

PREDIKSI RISIKO STUNTING PRAKEHAMILAN MENGGUNAKAN SISTEM PAKAR *CERTAINTY FACTOR* BERBASIS MOBILE

Muhamad Hadi Arfian¹, Noviandi^{2*}, Fahmi Zain³

Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer
Universitas Esa Unggul

Jalan Arjuna Utara No 9, Duri Kepa, Kecamatan Kebon Jeruk, Jakarta Barat
muhamad.arfian@esaunggul.ac.id¹, noviandi@esaunggul.ac.id^{2*},
fahmizain000@student.esaunggul.ac.id³

Abstrak

Stunting masih menjadi masalah kesehatan masyarakat yang serius, dan risikonya sering kali telah terbentuk sejak fase prakehamilan. Namun, solusi digital yang secara khusus mengintegrasikan skrining risiko individu, penalaran berbasis pengetahuan ahli, dan akses mobile untuk calon ibu masih terbatas. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan aplikasi mobile sistem pakar berbasis *Certainty Factor* (CF) yang dapat secara mandiri, cepat, dan edukatif memprediksi risiko stunting pada fase prakehamilan. Penelitian ini menggunakan pendekatan *design and development research* yang mencakup identifikasi kebutuhan, akuisisi pengetahuan, penyusunan basis pengetahuan dan aturan inferensi, perancangan sistem, serta implementasi aplikasi mobile. Dasar pengetahuan disusun untuk tiga kategori pengguna: perempuan prakonsepsi, perempuan yang pernah melahirkan, dan remaja berusia 19 tahun. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa performa sistem bervariasi antarkelompok, dengan akurasi sebesar 0,67 pada kelompok remaja dan pernah melahirkan, serta 0,52 pada kelompok prakonsepsi. Nilai precision dan recall juga menunjukkan pola serupa, yang mengindikasikan bahwa sistem lebih optimal pada kelompok dengan karakteristik risiko yang lebih terstruktur dibandingkan kelompok dengan determinan risiko yang lebih kompleks. Temuan ini menunjukkan bahwa integrasi sistem pakar berbasis CF dengan platform mobile tidak hanya mampu mendukung deteksi dini risiko stunting, tetapi juga menyediakan pendekatan yang adaptif terhadap perbedaan karakteristik pengguna, sehingga berpotensi meningkatkan efektivitas skrining berbasis siklus kehidupan.

Kata Kunci: Aplikasi mobile, *Certainty factor*, Deteksi dini, Sistem pakar, Stunting prakehamilan

Abstract

Stunting still a serious public health issue, and the risk often originates as early as the pre-prenant phase. However, digital solutions that specifically integrate individual risk screening, expert-based reasoning, and mobile access for expectant mothers are still limited, which hinders the ability to effectively address the stunting risk during the critical pre-prenant phase. This study aims to develop a Certainty Factor-based expert system mobile application capable of independently, quickly, and educationally predicting the risk of stunting during the pre-prenant phase. This study employs a design and development research approach encompassing needs identification, knowledge acquisition, the formulation of a knowledge base and inference rules, system design, and mobile application implementation. The knowledge base was designed for three user categories: women in the pre-prenant stage, women who have given birth, and 19-year-old adolescents. Evaluation results showed that system performance varied across groups, with an accuracy of 0.67 for the adolescent and postpartum groups and 0.52 for the pre-prenant group. The precision and recall values also show a similar pattern, indicating that the system performs better in groups with more structured risk characteristics than in groups with more complex risk determinants. These findings suggest that the integration of a CF-based expert system with a mobile platform is not only capable of supporting the early detection of stunting risk but also provides an adaptive approach to differences in user characteristics, so that it has potential to increase the effectiveness of life-cycle-based screening.

Keyword: Mobile application, *Certainty factor*, Early detection, Expert system, Pre-pregnancy stunting

PENDAHULUAN

Stunting masih menjadi masalah kesehatan masyarakat yang serius karena mencerminkan kekurangan gizi kronis yang berdampak lintas tahap kehidupan. Secara global, WHO melaporkan bahwa sekitar 149 juta anak balita mengalami stunting, dan beban tersebut terutama terkonsentrasi di negara berpendapatan rendah menengah (World Health Organization (WHO), 2024). Dampak stunting tidak

hanya dilihat dari gangguan pertumbuhan linear, tetapi juga berkaitan dengan hambatan perkembangan kognitif, penurunan capaian pendidikan, produktivitas ekonomi yang lebih rendah, serta peningkatan Risiko gangguan Kesehatan pada usia dewasa. di Indonesia, prevalensi stunting nasional berdasarkan hasil Survei Status Gizi Indonesia (SSGI) 2024 tercatat sebesar 19,8% (Kementerian Kesehatan RI, 2025), menunjukkan bahwa stunting tetap menjadi persoalan nasional dan belum terselesaikan secara tuntas. Dengan demikian, stunting tidak lagi dilihat dari masalah tinggi badan anak, melainkan sebagai masalah pembangunan manusia yang memerlukan penanganan lebih dini dan sistematis.

Permasalahan tersebut menjadi lebih kompleks karena akar risiko stunting sesungguhnya sering kali telah terbentuk sejak fase prakehamilan, bukan hanya pada saat kehamilan atau setelah anak lahir. Penelitian yang dilakukan (Haque et al., 2022), menemukan bahwa kesehatan dan status gizi perempuan sebelum konsepsi berpengaruh kuat terhadap luaran kehamilan dan pertumbuhan anak. Hal ini menegaskan bahwa perempuan yang sehat pada saat konsepsi memiliki peluang lebih besar untuk mengalami kehamilan dan melahirkan anak yang sehat. Selain itu, (Haque et al., 2022) menunjukkan adanya hubungan antara maternal underweight dan meningkatnya risiko stunting pada anak, sedangkan Nadhiroh et al., (2023), menekankan bahwa anemia maternal berasosiasi dengan stunting pada anak, khususnya di negara berkembang.

