

Sistem Monitoring Tekanan Darah Berbasis IoT Dan Machine Learning

1st Ahmad Syamsuwardin

Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

demongaruda@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Sussi

Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

sussiss@telkomuniversity.ac.id

3rd Sri Astuti

Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

sriastuti@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — Penelitian ini mengembangkan sistem monitoring tekanan darah berbasis Internet of Things (IoT) dan Machine Learning (ML) untuk meningkatkan akurasi dan efisiensi pemantauan kesehatan kardiovaskular. Tekanan darah, sebagai parameter vital, dipantau menggunakan tensimeter digital yang terintegrasi dengan IoT, memungkinkan pengukuran real-time yang dapat diakses melalui smartphone atau website. Data yang dikumpulkan dianalisis menggunakan algoritma Random Forest untuk memprediksi tekanan darah di masa depan berdasarkan data historis serta parameter lain seperti usia dan jenis kelamin.

Model prediksi dilatih dengan dataset tekanan darah yang dibagi menjadi 80% untuk pelatihan dan 20% untuk pengujian. Hasil menunjukkan prediksi dengan akurasi tinggi: Mean Squared Error (MSE) sebesar 38,46, Root Mean Squared Error (RMSE) sebesar 6,2, dan R-squared (R^2) sebesar 0,78. Ini menunjukkan kemampuan model untuk menjelaskan 78% variabilitas data.

Secara keseluruhan, sistem ini menawarkan solusi inovatif untuk pemantauan dan prediksi tekanan darah, memfasilitasi pengambilan keputusan medis, dan berpotensi meningkatkan pelayanan kesehatan serta pencegahan penyakit kardiovaskular.

Kata kunci : Internet of Things, Machine Learning, Tekanan Darah, Random Forest, Monitoring, Mean Squared Error.

I. PENDAHULUAN

Tekanan darah adalah parameter kesehatan penting yang perlu dipantau rutin untuk mengurangi risiko penyakit seperti stroke, jantung, dan gagal ginjal. Hipertensi, yang sering disebut "the silent killer," dapat menyebabkan komplikasi serius tanpa gejala awal yang jelas, seperti kerusakan otak (stroke), retinopati, gagal jantung, dan gagal ginjal [1]. Di Indonesia, kebiasaan buruk seperti merokok dan konsumsi makanan yang memicu hipertensi semakin meningkatkan risiko penyakit ini. Data Global Adult Tobacco Survey (GATS) 2021 menunjukkan jumlah perokok dewasa di Indonesia meningkat dari 60,3 juta pada 2011 menjadi 69,1 juta pada 2021, yang berkontribusi pada peningkatan risiko hipertensi dan penyakit kardiovaskular [2][3].

Untuk mengatasi masalah ini, penelitian ini mengintegrasikan tensimeter digital dengan Internet of Things (IoT) untuk memonitor tekanan darah secara real-time melalui smartphone atau website. Dengan bantuan

mikrokontroler NodeMCU, alat ini mengolah dan menampilkan data tekanan darah di layar LCD serta di perangkat pintar. Pasien dapat memantau tekanan darahnya dengan mudah, sedangkan dokter bisa mendapatkan riwayat pengukuran untuk diagnosis awal yang lebih baik di rumah sakit [4][5].

Selain memonitor, sistem ini juga menggunakan algoritma machine learning untuk memprediksi tekanan darah di masa depan berdasarkan data historis. Pendekatan ini memberikan solusi potensial untuk pemantauan kesehatan kardiovaskular yang lebih efektif, memungkinkan intervensi medis yang tepat waktu dan membantu masyarakat menjaga tekanan darah mereka secara proaktif.

