



## PERANCANGAN ALAT TEKANAN DARAH OTOMATIS SECARA BERKALA MENGGUNAKAN SENSOR MPX5050DP UNTUK PASIEN HIPERTENSI

Afdhal Kurniawan<sup>1</sup>, Karli Eka Setiawan<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Computer Science Department, School of Computer Science, Bina Nusantara University  
Jakarta Barat, DKI Jakarta, Indonesia 11530

[afdhal.kurniawan@binus.ac.id](mailto:afdhal.kurniawan@binus.ac.id), [karli.setiawan@binus.ac.id](mailto:karli.setiawan@binus.ac.id)

### Abstract

*Regular blood pressure monitoring is crucial in caring for outpatient patients undergoing treatment. Hypertension, commonly known as high blood pressure, is a prevalent medical condition that can increase the risk of heart disease, stroke, and other vascular disorders. Patients with hypertension often require regular blood pressure measurements to monitor their health status and evaluate the effectiveness of ongoing treatment. To mitigate the risks associated with hypertension, routine health check-ups, including periodic blood pressure measurements at home, can be taken. This research aims to make a regular automatic blood pressure meter to help hypertensive patients. The design of an automatic periodic blood pressure measurement device using the MPX5050DP sensor for hypertensive patients is expected to facilitate regular monitoring and assist doctors in making accurate diagnoses. Research results indicate a larger error percentage for diastolic values than systolic values. Specifically, the error percentage is 3.45% for systolic values and 7.17% for diastolic values.*

**Keywords:** Blood Pressure Measurement, Diastolic, Hypertension, Sensor, Systolic

### Abstrak

Pemantauan tekanan darah secara teratur memiliki peran yang sangat penting dalam merawat pasien rawat jalan yang menjalani pengobatan. Hipertensi, yang dikenal sebagai tekanan darah tinggi, merupakan kondisi medis umum yang dapat meningkatkan risiko penyakit jantung, stroke, dan gangguan vaskular lainnya. Pasien dengan hipertensi sering perlu menjalani pengukuran tekanan darah berkala untuk memantau status kesehatan dan menilai efektivitas pengobatan yang sedang berlangsung. Untuk mengurangi risiko hipertensi, salah satu tindakan yang dapat diambil adalah pemeriksaan kesehatan rutin, termasuk pengukuran tekanan darah berkala di rumah. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membuat alat pengukur tekanan darah otomatis secara berkala untuk membantu pasien hipertensi. Desain alat pengukuran tekanan darah berkala otomatis dengan menggunakan sensor MPX5050DP untuk pasien hipertensi diharapkan dapat memfasilitasi pemantauan berkala dan membantu dokter dalam membuat diagnosa yang akurat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *persentase error* diastolik lebih besar dibandingkan dengan *persentase error* sistolik. Dengan rincian *persentase error* sebesar 3,45% untuk nilai sistolik dan 7,17% untuk nilai diastolik.

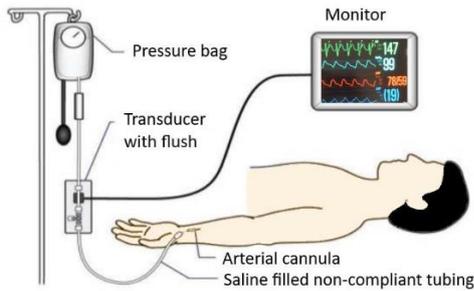
**Kata kunci:** Diastolik, Hipertensi, Pengukuran Tekanan Darah, Sensor, Sistolik

### 1. PENDAHULUAN

Pengukuran tekanan darah secara teratur memainkan peran yang sangat vital dalam merawat pasien yang menjalani perawatan sebagai pasien rawat jalan. Hipertensi, yang dikenal juga sebagai tekanan darah tinggi, merupakan kondisi medis yang umum dan dapat meningkatkan risiko terhadap penyakit jantung, stroke, dan gangguan pembuluh darah lainnya [1]. Pasien yang mengalami hipertensi seringkali perlu melakukan pengukuran tekanan darah secara berkala untuk memonitor kondisi kesehatan mereka serta menilai efektivitas dari pengobatan yang sedang dilakukan[2]. Menurut hasil Penelitian Kesehatan Dasar