Hasil penelitian tersebut menegaskan bahwa strategi pencegahan yang berfokus pada 1000 hari pertama kehidupan belum cukup apabila tidak diikuti dengan deteksi dan intervensi sebelum kehamilan dimulai (Young et al., 2018). Ditengah kebutuhan tersebut, pemanfaatan teknologi digital membuka peluang untuk memperkuat pencegahan stunting melalui pendekatan yang lebih personal, cepat, dan mudah diakses. Penelitian-penelitian terdahulu menunjukkan bahwa aplikasi mobile pada periode prakehamilan berpotensi mendorong perubahan perilaku kesehatan, termasuk pola makan dan gaya hidup, sementara sistem pakar medis tetap relevan karena menawarkan transparansi penalaran dan kemudahan interpretasi bagi pengguna.

Penelitian yang dilakukan Musgrave et al. (2023) menunjukkan bahwa ada potensi aplikasi telepon genggam dalam mendukung perubahan perilaku pada perempuan usia reproduktif sebelum kehamilan. Studi yang dilakukan Oostingh et al (2020) dan Ng et al (2021) menunjukkan bahwa program mHealth dapat memperbaiki perilaku nutrisi dan gaya hidup pada fase prakonsepsi. Di sisi lain, ulasan Saibene et al. (2021) menegaskan bahwa expert system masih penting dalam domain medis ketika interpretabilitas keputusan dibutuhkan, sedangkan Zolfagharnasab et al. (2025) menunjukkan bahwa pendekatan Certainty Factor (CF) relevan untuk menangani ketidakpastian dalam diagnosis berbasis aturan. Dengan kata lain, kombinasi mobile health dan system pakar menjadi pendekatan yang logis untuk konteks skrining dini berbasis masyarakat.

Meskipun demikian, berdasarkan telaah terhadap studi-studi tersebut, masih terlihat kesenjangan penelitian yang penting: aplikasi prakehamilan yang ada lebih banyak berfokus pada perubahan perilaku umum dan peningkatan keterlibatan layanan, sedangkan studi sistem pakar medis umumnya tidak secara spesifik diarahkan pada prediksi risiko stunting pada calon ibu di masa prakehamilan. Artinya, masih terbatas solusi yang mampu mengintegrasikan skrining risiko individual, penalaran berbasis pengetahuan pakar, dan akses mobile dalam satu sistem yang mudah dipahami oleh pengguna awam. Oleh karena itu, penelitian ini menawarkan pengembangan sistem pakar berbasis mobile dengan metode *certainty factor* untuk memprediksi risiko stunting pada fase prakehamilan.

Metode CF dipilih karena mampu merepresentasikan tingkat keyakinan pakar ketika informasi yang diberikan pengguna bersifat tidak lengkap atau tidak pasti, sehingga hasil yang diperoleh tidak hanya berupa klasifikasi risiko, tetapi juga derajat kepastian yang lebih informatif (Desnelita et al., 2025). Dengan pendekatan tersebut, tujuan penelitian ini adalah merancang dan mengembangkan aplikasi mobile yang dapat membantu wanita usia subur melakukan deteksi dini risiko stunting secara mandiri, cepat, dan edukatif, sehingga pencegahan dapat dimulai lebih awal sebelum kehamilan terjadi.

PENELITIAN RELEVAN

Penelitian terkait stunting menunjukkan bahwa faktor maternal merupakan determinan penting dalam pembentukan risiko stunting anak, bahkan sebelum kehamilan. Penelitian (Nadhiroh et al., 2023)

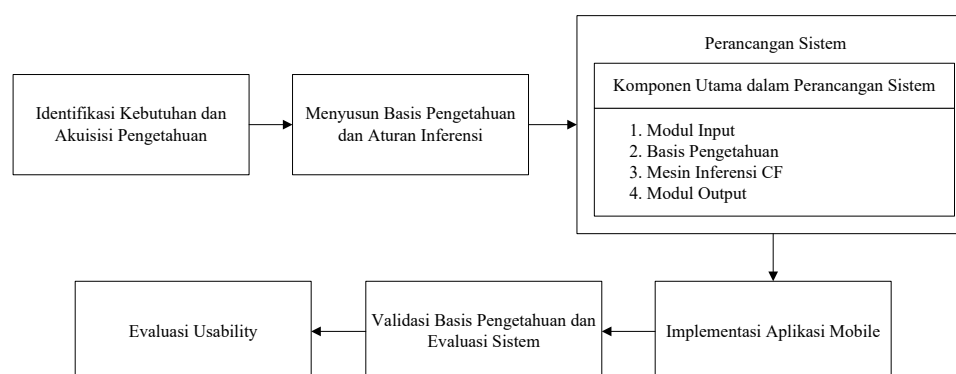
menunjukkan bahwa anemia maternal berasosiasi dengan kejadian stunting pada bayi dan anak usia 0-60 bulan, terutama di negara berkembang. Temuan ini menunjukkan bahwa pencegahan stunting tidak cukup difokuskan pada anak atau masa kehamilan saja, tetapi juga perlu diarahkan pada fase prakehamilan, saat kondisi gizi dan kesehatan calon ibu mulai membentuk risiko awal bagi pertumbuhan anak. Dari sisi intervensi digital, studi oleh Ng et al (2021) menunjukkan bahwa *smartphone-based lifestyle coaching* mampu memodifikasi perilaku perikonsepsi pada perempuan. Hal ini diperkuat oleh tinjauan sistematis (Musgrave et al., 2023) yang menyimpulkan bahwa aplikasi mobile pada fase *preconception* berpotensi mendorong perubahan perilaku kesehatan pada perempuan usia reproduktif.

