

ARSITEKTUR SISTEM INFORMASI WEB UNTUK OTOMATISASI ESTIMASI BERAT BAYI LAHIR BERDASARKAN BIOMETRI JANIN HASIL USG

¹Ledy Elsera Astrianty, ²RR. Hajar Puji Sejati

¹Informatika, Fakultas Sains & Teknologi, Universitas Teknologi Yogyakarta

²Informatika Medis, Fakultas Sains & Teknologi, Universitas Teknologi Yogyakarta

¹lalaledyelsera@gmail.com, ²hajarsejati@gmail.com

INFO ARTIKEL

Riwayat Artikel :

Diterima : 11 Mei 2026

Disetujui : 31 Mei 2026

Kata Kunci :

Arsitektur, Sistem Informasi, EBL, Biometri Janin, Web

ABSTRAK

Pemantauan pertumbuhan janin sangat krusial dalam asuhan antenatal untuk mendeteksi risiko komplikasi persalinan, namun interpretasi manual sering memperlambat keputusan klinis. Penelitian ini bertujuan merancang arsitektur sistem informasi berbasis web untuk otomatisasi estimasi berat lahir bayi (EBL) atau Estimated Fetal Weight (EFW) berdasarkan biometri janin hasil USG. Kontribusi utama penelitian ini terletak pada integrasi parameter biometri, modul validasi input, kalkulasi otomatis berbasis web, dan penyimpanan data rekam medis terstruktur. Metodologi yang digunakan meliputi analisis kebutuhan, perancangan arsitektur sistem, perancangan modul kalkulasi, desain antarmuka, serta verifikasi dan evaluasi. Sistem dirancang menggunakan parameter hasil pemeriksaan USG meliputi Biparietal Diameter (BPD), Abdominal Circumference (AC), Femur Length (FL), dan Head Circumference (HC) untuk menghasilkan EBL. Hasil penelitian menunjukkan arsitektur sistem yang dibangun mampu mengolah data input secara akurat dan disajikan dalam antarmuka user-friendly untuk tenaga kesehatan, dengan 10 target uji yang valid serta tingkat kesalahan prediksi sebesar 0,027. Sistem ini dapat mengelola hasil pemeriksaan USG menjadi lebih terstruktur dan mendukung pemantauan EBL.

ARTICLE INFO

Article History :

Received : May 11, 2026

Accepted : May 31, 2026

Keywords:

Architecture, Information Systems, EFW, Fetal Biometrics, Web

ABSTRACT

Fetal growth monitoring is crucial in antenatal care to detect delivery complications, but manual interpretation delays clinical decisions. This research aims to design and build a web-based information system architecture to automate the estimation of birth weight (EBL) or Estimated Fetal Weight (EFW) based on ultrasound biometry. The main contribution lies in integrating biometric parameters, input validation modules, web-based automatic calculations, and structured medical record storage. The methodology includes needs analysis, system architecture design, calculation module design, interface design, and verification/evaluation. The system processes Biparietal Diameter (BPD), Abdominal Circumference (AC), Femur Length (FL), and Head Circumference (HC) to produce EBL. Results show that the system architecture is accurate, user-friendly for healthcare professionals, verified through 10 valid test targets, and achieves a prediction error rate of 0.027. This system successfully manages ultrasound examination results into a more structured format to support EBL monitoring.

1. PENDAHULUAN

Keberhasilan dalam pengelolaan persalinan yang tepat sangat bergantung pada akurasi prediksi berat lahir bayi dan pemantauan hasil pemeriksaan janin dari USG. Estimasi berat lahir bayi merupakan salah satu indikator penting dalam menentukan tindakan medis (Morris et al., 2024), baik persalinan normal maupun intervensi bedah (caesar). Ketepatan dalam memprediksi bobot janin memungkinkan tenaga medis untuk melakukan mitigasi risiko terhadap komplikasi seperti makrosomia atau hambatan pertumbuhan janin dalam rahim (Morris et al., 2024) atau Intrauterine Growth Restriction (IUGR). Meskipun teknologi USG telah menjadi standar dalam pengambilan data biometri, proses pengolahan data USG sering kali masih dilakukan secara terpisah (manual). Sehingga kebutuhan sistem informasi terintegrasi yang mampu melakukan konversi parameter klinis secara otomatis melalui pendekatan komputasi yang presisi.

