

# **Inovasi Alat Pendeteksi Asam Urat dan Kolesterol Non-Invasive Berbasis Model Regresi Terintegrasi IOT Guna Meningkatkan Kesehatan Masyarakat di Indonesia**

Bima Bagus Setyobudi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri dan  
Rekayasa Sistem, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Indonesia.

<sup>1</sup>bimabagus.s.b.2525@gmail.com

## **Abstrak**

Health problems caused by high cholesterol and uric acid are becoming more common around the world, including in Indonesia. High cholesterol causes over 2.6 million deaths every year and affects about 28% of people in Indonesia. At the same time, diseases related to uric acid—like gout and kidney issues—also affect many people, with around 7.3% of Indonesians experiencing these problems. These facts show that it is very important to take action by raising awareness, encouraging healthy habits, and improving early treatment. Conventional methods for detecting cholesterol and uric acid levels are invasive, requiring blood samples, which can cause discomfort and have a risk of infection. Additionally, a significant portion of the population experiences fear of injections, further complicating early detection. This research aims to develop a non-invasive device integrated with IoT technology for detecting cholesterol and uric acid levels using a regression model. The device integrates optical sensors with near-infrared (NIR) light at 940 nm for cholesterol and 1550 nm for uric acid. The accuracy of the regression model was evaluated, yielding an  $R^2$  value of 96% for cholesterol and 97.5% for uric acid, which indicates high reliability and consistency in the results. Furthermore, the device is capable of real-time monitoring and data logging, enabling both users and healthcare professionals to continuously track health conditions and support more accurate and timely diagnoses.

**Keyword:** *Non-invasive detector, Cholesterol, Uric Acid, IoT, Regression.*

## **BAB I Pendahuluan**

### **1.1. Latar Belakang**

Penyakit yang terkait dengan kadar kolesterol dan asam urat menjadi masalah kesehatan yang semakin mendesak di seluruh dunia, termasuk di Indonesia. Menurut data dari Organisasi Kesehatan Dunia (WHO), lebih dari 2,6 juta kematian setiap tahunnya disebabkan oleh penyakit yang berhubungan dengan kolesterol tinggi (Koessoy dkk., 2025). Di Indonesia, penyakit kolesterol menjadi penyakit yang cukup sering terjadi. Tercatat, sekitar 28% penduduk di Indonesia pernah terjangkit penyakit kolesterol (Kemenkes, 2022). Sementara itu, penyakit asam urat juga sering dijumpai di Indonesia, dengan angka sekitar 7.3% (Fitriani dkk., 2021).

Pendeteksian kadar kolesterol dan asam urat selama ini masih bergantung pada metode konvensional, yaitu pengambilan sampel darah melalui tes laboratorium. Meskipun metode ini dianggap akurat, prosedur invasif ini dapat menimbulkan rasa tidak nyaman, risiko infeksi, dan memerlukan tenaga medis terlatih serta fasilitas laboratorium yang memadai. Selain itu, banyaknya masyarakat yang takut akan jarum suntik juga menjadi kendala dalam pendeteksian dini dari penyakit ini, tercatat dalam survei *Diabetes Fear of Injecting and Self-testing Questionnaire* (DFISQ) sebanyak 43% dari 266 pasien takut akan jarum suntik ketika akan dilakukan pemeriksaan Invasif (Duncanson dkk., 2021),

Survei lain menunjukkan 63.2% dari 2000 pasien takut akan jarum suntik (Alsbrooks dan Hoerauf, 2022) menunjukkan tidak sedikit orang yang takut akan jarum suntik. Tidak hanya itu, metode konvensional menghasilkan limbah medis yang memerlukan penanganan khusus serta memerlukan waktu yang cukup lama untuk mendapatkan hasil. Seiring dengan kemajuan teknologi, metode pendeteksian non-invasif mulai dikembangkan untuk mengatasi keterbatasan tersebut.

Teknologi seperti sensor optik dan *bioimpedance* mampu mendeteksi kadar kolesterol dan asam urat tanpa perlu pengambilan darah langsung menawarkan kenyamanan lebih bagi pengguna. Meskipun menjanjikan, metode ini masih menghadapi tantangan dalam hal akurasi, terutama ketika mengukur kadar yang sangat rendah atau sangat tinggi (Chakraborty dkk., 2019). Selain itu, mayoritas penelitian terdahulu tidak mengintegrasikan sistem pendeteksian secara *real time* dengan *history data saving* sehingga menyebabkan pengguna kurang dapat memantau kondisi secara kontinu dan membatasi analisa tenaga medis karena tidak ada data terdahulu dari pasien.

Menanggapi permasalahan yang telah diuraikan, diusulkan sebuah inovasi alat pendeteksi kadar kolesterol dan asam urat non-invasif berbasis Regresi untuk pendeteksian kadar kolesterol serta kadar asam urat terintegrasi *Internet of Things* (IoT). Solusi ini tidak hanya memberikan kenyamanan dan kecepatan dalam pengukuran, tetapi juga meningkatkan akurasi dengan memanfaatkan model regresi yang tepat untuk memproses data yang diperoleh dari tubuh. Inovasi ini juga memungkinkan pengguna untuk memantau kadar kolesterol dan asam urat secara berkala melalui aplikasi berbasis IoT, sehingga dapat mendeteksi perubahan kondisi kesehatan secara cepat dan akurat. Dengan pengintegrasian sistem IoT, alat dapat dirancang untuk memiliki *history saving* yang mampu membantu tenaga medis untuk melakukan analisa pada pasien.

## **1.2. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, rumusan masalah yang muncul terkait dengan inovasi alat pendeteksian kadar kolesterol dan asam urat adalah sebagai berikut,

1. Bagaimana model regresi yang tepat untuk mendeteksi kadar kolesterol dan asam urat dari pengguna serta akurasinya.
2. Bagaimana merancang dan mengembangkan alat pendeteksi kadar kolesterol dan asam urat non-invasif yang terintegrasi IoT dan mekanisme kerjanya.

### 1.3. Fokus Penelitian

Fokus penelitian ini adalah untuk mengembangkan alat pendeteksi kadar kolesterol dan asam urat non-invasif berbasis model regresi terintegrasi *Internet of Things* (IoT) yang dapat mengatasi tantangan pada metode konvensional, seperti ketakutan terhadap jarum suntik, ketidaknyamanan saat pengambilan darah, dan kecepatan pengukuran serta akses ke fasilitas medis. Penelitian ini akan menitikberatkan pada tiga dimensi utama, yaitu:

1. Penentuan Model Regresi: Penelitian ini akan fokus pada penentuan model regresi yang mampu mendeteksi kadar kolesterol dan asam urat dengan akurasi tinggi sehingga nantinya dapat diterapkan pada alat.
2. Perancangan alat pendeteksi non-invasif terintegrasi IoT: Fokus penelitian ini juga akan mencakup perancangan alat pendeteksi dengan mengintegrasikan sensor optik dan teknologi IoT yang memungkinkan pengguna untuk memantau kadar kolesterol dan asam urat secara berkala melalui aplikasi berbasis IoT serta memantau *history* data pengujian.