II. KAJIAN TEORI

A. Internet of Things (IoT)

Internet of Things (IoT) adalah konsep teknologi yang menghubungkan berbagai perangkat fisik ke internet untuk memungkinkan pertukaran data secara otomatis dan real-time. IoT memungkinkan perangkat seperti sensor, aktuator, peralatan rumah tangga, kendaraan, dan objek fisik lainnya untuk saling berkomunikasi dan berbagi data tanpa campur tangan manusia. Perangkat-perangkat ini dilengkapi dengan sensor, perangkat lunak, dan teknologi jaringan yang memungkinkan pengumpulan, pengiriman, dan penerimaan data melalui internet.

Tujuan utama IoT pada projek ini adalah untuk membuat alat ukur tekanan darah yang berbasiskan Internet of Things (IoT) yang mampu mengukur tekanan darah secara real-time dan memudahkan pemantauan melalui perangkat digital seperti smartphone atau website serta sistem kesehatan yang memantau kondisi pasien secara real-time.

B. Machine Learning

Machine Learning (ML) adalah cabang dari kecerdasan buatan (Artificial Intelligence/AI) yang memungkinkan sistem untuk belajar dan membuat prediksi atau keputusan berdasarkan data tanpa harus diprogram secara eksplisit. Dalam konteks sistem monitoring tekanan darah berbasis IoT, Machine Learning digunakan untuk menganalisis data tekanan darah yang terkumpul dan memprediksi kondisi kesehatan di masa depan. Algoritma ML, seperti Random Forest atau Decision Tree, dilatih menggunakan dataset

historis yang mencakup berbagai parameter seperti usia, jenis kelamin, riwayat kesehatan, dan hasil pengukuran tekanan darah sebelumnya.

Dengan model yang telah dilatih, sistem dapat memprediksi tekanan darah seseorang di masa depan berdasarkan pola-pola yang ditemukan dalam data historis. Ini sangat berguna dalam pemantauan kesehatan kardiovaskular karena dapat memberikan peringatan dini jika ada potensi peningkatan risiko hipertensi atau kondisi kardiovaskular lainnya. Secara keseluruhan, Machine Learning memberikan kemampuan analitik yang canggih untuk memproses data dalam jumlah besar dan kompleks, meningkatkan akurasi dalam diagnosis dan pengambilan keputusan medis.

C. Quality of Service (QoS)

Quality of Service merupakan parameter-parameter yang menunjukkan kualitas paket data jaringan [6]. Pengujian QoS ini dikhususkan untuk perhitungan delay dan jitter. Delay merupakan berapa lama waktu yang dibutuhkan saat data melakukan proses transmisi dari asal ke tujuan sedangkan jitter merupakan variasi delay antara paket data yang diterima. Di bawah ini adalah tabel yang menunjukkan standar ITU-T G.1010 untuk QoS setiap kategori yang akan digunakan untuk membandingkan hasil dari pengujian yang dilakukan.

TABEL 1
Standar QoS

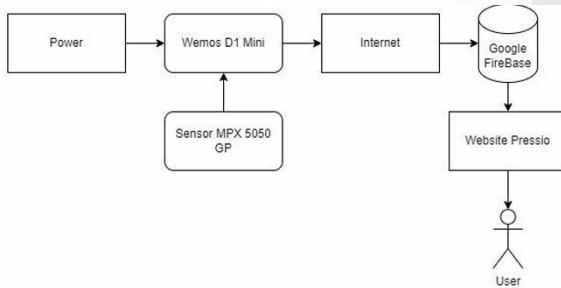
Kategori	Delay	Jitter
Sangat Bagus	< 150 ms	0 ms
Bagus	150 s/d 300 ms	0 s/d 75 ms
Jelek	300 s/d 450 ms	75 s/d 125 ms
Sangat Jelek	> 450 ms	>125

D. Firebase

Firebase adalah platform pengembangan aplikasi yang menjadi pusat kontrol dan penyimpanan data dalam pengembangan alat ini. Sebagai backend server, Firebase menghubungkan semua sensor dalam kolam ikan koi, serta alat kontrol seperti filter, heater, dan cooler, dan juga menerima data pengguna dari aplikasi mobile.

