



Rancang Bangun Sistem Pemantauan Tekanan Darah Otomatis Berbasis IoT

Aziz Alfayid¹, Rahman Arifuddin², Basitha Febrinda Hidayatulail³

¹²³Universitas Merdeka Malang, Indonesia

Email: lazizalfayid189@gmail.com, rahman.arifuddin@unmer.ac.id, Basitha@unmer.ac.id

Abstrak

Pemeriksaan tekanan darah secara rutin memegang peranan penting dalam upaya pencegahan dini terhadap kondisi pra-hipertensi, yaitu tahap awal sebelum seseorang mengalami hipertensi. Hipertensi merupakan kondisi medis umum yang dapat meningkatkan risiko penyakit jantung, stroke, serta gangguan pada pembuluh darah lainnya. Oleh karena itu, pemantauan tekanan darah secara berkala, termasuk di lingkungan rumah, menjadi langkah preventif yang efektif. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan alat ukur tekanan darah otomatis yang dapat membantu masyarakat dalam memantau tekanan darah secara mandiri dan rutin guna mencegah perkembangan pra-hipertensi menjadi hipertensi. Alat ini menggunakan sensor MPX5050DP untuk mendeteksi tekanan darah, serta dilengkapi dengan fitur pengiriman data secara real-time melalui platform Blynk IoT, sehingga hasil pengukuran dapat dipantau secara jarak jauh oleh pengguna maupun tenaga medis. Untuk mengukur tingkat akurasi alat, dilakukan perbandingan hasil pengukuran dengan alat digital standar medis Omron HEM-6161. Hasil pengujian menunjukkan bahwa persentase kesalahan pengukuran pada nilai diastolik lebih tinggi dibandingkan nilai sistolik, yaitu sebesar 3,97% untuk diastolik dan 3,64% untuk sistolik, dengan rata-rata kesalahan sebesar 3,81%. Dengan demikian, alat yang dikembangkan memiliki tingkat akurasi sebesar sekitar 96,20%. Dengan adanya alat ini, diharapkan masyarakat dapat lebih waspada terhadap risiko tekanan darah tinggi sejak dini melalui sistem pemantauan yang praktis, mandiri, real-time, dan berkelanjutan, sehingga mendukung upaya pencegahan serta pengelolaan tekanan darah secara lebih efektif.

Kata Kunci : Pengukuran tekanan darah otomatis, MPX5050DP, Arduino Uno R4, Sistolik dan Diastolik, IoT, Blynk

PENDAHULUAN

Pengukuran tekanan darah secara teratur memegang peranan sangat penting dalam mendeteksi dini kondisi pra-hipertensi, yaitu fase awal yang menjadi indikator risiko sebelum seseorang memasuki kategori hipertensi. Hipertensi sendiri merupakan salah satu penyakit tidak menular yang menjadi penyebab utama morbiditas dan mortalitas global, terutama karena dapat memicu penyakit jantung koroner, stroke, gagal ginjal, dan komplikasi vaskular lainnya (Zhu et al., 2021). Menurut laporan World Health Organization (WHO), prevalensi hipertensi di Indonesia meningkat tajam dari 25,8% pada 2013 menjadi 34,1% pada 2018, menunjukkan tren epidemi yang semakin mengkhawatirkan (WHO, 2021). Secara global, WHO mencatat bahwa sekitar 1,28 miliar orang hidup dengan hipertensi pada periode 2019–2020, di mana prevalensi tertinggi berada di Eropa dan terendah di wilayah Pasifik Barat. Penelitian lain juga menegaskan bahwa hipertensi kini lebih banyak ditemukan pada kelompok usia produktif di bawah 45 tahun sebagai akibat dari pola hidup sedentari, stres, konsumsi tinggi garam, dan faktor genetik (Mills et al., 2020; Patel et al., 2022). Dengan meningkatnya prevalensi tersebut, pemeriksaan kesehatan secara rutin, terutama pemantauan tekanan darah mandiri di rumah (home blood pressure monitoring), menjadi langkah preventif yang sangat disarankan karena terbukti meningkatkan akurasi diagnosis dan kontrol tekanan darah (Uhlir et al., 2019).

Pengukuran tekanan darah dapat dilakukan melalui dua pendekatan utama, yakni metode invasif dan non-invasif. Teknik invasif melibatkan prosedur medis yang menembus lapisan kulit untuk memasukkan kateter langsung ke dalam pembuluh darah. Metode ini biasanya diaplikasikan pada unit perawatan intensif atau prosedur pembedahan karena mampu menghasilkan data tekanan darah real-time dengan presisi tinggi, sehingga membantu dokter dalam pengambilan keputusan klinis yang kritis (Davis & Walsh, 2020). Meskipun memiliki tingkat akurasi tinggi, teknik ini tidak sesuai

..

untuk penggunaan jangka panjang atau pemantauan mandiri karena prosedurnya kompleks, berisiko infeksi, dan membutuhkan tenaga medis terlatih.

Di sisi lain, metode non-invasif merupakan pendekatan yang paling umum digunakan dalam praktik klinis dan pemantauan mandiri karena lebih aman, murah, dan praktis. Perangkat yang paling luas digunakan adalah sphygmomanometer yang dipadukan dengan stetoskop sebagai alat auskultasi. Proses pengukurannya menggunakan manset tekanan (cuff) yang dipasang pada lengan bagian atas, kemudian dipompa hingga melebihi tekanan sistolik sehingga aliran darah terhenti sementara. Ketika tekanan dilepaskan secara perlahan, kemunculan suara denyut pertama yang terdengar melalui stetoskop menandai tekanan sistolik, sedangkan hilangnya suara denyut menjadi indikator tekanan diastolik (Pickering et al., 2019). Metode ini telah menjadi standar emas dalam pengukuran tekanan darah non-invasif karena reliabilitas dan konsistensinya dalam berbagai kondisi klinis.