### 1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menentukan model regresi yang tepat untuk mendeteksi kadar kolesterol dan asam urat serta mengevaluasi tingkat akurasi model.
2. Mendesain dan mengembangkan alat pendeteksi non-invasif berbasis teknologi IoT yang memungkinkan pemantauan kadar kolesterol dan asam urat secara berkala dengan fitur *history saving*.

### 1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut,

1. Memberikan Wawasan Tentang Model Prediksi yang Paling Akurat. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan yang

mendalam mengenai model prediksi yang paling akurat untuk mendeteksi kadar kolesterol dan asam urat dengan menggunakan teknologi non-invasif.

2. Menyediakan Dasar untuk Perancangan Alat Deteksi Non-Invasif  
Penelitian ini dapat berperan dalam basis perancangan dan mengembangkan alat deteksi kolesterol dan asam urat yang tidak invasif, dengan dilengkapi model prediksi yang akurat terintegrasi IoT. Hal ini membuka peluang bagi terciptanya alat deteksi kesehatan yang lebih efisien, akurat, dan terjangkau di masa depan.

## BAB II KAJIAN PUSTAKA

### 2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu menjadi landasan penting dalam pengembangan sistem deteksi non-invasif yang lebih akurat dan efisien. Beberapa studi telah dilakukan untuk mendeteksi kadar kolesterol dan asam urat menggunakan pendekatan non-invasif yang dikombinasikan dengan teknologi *machine learning* maupun *Internet of Things* (IoT). Padmavilochanan dkk. (2023) melakukan penelitian mengenai deteksi kadar kolesterol menggunakan pendekatan non-invasif dengan metode *machine learning*. Studi ini membandingkan beberapa model *machine learning*, seperti XGBoost dan SVR, untuk menemukan model paling optimal. Hasilnya menunjukkan bahwa model XGBoost dan SVR masih memiliki akurasi yang cukup rendah berdasarkan nilai MAE, MSE, dan RMSE, yakni masing-masing sebesar 24.8, 1213.4, 34.8 untuk XGBoost, dan 24.9, 1717, 41.4 untuk SVR. Penelitian ini memiliki keterbatasan karena hanya fokus pada pendeteksian kadar kolesterol saja.

Umar dan Ingrid (2022) mengembangkan metode non-invasif untuk mengukur kadar kolesterol dan glukosa. Hasil sistem ini tergolong cukup akurat, namun belum terintegrasi dengan IoT dan tidak mampu mendeteksi kadar asam urat. Dalam penelitian ini, dikembangkan model sekaligus rancangan alat pendeteksi kadar kolesterol dan asam urat terintegrasi IoT dengan akurasi paling akurat pada kedua fitur pendeteksian, baik kolesterol maupun asam urat.

### 2.2 Kolesterol

Kolesterol adalah zat lilin atau lemak yang terdapat dalam membran plasma setiap sel dalam tubuh yang mengalir dalam darah (Padmavilochanan dkk., 2023). Selama berada pada tingkat yang normal, zat ini bermanfaat dalam pembentukan sel-sel baru. Jika seseorang memiliki kolesterol berlebihan (hiperkolesterolemia), lemak menyumbat pembuluh darah dan sirkulasi melalui arteri menjadi sulit. Ketika kadar

kolesterol melebihi batas yang dapat diterima akan mengakibatkan banyak masalah (Umaphathi dkk., 2023). Kolesterol diukur sebagai konsentrasi lipoprotein dalam miligram per desiliter (mg/dL) darah.

Lipoprotein adalah partikel kecil yang bertanggung jawab untuk mengangkut kolesterol melalui darah. Ada tiga jenis lipoprotein: lipoprotein densitas rendah (LDL), lipoprotein densitas tinggi (HDL), dan lipoprotein densitas sangat rendah (VLDL). Jumlah kolesterol total umumnya dihitung dengan menggunakan persamaan (Padmavilochanan dkk., 2023),

$$Total\ Cholesterol = DL + TDL + 20\%TG \quad (1)$$

Adapun kadar kolesterol dapat dihitung dalam miligram (mg) kolesterol per desiliter (dl) darah (Dritsas dan Trigka, 2022). Kadar kolesterol total dapat dikategorikan menjadi normal pada nilai dibawah 200 mg/dl, batas tinggi pada 200-239 mg/dl, dan tinggi pada nilai lebih besar dari 240 mg/dl (Swastini, 2021).

### **2.3 Asam Urat**

Asam urat merupakan produk akhir dari pemecahan metabolik nukleotida purin (Özdede, 2023). Metabolit purin sulit larut dalam air, tetapi asam urat dalam darah larut dalam bentuk natrium (Susanto, 2020). Asam urat berfungsi sebagai antioksidan dan mencakup 50% dari total kapasitas antioksidan cairan tubuh manusia (Ndrepepa, 2018). Namun, jumlah asam urat yang tidak normal dapat menyebabkan berbagai macam penyakit termasuk batu ginjal, sindrom metabolik, penyakit gagal ginjal kronis (CKD), diabetes melitus (DM) dan penyakit jantung aterosklerotik (Özdede, 2023). Kadar asam urat dapat diketahui melalui hasil pemeriksaan darah dan/atau urin (Umar dkk., 2021). Nilai rujukan kadar darah asam urat normal pada laki-laki yaitu 3.6 - 8.2 mg/dl sedangkan pada perempuan yaitu 2.3 - 6.1 mg/dl (Darmawan dkk., 2016).

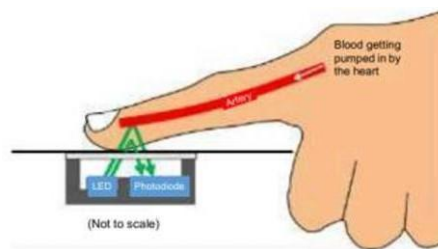
### **2.4 Sensor Optik**

Sensor optik adalah sensor yang dapat mendeteksi *input* cahaya dan mengubah besaran cahaya menjadi arus listrik, salah satu contoh dari jenis sensor ini adalah *Photodiode* dengan jenis dioda yang resistansinya

berubah-ubah apabila terkena sinar cahaya (Nugroho dan Effendi, 2022). Sensor optik banyak diaplikasikan di berbagai macam bidang termasuk pada bidang kesehatan seperti untuk mendeteksi kadar asam urat (Anupongongarch dkk., 2022) atau kolesterol (Umar dan Ingrid, 2022). Dalam konteks pendeteksian kolesterol dan asam urat, mekanisme kerja dari sensor sesuai dengan prinsip persamaan (2) (Shubha dkk., 2023).

$$Adsorption \propto Concentration \quad (2)$$

Dalam hal ini, besarnya cahaya dengan panjang tertentu yang terdeteksi akan terpengaruh dari konsentrasi zat di dalam darah, termasuk asam urat dan kolesterol. Kadar tersebut akan terdeteksi pada rangkaian sensor yang digunakan



**Gambar 1.** Contoh Proses Pendeteksian melalui Sensor

Rangkaian sensor akan terdiri dari pemancar dan penerima *Near Infrared*

(NIR), pemancar berfungsi untuk memancarkan cahaya *infrared* dengan panjang tertentu yang akan menembus kulit dan melewati darah, sedangkan penerima NIR berfungsi untuk menerima dan mendeteksi cahaya yang telah menembus kulit tadi.

