

Prediksi Stunting Berbasis *Machine Learning* melalui CERDIS: Cepat Resposif Deteksi Dini Stunting

Ni Putu Riza Kurnia Indriana^{1*}, Ida Ayu Utari Dewi², Putu Ayu Ratna Darmayanti¹

¹Program Studi Kebidanan, Fakultas Kesehatan, Institut Teknologi dan Kesehatan Bali
rizakurnia1788.stikesbali@gmail.com, darmayantiratna@gmail.com

²Program Studi Sistem Informasi, Fakultas Teknologi Informasi dan Sains, Universitas Hindu Indonesia
utaridewi@unhi.ac.id

Keywords:

Behaviour Change Wheel (BCW), CRISP-DM, Stunting Detection, Machine Learning

ABSTRACT

Stunting is a condition with long-term impacts on cognitive function and productivity, thus requiring accurate early detection to support effective interventions. This study aims to develop a machine learning-based stunting prediction application using the Support Vector Machine (SVM) algorithm, integrated into mobile and web-based systems. The development method follows the CRISP-DM framework to ensure a structured data mining process and incorporates the Behaviour Change Wheel (BCW) to encourage positive user behaviour change. A dataset of approximately 121,000 records obtained from Kaggle was used for model training. Evaluation using black-box testing demonstrated that the application achieved excellent system, information, and service quality, with a benefit score of 98%. The application was shown to improve diagnostic efficiency, enhance the accuracy of stunting risk identification, and support the acceleration of early intervention efforts in primary healthcare centres (Puskesmas). Its implementation is expected to contribute to reducing stunting prevalence and advancing the digital transformation of primary healthcare services. It is recommended that future development focus on optimising healthcare worker training, improving the user interface, and expanding system integration and service coverage to maximise application effectiveness.

Kata Kunci

Behaviour Change Wheel (BCW), CRISP-DM, Deteksi Stunting, Machine Learning

ABSTRAK

Stunting merupakan penyakit yang memiliki dampak jangka panjang pada fungsi kognitif dan produktivitas, sehingga memerlukan upaya deteksi dini akurat untuk mendukung intervensi yang efektif. Penelitian ini bertujuan mengembangkan aplikasi prediksi stunting berbasis *machine learning* dengan algoritma *Support Vector Machine* (SVM) yang terintegrasi dalam sistem *mobile* dan *web*. Metode pengembangan mengacu pada kerangka CRISP-DM untuk proses *data mining* yang terstruktur, serta *Behaviour Change Wheel* (BCW) untuk mendorong perubahan perilaku pengguna. Dataset sebanyak 121 ribu entri dari Kaggle digunakan untuk pelatihan model. Hasil evaluasi melalui *blackbox testing* menunjukkan aplikasi memiliki kualitas sistem, informasi, dan layanan yang sangat baik dengan skor manfaat 98%. Aplikasi ini terbukti meningkatkan efisiensi diagnosis, akurasi identifikasi risiko Stunting, serta mendukung percepatan intervensi dini di Puskesmas. Implementasinya diharapkan dapat berkontribusi pada penurunan prevalensi Stunting dan transformasi digital layanan kesehatan primer. Puskesmas disarankan mengoptimalkan pelatihan tenaga medis, meningkatkan antarmuka pengguna, serta memperluas integrasi dan cakupan layanan agar efektivitas aplikasi semakin maksimal.

Korespondensi Penulis:

Ni Putu Riza Kurnia Indriana,
Institut Teknologi dan Kesehatan Bali,
Jl. Tukad Balian No. 180 Renon, Denpasar, Bali
Telepon: (0361) 8956208
Email: rizakurnia1788.stikesbali@gmail.com

Submitted : 28-09-2025; Accepted : 19-12-2025;
Published : 21-12-2025

Copyright (c) 2025 The Author (s)

This article is distributed under a Creative Commons
Attribution-ShareAlike 4.0 International License (CC BY-SA
4.0)

1. PENDAHULUAN

Stunting merupakan masalah kesehatan global yang memengaruhi 149,2 juta balita, dengan prevalensi tertinggi di Asia Selatan 34% dan Afrika Sub-Sahara 30% [1]. Kasus Stunting di Indonesia masih menjadi ancaman serius bagi kualitas generasi muda dengan prevalensi 21,6% yang merupakan tertinggi ke-5 di dunia. Stunting utamanya disebabkan oleh asupan gizi tidak optimal selama 1000 Hari pertama kehidupan, keterbatasan akses terhadap pelayanan kesehatan esensial, minimnya ketersediaan air bersih, dan sanitasi yang memadai [2], [3], [4]. Dampak dari Stunting bersifat permanen seperti gangguan kognitif, produktivitas ekonomi yang rendah, dan peningkatan risiko penyakit degeneratif [5].

Stunting masih menjadi tantangan kesehatan masyarakat di Indonesia. Salah satu tantangan yang dihadapi adalah kendala utama dalam transformasi digital, yakni minimnya infrastruktur internet di wilayah terpencil dan rendahnya kompetensi digital masyarakat. Untuk mengatasi tantangan ini, memerlukan implementasi kolaboratif seluruh pemangku kepentingan [6], [7]. Kondisi ini turut menghambat pencapaian tujuan pembangunan berkelanjutan SDGs (*Sustainable Development Goals*) nomor 3 tentang kesehatan dan kesejahteraan yang inklusif, khususnya dalam mewujudkan tumbuh kembang anak yang optimal [8]. Deteksi dini Stunting memegang peranan krusial, dimana pendekatan berbasis *machine learning* memberikan solusi inovatif dalam identifikasi kasus secara lebih akurat dan efisien [9], [10]. Kondisi ini untuk memperkuat urgensi untuk mengurangi risiko *human error* dalam pengukuran pertumbuhan dan mengidentifikasi anak berisiko Stunting sebelum gejala klinis yang sejalan dengan prinsip SDGs nomor 3. Permasalahan deteksi dini Stunting mencakup seperti terbatasnya cakupan diagnosis, tidak efisiennya sistem manual, dan rendahnya pemahaman masyarakat akan deteksi dini stunting [11].

