

PENGEMBANGAN ALAT DETEKSI GEJALA ANEMIA NON-INVASIVE BERBASIS NARROWBAND INTERNET OF THINGS DENGAN PENDEKATAN XGBOOST

Arnetta Ramadhanti Aisyah Putri Bintoro¹, Agus Wagyana^{2*}

^{1,2}Program Studi Broadband Multimedia, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Jakarta, Depok, 16424, Indonesia

Received: 19 September 2024
Accepted: 5 Oktober 2024
Published: 12 Oktober 2024

Keywords:

Anemia, Non-invasif,
XGBoost, Narrowband
Internet of Things (NB-IoT)

Correspondent Email:

agus.wagyana@elektro.pnj.ac.id

Abstrak. Anemia adalah kondisi medis yang ditandai dengan rendahnya jumlah sel darah merah atau kadar hemoglobin dalam tubuh. Metode konvensional untuk mengukur hemoglobin biasanya bersifat invasif atau memerlukan pengambilan sampel darah, yang berisiko menyebabkan rasa sakit, trauma psikologis, dan infeksi. Penelitian ini merancang alat deteksi gejala anemia dengan menggunakan sensor dan machine learning untuk mendeteksi gejala anemia secara non-invasif, tanpa memerlukan pengambilan sampel darah. Alat ini menggunakan sensor MAX 30102 untuk mengukur kadar oksigen dalam darah melalui cahaya inframerah (IR) dan merah (Red), sensor SEN-11574 untuk mendeteksi detak jantung, dan sensor MLX 90614 untuk mengukur suhu tubuh. Algoritma Extreme Gradient Boosting (XGBoost) digunakan untuk memprediksi kadar hemoglobin berdasarkan data cahaya IR dan Red. Data sensor dikirim ke *database* melalui teknologi Narrowband Internet of Things (NB-IoT). Pengujian menunjukkan bahwa sensor saturasi oksigen memiliki tingkat kesalahan 1%, sensor detak jantung memiliki error 5.91%, dan sensor suhu memiliki error 2.24%. Perbandingan antara prediksi kadar hemoglobin secara non-invasif dan metode invasif menunjukkan perbedaan nilai rata-rata sebesar 0.76, dengan rata-rata akurasi 94.09%.

Abstract. Anemia is a medical condition characterized by low red blood cell count or hemoglobin levels in the body. Conventional methods for measuring hemoglobin are usually invasive or require blood sampling, which risks causing pain, psychological trauma, and infection. This study designs an anemia symptom detection tool using sensors and machine learning to detect anemia symptoms non-invasively, without requiring blood sampling. This tool uses MAX 30102 sensors to measure oxygen levels in the blood through infrared (IR) and red (Red) light, SEN-11574 sensors to detect heart rate, and MLX 90614 sensors to measure body temperature. Extreme Gradient Boosting (XGBoost) algorithm is used to predict hemoglobin levels based on IR and Red light data. Sensor data is sent to the database via Narrowband Internet of Things (NB-IoT) technology. Tests show that the oxygen saturation sensor has an error rate of 1%, the heart rate sensor has an error of 5.91%, and the temperature sensor has an error of 2.24%. The comparison between the prediction of hemoglobin levels by non-invasive and invasive methods shows an average value difference of 0.76, with an average accuracy of 94.09%.

1. PENDAHULUAN

Anemia adalah kondisi di mana jumlah sel darah merah atau konsentrasi hemoglobin dalam darah tidak mencukupi untuk memenuhi kebutuhan fisiologis tubuh. Anemia ditandai dengan kadar hemoglobin yang menurun di bawah 11.5 g/dL pada wanita dewasa dan 13 g/dL pada pria dewasa. Penyebab anemia bisa meliputi asupan nutrisi yang tidak memadai, kehilangan sel darah merah akibat trauma, infeksi, perdarahan kronis, menstruasi, atau gangguan dalam pembentukan sel darah, seperti hemoglobinopati, talasemia, sferositosis hereditas, dan defisiensi glukosa [1]. Terdapat dua metode untuk mengetahui kadar hemoglobin, yaitu secara *invasive* dan *non-invasive*. *Invasive* adalah metode yang memerlukan sampel darah, sedangkan *non-invasive* tidak memerlukan sampel darah.

Pada penelitian ini digunakan teknologi *Narrowband Internet of Things* (NB-IoT) yang memanfaatkan jaringan seluler dalam pengiriman data. NB-IoT dikategorikan sebagai salah satu teknologi seluler *Low Power Wide-Area Networks* (LPWAN) [2]. Teknologi NB-IoT hadir sebagai solusi yang menjanjikan untuk mendukung implementasi IoT di daerah perkotaan. NB-IoT dioptimalkan untuk aplikasi IoT dengan kebutuhan data yang rendah namun memiliki cakupan yang luas [3].

