

Rancang Bangun Sistem Informasi Deteksi Dini Stunting dengan Metode Artificial Neural Network

Hen Hen Lukmana¹, Muhammad Al-Husaini², Luh Desi Puspareni³, Irani Hoeronis⁴

¹Fakultas Tehnik dan Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas Siliwangi
Jalan Siliwangi No. 24 Kahuripan Tawang Kota Tasikmalaya

¹henhenlukmana@unsil.ac.id

²alhusaini@unsil.ac.id

³luhdesi@unsil.ac.id

⁴iranihoeronis@unsil.ac.id

Abstrak

Stunting pada anak merupakan masalah kesehatan malnutrisi kronis yang menjadi perhatian serius di Indonesia. Stunting dapat terjadi pada anak yang mengalami kekurangan gizi kronis, terutama pada usia 0-23 bulan. Faktor-faktor yang menyebabkan stunting pada anak sangat kompleks dan melibatkan berbagai faktor seperti gizi, kesehatan, sosial ekonomi, lingkungan, genetik dan perilaku. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan sistem informasi deteksi dini stunting menggunakan teknologi artificial neural network yang dilengkapi dengan *stacking classifiers* dengan dikombinasikan ensemble machine learning gradient boosting, random forest dan output estimator regresi logistik, selain itu pengembangan sistem ini dilakukan dengan menggunakan metode pengembangan waterfall. Sistem ini diharapkan dapat memprediksi risiko stunting secara akurat berdasarkan data pertumbuhan anak, serta memberikan rekomendasi intervensi yang tepat. Penggunaan neural network memungkinkan analisis data yang kompleks dan pembaruan model secara berkala dengan hasil rata-rata akurasi prediksi kombinasi beberapa algoritma menggunakan model *stacking classifiers* dan *cross validation* tersebut menghasilkan akurasi yang stabil di 86,22% berdasarkan dataset 10 ribu label target prediksi. Hasil dari penelitian berdasarkan model pengembangan dan pelatihan model ini mencakup analisis kebutuhan sistem, perancangan dan desain sistem dengan UML, implementasi sistem dengan fitur pengecekan stunting, artikel edukasi, konsultasi, login dan registrasi, dan hasil pengujian dengan System Usability Scale (SUS) dengan nilai rata-rata 81 yang termasuk pada grade A dan blackbox testing dengan hasil sesuai harapan.

Kata kunci: Stunting, Artificial Neural Network, Waterfall, System Usability Scale, Blackbox Testing

Development of an Early Detection Information System for Stunting Using the Artificial Neural Network Method

Abstract

Child stunting is a chronic malnutrition health problem that is a serious concern in Indonesia. Stunting can occur in children who experience chronic malnutrition, especially at the age of 0-23 months. The factors that cause stunting in children are very complex and involve various factors such as nutrition, health, socioeconomics, environment, genetics and behavior. This research aims to design and develop a stunting early detection information system using artificial neural network technology equipped with stacking classifiers combined with ensemble machine learning gradient boosting, random forest and logistic regression estimator output, in addition to developing this system using the waterfall development method. This system is expected to accurately predict the risk of stunting based on child growth data, and provide appropriate intervention recommendations. The use of neural networks allows complex data analysis and periodic model updates with the results of the average prediction accuracy of a combination of several algorithms using stacking classifiers and cross validation models resulting in a stable accuracy of 86.22% based on 10 thousand prediction target labels. The results of the research based on this model development and training model include system requirements analysis, system design and design with UML, system implementation with stunting checking features, , educational articles, consultations, login and registration, and test results with the System Usability Scale (SUS) with an average score of 81 which is included in grade A and black box testing with results as expected.

Keywords: Stunting, Artificial Neural Network, Waterfall, System Usability Scale, Blackbox Testing

I. PENDAHULUAN

Stunting pada anak merupakan salah satu masalah kesehatan malnutrisi kronis yang berkelanjutan yang masih menjadi perhatian serius pemerintah Indonesia [1]. Menurut hasil Survei Status Gizi Indonesia (SSGI) 2022, terdapat tren penurunan status gizi balita di Indonesia. Pada tahun 2019, persentase anak dengan status gizi buruk mencapai sekitar 27,7 persen. Angka ini kemudian menurun menjadi 24,4 persen di tahun 2021 dan terus menurun menjadi 21,6 persen di tahun 2022 [2] Meskipun hasil tersebut menunjukkan penurunan, masih banyak anak di bawah usia lima tahun yang mengalami keterlambatan pertumbuhan fisik dan perkembangan mental akibat kurangnya asupan gizi yang memadai [3].

Stunting dapat terjadi pada anak yang mengalami kekurangan gizi kronis, terutama pada usia 0-23 bulan [4]. Faktor-faktor yang menyebabkan stunting pada anak sangat kompleks dan melibatkan berbagai faktor seperti gizi, kesehatan, sosial ekonomi, lingkungan, genetik dan perilaku [5].

Faktor-faktor tersebut antara lain malnutrisi ibu hamil dan anak, pemberian MPASI yang tidak tepat, infeksi berulang, kesehatan ibu pada saat kehamilan, lingkungan yang tidak bersih, kemiskinan, pendidikan orang tua, akses terhadap air bersih dan sanitasi, kondisi lingkungan yang tidak seba, riwayat keluarga dengan masalah pertumbuhan, praktik pemberian ASI yang tidak tepat, dan pola asuh yang tidak memperhatikan gizi dan kesehatan anak [6]. Pengetahuan dan pemahaman tentang faktor-faktor tersebut oleh tenaga kesehatan dan masyarakat sangat penting dalam upaya pencegahan stunting [7].

Stunting tidak hanya menjadi masalah kesehatan, tetapi juga berdampak pada pembangunan sosial dan ekonomi suatu negara [8]. Anak-anak yang menderita stunting cenderung memiliki prestasi akademik yang lebih rendah, sistem kekebalan tubuh yang lemah, serta rentan terhadap penyakit dan masalah kesehatan lainnya. Dampak ini dapat terus berlanjut hingga dewasa dan menghambat potensi seseorang untuk mencapai kualitas hidup yang optimal [9].

Salah satu upaya untuk mengatasi stunting adalah dengan melakukan pendekatan pencegahan melalui edukasi untuk menumbuhkan kesadaran masyarakat dan pemantauan pertumbuhan anak secara rutin [10]. Namun, kesadaran masyarakat yang kurang mengenai status gizi anak, serta akses masyarakat terhadap layanan kesehatan dan pendidikan yang terbatas terutama bagi masyarakat yang berada di daerah 3T menjadi masalah yang sulit dipecahkan oleh pemerintah hingga saat ini [11].

Di era teknologi informasi yang berkembang pesat, penggunaan kecerdasan buatan, khususnya Neural Networks, menawarkan potensi besar untuk memperkuat upaya pencegahan dan penanganan stunting [12]. Dengan kemampuan untuk mengolah data yang besar dan kompleks serta melakukan prediksi dan analisis yang mendalam, Neural Networks dapat menjadi alat yang efektif untuk mengidentifikasi pola-pola yang terkait dengan risiko stunting pada anak.

Pengembangan aplikasi web yang mengintegrasikan teknologi Neural Networks untuk menganalisis data pertumbuhan anak akan memungkinkan prediksi risiko

stunting yang lebih akurat berdasarkan data yang dimasukkan. Hal ini akan memberikan rekomendasi yang lebih personal dan tepat sasaran untuk intervensi yang dibutuhkan [13]. Neural network dapat digunakan untuk memantau pertumbuhan anak secara berkelanjutan dengan menganalisis data pertumbuhan seperti data tinggi badan, berat badan, dan lingkaran kepala anak dari waktu ke waktu untuk mendeteksi tren yang menunjukkan potensi stunting. Neural network dapat melakukan deteksi anomali dengan mengidentifikasi penyimpangan dari pola pertumbuhan normal yang dapat menunjukkan risiko stunting [14].