III. METODE

A. Blok Diagram Desain System



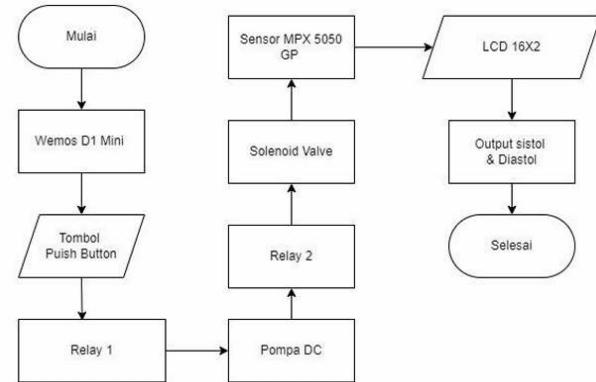
GAMBAR 1
Blok Diagram Desain Sistem

Sistem di atas ini merupakan contoh sederhana dari Internet of Things (IoT). Sensor tekanan secara berkala mengukur tekanan lingkungan dan mengirimkan data

tersebut ke mikrokontroler Wemos D1 Mini. Mikrokontroler ini berperan sebagai jembatan yang menghubungkan dunia fisik (sensor) dengan dunia digital (internet). Data tekanan kemudian dikirim ke cloud melalui platform Google Firebase untuk disimpan dan dikelola.

Data yang tersimpan di Firebase dapat diakses melalui website Pressio. Pengguna dapat melihat data tekanan secara real-time atau dalam bentuk grafik melalui website ini. Dengan demikian, pengguna dapat memantau perubahan tekanan dari jarak jauh. Sistem ini memiliki potensi aplikasi yang luas, mulai dari pemantauan cuaca pribadi hingga pemantauan kondisi industri.

B. Blok Diagram Hardware

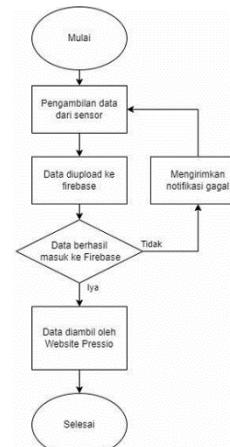


GAMBAR 2
Blok Diagram Hardware

Flowchart di atas menggambarkan alur kerja sistem monitoring tekanan darah otomatis yang menggunakan Wemos D1 Mini sebagai mikrokontroler utama. Proses dimulai ketika pengguna menekan tombol push button, yang mengaktifkan Relay 1 untuk mengendalikan Pompa DC guna mengalirkan udara dalam pengukuran tekanan darah. Sensor MPX 5050 GP kemudian mendekteksi tekanan darah, bekerja bersama dengan Solenoid Valve yang dikendalikan oleh Relay 2 untuk mengatur aliran udara dan menjaga tekanan yang diperlukan selama pengukuran.

Setelah sensor mendekteksi tekanan, hasil berupa tekanan sistolik dan diastolik dikirimkan ke layar LCD 16x2 untuk ditampilkan kepada pengguna secara real-time. Proses ini memastikan pengukuran tekanan darah yang akurat. Sistem selesai ketika nilai tekanan darah (sistol dan diastol) berhasil ditampilkan di layar, menandakan bahwa seluruh proses pengukuran telah selesai.

C. Blok Diagram Firebase

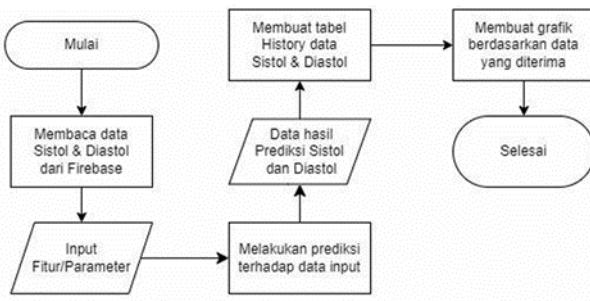


GAMBAR 3
Blok Diagram Firebase

Diagram alir ini menggambarkan proses kerja sistem IoT sederhana yang dimulai dengan pengumpulan data dari sensor, kemudian dikirim ke cloud dan disimpan dalam database Firebase untuk penyimpanan data secara real-time. Data yang tersimpan di Firebase kemudian diambil dan ditampilkan pada situs web bernama Pressio, yang berfungsi sebagai antarmuka pengguna untuk memantau data secara real-time.