Secara teknis, tantangan dalam mengembangkan sistem pendukung keputusan medis terletak pada bagaimana mengintegrasikan logika komputasi yang kompleks ke dalam sebuah arsitektur perangkat lunak yang efisien. Pada konteks EBL, algoritma regresi dapat menjadi pilihan yang tepat (Astrianty, 2022) untuk berperan sebagai model pengolah data yang harus mampu berkomunikasi dengan basis data biometri secara *real-time*. Keberadaan model regresi di sistem bukan sekedar untuk perhitungan, melainkan sebagai bagian dari modul logika dalam arsitektur sistem informasi yang menjembatani basis data dengan halaman antarmuka sistem dari pengguna. Dengan melakukan otomatisasi proses tersebut, sistem dapat mereduksi beban kerja komputasi manual bagi tenaga medis, sekaligus meminimalisir risiko kesalahan input yang sering timbul pada prosedur konvensional (Hammami et al., 2018). Fokus utama pada pengembangan ini adalah memastikan bahwa alur data dari input hasil pemeriksaan USG hingga menjadi informasi klinis dapat dilakukan secara digital dan terstruktur (Wu et al., 2021).

Beberapa penelitian terdahulu telah mengembangkan berbagai model EBL dengan fokus dan populasi yang beragam guna meningkatkan akurasi klinis. Di ranah

internasional, penelitian di Pakistan (Munim et al., 2010) berhasil menghasilkan formula spesifik populasi setempat menggunakan parameter *Head Circumference* (HC), *Abdominal Circumference* (AC), dan *Femur Length* (FL). Sementara itu, penelitian (Kalantari et al., 2013) di Iran mengevaluasi korelasi berbagai variabel biometri dan menemukan bahwa parameter AC, *Biparietal Diameter* (BPD), FL, serta *Subcutaneous Tissue Thickness* (STT) secara signifikan berkorelasi dengan berat lahir. Di lingkup domestik, penelitian dengan populasi di Manado (Mawengkang, 2013) telah menghasilkan persamaan regresi menggunakan parameter BPD, AC, dan FL. Demikian pula dengan penelitian di Yogyakarta (Astrianty et al., 2019) yang mengidentifikasi bahwa AC dan FL merupakan parameter USG yang paling signifikan berkorelasi dengan berat lahir bayi, serta berupaya mendapatkan formulasi yang sesuai dengan populasi bayi di Indonesia melalui (Astrianty, 2022) uji validasi model pada dua sampel yang berbeda.

Meskipun berbagai formula matematis telah dihasilkan, sebagian besar luaran penelitian tersebut masih terbatas pada validasi model statistik dan belum diimplementasikan ke dalam sebuah sistem terprogram yang siap pakai. Beberapa upaya otomatisasi telah dilakukan, seperti penggunaan USG 3D untuk meningkatkan akurasi klinis (Hammami et al., 2018), namun metode tersebut sangat bergantung pada ketersediaan perangkat keras yang spesifik. Di sisi lain, model *deep learning autoencoder* telah digunakan untuk mengoptimalkan akurasi prediksi (Nugraha et al., 2022), tetapi fokusnya masih terbatas pada pengujian model secara internal. Selain itu, meskipun penggunaan *machine learning* berbasis *cloud* telah diusulkan (Adeeba et al., 2022) dengan membandingkan algoritma *random forest* dan *linear regression*, penelitian tersebut belum mengintegrasikan arsitektur perangkat lunak untuk biometri USG secara menyeluruh.

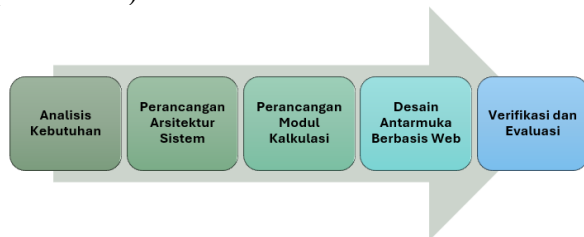
Keterbatasan integrasi pada penelitian terdahulu menunjukkan adanya kesenjangan terkait kebutuhan infrastruktur digital yang mampu menyatukan logika komputasi medis ke dalam alur kerja klinis yang praktis dan fleksibel. Untuk mengatasi permasalahan

tersebut, kontribusi utama penelitian ini adalah arsitektur sistem informasi EBL berbasis web yang menghubungkan data biometri USG, modul kalkulasi, database, dan antarmuka pengguna dalam satu alur digital terstruktur. Berbeda dengan tren riset terdahulu yang hanya menitikberatkan pada aspek akurasi algoritma, pendekatan arsitektur berlapis dalam penelitian ini dirancang sebagai acuan dasar pengelolaan data layanan antenatal lokal yang aman, sistematis, serta siap dikembangkan menuju sistem pendukung keputusan klinis yang lebih kompleks di masa mendatang.