Temuan ini mengindikasikan bahwa platform mobile tidak hanya berfungsi sebagai media informasi, tetapi juga sebagai sarana intervensi perilaku yang relevan untuk konteks kesehatan prakonsepsi. Dalam konteks pencegahan stunting berbasis aplikasi, Erika et al (2024) mengembangkan *stunting super app* sebagai *one-stop* untuk pencegahan dan penanganan stunting di Indonesia. Selain itu, Ratnawati et al (2025) menyatakan bahwa aplikasi mobile berpotensi menjadi alat transformatif untuk *early detection*, *education*, dan *intervention* pada isu stunting.

Namun, studi-studi tersebut masih lebih banyak berfokus pada ibu, balita, atau pencegahan umum, belum secara khusus menargetkan prediksi risiko stunting prakehamilan berbasis penalaran pakar. Pada sisi metode inferensi, Zolfagharnasab et al (2025) menunjukkan bahwa *rule-based expert system* dengan metode CF mampu mengevaluasi gejala dan menghasilkan tingkat keyakinan diagnosis. (Desnelita et al., 2025) juga menjelaskan dalam penelitiannya bahwa sistem pakar berbasis CF menghasilkan *certainty value* yang informatif. Berdasarkan studi tersebut, penelitian ini menawarkan kontribusi berupa pengembangan sistem pakar CF berbasis mobile untuk prediksi risiko stunting pada fase prakehamilan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan *design and development research* untuk merancang, membangun, dan mengevaluasi sistem pakar berbasis mobile dalam memprediksi risiko stunting pada fase prakehamilan. Sistem dikembangkan dengan metode *Certainty Factor* karena metode ini mampu mempresentasikan tingkat keyakinan pakar pada kondisi ketika informasi yang diberikan pengguna tidak lengkap atau tidak pasti (Noviandi et al., 2022). Fokus penelitian tidak hanya pada pembangunan aplikasi, tetapi juga pada validasi basis pengetahuan, akurasi inferensi, dan kelayakan penggunaan sistem. Proses pengembangan aplikasi di jelaskan dalam bentuk alur penelitian pada Gambar 1.



Gambar 1. Alur Penelitian

1. Identifikasi Kebutuhan dan Akuisisi Pengetahuan

Tahap awal penelitian difokuskan pada identifikasi kebutuhan sistem dan akuisisi pengetahuan domain sebagai dasar pengembangan sistem pakar berbasis mobile untuk prediksi risiko stunting

pada fase prakehamilan. Objek penelitian dibagi kedalam tiga kategori, yaitu perempuan prakonsepsi, perempuan pernah melahirkan, dan remaja usia 19 tahun. Klasifikasi ini ditetapkan untuk merepresentasikan perbedaan kesiapan reproduksi, kerentanan gizi, pengalaman kehamilan sebelumnya, dan kebutuhan informasi pada setiap kelompok sasaran.

Tabel 1. Klasifikasi Responden dan Pakar

No	Kategori	Jumlah Responden	Jumlah Responden Uji Sistem
1	Perempuan Prakonsepsi	10	21
2	Perempuan Pernah Melahirkan	10	15
3	Perempuan Remaja 19 Tahun	10	21
4	Ahli Gizi	2	

Identifikasi kebutuhan dilakukan melalui kajian literatur untuk menelusuri faktor-faktor risiko yang relevan, meliputi status gizi, anemia, indeks masa tubuh, riwayat penyakit, pola makan, dan indikator kesehatan reproduksi. Selanjutnya, akuisisi pengetahuan melalui wawancara semi-terstruktur dan *focus group discussion* dengan pakar gizi, dan bidan. Secara paralel, analisis kebutuhan pengguna dilakukan pada ketiga kelompok sasaran untuk mengidentifikasi kebutuhan informasi, bentuk pertanyaan yang mudah dipahami, dan preferensi penyajian hasil prediksi. Tahap ini menghasilkan spesifikasi kebutuhan sistem, daftar faktor risiko terverifikasi, definisi operasional indikator, dan basis pengetahuan awal sebagai dasar penyusunan aturan inferensi.

2. Menyusun Basis Pengetahuan dan Aturan Inferensi

Basis pengetahuan disusun dengan memetakan item kuesioner ke dalam domain risiko yang spesifik untuk perempuan prakonsepsi, perempuan pernah melahirkan, dan remaja usia 19 tahun. Basis pengetahuan disusun dari instrument yang telah dikelompokkan ke dalam domain risiko spesifik pada setiap kategori, dan kemudian konsistensi instrumen diuji dengan Cronbach's alpha menggunakan Persamaan (1) (Tavakol & Dennick, 2011).

$$\alpha = \frac{k}{k-1} = \left(1 - \frac{\sum \sigma_i^2}{\sigma^2}\right) \quad (1)$$

Selanjutnya, sistem pakar dikembangkan menggunakan metode *Certainty Factor*, dimana nilai keyankinan per-item di hitung dengan Persamaan (2), lalu dibangun dalam satu domain menggunakan Persamaan (3)(Sembiring et al., 2019).

$$CF_i = CF_{evidence,i} \times CF_{pakar,i} \quad (2)$$

$$CF_{combine} = CF_1 + CF_2(1 - CF_1) \quad (3)$$

Nilai CF domain kemudian dipetakan ke kategori risiko rendah, sedang, tinggi, dan sangat tinggi, serta diformalkan ke dalam aturan IF-THEN yang spesifik.