Dalam penelitian ini, dirancang sebuah alat untuk mengidentifikasi gejala anemia dengan menggunakan beberapa sensor. Sensor MAX 30102 digunakan untuk mengukur kadar oksigen dalam darah menggunakan cahaya inframerah (IR) dan merah (Red), sementara sensor SEN-11574 digunakan untuk mendeteksi detak jantung dan sensor MLX 90614 digunakan untuk mengukur suhu tubuh. Sensor MAX 30102 akan memberikan data kadar oksigen darah yang akan diolah menggunakan teknik *machine learning* untuk memprediksi kadar hemoglobin. Algoritma yang digunakan adalah *Extreme Gradient Boosting* (XGBoost). XGBoost merupakan salah satu pustaka *machine learning* yang dapat difungsikan untuk memprediksi atau mengklasifikasikan berbasis pohon keputusan [4]. Berdasarkan kemampuannya, XGBoost akan memprediksi kadar hemoglobin darah. Alat ini juga dilengkapi dengan aplikasi yang berfungsi untuk melihat hasil pengukuran sensor dan menyimpan data riwayat pasien.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Anemia

Anemia merupakan kondisi di mana kadar hemoglobin (Hb) atau jumlah sel darah merah dalam tubuh menurun di bawah normal. Penderita anemia sering menunjukkan gejala yang tidak spesifik, seperti merasa lesu, lemah, dan cepat lelah, yang dikenal dengan istilah 5 L (lesu, lelah, letih, lemah, dan lunglai) [5]. Rentang normal kadar hemoglobin (Hb) dapat sedikit berbeda, namun secara umum, nilai normalnya berkisar antara 13.5 hingga 18.0 g/dL pada pria, 12.0 hingga 15.0 g/dL pada wanita, serta 11.0 hingga 16.0 g/dL pada anak-anak. Selama kehamilan, kadar hemoglobin bervariasi sesuai trimester, tetapi umumnya berada di atas 10.0 g/dL [6].

2.2 *Extreme Gradient Boosting* (XGBoost)

Extreme Gradient Boosting, atau XGBoost, adalah algoritma yang merupakan pengembangan dari metode *gradient tree boosting*, yang menggunakan pendekatan *ensemble* untuk meningkatkan kinerja prediksi [7]. Jika dibandingkan dengan algoritma *gradient boosting* lainnya, XGBoost menggunakan formalisasi model yang lebih teratur untuk mengontrol data *overfitting*, sehingga memberikan kinerja lebih baik [8]. XGBoost tidak hanya bertujuan untuk mencegah *overfitting*, tetapi juga untuk mengoptimalkan efisiensi komputasi [9].

2.3 ESP32 DevKitC V4

ESP32, yang merupakan singkatan dari *Espressif32*, adalah mikrokontroler yang diperkenalkan dan dikembangkan oleh *Espressif Systems*. Sebagai penerus ESP8266, ESP32 adalah mikrokontroler 32-bit yang kompatibel dengan Arduino IDE. Mikrokontroler ini dilengkapi dengan kemampuan jaringan nirkabel, termasuk WiFi dan *Bluetooth Low Energy* (BLE). ESP32 menggunakan protokol WiFi 802.11 b/g/n yang beroperasi pada frekuensi 2,4 GHz dan mendukung teknologi *Bluetooth* v4.2 [10].

2.4 MAX 30102

Modul MAX30102 adalah sensor yang dikembangkan oleh *Maxim Integrated*, yang

menggabungkan pemancar cahaya inframerah dan *photodetector* yang berdekatan. Sensor ini dirancang dengan tingkat *noise* yang rendah, memudahkan penyesuaian. MAX30102 beroperasi pada tegangan tunggal 1.8 V, dengan sumber tegangan terpisah 3.3 V untuk LED internalnya. Modul ini juga dilengkapi dengan antarmuka I2C untuk komunikasi [11].

2.5 MLX 90614

Sensor MLX90614 adalah sensor suhu non-kontak yang mengukur suhu dengan mendeteksi energi inframerah yang dipancarkan oleh objek (setiap benda di atas nol absolut) dan mengubahnya menjadi sinyal listrik. Dengan mengukur energi inframerah tersebut, suhu objek dapat ditentukan. Sensor ini mengukur panjang gelombang inframerah dalam rentang 0,78-14 μm dan dapat beroperasi pada suhu antara 40°C hingga 125°C dengan tegangan 3.3 V hingga 5 V [12].

2.6 SEN-11574

SEN-11574, atau *pulse sensor*, digunakan untuk mendeteksi denyut nadi atau detak jantung dengan menggunakan teknik *photoplethysmography*. Pada penggunaannya, ujung jari diletakkan pada sensor, yang terdiri dari LED (*Light Emitting Diode*) dan sensor cahaya sekitar. LED memancarkan cahaya ke pembuluh darah di jari, yang akan mengalami aliran darah setiap kali jantung memompa. Ketika aliran darah meningkat, sensor cahaya sekitar menangkap lebih banyak cahaya yang dipantulkan oleh darah. Perubahan dalam jumlah cahaya ini kemudian dianalisis untuk mengukur detak jantung [13].

2.7 Liquid Crystal Display (LCD)

LCD (*Liquid Crystal Display*) adalah jenis tampilan elektronik yang menggunakan teknologi CMOS logic. LCD tidak menghasilkan cahaya sendiri, melainkan memantulkan cahaya dari lingkungan sekitarnya jika menggunakan front-lit, atau mentransmisikan cahaya dari back-lit. LCD berfungsi untuk menampilkan data dalam bentuk karakter, huruf, angka, atau grafik [14].

2.8 Visual Studio Code (VSC)

Visual Studio Code adalah editor teks yang ringan dan andal yang dikembangkan oleh Microsoft untuk berbagai sistem operasi,

termasuk Linux, Mac, dan Windows. Editor ini secara native mendukung bahasa pemrograman seperti JavaScript, TypeScript, dan Node.js, serta bahasa pemrograman lainnya melalui *plugin* yang dapat diunduh dari *marketplace* Visual Studio Code, seperti C++, C#, Python, Go, dan Java [15].