2. METODE

2.1. Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian dalam pengembangan arsitektur sistem informasi EBL dibagi menjadi (Gambar 1).



Gambar 1. Tahapan Pengembangan Arsitektur

1. Analisis Kebutuhan, pemetaan kebutuhan fungsional bagi tenaga medis, terutama dalam hal kecepatan konversi data biometri menjadi angka EBL.
2. Perancangan Arsitektur Sistem, merancang struktur yang menghubungkan antarmuka pengguna (*frontend*) dengan modul logika komputasi (*backend*). Arsitektur ini mengedepankan efisiensi pertukaran data agar hasil kalkulasi dapat ditampilkan secara *real-time*.
3. Perancangan Modul Kalkulasi, tahap perancangan logika sistem dalam mengolah data biometri. Modul kalkulasi dirancang untuk mengintegrasikan model komputasi yang mampu menerima variabel input data biometri untuk kemudian dikonversi menjadi informasi klinis berat bayi lahir. Kalkulasi yang dilakukan menggunakan algoritma *supervised learning* dengan regresi polinomial.
4. Desain Antarmuka berbasis Web, tahap selanjutnya merancang antarmuka berbasis web untuk menjamin aksesibilitas dan

fleksibilitas pertukaran data medis tanpa dibatasi oleh instalasi perangkat lunak yang kompleks di sisi klien. Desain difokuskan pada kemudahan penggunaan agar tenaga medis dapat melakukan input hasil pemeriksaan USG secara digital dan terstruktur. Perangkat lunak dikembangkan menggunakan PHP *native* yang mendukung platform web dan sistem basis data dengan MySQL.

5. Verifikasi dan Evaluasi, mengklarifikasi sistem yang dibuat apakah sudah sesuai dengan skenario yang direncanakan. Adapun fokus pengujian adalah melihat fungsionalitas antarmuka sistem yang diimplementasikan (Bierig et al., 2021a)(Bierig et al., 2021b), dengan metode *black box testing*. Serta melakukan evaluasi dari kinerja model kalkulasi yang ditanam/integrasikan pada sistem *validation set approach*.

2.2. Objek dan Sumber Data

Objek penelitian ini berfokus pada data klinis ibu hamil di Indonesia. Sumber data dikumpulkan secara heterogen dari berbagai wilayah, meliputi populasi janin di area Jawa, Sunda, Bengkulu, Pekanbaru, Kalimantan, dan Sumatera, dengan representasi data mayoritas berasal dari wilayah Jawa. Sampel yang digunakan berjumlah 106 rekaman medis yang merupakan hasil pemeriksaan USG terakhir sebelum proses persalinan. Parameter biometri yang dikumpulkan meliputi: BPD, AC, FL, dan HC. Seluruh dataset ini digunakan sebagai instrumen untuk memvalidasi fungsi kalkulasi di dalam arsitektur sistem informasi yang dibangun.

2.3. Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data yang dilakukan meliputi observasi dan/atau wawancara untuk mengambil data hasil pemeriksaan USG kehamilan. Proses akuisisi data dilakukan dengan mengajukan permohonan ke berbagai pihak relasi personal tim peneliti untuk keperluan *informed consent* dan foto hasil pengukuran cek USG kehamilan. Penentuan sampel dilakukan dengan teknik *purposive sampling*, yakni pemilihan sampel berdasarkan kriteria khusus yang selaras dengan tujuan penelitian serta batasan kriteria inklusi

dan eksklussi sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2. Untuk menjaga kerahasiaan data medis sensitif dan memenuhi standar etik penelitian, seluruh dataset berupa hasil pengukuran USG kehamilan telah melalui proses anonimisasi, di mana identitas pribadi pasien (seperti nama lengkap dan alamat spesifik) dihapus atau disamarkan.