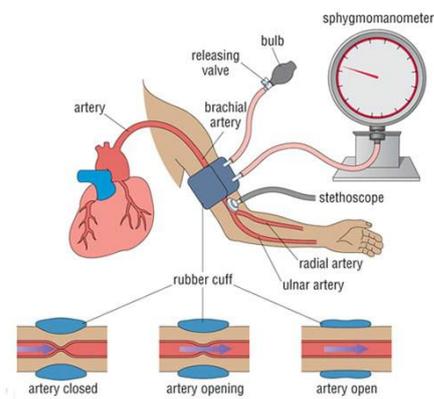
(Risikesdas) yang dilakukan oleh Kementerian Kesehatan, angka kejadian hipertensi di Indonesia mengalami peningkatan dari 25,8 persen pada tahun 2013 menjadi 34,11 persen pada tahun 2018[3]. Data juga menunjukkan bahwa hipertensi tidak hanya terbatas pada kelompok usia lanjut, tetapi juga mengenai individu berusia di bawah 45 tahun, bahkan termasuk remaja dan dewasa muda. Untuk mengurangi risiko terkena hipertensi, salah satu tindakan yang dapat diambil adalah menjalani pemeriksaan kesehatan secara rutin [4], termasuk melakukan pengukuran tekanan darah secara berkala di lingkungan rumah[5], [6]. Pengukuran tekanan darah dapat dilakukan dengan dua

pendekatan yang berbeda: metode invasif dan metode non-invasif. Teknik invasif melibatkan pengukuran tekanan darah secara langsung melalui metode yang menembus kulit [7]. Umumnya digunakan di lingkungan medis khusus seperti unit perawatan intensif atau prosedur bedah yang memerlukan pemantauan tekanan darah yang teliti dan konsisten, pendekatan ini melibatkan pemasangan kateter ke dalam pembuluh darah. Kateter ini memungkinkan pengukuran tekanan darah secara *real-time* dan akurat, menghasilkan informasi berharga untuk manajemen pasien. Pada Gambar 1, menjelaskan bagaimana pengukuran tekanan darah secara invasif.

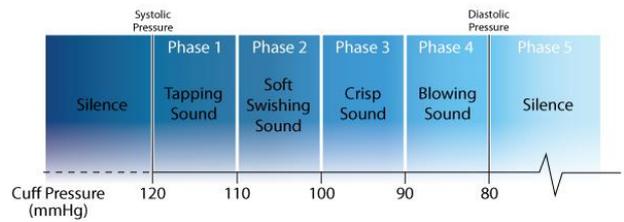


Gambar 1. Invasive measurement method [8]

Di sisi lain, metode *non-invasif* mengacu pada pengukuran tekanan darah tanpa penetrasi kulit atau cedera fisik [9]. Alat yang paling umum digunakan dalam pendekatan ini adalah sphygmomanometer, yang dipadukan dengan stetoskop [10]. Prosedur diagnostik yang dikenal luas dalam kategori *non-invasif* melibatkan penggunaan manset penekan (*Cuff*), yang ditempatkan di sekitar lengan bagian atas. Dengan cara ini, tekanan manset diisi hingga melebihi tekanan sistolik darah, menyebabkan pembuluh arteri terjepit sehingga aliran darah berhenti seperti yang terlihat pada gambar 2. Dengan perlahan mengurangi tekanan manset, saat aliran darah kembali dan suara denyut nadi terdengar melalui stetoskop (fase Korotkoff) seperti pada gambar 3, bacaan tekanan pada manometer ketika suara denyut pertama terdeteksi menunjukkan tekanan darah sistolik [11]. Terus mengurangi tekanan manset hingga suara denyut nadi hilang sepenuhnya memungkinkan bacaan pada saat itu mengindikasikan tekanan darah diastolik.