Melalui situs web Pressio, pengguna dapat memantau data yang dikumpulkan secara langsung. Jika terjadi gangguan pengiriman data ke Firebase, sistem akan mengirimkan notifikasi gagal untuk menginformasikan pengguna mengenai masalah tersebut. Sistem ini memiliki aplikasi yang luas, termasuk pemantauan lingkungan, industri, dan kesehatan.

D. Blok Diagram Sistem Website



GAMBAR 4
blok Diagram Sistem Website

Website Pressio dirancang untuk memprediksi tekanan darah sistolik dan diastolik dengan memanfaatkan data historis yang tersimpan di Google Firebase. Pengguna dapat memasukkan parameter pribadi seperti umur, jenis kelamin, dan tinggi badan untuk membantu dalam proses prediksi. Sistem ini akan mengakses data historis dari database Firebase, mengolahnya untuk membuat tabel riwayat yang berfungsi sebagai acuan dalam menganalisis pola perubahan tekanan darah dari waktu ke waktu.

Setelah tabel riwayat dibuat, sistem akan menggunakan algoritma tertentu untuk memprediksi nilai tekanan darah di masa mendatang. Hasil prediksi ini akan disajikan dalam bentuk grafik, memudahkan pengguna untuk memahami tren perubahan tekanan darah dan mengidentifikasi pola-pola tertentu. Dengan tampilan grafik ini, pengguna dapat memantau kondisi tekanan darah mereka secara lebih baik dan mengambil tindakan yang diperlukan jika terjadi perubahan yang signifikan.

E. Tampilan Website



GAMBAR 5
Tampilan Website

Kedua Gambar diatas adalah tampilan Website Pressio, yang berupa tab Form & Prediction, pengguna dapat memasukkan data parameter mereka dan melihat data tekanan Sistol dan Diastol saat ini dan melakukan prediksi tekanan darah berdasarkan data parameter tersebut. Selain itu, website ini mampu menampilkan history dan grafik hasil pengambilan data dari alat tersebut yang memungkinkan pengguna melihat historis saat mengecek tekanan darah.

F. Dataset

Dataset yang digunakan dalam pelatihan model prediksi berasal dari berbagai sumber terpercaya. Di antaranya adalah website resmi Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, platform data publik Kaggle, serta repositori terbuka di Github. Masing-masing sumber data menyediakan variasi dataset yang relevan untuk penelitian ini, seperti data tekanan darah, kondisi kesehatan terkait, dan faktor pendukung lainnya. Kami telah menggabungkan dan menyusun dataset tersebut ke dalam satu file kompilasi yang dapat diakses untuk keperluan evaluasi dan pengembangan lebih lanjut.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Fungsionalitas Alat IoT

Berikut ini adalah tabel yang menggambarkan tahapan-tahapan pengujian fungsionalitas alat, mulai dari pemeriksaan koneksi hingga pengujian performa keseluruhan.