Objek Penelitian	Ibu melahirkan di Indonesia Data hasil pengukuran USG
Kriteria Inklusi	Minimal 26 minggu Ibu melahirkan dengan kondisi sehat tanpa penyakit penyerta Bayi tunggal dan tanpa kelainan bawaan Populasi Indonesia
Kriteria Eksklusi	Bayi dengan berat lahir tidak normal (< 2500 dan >4000 gram)

Gambar 2. Kriteria Inklusi dan Eksklusi Penelitian

2.4. Teknik Pengolahan Data

Pengolahan data meliputi:

1. *Editing* dan validasi klinis, penyutigan data rekam medis dan penyelarasan satuan ukuran (dikonversi ke satuan cm) yang diperoleh untuk disesuaikan dengan kriteria inklusi penelitian. Serta pengecekan rentang biologis wajar dari parameter BPD, AC, FL, dan HC untuk mengeliminasi data anomali.
2. *Coding* dan *rule matching*, memberi kode/label terhadap data yang sudah sesuai kriteria untuk mempermudah proses analisis data.
3. *Entry* dan *preprocessing*, memasukkan data biometri ke dalam sistem basis data secara bertahap.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Analisis Kebutuhan Sistem

Berdasarkan tahap analisis yang dilakukan, kebutuhan utama sistem difokuskan pada pemetaan fungsi yang mampu mendukung efisiensi kerja tenaga medis secara signifikan, terutama dalam hal kecepatan konversi data biometri menjadi angka EBL. Adapun analisis kebutuhan sistem sebagai berikut:

a. Kebutuhan Fungsional

1. Login untuk tenaga medis (dokter/bidan).

2. Entri data pasien, variabel biometri USG (BPD, HC, AC, FL) dalam satuan cm dan usia kehamilan.
3. Validasi otomatis data kosong/tidak wajar dan kalkulasi otomatis EBL (regresi polinomial).
4. Luaran, berupa hasil EBL *real-time* dan penyimpanan rekam medis ke basis data.

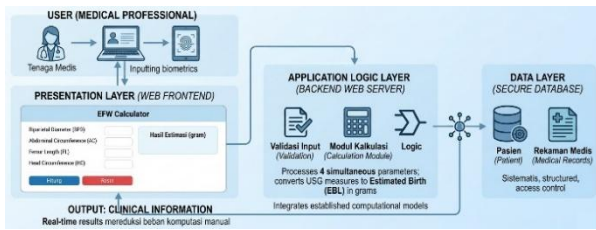
b. Kebutuhan Non-Fungsional

1. Antarmuka dengan *responsive web design* lintas perangkat.
2. Usabilitas berupa antarmuka yang mudah digunakan oleh tenaga kesehatan.

3.2. Perancangan Arsitektur Sistem

Perancangan arsitektur sistem EBL berbasis Web ditunjukkan pada Gambar 3. Arsitektur sistem EBL meliputi:

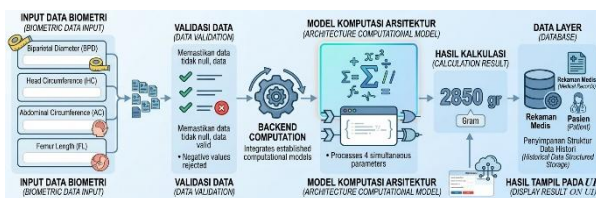
1. Lapisan Pengguna (*User Interface*), tenaga medis mengakses antarmuka sistem EBL di sistem berbasis web dengan input data biometri (BPD, HC, AC, FL).
2. Lapisan Logika Aplikasi (*Application Server*), memproses permintaan pengguna secara *real-time*. Sistem memastikan kelengkapan dan format input data biometri sebelum diproses. Menjalankan alur logika komputasi untuk mengonversi keempat parameter biometri menjadi nilai EBL dalam gram. Kemudian menghubungkan proses *input/output* dengan basis data.
3. Lapisan Data (*Database Server*), pada lapisan ini sistem menyimpan data terstruktur dan aman. Data yang tersimpan meliputi: profil pasien (ibu hamil), rekaman medis hasil pemeriksaan USG, dan riwayat hasil EBL. Penyimpanan terpusat (*structured database*) untuk mendukung pemantauan historis perkembangan berat janin.
4. Aksesibilitas dan Alur Data, alur data dimulai dari input (tenaga medis) melalui sistem web, dilanjutkan ke basis data, dan hasil dikembalikan ke tampilan antarmuka sistem. Seluruh pertukaran data medis berlangsung secara digital dan terstruktur melalui jaringan berbasis web, mereduksi kebutuhan komputasi manual dan meminimalisir kesalahan input.