Selain itu, penggunaan neural network dalam pengembangan aplikasi ini memungkinkan adaptasi dan pembaruan secara terus menerus berdasarkan data yang dikumpulkan dari pengguna, sehingga dapat meningkatkan akurasi dan efektivitas aplikasi [15].

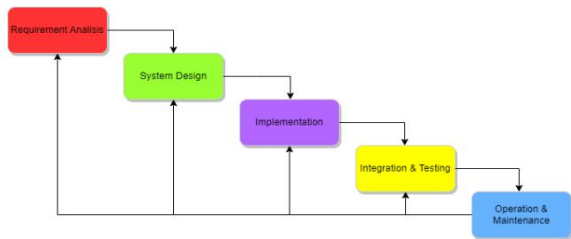
Penggunaan metode Waterfall dalam pengembangan aplikasi juga signifikan dalam upaya mengatasi masalah stunting pada anak. Metode Waterfall merupakan pendekatan terstruktur dalam pengembangan perangkat lunak, dimulai dari fase-fase perencanaan, analisis kebutuhan, desain, implementasi, pengujian, dan pemeliharaan [16]. Dalam konteks pengembangan aplikasi untuk pencegahan stunting, pendekatan ini memungkinkan adanya proses yang sistematis dan terstruktur, sehingga memastikan aplikasi yang dihasilkan memiliki fungsionalitas yang optimal dan sesuai dengan kebutuhan pengguna [17].

Dengan menggunakan pendekatan ini, setiap tahapan pengembangan aplikasi dilakukan secara menyeluruh dan terarah, sehingga hasil akhirnya dapat memberikan manfaat yang maksimal dalam upaya pencegahan dan penanganan stunting pada anak di Indonesia. Keunggulan metode Waterfall juga terletak pada kemampuannya untuk mengurangi risiko perubahan yang mendadak pada tahap pengembangan aplikasi, sehingga memungkinkan pengembangan untuk lebih efisien dalam mengelola proyek dan menjaga konsistensi dalam pencapaian tujuan pengembangan [18].

Melalui pendekatan inovatif ini, diharapkan dapat meningkatkan kesadaran dan pengetahuan masyarakat akan pentingnya gizi dan edukasi yang baik untuk tumbuh kembang anak yang optimal. Penelitian ini bertujuan untuk merancang bangun sistem informasi deteksi dini stunting menggunakan metode artificial neural network. Pengembangan aplikasi ini merupakan langkah konkret dalam upaya menurunkan angka stunting di Indonesia dan menciptakan perubahan positif bagi kesejahteraan anak di masa depan.

II. METODOLOGI

Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu menggunakan Waterfall. Metode ini merupakan pendekatan pengembangan sistem informasi yang dilakukan secara berurutan dan bertahap. Penelitian ini terbagi dalam lima tahapan: analisis kebutuhan sistem, perancangan dan desain sistem, pengkodean, pengujian, serta pemeliharaan.



Gambar 1 Metode Waterfall

1. Analisis Kebutuhan

Tahap ini merupakan langkah awal dalam mengembangkan program. Analisis kebutuhan sistem dilakukan melalui studi literatur dan pendekatan analisis deskriptif. Peneliti menggunakan metode systematic review dengan mencari artikel jurnal pada database Google Scholar.

2. Perancangan dan Desain Sistem

Pada tahapan ini dilakukan pemodelan perancangan sistem ini menggunakan flowchart dan diagram UML (UnifiedModelling Language), perancangan antarmuka sistem pengguna dan spesifikasi proses. Pada diagram UML yang dirancang yaitu sebagai berikut:

- a) Use case diagram
- b) Class diagram
- c) Activity diagram

3. Implementasi

Pada tahap implementasi ini dilakukan dengan mengimplementasikan desain sistem kedalam penulisan kode program. Dalam proses ini sistem yang telah dirancang menggunakan flowchart dan diagram UML dibuat menjadi unit program kecil untuk dilakukan pengujian fungsionalitasi program yang dikembangkan.

4. Pengujian

Setelah tahap coding selesai, tahap selanjutnya yaitu melakukan pengujian dengan 2 tahap, yaitu dengan System Usability Scale (SUS) dan pengujian blackbox testing.

5. Pemeliharaan (Maintenance)

Pada tahap maintenance ini dimulai setelah aplikasi selesai dan diserahkan kepada user pengguna Tim pengembang akan memperbaiki, memperbarui, dan mengembangkan perangkat lunak sesuai kebutuhan pengguna. Tahap ini memastikan perangkat lunak tetap berfungsi dengan baik dan mendapat upgrade berkala.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisis Kebutuhan

Tahap analisis kebutuhan merupakan langkah penting dalam memastikan bahwa perangkat lunak yang dikembangkan akan memenuhi kebutuhan dan harapan dari semua pemangku kepentingan yang terlibat. Adapun analisis kebutuhan dalam proses pembuatan aplikasi perhitungan stunting ini, yaitu sebagai berikut.

1. Kebutuhan Fungsional, yaitu kebutuhan yang mencakup proses-proses atau layanan yang harus disediakan oleh sistem. Kebutuhan fungsional ini meliputi:
 - a. Pencatatan data pertumbuhan dan perkembangan anak.
 - b. Edukasi tentang gizi dan perawatan anak.
 - c. Konsultasi daring dengan ahli gizi atau dokter.
 - d. Riwayat perkembangan anak.

2. Kebutuhan Non-Fungsional, yaitu kebutuhan yang berfokus pada sifat dan perilaku yang harus dimiliki oleh sistem. Kebutuhan non-fungsional ini meliputi:
 - a. Kinerja aplikasi harus responsif dan cepat dalam merespons permintaan pengguna untuk memastikan pengalaman pengguna yang lancar.
 - b. Kemampuan Skalabilitas, aplikasi harus dapat menangani peningkatan jumlah pengguna dan data tanpa mengalami penurunan kinerja yang signifikan.
 - c. Kepatuhan, aplikasi harus mematuhi standar dan peraturan yang berlaku dalam bidang kesehatan dan privasi data.
 - d. User Experience (UX), antarmuka pengguna harus ramah pengguna, mudah di navigasi, dan intuitif untuk memastikan pengalaman pengguna yang positif.

Adapun kebutuhan hardware dan software yang digunakan dalam pembuatan aplikasi ini dibagi menjadi 3 jenis yaitu desain website, frontend development dan backend development.

1. Desain Website

- Device name DESKTOP-QUQCAOJ
- Processor Intel(R) Core (TM) i3-8130U CPU @ 2.20GHz 2.20 GHz
- Installed RAM 4,00 GB (3,88 GB usable)
- Device ID B0FB6E43-6E28-463C-A655-D5FAFD63A229
- Pen and touch No pen or touch input is available for this display
- Software: Figma

2. Frontend Development

- Processor: Up to 9th Gen Intel Core i7-9750H, strong for gaming and multitasking.
- Graphics: NVIDIA GeForce GTX 1650 GPU with 4GB VRAM, handles modern games at medium to high settings.
- Memory and Storage: Up to 16GB DDR4 RAM, 256GB SSD for fast boot, 1TB HDD for storage.
- Display: 15.6-inch Full HD (1920x1080) IPS, good color accuracy and viewing angles.
- Battery: 59Wh battery, better life than previous models, but intensive gaming drains it quickly.
- Build and Design: Red-backlit keyboard, sturdy but thick and heavy.