Gambar 2. Non-invasive measurement method [8]



Gambar 3. Korotkof Phase [12]

Perancangan alat tekanan darah otomatis secara berkala menggunakan sensor MPX5050DP untuk pasien hipertensi diharapkan nantinya dapat mempermudah dalam melakukan pemantauan secara berkala [13]. Serta mempermudah dokter dalam melakukan diagnosa sehingga pasien mendapatkan penanganan yang sesuai. Hal tersebut juga dapat mengurangi angka kematian. Alat monitoring tekanan darah ini nantinya dapat mengukur sistol dan diastol secara otomatis dan data yang didapat tersebut dikirim ke dalam database secara berkala sehingga data tersebut dapat diamati di kemudian hari jika saat dibutuhkan.

## 2. METODE PENELITIAN

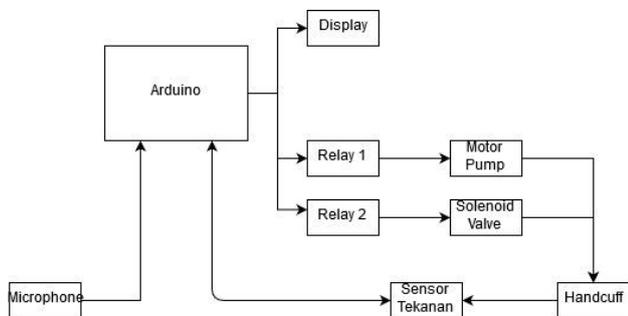
### 2.1 Sensor dan Ringkasan Spesifikasi

Dalam sistem ini, digunakan dua jenis sensor, yaitu sensor tekanan MPX5050DP untuk mengukur tekanan di manset dan sensor mikrofon MAX9814 sebagai pengganti stetoskop. 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. Sedangkan sensor mikrofon MAX9814 dipilih karena menghasilkan output analog antara 2,7V hingga 5,5V, dan berdasarkan percobaan, sensor ini mampu menangkap suara korotkoff yang penting untuk menghitung nilai tekanan sistolik dan diastolik.

### 2.2 Blok Diagram dan Perencanaan 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 dengan menggunakan metode menangkap korotkoff sound untuk memperoleh sistol dan diastol. Dalam Gambar 4, 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

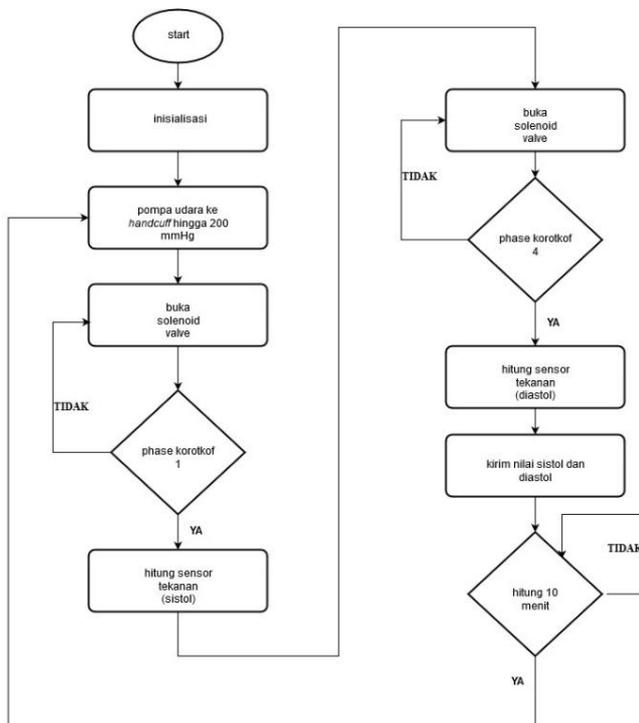
dalam *handcuff*, memungkinkan aliran darah kembali normal. Ketika aliran darah mulai mengalir kembali, sensor mikrofon akan mendeteksi suara korotkoff. Bunyi pertama yang terdengar menandai nilai sistolik, sedangkan bunyi terakhir menunjukkan nilai diastolik. Setelah nilai-nilai sistolik dan diastolik diperoleh, informasi ini akan ditampilkan pada layar LCD untuk visualisasi hasil pengukuran.



