukan nilai jual dari produk, dapat menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$ROI = \frac{(S \times p) - I}{I} \times 100\%$$
$$0.4 = \frac{3.p[2.450.000 + (3.075.000 \times 3)]}{[2.450.000 + (3.075.000 \times 3)]}$$
$$0.4 = \frac{3.p - 11.675.000}{11.675.000}$$
$$p = \frac{(11.675.000 \times 0.4) + 11.675.000}{3}$$
$$p = 5.448.333$$

Keterangan :

p = Harga Produk

S = Total Penjualan

I = Biaya Investasi = (Development cost + (Product cost x p))

Berdasarkan perhitungan tersebut, maka didapatkan harga jual dari produk ini adalah Rp.5.448.333.

Sehingga dengan nilai keuntungan tersebut, maka harga keuntungan dari satu produk yaitu:

$$\begin{aligned}\text{Untung satu produk} &= \text{Harga Jual} - \text{Produk Cost} \\ &= \text{Rp.5.448.333} - \text{Rp.3.820.000} \\ &= \text{Rp.1.628.333}\end{aligned}$$

Net Present Value (NPV)

Net Present Value (NPV) merupakan selisih antara nilai sekarang arus kas masuk dan arus kas keluar selama periode tertentu. Dalam penganggaran modal dan perencanaan investasi, *NPV* digunakan untuk menentukan profitabilitas dari suatu investasi atau proyek yang diusulkan.

Net Present Value merupakan hasil perhitungan yang digunakan untuk menentukan nilai sekarang dari aliran pembayaran di masa depan.[25]

NPV dapat dihitung menggunakan rumus :

$$NPV = \sum_{t=1}^t \frac{CF_t}{(1+r)^t}$$

Keterangan :

NPV = *Net Present Value* (rupiah)

CF_t (*Cash Flow*) = arus kas per-tahun pada periode t (total *income* - *outcome*)

r = suku bunga atau discount rate (%)

C₀ = investasi awal pada tahun ke-0 (rupiah)

Maka:

$$NPV = -Rp. 11.675.000 + \sum_{t=1}^t \frac{Rp.1.628.333 \cdot 3}{(1+0.06)^t}$$

$$NPV = -Rp. 11.675.000 + \frac{Rp.4.884.999}{(1.06)} + \frac{Rp.4.884.999}{(1.06)^2} + \frac{Rp.4.884.999}{(1.06)^3}$$

$$NPV = -Rp. 11.675.000 + Rp4.608.489 + Rp. 4.346.568 + Rp4.105.248$$

$$NPV = 1.385.305.$$

Dari hasil penghitungan *NPV* didapat hasil proyek ini memiliki keuntungan yang tinggi pada tahun ke-3.

B/C Ratio

Benefit Cost Ratio atau biasa disingkat dengan *B/C Ratio* merupakan salah satu istilah dalam dunia usaha yang berkaitan dengan perhitungan keuntungan. Perhitungan ini dilakukan untuk mengetahui apakah suatu usaha menguntungkan atau justru merugikan.

B/C ratio juga digunakan sebagai salah satu konsep yang digunakan untuk menentukan kelayakan suatu proyek. Hasil dari perhitungan *B/C Ratio* akan menentukan berapa keuntungan berlipat yang didapatkan dari total biaya yang dikeluarkan dari sebuah proyek. Jika hasil perhitungan lebih dari 1, maka usaha tersebut menguntungkan dan bisa untuk dilanjutkan. Namun, jika hasil perhitungan kurang dari 1, maka usaha tersebut tidak menguntungkan dan perlu untuk ditinjau ulang. [26]

Adapun cara untuk menentukan *B/C Ratio* adalah sebagai berikut :

$$B/CRatio = \frac{Total\ Pendapatan}{Total\ Biaya}$$

$$B/CRatio = \frac{Rp.5.448.333}{Rp.1.628.333}$$

$$B/CRatio = 3.346$$

Sehingga hasil keuntungan proyek yang didapatkan setelah perhitungan *B/C Ratio* adalah 3.346