TABEL 2.
Penilaian System Usability Scale (SUS)

Tahapan	Deskripsi Pengujian	Keterangan
Pemeriksaan Koneksi	Semua komponen elektronik terhubung dengan benar sesuai dengan skema rangkaian yang di rencanakan.	Berhasil

Pengujian Power Supply	Menghubungkan adaptor daya ke alat dan memastikan perangkat dapat menyala dengan baik tanpa adanya korsleting atau masalah daya lainnya	Berhasil
Uji sensor dan aktuator	Memeriksa respon setiap sensor yang terhubung pada mikrokontroler untuk memastikan pembacaan data akurat. Menguji aktuator agar berfungsi sesuai perintah sistem	Berhasil

B. Pengujian Machine Learning

Pengujian sistem prediksi tekanan darah dimulai dengan mengumpulkan data tekanan darah aktual dari subjek menggunakan perangkat IoT yang dilengkapi sensor tekanan darah. Pengujian dilakukan secara berkala sebanyak 24 kali, dan prediksi langsung dilakukan melalui website. Data mentah yang diperoleh akan diproses lebih lanjut (preprocessing) untuk membersihkan dan mempersiapkannya untuk pemodelan, termasuk handling missing values, normalisasi data, dan feature engineering. Data yang telah diproses kemudian digunakan untuk melatih model machine learning.

TABEL 3
Hasil Pengujian Machine Learning

NO	Hari - N	Sistol Actual	Diastol Actual	Sistol Predict	Diastol Predict
1	Hari ke-1	107.3740	61.5240	106.8800	62.1100
2	Hari ke-2	101.5385	55.6885	102.0200	55.6900
3	Hari ke-3	103.3952	57.5452	102.7400	57.4300
4	Hari ke-4	115.8621	70.0121	116.0200	70.0000
5	Hari ke-5	60.9549	15.1049	62.3000	20.0000
6	Hari ke-6	62.5464	16.6964	62.3000	20.0000
7	Hari ke-7	97.2944	51.4444	96.7500	51.5500
8	Hari ke-8	102.3342	56.4842	102.0200	56.0000
9	Hari ke-9	87.7454	41.8954	90.0000	40.7000
10	Hari ke-10	138.9390	93.0890	138.9500	93.0400
11	Hari ke-11	98.6207	52.7707	99.1800	51.9600
12	Hari ke-12	122.2281	76.3781	122.0000	76.0100
13	Hari ke-13	61.2202	15.3702	62.3000	20.0000

14	Hari ke-14	111.8833	66.0333	112.0000	66.0100
15	Hari ke-15	98.3554	52.5054	98.9400	51.9200
16	Hari ke-16	151.9363	106.0863	151.7700	105.9300
17	Hari ke-17	132.0424	86.1924	132.0200	86.0000
18	Hari ke-18	116.3926	70.5426	116.0200	70.9800
19	Hari ke-19	116.3926	70.5426	116.0200	70.9800
20	Hari ke-20	103.3952	57.5452	102.7300	57.5100
21	Hari ke-21	103.3952	57.5452	102.7300	57.5100
22	Hari ke-22	108.4350	62.5850	108.0400	62.7900
23	Hari ke-23	119.5756	73.7256	120.0000	74.0000
24	Hari ke-24	148.4881	102.6381	148.0200	102.9600
Rata Rata		107.0977	61.2477	107.1563	61.7117

Berdasarkan data yang Anda berikan, telah dilakukan perhitungan rata-rata untuk tekanan darah sistolik dan diastolik, baik yang diukur secara aktual maupun yang diprediksi oleh model. Rata-rata tekanan darah sistolik aktual adalah 107.0977 mmHg, sedangkan rata-rata prediksinya adalah 107.1563 mmHg. Untuk tekanan darah diastolik, rata-rata aktual adalah 61.2477 mmHg dan rata-rata prediksi adalah 61.7117 mmHg. Hasil ini menunjukkan bahwa secara umum, model prediksi dapat memberikan estimasi yang cukup baik terhadap nilai tekanan darah, terutama untuk tekanan darah sistolik. Namun, masih terdapat perbedaan antara nilai aktual dan prediksi, khususnya untuk tekanan darah diastolik. Untuk analisis yang lebih mendalam, perlu dilakukan perhitungan statistik tambahan seperti MAE, RMSE, dan koefisien korelasi, serta visualisasi data.