3. Backend Development

- CPU: Intel Core i7-1360P
- RAM: 16GB LPDDR5
- GPU: Integrated Intel Iris XE
- Storag: SSD NVME Gen4x4 1TB

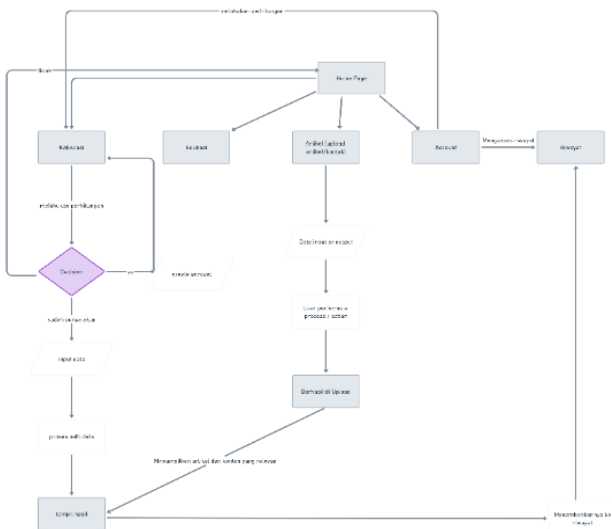
- Display: 14" OLED 2.8K 2880x1800
- Operating System: Fedora Linux 40
- Software: VSCode, Jupyter Lab, LibreOffice

B. Perancangan Desain

Dalam merancang aplikasi yang, kami akan mulai dengan pemahaman yang mendalam tentang kebutuhan pengguna melalui penelitian dan melihat aplikasi yang serupa.

Dalam proses desain, kami menggunakan UML (Unified Modeling Language) sebagai alat untuk menggambarkan struktur dan hubungan antara komponen-komponen aplikasi. Kami menggunakan diagram UML seperti use case diagram untuk menggambarkan interaksi antara pengguna dan sistem, class diagram untuk merepresentasikan entitas dan hubungan dalam aplikasi, activity diagram untuk menggambarkan alur kerja dan interaksi antara berbagai aktivitas dalam aplikasi dan sequence diagram yang digunakan untuk menggambarkan interaksi antara objek dalam sebuah sistem.

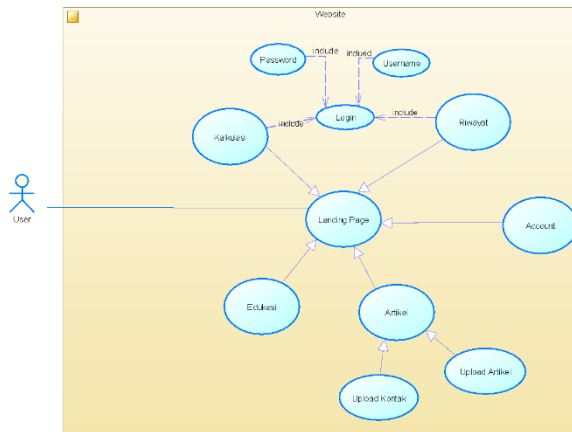
1. Flowchart



Gambar 2. Flowchart

Flowchart pada gambar 2 memberikan gambaran umum dari proses pembuatan website. User akan memasuki halaman Home pada saat pertama kali memasuki website. Yang mana di dalamnya terdapat sedikit pengenalan website dan beberapa menu pilihan menu pada navigasi. User yang belum memiliki akun bisa mengakses menu edukasi, artikel, dan account. Pada menu artikel sendiri user bisa mengupload artikel maupun kontak yang nantinya akan di jadikan rekomendasi pada hasil perhitungan. User yang sudah punya akun bisa melakukan perhitungan stunting dengan menginput data dan hasilnya akan langsung muncul beserta rekomendasi yang sudah di dapat pada proses sebelumnya. User yang sudah terdaftar juga bisa mengakses riwayat untuk memonitoring perkembangan anak yang sudah terdata dalam perhitungan stunting.

2. Use Case Diagram



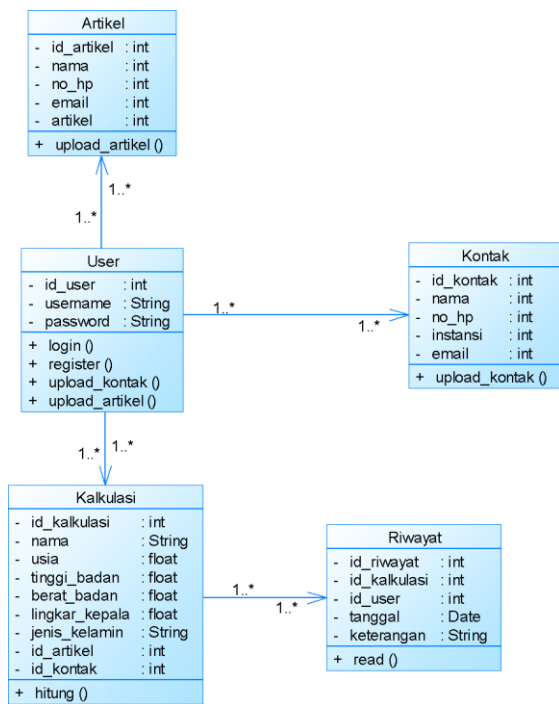
Gambar 3. Use Case Diagram

Use case diagram pada gambar 3 menampilkan satu aktor, yaitu User yang dapat mengakses berbagai fitur di website. Fitur-fitur ini mencakup: login, kalkulasi, riwayat, account, artikel, upload artikel, upload kontak, dan edukasi. Pengguna memulai interaksi dengan sistem melalui Landing Page, yang merupakan pusat akses ke semua fitur lainnya, untuk mengakses fitur-fitur yang memerlukan autentikasi, pengguna harus login dengan memasukkan username dan password (digambarkan dengan relasi include). Setelah berhasil login, pengguna dapat mengakses fitur kalkulasi untuk melakukan perhitungan tertentu, riwayat untuk melihat riwayat aktivitas, dan account untuk mengelola informasi akun mereka.

Pengguna juga dapat mengakses halaman artikel, yang memungkinkan mereka untuk membaca artikel yang tersedia. Di dalam fitur artikel, pengguna memiliki opsi untuk upload artikel dan upload kontak. Selain itu, terdapat fitur edukasi yang menyediakan konten edukatif untuk pengguna.

Secara keseluruhan, use case diagram ini memberikan gambaran singkat tentang bagaimana pengguna berinteraksi dengan berbagai fungsi yang tersedia di website, dimulai dari halaman utama (Landing Page) dan mencakup berbagai aktivitas seperti login, mengelola akun, melakukan kalkulasi, mengunggah konten, dan mengakses informasi edukatif.

3. Class Diagram

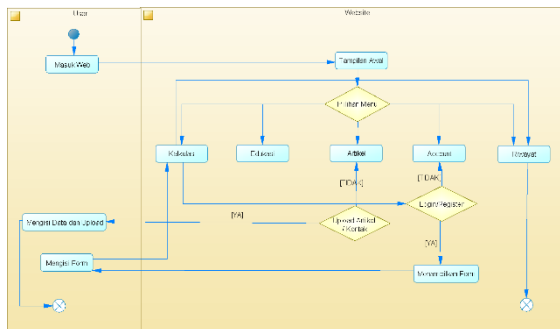


Gambar 4. Class Diagram

Hubungan antar kelas menunjukkan bahwa seorang pengguna dapat mengunggah banyak artikel dan kontak (One-to-Many), serta melakukan banyak kalkulasi yang dicatat dalam riwayat (One-to-Many). Proses dimulai dengan pengguna mendaftarkan diri dan login, kemudian mengunggah artikel dan kontak, melakukan kalkulasi, dan menyimpan hasil kalkulasi dalam riwayat.