Dalam pendeteksian asam urat dan kolesterol, diketahui bahwa NIR yang cocok untuk mendeteksi dua parameter tersebut adalah NIR dengan panjang 940 nm untuk kolesterol (Umar dan Ingrid., 2022) dan 1550 nm untuk asam urat (Anupongongarch dkk., 2022). Dalam proses pendeteksiannya, output yang diharapkan pada alat untuk dapat diproses ke dalam model prediksi umumnya adalah output tegangan (volt) secara matematis, arus yang dihasilkan oleh detektor dikonversi menjadi tegangan dengan hukum Ohm:

$$V = I \times R \quad (3)$$



dimana  $V$  adalah tegangan output,  $I$  adalah arus dari detektor, dan  $R$  adalah nilai resistor umpan balik.

## 2.5 Model Regresi

Model regresi adalah teknik statistik yang digunakan untuk memodelkan hubungan antara variabel dependen dan variabel independen (Fatmala dkk., 2024). Model regresi memiliki berbagai macam jenis, adapun jenis yang paling umum digunakan adalah model regresi linier dan nonlinier atau polinomial. Regresi linier digunakan untuk memodelkan hubungan antara satu variabel independen ( $X$ ) dengan satu variabel dependen ( $Y$ ) yang memiliki hubungan linear (Patil dan Patil, 2021).

$$y = \beta_0 + \beta_1 X + \epsilon \quad (4)$$

Regresi polinomial digunakan ketika hubungan antara variabel dependen dan independen tidak linear, tetapi dapat dijelaskan dengan polinomial (Patil dan Patil, 2021).

$$y = \beta_0 + \beta_1 X + \beta_2 X^2 + \beta_3 X^3 + \dots + \beta_n X^n \quad (5)$$

Adapun evaluasi dari model regresi dapat mengimplementasikan berbagai macam metode, diantaranya melalui *R squared* ( $R^2$ )

$$R^2 = 1 - \frac{\sum (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum (y_i - \bar{y})^2} \quad (6)$$

Dalam hal ini, semakin  $R^2$  mendekati nilai satu semakin baik dalam mendeteksi variasi data dan sebaliknya. Kemudian metode evaluasi lainnya yang digunakan untuk mengevaluasi error dalam model adalah RMSE

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}$$

(7)

ANOVA juga dapat diimplementasikan guna untuk meninjau perbedaan rata-rata hasil antara metode invasif dan non-invasif.

## 2.6 Internet of Things

*Internet of Things* adalah kemampuan suatu objek untuk mentransmisikan atau mengirimkan data melalui jaringan tanpa menggunakan bantuan perangkat komputer ataupun manusia (Turyadi, 2021). Mekanisme IoT melibatkan pengumpulan data oleh sensor, pengiriman data melalui jaringan komunikasi seperti Wi-Fi atau 5G,

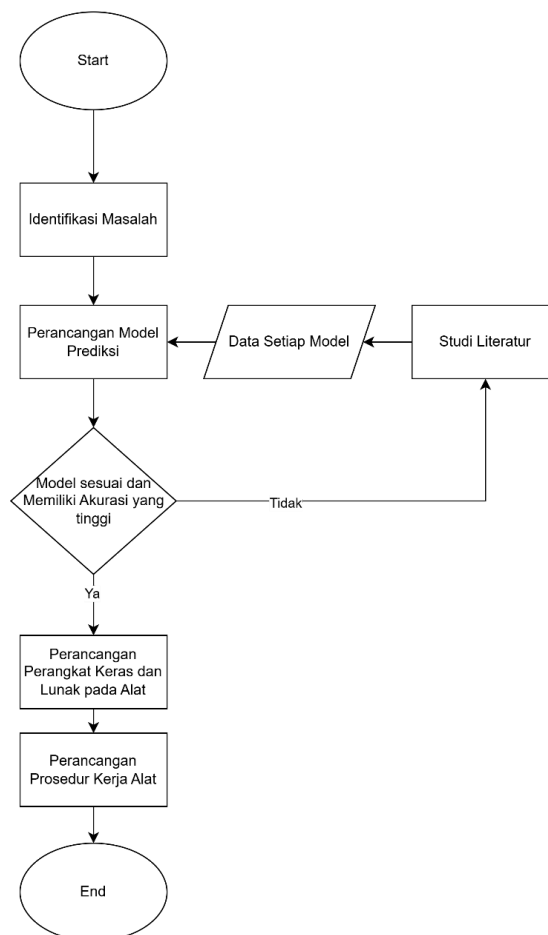
penyimpanan data dalam

*database* terpusat atau *cloud*, serta analisis data untuk menghasilkan informasi yang berguna (Zaslavsky dkk., 2013). Implementasi IoT bisa dimanfaatkan dalam berbagai macam hal seperti menunjukkan hasil data secara *real time* ke pengguna dengan *interface* dari *smartphone*, ataupun menyimpan *history* data yang sudah diukur.

## BAB III METODE PENELITIAN

### 3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang diterapkan adalah kajian konseptual yang bertujuan untuk menggali dan menganalisis konsep mengenai pendeteksian asam urat dan kolesterol non-invasif. Pendekatan ini digunakan untuk menganalisis model regresi serta konsep implementasinya dalam deteksi kolesterol dan asam urat dari berbagai sumber. Hasil dari kumpulan model terbaik kemudian dikembangkan dalam inovasi alat pendeteksi kolesterol dan asam urat non-invasif yang terintegrasi dengan IoT dengan keakuratan paling bagus. Adapun tahap penelitian ditunjukkan dalam gambar 3.1



Gambar 3.1 Alur Penelitian

### **3.2 Lokasi Penelitian**

Penelitian ini dilaksanakan secara daring (online) dengan memanfaatkan berbagai sumber data sekunder dan referensi ilmiah yang diperoleh melalui basis data buku dan jurnal bereputasi. Selain itu, perancangan sistem alat dan pengujian awal model regresi dilakukan melalui *platform* pemrograman MATLAB, pendesainan alat dilakukan dengan *software* CAD, sedangkan rangkaian kelitrikan alat menggunakan *software* Proteus.