2.9 Android Studio

Android Studio adalah sebuah *Integrated Development Environment* (IDE) yang dirancang khusus untuk pengembangan aplikasi pada platform Android. Android sendiri adalah sistem operasi seluler yang didasarkan pada versi modifikasi dari kernel Linux dan alat sumber terbuka lainnya. Sistem operasi ini dirancang khusus untuk perangkat seluler, terutama yang menggunakan layar sentuh seperti *smartphone* dan tablet. [16]. Bahasa pemrograman utama yang digunakan dalam Android Studio adalah Java, sementara tampilan atau layout dibuat menggunakan bahasa XML [17].

2.10 Firebase

Firebase adalah platform *database* yang memungkinkan penyampaian informasi secara *real-time* kepada penggunanya. Sebagai alternatif *database* yang andal, Firebase menawarkan kecepatan tinggi dalam pengiriman data. Teknologi ini memiliki arsitektur yang berbeda dibandingkan dengan *database* konvensional, termasuk dalam hal penamaan data dan atribut. Firebase dapat diintegrasikan ke dalam aplikasi untuk menyediakan informasi secara cepat dan *real-time*, dan telah digunakan untuk berbagai keperluan [18].

2.11 Narrowband Internet of Things

Narrowband Internet of Things (NB-IoT) adalah mode transmisi yang mendukung perangkat untuk terhubung melalui data seluler melalui WAN yang dibangun di atas jaringan seluler yang ada. Sinyal-sinyal pita sempit mengacu pada sinyal yang menempati rentang frekuensi sempit atau pecahan kecil *bandwidth*, dan NB-IoT hanya mengkonsumsi *bandwidth* sekitar 180 kHz. Itu bisa langsung digunakan dalam jaringan GSM, jaringan UMTS, atau jaringan LTE dan tidak perlu membangun kembali jaringan, sehingga mengurangi biaya penyebaran. Selain itu, NB-IoT memiliki

keunggulan koneksi yang kuat, cakupan tinggi, konsumsi daya rendah, dan biaya rendah [19].

2.12 SIM7600G-H

SIM7600G-H adalah solusi modul LTE-FDD/LTE-TDD/HSPA+ *multi-band* dan GSM/GPRS/EDGE dalam format SMT yang mendukung transfer data LTE CAT4 hingga 150Mbps. Modul ini dilengkapi antarmuka yang kaya seperti UART, USB2.0, dan GPIO, memberikan fleksibilitas dan kemudahan integrasi tinggi untuk aplikasi pelanggan. Dengan paket LCC + LGA, SIM7600G-H kompatibel dengan varian CAT-4 LTE SIM7600x-H dalam paket LCC. Dirancang untuk aplikasi yang membutuhkan komunikasi data dengan *throughput* tinggi dalam berbagai kondisi propagasi radio, SIM7600G-H menawarkan kombinasi kinerja, keamanan, dan fleksibilitas yang cocok untuk berbagai aplikasi.

3. METODE PENELITIAN

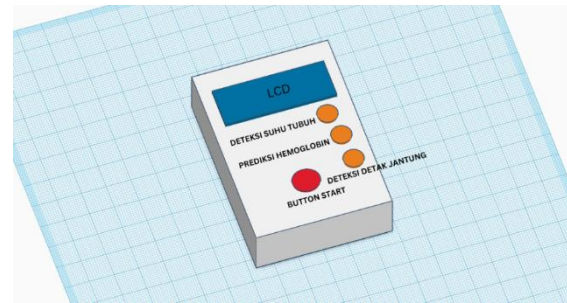
3.1 Perancangan Alat

Perancangan alat pendeteksi gejala anemia meliputi daftar sensor dan komponen yang digunakan, berikut terdapat Tabel 1. yang menjelaskan jumlah sensor dan komponen yang digunakan dalam pembuatan alat:

Tabel 1. Daftar Sensor dan Komponen Alat

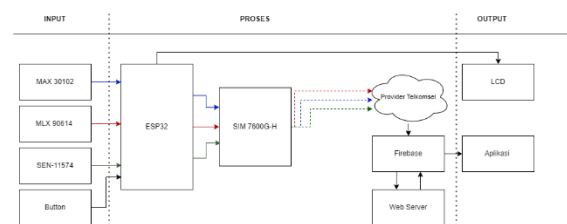
Komponen	Jumlah
ESP32	1
Sensor MAX 30102	1
LCD 16 x 2 (I2C)	1
Pulse Sensor SEN-11574	1
Sensor MLX 90614	1
Modul SIM7600G-H	1
Papan PCB	1
Button	1

Berdasarkan Tabel 1. diperlukan masing-masing satu buah untuk sensor dan komponen untuk proses realisasi alat. Selain daftar sensor dan komponen yang diperlukan terdapat ilustrasi pada Gambar 1. yang menunjukkan ilustrasi dari perangkat yang akan dibuat.