Gambar 3. Arsitektur Sistem EBL

3.3. Perancangan Modul Kalkulasi

Perancangan modul kalkulasi (Gambar 4), difokuskan pada pengembangan logika internal sistem yang bertugas mengeksekusi fungsi matematis secara otomatis melalui pendekatan yang adaptif. Berbeda dengan arsitektur sistem yang mengatur aliran data global, modul ini secara spesifik menangani validasi input empat parameter biometri (BPD, HC, AC, FL) untuk memastikan integritas data sebelum proses komputasi dilakukan. Secara teknis, modul ini dirancang sebagai jembatan yang mentransformasikan variabel biometri mentah menjadi luaran klinis berupa nilai EBL dalam satuan gram secara *real-time*. Lebih lanjut, arsitektur modul ini disiapkan agar bersifat *scalable* untuk integrasi metode *supervised learning* di masa mendatang. Dengan memanfaatkan data terstruktur yang tersimpan dalam basis data, sistem memiliki potensi untuk dikembangkan menggunakan algoritma pembelajaran mesin guna mengenali pola hubungan baik secara linear maupun non-linear yang lebih mendalam, sehingga akurasi estimasi dapat terus ditingkatkan secara berkelanjutan seiring dengan bertambahnya dataset klinis.



Gambar 4. Rancangan Model Kalkulasi

Adapun model kalkulasi yang dikembangkan dan digunakan adalah sebagai berikut:

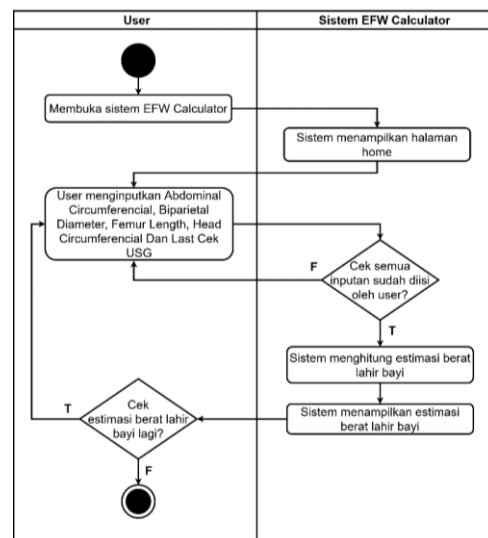
$$EBL = \beta_0 \sum_{j=1}^4 \sum_{k=1}^d \beta_{jk} X_j^k \quad (1)$$

Di mana EBL adalah estimasi berat lahir bayi dengan satuan gram, β_0 merupakan nilai konstanta regresi, β_{jk} adalah koefisien untuk

setiap parameter biometri janin ($X_1 = AC$, $X_2 = BPD$, $X_3 = HC$, $X_4 = FL$).

3.4. Rancangan Alir Sistem EBL

Rancangan alir sistem EBL mendeskripsikan skenario bagaimana sistem akan dibangun (*prototype*) sesuai kebutuhan model estimasi berat lahir bayi. Meliputi desain input data sesuai parameter hitung pada model estimasi berat lahir bayi. Kemudian proses sistem, yaitu dilakukan perhitungan dari data input dengan model berat lahir bayi. Setelah skenario proses, dilanjutkan dengan output sistem yaitu hasil estimasi berat lahir bayi sesuai perhitungan model. Adapun rancangan alir sistem berupa *activity diagram* diperlihatkan pada Gambar 5.