Seiring dengan meningkatnya kebutuhan masyarakat akan sistem pemantauan tekanan darah yang lebih otomatis, akurat, dan dapat dipantau jarak jauh, perancangan alat tekanan darah otomatis berbasis sensor MPX5050DP diajukan sebagai solusi inovatif. Sensor ini bekerja berdasarkan prinsip tekanan diferensial sehingga mampu mendeteksi perubahan tekanan yang terjadi pada manset secara presisi. Dengan memanfaatkan teknologi ini, pengguna dapat melakukan pemantauan tekanan darah secara berkala tanpa keterlibatan tenaga medis, sementara dokter dapat memperoleh data tekanan darah pasien yang lebih terstruktur dan berkelanjutan sehingga mempermudah proses diagnosis serta penentuan strategi penanganan yang tepat. Implementasi sistem monitoring mandiri semacam ini juga dapat membantu menurunkan angka mortalitas akibat keterlambatan penanganan hipertensi, karena deteksi dini merupakan salah satu faktor keberhasilan dalam mencegah komplikasi kardiovaskular (Kario et al., 2020).

Alat monitoring tekanan darah berbasis MPX5050DP ini juga dilengkapi kemampuan pengiriman data secara otomatis ke database IoT menggunakan platform Blynk. Melalui integrasi ini, setiap hasil pengukuran tekanan sistolik dan diastolik akan tercatat secara berkala dan tersimpan dalam basis data digital, memungkinkan analisis historis kondisi pasien kapan pun diperlukan. Pendekatan ini sejalan dengan tren global pemanfaatan Internet of Things dalam bidang kesehatan digital (digital health), di mana pemantauan jangka panjang berbasis cloud terbukti meningkatkan efisiensi monitoring, akurasi deteksi perubahan, serta kualitas pengambilan keputusan klinis (Alam et al., 2021).

Kebaruan penelitian ini terletak pada integrasi sensor tekanan MPX5050DP dengan sistem IoT berbasis Blynk untuk menciptakan alat monitoring tekanan darah yang mampu berfungsi secara otomatis, real-time, dan dapat diakses dari jarak jauh. Sementara banyak penelitian sebelumnya hanya berfokus pada pengukuran tekanan darah menggunakan perangkat konvensional, penelitian ini menghadirkan pendekatan holistik yang menggabungkan pengukuran otomatis, penyimpanan data berbasis cloud, serta kemampuan pemantauan jangka panjang yang dapat dimanfaatkan oleh tenaga medis. Urgensi penelitian ini semakin relevan di tengah meningkatnya kasus hipertensi pada kelompok usia produktif dan keterbatasan akses masyarakat terhadap layanan kesehatan berkala, sehingga alat monitoring seperti ini dapat menjadi solusi strategis yang mendukung praktik telemedicine dan sistem perawatan kesehatan modern.

METODE

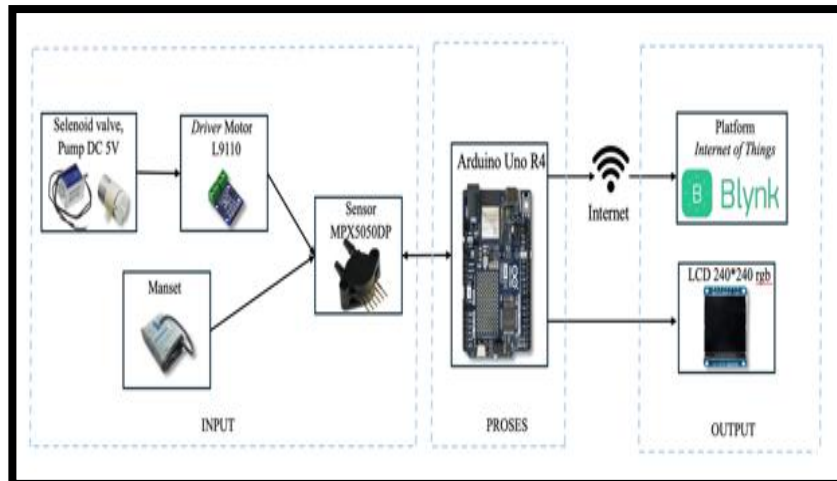
Dalam sistem ini, digunakan sensor, yaitu sensor tekanan MPX5050DP untuk mengukur tekanan di manset. Dalam pemilihan sensor tekanan, tersedia berbagai pilihan tipe, dan MPX5050DP dipilih karena memiliki kemampuan mengukur tekanan dari 0 hingga 50 Kpa, setara dengan 375 mmHg, dengan output analog dalam kisaran 0,2V hingga 4,7V [14]. Hal ini sesuai dengan kebutuhan pengukuran tekanan darah yang berada dalam rentang 60 mmHg hingga 120 mmHg.