Gambar 4. Diagram automatic blood pressure test.

### 2.3 Alur Kerja Sistem

Proses ini diilustrasikan melalui sebuah *flowchart* yang terdapat pada Gambar 5. *Flowchart* tersebut merinci langkah-langkah yang terlibat dalam proses pengukuran tekanan darah secara digital.



Gambar 5. Program flowcharts.

Sistem dimulai dengan memasang *handcuff* pada pasien dengan posisi mikrofon di bagian dalam siku, tempat bunyi korotkoff terdengar. Setelah itu, alat terhubung ke laptop dan 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 bunyi korotkoff yang akan ditangkap oleh mikrofon. Bunyi pertama menandai nilai sistolik, sedangkan bunyi terakhir menunjukkan nilai diastolik. Setelah nilai-nilai ini terdeteksi, mereka ditampilkan pada layar LCD sebagai hasil pengukuran tekanan darah. Data ini dapat diamati pada layar LCD. Setelah proses pengukuran selesai, alat akan menunggu selama 10 menit sebelum dapat diaktifkan kembali untuk pengukuran berikutnya.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Program Sensor Tekanan

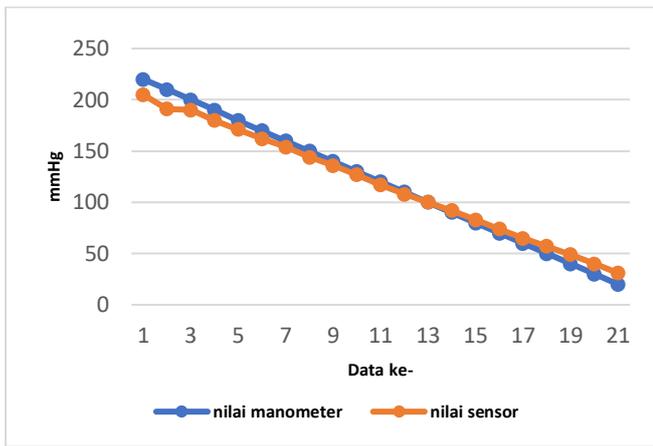
Sensor tekanan MPX5050DP memiliki keluaran berupa sinyal analog, yang perlu diubah menjadi digital melalui *Analog to Digital Converter* (ADC). Karena sinyal keluaran masih dalam bentuk tegangan, maka perlu dikonversi menjadi tekanan dalam satuan KPa. Konversi ini dilakukan berdasarkan rumus yang disesuaikan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

$$kpa\_pressure = (50000/1024) * (pressure\_sensor);$$

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.

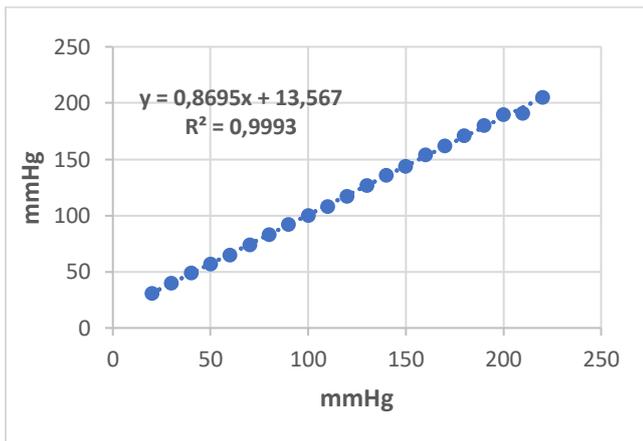
### 3.2 Uji Kalibrasi Tekanan

Sebelum mengambil data tekanan darah, sensor MPX5050DP yang digunakan harus dijalankan melalui proses kalibrasi. Tujuan dari kalibrasi ini adalah untuk memastikan bahwa nilai tekanan yang dihasilkan oleh sensor mendekati nilai yang diukur oleh manometer yang umumnya digunakan. Penggunaan manometer dalam proses kalibrasi dipilih karena alat tensimeter digital yang digunakan untuk membandingkan pengukuran tidak dapat diadaptasi untuk tujuan kalibrasi sensor tekanan, karena telah diatur oleh produsen untuk tujuan spesifik. Dari hasil proses kalibrasi ini, diperoleh perbandingan antara nilai tekanan yang dihasilkan oleh sensor MPX5050DP dengan nilai tekanan yang dihasilkan oleh manometer. Perbandingan ini dapat dilihat pada Gambar 6, yang menggambarkan perbedaan antara kedua nilai tekanan tersebut.