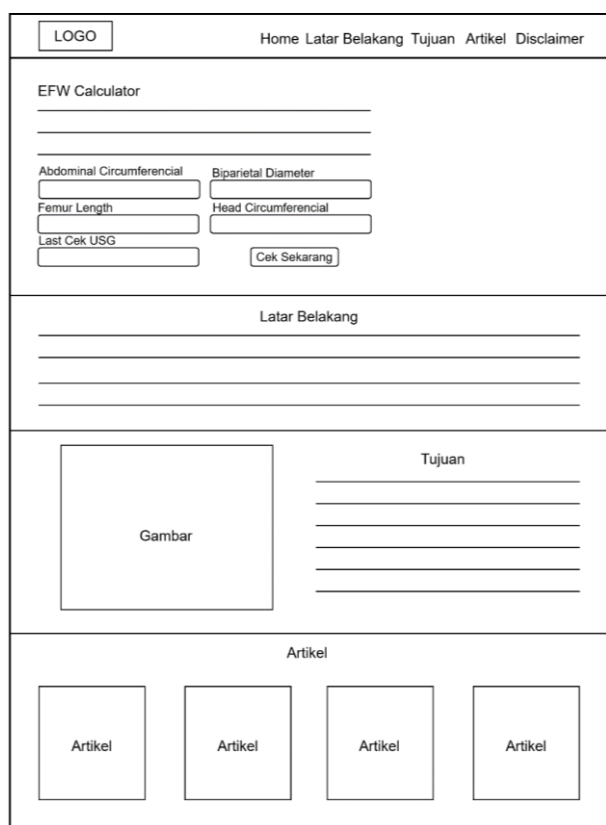
Gambar 5. Rancangan Alir Sistem

Berdasarkan alir sistem pada Gambar 5., aspek validasi data menjadi hal utama dalam perlindungan data klinis. Ketika pengguna melakukan input data tidak lengkap, menginput nilai negatif, atau memasukkan karakter non-numerik, modul validasi *backend* akan menolak proses perhitungan, menghentikan alur enkapsulasi data, dan mengembalikan pesan peringatan (*error message*) berupa informasi agar pengguna melengkapi data dengan benar. Hal ini memastikan modul kalkulator tidak memproses data cacat yang berisiko menghasilkan nilai EBL yang tidak sesuai dan berpotensi memberikan keputusan tidak medis yang tidak tepat.

3.5. Desain dan Implementasi Antarmuka berbasis Web

Selanjutnya, perwujudan fisik dari seluruh analisis dan perancangan sistem yang telah dilakukan sebelumnya. Desain antarmuka sistem EBL difokuskan pada aspek *user-centered design* untuk memudahkan tenaga medis dalam mengoperasikan sistem.

Berdasarkan *activity diagram* pada Gambar 5., terlihat bahwa sistem dirancang untuk memberikan respon cepat mulai dari penampilan halaman utama, proses validasi input biometri, hingga penyajian hasil estimasi. Keberadaan fungsi validasi menjadi krusial untuk memastikan bahwa modul kalkulasi menerima data yang lengkap, sehingga meminimalisir kesalahan output klinis. Adapun rancangan awal antarmuka dari diagram alir tersebut dapat dilihat pada Gambar 6. Dan diimplementasikan berbasis web yang seperti yang ditampilkan pada Gambar 7.



Gambar 6. Rancangan Antarmuka Sistem EBL

Antarmuka ini memiliki beberapa komponen utama:

1. Formulir Input Biometri, terletak di bagian atas untuk memudahkan entri data BPD, AC, FL, dan HC secara simultan (fitur inti, sesuai

diagram activity). Adapun inputan variabel usia kehamilan pada cek USG pada sistem berfungsi sebagai parameter kontrol temporal rekam medis dan instrumen validasi dari kriteria klinis pasien.

2. Konten Edukatif, menyediakan informasi mengenai latar belakang penelitian, tujuan sistem, serta artikel kesehatan terkait pertumbuhan janin.
3. Desain Responsif, memastikan sistem dapat diakses dengan optimal baik melalui perangkat komputer maupun *smartphone*, mendukung mobilitas tenaga medis di lapangan.



Gambar 7. Antarmuka Input Biometri dan Kalkulasi EBL

Implementasi antarmuka pada Gambar 7 adalah halaman utama untuk EBL. Sistem berbasis web dibangun dengan HTML5, CSS3, dan JavaScript native pada sisi *frontend* untuk menjamin beban muat halaman yang ringan. Kemudian pada sisi *backend*, sistem menggunakan PHP *native* tanpa framework yang berat untuk memangkas *overhead* memori pada server. Serta menggunakan MySQL pada data layer untuk implementasi basis data rekam medis secara terstruktur.

Melalui penggabungan desain alur dan implementasi antarmuka yang intuitif ini, sistem EBL tidak hanya berfungsi sebagai alat hitung, tetapi juga sebagai platform informasi kesehatan yang mendukung efisiensi layanan antenatal di Indonesia.

3.6. Verifikasi dan Evaluasi

Hasil verifikasi dan evaluasi (pengujian) perancangan sistem informasi EBL berdasarkan fungsionalitas antarmuka sistem ditunjukkan pada Tabel 2. Selain itu juga melakukan evaluasi mendalam terhadap kinerja dari model

kalkulasi yang ditanam/integrasikan pada sistem. Hasil pengujian dengan *validation set approach* menunjukkan performa model yang sangat kuat, ditandai dengan nilai *Root Mean Squared Error* (RMSE) yang rendah yaitu sebesar 86. Nilai Koefisien Determinasi (R^2) pada data testing mengalami peningkatan performa sebesar 1%, yaitu naik dari 87% menjadi 88%. Selain itu, tingkat kesalahan prediksi (*prediction error rate*) tercatat sangat minim, yakni hanya sebesar 0,027. Melalui uji lanjutan analisis dua sampel, diperoleh nilai p-value sebesar 0,9875 ($>0,05$), yang mengonfirmasi bahwa secara statistik tidak terdapat perbedaan signifikan antara rata-rata berat aktual dan berat hasil prediksi sistem (kedua populasi data identik).