Sensor MPX5050DP memiliki karakteristik linearitas yang baik, respons cepat, serta stabilitas jangka panjang yang tinggi, sehingga cocok untuk aplikasi medis seperti pengukuran tekanan darah. Sensor ini bekerja berdasarkan prinsip piezoresistif, di mana perubahan tekanan menyebabkan perubahan resistansi pada elemen sensitif di dalam sensor, yang kemudian dikonversi menjadi tegangan analog. Dengan akurasi yang cukup tinggi dan kompatibilitas dengan mikrokontroler, MPX5050DP memungkinkan pemrosesan data tekanan secara real-time untuk analisis lebih lanjut dalam sistem pengukuran tekanan darah.

1. Blok Diagram dan Perancangan Alat

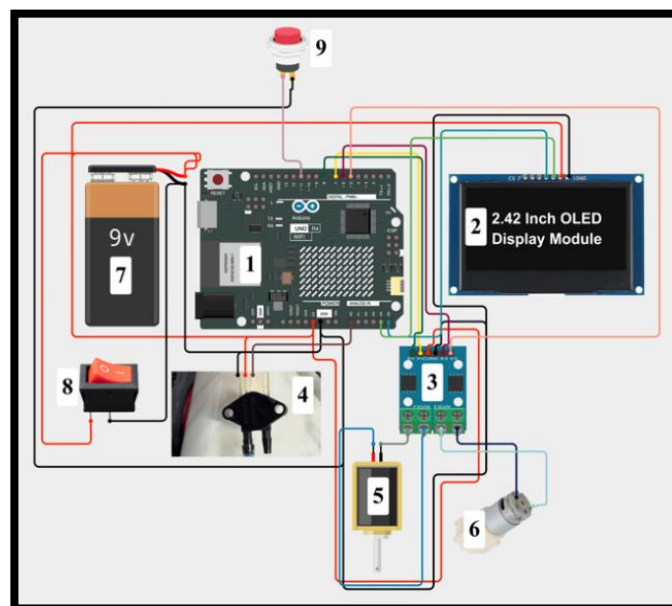
Alat yang dirancang harus dapat dengan mudah dioperasikan dan menggunakan komponen yang sering ditemukan dipasaran sehingga alat ini dapat digunakan oleh orang banyak dan memiliki manfaat. Metode yang digunakan adalah dengan melakukan pengukuran tekanan darah dengan menggunakan sebuah tensimeter digital berbasis Arduino Uno R4. Dalam Gambar 1, yaitu Diagram Blok Perancangan Tensimeter Digital, dapat diamati langkah-langkah dalam proses pengukuran tekanan darah. Pertama, handcuff (manset) akan dipompa menggunakan motor pump hingga mencapai tekanan yang diinginkan. Ketika tekanan ini tercapai, aliran darah dalam arteri akan terhenti karena tekanan dari handcuff. Setelah itu, valve (katup) akan diaktifkan untuk perlahan-lahan mengeluarkan udara dari dalam handcuff, memungkinkan aliran darah kembali normal. Ketika aliran darah mulai mengalir kembali, Sensor MPX5050DP akan mendeteksi tekanan dari korotkoff. Tekanan pertama yang terdeteksi menandai nilai sistolik, sedangkan tekanan terakhir menunjukkan nilai

diastolik. Setelah nilai-nilai sistolik dan diastolik diperoleh, informasi ini akan ditampilkan pada layar LCD untuk visualisasi hasil pengukuran.



Gambar.1 Blok Diagram Automatic Blood Pressure

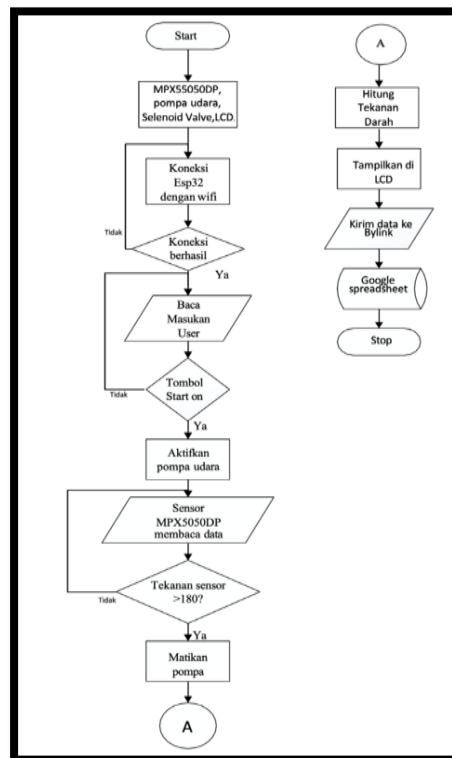
Rangkaian ini terdiri dari rangkaian sensor MPX5050DP, Arduino Uno R4, LCD, driver motor pompa dan selenoid valve seperti ditunjukkan pada Gambar 2. Baterai terhubung ke pin 5V dan GND. Arduino uno R4 berfungsi pemrosesan data yang masuk dari sensor dan untuk mengontrol sistem pada alat, sehingga bisa didapatkan output data sensor. Sensor MPX5050DP mempunyai 6 pin yaitu VCC, GND, Vout, v1, v2, vex. Tiga pin ini dihubungkan ke mikrokontroler yaitu VCC, GND, dan Vout. Untuk pin Vout dihubungkan pada pin ADC yaitu pin 26. Motor DC difungsikan sebagai pemompa udara yang dikontrol oleh driver motor. Rangkaian driver motor L9110 yang terhubung pada OUT1 dan OUT2 motor DC diatur kecepatannya Selenoid valve diaktifkan menggunakan pin digital pada Arduino uno R4. Tegangan kerja valve ini adalah 5V-6V sehingga tegangan diturunkan dari 12VDC menjadi 5VDC.