### **3.3 Objek Penelitian**

Objek dalam penelitian ini adalah alat pendeteksi kadar kolesterol dan asam urat non-invasif yang menggunakan sensor optik berbasis Near Infrared (NIR) dengan panjang gelombang 940 nm (untuk kolesterol) dan 1550 nm (untuk asam urat). Alat ini dirancang untuk membaca output sensor berupa tegangan, memprosesnya menggunakan model regresi (polinomial dan linier), dan menampilkan hasilnya secara real-time melalui LCD serta antarmuka aplikasi berbasis IoT.

### **3.4 Teknik Pengumpulan Data**

Pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan melalui dua pendekatan utama, yaitu studi literatur dan simulasi perangkat lunak. Studi literatur dilakukan secara sistematis dengan mengkaji berbagai sumber ilmiah dari jurnal bereputasi untuk memperoleh informasi mengenai prinsip kerja sensor optik, pemodelan regresi, serta integrasi sistem IoT dalam deteksi kadar kolesterol dan asam urat. Data sekunder yang diperoleh digunakan sebagai dasar dalam pemilihan model regresi yang paling akurat.

Selanjutnya, simulasi dilakukan menggunakan perangkat lunak MATLAB untuk menguji dan memvalidasi model yang dipilih. Input berupa tegangan sensor dimasukkan ke dalam persamaan model regresi untuk memperoleh nilai prediksi, kemudian dievaluasi menggunakan parameter statistik seperti R-squared ( $R^2$ ), RMSE, dan standar deviasi. Pendekatan ini memungkinkan validasi awal model secara efisien sebelum implementasi fisik dilakukan.

### **3.5 Variabel Penelitian**

Dalam penelitian ini, variabel yang diamati diklasifikasikan sebagai berikut:

- **Variabel Bebas (Independen)**

Persamaan model regresi yang diimplementasikan pada alat.

- **Variabel Terikat (Dependen)**

Akurasi dari tiap persamaan pada pemodelan.

- **Variabel Tetap (Kontrol)**

- Jenis dan panjang gelombang sensor NIR: 940 nm dan 1550 nm.
- Jarak dan posisi sensor terhadap kulit pengguna.
- Rangkaian sensor dan kelistrikan alat.
- Desain dan tahap penggunaan alat.

## BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Rancangan Model Prediksi *Non-Invasive*

Melalui proses pengumpulan data dari review literatur, dikaji dan didapatkan beberapa referensi model prediksi kadar kolesterol dan asam urat sebagai berikut,

**Tabel 4.1** Penelitian Terdahulu

Referensi	Model Prediksi	Hasil Evaluasi
<i>features based non invasive cholesterol computation using machine learning</i> (Padmavilochanan dkk., 2023)	Model <i>Machine Learning</i> XGBoost	MAE=24.8; MSE=1213.4; RMSE=34.8
<i>Non-invasive iot home medical check-up programming to monitor blood sugar, cholesterol, uric acid, and body temperature.</i> (Darmawan dkk., 2022)	Model Regresi Linier	R <sup>2</sup> Asam Urat = 0.8577 R <sup>2</sup> Kolesterol = 0.9163

*A Non-Invasive  
Method Applied to  
Measure Cholesterol  
and Glucose Levels*  
(Umar dan Ingrid, 2022)

Model Regresi  
Polinomial

**R<sup>2</sup> Kolesterol =  
0.9611**

<p><i>Machine learning application for classifying serum uric acid level with photoplethysmogram</i> (Nayan dkk., 2021)</p>	<p><i>Artificial neural network model</i></p>	<p>Akurasi= 86.36%</p>
<p><i>A Study On The Relation Between Digital Output Aand Uric Acid In Artificial Blood Solution By Using A Uric Acid Detector</i> (Anupongongarch dkk., 2022)</p>	<p>Model Regresi Linier</p>	<p><b>R<sup>2</sup> Asam Urat = 0.975</b></p>

Dari beberapa model yang ditinjau, didapatkan model paling akurat untuk mendeteksi kolesterol adalah Model Regresi Polinomial dari penelitian Umar dan Ingrid (2022) sedangkan dalam hal mendeteksi asam urat didapatkan model paling akurat pada Model Regresi Linier dari penelitian Anupongongarch dkk. (2022).

Dalam pendeteksian kolesterol, model regresi polinomial yang digunakan memiliki persamaan sebagai berikut,

$$y_c = -873.12x^2 + 2065.1x - 757.81 \quad (8)$$

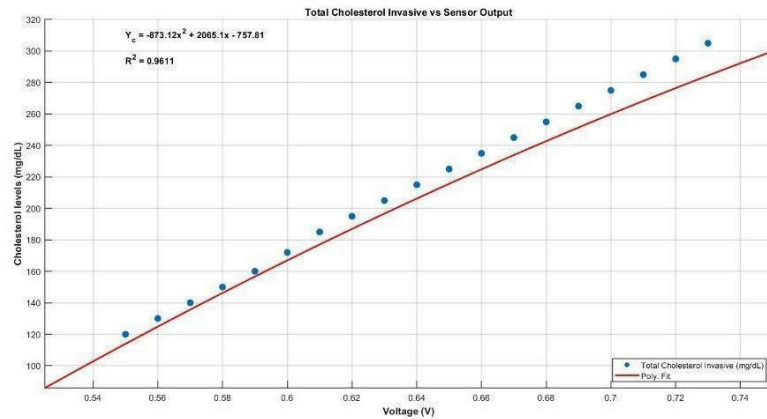
Dengan  $y_c$  adalah kadar kolesterol sedangkan  $x$  adalah output sensor pada NIR 940 nm (Volt). Dalam proses validasi akurasi dan keandalan model dalam mengukur kadar kolesterol, digunakan beberapa metode. Untuk mengevaluasi keakurasian model diterapkan metode *R-squared* ( $R^2$ ), Nilai  $R^2$  berkisar dari 0 hingga 1, di mana:

$R^2 = 1$ , artinya model sempurna menjelaskan variabel target.

$R^2 = 0$ , artinya model tidak bisa menjelaskan variabilitas data sama sekali.



Dalam hal ini, model memiliki nilai R-Squared sebesar 96%, menunjukkan bahwa model dapat menjelaskan lebih dari 96% variasi data.