3. Perancangan Sistem

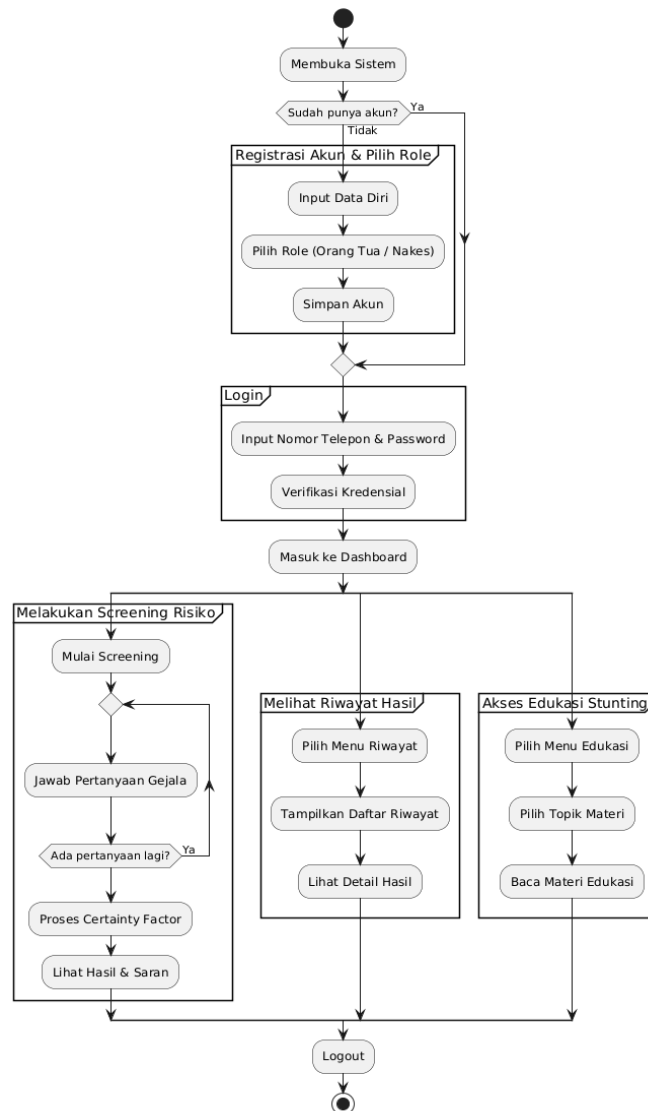
Perancangan sistem dilakukan untuk menerjemahkan kebutuhan fungsional dan mekanisme inferensi kedalam arsitektur aplikasi yang terstruktur dan dapat diimplementasikan. Kebutuhan fungsional dimodelkan menggunakan *use case diagram* (Gambar 2) untuk mengidentifikasi interaksi utama antara pengguna dan sistem, yang meliputi registrasi akun, pemilihan kategori pengguna, pelaksanaan skrining risiko, akses terhadap Riwayat hasil, serta akses terhadap materi edukasi.



Gambar 2. Use Case Diagram Sistem Pakar Deteksi Stunting

Alur operasional sistem selanjutnya dijabarkan melalui *activity diagram* (Gambar 3), yang menggambarkan urutan proses sejak autentikasi pengguna, pengisian item skrining, perhitungan CF, hingga penyajian hasil dan rekomendasi. Sementara itu, struktur konseptual sistem direpresentasikan melalui *class diagram* (Gambar 4) yang mencakup entitas inti, yaitu *user*, *category*, *domain*, *question*, *answer mapping*, *diagnosis*, *diagnosis answer*, *diagnosis domain*, dan *education*.

Activity Diagram Detail - Sistem Pakar Deteksi Stunting

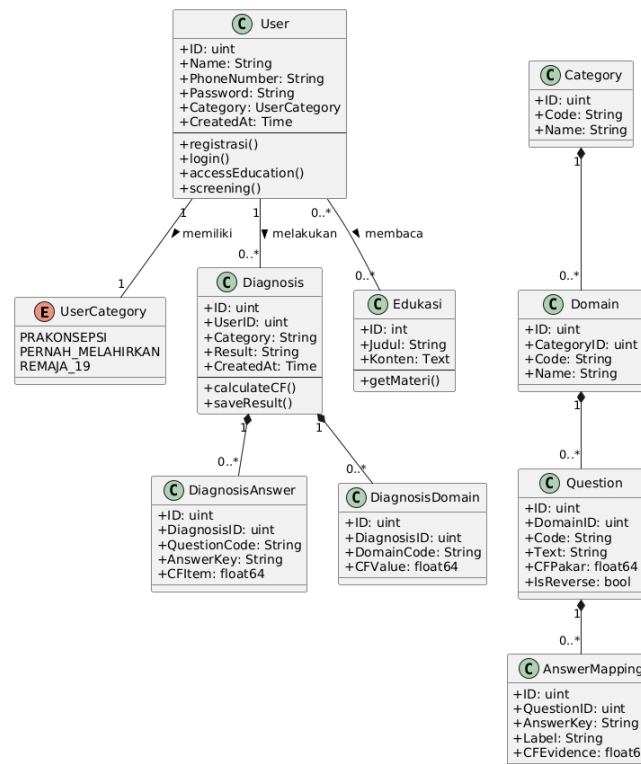


Gambar 3. Activity Diagram Sistem Pakar Deteksi Stunting

Secara arsitektural, sistem dirancang ke dalam empat komponen utama, yaitu modul *input*, basis pengetahuan, mesin inferensi CF, dan modul *output*. Rancangan ini memungkinkan integrasi yang konsisten antara akuisisi data pengguna, pengolahan evidensi, klasifikasi risiko, penyimpanan hasil, dan penyampaian edukasi dalam satu kerangka sistem yang modular, terukur, dan mendukung implementasi aplikasi skrining secara berkelanjutan. Normalisasi struktur data dilakukan untuk meminimalkan redundansi dan menjaga konsistensi data antar entitas selama proses inferensi dan penyimpanan hasil.