Diagram ini memberikan gambaran tentang hubungan dan fungsi antar kelas dalam sistem manajemen artikel, kontak, kalkulasi data, dan riwayat kalkulasi.

4. Activity Diagram



Gambar 5. Activity Diagram

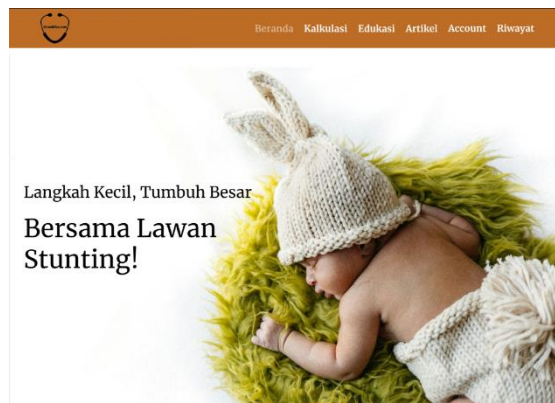
Activity diagram dimulai dengan pengguna mengakses halaman utama dari website. Langkah pertama yang dilakukan pengguna adalah melakukan login dengan memasukkan username dan password. Setelah login berhasil, pengguna dapat melakukan beberapa aktivitas utama: memasukkan data untuk perhitungan, mengunggah kontak, dan mengunggah artikel. Pengguna memasukkan data yang diperlukan untuk kalkulasi, kemudian sistem melakukan perhitungan berdasarkan data tersebut. Setelah perhitungan selesai, pengguna dapat memilih untuk

mengunggah kontak dengan menginput informasi kontak yang relevan ke dalam sistem atau mengunggah artikel baru. Di akhir proses, pengguna dapat melihat riwayat hasil perhitungan yang telah dilakukan sebelumnya. Diagram ini menggambarkan alur utama aktivitas pengguna, mulai dari login, melakukan kalkulasi, mengunggah data, hingga melihat riwayat, memberikan gambaran yang jelas tentang bagaimana pengguna berinteraksi dengan sistem untuk mencapai tujuannya.

C. Pemrograman

Implementasi sistem adalah penerapan kebutuhan pengguna berdasarkan rancangan yang telah dibuat sebelumnya ke dalam kode, sehingga menghasilkan aplikasi yang sesuai dan mampu memenuhi kebutuhan pengguna. Sistem ini diimplementasikan menggunakan website dengan bahasa pemrograman PHP, Javascript, HTML, dan CSS. Berikut ini adalah tampilan dari aplikasi yang telah dibuat.

1. Halaman Utama



Gambar 6. Halaman Utama

Gambar 6 merupakan halaman utama yang akan pertama kali dilihat oleh user yang membuka aplikasi ini. Tampilan sederhana, dengan gambar teks ajakan untuk melawan *stunting* serta fitur-fitur yang berada pada *navbar* dapat dengan mudah untuk diakses. Terdapat fitur kalkulasi, edukasi, artikel, *account*, dan riwayat.

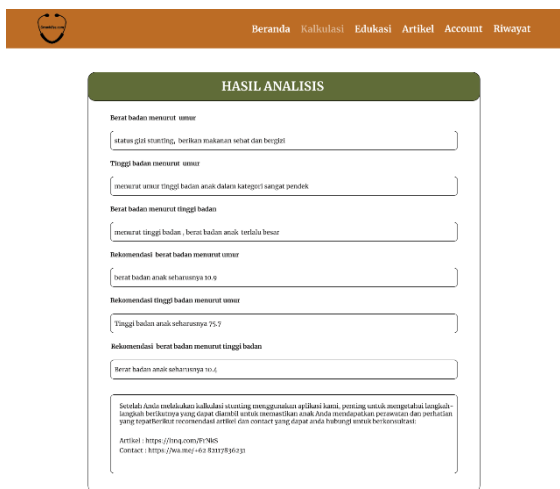
2. Halaman Kalkulasi



Gambar 7. Halaman Kalkulasi

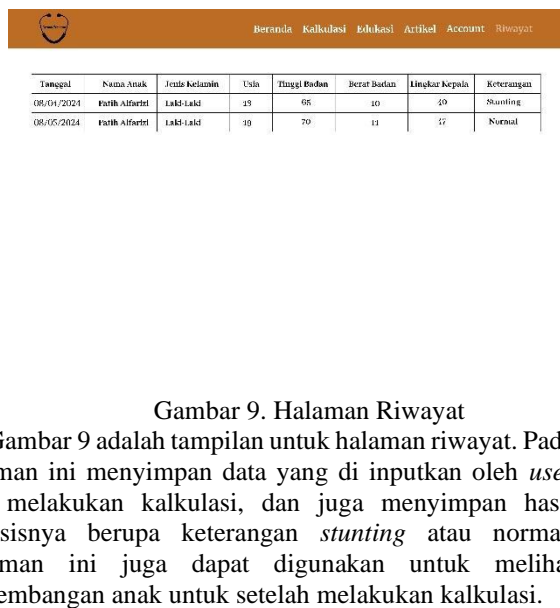
Gambar 7 merupakan halaman yang terdapat beberapa inputan dan *button* hitung yang dapat digunakan oleh *user* untuk melakukan kalkulasi, supaya *user* dapat mengetahui apakah anak yang datanya telah diinputkan tersebut termasuk *stunting* atau tidak. Data yang diinputkan yaitu

nama anak, jenis kelamin,usia , berat badan , tinggi badan dan lingkaran kepala. Setelah data diinputkan user dapat mengklik *button* hitung pastikan *user* sudah memiliki akun agar dapat mengetahui hasil analisisnya.



Gambar 8. Hasil Analisis

Gambar 8 merupakan tampilan hasil analisis dari data yang telah diinputkan pada halaman kalkulasi. Halaman ini akan muncul ketika *user* sudah mengklik *button* hitung. Tampilan sederhana, akan lebih di pahami oleh *user*. Hasil kalkulasi ini juga akan langsung tersimpan di halaman riwayat.



Gambar 9. Halaman Riwayat

Gambar 9 adalah tampilan untuk halaman riwayat. Pada halaman ini menyimpan data yang di inputkan oleh *user* saat melakukan kalkulasi, dan juga menyimpan hasil analisisnya berupa keterangan *stunting* atau normal. Halaman ini juga dapat digunakan untuk melihat perkembangan anak untuk setelah melakukan kalkulasi.

3. Halaman Edukasi



Gambar 10. Halaman Edukasi

Gambar 10 menunjukkan halaman bagian edukasi dengan latar belakang berwarna hijau. Pada bagian tengah halaman, terdapat ikon yang mewakili kategori edukasi yang tersedia. Masing-masing ikon dilengkapi dengan teks penjelasan singkat di bawahnya. Desain halaman ini sederhana namun informatif, dengan penekanan pada edukasi bagi pengunjung.



Gambar 11. Halaman Isi Edukasi

Tampilan pada gambar 11 menunjukkan bagian dari halaman edukasi yang lebih mendetail. Bagian atas halaman menampilkan menu navigasi dengan. Terdapat

penjelasann *sub-menu* yang mencakup kategori yang ada pada halaman edukasi.