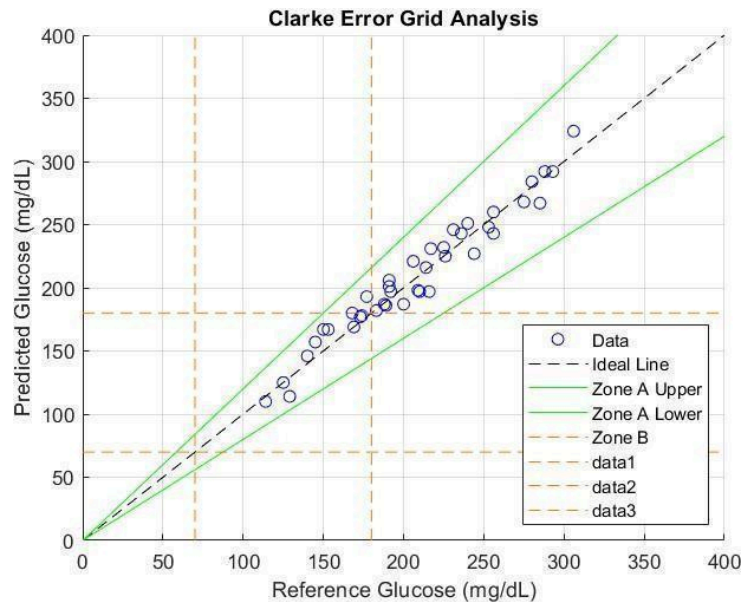
**Gambar 4.1** Hasil Regresi dan R-squared Model

Selain itu dilakukan juga evaluasi Error pada model. Dengan menggunakan *Root Mean Square Error* (RMSE) untuk mendeteksi rata-rata deviasi antara hasil prediksi dan nilai aktual. Dari persamaan tersebut model menunjukkan hasil RMSE 13.262 mg/dl. Dalam hal ini batas referensi error yang diperbolehkan untuk kolesterol adalah sebesar 30 mg/dl (Ayodele dkk., 2021), karena hasil error di bawah batas referensi maka model dapat diterima. Selain itu digunakan pula analisa statistik untuk mengevaluasi model. ANOVA digunakan untuk menilai perbedaan rata-rata hasil antara metode invasif dan non-invasif.

**Tabel 2.** Hasil ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F	T-Value ( $\alpha = 0.05$ )
Between Groups	87.94504	1	87.94		
Within Groups	171149.1	78	2194.2	0.04008	3.96
Total	171237.1	79			

Tabel 2 menunjukkan nilai F-count kolesterol 0.04008 yang mana nilai tersebut berada di belakang F-table ( $\alpha = 0.05$ ) dengan nilai 3,996 sehingga hasil tidak signifikan berbeda dan dapat diterima. Terakhir, ditinjau Clarke Error Grid Analysis (Clarke EGA) pada model regresi pendeteksian kolesterol dan didapatkan model berada di dalam zona A yang berarti model berada sepenuhnya dalam zona aman dan akurat secara klinis.

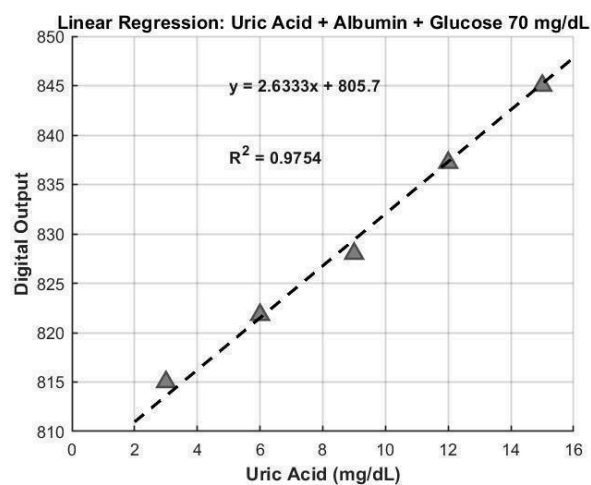


**Gambar 4.2** Hasil Vlarke Error

Adapun dalam pendeteksian asam urat, bentuk model regresi linier yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$y = 2.6333x + 805.7. \quad (9)$$

Dalam hal ini y adalah nilai asam urat sedangkan x adalah output sensor pada NIR 1550 nm (Volt). Pemilihan model regresi tersebut didasarkan pada kondisi yang paling menyerupai kondisi sebenarnya disertai dengan akurasi yang cukup tinggi. Evaluasi akurasi dibuktikan dengan menerapkan metode  $R^2$  pada model yang dipilih. Hasil nilai  $R^2$  sebesar 0,9754 menunjukkan model mampu menjelaskan lebih dari 97% variasi data.

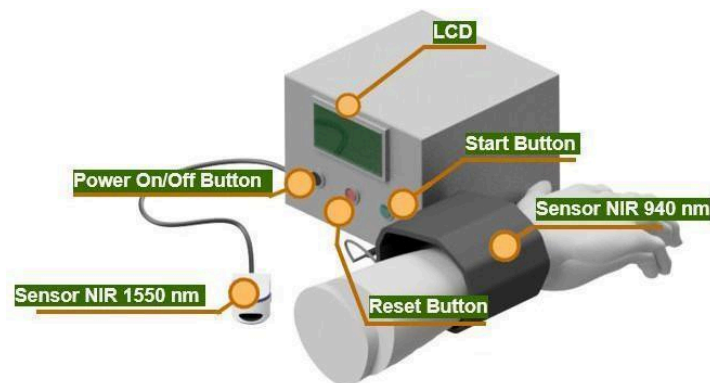


**Gambar 4.3** Hasil Model Regresi dan Evaluasi R-Squared

Selain itu, untuk mencegah asumsi adanya outlier dan mengetahui konsistensi pengukuran, diterapkan tiga kali pengulangan untuk tiap sampel, Hasil yang diperoleh berupa nilai standar deviasi tertinggi tertinggi  $\pm 0.58$  sehingga bisa dikatakan pengukuran untuk memperoleh model cukup konsisten.

#### 4.2. Perancangan Perangkat Keras Alat

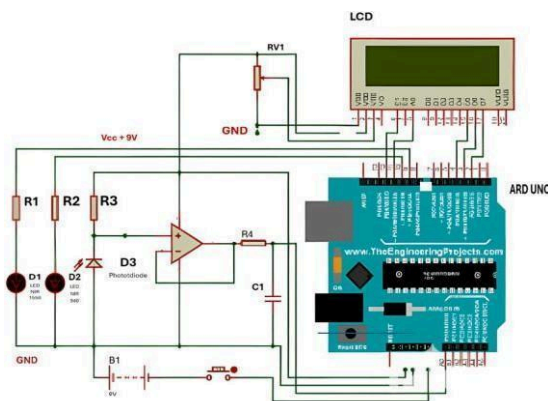
Perancangan perangkat keras alat merupakan bagian krusial sebelum proses pembuatan alat, tahap ini bertujuan untuk merancang komponen fisik alat supaya dapat bekerja dengan efektif sesuai dengan tujuan yang telah ditentukan.



