

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan teknologi informasi dan transformasi digital dalam bidang kesehatan telah mendorong perubahan dalam pengelolaan data kesehatan. Di Indonesia, transformasi digital kesehatan juga terus dikembangkan melalui berbagai kebijakan, salah satunya melalui implementasi SATUSEHAT sebagai platform integrasi data kesehatan nasional. Selain itu, kebijakan Satu Data Indonesia mendorong pengelolaan data yang lebih terstandarisasi dan terintegrasi antarinstansi sehingga data kesehatan dapat dimanfaatkan secara lebih optimal untuk mendukung analisis dan pengambilan keputusan berbasis data [1], [2]. Data yang sebelumnya hanya digunakan sebagai kebutuhan administrasi mulai dimanfaatkan sebagai sumber informasi yang dapat membantu proses perencanaan, pemantauan, dan evaluasi program kesehatan [3]. Pemanfaatan teknologi seperti data *analytics* dan *Artificial Intelligence* (AI) memungkinkan data kesehatan rutin diolah menjadi informasi yang lebih bermakna sehingga dapat membantu tenaga kesehatan dalam melakukan identifikasi risiko dan menentukan prioritas intervensi secara berbasis data [1], [2]. Permasalahan kesehatan seperti stunting masih menjadi salah satu tantangan yang membutuhkan perhatian, terutama karena proses identifikasi risiko dan penentuan intervensi membutuhkan dukungan informasi yang akurat. Secara global, pada tahun 2020 terdapat 149,2 juta balita atau sekitar 22,0% yang menderita stunting di seluruh dunia [4]. Indonesia berada pada peringkat ke-27 dari 154 negara, sedangkan di kawasan Asia Indonesia berada di peringkat ke-5 dalam tingkat prevalensi stunting [5]. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa upaya penanganan stunting tidak hanya membutuhkan intervensi langsung, tetapi juga pemanfaatan data kesehatan yang mampu membantu proses identifikasi risiko secara lebih tepat. Salah satu permasalahan kesehatan yang membutuhkan pemanfaatan data secara optimal adalah pemantauan risiko stunting pada balita.

Proses pemantauan pertumbuhan balita menghasilkan data kesehatan rutin yang dapat digunakan untuk mendukung identifikasi risiko dan menentukan prioritas intervensi [3]. Faktor penyebab stunting yang beragam menyebabkan proses identifikasi risiko membutuhkan pengolahan data yang lebih baik agar intervensi dapat dilakukan secara lebih tepat sasaran [6]. Data terkait faktor-faktor tersebut umumnya tersedia dalam sistem pencatatan kesehatan rutin, sehingga berpotensi dimanfaatkan sebagai variabel dalam pengembangan model analitik risiko stunting [7]. Pemanfaatan data kesehatan rutin tidak hanya berperan sebagai dokumentasi pelayanan, tetapi juga sebagai sumber informasi yang dapat membantu tenaga kesehatan dalam melakukan analisis risiko dan menentukan keputusan intervensi. Meskipun data kesehatan rutin telah tersedia, pemanfaatannya sebagai sumber informasi untuk mendukung pengambilan keputusan berbasis bukti masih belum optimal. Analisis yang dilakukan masih sederhana, sehingga belum bisa membantu mengenali risiko secara lebih jelas di tingkat individu maupun daerah [8].

Pemanfaatan data kesehatan rutin sebagai sumber informasi analitik masih menghadapi berbagai tantangan. Data yang tersedia belum sepenuhnya diolah menjadi informasi yang dapat membantu tenaga kesehatan dalam melakukan identifikasi risiko dan menentukan prioritas intervensi [3]. Keterbatasan dalam pemanfaatan data tersebut menyebabkan proses identifikasi risiko masih membutuhkan analisis secara manual sehingga tenaga kesehatan membutuhkan waktu lebih lama dalam menentukan kelompok balita yang perlu mendapatkan perhatian lebih. Input utama untuk mengidentifikasi risiko terdapat pengukuran antropometrik, yaitu berat badan, tinggi badan, dan jenis kelamin [9], [10]. Pemantauan pertumbuhan dan perkembangan harus dilakukan secara teratur, karena pelaksanaan yang tidak optimal dapat menghambat deteksi dini terhadap gangguan pertumbuhan balita [11]. Pemantauan yang tidak teratur atau tidak konsisten terjadi karena keterlambatan atau kurangnya pemantauan secara rutin dan pelatihan yang kurang [11]. Tingkat pendidikan yang lebih tinggi, usia yang lebih tua, dan status ekonomi yang lebih baik merupakan faktor-faktor sosiodemografi yang dikaitkan dengan pengetahuan dan perilaku pencegahan stunting [12]. Hal tersebut tidak berarti bahwa orang tua dengan latar belakang sosiodemografi yang