4. Halaman Artikel



Gambar 12. Halaman Artikel

Gambar 12 merupakan halaman artikel dengan berbagai arkitel terkini *user* akan dengan mudah mendapatkan informasi informasi terbaru

5. Halaman Upload Artikel

ARTIKEL	KONSULTASI
Nama :	<input type="text"/>
Nomor Telephone :	<input type="text"/>
Email :	<input type="text"/>
Upload Artikel :	<input type="file"/>
<input type="button" value="SUBMIT"/>	

Gambar 13 Halaman Upload

Gambar 13 merupakan bagian dari halaman arikel. Pada tampilan ini berisi *form* yang dapat di isi oleh *user* dengan *input* nama, nomor *handphone*, email, dan upload file, terdapat 1 *button submit*. Artikel yang *user upload* akan menjadi rekomendasi pada halaman analisis hasil.

6. Halaman Upload Kontak

ARTIKEL	KONSULTASI
Nama :	<input type="text"/>
Alamat :	<input type="text"/>
Alamat Email :	<input type="text"/>
Nomor telepon :	<input type="text"/>
Email :	<input type="text"/>
<input type="button" value="SUBMIT"/>	

Gambar 14 Halaman Upload Kontak

Gambar 14 merupakan tampilan dibagian menu artikel. Pada halaman ini berisikan form sederhana yang digunakan untuk para ahli gizi atau kesehatan untuk menjadi bagian dari pencegahan *stunting* ini. Kontak yang telah diinputkan

pada form ini, akan di ditampilkan pada bagian hasil analisis. Jadi mempermudah user untuk dapat melakukan konsultasi.

7. Halaman Sign Up



Gambar 15. Halaman Sign Up

Gambar 15 merupakan halaman *sign up* yang digunakan untuk user yang akan membuat *account*. Pada tampilan ini *user* dapat menginputkan *username*, *email* dan *password*. Akun ini dapat mengakses ke semua fitur yang ada. Karena pada fitur kalkulasi jika belum memiliki *account* tidak dapat melihat hasil analisisnya.

8. Halaman Sign In

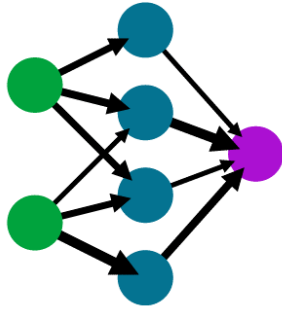


Gambar 16. Halaman Sign In

Pada gambar 16, menampilkan halaman log in dengan desain yang menarik dan lembut. Di bagian atas terdapat menu navigasi. Pada bagian utama halaman, terdapat formulir log in dengan dua kolom input untuk *username* dan *password*, serta tombol "Log In". Di bagian bawahnya, terdapat tautan untuk mengatur ulang kata sandi dengan teks "*Forgot Password?*" dan opsi untuk mendaftar account "*Don't have an account? Sign Up.*" Latar belakang halaman ini didominasi oleh gambar seorang bayi yang mengenakan topi rajut berbentuk telinga kelinci, tidur dengan damai di atas selimut berwarna hijau, memberikan kesan hangat dan ramah.

D. PENERAPAN NEURAL NETWORK PADA SISTEM

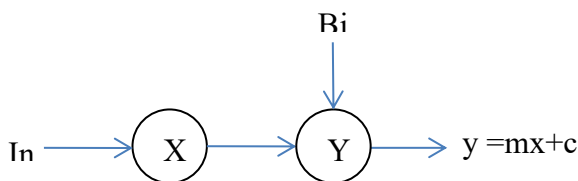
Model neural network (jaringan saraf tiruan) merupakan sistem komputasi yang terinspirasi oleh cara kerja otak manusia seperti pada gambar 17.



Gambar 17. Model Neural Network

Berikut adalah gambaran umum mengenai komponen utama dan cara kerja neural network seperti pada gambar 18:

1. Komponen Utama Neural Network
 - a. Neuron (Nodes) merupakan unit fundamental dari neural network, serupa dengan neuron dalam otak. Setiap neuron menerima input, memprosesnya, dan menghasilkan output.
 - b. Lapisan (Layers) pada komponen utama ini terdapat tiga lapisan, yaitu:
 - 1) Lapisan Input, pada lapisan ini menerima data mentah sebagai input.
 - 2) Lapisan Tersembunyi (Hidden Layers): Memproses input melalui beberapa lapisan untuk mengekstrak fitur kompleks.
 - 3) Lapisan Output Menghasilkan hasil akhir dari model.
 - c. Bobot (Weights), setiap koneksi antara neuron memiliki bobot yang menentukan seberapa kuat input tersebut mempengaruhi output.
 - d. Bias (Biases), nilai yang ditambahkan ke output dari setiap neuron untuk menggeser fungsi aktivasi.
 - e. Fungsi Aktivasi (Activation Functions), fungsi matematika yang menentukan output dari neuron. Contoh fungsi aktivasi termasuk ReLU, sigmoid, dan tanh.



Gambar 18. Input Output Neural Network

2. Cara Kerja Neural Network

a. Inisialisasi

Pada tahap inisialisasi ini , bobot dan bias diinisialisasi secara acak guna memberikan titik awal bagi jaringan neural dalam proses pembelajaran.

b. Feedforward

Data input diteruskan melalui jaringan dari lapisan input sampai lapisan output.

Setiap neuron pada lapisan menerima input, mengalikan input dengan bobotnya, menambahkan bias, dan menerapkan fungsi aktivasi. Proses ini menghasilkan output untuk menjadi dasar perhitungan selanjutnya.

c. Loss Calculation

Selisih antara output yang dihasilkan dan nilai target dihitung menggunakan fungsi loss tertentu. Misalnya, Mean Squared Error digunakan untuk regresi, sementara Cross-Entropyserng biasanya untuk klasifikasi.

d. Backpropagation

Proses pembelajaran di mana error yang dihitung disebarkan kembali melalui jaringan untuk memperbarui bobot dan bias.

e. Update Weights

Pada tahap ini, bobot dan bias diperbarui. Proses ini diulang selama beberapa iterasi hingga mencapai akurasi yang diinginkan. Tujuan dari tahapan ini yaitu untuk mengurangi loos secara bertahap dan akurasi yang diinginkan menjadi lebih andal dalam melakukan prediksi atau klasifikasi.

1. Proses Training

a. Dataset

Proses training ini dimulai dengan mengumpulkan email yang telah diberi label sebagai spam atau bukan spam. Dataset yang penting untuk memastikan model dapat belajar dalam membuat prediksi yang akurat. Dataset yang digunakan yaitu berdasarkan data pada tabel I yang berasal dari <https://www.kaggle.com/datasets/harnelia/faktor-stunting> kaggle untuk model yang akan dibuat dengan jumlah sebanyak 10.000 data dengan rincian pada tabel dataset stunting:

TABEL I
DATASET STUNTING

Nama Variabel	Kategori
Jenis Kelamin	Pria = 6204 Wanita = 3796
Umur	0-5 bulan = 0 6-11 bulan = 3827 12-23 bulan = 5430 24-35 bulan = 248
Berat Lahir	2.0 = 678 2.3 = 1130 2.7 = 483 2.8 = 3409 2.9 = 1807 3.0 = 1969 3.1 = 524
Panjang Lahir	48 449 49 7928 50 1623
Tinggi Badan Pengukuran	< 6.0 Kg = 610 6.0 – 6.9 Kg = 1931 7.0 – 7.9 Kg = 3000 8.0 – 8.9 Kg = 1722 9.0 – 9.9 Kg = 1520 10.0 – 10.9 Kg = 1217
Panjang Badan Pengukuran	< 50 cm = 702 50 – 59 cm = 0 60 – 69 cm = 5729 70 – 79 cm = 2492 80 – 89 cm = 492 90 – 99 cm = 585
Menyusui	No = 10000'
Stunting	Yes = 7955 No = 2045

b. Feedforward

Setiap email yang berada dalam dataset diproses melalui jaringan neural. Email email tersebut diteruskan melalui berbagai lapisan dalam jaringan, dengan melakukan transformasi bobot yang ada pada setiap lapisan jaringan yang dilaluinya.

c. Loss Calculation

Pada proses Los Calculation ini, melakukan perhitungan seberapa jauh prediksi yang dihasilkan oleh jaringan neural sebelumnya dari label asli yang benar.