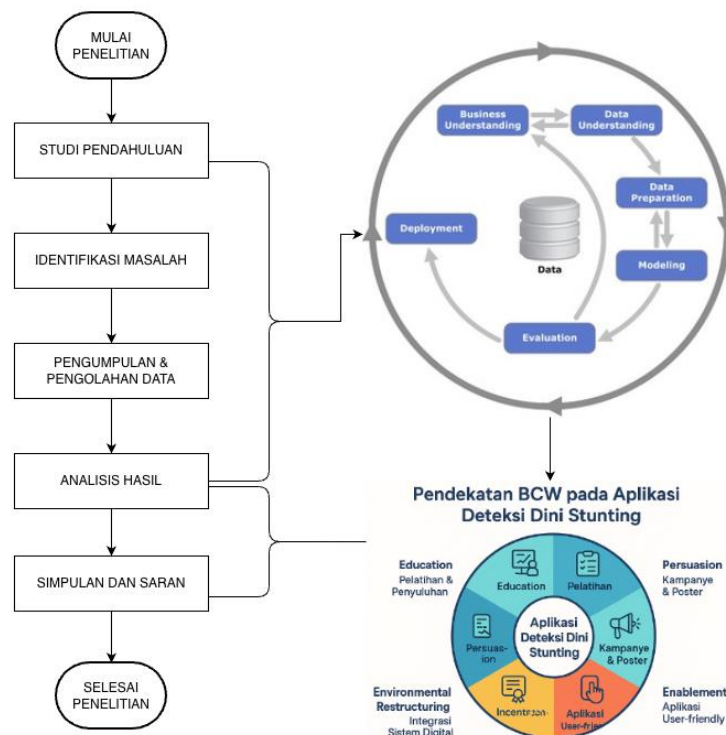
Aplikasi deteksi Stunting dapat mengidentifikasi gejala Stunting pada balita sesuai dengan kriteria jenis kelamin, umur, berat lahir, panjang lahir, berat badan, dan panjang badan [12], [13]. Penggunaan metode *machine learning* memberikan memungkinkan pengolahan data dalam skala besar pada data balita dan memberikan keputusan secara optimal [14], [15]. Aplikasi ini dapat dilengkapi dengan panduan pengukuran yang akurat, grafik pertumbuhan interaktif, serta rekomendasi nutrisi dan tindakan pencegahan. Penerapan aplikasi ini bertujuan untuk membantu orang tua dan tenaga kesehatan melakukan deteksi dini, memantau perkembangan anak, dan mengambil langkah intervensi lebih cepat. Aplikasi pada penelitian ini menggunakan metode *machine learning* yakni *Support Vector Machine* (SVM) akan diterapkan untuk menghasilkan sistem yang lebih optimal. Metode SVM diterapkan karena memiliki *recall* yang tinggi yang menunjukkan kemampuan SVM dalam mengidentifikasi Stunting [16], [17]. SVM dipilih dengan metode eliminasi terbalik untuk seleksi fitur, dengan kelebihan utama dalam menghasilkan akurasi tinggi untuk prediksi data *time series* [12], [18].

Penelitian ini menggunakan 2 *framework* kerja yakni penggunaan BCW (*Behaviour Change Wheel*) dan CRISP-DM (*Cross-Industry Standard Process for Data Mining*). *Framework* BCW banyak digunakan di bidang kesehatan masyarakat, promosi kesehatan, psikologi kesehatan, dan intervensi klinis. Tujuan utamanya adalah memberikan analisis sistematis tentang faktor-faktor yang memengaruhi perilaku serta opsi intervensi untuk mengubahnya [19]. Pendekatan BCW menekankan bahwa keefektifan aplikasi prediksi Stunting bergantung pada perubahan perilaku, bukan hanya ketersediaan teknologinya. Perpaduan antara edukasi, pelatihan, dan dukungan kebijakan sangat penting untuk mengadopsi aplikasi ini guna deteksi dini Stunting di Puskesmas. Sedangkan penggunaan *framework* CRISP-DM bertujuan memberikan kerangka kerja terstruktur untuk pengembangan aplikasi prediksi Stunting yang dimulai dari pemahaman bisnis yang menetapkan tujuan spesifik seperti mengidentifikasi balita berisiko Stunting berdasarkan data historis. Pemahaman data melibatkan pengumpulan dan eksplorasi data kesehatan dari Puskesmas. Persiapan Data mencakup pembersihan, integrasi dan transformasi data menjadi format yang siap untuk pemodelan. Pemodelan menggunakan algoritma *machine learning* untuk membangun model prediktif yang mengenali pola risiko Stunting. Evaluasi menguji keakuratan dan keandalan model

sebelum diimplementasikan. Terakhir, *Deployment* mengintegrasikan model ke dalam sistem Puskesmas untuk menghasilkan daftar balita berisiko yang memungkinkan intervensi dini yang lebih efektif dan efisien.

Kebaruan dari penelitian ini terletak pada penggunaan *framework* BCW dan *framework* CRISP-DM dalam penerapannya yang menjadi studi pertama dalam mengkaji serta mengimplementasikan aplikasi deteksi dini Stunting di Puskesmas IV Denpasar Selatan, sehingga menawarkan pendekatan baru dalam optimalisasi layanan kesehatan primer. Inovasi lainnya adalah integrasi sistem deteksi Stunting berbasis *mobile apps* yang menggabungkan *back-end* berbasis web dan *front-end* berbasis Android untuk meningkatkan aksesibilitas serta efisiensi pelayanan kepada pasien. Pendekatan berbasis teknologi ini belum pernah diimplementasikan sebelumnya di Puskesmas terkait yang menjadikannya kontribusi signifikan terhadap transformasi digital di sektor pelayanan kesehatan dasar. Penelitian ini bertujuan menciptakan model *machine learning* dan menghasilkan output berupa aplikasi berbasis android untuk deteksi dini Stunting yang lebih akurat daripada metode manual. Hal ini diharapkan dapat mempercepat intervensi, mengurangi biaya kesehatan, dan mendukung target SDGs nomor 3 yang rencana implementasinya diterapkan pada Puskesmas sehingga dapat mempercepat layanan dan memberikan identifikasi secara tepat, yang pada akhirnya mengurangi dampak Stunting.

2. METODE PENELITIAN



Gambar 1. Diagram Alir dan CRISP-DM Framework

Pembuatan diagram alir pada aplikasi deteksi stunting dilakukan dengan pendekatan *framework* CRISP-DM dalam pengembangan aplikasi, menggunakan dataset sekunder untuk pengujian sistem yang bersumber dari situs *Kaggle*. Proses ini diawali dengan tahap studi pendahuluan melalui wawancara guna memperoleh informasi mengenai kendala yang dihadapi pasien maupun tenaga kesehatan dalam penerapan deteksi dini Stunting, serta studi literatur untuk mengidentifikasi kriteria Stunting pada balita. Selanjutnya dilakukan identifikasi permasalahan pada mitra, yaitu Puskesmas, yang diikuti dengan tahap pengumpulan dan pengolahan data.

Selanjutnya, tahap analisis dan implementasi aplikasi dibagi menjadi pengembangan *front-end* berbasis Android dan *back-end* berbasis web, yang kemudian diuji melalui *black-box testing* dan *user acceptance test* di Puskesmas, serta melibatkan evaluasi kinerja model dan proses *deployment* aplikasi ke publik. Setelah tahap pengujian aplikasi, selanjutnya dilakukan implementasi menggunakan *framework*

BCW, yaitu dengan mendorong tenaga kesehatan dan orang tua agar aktif menggunakan aplikasi deteksi stunting, sehingga kasus stunting dapat diidentifikasi secara lebih cepat dan tepat. Berikut diagram alir dengan *framework* CRISP-DM dan *framework* BCW pada penelitian ini.

2.1 Studi Pendahuluan (Terintegrasi dengan CRISP-DM)

Studi pendahuluan ini dilakukan untuk mengkaji kebutuhan klinis dan teknis dalam penanganan stunting di Indonesia melalui pengumpulan data mengenai metode diagnosis yang berlaku, hambatan di lapangan, serta permasalahan utama seperti keterbatasan cakupan diagnosis, ketidakefisienan sistem manual, dan rendahnya pemahaman masyarakat terhadap deteksi dini. Hasil kajian tersebut menjadi dasar penyusunan dokumen latar belakang penelitian. Selanjutnya, dilakukan identifikasi masalah melalui observasi di Puskesmas Denpasar Selatan IV dan wawancara dengan calon orang tua, bidan, serta dokter untuk memahami kendala implementasi deteksi dini stunting. Selain itu, studi literatur dilakukan dengan mengkaji referensi terkait diagnosis digital, pedoman WHO, dan penelitian mengenai personalisasi kesehatan sebagai landasan teoritis pengembangan aplikasi.