Tabel 2. Hasil Pengujian

Skenario Pengujian	Test Case	Hasil dan Kesimpulan
Mengisi semua inputan	AC: 22.5 cm; BPD: 7.02 cm; FL: 4.62 cm; HC: 24.4 cm; Last Cek USG: 26.2 weeks	Proses hitung dan hasil EBL ditampilkan (<i>valid</i>)
Semua inputan pada form dikosongkan	AC, BPD, FL, HC, Last Cek USG: (Kosong)	Proses hitung EBL tidak jalan (<i>valid</i>)
Inputan AC dikosongkan dan inputan BPD, FL, HC, dan Last Cek USG diisi	AC: (Kosong); BPD: 7.02 cm; FL: 4.62 cm; HC: 24.4 cm; Last Cek USG: 26.2 weeks	Proses hitung EBL tidak jalan (<i>valid</i>)
Inputan BPD dikosongkan dan inputan AC, FL, HC, dan Last Cek USG diisi	AC: 22.5 cm; BPD: (Kosong); FL: 4.62 cm; HC: 24.4 cm; Last Cek USG: 6.2 weeks	Proses hitung EBL tidak jalan (<i>valid</i>)

Skenario Pengujian	Test Case	Hasil dan Kesimpulan
Inputan FL dikosongkan dan inputan AC, BPD, HC, dan Last Cek USG diisi	AC: 22.5 cm; BPD: 7.02 cm; FL: (Kosong); HC: 24.4 cm; Last Cek USG: 26.2 weeks	Proses hitung EBL tidak jalan (<i>valid</i>)
Inputan HC dikosongkan dan inputan AC, BPD, FL dan Last Cek USG	AC: 22.5 cm; BPD: 7.02 cm; FL: 4.62 cm; HC: (Kosong); Last Cek USG: 26.2 weeks	Proses hitung EBL tidak jalan (<i>valid</i>)
Inputan Last Cek USG dikosongkan dan AC, BPD, HC, dan FL terisi	AC: 22.5 cm; BPD: 7.02 cm; FL: 4.62 cm; HC: 24.4 cm; Last Cek USG: (Kosong)	Proses hitung EBL tidak jalan (<i>valid</i>)
Input nilai negatif salah satu/beberapa parameter	AC: - 26.5 cm; BPD: 7.02 cm; FL: 4.62 cm; HC: 24.4 cm; Last Cek USG: 26.2 weeks	Sistem menolak nilai negatif dan konfirmasi input ulang (<i>valid</i>)
Input karakter non-numerik (huruf) salah satu/beberapa parameter	AC: dua puluh cm; BPD: 7.02 cm; FL: 4.62 cm; HC: 24.4 cm; Last Cek USG: 26.2 weeks	Sistem menolak input non-numerik dan konfirmasi input ulang (<i>valid</i>)
Input nilai ekstrem (tidak wajar/ti-	AC: 250 cm; BPD: 7.02 cm; FL: 4.62 cm; HC: 24.4 cm; Last Cek USG: 60 weeks	Sistem mendeteksi anomali dan konfirmasi

Skenario Pengujian	Test Case	Hasil dan Kesimpulan
dak masuk akal/melebihi skala biologis)		input ulang (<i>valid</i>)

Layanan antenatal di puskesmas maupun bidan praktik mandiri sering kali terkendala oleh perangkat lunak yang berat dan proses instalasi yang rumit. Untuk mengatasi hal tersebut, arsitektur web responsif ini memungkinkan data klinis dari alat USG diinput langsung melalui perangkat seluler secara *real-time*. Selain itu, sistem ini dilengkapi fitur validasi otomatis yang akan memotong proses (interupsi) jika ada data biometri yang kosong atau tidak wajar. Fitur ini berfungsi sebagai pengaman klinis (*clinical safety-guard*) untuk mencegah kesalahan interpretasi dalam tindakan medis pasca-melahirkan.