4. Implementasi Aplikasi Mobile

Implementasi aplikasi mobile dilakukan dengan merealisasikan rancangan sistem ke dalam aplikasi yang operasional dan terintegrasi. Bagian *frontend* dikembangkan menggunakan flutter untuk menghasilkan antarmuka yang responsif dan mudah digunakan, sedangkan *backend* dibangun menggunakan Go dengan *framework* fiber untuk menangani logika aplikasi, pengolahan data, dan eksekusi inferensi berbasis CF.



Gambar 4. Class Diagram Sistem Pakar Deteksi Stunting

Basis data MySQL digunakan untuk menyimpan data pengguna, domain risiko, item pertanyaan, pemetaan jawaban, aturan inferensi, materi edukasi, dan Riwayat hasil diagnosis. Dari sisi fungsional, aplikasi mencakup halaman beranda, pengisian kuesioner, hasil diagnosis, Riwayat hasil, dan edukasi Kesehatan. Setiap jawaban pengguna dikirimkan melalui API ke server untuk dipetakan ke nilai evidence dan diproses oleh mesin inferensi Bersama bobot pakar hingga menghasilkan klasifikasi risiko. Hasil inferensi kemudian ditampilkan kepada pengguna dan disimpan ke dalam basis data sebagai riwayat konsultasi, sehingga sistem mendukung tidak hanya deteksi dini, tetapi juga keterlacakan hasil penggunaan berulang secara berkelanjutan.

5. Validasi Basis Pengetahuan dan Evaluasi Sistem

Setelah sistem berhasil diimplementasikan, dilakukan validasi basis pengetahuan dan evaluasi performa klasifikasi. Validasi dilakukan dengan menelaah kembali aturan dan bobot yang digunakan dalam *rule base*, sedangkan evaluasi sistem dilakukan dengan membandingkan hasil klasifikasi

sistem dengan acuan penilaian. Kinerja sistem dievaluasi menggunakan *accuracy*, *sensitivity*, *specificity*, dan *Cohen's kappa* menggunakan Persamaan (4) (Dhamnetiya et al., 2022).

$$Accuracy = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN}$$

$$Sensitivity = \frac{TP}{TP + FN}$$

$$Specificity = \frac{TN}{TN + FP}$$

$$k = \frac{P_o - P_e}{1 - P_e}$$
(4)

Dengan TP adalah *true positive*, TN adalah *true negative*, FP adalah *false positive*, FN adalah *false negative*, P_o adalah proporsi kesepakatan teramati, dan P_e adalah proporsi kesepakatan karena peluang. Tahap ini bertujuan untuk menilai seberapa baik sistem mengenali resiko dan konsisten hasil dari sistem yang dikembangkan.

6. Evaluasi Usability

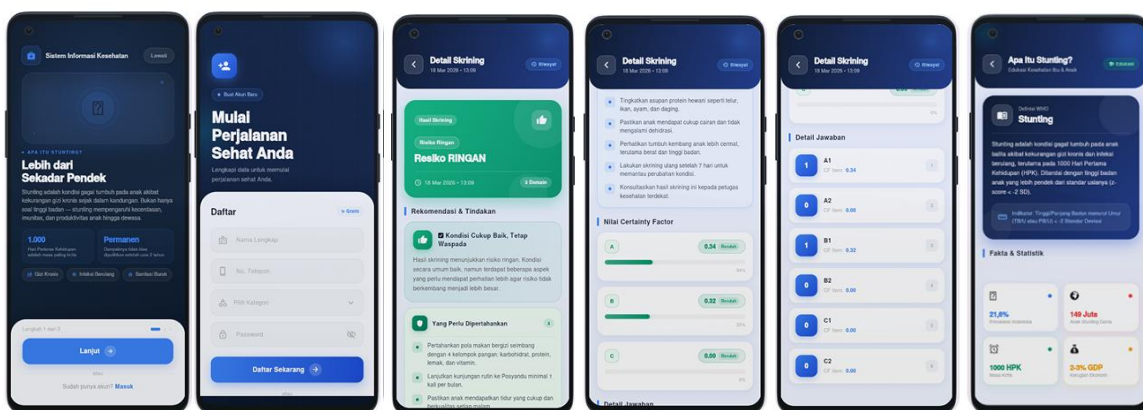
Sistem performa klasifikasi, kelayakan penggunaan aplikasi juga dievaluasi menggunakan *System Usability Scale* (SUS). Skor SUS dihitung menggunakan Persamaan (5) (Arifin, 2024).

$$SUS = 2.5 \times \left(\sum_{j=1, j \text{ odd}}^{10} (X_j - 1) + \sum_{j=2, j \text{ even}}^{10} (5 - X_j) \right)$$
(5)

Dengan X_j menyatakan skor respons pada item ke-j. Evaluasi ini bertujuan untuk menilai kemudahan pengguna, kejelasan antarmuka, dan penerimaan pengguna terhadap aplikasi. Dengan demikian, tahap *usability* tidak menilai akurasi model, tetapi menilai kelayakan aplikasi sebagai media skrining digital.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menghasilkan sebuah aplikasi mobile sistem pakar berbasis CF yang dirancang untuk mendukung deteksi dini risiko stunting pada fase prakehamilan. Sistem yang dikembangkan tidak hanya berfungsi sebagai alat skrining, tetapi juga sebagai media edukasi kesehatan yang mengintegrasikan identifikasi risiko penyimpanan riwayat hasil, dan penyampaian informasi preventif dalam satu platform. Dengan demikian, desain awal aplikasi tidak hanya bersifat teknis, tetapi juga mengandung strategi komunikasi Kesehatan sejak tahap pertama interaksi pengguna.