Gambar 6. Sensor comparison chart with manometer.

Karena adanya perbedaan antara hasil pengukuran sensor MPX5050DP dan nilai tekanan yang diukur oleh manometer, maka dari itu diperlukan kalibrasi dengan menggunakan metode *Least Square* [15] seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7, untuk memperoleh hasil pengukuran tekanan yang lebih mendekati nilai pengukuran manometer. Dengan metode ini, diperoleh sebuah persamaan linear  $y=ax+b$ .

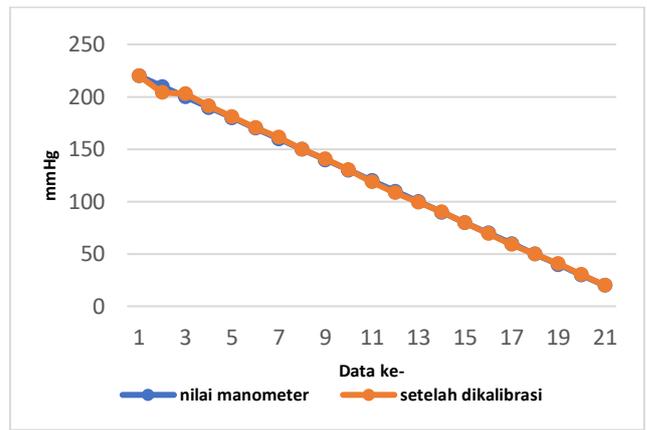


Gambar 7. Graph of Least Square Equation Results.

Dalam proses least square, persamaan tersebut diuraikan menjadi nilai  $a = 0,8695$  dan  $b = 13,567$ . Selanjutnya, persamaan *least square* yang telah diperoleh akan diinverskan menjadi:

$$X = (Y - 13567) / 0,8695$$

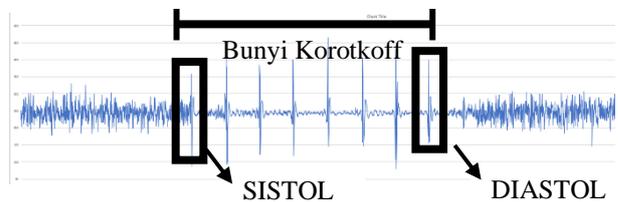
Untuk mendapatkan nilai tekanan dari sensor yang telah dikalibrasi agar sesuai dengan Gambar 8, digunakan persamaan *invers* yang telah dihitung sebelumnya. Nilai tekanan yang dihasilkan sensor dihitung dengan menggunakan persamaan invers tersebut sehingga nilai yang dihasilkan lebih akurat.



Gambar 8. Sensor Comparison Chart with manometer After Calibration.

### 3.3 Uji Sensor Mikrofon

Untuk mendapatkan suara korotkoff dalam pengukuran tekanan darah menggunakan alat tekanan darah otomatis, digunakan sensor mikrofon sebagai pengganti stetoskop. Sensor mikrofon yang digunakan adalah MAX9814. Sebelum sensor mikrofon digunakan dalam pengukuran sebenarnya, dilakukan pengujian untuk memastikan bahwa sensor tersebut dapat menghasilkan hasil yang diinginkan. Pengujian ini bertujuan untuk memeriksa kemampuan sensor mikrofon dalam menangkap suara korotkoff dengan baik. Hasil dari pengujian ini ditampilkan dalam bentuk grafik yang menunjukkan suara yang berhasil diambil oleh sensor mikrofon. Gambar grafik tersebut dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Sensor Graph Results.