Gambar 2. Circuit Hardware

2. Alur Kerja Sistem

Pada tahapan ini dijelaskan bagaimana hubungan seluruh system mampu bekerja dengan baik untuk diimplementasikan. Rancangan proses ini dijelaskan melalui sebuah flowchart. Berikut tampilan rancangan proses dari sistem yang ditampilkan pada flowchart dibawah ini.



Gambar 3. Program flowcharts.

Flowchart alat monitoring pengukuran tekanan darah portable dengan output berbasis IoT ditunjukkan pada Gambar 3. Proses dimulai dari inisialisasi I/O. Sistem dimulai dengan memasang handcuff pada pasien. Setelah itu, alat diaktifkan. Begitu diaktifkan, alat akan beroperasi secara otomatis. Tahap awal melibatkan pemompaan udara ke dalam handcuff pengukuran tekanan darah menggunakan motor pump, hingga mencapai tekanan berkisar antara 180 mmHg hingga 200 mmHg, atau melebihi tekanan darah normal yaitu 120 mmHg. Tekanan ini menghentikan aliran darah dalam arteri karena tekanan dari handcuff. Selanjutnya, tekanan di dalam handcuff secara perlahan dikurangi, memungkinkan aliran darah kembali normal. Pengurangan tekanan ini menghasilkan nilai tekanan yang akan dideteksi oleh sensor MPX5050DP. Tekanan pertama menandai nilai sistolik, sedangkan Tekanan terakhir menunjukkan nilai diastolik. Setelah nilai-nilai ini terdeteksi, mereka ditampilkan pada layar LCD sebagai hasil pengukuran tekanan darah. Selain ditampilkan secara langsung di prangkat, data tekanan darah ini juga secara otomatis dikirimkan secara real-time ke platform IoT Blynk, sehingga dapat dipantau dari jarak jauh oleh pengguna maupun tenaga medis melalui aplikasi pada perangkat seluler.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Program Sensor MPX5050DP

Sensor tekanan MPX5050DP memiliki keluaran berupa sinyal analog, yang perlu diubah menjadi digital melalui Analog to Digital Converter (ADC). Karena sinyal keluaran masih dalam bentuk tegangan, maka perlu dikonversi menjadi tekanan dalam satuan KPa. Konversi ini dilakukan berdasarkan rumus yang disesuaikan dengan spesifikasi perangkat pada datasheet. Dalam script, konversi dapat diwujudkan sebagai berikut:

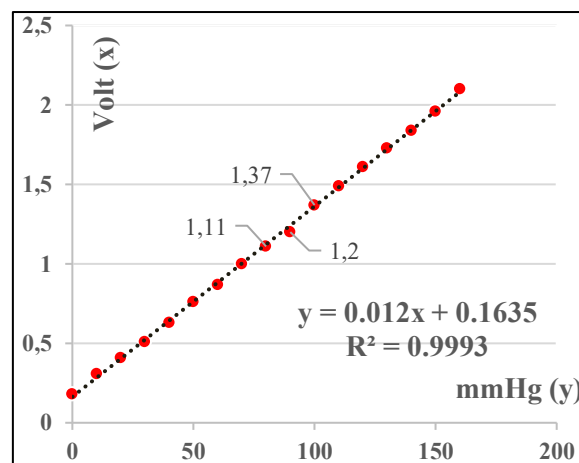
$$\text{kpa_pressure} = (50000/1024) * (\text{pressure_sensor}). \quad (1)$$

Setelah itu, dilakukan konversi dari satuan tekanan KPa menjadi satuan tekanan darah yaitu mmHg. Karena 1 KPa setara dengan 7,50062 mmHg, Arduino dapat langsung memproses input tegangan dari sensor tekanan menjadi nilai dalam satuan mmHg. Dengan demikian, proses konversi ini memungkinkan sensor tekanan yang awalnya mengirimkan data dalam bentuk tegangan dapat diubah menjadi nilai tekanan darah dalam satuan mmHg.



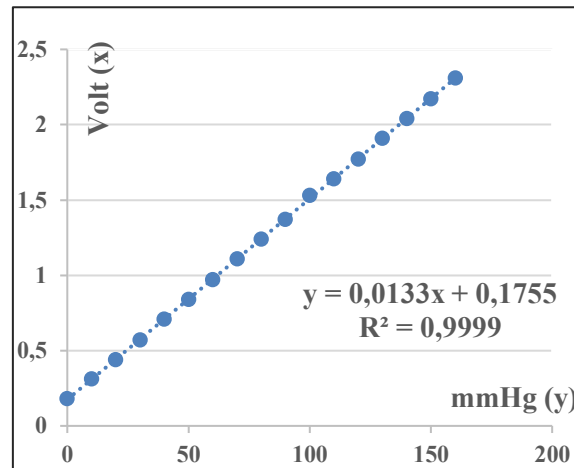
Gambar 4. Pengcalibrasi Sensor MPX5050DP

Alat tensimeter digital yang digunakan untuk membandingkan pengukuran seperti pada Gambar 4. Proses kalibrasi dilakukan dengan menggunakan alat tensimeter digital sebagai referensi pembandingan. Pengukuran dilakukan secara bertahap dan berulang mulai dari tekanan nol hingga tekanan maksimum, dengan interval peningkatan sekitar 5–10 mmHg. Pada setiap kenaikan tekanan, nilai output dari sensor tekanan yang dibaca melalui ADC dicatat dan dibandingkan dengan nilai yang ditunjukkan oleh tensimeter digital. Data hasil pengamatan ini digunakan untuk memetakan hubungan antara output ADC dan tekanan aktual dalam satuan mmHg, sehingga diperoleh persamaan kalibrasi yang dapat digunakan dalam sistem monitoring tekanan secara otomatis.