2.2 Pengumpulan dan Pengolahan Data

Pengumpulan dan pengolahan data dalam penelitian ini menggunakan dataset stunting yang diperoleh dari situs *Kaggle* (<https://www.kaggle.com/datasets/rendiputra/stunting-balita-detection-121k-rows>) yang memuat atribut usia anak, jenis kelamin, tinggi badan, dan status gizi. Tahap pengumpulan data diawali dengan verifikasi kelengkapan dan konsistensi data, kemudian dilanjutkan dengan pembersihan data. Proses pengolahan data meliputi normalisasi fitur numerik agar setiap variabel memiliki skala yang sesuai dengan kebutuhan algoritma *Support Vector Machine* (SVM), serta pengodean variabel kategorikal menggunakan teknik label *encoding*. Selanjutnya, data dibagi menjadi data latih (*data training*) dan data uji (*data testing*) dengan proporsi tertentu untuk mencegah terjadinya *overfitting*. Seluruh tahapan ini dilakukan untuk menjamin kualitas data sehingga model SVM mampu mempelajari pola secara optimal dalam mendeteksi risiko stunting secara akurat.

2.3 Behavioral Change Wheel (BCW)

Behavioral Change Wheel (BCW) diadopsi sebagai landasan dalam merancang strategi perubahan perilaku guna meningkatkan partisipasi orang tua dan petugas Puskesmas dalam penggunaan aplikasi deteksi dini stunting. Kerangka ini diimplementasikan melalui tiga tahap utama. Pertama, dilakukan analisis COM-B untuk mengevaluasi aspek kemampuan (*capability*), kesempatan (*opportunity*), dan motivasi (*motivation*) pengguna, dengan data yang diperoleh melalui wawancara dan observasi. Hasil analisis tersebut selanjutnya menjadi dasar dalam tahap pemilihan intervensi, yaitu pemberian edukasi melalui modul ilmiah, persuasi melalui sistem diagnosis otomatis, serta *enablement* melalui penyediaan fitur akses *daring*. Tahap akhir berupa perancangan kebijakan yang bertujuan menciptakan lingkungan pendukung melalui pelatihan tenaga kesehatan dan integrasi aplikasi dengan sistem rekam medis puskesmas guna meningkatkan efisiensi pengelolaan data pasien.

2.4 CRISP-DM

Metode CRISP-DM dalam penelitian ini diterapkan secara komprehensif dengan tujuan tidak hanya mencapai akurasi model prediktif, tetapi juga memastikan integrasinya ke dalam aplikasi yang mampu mendorong perubahan perilaku calon orang tua dan tenaga kesehatan. Fase *Business Understanding* diawali dengan perumusan tujuan utama, yaitu menurunkan prevalensi stunting melalui intervensi dini, yang diterjemahkan ke dalam tujuan data mining serta analisis sumber daya, hambatan, dan pemangku kepentingan, dengan kriteria keberhasilan mencakup aspek teknis dan bisnis serta integrasi kerangka COM-B. Fase *Data Understanding* meliputi akuisisi dan eksplorasi dataset untuk menilai kualitas data, termasuk identifikasi *missing values*, *outlier*, dan konsistensi data. Pada fase *Data Preparation*, data diproses melalui pembersihan, transformasi, dan rekayasa fitur agar siap digunakan dalam pemodelan. Fase *Modeling* mengimplementasikan algoritma *Support Vector Machine* (SVM) untuk membangun model klasifikasi yang optimal, disertai perancangan antarmuka aplikasi yang divalidasi oleh tenaga klinis. Fase *Evaluation* mencakup pengujian teknis dan evaluasi antarmuka berbasis *Behavioral Change Wheel* (BCW). Terakhir, fase *Deployment* mengintegrasikan model ke dalam aplikasi untuk mendukung intervensi perilaku melalui edukasi, kemudahan akses, dan peningkatan motivasi pengguna dalam upaya penurunan angka stunting.

2.5 Analisis Hasil

Setelah tahap pengembangan selesai, aplikasi dievaluasi melalui dua pendekatan utama, yaitu *black-box testing* untuk menilai fungsionalitas dan kemudahan penggunaan, serta evaluasi sistem untuk mengukur kualitas sistem dan kepuasan pengguna. Penilaian kepuasan dilakukan menggunakan kuesioner dengan skala Likert 1–5, disertai pengukuran manfaat yang dirasakan oleh pengguna. Hasil evaluasi ini memberikan gambaran komprehensif mengenai efektivitas aplikasi dalam memenuhi kebutuhan pengguna, sekaligus menunjukkan dampak klinisnya terhadap peningkatan kualitas diagnosis stunting. Selain itu, analisis umpan balik dari pengguna dan tenaga medis mengungkapkan berbagai aspek yang perlu diperbaiki sebagai dasar penyempurnaan aplikasi pada pengembangan selanjutnya.

2.6 Simpulan dan Saran

Tahap terakhir dalam penelitian ini adalah penarikan kesimpulan berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan. Kesimpulan tersebut disusun untuk menjawab tujuan dan rumusan masalah penelitian. Selanjutnya, saran dirumuskan sebagai rekomendasi untuk pengembangan penelitian dan penerapan aplikasi pada masa mendatang.

3. HASIL DAN ANALISIS

3.1 Hasil identifikasi Masalah (Terintegrasi *Bussiness Understanding*)

Stunting masih menjadi tantangan kesehatan masyarakat di Indonesia. Salah satu tantangan yang dihadapi adalah kendala utama dalam transformasi digital yakni minimnya infrastruktur internet di wilayah terpencil dan rendahnya kompetensi digital masyarakat. Untuk mengatasi tantangan ini, diperlukan implementasi kolaboratif seluruh pemangku kepentingan. Deteksi dini Stunting memegang peranan krusial dimana pendekatan berbasis *machine learning* memberikan solusi inovatif dalam identifikasi kasus secara lebih akurat dan efisien. Aplikasi deteksi Stunting dapat mengidentifikasi gejala Stunting pada balita sesuai dengan kriteria jenis kelamin, umur, berat lahir, panjang lahir, berat badan, dan panjang badan. Penggunaan metode *machine learning* memberikan memungkinkan pengolahan data dalam skala besar pada data balita dan memberikan keputusan secara optimal. Penerapan aplikasi *mobile* untuk deteksi dini stunting pada anak berkontribusi dalam meminimalkan risiko stunting serta mendukung transformasi digital pelayanan kesehatan dasar [5], [20].

3.2 Hasil Analisis COM-B pada BCW

Berdasarkan analisis COM-B yang dilakukan, penelitian ini mengungkap determinan kunci yang mempengaruhi efektivitas aplikasi deteksi dini stunting. Pendekatan yang berfokus pada aspek Kemampuan (*Capability*), Kesempatan (*Opportunity*), dan Motivasi (*Motivation*) pengguna tersebut menghasilkan pemahaman mendalam mengenai tantangan yang dihadapi orang tua, khususnya terkait akses terhadap layanan. Dari sisi Kemampuan, temuan mengindikasikan bahwa meskipun secara teknis orang tua mampu mengoperasikan aplikasi, pemahaman mereka terhadap informasi diagnostik Stunting masih terbatas, sehingga menguatkan perlunya penyediaan modul edukasi yang lebih jelas dan komprehensif. Pada aspek Kesempatan, kendala geografis dan terbatasnya jam layanan Puskesmas menjadi penghambat utama yang dapat diantisipasi dengan menghadirkan fitur penjadwalan kunjungan yang fleksibel secara daring. Sementara itu dari sisi Motivasi, kekhawatiran akan kerahasiaan data menjadi faktor psikologis yang mengurangi partisipasi, sehingga penguatan fitur privasi pada aplikasi diharapkan dapat membangun kepercayaan dan mendorong keterlibatan yang lebih aktif dalam proses diagnosa.