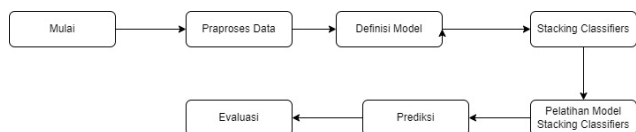
d. Backpropagation

Pada tahapan ini, error yang ditemukan pada hasil perhitungan loss disebarkan kembali melalui jaringan, dan bobot diperbarui menggunakan algoritma optimisasi.

e. Iterasi

Proses pada tahapan sebelumnya (feedforward, loss calculation, backpropagation) diulang berulang kali hingga model terlatih dengan baik dan mampu melakukan prediksi dengan tingkat keandalan yang diinginkan.

Dalam proses pembuatan aplikasi yang kami buat ada beberapa tahapan, yaitu :



Gambar 19. Alur Pelatihan Model Neural Network dan Model Lainnya

1. Pengumpulan dan Persiapan Data

a. Pengumpulan Data

Pengumpulan data yang relevan dengan masalah yang ingin dipecahkan. Jika aplikasi yang akan dibuat akan digunakan untuk memprediksi apakah seorang anak mengalami stunting, maka data yang akan dikumpulkan seperti tinggi badan, berat badan, umur, jenis kelamin, asupan nutrisi, riwayat kesehatan, dan faktor lingkungan.

b. Pra-pemrosesan Data

Data yang dikumpulkan perlu diproses sebelum digunakan untuk melatih model. Proses ini meliputi:

1) Pembersihan Data

Pembersihan data yang dimaksud pada tahapan ini yaitu penanganan nilai yang hilang, duplikasi, dan kesalahan.

2) Normalisasi/Standarisasi

Pada tahapan ini dilakukan perubahan skala data agar semua fitur memiliki rentang yang sama.

3) Pembagian Data

Tahapan terakhir yaitu membagi data menjadi set pelatihan dan validasi yaitu 80:20, validasi silang, evaluasi serta pengujian.

2. Definisi dan Pelatihan Model Neural Network

a. Pemilihan Arsitektur Model

Langkah pertama dalam pelatihan model neural network ini yaitu melakukan kombinasi menggunakan stack ensemble dengan gradient boosting dan randomforest classifiers adalah memilih jenis dan arsitektur jaringan saraf yang sesuai dengan masalah yang ingin dipecahkan. Berikut beberapa arsitektur digunakan tergantung pada jenis data dan kompleksitas masalah.

b. Pelatihan Model

Proses pelatihan menggunakan beberapa langkah penting, yaitu :

1) Penentuan Parameter

Pilih parameter yang optimal seperti jumlah lapisan, jumlah neuron per lapisan, fungsi aktivasi, optimizer, dan learning rate.

2) Iterasi dan Epochs

Model dilatih melalui iterasi (epoch) di mana setiap epoch model diperbarui untuk meminimalkan kesalahan (loss) seperti pada gambar 19.

Berikut ini arsitektur model yang dibangun untuk penggunaan neural network dengan program seperti pada tabel II .

3. Stacking Classifiers

Pada tahapan ini membangun model stacking yang menggabungkan hasil dari base estimators dengan beberapa Langkah seperti Base Estimators untuk Random Forest sebagai Model pertama, Gradient Boosting sebagai Model kedua, dan membangun model Neural Network sebagai Model ketiga, kemudian Final Estimator menggunakan Logistic Regression yaitu Model terakhir yang menggabungkan output dari base estimators untuk membuat keputusan akhir pada bagian ini terdapat input yang digunakan untuk prediksi dari base estimators dari setiap instance data, sehingga menghasilkan output prediksi akhir dari stacking model.

```

model = Sequential()
model.add(Dense(128, activation='relu', input_shape=(X_train.shape[1],)))
model.add(Dropout(0.5))
model.add(Dense(64, activation='relu'))
model.add(Dropout(0.5))
model.add(Dense(len(label_encoder.classes_), activation='softmax'))
model.compile(optimizer='adam', loss='categorical_crossentropy', metrics=['accuracy'])
return model

# Buat model Keras sebagai estimator Scikit-Learn
neural_net = KerasClassifier(build_fn=build_model, epochs=100, batch_size=8, verbose=0)

# Definisi model lainnya
f_model = RandomForestClassifier(n_estimators=100, random_state=42)
gb_model = GradientBoostingClassifier(n_estimators=100, random_state=42)

# Buat stacking classifier
stacked_model = StackingClassifier(
    estimators=[('rf', rf_model), ('gbm', gbm_model), ('nn', neural_net)],
    final_estimator=LogisticRegression()
)
  
```

Gambar 20. Stacking Classifiers Model RF, GB dan NN

4. Pelatihan Stacking Model

Pada tahapan ini base estimators dilatih dengan data pelatihan. Final estimator regresi logistik dilatih menggunakan prediksi dari base estimators sebagai fitur input dengan output yaitu model stacking yang telah terlatih dan siap untuk dilakukan evaluasi. Berikut ini arsitektur model yang dibangun untuk proses pelatihan seperti pada Tabel II dibawah.

TABEL II
ARSITEKTUR MODEL NEURAL NETWORK

No	Hidden Layer	Fungsi Aktivasi Output	Optimasi	Fungsi Loss
1	3 (32, 64, 128)	Softmax	Adam	Categorical Entropy
2	3 (32, 64, 128)	Sigmoid	Adam	Categorical Entropy
3	3 (32, 64, 128)	Softmax	Stochastic Gradient Descent (SGD)	Categorical Entropy
4	Stacking Classifier Model RF,GB, NN (64,128)	Softmax	Adam	Categorical Entropy

5. Prediksi dan Evaluasi Model

Hasil prediksi dilakukan suatu evaluasi kinerja menggunakan data validasi dan pengujian, dapat dilakukan setelah model terlatih. Metode evaluasi yang digunakan yaitu menggunakan pengukuran akurasi untuk klasifikasi dari pengukuran antropometri. Berikut ini hasil dari pengujian model yang dibangun menggunakan Neural Network untuk beberapa fitur dan arsitektur yang digunakan seperti hasil performa model pada Tabel III dan Tabel IV.