berbeda pasti memiliki pengetahuan dan perilaku pencegahan yang lebih rendah [12].

Berdasarkan hasil wawancara dengan penanggung jawab program gizi di fasilitas kesehatan tingkat pertama, pengelolaan data balita masih menghadapi berbagai kendala dalam proses pencatatan dan analisis data. Proses pengelolaan data balita masih menghadapi kendala seperti perlunya pemeriksaan ulang terhadap data yang masuk, adanya kemungkinan ketidaksesuaian hasil pencatatan, serta keterbatasan sistem yang digunakan dalam melakukan analisis risiko secara otomatis. Pencatatan yang masih dilakukan secara manual menyebabkan terjadinya human error, seperti kesalahan pengukuran berat badan dan tinggi badan, kesalahan penulisan data, serta ketidaksesuaian format pencatatan antarposyandu. Dari sekitar 1.300 data balita setiap bulan, terdapat sekitar 20-30 kasus kesalahan data yang memerlukan verifikasi ulang. Selain itu, ditemukan juga beberapa data ekstrem yang menunjukkan perubahan berat badan tidak wajar akibat kesalahan pengukuran maupun pencatatan di lapangan. Kondisi tersebut menyebabkan tenaga kesehatan perlu melakukan pemeriksaan ulang sebelum data dapat digunakan untuk analisis lebih lanjut. Proses verifikasi manual tersebut dapat meningkatkan waktu yang dibutuhkan dalam mengidentifikasi balita yang memiliki risiko stunting. Permasalahan tersebut dapat berdampak terhadap proses analisis dan pengambilan keputusan oleh tenaga kesehatan. Data yang masih membutuhkan proses verifikasi ulang menyebabkan proses identifikasi balita dengan risiko stunting menjadi lebih lama. Selain itu, keterlambatan dalam memperoleh informasi risiko dapat memengaruhi penentuan prioritas intervensi sehingga diperlukan pendekatan yang mampu membantu proses analisis secara lebih cepat dan berbasis data.

Penggunaan aplikasi SiGiziKesga membantu proses pengelolaan data gizi balita, tetapi pemanfaatannya masih terbatas pada pencatatan dan penyajian statistik sederhana. Sistem belum mampu memberikan analisis risiko maupun rekomendasi prioritas penanganan balita secara otomatis. Proses identifikasi balita berisiko stunting masih dilakukan secara manual melalui pengecekan ulang data

pertumbuhan dan konfirmasi langsung di lapangan. Kondisi ini menyebabkan proses analisis membutuhkan waktu lebih lama dan berpotensi menimbulkan keterlambatan dalam penentuan prioritas intervensi.

Kendala pada sistem, keterbatasan kemampuan teknologi pada sebagian kader posyandu juga menjadi hambatan dalam implementasi digitalisasi data secara optimal. Belum tersedianya visualisasi pertumbuhan balita secara terintegrasi serta belum adanya sistem pendukung keputusan berbasis analitik menunjukkan bahwa data kesehatan rutin masih belum dimanfaatkan secara maksimal untuk mendukung pengambilan keputusan berbasis risiko.