Gambar 1. Ilustrasi Alat Pendeteksi Gejala Anemia Tampak Atas

Berdasarkan Gambar 1. merupakan ilustrasi alat tampak atas. Alat akan dikemas dalam casing dan menampilkan komponen LCD sebagai *display* dan sensor yaitu sensor MAX 30102, SEN-11574, dan MLX 90614 yang akan bersentuhan langsung dengan pengguna. Komponen dan sensor diletakkan di bagian depan casing, menghadap ke atas agar memudahkan pengguna saat menggunakan alat. Terdapat juga diagram sistem blok yang ditampilkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Sistem Blok

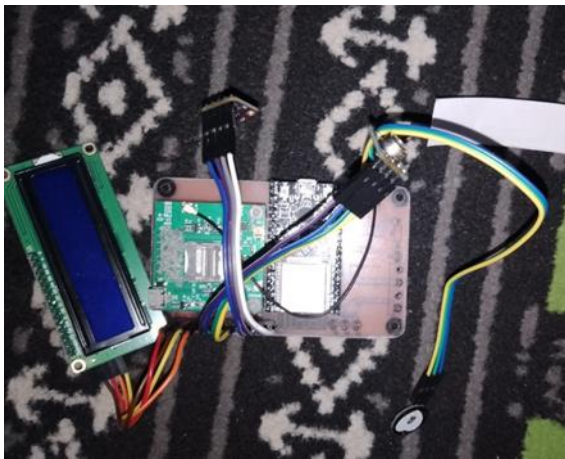
Pada Gambar 2. terdapat diagram blok sistem dari alat pendeteksi gejala anemia. Tahapan dari diagram akan dijelaskan dalam bentuk poin di bawah ini:

- Bagian *input* terdiri atas sensor MAX 30102 untuk prediksi kadar hemoglobin, MLX 90614 untuk deteksi suhu tubuh, SEN-11574 untuk deteksi detak jantung, dan *button* yang terhubung langsung pada ESP32 sebagai mikrokontrolernya.
- Bagian proses terdiri dari ESP32 yang terhubung dengan SIM7600G-H sebagai modul dari NB-IoT. Pengiriman data akan dilakukan dengan NB-IoT dengan jaringan seluler ke web server dan database melalui provider Telkomsel.

- Bagian *output* terdiri atas komponen *display* yang terhubung langsung dengan ESP32. Selain itu, terdapat juga aplikasi Hi MEDis! yang menampilkan hasil monitoring pembacaan sensor.

3.2 Realisasi Alat

Bagian realisasi bertujuan untuk menghubungkan komponen dan sensor yang terhubung langsung dengan mikrokontroler yaitu ESP32 pada satu papan PCB yang sama. Pada Gambar 3. Terdapat tampilan papan PCB yang sudah disambungkan dengan sensor dan komponen yang digunakan.



Gambar 3. Papan PCB dan Konponen

Berdasarkan Gambar 3. terlihat bahwa mikrokontroler EPS32 dan modul SIM7600G-H terpasang *on-board*, sedangkan bagian sensor MAX 30102, MLX 90614, dan SEN-11574 dan LCD akan dipasang dengan bantuan konektor dan kabel *jumper* untuk menyesuaikan penempatan posisi pada casing. Papan PCB dibuat dengan ukuran 60 x 100 mm. Selain itu, pada bagian realisasi ini juga dilakukan pembuatan casing untuk melindungi papan PCB dan membuat alat agar layak digunakan dalam tampilan yang baik. Terdapat tampilan casing tertampil pada Gambar 4. di bawah ini:



Gambar 4. Tampilan Alat Pada Casing

Berdasarkan Gambar 4. casing dibuat dengan bahan PVC dengan penempatan sensor dan komponen sesuai dengan rancangan.

Proses realisasi juga dilakukan pada bagian *machine learning*, yaitu dengan mengolah dataset dengan algoritma yang digunakan yaitu XGBoost. Dataset akan dibagi menjadi dua bagian yaitu data *training* dan data pengujian guna mengevaluasi performa model yang dibuat dengan rentang 80% data *training* dan 20% data uji. Variable yang digunakan dibagi menjadi variabel X dan Y, dengan variable X sebagai fitur dan variable Y sebagai target. Variable X terdiri dari 'Red (a.u)' dan 'Infra Red (a.u)'. Sedangkan variable Y terdiri dari 'Hemoglobin (g/dL)'. Penggunaan variabel X menyesuaikan dengan data yang dikirim oleh sensor.

Setelah melalui beberapa proses, model kemudian akan dilatih dengan menggunakan algoritma XGBoost dengan rentang parameter dan jenis parameter yang ditentukan. Parameter yang digunakan berupa $n_estimators=100$, $learning_rate=0.1$, dan $max_depth=5$. Model yang sudah berhasil ditraining akan dievaluasi dengan matriks evaluasi yang berupa *Mean Squared Error* (MSE), *Mean Absolute Error* (MAE), dan *Root Mean Square Error* (RSME) untuk menentukan kualitas model. Hasil training menampilkan data jika hasil MSE yang didapat adalah 0.3, MAE 0.2, RSME 0.6 yang berarti model dalam kondisi baik karena nilainya kurang dari 1.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahap pengujian dari alat yang telah dirancang dan direalisasikan dari alat pendeteksi gejala

anemia akan ditampilkan pada bagian ini. Hal yang akan dibahas diantaranya adalah pengujian akurasi sensor, dan perbandingan hasil prediksi kadar hemoglobin.