Gambar 5. Graph of Least Square Equation Results (manual)

Dari hasil proses kalibrasi ini, diperoleh perbandingan antara nilai tekanan yang dihasilkan oleh sensor MPX5050DP dengan nilai tekanan manual menggunakan rumus yang dihasilkan oleh manometer. Perbandingan ini dapat dilihat pada Gambar 5, yang menggambarkan perbedaan pada saat volt di angka 1V sampai 1.5V di sini terjadi pergerakan yang tidak konstan sehingga terjadi sedikit ketidak akurasian pada titik 80-100mmHg. Dari Hasil proses kalibrasi manual sehingga di dapat nilai Persamaan $y = 0.012x + 0.1635$ dalam gambar 5. Menunjukkan hubungan linier antara tekanan (x, dalam mmHg) dan tegangan (y, dalam volt) yang dihasilkan oleh sensor. Nilai 0.012 adalah slope (m), yang menunjukkan bahwa setiap kenaikan tekanan sebesar 1 mmHg akan meningkatkan tegangan sebesar 0.012 V. Nilai 0.1635 adalah intercept (b), yang merupakan tegangan ketika tekanan 0 mmHg, menandakan adanya sedikit offset pada sensor. Koefisien determinasi $R^2 = 0.9993$ menunjukkan bahwa persamaan ini memiliki tingkat kecocokan yang sangat tinggi terhadap data pengukuran, dengan lebih dari 99.93% variasi tegangan dapat dijelaskan oleh perubahan tekanan. Dengan demikian, model ini dapat digunakan untuk mengonversi tegangan yang terbaca dari sensor menjadi tekanan dalam mmHg dengan akurasi yang tinggi.



Gambar 6. Graph of Least Square Equation Results (formula)

Untuk mendapatkan nilai Volt dan mmHg seperti grafik pada gambar 6 Pertama memerlukan rumus seperti pada nomor (1) untuk mendapatkan nilai slope (m), yang di hasilakan setiap kenaikan 1V yaitu sebesar 0.0133 v/mmHg. Setelah mendapatkan nilai (m) lanjut ke tahap perhitungan selanjutnya dimana Untuk mendapatkan nilai (b) Itersep atau tekanan pada saat tegangan 0V adalah dengan cara menghitung dengan rumus persamaan regresi linear yang menggambarkan hubungan antara tegangan (v) dalam volt dan tekanan (mmHg) dalam milimeter air raksa.pada rumus (2) perhitungan untuk menuemukan hasil-hasil nilai yang di dapat sesuai pada gambar 6.

Dari hasil proses perhitungan menggunakan rumus sehingga di dapat nilai Persamaan $y = 0.0133x + 0.1755$ merupakan hasil regresi linier yang menghubungkan tegangan (x) dalam volt dengan tekanan (y) dalam mmHg. Nilai 0.0133 adalah slope (m), yang menunjukkan bahwa setiap kenaikan 1V akan meningkatkan tekanan sebesar 0.0133 mmHg, sedangkan 0.1755 adalah intercept (b), yaitu nilai tekanan ketika tegangan $x = 0V$. Koefisien determinasi $R^2 = 0.9999$ menunjukkan bahwa model regresi ini sangat akurat, dengan hampir 100% variabilitas data dapat dijelaskan oleh persamaan tersebut. Dengan demikian, persamaan ini dapat digunakan untuk mengonversi tegangan yang dibaca dari sensor menjadi tekanan dalam mmHg dengan tingkat keakuratan yang sangat tinggi.

$$m = \frac{\Delta \text{ voltage}}{\Delta \text{ pressure}} = \text{v/mmHg}$$

$$m = \frac{4.5-0.5}{300-0} = \frac{4.0}{300} = 0.01333 \text{ v/mmHg}$$

Dimana:

- m adalah adalah gradien (kemiringan), yang menunjukkan berapa banyak tegangan berubah untuk setiap perubahan tekanan 1 mmHg.
- $\Delta \text{ voltage}$ adalah selisih tegangan maksimum dan minimum yang diberikan oleh sensor.
- $\Delta \text{ pressure}$ selisih tekanan maksimum dan minimum yang bisa diukur oleh sensor.
- v/mmHg adalah hasil setiap kenaikan tekanan sebesar 1 mmHg akan meningkatkan, tegangan sensor sebesar 0.01333 V.

Untuk mendapatkan nilai (b) Itersep atau tekanan pada saat tegangan 0V adalah dengan cara menghitung dengan rumus persamaan regresi linear yang menggambarkan hubungan antara tegangan (v) dalam volt dan tekanan (mmHg) dalam milimeter air raksa.pada rumus (2) perhitungan untuk menuemukan hasil-hasil nilai yang di dapat sesuai pada gambar 6.

$$v = m \times \text{mmHg} + b$$

Dimana:

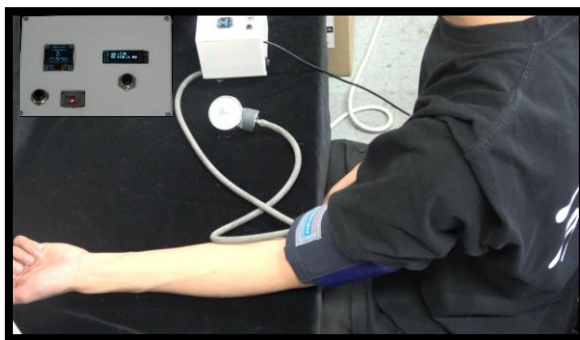
- b adalah intersep atau offset dalam mmHg, yaitu nilai tekanan saat tegangan = 0V