Gambar 5. Halaman Sistem Pakar Deteksi Stunting

Dari sisi interaksi awal, aplikasi dirancang melalui halaman splash, onboarding, login, dan registrasi untuk membangun pemahaman awal bahwa stunting bukan sekadar persoalan tinggi badan, tetapi

berkaitan dengan kekurangan gizi kronis serta dampak jangka panjang terhadap perkembangan kognitif dan produktivitas. Setelah autentikasi, pengguna diarahkan ke halaman home yang mengintegrasikan tiga fitur utama, yaitu skrining risiko, riwayat hasil, dan edukasi kesehatan.

Struktur ini menunjukkan bahwa aplikasi tidak dirancang sebagai alat deteksi sesaat, tetapi sebagai sistem yang mendukung penggunaan berulang, pelacakan hasil, dan penguatan tindakan preventif. Fungsi inti aplikasi diwujudkan melalui integrasi antara form kuesioner sebagai sumber evidence dan halaman detail diagnosis sebagai media penyajian hasil inferensi. Jawaban pengguna diproses oleh mesin Certainty Factor untuk menghasilkan kategori risiko, analisis per domain, rekomendasi tindakan, dan rincian respons, sehingga sistem tidak hanya memberikan klasifikasi akhir, tetapi juga menjaga transparansi dasar pengambilan keputusan.

Integrasi ini diperkuat oleh modul edukasi yang memuat informasi mengenai pengertian, ciri-ciri, prevalensi, risiko, dan langkah pencegahan stunting. Dengan demikian, aplikasi yang dihasilkan lebih tepat diposisikan sebagai platform skrining dan edukasi kesehatan yang mendukung deteksi dini sekaligus peningkatan literasi pengguna secara berkelanjutan. Basis pengetahuan sistem disusun secara kategori spesifik untuk menangkap heterogenitas risiko stunting pada perempuan prakonsepsi, perempuan pernah melahirkan, dan remaja usia 19 tahun. Struktur domain yang berbeda (Tabel 1) empat domain pada prakonsepsi, tiga pada perempuan pernah melahirkan, dan enam pada remaja 19 tahun menunjukkan bahwa risiko stunting tidak dapat diperlakukan secara generik, melainkan harus dimodelkan sesuai tahap kehidupan, kerentanan biologis, dan konteks social pengguna.

Kualitas struktur ini didukung oleh konsistensi internal instrument yang baik hingga sangat baik dengan nilai Cronbach's alpha total sebesar 0.758 pada prakonsepsi, 0.949 pada perempuan pernah melahirkan, dan 0.0796 pada remaja. Nilai alpha yang lebih rendah pada kelompok prakonsepsi justru menegaskan bahwa risiko pada fase ini bersifat lebih multidimensional, sehingga tidak bertumpu pada satu konstruk tunggal.

Tabel 2. Ringkasan Struktur Basis Pengetahuan dan Reliabilitas Instrumen per-Kategori Pengguna

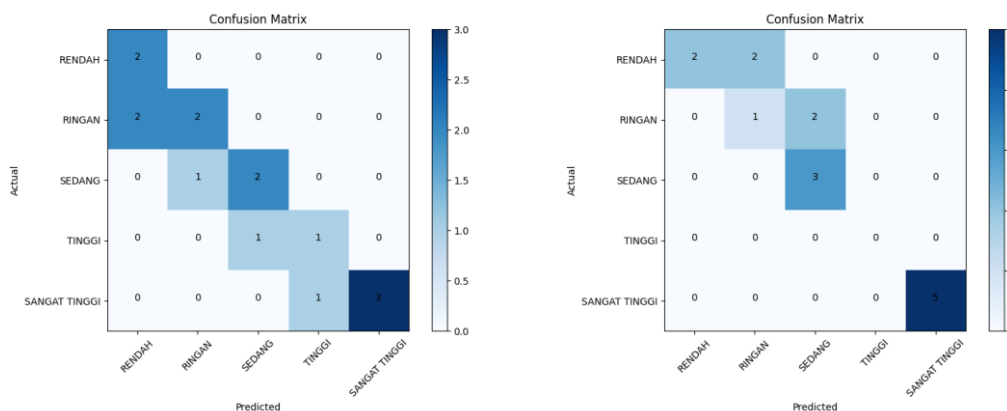
No	Kategori	Domain					
		A	B	C	D	E	F
1	Perempuan Prakonsepsi	0.998	0.983	0.807	0.787		
2	Perempuan Pernah Melahirkan	0.836	0.912	0.786			
3	Perempuan Remaja 19 Tahun	0.987	0.989	0.748	0.425	0.778	0.600

Rule base kemudian dibangun melalui pemetaan setiap item ke nilai *CF evidence* dan pembobotan CF pakar, yang menunjukkan bahwa indikator terkait suplementasi gizi, kerawanan pangan, paparan lingkungan, infeksi, dan faktor psikososial memiliki kontribusi paling kuat. Hasil agregasi pada tingkat domain memperlihatkan pola dominasi risiko yang berbeda antar kelompok: pada prakonsepsi, risiko terkonsentrasi pada gizi dan suplementasi (0,998) serta ketahanan pangan (0,983); pada perempuan pernah melahirkan, domain lingkungan fisik menjadi yang paling dominan (0,912); sedangkan pada remaja, dimensi biologis intergenerasional (0,987) dan pola makan (0,989) menempati posisi tertinggi.