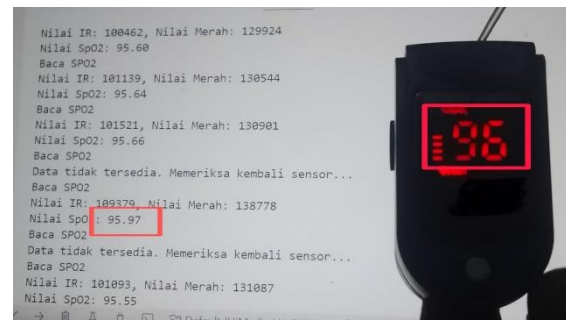
4.1 Pengujian Sensor MAX 30102

Pengujian dilakukan untuk mengukur tingkat akurasi sensor MAX 30102 yang dilakukan melalui perbandingan dengan alat aslinya. Pengujian dilakukan dengan menghitung nilai error relatif dari persamaan yang ada. Hasil pengukuran kadar saturasi oksigen darah (SpO_2) dapat dilihat pada Tabel 2. di bawah ini:

Tabel 2. Hasil pengujian Saturasi Oksigen Darah MAX 30102

No	Waktu Pengujian WIB	Saturasi Oksigen (Sensor MAX 30102)	Saturasi Oksigen (Oximeter)	Nilai Perbedaan	Error Relatif (%)	Keterangan
1	14.23.03	96	96	0	0	Akurat
2	14.23.42	94	96	2	2	Akurat
3	14.24.15	94	94	0	0	Akurat
4	14.24.50	96	97	1	1	Akurat
5	14.25.35	97	97	0	0	Akurat
6	14.31.23	97	98	1	1	Akurat
7	14.32.35	99	99	0	0	Akurat
8	14.33.56	98	98	0	0	Akurat
9	14.34.13	99	98	1	1	Akurat
10	14.34.47	96	97	1	1	Akurat
11	14.35.01	95	95	0	0	Akurat
12	14.35.48	97	97	0	0	Akurat
13	14.36.38	95	94	1	1	Akurat
14	14.37.45	98	98	0	0	Akurat
15	14.38.25	96	97	1	1	Akurat
16	14.39.12	95	94	1	1	Akurat
17	14.39.58	96	96	0	0	Akurat
18	14.40.34	97	96	1	1	Akurat
19	14.42.24	96	95	1	1	Akurat
20	14.43.11	96	98	2	2	Akurat
21	14.43.49	97	98	1	1	Akurat
22	14.44.05	95	96	1	1	Akurat
23	14.44.57	97	97	0	0	Akurat
24	14.45.56	99	98	1	1	Akurat
25	14.47.14	96	96	0	0	Akurat
Rata-rata		96.44	96.60	0.64	1	

Berdasarkan data hasil pengujian oksigen dalam darah pada Tabel 2, didapatkan hasil rata-rata pengukuran saturasi oksigen dalam darah sebesar 96.44 pada sensor MAX 30102 dan 96.60 pada Oximeter. Sedangkan untuk nilai perbedaan rata-rata didapatkan sebesar 0.64 dan nilai error relatif sebesar 1%. Perbedaan nilai yang diperoleh dari sensor MAX 30102 dan Oximeter memiliki nilai perbedaan yang relatif kecil, sehingga menghasilkan nilai error relatif yang rendah, yaitu di bawah 5%. Proses pengujian ditampilkan dalam Gambar 5. di bawah ini:



Gambar 5. Pengujian Saturasi Oksigen Dengan MAX 30102 dan Oximeter

Berdasarkan Gambar 5. hasil pengujian saturasi oksigen oleh sensor MAX 30102 didapatkan hasil 95.97 yang ditampilkan melalui serial monitor dan hasil pengujian saturasi oksigen oleh Oximeter didapatkan hasil 96.

4.2 Pengujian Sensor SEN-11574

Pengujian dilakukan untuk mengukur tingkat akurasi sensor SEN-11574 yang dilakukan melalui perbandingan dengan alat aslinya. Pengujian dilakukan dengan menghitung nilai error relatif dari persamaan yang ada. Hasil pengukuran detak jantung (bpm) dapat dilihat pada Tabel 3. di bawah ini:

Tabel 3. Hasil Pengujian Detak Jantung Sensor SEN-11574

No	Waktu Pengujian WIB	Detak Jantung (Sensor SEN-11574)	Detak Jantung (Oximeter)	Nilai Perbedaan	Error Relatif (%)	Keterangan
1	19.37.20	112.00	111.00	1.00	0.9	Akurat
2	19.46.10	111.00	109.00	2.00	1.83	Akurat
3	19.58.30	107.00	105.00	2.00	1.9	Akurat
4	20.11.20	114.00	116.00	2.00	1.72	Akurat
5	20.24.10	87.00	87.00	0.00	0	Akurat
6	21.06.20	91.00	89.00	2.00	2.24	Akurat
7	21.11.30	91.00	103.00	12.00	11.65	Tidak Akurat
8	21.15.00	96.00	92.00	4.00	4.34	Akurat
9	21.20.20	117.00	111.00	6.00	5.4	Akurat
10	21.23.10	116.00	120.00	4.00	3.33	Akurat
11	21.25.10	92.00	100.00	8.00	8	Akurat
12	21.26.40	129.00	125.00	4.00	3.2	Akurat
13	21.28.50	123.00	128.00	5.00	3.9	Akurat
14	21.32.10	135.00	124.00	11.00	8.87	Tidak Akurat
15	21.36.50	139.00	129.00	10.00	7.75	Tidak Akurat
16	21.42.30	99.00	88.00	11.00	12.5	Tidak Akurat
17	21.44.20	81.00	78.00	3.00	3.84	Akurat
18	21.45.30	77.00	82.00	5.00	6.09	Akurat
19	21.48.30	76.00	81.00	5.00	6.17	Akurat
20	21.50.10	83.00	74.00	9.00	12.16	Tidak Akurat
21	21.57.30	124.00	113.00	11.00	9.73	Tidak Akurat
22	22.00.40	100.00	112.00	12.00	10.71	Tidak Akurat
23	22.02.50	94.00	104.00	10.00	9.61	Tidak Akurat
24	22.04.40	101.00	105.00	4.00	3.8	Akurat
25	22.06.50	132.00	122.00	10.00	8.19	Tidak Akurat
Rata-rata		105.08	104.32	6.12	5.91	