Pada persamaan Menggunakan Rumus ($y = 0.0133x + 0.1755$, $R^2 = 0.9999$) dan persamaan Manual ($y = 0.012x + 0.1635$, $R^2 = 0.9993$), terdapat beberapa perbedaan yang dapat dianalisis. Slope (m) pada persamaan pertama adalah 0.0133, sedangkan pada persamaan kedua adalah 0.012, yang berarti bahwa pada persamaan pertama, setiap peningkatan

1 mmHg menghasilkan perubahan tegangan yang sedikit lebih besar dibandingkan dengan persamaan kedua. Intercept (b) pada persamaan pertama lebih tinggi (0.1755) dibandingkan dengan yang kedua (0.1635), menunjukkan bahwa pada tekanan 0 mmHg, tegangan awal pada persamaan pertama sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan persamaan kedua. Dari segi akurasi, nilai R^2 pada persamaan pertama adalah 0.9999, yang lebih tinggi dibandingkan dengan persamaan kedua (0.9993), menandakan bahwa persamaan pertama memiliki kecocokan yang sedikit lebih baik terhadap data pengukuran dibandingkan dengan yang kedua. Meskipun perbedaan ini kecil, dalam aplikasi yang memerlukan presisi tinggi, pemilihan persamaan yang lebih sesuai dengan kondisi aktual sensor menjadi penting.

2. Hasil Pengujian Keseluruhan Sistem

Pengambilan data dari responden terbatas pada populasi dewasa karena alat yang telah dibuat dirancang khusus untuk ukuran dan metode pengambilan tekanan darah pada orang dewasa. Pengambilan data dari anak-anak memerlukan ukuran handcuff yang berbeda dan pendekatan yang berbeda. Namun, Pengambilan data dari populasi dewasa dilakukan untuk menganalisis variasi hasil yang dihasilkan oleh alat yang telah dibuat. Hasil ini nantinya akan dibandingkan dengan alat pengukur tekanan darah digital lain yang sudah banyak beredar di pasaran. Alat Omron HEM-6110 digunakan sebagai perbandingan untuk hasil yang diperoleh. Selain itu, diperhatikan juga stabilitas dan keselarasan hasil yang dicatat antara tekanan sistolik dan diastolik. Tampilan pemasangan alat pada responden dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Tool Installation.

Tata cara pelaksanaan pemeriksaan terhadap responden mengacu pada pedoman praktik global dari International Society of Hypertension untuk memastikan akurasi pengukuran tekanan darah. Responden diminta untuk duduk tegak dengan punggung bersandar pada sandaran kursi, kaki menapak lantai tanpa menyilang, serta lengan diletakkan sejajar dengan jantung di atas meja atau sandaran tangan. Manset dipasang sekitar 2–3 cm di atas lipatan siku dengan ukuran yang sesuai dan ketatannya cukup untuk memungkinkan dua jari masuk di bawahnya. Selama proses pengukuran, responden tidak diperbolehkan berbicara atau bergerak guna menghindari gangguan pembacaan. Setiap responden menjalani tiga kali pengukuran tekanan darah menggunakan alat yang telah dirancang, dan tiga kali pengukuran tambahan menggunakan alat standar Omron HEM-6161. Selanjutnya, dihitung rata-rata dari masing-masing hasil pengukuran untuk memperoleh nilai tekanan sistolik dan diastolik yang lebih akurat. Dari perbandingan hasil ini, dihitung persentase error yang menunjukkan tingkat perbedaan antara alat rancangan dan alat pembanding. Rincian lengkap mengenai persentase error dapat dilihat pada Tabel 1. Oleh karena itu, pendekatan ini tidak hanya memastikan prosedur pengukuran yang sesuai standar, tetapi juga memungkinkan evaluasi terhadap performa alat yang dikembangkan.

Tabel 1. Results of Comparison of Measuring Instruments with Omron hem-6110.

Patient	Average measurement of Omron		Average measurement of the tool		Persentase error	
	hem-6110					
	Sistol	Diastol	Sistol	Diastol	Sistol	Diastol
A	129	84	124	87	3,88%	3,57%
B	106	67	102	72	3,77%	4,48%
C	122	78	118	75	3,28%	3,85%
Average					3,64%	3,97%

Dari hasil pengujian terhadap tiga responden, diperoleh persentase error keseluruhan untuk tekanan sistolik sebesar 3,64% dan tekanan diastolik sebesar 3,97%. Persentase error tersebut menunjukkan bahwa perbedaan antara hasil pengukuran dari alat yang dibuat dan Omron HEM-6161 tidak melebihi 5%, sehingga alat yang dibuat dapat dianggap cukup dapat diandalkan dalam penggunaannya. Meskipun demikian, perlu diingat bahwa penggunaan Omron HEM-6161 sebagai alat pembanding mungkin tidak selalu menghasilkan hasil yang akurat, dan alat yang dibuat mungkin memiliki potensi untuk lebih akurat. Oleh karena itu, sebagai saran pengembangan ke depan, diharapkan penggunaan alat pembanding yang lebih akurat dapat dipertimbangkan untuk menguji dan memvalidasi hasil pengukuran alat yang dibuat. Berikutnya merupakan hasil pengukuran secara berkala dengan beberapa responden yang diilustrasikan sedang dirawat dalam sebuah ruangan ICU yang mana diperlukan pengukuran tekanan darah secara berkala untuk dapat membantu seorang iastolic dokter dalam mengamati perkembangan pasien. Hasil pengukuran secara berkala tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.