**Gambar 4.4** Desain Rancangan Alat

Desain perangkat keras pada alat terdiri dari beberapa komponen penting yang memiliki fungsi masing masing guna untuk menunjang fungsi keseluruhan dari alat. Beberapa komponen utama yang berada dan terlihat di luar alat diantaranya 3 komponen *push button* yang masing-masing berfungsi untuk menghidupkan/mematikan alat (*Power On/Off Button*), mereset pengukuran, serta memulai pengukuran.

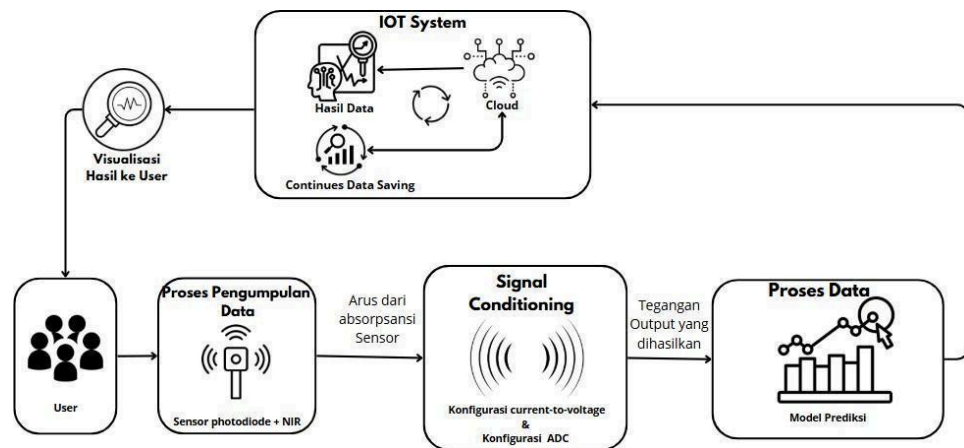
Komponen lain yang digunakan pada alat adalah LCD yang berfungsi untuk menampilkan hasil pada alat, kemudian terdapat *sensor photodetector* dengan NIR 940 nm yang berfungsi untuk mendeteksi kolesterol serta *sensor photodetector* dengan NIR 1550 nm yang berfungsi untuk mendeteksi asam urat. Adapun rangkaian sirkuit dari sistem ditunjukkan pada gambar berikut,



**Gambar 4.5** Desain Rangkaian Sirkuit Alat

#### 4.2.1 Desain Perangkat Lunak pada Alat

Perancangan perangkat lunak pada alat memegang peran penting dalam keberhasilan dari alat, dalam hal ini dirancang logika mekanisme kerja pada alat serta merancang *user Interface* alat. Mekanisme kerja pada alat ditunjukkan pada gambar berikut,

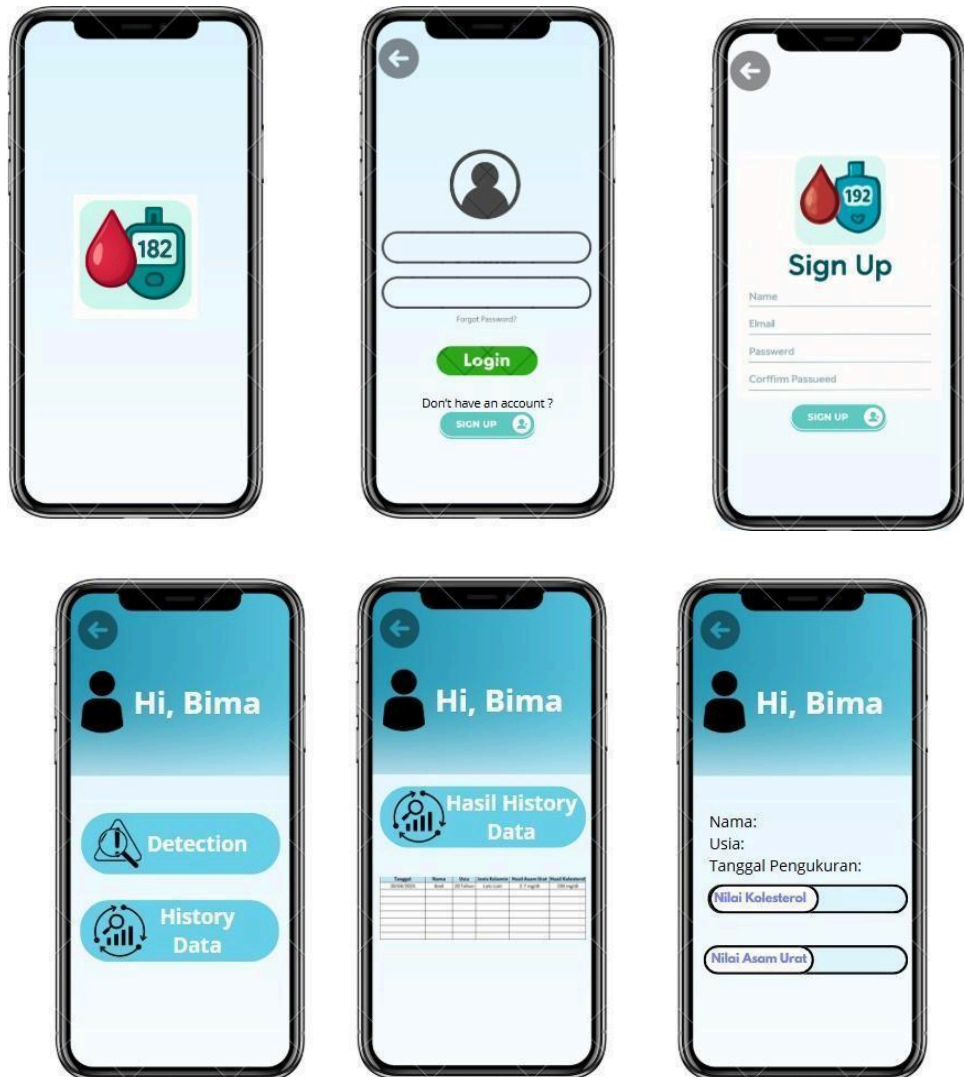


**Gambar 4.6** Konsep Mekanisme Alat

Dalam prosesnya, cahaya dari NIR (940 nm dan 1550 nm) diarahkan melewati kulit *user*, cahaya yang melewati kulit kemudian ditangkap oleh fotodiode yang berfungsi sebagai detektor. Sinyal listrik yang dihasilkan oleh detektor dikonversi menjadi sinyal tegangan melalui rangkaian pengubah arus-ke-tegangan dan diperkuat oleh amplifier. Mikrokontroler kemudian mengubah sinyal analog tersebut menjadi sinyal digital, kemudian memproses hasilnya ke dalam model pendeteksian, output dari model pendeteksian ditampilkan secara real-time pada layar LCD dan *user Interface aplikasi*.