Berdasarkan data hasil pengujian detak jantung pada Tabel 3. didapatkan hasil rata-rata

pengukuran detak jantung sebesar 105.08 pada sensor SEN-11574 dan 104.32 pada Oximeter. Sedangkan untuk nilai perbedaan rata-rata didapatkan sebesar 6.12 dan nilai error relatif sebesar 5.91%. Pada Tabel 3. hasil pengukuran SEN-11574 diklasifikasi akurat/tidak dengan rentang yang akurasi yang didapat dari penelitian sebelumnya. Pengukuran SEN-11574 memiliki akurasi yang lebih rendah jika dibandingkan dengan Oximeter. Hal ini dapat disebabkan karena adanya proses pergerakan ketika pengukuran berlangsung, jarak antar jari dengan sensor, atau kondisi fisik seperti sirkulasi darah. Proses pengujian ditampilkan dalam Gambar 6. di bawah ini:



Gambar 6. Pengujian Detak Jantung Dengan SEN-11574 dan Oximeter

Berdasarkan Gambar 6. hasil pengujian detak jantung oleh sensor SEN-11574 didapatkan hasil 107 bpm yang ditampilkan melalui aplikasi dan hasil pengujian detak jantung oleh Oximeter didapatkan hasil 105 bpm.

4.3 Pengujian Sensor MLX 90614

Pengujian dilakukan untuk mengukur tingkat akurasi sensor MLX 90614 yang dilakukan melalui perbandingan dengan alat aslinya. Pengujian dilakukan dengan menghitung nilai error relatif dari persamaan yang ada. Hasil pengukuran suhu ($^{\circ}\text{C}$) dapat dilihat pada Tabel 4. di bawah ini:

Tabel 4. Hasil pengujian Suhu Sensor MLX 90614

No	Waktu Pengujian WIB	Suhu (Sensor MLX 90614)	Suhu (Termometer Gun)	Nilai Perbedaan	Error Relatif (%)	Keterangan
1	19.45.20	35.81	35.9	0.09	0.25	Akurat
2	19.48.30	37.01	36.2	0.81	2.23	Akurat
3	19.55.10	35.55	35.9	0.35	0.97	Akurat
4	19.57.20	36.23	36.1	0.13	0.36	Akurat
5	20.01.30	37.87	36.1	1.77	4.90	Tidak Akurat
6	20.05.40	36.21	36.0	0.21	0.58	Akurat
7	20.10.50	37.53	36.0	1.53	4.25	Tidak Akurat
8	20.13.40	36.21	36.0	0.21	0.58	Akurat
9	20.18.30	36.29	36.0	0.29	0.80	Akurat
10	20.20.10	36.39	35.8	0.59	1.64	Akurat
11	20.32.10	37.83	36.3	1.53	4.21	Tidak Akurat
12	20.34.40	37.09	36.0	1.09	3.02	Tidak Akurat
13	20.37.10	37.11	36.1	1.01	2.79	Tidak Akurat
14	20.45.20	37.77	36.1	1.67	4.62	Tidak Akurat
15	20.48.40	36.93	36.1	0.83	2.29	Akurat
16	20.56.30	36.87	35.8	1.07	2.98	Tidak Akurat
17	20.58.10	37.37	36.5	0.87	2.38	Akurat
18	21.01.20	37.59	36.2	1.39	3.83	Tidak Akurat
19	21.05.10	37.61	36.2	1.41	3.89	Tidak Akurat
20	21.08.40	37.03	36.2	0.83	2.29	Akurat
21	21.20.50	36.77	36.0	0.77	2.13	Akurat
22	21.23.20	36.15	36.0	0.15	0.41	Akurat
23	21.25.40	36.47	36.0	0.47	1.30	Akurat
24	21.33.10	36.53	36.0	0.53	1.47	Akurat
25	21.35.20	37.03	36.3	0.73	2.01	Akurat
Rata-rata		36.85	36.07	0.81	2.24	

Berdasarkan data hasil pengujian suhu tubuh pada Tabel 4.6, didapatkan hasil rata-rata pengukuran suhu tubuh sebesar 36.85 pada sensor MLX 90614 dan 36.07 pada Termometer Gun. Sedangkan untuk nilai perbedaan rata-rata didapatkan sebesar 0.81 dan nilai error relatif sebesar 2.24%. Perbedaan nilai yang diperoleh dari sensor MLX 90614 dan Termometer Gun memiliki nilai perbedaan yang relatif kecil, sehingga menghasilkan nilai error relatif yang rendah, yaitu di bawah 5%. Pengukuran MLX 90614 memiliki akurasi yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan Termometer gun, namun akurasi $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ pada sensor MLX 90614 akan didapat jika sensor tidak terpengaruh dengan objek panas/dingin disekitar sensor. Hasil pengukuran pada MLX 90614 tidak selalu lebih tinggi akurasinya dibanding dengan Termometer Gun karena terpengaruh dengan panas/dingin disekitar sensor. Proses pengujian ditampilkan dalam Gambar 7. di bawah ini:



Gambar 7. Pengujian Suhu Tubuh Dengan MLX 90614 dan Termometer Gun

Berdasarkan Gambar 7. hasil pengujian suhu tubuh oleh sensor MLX 90614 didapatkan hasil 36.53 °C yang ditampilkan melalui aplikasi dan hasil pengujian detak jantung oleh Termometer Gun didapatkan hasil 36.0 °C.