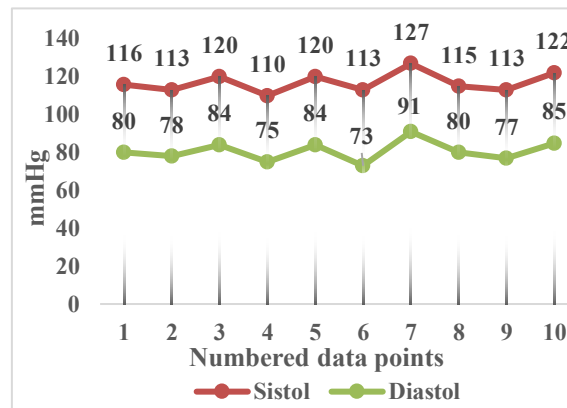
Gambar 8. Monitoring Tekanan Darah secara Real-time Menggunakan Platform Blynk IoT

Gambar.8 di atas menunjukkan hasil pengukuran tekanan darah yang diperoleh dari perangkat otomatis yang telah dirancang dan dikembangkan dalam penelitian ini. Pengukuran dilakukan terhadap lima orang responden yang berbeda, dengan jeda waktu antar pengukuran sekitar 5 hingga 10 menit. Perangkat bekerja secara mandiri untuk mengukur tekanan darah, lalu secara otomatis mengirimkan data hasil pengukuran ke platform Blynk IoT. Visualisasi data dilakukan secara real-time dalam bentuk meter digital (gauge) dan grafik garis (line chart) pada dashboard Blynk. Seluruh proses pengiriman data berlangsung dengan kecepatan tinggi dan hampir tanpa jeda (no delay), sehingga pengguna dapat memantau hasil pengukuran secara instan. Hal ini menunjukkan bahwa sistem pemantauan tekanan darah berbasis Internet of Things (IoT) yang dikembangkan memiliki kinerja yang baik dalam hal kecepatan, efisiensi, dan kemudahan pemantauan jarak jauh.

Tabel 2. Results of Periodic Measurements

<i>Date</i>	<i>Time</i>	<i>Systolic</i>	<i>Diastolic</i>
14/05/2025	15:48.00 PM	116	80
14/05/2025	15:55.00 PM	113	78
14/05/2025	16:00.00 PM	120	84
14/05/2025	16:05.00 PM	110	75
14/05/2025	16:10.00 PM	120	84
14/05/2025	16:26.00 PM	113	73
14/05/2025	16:32.00 PM	127	91
14/05/2025	16:40.00 PM	115	80
14/05/2025	17:07.00 PM	113	77
14/05/2025	18:29.00 PM	122	85

Pada Tabel 2 terlihat bahwa Pengambilan data tekanan darah dilakukan secara berkala dengan jeda waktu kurang lebih 10 menit antara setiap pengukuran, untuk memantau perubahan tekanan darah pasien secara kontinu. Pengujian ini melibatkan 5 orang subjek berbeda sebagai pasien. Proses pengukuran dilakukan secara otomatis oleh alat, dan hasil yang diperoleh kemudian dikirimkan secara real-time ke platform IoT Blynk. Dengan cara ini, data tekanan darah dapat dipantau secara langsung dan berkelanjutan oleh pasien maupun tenaga medis dari jarak jauh. Data yang terkumpul juga divisualisasikan dalam bentuk grafik, seperti yang ditampilkan pada Gambar 9, sehingga memudahkan analisis tren tekanan darah serta mendukung pengambilan keputusan medis yang lebih akurat dan tepat waktu.



Gambar 9. Results of Periodic Measurements

KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang dan mengimplementasikan sistem pemantauan tekanan darah otomatis berbasis IoT menggunakan sensor MPX5050DP, Arduino Uno R4, serta platform Blynk, yang mampu melakukan pengukuran tekanan sistolik dan diastolik secara mandiri, real-time, dan dapat dipantau jarak jauh. Hasil uji perbandingan dengan alat medis digital Omron HEM-6161 menunjukkan tingkat akurasi yang cukup baik, dengan persentase error sebesar 3,64% pada sistolik dan 3,97% pada diastolik, sehingga alat ini dapat dikategorikan layak dan andal untuk pemantauan tekanan darah harian. Selain itu, kemampuan pengiriman data secara otomatis ke platform IoT memungkinkan pemantauan jangka panjang yang lebih praktis dan informatif bagi pengguna maupun tenaga medis. Meskipun demikian, penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan, antara lain jumlah responden yang masih terbatas, penggunaan alat pembanding yang hanya berasal dari satu jenis perangkat digital, serta pengujian yang belum mencakup variasi kondisi fisiologis seperti perbedaan usia, aktivitas fisik, maupun kondisi medis tertentu. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk memperluas jumlah dan karakteristik responden, menggunakan alat pembanding kelas medis yang memiliki standar akurasi lebih tinggi, serta menguji kinerja sistem dalam berbagai kondisi lingkungan dan fisiologis. Selain itu, pengembangan fitur seperti penyimpanan cloud yang lebih aman, notifikasi otomatis, serta integrasi kecerdasan buatan untuk analisis tren tekanan darah dapat semakin meningkatkan fungsionalitas sistem dan mendukung implementasinya dalam layanan kesehatan modern dan telemedicine.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, A., & Othman, S. (2011). The influence of self-owned home blood pressure monitoring (HBPM) on primary care patients with hypertension: A qualitative study. *BMC Family Practice*, 12(1), 143. <https://doi.org/10.1186/1471-2296-12-143>
- Alam, M., Malik, H., & Khan, S. (2021). Internet of Things (IoT) based healthcare monitoring systems: A review of efficient data processing and security. *Journal of Network and Computer Applications*, 175, 102943. <https://doi.org/10.1016/j.jnca.2020.102943>
- Cindy, M. (2013, July 16). *Intro to blood pressure*.
- Davis, P., & Walsh, K. (2020). Arterial blood pressure monitoring in clinical practice: Invasive and non-invasive techniques. *Critical Care Clinics*, 36(3), 401–415. <https://doi.org/10.1016/j.ccc.2020.03.002>
- Dyah Ayu Wulandari, M. K. (2023, February 16). *Ketahui manfaat mengukur tekanan darah rutin sendiri di rumah, apa saja?*
- Kario, K., Wang, J. G., & Saruta, T. (2020). Diagnostic and prognostic value of home blood pressure monitoring in hypertension management. *Hypertension Research*, 43(8), 749–757. <https://doi.org/10.1038/s41440-020-0434-9>