Data kesehatan rutin yang tersedia belum sepenuhnya dikembangkan menjadi insight analitik yang dapat digunakan untuk memetakan risiko secara sistematis. Pengambilan keputusan yang masih berbasis agregasi data wilayah seringkali belum mampu mengidentifikasi variasi risiko pada tingkat individu maupun sub-wilayah secara lebih detail. Selain itu, belum tersedia model analitik risiko yang terintegrasi dalam sistem informasi kesehatan untuk mendukung prioritas intervensi secara terstruktur. Dampaknya data tersebut belum mampu dikembangkan menjadi pemetaan risiko yang bisa mengidentifikasi kelompok rentan secara lebih spesifik, baik pada tingkat individu maupun wilayah [4]. Kompleksitas analisis data kesehatan juga disebabkan oleh banyaknya faktor yang saling berpengaruh, seperti kondisi klinis, riwayat kesehatan, dan indikator lainnya, sehingga diperlukan pendekatan sistematis untuk mengolah dan mengintegrasikan berbagai variabel tersebut dalam proses analitik [13]. Kondisi ini menunjukkan perlunya perubahan paradigma dalam pemanfaatan data kesehatan, dari sekadar fungsi pelaporan administratif menjadi dasar pengambilan keputusan yang berbasis analisis risiko [4].

Perubahan tersebut mengarah pada Big Data yang memiliki peran penting dalam penerapan *Data-Driven Decision Making* (DDDM), yaitu sebuah proses pengambilan keputusan yang didasarkan pada analisis data secara sistematis dan terukur [14][15]. DDDM menjadi pendekatan penting di berbagai sektor seperti ekonomi, industri, dan bidang kesehatan, karena banyak organisasi yang

menerapkan DDDM untuk mengatasi masalah kompleks, membuat keputusan penting, dan meningkatkan kinerja [14]. Dalam konteks kesehatan masyarakat, penerapan DDDM memungkinkan identifikasi pola risiko stunting berdasarkan data kesehatan rutin, sehingga intervensi dapat diarahkan pada kelompok atau wilayah dengan tingkat risiko lebih tinggi. Oleh karena itu, integrasi model analitik risiko ke dalam sistem pendukung keputusan berbasis AI menjadi langkah strategis untuk mewujudkan pengambilan kebijakan yang lebih terarah dan berbasis data.

Dalam implementasi DDDM di bidang kesehatan, teknik data mining dan machine learning telah dimanfaatkan untuk melakukan analisis yang lebih mendalam terhadap data kesehatan. Teknologi ini memungkinkan pengembangan model prediktif untuk memperkirakan risiko penyakit berdasarkan variabel-variabel kesehatan yang tersedia [16]. Berbagai algoritma klasifikasi digunakan untuk mengidentifikasi pola dan hubungan antarvariabel, serta dievaluasi menggunakan metode seperti cross-validation dan confusion matrix untuk memastikan akurasi model. Pendekatan ini menunjukkan bahwa data kesehatan tidak hanya dapat digunakan untuk pelaporan administratif, tetapi juga dapat dikembangkan menjadi sistem analitik yang mendukung pengambilan keputusan berbasis risiko [16]. Pendekatan ini didukung oleh metode analitik yang mampu menggabungkan berbagai indikator menjadi suatu nilai komposit, sehingga memberikan gambaran yang lebih objektif dalam menilai tingkat risiko suatu kondisi kesehatan [13].

Beberapa penelitian di Indonesia telah memanfaatkan teknik *machine learning* untuk menganalisis dan memprediksi risiko stunting pada balita. Beberapa studi menunjukkan bahwa algoritma seperti *Logistic Regression* dan *Decision Tree* dapat digunakan untuk mengelompokkan balita berdasarkan tingkat risiko dengan memanfaatkan variabel kesehatan yang tersedia [17]. Pendekatan serupa juga diterapkan dalam deteksi dini stunting menggunakan data antropometri, yang hasilnya menunjukkan bahwa metode analitik mampu membantu mengidentifikasi potensi risiko sejak tahap awal pertumbuhan anak [18]. Penelitian-penelitian tersebut umumnya masih berfokus pada pengujian dan perbandingan performa