Tabel 3. Rulebase Perempuan Prakonsepsi

Rules	Kondisi
R1	IF CF_A ≥ 0.70 AND CF_B ≥ 0.70 AND CF_C ≥ 0.70 AND CF_D ≥ 0.70 THEN RISIKO_STUNTING_PRAKONSEPSI = "SANGAT TINGGI"
R2	IF (minimal dua domain ≥ 0.70) OR (semua domain ≥ 0.50 tetapi tidak memenuhi R1) THEN RISIKO_STUNTING_PRAKONSEPSI = "TINGGI"
R3	IF (minimal satu domain 0.30 ≤ CF < 0.50) AND (tidak memenuhi R1 atau R2) THEN RISIKO_STUNTING_PRAKONSEPSI = "SEDANG"
R4	IF CF_A < 0.30 AND CF_B < 0.30 AND CF_C < 0.30 AND CF_D < 0.30 THEN RISIKO_STUNTING_PRAKONSEPSI = "RENDAH"

Temuan ini menunjukkan bahwa determinan risiko stunting bersifat kontekstual dan berubah menurut karakteristik populasi. Nilai-nilai domain tersebut selanjutnya diformalkan ke dalam aturan *IF-THEN* berbasis ambang agregatif, sehingga keputusan sistem tidak ditentukan oleh satu indikator tunggal, tetapi oleh akumulasi risiko antar-domain. Dengan demikian, kualitas sistem dalam penelitian ini tidak hanya bertumpu pada algoritma CF, tetapi terutama pada kedalaman representasi pengetahuan yang berhasil mengintegrasikan reliabilitas instrumen, pembobotan pakar, dan struktur risiko multidomain ke dalam model inferensi yang operasional.



Gambar 6. Confusion Matrix

Performa sistem menunjukkan variasi antar kelompok populasi. Kelompok perempuan remaja dan melahirkan memperlihatkan kinerja yang sebanding, sedangkan performa pada kelompok prakonsepsi venterung lebih rendah (Tabel 4). Pola ini mengindikasikan bahwa sistem lebih efektif dalam mengklasifikasikan kelompok dengan karakteristik risiko yang lebih terstruktur, dibandingkan dengan kelompok prakonsepsi yang memiliki determinan risiko yang lebih kompleks.

Tabel 4. Hasil Evaluasi Sistem

Dataset	Accuracy	Precision	Recall
Perempuan remaja 19 tahun	0,67	0,75	0,68
Perempuan pernah melahirkan	0,67	0,67	0,68
Perempuan prakonsepsi	0,52	0,59	0,51

Dibandingkan dengan penelitian sebelumnya (Muttaqin & Pratama, 2022), yang berfokus pada sistem informasi atau pemetaan wilayah tanpa evaluasi performa (Sa et al., 2023), penelitian ini memberikan kontribusi melalui pendekatan kuantitatif berbasis klasifikasi. Integrasi sistem informasi atau pemetaan wilayah tanpa evaluasi pada tiga kelompok populasi menjadi keunggulan dalam mendukung deteksi dini risiko stunting.

SIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan aplikasi mobile sistem pakar berbasis *Certainty Factor* untuk memprediksi risiko stunting pada fase prakehamilan. Sistem yang dihasilkan tidak hanya mendukung fungsi skrining dini, tetapi juga mengintegrasikan riwayat hasil dan edukasi kesehatan dalam satu platform, sehingga lebih tepat diposisikan sebagai media deteksi dini sekaligus penguatan literasi kesehatan pengguna. Basis pengetahuan yang dibangun secara kategori-spesifik untuk perempuan prakonsepsi, perempuan pernah melahirkan, dan remaja usia 19 tahun menunjukkan bahwa risiko stunting bersifat multidimensional dan tidak dapat dimodelkan secara generik. Struktur ini diperkuat oleh konsistensi internal instrumen yang baik hingga sangat baik, yang mendukung kelayakan basis pengetahuan sebagai dasar inferensi sistem.

Hasil penyusunan rule base dan agregasi nilai *Certainty Factor* menunjukkan bahwa determinan risiko dominan berbeda pada setiap kelompok pengguna. Temuan ini menegaskan bahwa kualitas sistem tidak hanya ditentukan oleh algoritma inferensi, tetapi juga oleh kedalaman representasi pengetahuan multidominan. Namun demikian, penelitian ini memiliki keterbatasan, antara lain jumlah sampel yang relative terbatas, ketergantungan pada basis pengetahuan pakar yang bersifat subjektif, serta belum

dilakukan validasi eksternal pada populasi yang lebih luas. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk memperluas dataset, melakukan validasi lintas populasi, serta mengintegrasikan pendekatan machine learning untuk meningkatkan akurasi dan adaptivitas sistem dalam mendukung deteksi dini risiko stunting.

DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, S. R. (2024). System Usability Scale (SUS) implementation in Ruang Baca Virtual – UT Library. *MATRIX: Jurnal Manajemen Teknologi Dan Informatika*, 14(1), 1–8. <https://doi.org/10.31940/matrix.v14i1.1-8>.
- Desnelita, Y., Cesar, M., Gustientiedina, G., Hajjah, A., & Putri, R. N. (2025). Implementation of Certainty Factor Method in Mental Health Diagnosis Expert System in Adolescents Aged 18 – 24 Years. *Journal of Applied Business and Technology*, 6(1), 42–51. <https://doi.org/10.35145/jabt.v6i1.195>.
- Dhamnetiya, D., Jha, R. P., Shalini, S., & Bhattacharyya, K. (2022). How to Analyze the Diagnostic Performance of a New Test? Explained with Illustrations. *Journal of Laboratory Physicians*, 14(01), 090–098. <https://doi.org/10.1055/s-0041-1734019>.
- Erika, K. A., Fadhilah, N., Latif, A. I., Hasbiah, N., Juliaty, A., Achmad, H., & Bustamin, A. (2024). Stunting Super App as an Effort Toward Stunting Management in Indonesia: Delphi and Pilot Study. *JMIR Human Factors*, 11. <https://doi.org/10.2196/54862>.
- Haque, R., Alam, K., Rahman, S. M., Mustafa, M. U. R., Ahammed, B., Ahmad, K., Hashmi, R., Wubishet, B. L., & Keramat, S. A. (2022). Nexus between maternal underweight and child anthropometric status in South and South-East Asian countries. *Nutrition*, 98. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2022.111628>.
- Kementerian Kesehatan RI. (2025). *SSGI 2024: Prevalensi Stunting Nasional Turun Menjadi 19,8%*. <https://kemkes.go.id/id/ssgi-2024-prevalensi-stunting-nasional-turun-menjadi-198?>
- Musgrave, L., Cheney, K., Dorney, E., Homer, C. S. E., & Gordon, A. (2023). Addressing Preconception Behavior Change Through Mobile Phone Apps: Systematic Review and Meta-analysis. *Journal of Medical Internet Research*, 25. <https://doi.org/https://doi.org/10.2196/41900>.
- Muttaqin, M., & Pratama, R. A. (2022). Rancang Bangun Sistem Informasi Pendataan dan Monitoring Tumbuh Kembang Anak Sebagai Upaya Pencegahan Stunting Desa Kotapari. *Jurnal Nasional Teknologi Komputer*, 2(4).
- Nadhiroh, S. R., Micheala, F., Tung, S. E. H., & Kustiawan, T. C. (2023). Association between maternal anemia and stunting in infants and children aged 0–60 months: A systematic literature review. In *Nutrition* (Vol. 115). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2023.112094>.
- Ng, K. Y. B., Steegers-Theunissen, R., Willemsen, S., Wellstead, S., Cheong, Y., & Macklon, N. (2021). Smartphone-based lifestyle coaching modifies behaviours in women with subfertility or recurrent miscarriage: a randomized controlled trial. *RBMO*, 43(1). <https://doi.org/10.1016/j.rbmo.2021.04.003>.
- Noviandi, N., Aryani, D., & Ichwani, A. (2022). Sistem Pakar Diagnosis Tingkat Stres Berbasis Android dengan Metode Certainty Factor. *Jurnal Media Informatika Budidarma*, 6(4), 2367. <https://doi.org/10.30865/mib.v6i4.4727>.
- Oostingh, E. C., Koster, M. P. H., van Dijk, M. R., Willemsen, S. P., Broekmans, F. J. M., Hoek, A., Goddijn, M., Klijn, N. F., van Santbrink, E. J. P., Steegers, E. A. P., Laven, J. S. E., & Steegers-Theunissen, R. P. M. (2020). First effective mHealth nutrition and lifestyle coaching program for subfertile couples undergoing in vitro fertilization treatment: a single-blinded multicenter randomized controlled trial. *Fertility and Sterility*, 114(5), 945–954. <https://doi.org/10.1016/j.fertnstert.2020.04.051>.
- Ratnawati, F., Hardinata, N., & Supendi. (2025). Development of a Certainty Factor-Based Expert System for Nutrition Consultation and Stunting Prevention in Coastal Areas: A Case Study of Bengkalis Regency. *Jurnal Teknologi Dan Open Source*, 8(2), 539–553. <https://doi.org/10.36378/jtos.v8i2.4858>.
- Sa, M. R., Siregar, adah, & Amanda Putri, R. (2023). Sistem Informasi Geografis Dalam Monitoring Daerah Prioritas Penanganan Stunting Pada Anak Di Kota Medan. *Journal of Science and Social Research*, 6(3), 643–648. <http://jurnal.goretanpena.com/index.php/JSSR>.
- Saibene, A., Assale, M., & Giltri, M. (2021). Expert systems: Definitions, advantages and issues in medical field applications. In *Expert Systems with Applications* (Vol. 177). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2021.114900>.
- Sembiring, A. S., Sulindawaty, Manahan, O., Napitupulu, M. H., Hasugian, P. S., Riandari, F., Mahdalena Simanjorang, R., Simangunsong, A., Utami, Y., & Sihotang, H. T. (2019). Implementation of Certainty Factor Method for Expert System. *Journal of Physics: Conference Series*, 1255(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1255/1/012065>.
- Tavakol, M., & Dennick, R. (2011). Making sense of Cronbach's alpha. In *International journal of medical education* (Vol. 2, pp. 53–55). <https://doi.org/10.5116/ijme.4dfb.8dfd>.
- World Health Organization (WHO). (2024, March 1). *Malnutrition*. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/malnutrition?>
- Young, M. F., Nguyen, P. H., Casanova, I. G., Addo, O. Y., Tran, L. M., Nguyen, S., Martorell, R., & Ramakrishnan, U. (2018). Role of maternal preconception nutrition on offspring growth and risk of stunting across the first 1000 days in Vietnam: A prospective cohort study. *PLoS ONE*, 13(8). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0203201>.
- Zolfagharnasab, M. H., Damari, S., Soltani, M., Ng, A., Karbalaiepour, H., Haghadi, A., Saghayan, M. H., & Matinfar, F. (2025). A novel rule-based expert system for early diagnosis of bipolar and Major Depressive Disorder. *Smart Health*, 35. <https://doi.org/10.1016/j.smhl.2024.100525>.