- Kearney, P. M., Whelton, M., Reynolds, K., Muntner, P., & He, J. (2021). Global burden of hypertension: Analysis of worldwide data and trends among young adults. *Lancet Global Health*, 9(5), e356–e365. [https://doi.org/10.1016/S2214-109X\(20\)30425-3](https://doi.org/10.1016/S2214-109X(20)30425-3)
- Lin, W., et al. (2022). Korotkoff sounds dynamically reflect changes in cardiac function based on deep learning methods. *Frontiers in Cardiovascular Medicine*, 9. <https://doi.org/10.3389/fcvm.2022>.
- Meidert, A. S., & Saugel, B. (2018). Techniques for non-invasive monitoring of arterial blood pressure. *Frontiers in Medicine*, 4. <https://doi.org/10.3389/fmed.2017.00233>
- Mills, K. T., Stefanescu, A., & He, J. (2020). Global epidemiology of hypertension. *Nature Reviews Nephrology*, 16(4), 223–237. <https://doi.org/10.1038/s41581-019-0244-2>
- Natale, P., et al. (2023). Perspectives and experiences of self-monitoring of blood pressure among patients with hypertension: A systematic review of qualitative studies. *American Journal of Hypertension*, 36(7), 372–384. <https://doi.org/10.1093/ajh/hpad028>
- NXP BV. (2023). *MPX5050 integrated silicon pressure sensor: On-chip signal conditioned, temperature compensated and calibrated*. <https://www.nxp.com>
- Patel, P., Gupta, R., & Singh, M. (2022). Hypertension among young adults: Emerging trends, challenges, and risk factors. *Journal of Human Hypertension*, 36(6), 557–566. <https://doi.org/10.1038/s41371-021-00574-3>
- Pickering, T. G., Hall, J. E., Appel, L. J., et al. (2019). Recommendations for blood pressure measurement in humans: An American Heart Association scientific statement. *Hypertension*, 73(5), e35–e66. <https://doi.org/10.1161/HYP.0000000000000087>
- Romagnoli, S., et al. (2014). Accuracy of invasive arterial pressure monitoring in cardiovascular patients: An observational study. *Critical Care*, 18(6), 644. <https://doi.org/10.1186/s13054-014-0644->
- Sentürk, Ş., Polat, K., & Yücedağ, İ. (2019). Towards wearable blood pressure measurement systems from biosignals: A review. *Turkish Journal of Electrical Engineering & Computer Sciences*, 27(5), 3259–3281. <https://doi.org/10.3906/elk-1809->
- Setiawan, D., & Pratama, B. (2022). *Pengembangan alat pemantauan tekanan darah otomatis berbasis IoT dengan ESP32 dan sensor MPX7002DP*.
- Shimbo, D., et al. (2020). Self-measured blood pressure monitoring at home: A joint policy statement from the American Heart Association and American Medical Association. *Circulation*, 142(4). <https://doi.org/10.1161/HYPERTENSIONAHA.117.10237>
- Stergiou, G. S., et al. (2018). A universal standard for the validation of blood pressure measuring devices. *Hypertension*, 71(3), 368–374. <https://doi.org/10.1161/HYPERTENSIONAHA.117.10237>
- Uhlir, K., Balk, E., Earley, A., et al. (2019). Self-measured blood pressure monitoring: A systematic review. *Annals of Internal Medicine*, 171(2), 131–140. <https://doi.org/10.7326/M19-0192>
- World Health Organization. (2021). *Hypertension fact sheet*. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/hypertension>
- World Health Organization. (2023). *Hypertension profiles*. <https://www.who.int>
- Xiao, M., et al. (2019). Home blood pressure monitoring by a mobile-based model in Chongqing, China: A feasibility study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(18), 3325. <https://doi.org/10.3390/ijerph16183325>
- Zhu, H., Chen, L., & Liu, M. (2021). Hypertension as a major risk factor for cardiovascular morbidity: A clinical review. *Journal of Clinical Hypertension*, 23(4), 715–724. <https://doi.org/10.1111/jch.14219>