4.3 Pengujian Perbandingan Nilai Prediksi Kadar Hemoglobin

Pengujian dilakukan untuk mengukur tingkat akurasi model XGBoost yang dilakukan melalui perbandingan dengan alat aslinya. Pengujian dilakukan dengan menghitung nilai akurasi dari persamaan yang ada. Hasil pengukuran kadar hemoglobin dapat dilihat pada Tabel 5. di bawah ini:

Tabel 5. Hasil Pengujian Kadar Hemoglobin

No	Waktu Pengujian WIB	Hasil Prediksi XGBoost	Easy Touch GCHb	Nilai Perbedaan	Akurasi (%)	Data Pasien	Keterangan
1	21.30.03	12.6	12.1	0.5	95.7	Fajar (49 Thn, Pria)	Anemia
2	21.46.58	13.0	13.7	0.7	94.8	Dina (46 Thn, Wanita)	Normal
3	22.10.12	11.7	11.2	0.5	95.5	Ametta (22 Thn, Wanita)	Anemia
4	22.19.24	11.7	11.0	0.7	93.6	Alisa (21 Thn, Wanita)	Anemia
5	22.38.15	13.2	12.4	0.8	93.5	Tama (23 Thn, Pria)	Anemia
6	07.35.10	15.7	16.4	0.7	95.7	Sunaryo (71 Thn, Pria)	Normal
7	07.56.18	12.6	13.3	0.7	94.7	Ashilla (11 Thn, Wanita)	Normal
8	08.10.26	12.6	13.6	1	92.6	Rafi Ghani (14 Thn, Pria)	Normal
9	08.26.31	14.1	13.2	0.9	93.1	Sudaryati (70 Thn, Wanita)	Normal
10	08.42.17	14.1	14.8	0.7	95.2	Sigit (41 Thn, Pria)	Normal
11	16.35.20	11.8	11.0	0.8	92.7	Fransiska (23 Thn, Wanita)	Anemia

12	17.40.10	13.1	13.9	0.8	94.2	Pimpi (23 Thn, Wanita)	Normal
13	17.45.50	14.5	15.7	1.2	92.3	Nabilah (23 Thn, Wanita)	Normal
14	20.42.15	10.8	10.1	0.7	93.0	Dea (23 Thn, Wanita)	Anemia
15	20.55.14	12.8	13.5	0.7	94.8	Viranti (23 Thn, Wanita)	Normal
Rata-rata		12.95	13.06	0.76	94.09		

Berdasarkan data hasil pengujian kadar hemoglobin pada Tabel 5. didapatkan hasil rata-rata pengukuran kadar hemoglobin sebesar 12.95 dengan prediksi XGBoost dan 13.06 pada EasyTouch GCHb. Sedangkan untuk nilai perbedaan rata-rata didapatkan sebesar 0.76.

Melalui persamaan hasil akurasi yang diperoleh dari model XGBoost dalam memprediksi kadar hemoglobin adalah 94.09% dengan lima belas data yang diperoleh, hanya terdapat 13 data yang masuk ke dalam jumlah prediksi dalam rentang toleransi yaitu dengan nilai perbedaannya <1. Hal ini disimpulkan bahwa nilai akurasi tidak selalu tepat. Proses pengujian ditampilkan dalam Gambar 8. di bawah ini:



Gambar 4.7 Pengujian Kadar Hemoglobin Dengan Prediksi XGBoost dan EasyTouch GCHb

Berdasarkan Gambar 8. hasil pengujian kadar hemoglobin oleh model XGBoost secara *non-invasive* didapatkan hasil 13.13 g/dL yang ditampilkan melalui aplikasi dan hasil pengujian kadar hemoglobin oleh EasyTouch GCHb secara *invasive* didapatkan hasil 13.9 g/dL.

2. KESIMPULAN

- Alat pendeteksi gejala anemia direalisasikan dengan beberapa komponen dan sensor diantaranya

adalah sensor MAX 30102, sensor MLX 90614, sensor SEN-11574, ESP32, LCD, button dan modul SIM 7600G-H. Alat ini dapat mengukur suhu tubuh, detak jantung, dan memprediksi kadar hemoglobin dengan bantuan machine learning algoritma XGBoost. Pengiriman data dilakukan dengan teknologi NB-IoT. Hasil monitoring sensor akan tertampil pada bagian aplikasi dan data hasil pengukuran dapat disimpan sebagai data riwayat pasien.