Untuk menunjang kebutuhan *data saving* pada alat serta penampilan data, diimplementasikan sistem IoT yang terintegrasi dengan Heroku API dan PostgreSQL, hasil prediksi kemudian dapat divisualkan kepada *user* secara langsung pada alat yang termediasi layar LCD alat serta *user interface* pada *smartphone* pengguna.

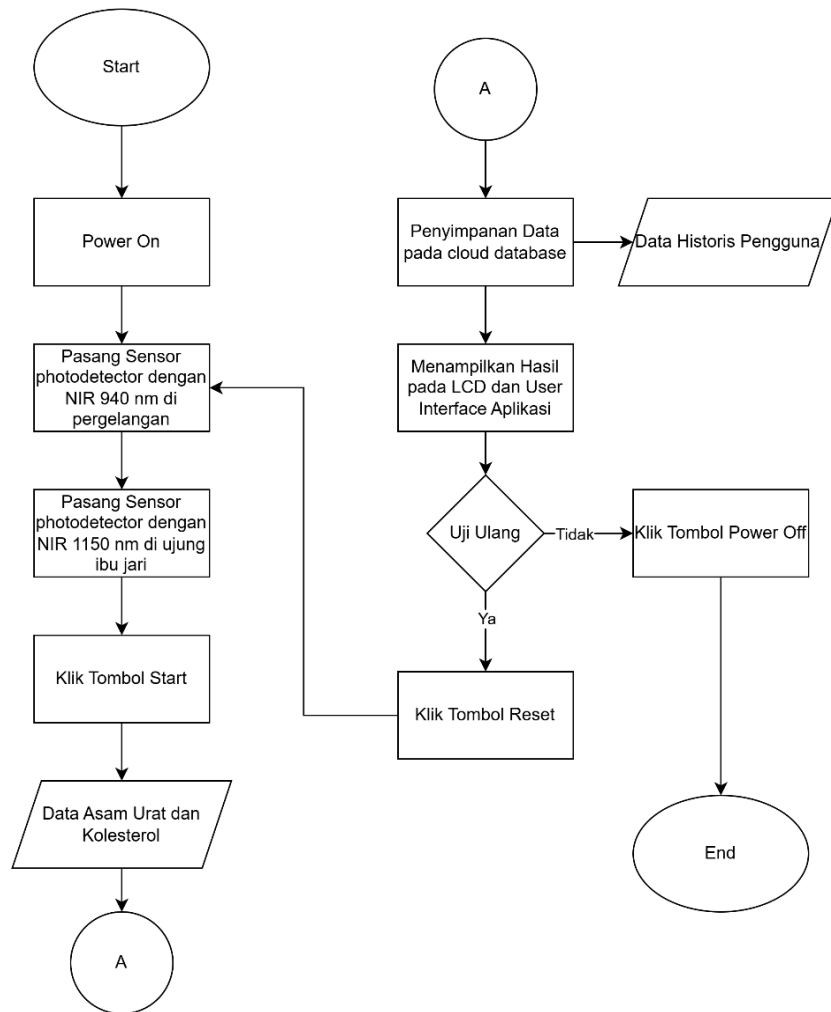
Berikut adalah rancangan tampilan *user interface smarthphone*



**Gambar 4.7** Rancangan *User Interface* Alat

Tampilan antarmuka pengguna (UI) ini menggambarkan desain aplikasi pendeteksi kolesterol dan asam urat. Pada layar pertama, terdapat logo aplikasi yang disusul tampilan layar login yang meminta pengguna untuk memasukkan akun dan kata sandi, serta memiliki opsi untuk mendaftar jika belum memiliki akun. Setelah login, pengguna disambut dengan pesan "Hi, [Nama Pengguna]" dan pilihan menu untuk mengakses fitur "Deteksi" dan "History Data". Pada halaman "History Data," pengguna dapat melihat hasil pengukuran sebelumnya dalam bentuk tabel, dengan informasi seperti nilai kolesterol dan asam urat yang telah terekam, lengkap dengan kolom untuk nama pengguna, usia, dan tanggal

data direkam. Adapun proses penggunaan alat dibuat dengan mekanisme yang runtut dan mudah untuk diaplikasikan,



**Gambar 4.8** Rancangan Prosedur dan Mekanisme Penggunaan Alat

## BAB V PENUTUP

### 5.1. Kesimpulan

Alat pendeteksi kolesterol dan asam urat non-invasif yang terintegrasi dengan teknologi IoT menawarkan solusi inovatif dalam memantau kesehatan secara lebih mudah dan nyaman. Dalam hal ini, digunakan model regresi polinomial untuk pendeteksian kolesterol serta regresi linier untuk asam urat, alat ini menunjukkan akurasi yang sangat baik, dengan nilai  $R^2$  sebesar 96% untuk kolesterol dan  $R^2$  sebesar 97% untuk asam urat, yang berarti model ini dapat menjelaskan sebagian besar variasi data dengan tingkat ketepatan yang tinggi. Hasil evaluasi akurasi menunjukkan RMSE sebesar 13,62 mg/dl untuk kolesterol, yang berada di bawah batas kesalahan yang diterima, serta konsistensi pengukuran pada asam urat dengan standar deviasi  $\pm 0.58$ .

Mekanisme kerja pada alat mengimplementasikan *Beer Lambert Law* dimana konsentrasi kolesterol dan asam urat akan berkorelasi dengan hasil penerimaan sensor, dalam hal ini digunakan sensor *photodetector* dengan NIR 940 nm untuk kolesterol dan 1550 nm untuk asam urat, arus listrik dari output sensor kemudian diproses untuk menjadi tegangan yang kemudian dimasukkan ke dalam model prediksi. Selain itu, integrasi IoT dalam alat ini memungkinkan pengguna untuk memantau kondisi kesehatannya secara berkala dan menyimpan data riwayat pengukuran ke *cloud*. Hal ini mempermudah akses ke data pengukuran secara real-time dan mendukung analisis medis yang lebih baik.

Dengan demikian, alat ini tidak hanya memberikan kenyamanan bagi pengguna yang menghindari prosedur invasif, tetapi juga memungkinkan deteksi kesehatan yang lebih cepat dan akurat secara berkelanjutan. Secara keseluruhan, alat ini membuka peluang besar dalam meningkatkan kesadaran kesehatan masyarakat serta memberikan solusi praktis untuk pemantauan kondisi kolesterol dan asam urat, yang dapat diakses dengan mudah oleh siapa saja dan kapan saja.