3.3 Hasil Pengumpulan dan Pengolahan Data (Terintegrasi *Data Understanding* dan *Data Preparation*)

Berdasarkan hasil studi literatur, studi lapangan, serta identifikasi masalah, maka penelitian ini menggunakan dataset yang berasal dari website www.kaggle.com sebanyak 121 ribu dataset untuk melakukan pengembangan aplikasi deteksi dini Stunting yang mencakup umur (rentang usia anak 0 sampai 60 bulan), jenis kelamin (laki-laki dan perempuan), tinggi badan (dalam centimeter) dan status gizi (yang terdiri dari '*severely stunting*', '*stunting*', '*normal*', dan '*tinggi*'). Pemilihan dataset dari website tersebut dikarenakan sudah menggunakan rumus *z-score* untuk menentukan Stunting menurut WHO.

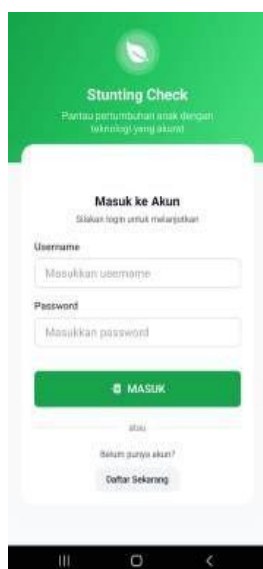
Tabel 1. Dataset Stunting

Umur (bulan)	Jenis Kelamin	Tinggi Badan (cm)	Status Gizi
0	Laki-laki	44.6	Stunted
0	Laki-laki	56.7	Tinggi
.....			
.....			
60	Perempuan	109.8	Normal

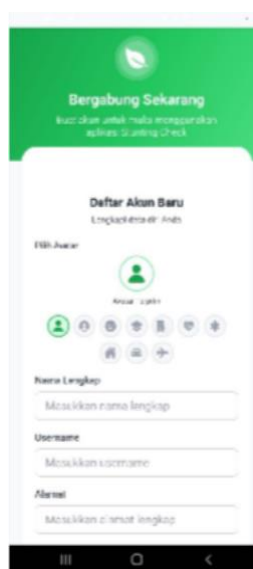
Data yang sudah dikumpulkan ini terdiri dari kolom umur, jenis kelamin, tinggi badan dan status gizi. Pada kolom umur terdapat umur 0 bulan (baru lahir) sampai 60 bulan (5 tahun), kolom jenis kelamin yakni laki-laki dan perempuan, kolom tinggi badan dari 40 cm sampai 127 cm dan status gizi terdiri dari normal, tinggi, *stunted*, dan *severely stunted*.

3.4 Hasil System Modeling

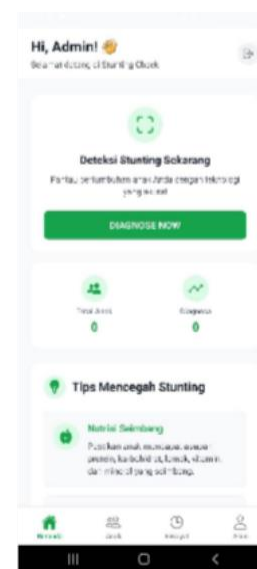
Fase *Modeling* dengan menggunakan algoritma *Support Vector Machine* (SVM) berfokus pada pembangunan sebuah model klasifikasi yang bertujuan untuk menemukan *hyperplane* optimal sebuah batas keputusan multidimensi yang dapat memisahkan 4 kelas dalam dataset, yaitu anak dengan status *severely stunting*, *stunting*, normal, dan tinggi. Proses ini dimulai setelah persiapan data selesai, dimana fitur-fitur numerik seperti umur dan tinggi badan harus dinormalisasi terlebih dahulu karena SVM sangat sensitif terhadap perbedaan skala data. Selama pelatihan, SVM berusaha memaksimalkan margin antara titik-titik data terdekat dari 4 kelas yang disebut *support vectors* ke *hyperplane*, sehingga model yang dihasilkan tidak hanya akurat tetapi juga cocok terhadap variasi data baru. Pada tahap ini melakukan desain antarmuka untuk menggambarkan *layout* dan interaksi pengguna dengan aplikasi. Desain aplikasi yang dihasilkan pada desain sistem ini harus disetujui oleh tenaga klinis dan stakeholder untuk memastikan bahwa aplikasi ini dapat terintegrasi dengan efektif dalam memberikan pelayanan kesehatan.



Gambar 1. Tampilan Login

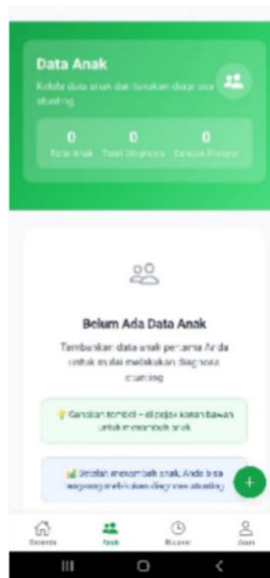


Gambar 2. Tampilan Daftar Akun



Gambar 3. Tampilan Beranda

Pada Gambar 1 pada aplikasi deteksi awal stunting berfungsi untuk memastikan hanya pengguna terdaftar yang dapat mengakses data dan fitur pemantauan anak. Pengguna cukup memasukkan *Username* dan *Password*, lalu menekan tombol “Masuk”, sehingga keamanan informasi tetap terjaga dan akses ke fitur aplikasi menjadi lebih terarah dan aman. Gambar 2 aplikasi deteksi awal stunting ini digunakan untuk membuat akun baru dengan mengisi data diri seperti nama lengkap, *Username*, alamat, dan informasi lainnya. *Form* ini memastikan pengguna terdaftar dengan identitas yang jelas sehingga dapat mengakses fitur pemantauan pertumbuhan anak secara aman dan personal. Gambar 3 menyajikan menu utama untuk memulai diagnosis stunting, melihat riwayat pemeriksaan, serta membaca tips pencegahan. Desain yang ringkas membantu pengguna langsung mengakses fitur penting untuk memantau kondisi pertumbuhan anak.



Gambar 4. Tampilan Menu Anak

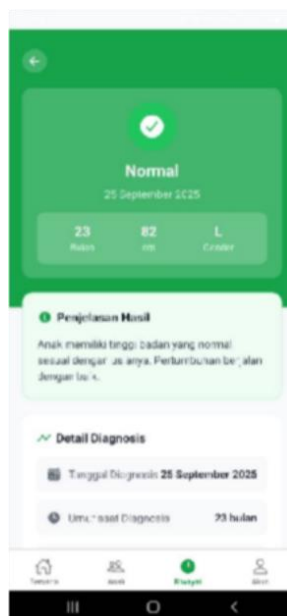


Gambar 5. Tampilan Menu Tambah Data Anak

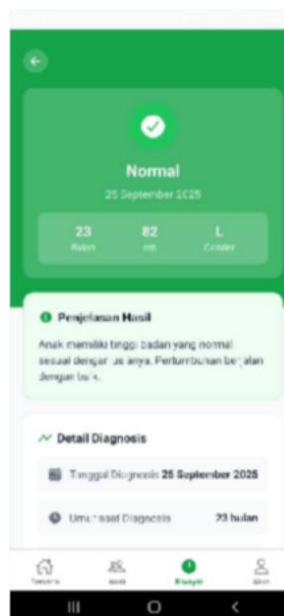


Gambar 6. Tampilan Menu Diagnosa Data Anak

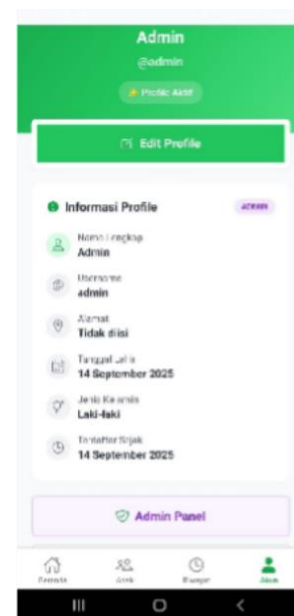
Gambar 4 menampilkan informasi data anak dan memberi tahu pengguna jika belum ada data yang tersimpan. Pengguna diarahkan untuk menambahkan data anak terlebih dahulu agar proses diagnosis stunting dapat dilakukan. Gambar 5 digunakan untuk menambahkan data anak dengan mengisi nama, jenis kelamin, dan tanggal lahir sebelum dilakukan proses diagnosis stunting. Gambar 6 digunakan untuk menginput umur dan tinggi anak agar aplikasi dapat menghitung dan menampilkan hasil diagnosa awal stunting.