C. Pengujian MSE dan RMSE

Hasil evaluasi model Random Forest (model rf) menggunakan berbagai metrik performa, termasuk Mean Squared Error (MSE), Root Mean Squared Error (RMSE), Mean Absolute Error (MAE), dan R-squared (R^2) pada data pelatihan.

Tabel 4 Hasil Pengujian MSE dan RMSE					
Model	mse_train	rmse_train	mae_train	r2_train	kat
model rf	38.46	6.2	4.37	0.78	train 80% test 20%

model rf	40.82	6.39	4.48	0.78	train 70% test 30%
model rf	41.38	6.43	4.32	0.76	train 90% test 10%

Berdasarkan hasil pengujian, model dengan pembagian data 80% untuk pelatihan dan 20% untuk pengujian menunjukkan performa paling optimal. Pada konfigurasi ini, nilai Mean Squared Error (MSE) dan Root Mean Squared Error (RMSE) yang lebih rendah menandakan tingkat kesalahan prediksi yang kecil, sementara nilai R-squared (R^2) sebesar 0.78 menunjukkan model mampu menjelaskan 78% variabilitas data, mengindikasikan kecocokan yang baik dan kemampuan menangkap pola secara akurat.

Ketika proporsi data pelatihan dikurangi menjadi 70%, nilai MSE dan RMSE meningkat, mengindikasikan penurunan akurasi meskipun nilai R^2 tetap di 0.78. Sebaliknya, dengan peningkatan data pelatihan menjadi 90%, nilai MSE dan RMSE naik, dan R^2 turun menjadi 0.76, menunjukkan overfitting. Hal ini terjadi karena model terlalu menyesuaikan dengan data pelatihan, sehingga performanya menurun pada data uji. Ini menunjukkan bahwa lebih banyak data pelatihan tidak selalu meningkatkan performa model.

D. Hasil Pengujian Alat Menggunakan QoS

Data yang dihasilkan menggunakan software Wireshark yang dimana Hotspot laptop merupakan access point dari pengujian QOS, untuk alatnya sendiri akan terhubung langsung ke Hotspot Laptop dengan ip 192.168.137.138 yang dapat dilihat pada daftar perangkat yang terhubung ke laptop.

TABEL 5
Hasil Capture Wireshark

NO	Time	Source	Destination	Protocol
1	0.02706	34.120.160.131	192.168.137.138	TCP
2	0.285483	34.120.160.131	192.168.137.138	TLSv1.2
3	0.288419	192.168.137.138	34.120.160.131	TCP
4	0.307697	192.168.137.138	34.120.160.131	TLSv1.2
5	0.331087	34.120.160.131	192.168.137.138	TCP
6	0.584419	34.120.160.131	192.168.137.138	TLSv1.2
7	0.638461	192.168.137.138	34.120.160.131	TCP

Berikut adalah hasil dari pengujian yang dilakukan menggunakan software Wireshark untuk mengetahui delay / waktu tunggu dan jitter saat menjalankan alat.

TABEL
Hasil Pengujian QoS

Parameter	Hasil	Kategori Berdasarkan ITUI-T

Delay	87,34 ms	Sangat Bagus
Jitter	50.42 ms	Bagus

Didapatkan hasil yang memuaskan untuk pengujian QoS dalam parameter delay Bagus dan jitter. Pengujian ini menggunakan dua protokol utama yang telah di filter hanya untuk protokol TCP dan TLSv1.2. Protokol TCP digunakan untuk mengirim data dalam jaringan berbasis IP sedangkan protokol TLSv1.2 digunakan untuk menyediakan komunikasi yang aman dan terenkripsi melalui jaringan komputer.

V. KESIMPULAN

Pengukuran tekanan darah secara berkala merupakan aspek penting dalam pemantauan kesehatan rutin, dan teknologi Machine Learning serta Internet of Things (IoT) telah membantu masyarakat memantau tekanan darah mereka dengan lebih efektif dan efisien. Alat monitoring berbasis teknologi ini menunjukkan hasil yang baik dalam memprediksi tekanan darah sistolik, namun akurasi prediksi untuk tekanan darah diastolik masih memiliki beberapa kekurangan. Kekurangan ini kemungkinan disebabkan oleh kompleksitas faktor yang mempengaruhi tekanan darah diastolik dan keterbatasan model yang digunakan.