### 5.2. Saran

Untuk memastikan alat ini dapat digunakan secara luas, disarankan untuk melakukan uji klinis lebih besar dengan melibatkan partisipan dari berbagai kelompok demografis dan kondisi kesehatan yang berbeda. Dengan mengimplementasikan saran tersebut, diharapkan alat ini dapat menjadi solusi yang



lebih efektif dan dapat diakses oleh lebih banyak orang untuk pemantauan kadar kolesterol dan asam urat secara mandiri dan akurat.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alsbrooks, K., dan Hoerauf, K. (2022). Prevalence, causes, impacts, and management of needle phobia: an international survey of a general adult population. *PLoS One*, 17(11), e0276814.
- Anupongongarch, P., Kaewgun, T., O'Reilly, J. A., dan Khaomek, P. (2022). A Study On The Relation Between Digital Output And Uric Acid In Artificial Blood Solution By Using A Uric Acid Detector. *International Journal Of Applied*, 15(2).
- Ayodele, B. V., Mustapa, S. I., Mohammad, N., dan Shakeri, M. (2021). Long-term energy demand in Malaysia as a function of energy supply: A comparative analysis of Non-Linear Autoregressive Exogenous Neural Networks and Multiple Non-Linear Regression Models. *Energy Strategy Reviews*, 38, 100750.
- Chakraborty, M., Singh, R., dan Das, A. (2019). *Optimization of dynamic tracking sensors for accurate biomarker detection*. *Journal of Molecular Sensors*, 25(3), 157-163. <https://doi.org/10.1002/jms.2793>
- Darmawan, P. S., Kaligis, S. H., dan Assa, Y. A. (2016). Gambaran kadar asam urat darah pada pekerja kantor. *eBiomedik*, 4(2).
- Darmawan, H. Y., Sanubari, A., Saida, N., Fauzi, R. N., Ristiani, N., Oktivasari, P., dan Wardhani, R. N. (2022, September). Non-invasive iot home medical check- up programming to monitor blood sugar, cholesterol, uric acid, and body temperature. In 2022 5th International Conference of Computer and Informatics Engineering (IC2IE) (pp. 236-240). IEEE.
- Dritsas, E., dan Trigka, M. (2022). Machine learning methods for hypercholesterolemia long-term risk prediction. *Sensors*, 22(14), 5365.

- Duncanson, E., Le Leu, R. K., Shanahan, L., Macauley, L., Bennett, P. N., Weichula, R., ... dan Jesudason, S. (2021). The prevalence and evidence-based management of needle fear in adults with chronic disease: a scoping review. *Plos one*, 16(6), e0253048.
- Fatmala, C. T., Hayati, M., Permatasari, R., Hudori, M., dan Dalimunthe, D. Y. (2024). Pemodelan Jumlah Kasus HIV/AIDS di Provinsi Lampung Menggunakan Regresi Binomial Negatif. *Journal of Mathematics: Theory and Applications*, 6(2), 168-177.
- Fitriani, R., Azzahri, L. M., NURMAN, M., dan Hamidi, M. N. S. (2021). Hubungan Pola Makan Dengan Kadar Asam Urat (Gout Arthritis) Pada Usia Dewasa 35-49 Tahun. *Jurnal Ners*, 5(1), 20-27.
- Koessay, N. A., Purwanto, D. S., dan Kaligis, S. H. (2025). Hubungan Kadar Kolesterol Total dengan Tekanan Darah pada Pasien Hipertensi. *e- Clinica*, 13(2), 177-182.
- Nayan, N. A., Ab Hamid, H., Suboh, M. Z., Ainaldin, N. M., Azizul, N. I. M., dan Nizar, M. N. M. (2021, March). Machine learning application for classifying serum uric acid level with photoplethysmogram. In *2020 IEEE-EMBS Conference on Biomedical Engineering and Sciences (IECBES)* (pp. 522-527). IEEE.
- Ndrepepa, G. (2018). Uric acid and cardiovascular disease. *Clinica chimica acta*, 484, 150-163.
- Nugroho, G. W., dan Effendi, R. (2022). Rancang Bangun Sistem Pengukuran Luas Permukaan Kulit Menggunakan Konveyor dan Sensor Optik Berbasis Arduino. *Jurnal Teknik ITS*, 11(1), F1-F7.
- Özdede, M., dan Guven, A. T. (2023). Machine Learning Insights Into Uric Acid Elevation With Thiazide Therapy Commencement and Intensification. *Cureus*, 15(12).

- Padmavilochanan, D., Pathinarupothi, R. K., Menon, K. U., dan Chandra, S. (2023, June). Minimal features based non invasive cholesterol computation using machine learning. In *2023 3rd International Conference on Intelligent Technologies (CONIT)* (pp. 1-8). IEEE.
- Patil, S., dan Patil, S. (2021). Linear with polynomial regression: Overview. *International Journal of Applied Research*, 7(8), 273-275.
- Shubha, B., Anuradha, M. G., Poornima, N., Suprada, H. S., dan Prathiksha, R. V. (2023). An Implementation of blood Glucose and cholesterol monitoring device using non-invasive technique. *EMITTER International Journal of Engineering Technology*, 76-88.
- Susanto, N. (2020). Cholesterol Level as Predicting of Uric Acid Increase in Elderly. *Jurnal Ilmu Kesehatan Masyarakat*, 11(01), 23-30.
- Swastini, I. G. A. A. P. (2021). Gambaran kolesterol total pada lansia di Puskesmas I Denpasar Selatan. *Meditory: The Journal of Medical Laboratory*, 9(2), 68-77.
- Turyadi, I. U. (2021). Analisa Dukungan Internet of Things (IoT) terhadap Peran Intelejen dalam Pengamanan Daerah Maritim Indonesia Wilayah Timur. *Jurnal Teknologi dan Manajemen Informatika*, 7(1), 29-39.
- Umar, U., Hasmah, H., Alyah, R., dan Syam, A. N. (2021). Desain Alat Ukur Kadar Asam Urat Non-Invasive Dengan Sensor Near Infrared. *Lontara Journal of Health Science and Technology*, 2(2), 69-81.
- Umaphathi, K., Karthika, V., Mathumitha, M. K., Aakash, J. R., dan Gokul, M. (2023, March). Design and implementation of non-invasive technique blood glucose and cholesterol detection using machine learning. In *2023 9th International Conference on Electrical Energy Systems (ICEES)* (pp. 127-131). IEEE.

Umar, U., Syarif, S., dan Ingrid Nurtanio, I. (2022). A Non-Invasive Method Applied to Measure Cholesterol and Glucose Levels. *Journal of Hunan University Natural Sciences*, 49(10).

Zaslavsky, A., Perera, C., dan Georgakopoulos, D. (2013). Sensing as a service and big data. *arXiv preprint arXiv:1301.0159*.