TABEL III
PERFORMA MODEL NEURAL NETWORK

No	Fungsi Aktivasi Output	Optimasi	Iterasi	Akurasi (%)	Validasi Akurasi
1	Softmax	Adam	100	89,03	83,63
2	Sigmoid	Adam	100	89,11	83,56
3	Softmax	Stochastic Gradient Descent (SGD)	100	86,80	85,19

TABEL IV
PERFORMA ESEMBLE STACKING CLASSIFIERS

No	Fungsi Aktivasi Output	Optimasi	Epochs	Cross Validasi Akurasi (%)
1.	Softmax	Adam	100	86,43
2.	Softmax	Adam	100	86,56
3.	Softmax	Adam	100	86,31
4.	Softmax	Adam	100	85,62
5.	Softmax	Adam	100	86,18

Berdasarkan evaluasi pengujian pada tabel III dan IV dengan beberapa parameter untuk dataset yang digunakan penggunaan fungsi aktivasi softmax dan optimasi Adam menghasilkan akurasi dan validasi yang masih belum stabil dengan akurasi validasi hanya kisaran 83,56% sampai dengan 85,19 %, sehingga diperbaiki oleh ensemble stacking classifier dengan dilengkapi validasi uji dari berbagai model yang dikombinasikan menggunakan cross validation yang menghasilkan rata-rata validation score atau *mean validation score* yaitu sebesar 86,22% Penggunaan beberapa parameter tersebut dikarenakan penggunaan fungsi aktivasi softmax, serta categorical entropy melalui penggunaan stacking ensemble yang menggabungkan beberapa model seperti random forest, gradient boosting dan model neural network sesuai untuk karakteristik permasalahan klasifikasi dan dapat digunakan untuk jenis klasifikasi multi kelas, selain itu penggunaannya dapat digunakan untuk jumlah data yang relatif cukup besar yaitu 10 ribu data dengan pembagian 80:20 pelatihan dan pengujian dengan hasil akurasi validasi pengujian yang stabil dan tidak terjadi *overfitting*.

E. Uji Coba

Pada tahap ini dilakukan ujicoba menggunakan SUS seperti pada tabel IV untuk mengetahui bagaimana usability dari sistem yang dikembangkan apakah memiliki user experiece yang baik atau tidak.

TABEL IV
HASIL UJI COBA SUS

Nam a	Q 1	Q 2	Q 3	Q 4	Q 5	Q 6	Q 7	Q 8	Q 9	Q 1 0	Ju m-Lah	Jum Lah * 2,5
User 1	5	2	5	4	5	3	5	3	5	3	40	100
User 2	4	2	4	3	4	2	4	2	4	3	32	80
User 3	4	1	5	1	3	2	5	1	4	5	31	77,5
User 4	5	1	5	2	5	1	5	2	5	2	33	82,5
User 5	3	2	5	4	4	3	4	4	4	3	36	90
User 6	5	1	5	1	5	1	5	1	5	1	30	75
User 7	3	3	3	2	4	2	3	2	3	4	29	72,5
User 8	4	5	4	4	4	4	4	4	4	4	41	102,5
User 9	4	2	5	3	5	3	4	3	3	4	36	90
User 10	3	2	4	2	4	3	4	3	4	3	32	80
User 11	5	1	5	2	5	1	5	1	5	1	31	77,5

User 12	5	2	4	3	4	2	4	4	4	5	37	92,5
User 13	3	2	5	2	4	2	4	2	4	4	32	80
User 14	3	3	4	1	4	2	4	2	2	2	27	67,5
User 15	4	2	4	2	4	2	4	1	4	2	29	72,5
User 16	3	3	3	2	4	2	3	2	3	4	29	72,5
User 17	3	2	4	3	4	2	3	1	3	4	29	72,5
User 18	3	4	4	3	4	4	4	3	4	4	37	92,5
User 19	3	3	3	1	2	3	2	3	3	2	25	62,5
User 20	5	1	5	2	5	1	5	1	5	2	32	80
RATA-RATA												81

Dari tabel IV dapat disimpulkan hasil rata rata uji coba SUS menunjukkan nilai rata-ratanya adalah 81 dengan score percentile rank pada tabel V di kategorikan sebagai grade A dengan begitu prototype dapat dilanjutkan kedalam proses pengkodean.

TABEL V
SUS SCORE PERCENTILE RANK

Grade	Keterangan
A	Skor >= 80,3
B	Skor >=74 dan <80,3
C	Skor >=68 dan <74
D	Skor >=51 dan <68
E	Skor < 51

Selanjutnya dilakukan pengujian blackbox testing seperti pada tabel VI untuk mengetahui apakah fitur yang terdapat pada sistem berjalan dengan lancar tanpa adanya bug error.

TABEL VI
HASIL BLACKBOX TESTING WEBSITE

Page	Pengujian	Hasil Yang Diharapkan	Hasil
Halaman Utama	Memasuki halaman	Menampilkan page halaman utama	Valid
Log In	Input username dan password	Memasuki halaman sebagai user yang sudah terdaftar	Valid
Register	Memasukan usernama, password dan email	Dapat disimpan di database	Valid
Profil	Mengklik menu profil	Dapat masuk ke halaman profil	Valid

Kalkulasi	Melakukan kalkulasi	Menampilkan hasil perhitungan	Valid
Riwayat	Mengklik menu riwayat	Menampilkan riwayat dari perhitungan sebelumnya yang dilakukan	Valid
Upload Kotak/Artikel	Mengupload kontak ataupun artikel melalui form yang disediakan	Tersimpan di database	Valid
Edukasi	Mengklik manu edukasi	Dapat masuk ke halaman edukasi	Valid

Hasil blackbox testing yang terdapat pada tabel diatas dapat disimpulkan bahwa semua fitur yang diuji pada aplikasi stunting ini berjalan sesuai yang di harapkan. Pada hasil blackbox testing ini menunjukkan hasil yang valid, yang berarti fitur fitur tersebut dapat berfungsi dengan baik.

V. KESIMPULAN

Sistem informasi ini dikembangkan dengan tujuan untuk memberikan estimasi akurat mengenai status gizi balita. Sistem Informasi ini memanfaatkan teknologi *Neural Network* untuk menganalisis data pertumbuhan balita secara efektif dan akurat, serta menyediakan akses yang mudah bagi pengguna seperti orang tua dan tenaga kesehatan. Fitur edukasi tentang stunting dalam aplikasi ini meningkatkan kesadaran dan pemahaman masyarakat mengenai penyebab, pencegahan, dan penanganan stunting. Fitur – fitur yang ada dalam aplikasi stunting ini yaitu fitur kalkulasi untuk melakukan perhitungan *stunting*, fitur edukasi, fitur artikel termasuk di dalamnya fitur *upload* artikel dan *upload* kontak untuk direkomendasikan pada hasil analisis, fitur riwayat serta fitur *account*. Hasil pengujian menggunakan *System Usability Scale* yaitu 81 berada pada rank A dan dari hasil pengujian yang lainnya seperti *blackbox testing* juga menunjukkan bahwa aplikasi ini memiliki tingkat akurasi yang tinggi dalam memprediksi pertumbuhan balita, membuktikan efektivitas penggunaan *Neural Network* dalam aplikasi ini.

Penelitian ini dapat memberikan kontribusi yang signifikan terhadap bidang studi kesehatan dan teknologi informasi. Penelitian ini menawarkan solusi yang akurat untuk prediksi risiko stunting pada anak. Implementasi metode ini dalam pengembangan aplikasi web dapat memberikan rekomendasi personal yang tepat sasaran untuk intervensi gizi.