- b. Model XGBoost dapat melakukan prediksi untuk kadar hemoglobin melalui data sensor MAX 30102 yang berupa kadar oksigen darah (IR dan Red LED). Proses prediksi terjadi pada web server. Model memiliki matriks evaluasi sebesar MSE 0.3654, MAE 0.2402, dan RSME 0.6045.
- c. NB-IoT dapat mengirim data sensor ke *database* dengan bantuan SIM 7600G-H yang menggunakan provider Telkomsel.
- d. Tahap pengujian yang dilakukan pada alat pendeteksi gejala anemia memiliki beberapa hasil:
 - Hasil akurasi sensor dengan alat yang sebenarnya berada dalam kondisi yang baik. Dengan nilai error relatif yang didapatkan sebesar 1% untuk pengukuran akurasi sensor oksigen dalam darah, 2.24% untuk suhu tubuh, dan 5.91% untuk detak jantung.
 - Hasil perbandingan antara data prediksi kadar hemoglobin dengan teknik invasive dan *non-invasive* mendapat nilai perbedaan rata-rata 0.76 dan nilai rata-rata akurasi 94.09% dengan tiga belas data dari total lima belas data yang memiliki nilai perbedaan <1.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Nur Fauziah, S. Suparti, and S. Maesaroh, "Faktor-Faktor yang Berhubungan Dengan Anemia Pada Siswi Kelas XI Di SMK Negeri Musuk Boyolali," *Jurnal Kebidanan Indonesia*, vol. 14, no. 1, p. 148, Dec. 2022, doi: 10.36419/jki.v14i1.771.
- [2] T. Istiana *et al.*, "Kajian Pemanfaatan IoT Berbasis LPWAN Untuk Jaringan Akuisisi Data ARG," *Elektron Jurnal Ilmiah*, vol. 12, 2020, [Online].
- [3] M. B. Ginting, "Implementasi Skenario In-Band Untuk Teknologi NB-IoT Di Area Jakarta," *Telekontran: Jurnal Ilmiah Telekomunikasi, Kendali dan Elektronika Terapan*, vol. 11, no. 1, pp. 43–52, Aug. 2023, doi: 10.34010/telekontran.v11i1.9854.
- [4] M. R. Givari, R. Mochamad, and Y. U. Sulaeman, "Perbandingan Algoritma SVM, Random Forest Dan XGBoost Untuk Penentuan Persetujuan Pengajuan Kredit," vol. 16, no. 1, 2022, [Online]. Available: <https://journal.uniku.ac.id/index.php/ilkom>
- [5] N. Aliyah, T. Krianto, "Knowledge and Behaviour of Blood Supplementing Tablets Consumption Among Adolescent Girls in Cimanggis District Depok City," 2023.
- [6] Turner J, Parsi M, and Badireddy M., *Anemia*. StatPearls, 2023. Accessed: Jul. 26, 2024. [Online]. Available: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK499994/>
- [7] R. N. Alifah *et al.*, "Indonesian Journal of Mathematics and Natural Sciences Perbandingan Metode Tree Based Classification untuk Masalah Klasifikasi Data Body Mass Index," 2023. [Online]. Available: <https://journal.unnes.ac.id/journals/JM/index>
- [8] Y. Purbolingga, D. Marta Putria, A. Rahmawatia, and B. Wajhi Akramunnas, "Perbandingan Algoritma CatBoost dan XGBoost dalam Klasifikasi Penyakit Jantung," *Jurnal APTEK*, vol. 15, no. 2, pp. 126–133, 2023, [Online]. Available: <http://journal.upp.ac.id/index.php/aptek>
- [9] Intan Permata and Esther Sorta Mauli Nababan, "Application Of Game Theory In Determining Optimum Marketing Strategy In Marketplace," *Jurnal Riset Rumpun Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam*, vol. 2, no. 2, pp. 65–71, Jul. 2023, doi: 10.55606/jurrimipa.v2i2.1336.
- [10] E. W. Pratama and A. Kiswantonono, "Electrical Analysis Using ESP-32 Module In Realtime," *JEECS (Journal of Electrical Engineering and Computer Sciences)*, vol. 7, no. 2, pp. 1273–1284, Jan. 2023, doi: 10.54732/jeeecs.v7i2.21.
- [11] M. Muthmainnah *et al.*, "Prototipe Alat Ukur Detak Jantung Menggunakan Sensor MAX30102 Berbasis Internet of Things (IoT) ESP8266 dan Blynk," 2022.
- [12] I. Inayah, "Analisis Akurasi Sistem Sensor IR MLX90614 dan Sensor Ultrasonik berbasis

- Arduino terhadap Termometer Standar,” *Jurnal Fisika Unand*, vol. 10, no. 4, pp. 428–434, Oct. 2021, doi: 10.25077/jfu.10.4.428-434.2021.
- [13] T. Michelle, J. Kulon, H. Indra, R. Mosey, and V. A. Suoth, “Pemantauan Suhu Tubuh dan Detak Jantung Berbasis IoT dan Terintegrasi ThingSpeak, SMS dan Telegram,” 2024.
- [14] Shela Mindasari, M. As’ad, and Dian Meilantika, “Sistem Keamanan Kotak Amal di Musala Sabilul Khasanah Berbasis Arduino UNO,” *JTIM*, vol. Vol. 5, No. 2, 2022.
- [15] R. Simon Martin, Y. Dewanto, P, “Prototipe Kunci Pintu Otomatis Menggunakan Sensor Kamera Berbasis Raspberry,” *Jurnal Teknologi Industri*, vol. 12, no. 1, 2023.
- [16] A. Febriyanto, R. M. H. Bhakti, and P. Wahyuningsih, “Implementasi Augmented Reality Berbasis Android Sebagai Media Pembelajaran Benda Langit di SMPN 1 Tanjung,” *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 12, no. 3, Aug. 2024, doi: 10.23960/jitet.v12i3.4996.
- [17] S. Sibuea, M. Ikhsan Saputro, A. Annan, and Y. Bowo Widodo, “Aplikasi Mobile Collection Berbasis Android pada PT. Suzuki Finance Indonesia,” *Jurnal Informatika dan Teknologi Komputer, Maret*, vol. 2, no. 1, 2022.
- [18] Sugiyatno, “Pengiriman Informasi Real Time Menggunakan Teknologi Database Firebase pada Aplikasi Mobile Android.”
- [19] C.-Y. Chung, W.-T. Sung, L.-C. Wang, L. Siami, and J. P. Santos, “Environmental Disinfection Based on Mobile Intelligent Networking Highly Efficient Ultraviolet Light Machines,” 2020.