4. PENUTUP

4.1. Kesimpulan

Penelitian ini berhasil mengimplementasikan rancangan arsitektur sistem informasi EBL berbasis web tiga lapis terintegrasi. Pengembangan sistem ini terletak pada kemampuan menyatukan 4 parameter biometri janin dan 1 variabel temporal usia kehamilan ke dalam modul kalkulasi otomatis berbasis web. Sistem terbukti valid secara fungsional melalui 10 skenario pengujian black-box. Secara klinis, model matematis regresi polinomial yang disematkan memiliki tingkat presisi baik dengan RMSE = 86, koefisien $R^2 = 88\%$, dan tingkat error sebesar 0,027. Sistem berbasis web ini berhasil mentransformasi proses kalkulasi konvensional menjadi alur pengelolaan rekam medis digital yang terstruktur.

4.2. Saran

Meskipun arsitektur sistem telah berfungsi dengan baik, terdapat beberapa peluang dan saran untuk pengembangan di masa mendatang, sebagai berikut:

1. Integrasi machine learning, dapat diimplementasikan dengan metode

supervised learning lanjutan yang lebih kompleks (*random forest* atau *XGBoost*) menggunakan dataset yang lebih besar guna meningkatkan akurasi estimasi secara otomatis.

2. Mengembangkan fitur ekspor ringkasan klinis ke format .pdf dan menerapkan standar interoperabilitas standar data medis untuk integrasi dengan Rekam Medis Elektronik (RME) di klinik maupun rumah sakit.
3. Melakukan uji akseptabilitas pengguna (*usability testing*) menggunakan metode System Usability Scale (SUS) langsung kepada kelompok tenaga kesehatan (dokter spesialis kandungan dan bidan) untuk mengevaluasi efisiensi waktu konversi data di lapangan.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Adeeba, S., Kuhaneswaran, B., Kumara, B.T.G.S., 2022. Prediction of Weight Range of Neonate Using Machine Learning Approach. 2022 International Conference on Innovations in Science, Engineering and Technology, ICISSET 2022 427–432.
- Astrianty, L.E., 2022. Analisis Regresi untuk Memodelkan Berat Bayi Lahir Berdasarkan Data Ultrasonografi (Studi Kasus : Puskesmas Air Manjuto). Jurnal Pendidikan Tambusai 6, 1853–1861.
- Astrianty, L.E., Muhimmah, I., Fitriyati, Y., Fajriyah, R., 2019. Implementasi Model Regresi untuk Estimasi Berat Lahir Bayi Berdasarkan Pengukuran Ultrasonografi (USG). Seminar Nasional Informatika Medis (SNIMed) 2019 45–51.
- Bierig, R., Brown, S., Galvan, E., Timoney, J., 2021a. Essentials of Software Testing. Cambridge University Press, United Kingdom.
- Bierig, R., Brown, S., Galvan, E., Timoney, J., 2021b. Essentials of Software Testing. Cambridge University Press, United Kingdom.
- Hammami, A., Mazer Zumaeta, A., Syngelaki, A., Akolekar, R., Nicolaides, K.H., 2018. Ultrasonographic estimation of fetal weight: development of new model and assessment of performance of previous models. Ultrasound in Obstetrics & Gynecology 52, 35–43.

- Kalantari, M., Negahdari, A., Roknsharifi, S., Qorbani, M., 2013. A new formula for estimating fetal weight: The impression of biparietal diameter, abdominal circumference, mid-thigh soft tissue thickness and femoral length on birth weight. *Iran. J. Reprod. Med.* 11, 933–938.
- Mawengkang, M., 2013. Estimasi Berat Badan Lahir berdasarkan Pengukuran Diameter Biparietal , Lingkar Kepala , Panjang Femur dan Lingkar Perut Janin Maya Mawengkang. *Majalah Obstetri & Ginekologi* 21, 16–19.
- Morris, R.K., Johnstone, E., Lees, C., Morton, V., Smith, G., 2024. Investigation and Care of a Small-for-Gestational-Age Fetus and a Growth Restricted Fetus (Green-top Guideline No. 31). *BJOG* 131, e31–e80.
- Munim, S., Figueras, F., Shah, S.M., Khan, F., Gardosi, J., 2010. Ultrasound estimation of fetal weight: A formula for a Pakistani population. *Journal of Obstetrics and Gynaecology Research* 36, 479–483.
- Nugraha, F.S., Pardede, H.F., Korespondensi, P., 2022. Autoencoder untuk sistem prediksi berat lahir bayi 9.
- Wu, X., Niu, Z., Xu, Z., Jiang, Y., Zhang, Y., Meng, H., Ouyang, Y., 2021. Fetal weight estimation by automated three-dimensional limb volume model in late third trimester compared to two-dimensional model: a cross-sectional prospective observational study. *BMC Pregnancy Childbirth* 21, 365.