Gambar 7. Tampilan Halaman Hasil Diagonasa Data Anak



Gambar 8. Tampilan Halaman Generate Laporan Hasil Diagnosa Data Anak

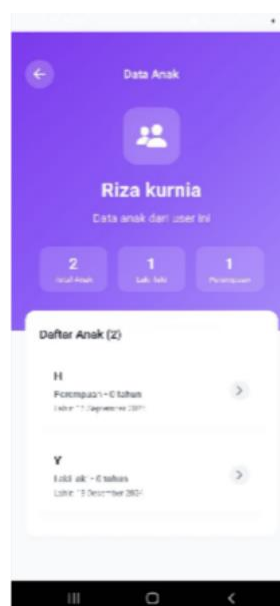


Gambar 9. Tampilan Halaman Akun Pengguna

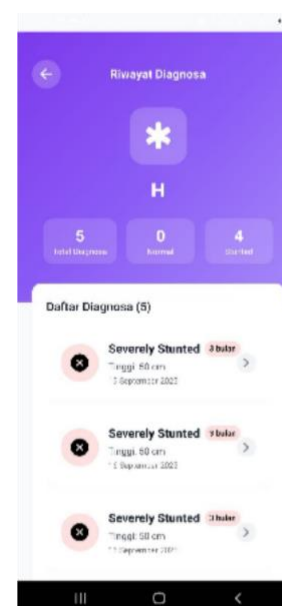
Gambar 7 menampilkan status pertumbuhan anak (misalnya “Normal”) beserta detail umur, tinggi, dan penjelasan singkat mengenai kondisi anak berdasarkan perhitungan aplikasi. Gambar 8 akan menghasilkan surat keterangan hasil diagnosis stunting dalam bentuk *file Word*. Surat tersebut memuat identitas anak, data pemeriksaan, dan status pertumbuhan sehingga dapat digunakan sebagai dokumen resmi atau laporan pendukung. Gambar 9 menampilkan informasi profil pengguna dan menyediakan tombol untuk mengedit data serta mengakses panel admin jika memiliki hak akses.



Gambar 10. Tampilan Halaman Kelola Data Pengguna (Admin)



Gambar 11. Tampilan Halaman Kelola Data Anak (Admin)



Gambar 12. Tampilan Halaman Hasil Diagnosa Data Anak (Admin)

Gambar 10 digunakan untuk mengelola data pengguna, termasuk melihat daftar *user*, status akun, serta melakukan kontrol administratif lainnya. Gambar 11 menampilkan daftar dan jumlah data anak milik pengguna, sehingga admin dapat melihat dan mengelola informasi anak dengan mudah. Gambar 12 menampilkan riwayat diagnosis anak, termasuk jumlah hasil normal maupun stunting, serta daftar detail setiap pemeriksaan.

3.5 Hasil Evaluasi Sistem Menggunakan *Blackbox Testing (Integrated Evaluation)*

Tabel 2. Pengujian *Form Menu Login*

No	Skenario Uji	Input	Hasil yang Diharapkan	Berhasil (Ya/Tidak)
1	Login berhasil dengan kredensial valid	<i>Username:</i> user01 <i>Password:</i> Password123	Pengguna diarahkan ke halaman utama/ <i>dashboard</i>	Ya
2	Login gagal dengan <i>Username</i> salah	<i>Username:</i> salahuser <i>Password:</i> Password123	Pesan <i>error</i> tampil: " <i>Username</i> atau <i>Password</i> salah"	Ya
3	Login gagal dengan <i>Password</i> salah	<i>Username:</i> user01 <i>Password:</i> salahpass	Pesan <i>error</i> tampil: " <i>Username</i> atau <i>Password</i> salah"	Ya
4	<i>Field Username</i> kosong	<i>Username:</i> (kosong) <i>Password:</i> Password123	Pesan validasi: " <i>Username</i> tidak boleh kosong"	Ya
5	<i>Field Password</i> kosong	<i>Username:</i> user01 <i>Password:</i> (kosong)	Pesan validasi: " <i>Password</i> tidak boleh kosong"	Ya
6	Kedua <i>field</i> kosong	<i>Username:</i> (kosong) <i>Password:</i> (kosong)	Pesan validasi untuk keduanya muncul	Ya
7	Navigasi ke halaman pendaftaran	Klik 'Daftar Sekarang'	Halaman berpindah ke <i>form</i> pendaftaran	Ya
8	Karakter spesial di <i>Username</i>	<i>Username:</i> user!@# <i>Password:</i> Password123	Sistem menolak input atau menampilkan <i>error</i> validasi	Ya
9	<i>Password</i> terlalu pendek	<i>Username:</i> user01 <i>Password:</i> 123	Pesan <i>error</i> : " <i>Password</i> minimal 6 karakter"	Ya
10	Tombol MASUK tidak aktif jika <i>field</i> kosong	Kosongkan kedua <i>Field</i>	Tombol MASUK tetap nonaktif sampai input valid	Ya

Pengujian *blackbox form* menu login mengevaluasi input dan output dengan mencoba berbagai skenario, seperti memasukkan *username* dan *password* benar, salah, kosong, atau format tidak valid. Tujuannya adalah memastikan sistem memberikan respon yang tepat.

Tabel 3. Pengujian *Form* Menu Daftar

No	Skenario Uji	Input	Hasil yang Diharapkan	Berhasil (Ya/Tidak)
1	Pendaftaran berhasil dengan data valid	Semua <i>field</i> diisi benar	Akun berhasil dibuat, diarahkan ke halaman login/ <i>dashboard</i>	Ya
2	Nama lengkap kosong	Nama: (kosong), lainnya: valid	Pesan <i>error</i> : 'Nama lengkap tidak boleh kosong'	Ya
3	<i>Username</i> kosong	<i>Username</i> : (kosong), lainnya: valid	Pesan <i>error</i> : ' <i>Username</i> tidak boleh kosong'	Ya
4	<i>Username</i> sudah terdaftar	<i>Username</i> : user01 (sudah digunakan)	Pesan <i>error</i> : ' <i>Username</i> sudah terdaftar'	Ya
5	Alamat kosong	Alamat: (kosong), lainnya: valid	Pesan <i>error</i> : 'Alamat tidak boleh kosong'	Ya
6	Tanggal lahir tidak dipilih	Tanggal lahir: (kosong)	Pesan <i>error</i> : 'Tanggal lahir wajib diisi'	Ya
7	Jenis kelamin tidak dipilih	Jenis kelamin: (kosong)	Pesan <i>error</i> : 'Jenis kelamin wajib dipilih'	Ya
8	<i>Password</i> kosong	<i>Password</i> : (kosong), lainnya: valid	Pesan <i>error</i> : ' <i>Password</i> tidak boleh kosong'	Ya
9	<i>Password</i> terlalu pendek	<i>Password</i> : 123 (kurang dari 6 karakter)	Pesan <i>error</i> : ' <i>Password</i> minimal 6 karakter'	Ya
10	Konfirmasi <i>password</i> kosong	Konfirmasi: (kosong)	Pesan <i>error</i> : 'Konfirmasi <i>password</i> wajib diisi'	Ya
11	<i>Password</i> dan konfirmasi tidak cocok	<i>Password</i> : abc123, Konfirmasi: abc124	Pesan <i>error</i> : ' <i>Password</i> tidak cocok'	Ya
12	Format tanggal lahir tidak valid	Tanggal lahir: 32/13/2024	Pesan <i>error</i> : 'Format tanggal tidak valid'	Ya
13	<i>Field</i> berisi karakter ilegal	<i>Username</i> : user!@#	Pesan <i>error</i> : 'Karakter tidak diperbolehkan'	Ya
14	Tombol DAFTAR tidak aktif saat <i>field</i> kosong	Kosongkan semua <i>field</i>	Tombol tetap nonaktif hingga semua input valid	Ya