Berdasarkan hasil pengujian, model yang menggunakan pembagian data 80% untuk pelatihan dan 20% untuk pengujian memberikan performa terbaik dengan nilai Mean Squared Error (MSE) dan Root Mean Squared Error (RMSE) yang lebih rendah, serta nilai R-squared (R^2) sebesar 0.78. Ini menunjukkan model mampu menjelaskan 78% dari variabilitas data pelatihan dan memiliki kecocokan yang baik. Namun, penurunan akurasi prediksi terjadi saat proporsi data pelatihan dikurangi menjadi 70%, meskipun nilai R^2 tetap di 0.78. Ketika data pelatihan ditingkatkan menjadi 90%, terjadi peningkatan nilai MSE dan RMSE serta penurunan nilai R^2 menjadi 0.76, yang mengindikasikan overfitting.

Meskipun model saat ini sudah cukup efektif untuk memprediksi tekanan darah sistolik, perlu dilakukan peningkatan akurasi prediksi tekanan darah diastolik. Penggunaan algoritma lain atau penggabungan beberapa model (ensemble learning) mungkin dapat meningkatkan performa prediksi, terutama dalam mengatasi overfitting dan menangkap faktor kompleks yang memengaruhi tekanan darah diastolik.

REFERENSI

- [1] Wulandari, Dyah Ayu. (2023). "Ketahui Manfaat Mengukur Tekanan Darah Rutin Sendiri di Rumah, Apa Saja?", Kementerian Kesehatan Direktorat Jenderal Pelayanan Kesehatan. [Online] Available : https://yankes.kemkes.go.id/view_artikel/2164/ketahu-i-manfaat-mengukur-tekanan-darah-rutin-sendiri-di-rumah-apa-saja.

- [2] Ripsidasiona dan Ahmad, Fachrudin Ali. (2022). "Perokok Dewasa di Indonesia Meningkat Dalam Sepuluh Tahun Terakhir", Badan Kebijakan Pembangunan Kesehatan. [Online] Available <https://www.badankebijakan.kemkes.go.id/perokok-dewasa-di-indonesia-meningkat-dalam-sepuluh-tahun-terakhir/>
- [3] Makarim, Fadhil Rizal. (2021, Juli. 29). "4 Makanan Khas Puasa Ini Bikin Hipertensi Makin Parah", [Online] Available <https://www.halodoc.com/artikel/4-makanan-khas-puasa-ini-bikin-hipertensi-makin-parah>
- [4] Ziryawulawo, Ali. Ogare, Angel Charles. Ayebare, Famina and Sinde, Ramadhani. (2022, Juli). "Application of IoT and Machine Learning Techniques for Heart Disease Prediction and Diagnosis : A Comprehensive Review", [Online] Available : https://www.researchgate.net/publication/362372497_Application_of_IoT_and_Machine_Learning_Techniques_for_Heart_Disease_Prediction_and_Diagnosis_A_Comprehensive_Review
- [5] Bastari , Winarno Fadjar. Sujiva, Akbar. Setyobudi, Rizky. (2023, Juni, 6). "PENERAPAN INTERNET OF THINGS PADA APLIKASI ALAT DETEKSI DAN MONITORING TEKANAN DARAH". [Online] Available : <https://snhrp.unipasby.ac.id/prosiding/index.php/snhrp/article/view/601/538>
- [6] D. Priadi, A. Muzakhim, and N. Suharto, "Pengukuran Quality of Service (QoS) pada Aplikasi File Sharing dengan Metode Client-Server Berbasis Android," Jurnal JARTEL, vol. 6, no. 1, pp. 39-49, May 2018