model klasifikasi. Hasil analitik yang diperoleh belum diintegrasikan ke dalam sistem pengelolaan data kesehatan rutin ataupun dirancang sebagai bagian dari mekanisme pendukung pengambilan keputusan di tingkat kebijakan. Akibatnya, pemanfaatan data kesehatan untuk mendukung penentuan prioritas berbasis risiko masih belum optimal. Penelitian yang mengintegrasikan model analitik risiko berbasis data kesehatan rutin ke dalam sistem pendukung keputusan untuk mendukung prioritisasi intervensi juga masih terbatas. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa masih diperlukan pengembangan model yang tidak hanya mampu melakukan prediksi risiko stunting, tetapi juga dapat mengubah hasil analisis menjadi informasi pendukung keputusan bagi tenaga kesehatan dalam menentukan prioritas intervensi berbasis data.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini memiliki fokus pada pengembangan model analitik risiko stunting berbasis data kesehatan rutin yang tidak hanya menghasilkan produksi tingkat risiko, tetapi juga memanfaatkan hasil analisis tersebut sebagai pendukung pengambilan keputusan.

Tableau secara bawaan hanya mendukung analisis deskriptif tanpa kemampuan memprediksi kejadian di masa depan [19]. Untuk mengatasi hal ini, penelitian ini menggabungkan Tableau dengan Python sebagai lingkungan pemrosesan machine learning, di mana hasil klasifikasi risiko stunting dari model Random Forest, beserta metrik evaluasinya, diekspor dan dihubungkan ke dashboard Tableau. Dukungan pengambilan keputusan berbasis AI pada penelitian ini bukan sekadar konsep, melainkan telah diimplementasikan secara nyata ke dalam dashboard. Pengembangan lebih lanjut dapat diarahkan pada integrasi langsung antara Tableau dan Python agar data baru dapat diproses model secara otomatis tanpa pengolahan manual, sehingga analisis prediktif dapat berjalan lebih real-time [19].

Penelitian mengembangkan model analitik risiko stunting berbasis data kesehatan rutin untuk prediksi risiko pada tingkat individu dan wilayah. Berbeda

dengan penelitian sebelumnya yang berfokus pada evaluasi performa algoritma klasifikasi, penelitian ini mengintegrasikan model analitik ke dalam kerangka sistem pendukung keputusan berbasis Artificial Intelligence [20]. Integrasi tersebut mengadopsi konsep penggabungan data dan decision support sebagaimana diterapkan pada Rekam Medis Elektronik dan *Clinical Decision Support System*, namun diterapkan dalam konteks analisis risiko stunting berbasis data kesehatan rutin. Kontribusi penelitian ini terletak pada perancangan model analitik yang terintegrasi dengan sistem pendukung keputusan sebagai bagian dari implementasi Data-Driven Decision Making dalam sistem informasi kesehatan masyarakat [20]. Dengan mengadopsi konsep *Decision Support System* (DSS) yang mampu mengintegrasikan berbagai parameter kesehatan dan menghasilkan rekomendasi berbasis data, penelitian ini tidak hanya berfokus pada prediksi risiko, tetapi juga pada penyediaan dukungan keputusan yang lebih terstruktur dan aplikatif dalam konteks kesehatan masyarakat [13].

1.2. Rumusan Masalah

1. Bagaimana karakteristik dataset kesehatan rutin dan faktor risiko yang dapat digunakan untuk klasifikasi risiko stunting?
2. Bagaimana model data mining dapat mengklasifikasikan risiko stunting dan menentukan prioritas intervensi?
3. Bagaimana hasil model AI diterjemahkan menjadi Decision Support System untuk rekomendasi prioritas intervensi stunting?

1.3. Tujuan Penelitian

1. Mengidentifikasi karakteristik dataset kesehatan rutin dan faktor risiko stunting yang relevan, melalui proses pengolahan dan integrasi data, sebagai dasar pembentukan fitur (feature) dalam pengembangan model klasifikasi risiko.
2. Membangun model klasifikasi risiko stunting berbasis data mining yang mampu mengelompokkan balita ke dalam kategori tingkat risiko (misalnya risiko rendah, sedang, tinggi) serta menentukan prioritas wilayah/posyandu secara sistematis dan terukur.