Pengujian *blackbox* pada *form* menu daftar dilakukan dengan memeriksa apakah seluruh fungsi pendaftaran pada aplikasi bekerja sesuai kebutuhan berdasarkan input dan output tanpa melihat kode program. Penguji mencoba berbagai skenario seperti mengisi data lengkap dan valid, memasukkan data yang tidak sesuai format.

Tabel 4. Pengujian *Form* Beranda

No	Skenario Uji	Input	Hasil yang Diharapkan	Berhasil (Ya/Tidak)
1	Tampilan halaman Data Anak	Buka aplikasi dan navigasi ke menu Anak	Halaman Data Anak ditampilkan dengan benar	Ya
2	Menampilkan total anak	Buka halaman Data Anak	Jumlah total anak ditampilkan (0 jika belum ada)	Ya
3	Menampilkan total diagnosa	Buka halaman Data Anak	Jumlah total diagnosa ditampilkan	Ya
4	Menampilkan anak dengan riwayat	Buka halaman Data Anak	Jumlah anak dengan riwayat tampil	Ya
5	Pesan tidak ada data	Belum menambahkan anak dan buka halaman	Teks 'Belum Ada Data Anak' muncul	Ya
6	Tombol tambah anak	Klik tombol '+'	Form tambah data anak ditampilkan	Ya
7	Navigasi ke diagnosa setelah tambah anak	Tambahkan anak baru lalu cek navigasi	Aplikasi mengarahkan ke diagnosa	Ya
8	Pesan petunjuk penggunaan	Buka halaman pertama kali	Petunjuk penggunaan tampil di layar	Ya
9	Responsivitas tombol tambah	Klik tombol '+' berkali-kali	Tombol tetap berfungsi tanpa crash	Ya
10	Navigasi tab menu	Klik menu Beranda,	Navigasi ke halaman terkait berhasil	Ya

No	Skenario Uji	Input	Hasil yang Diharapkan	Berhasil (Ya/Tidak)
	bawah	Riwayat, Akun		

Pengujian *blackbox* pada *form* menu beranda dilakukan dengan memastikan seluruh fitur dan tombol navigasi pada halaman utama berfungsi sesuai kebutuhan. Penguji mengevaluasi apakah setiap elemen antarmuka seperti tombol menu, *link*, atau informasi yang ditampilkan merespon dengan benar ketika digunakan.

Tabel 5. Pengujian *Form* Tambah Anak

No	Skenario/Deskripsi Uji	Input	Hasil yang Diharapkan	Berhasil (Ya/Tidak)
1	Tampilan <i>form</i> tambah anak	Buka halaman tambah anak	<i>Form</i> tambah anak muncul dengan <i>field</i> lengkap	Ya
2	Input semua <i>field</i> valid	Isi nama, jenis kelamin, tanggal lahir lalu klik Simpan	Data berhasil disimpan	Ya
3	<i>Field</i> kosong - nama anak	Kosongkan nama, isi lainnya lalu simpan	Sistem menolak input dan menampilkan pesan <i>error</i>	Ya
4	<i>Field</i> kosong - jenis kelamin	Kosongkan jenis kelamin, isi lainnya lalu simpan	Sistem menolak input dan menampilkan pesan <i>error</i>	Ya
5	<i>Field</i> kosong - tanggal lahir	Kosongkan tanggal lahir, isi lainnya lalu simpan	Sistem menolak input dan menampilkan pesan <i>error</i>	Ya
6	Format tanggal tidak valid	Masukkan tanggal tidak valid	Sistem menolak input	Ya
7	Validasi panjang nama	Masukkan nama sangat panjang (>50 karakter)	Sistem menolak atau membatasi input	Ya
8	Tombol simpan tidak aktif saat <i>field</i> kosong	Biarkan <i>field</i> kosong	Tombol Simpan tidak aktif	Ya
9	Tombol simpan berfungsi	Isi semua <i>field</i> lalu klik Simpan	Data tersimpan dan kembali ke halaman data anak	Ya
10	Batal menambah anak	Klik ikon X di kiri atas	<i>Form</i> tertutup tanpa menyimpan data	Ya

Pengujian *blackbox* pada *form* menu tambah anak dilakukan dengan memeriksa apakah proses penambahan data anak berjalan sesuai kebutuhan berdasarkan input dan output. Tujuan pengujian ini adalah memastikan sistem mampu memvalidasi setiap input, menampilkan pesan kesalahan yang tepat bila ada data tidak valid, serta menyimpan data anak dengan benar ketika seluruh informasi.

Tabel 6. Pengujian *Form* Diagnosa Stunting

No	Skenario/Deskripsi Uji	Input	Hasil yang Diharapkan	Berhasil (Ya/Tidak)
1	Tampilan halaman diagnosa	Buka halaman diagnosa stunting	Halaman muncul dengan <i>field</i> : Nama Anak, Umur, Tinggi, tombol " <i>Detect Now</i> "	Ya
2	Input valid semua <i>field</i>	Isi umur dan tinggi dengan data valid, lalu klik " <i>Detect Now</i> "	Sistem memproses diagnosa dan menampilkan hasil	Ya
3	<i>Field</i> kosong - umur	Kosongkan umur lalu klik " <i>Detect Now</i> "	Sistem menolak input dan menampilkan pesan <i>error</i>	Ya
4	<i>Field</i> kosong - tinggi	Kosongkan tinggi lalu klik " <i>Detect Now</i> "	Sistem menolak input dan menampilkan pesan <i>error</i>	Ya
5	Semua <i>field</i> kosong	Kosongkan semua <i>field</i> lalu klik " <i>Detect Now</i> "	Sistem menolak input dan menampilkan pesan <i>error</i>	Ya
6	Input umur tidak valid (angka negatif)	Masukkan nilai negatif pada umur lalu klik " <i>Detect Now</i> "	Sistem menolak input dan menampilkan pesan <i>error</i>	Ya
7	Input tinggi tidak valid (angka negatif)	Masukkan nilai negatif pada tinggi lalu klik " <i>Detect Now</i> "	Sistem menolak input dan menampilkan pesan <i>error</i>	Ya
8	Input bukan angka pada umur	Masukkan huruf pada umur lalu klik " <i>Detect Now</i> "	Sistem menolak input dan menampilkan pesan <i>error</i>	Ya

No	Skenario/Deskripsi Uji	Input	Hasil yang Diharapkan	Berhasil (Ya/Tidak)
9	Input bukan angka pada tinggi	Masukkan huruf pada tinggi lalu klik " <i>Detect Now</i> "	Sistem menolak input dan menampilkan pesan <i>error</i>	Ya
10	Tombol " <i>Detect Now</i> " berfungsi	Klik tombol " <i>Detect Now</i> " setelah input valid	Sistem menampilkan hasil diagnosa (stunting/normal)	Ya
11	Batal dari halaman diagnosa	Klik ikon "X" di kiri atas	Halaman diagnosa tertutup dan kembali ke halaman sebelumnya	Ya

Pengujian *blackbox* pada form menu diagnosa stunting dilakukan dengan mengevaluasi apakah sistem dapat memproses data anak yang dimasukkan seperti usia, jenis kelamin, dan tinggi badan untuk menghasilkan hasil diagnosis yang akurat tanpa melihat logika internal program.