Saran untuk penelitian selanjutnya dapat mengintegrasikan data tentang asupan gizi anak dengan memasukkan variabel seperti jumlah dan jenis makanan, frekuensi pemberian makanan, serta kandungan nutrisi dari setiap jenis makanan. Analisis ini akan membantu dalam memahami peran asupan gizi dalam pencegahan stunting. Pada penelitian selanjutnya dapat menambahkan data tinggi badan orang tua ke dalam model prediksi untuk meningkatkan akurasi dalam menentukan risiko stunting. Penelitian dapat mengkaji korelasi antara tinggi badan orang tua dan pertumbuhan anak, serta bagaimana faktor genetik ini berinteraksi dengan asupan gizi dan faktor lingkungan lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. H. Lukmana, M. Al-Husaini, I. Hoeronis, and L. D. Puspareni, "Perancangan Sistem Informasi Deteksi Dini Stunting Berbasis Website Menggunakan Metode User Center Design," *Technologia : Jurnal Ilmiah*, vol. 14, no. 3, pp. 299–310, Jul. 2023, doi: 10.31602/TJI.V14I3.12025.
- [2] Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, *BUKU SAKU Hasil Survei Status Gizi Indonesia (SSGI) 2022*. 2022. Accessed: Jun. 10, 2024. [Online]. Available: <https://repository.badankebijakan.kemkes.go.id/id/eprint/4855/>
- [3] Z. Wardani, D. Sukandar, Y. F. Baliwati, and H. Riyadi, "Sebuah Alternatif: Indeks Stunting Sebagai Evaluasi Kebijakan Intervensi Balita Stunting Di Indonesia," *GIZI INDONESIA*, vol. 44, no. 1, pp. 21–30, Mar. 2021, doi: 10.36457/gizindo.v44i1.535.
- [4] M. Al-Husaini, I. Hoeronis, H. Hen Lumana, and L. Desi Puspareni, "Early Detection of Stunting in Toddlers Based on Ensemble Machine Learning in Purbaratu Tasikmalaya," *JUSTIN (Jurnal Sistem dan Teknologi Informasi)*, vol. 11, no. 3, pp. 487–495, Jul. 2023, doi: 10.26418/JUSTIN.V11I3.66465.
- [5] T. Jepisa and L. Wati, "Faktor Yang Berisiko Kejadian Stunting Pada Balita", [Online]. Available: <https://journal-mandiracendikia.com/jikmc>
- [6] R. Hakim Xsanal, F. Putrawansyah, and R. Syahri, "Penerapan Algoritma C4.5 Untuk Prediksi Anak Stunting Di Kota Pagar Alam," *Jurnal Tekno Kompak*, vol. 18, no. 2, pp. 269–279, 2024, Accessed: Jun. 10, 2024. [Online]. Available: <https://ejurnal.teknokrat.ac.id/index.php/teknokompak/article/view/4078/1461>
- [7] P. Studi Keperawatan dan Pendidikan Ners, N. Dwi Yanti, F. Betriana, and I. Rahmayunia Kartika, "Faktor Penyebab Stunting Pada Anak: Tinjauan Literatur," *Real In Nursing Journal*, vol. 3, no. 1, pp. 1–10, 2020. [Online]. Available: <https://ojs.fdk.ac.id/index.php/Nursing/index>
- [8] I. Colanus, R. Drajana, and A. Bode, "Prediksi Status Penderita Stunting Pada Balita Provinsi Gorontalo Menggunakan K-Nearest Neighbor Berbasis Seleksi Fitur Chi Square," *Jurnal Nasional Komputasi dan Teknologi Informasi*, vol. 5, no. 2, pp. 309–316, 2022, Accessed: Jun. 10, 2024. [Online]. Available: <https://www.ojs.serambimekkah.ac.id/jnknti/article/view/4205/pdf>
- [9] K. Khotimah, "Dampak Stunting dalam Perekonomian di Indonesia," *Jurnal Inovasi Sektor Publik*, vol. 2, no. 1, pp. 113–132, 2022.
- [10] S. Bakhri Gaffar, N. Natsir, and M. Asri, "PKM Pencegahan Stunting melalui Pendidikan Keluarga," in *Seminar Nasional Hasil Pengabdian*, 2021, pp. 22–25. Accessed: Jun. 10, 2024. [Online]. Available: <https://ejurnal.teknokrat.ac.id/index.php/teknokompak/article/view/4078/1461>
- [11] H. H. Lukmana, M. Al-Husaini, I. Hoeronis, and L. D. Puspareni, "Pengembangan Sistem Informasi Deteksi Dini Stunting Berbasis Sistem Pakar Menggunakan Metode Forward Chaining," *Jutisi : Jurnal Ilmiah Teknik Informatika dan Sistem Informasi*, vol. 12, no. 3, Dec. 2023, doi: 10.35889/JUTISI.V12I3.1435.
- [12] B. Hasanah *et al.*, "Pemberdayaan Masyarakat Melalui Penyuluhan dan Aksi Dalam Penanggulangan Stunting di Kelurahan Drangong Kota Serang," *BANTENESE : JURNAL PENGABDIAN MASYARAKAT*, vol. 5, no. 1, pp. 82–91, Jun. 2023, doi: 10.30656/ps2pm.v5i1.6552.
- [13] S. Sa'idah, N. I. P. Y. N. Suparta, and E. Suhartono, "Modifikasi Convolutional Neural Network Arsitektur GoogLeNet dengan Dull Razor Filtering untuk Klasifikasi Kanker Kulit," *Jurnal Nasional Teknik Elektro dan Teknologi Informasi*, vol. 11, no. 2, pp. 148–153, 2022, Accessed: Jun. 10, 2024. [Online]. Available: https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://jurnal.ugm.ac.id/v3/JNTETI/article/download/2739/1660/&ved=2ahUKEwjmosTJptGGAXWqcmwGHQzUB3kQFn_oECBkQAQ&usq=AOvVaw0XINRzon2olle9ja9107eI
- [14] D. Arbanus Simbolon *et al.*, "Penerapan Jaringan Saraf Tiruan Dalam Memprediksi Gizi Balita Pada Puskesmas Siantar Utara Kota Pematangsiantar," *Brahmana : Jurnal Penerapan Kecerdasan Buatan*, vol. 1, no. 1, pp. 48–54, Dec. 2019, doi: 10.30645/BRAHMANA.V1I1.7.
- [15] M. F. Ghazali, A. Aqzela, C. Gracia, R. S. Febriningtyas, and D. Wijayanti, "Analisis Geospasial Kasus Stunting menggunakan Artificial Neural Network (ANN) di Kecamatan Gadingrejo, Pringsewu-Lampung," *Majalah Geografi Indonesia*, vol. 37, no. 1, p. 1, Sep. 2022, doi: 10.22146/mgi.70474.
- [16] Y. K. Jalang and H. Pramaditya, "Pengembangan aplikasi kesehatan ibu dan balita berbasis web untuk Puskesmas," *Journal of Information System and Application Development*, vol. 1, no. 1, pp. 58–67, Mar. 2023, doi: 10.26905/JISAD.V1I1.9859.
- [17] A. Abdul Wahid Sekolah Tinggi Manajemen Informatika dan Komputer Sumedang, "Analisis Metode Waterfall Untuk Pengembangan Sistem Informasi," *Jurnal Ilmu-Ilmu Informatika dan Manajemen STMIK*, pp. 1–5, 2020, [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/346397070>
- [18] H. H. Lukmana, M. Alhusaini, and V. Purwayoga, "Perancangan Sistem Informasi Perpustakaan

Digital Berbasis Website Menggunakan Metode Waterfall Di Jurusan Informatika Universitas Siliwangi,” *METHOMIKA: Jurnal Manajemen Informatika & Komputerisasi Akuntansi*, vol. 7, no. 2, pp. 340–346, Oct. 2023, doi: 10.46880/JMIKA.VOL7NO2.PP340-346.