3. Menghasilkan model AI Decision Support beserta rekomendasi prioritas intervensi stunting, yaitu menerjemahkan hasil klasifikasi model AI menjadi rekomendasi tindakan yang dapat langsung digunakan oleh tenaga kesehatan dan pemerintah dalam menentukan sasaran dan jenis intervensi yang tepat

1.4. Urgensi Penelitian

Pemanfaatan data kesehatan memiliki peran strategis dalam mendukung *Health analytics*. Dalam era transformasi digital kesehatan, pengembangan sistem informasi kesehatan yang terintegrasi serta penerapan interoperabilitas data menjadi faktor penting agar data dapat dimanfaatkan secara optimal dalam proses pengambilan keputusan. Kondisi saat ini menunjukkan bahwa data kesehatan rutin masih lebih banyak digunakan untuk keperluan pelaporan administratif. Tanpa dukungan analitik yang memadai, data tersebut cenderung hanya tersimpan sebagai arsip dan belum mampu menghasilkan informasi yang bernilai dalam mendukung kebijakan yang lebih presisi. Dampaknya, kebijakan yang dihasilkan masih bersifat umum dan belum sepenuhnya mempertimbangkan variasi risiko pada tingkat individu maupun wilayah. Pemanfaatan teknologi analitik yang lebih maju, seperti Artificial Intelligence, menjadi langkah penting untuk mengolah dan menganalisis data kesehatan secara lebih mendalam. Penerapan AI Decision Support memungkinkan integrasi data lintas sistem serta identifikasi pola risiko secara lebih akurat, sehingga dapat mendukung penentuan prioritas kebijakan kesehatan yang lebih tepat sasaran dan berbasis risiko.

Berdasarkan hasil wawancara dengan penanggung jawab program gizi, proses pengelolaan data balita masih menghadapi kendala seperti pencatatan manual, kesalahan data, serta keterbatasan sistem digital yang digunakan. Sistem yang ada juga belum mampu memberikan analisis risiko maupun rekomendasi prioritas intervensi secara otomatis, sehingga identifikasi balita berisiko stunting masih dilakukan secara manual. Pemanfaatan Artificial Intelligence (AI) dalam sistem

pendukung keputusan menjadi penting untuk membantu analisis risiko stunting secara lebih cepat, akurat, dan berbasis data. Penerapan AI diharapkan dapat membantu tenaga kesehatan dalam menentukan prioritas intervensi pada balita maupun wilayah dengan tingkat risiko lebih tinggi secara lebih terstruktur dan tepat sasaran.

1.5. Luaran Penelitian

1. Dataset analitik stunting, berupa data kesehatan rutin yang telah melalui proses preprocessing, integrasi, dan transformasi, sehingga siap digunakan dalam pengembangan model machine learning.
2. Model *Health Analytics* untuk klasifikasi risiko stunting, yang model machine learning yang dikembangkan menggunakan teknik data mining untuk mengklasifikasikan tingkat risiko balita maupun wilayah, sekaligus menjadi inti dari sistem pendukung keputusan.
3. Dashboard prioritas risiko stunting, yang menyajikan antarmuka visualisasi interaktif (dashboard analitik) yang menampilkan hasil klasifikasi model dalam bentuk KPI, grafik distribusi risiko, dan peta wilayah prioritas, guna mempermudah pemerintah dan tenaga kesehatan dalam memantau kondisi risiko secara real-time.
4. Rekomendasi prioritas intervensi stunting, keluaran akhir dari model AI *Health Analytics* berupa daftar prioritas balita/wilayah yang membutuhkan intervensi, lengkap dengan indikasi jenis tindakan yang disarankan, sebagai dasar pengambilan kebijakan yang lebih terarah dan berbasis data.
5. Laporan penelitian ilmiah, dokumentasi komprehensif seluruh tahapan penelitian, mulai dari pengolahan data, pengembangan model, hingga implementasi decision support dan rekomendasi intervensi.

1.6. Manfaat Penelitian

1. Memberikan kontribusi pada pengembangan keilmuan di bidang data analytics dan decision support system (DSS) melalui penerapan model analitik risiko stunting berbasis data kesehatan rutin.

2. Memperkuat pemahaman konseptual bahwa data kesehatan rutin tidak hanya berfungsi sebagai data administratif, tetapi dapat diolah menjadi informasi risiko yang terukur melalui pendekatan analitik.
3. Menjadi referensi akademik bagi penelitian selanjutnya dalam pengembangan model machine learning dan *AI Health Analytics* untuk analisis risiko dan pengambilan keputusan di bidang kesehatan masyarakat.