3.6 Hasil Evaluasi

Tabel 7. Hasil Komponen dan Nilai Interpretasi Penggunaan Aplikasi Deteksi Dini Stunting

No	Komponen	Nilai Persentase (%)
1	<i>System Quality</i>	98 %
2	<i>Information Quality</i>	97 %
3	<i>Service Quality</i>	98 %
4	<i>Use</i>	98 %
5	<i>User Satisfaction</i>	97 %
6	<i>Net Benefits</i>	98 %

Berdasarkan pengujian persepsi pengguna, aplikasi deteksi dini Stunting (Aplikasi Cepat Responsif Deteksi Stunting Berbasis Android) menunjukkan hasil penilaian aplikasi nilai yang sangat tinggi, yaitu 97–98% pada aspek kualitas sistem, kualitas informasi, kualitas layanan, penggunaan, kepuasan pengguna, dan manfaat bersih, yang menandakan aplikasi dinilai efektif, memuaskan, dan bermanfaat bagi pengguna. Penilaian meliputi kualitas sistem, kualitas informasi, kualitas layanan, kegunaan sistem, kepuasan pengguna, dan kebermanfaatan sistem. Pengguna menilai aplikasi mudah digunakan, konsisten, responsif, dan mampu menyediakan informasi yang relevan, lengkap, serta aman, sehingga mendukung pengambilan keputusan terkait skrining awal Stunting.

Aspek kualitas sistem menunjukkan bahwa aplikasi memberikan dukungan yang memadai, responsif terhadap kebutuhan pengguna, dan mampu menyesuaikan diri dengan kondisi operasional Puskesmas. Pengguna merasa puas dengan pengalaman penggunaan aplikasi, merasa terbantu dalam mengelola skrining awal stunting, dan terdorong untuk menggunakan kembali aplikasi ini secara rutin. Selain itu, aplikasi memberikan manfaat nyata berupa efisiensi waktu, pengurangan biaya operasional, dan peningkatan akses layanan bagi pasien. Sistem deteksi dini berkontribusi dalam meningkatkan efektivitas dan kualitas pelayanan skrining dini stunting melalui pendekatan perubahan perilaku berbasis *Behaviour Change Wheel* (BCW), dengan mendukung peningkatan kemampuan, kesempatan, dan motivasi tenaga kesehatan dalam memberikan dukungan *self-management*, sekaligus meningkatkan kenyamanan pasien dan memberikan nilai tambah yang signifikan bagi praktik klinis di tingkat Puskesmas [21].

3.7 Pembahasan Hasil Penelitian dan Rencana Pengembangan (Terintegrasi *Deployment*)

Penelitian ini berhasil menghasilkan sebuah aplikasi deteksi dini stunting yang dirancang untuk meningkatkan kualitas diagnosis melalui pendekatan personal dan berbasis bukti. Aplikasi ini mampu mengatasi sejumlah tantangan mendasar dalam sistem skrining konvensional, seperti keterbatasan akses informasi dan fragmentasi data, dengan menyajikan fitur diagnosis yang disesuaikan berdasarkan karakteristik individu anak (jenis kelamin, umur, dan tinggi badan), mengintegrasikan dataset Stunting yang relevan, serta menyediakan akses fleksibel tanpa mengharuskan kunjungan fisik ke Puskesmas. Hasil evaluasi melalui *blackbox testing* mengonfirmasi kelayakan operasional aplikasi, sementara pengukuran sesuai evaluasi menunjukkan capaian sangat baik pada kualitas sistem, informasi, dan layanan dengan skor manfaat sistem sebesar 98%.

Temuan ini mengindikasikan manfaat substantif yang dirasakan pengguna, berupa efisiensi waktu, optimasi proses diagnosis, dan peningkatan aksesibilitas layanan. Meskipun demikian, identifikasi celah perbaikan khususnya pada aspek fungsi antarmuka tetap diperlukan untuk meningkatkan pemahaman pengguna. Signifikansi manfaat aplikasi terlihat dari kemudahan akses online bagi orang tua yang menghilangkan kendala kunjungan awal, sekaligus menyederhanakan manajemen data kesehatan. Hal ini tidak hanya terbatas pada pemantauan tumbuh kembang anak, tetapi juga mendukung tenaga medis dan sistem kesehatan nasional melalui percepatan diagnosis dini dan peningkatan kualitas layanan kesehatan anak [22].

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, aplikasi deteksi dini Stunting yang dikembangkan terbukti mampu meningkatkan efisiensi layanan diagnosis melalui integrasi informasi dan fitur diagnostik yang terpusat. Keunggulan aplikasi terletak pada pendekatan personal yang mempertimbangkan karakteristik individu anak seperti jenis kelamin, usia, dan tinggi badan sehingga meningkatkan relevansi dan kualitas informasi. Hasil evaluasi menggunakan *blackbox testing* menunjukkan kelancaran seluruh fungsi aplikasi, sementara hasil evaluasi mengungkap manfaat signifikan yang meliputi efisiensi waktu dan biaya operasional, serta peningkatan aksesibilitas layanan, khususnya bagi orang tua dengan mobilitas terbatas akibat kesibukan kerja.

Meski telah menunjukkan efektivitas, beberapa penyempurnaan masih diperlukan, seperti pelatihan berkelanjutan bagi tenaga medis untuk optimalisasi aplikasi, perbaikan antarmuka pengguna guna meningkatkan kenyamanan bagi pengguna dengan literasi digital terbatas, serta integrasi dengan sistem rekam medis dan *platform* kesehatan lain untuk memperkuat manajemen data pasien dan efektivitas keputusan klinis. Ekspansi cakupan aplikasi ke daerah terpencil dan pengayaan fitur personalisasi juga menjadi rekomendasi kunci untuk meningkatkan akurasi diagnosis bagi anak dengan risiko Stunting yang lebih kompleks.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan rasa terima kasih yang tulus kepada Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Republik Indonesia, Lembaga Layanan Pendidikan Tinggi (LLDikti) Wilayah 8, serta Institut Teknologi dan Kesehatan (ITEKES) Bali atas pemberian kesempatan dan dukungan pendanaan untuk melaksanakan Penelitian Dosen Pemula (PDP) pada tahun 2025, yang tertuang dalam Surat Keputusan Nomor 129/C3/DT.05.00/PL/2025 serta Perjanjian Kontrak Penelitian Nomor 2166/LL8/AL.04/2025, DL.02.02.1723.TU.VI.2025.

REFERENSI

- [1] V. Saalino and R. Toding, "Gambaran Pengetahuan Orang Tua Tentang Kejadian Stunting Di Dusun Pangleon Wilayah Kerja Puskesmas Rantetayo Kabupaten Tana Toraja," *J. Ilm. Kesehat. Promot.*, vol. 9, no. 2, pp. 249–258, Jun. 2025, doi: 10.56437/jikp.v9i2.313.
- [2] N. W. S. Rahayuni, N. P. R. K. Indriana, N. K. N. Dwiyantri, and N. K. Noriani, "Level Of Knowledge, Education, Income And Parenting Patterns Of Toddler Children On Stunting Incidents," *JKM (Jurnal Kebidanan Malahayati)*, vol. 10, no. 10, pp. 988–995, Oct. 2024, doi: 10.33024/jkm.v10i10.17923.
- [3] M. Rismawan, I. G. S. Astawa, N. P. R. K. Indriana, N. M. P. Ningrum, and N. L. G. D. Wati, "Pemberdayaan Masyarakat Dalam Pemantauan Pertumbuhan Anak Sebagai Upaya Deteksi Dini Dan Pencegahan Stunting Di Desa Daup, Kecamatan Kintamani, Kabupaten Bangli," *J. Pengabd. Kpd. Masy. Bid. Ilmu Keperawatan Optim.*, vol. 1, no. 2, pp. 165–173, 2025, doi: <https://doi.org/10.5281/zenodo.15876070>.
- [4] R. Hasanah, F. Aryani, and B. Effendi, "Pemberdayaan Masyarakat Dalam Pencegahan Stunting Pada Anak Balita," *J. Masy. Madani Indones.*, vol. 2, no. 1, pp. 1–6, Jan. 2023, doi: 10.59025/js.v2i1.54.
- [5] L. Y. Armayanti and P. A. R. Darmayanti, "Perbedaan Tumbuh Kembang pada Balita Usia 2-5 Tahun dengan Stunting dan Non-Stunting," *J. Ilmu Kesehat. MAKIA*, vol. 12, no. 1, pp. 13–20, Feb. 2022, doi: 10.37413/jmakia.v12i1.184.
- [6] S. J. W. Astuti, S. S. Dwiningwarni, and S. Atmojo, "Modeling environmental interactions and collaborative interventions for childhood stunting: A case from Indonesia," *Dialogues Heal.*, vol. 6, pp. 1–11, Jun. 2025, doi: 10.1016/j.dialog.2025.100206.
- [7] A. V. Miranda *et al.*, "Valuing community health workers (CHWs): Opportunity costs and out-of-pocket spending among CHWs in the Indonesian stunting prevention program," *Clin. Epidemiol. Glob. Heal.*, vol. 33, pp. 1–6, May 2025, doi: 10.1016/j.cegh.2025.101982.

- [8] E. Wallengren *et al.*, “Relevance of the Sustainable Development Goals (SDGs) to Adolescent Health Measurement: A Systematic Mapping of the SDG Framework and Global Adolescent Health Indicators,” *J. Adolesc. Heal.*, vol. 74, no. 6, pp. S47–S55, Jun. 2024, doi: 10.1016/j.jadohealth.2024.01.004.
- [9] M. Cabanillas-Carbonell and J. Zapata-Paulini, “Evaluation of machine learning models for the prediction of Alzheimer’s: In search of the best performance,” *Brain, Behav. Immun. - Heal.*, vol. 47, pp. 1–9, Mar. 2025, doi: 10.1016/j.bbih.2025.100957.
- [10] G. Narasimhan and A. Victor, “Empirical analysis of predicting heart disease using diverse datasets and classification procedures of machine learning,” *Ain Shams Eng. J.*, vol. 16, no. 8, pp. 1–14, Aug. 2025, doi: 10.1016/j.asej.2025.103470.
- [11] M. Y. Eli, Y. P. K. Kelen, R. Rizald, and B. Baso, “Sistem Pendukung Keputusan Diagnosa Stunting Pada Balita Menggunakan Metode AHP Di Puskesmas Maubesi,” *Digit. Transform. Technol.*, vol. 3, no. 2, pp. 803–813, Dec. 2023, doi: 10.47709/digitech.v3i2.2926.
- [12] M. Cheung, A. Dimitrova, and T. Benmarhnia, “An overview of modern machine learning methods for effect measure modification analyses in high-dimensional settings,” *SSM - Popul. Heal.*, vol. 29, pp. 1–14, Mar. 2025, doi: 10.1016/j.ssmph.2025.101764.
- [13] M. Al-Husaini, I. Hoeronis, H. H. Lumana, and L. D. Puspareni, “Early Detection of Stunting in Toddlers Based on Ensemble Machine Learning in Purbaratu Tasikmalaya,” *J. Sist. dan Teknol. Inf.*, vol. 11, no. 3, pp. 487–495, Jul. 2023, doi: 10.26418/justin.v11i3.66465.
- [14] D. Sunaryo, Hamdan, A. Anggriani, C. Winata, and D. D. Alumi, “Corporate Financial Risk Trend Prediction Using ARIMA-Based Machine Learning: A Semantic Literature Review,” *J. Akunt. Manaj.*, vol. 3, no. 2, pp. 78–94, Nov. 2024, doi: 10.30656/jakmen.v3i2.9704.
- [15] A. Singla *et al.*, “Exploration of machine learning approaches for automated crop disease detection,” *Curr. Plant Biol.*, vol. 40, pp. 1–13, Dec. 2024, doi: 10.1016/j.cpb.2024.100382.
- [16] A. Jalil, A. Homaidi, and Z. Fatah, “Implementasi Algoritma Support Vector Machine Untuk Klasifikasi Status Stunting Pada Balita,” *G-Tech J. Teknol. Terap.*, vol. 8, no. 3, pp. 2070–2079, Jul. 2024, doi: 10.33379/gtech.v8i3.4811.
- [17] I. P. Putri, T. Terttiaavini, and N. Arminarahmah, “Analisis Perbandingan Algoritma Machine Learning untuk Prediksi Stunting pada Anak,” *MALCOM Indones. J. Mach. Learn. Comput. Sci.*, vol. 4, no. 1, pp. 257–265, Jan. 2024, doi: 10.57152/malcom.v4i1.1078.
- [18] N. Al Mudawi, “Developing a Model for Parkinson’s Disease Detection Using Machine Learning Algorithms,” *Comput. Mater. Contin.*, vol. 79, no. 3, pp. 4945–4962, 2024, doi: 10.32604/cmc.2024.048967.
- [19] A. L. Allison, D. Purkiss, F. Lorencatto, M. Miodownik, and S. Michie, “Improving compostable plastic disposal: An application of the Behaviour Change Wheel intervention development method,” *Front. Sustain.*, vol. 3, pp. 1–18, Aug. 2022, doi: 10.3389/frsus.2022.968152.
- [20] R. D. Aisyah, S. Suparni, and E. Subowo, “Pemanfaatan Aplikasi Starting (Smart Detection for Stunting) Dalam Deteksi Risiko Stunting,” *LINK*, vol. 20, no. 2, pp. 66–72, Dec. 2024, doi: 10.31983/link.v20i2.11870.
- [21] L. Timmermans, P. Decat, V. Foulon, A. Van Hecke, M. Vermandere, and B. Schoenmakers, “Facilitating self-management support using the behaviour change wheel (BCW) to address healthcare professionals’ behaviour,” *Int. J. Educ. Res. Open*, vol. 7, pp. 1–9, Dec. 2024, doi: 10.1016/j.ijedro.2024.100370.
- [22] J. Dyson and F. Cowdell, “How is the Theoretical Domains Framework applied in designing interventions to support healthcare practitioner behaviour change? A systematic review,” *Int. J. Qual. Heal. Care*, vol. 33, no. 3, pp. 1–15, Jul. 2021, doi: 10.1093/intqhc/mzab106.