### 3.4 Hasil Pengukuran terhadap Omron hem-7130

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, dalam pengembangan selanjutnya, diharapkan alat ini dapat ditingkatkan untuk dapat mengakomodasi pengukuran pada anak-anak dengan penyesuaian yang sesuai. 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-7130 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 10.



Gambar 10. Tool Installation.

Tata cara pelaksanaan pemeriksaan terhadap responden melibatkan tiga pengukuran menggunakan alat yang telah dibuat dan tiga pengukuran menggunakan Omron hem-7130 pada setiap responden. Setelah itu, dilakukan perhitungan rata-rata dari hasil pengukuran tersebut untuk mendapatkan nilai rata-rata tekanan sistolik dan diastolik yang lebih akurat. Melalui pendekatan ini, diperoleh *persentase error* yang mencerminkan perbedaan antara hasil pengukuran dari alat yang dibuat dan Omron hem-7130. Rincian *persentase error* ini dapat ditemukan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Results of Comparison of Measuring Instruments with Omron hem-7130.

Pasien	Rata-rata pengukuran Omron hem-7130		Rata-rata pengukuran alat		Persentase error	
	Sistol	Diastol	Sistol	Diastol	Sistol	Diastol
A	111	67	114	73	2,70%	8,96%
B	109	74	113	80	3,67%	8,11%
C	115	84	119	89	3,48%	5,95%
D	105	74	109	79	3,81%	6,76%
E	112	82	116	87	3,57%	6,10%
Rata-rata					3,45%	7,17%

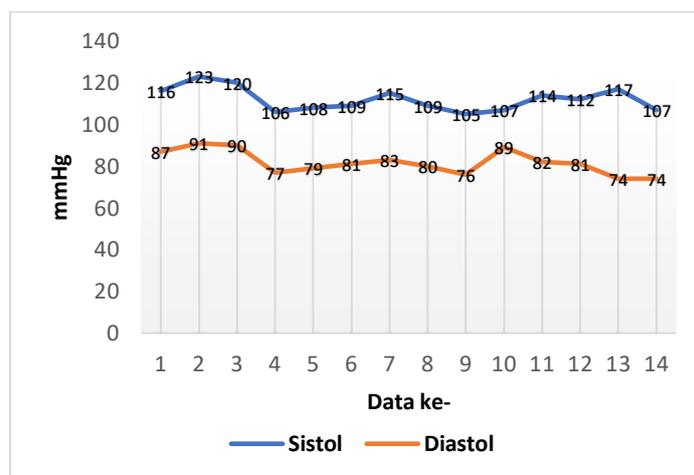
Dari hasil pengujian terhadap lima responden, diperoleh *persentase error* keseluruhan untuk tekanan sistolik sebesar 3,45% dan tekanan diastolik sebesar 7,17%. *Persentase error* tersebut menunjukkan bahwa perbedaan antara hasil pengukuran dari alat yang dibuat dan Omron hem-7130 tidak melebihi 8%, sehingga alat yang dibuat dapat dianggap cukup dapat diandalkan dalam penggunaannya. Meskipun demikian, perlu diingat bahwa penggunaan Omron hem-7130 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 yang diilustrasikan sedang dirawat dalam sebuah ruangan ICU yang mana diperlukan pengukuran tekanan darah secara berkala untuk dapat membantu seorang dokter dalam mengamati perkembangan pasien. Hasil pengukuran secara berkala tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Results of Periodic Measurements

Date	Time	Sistol	Diastol
16/08/2023	2.40.44 PM	116	87
16/08/2023	2.51.24 PM	123	91
16/08/2023	3.02.04 PM	120	90
16/08/2023	3.12.44 PM	106	77
16/08/2023	3.23.24 PM	108	79
16/08/2023	3.34.04 PM	109	81
16/08/2023	3.44.44 PM	115	83
16/08/2023	3.55.24 PM	109	80
16/08/2023	4.06.04 PM	105	76
16/08/2023	4.16.45 PM	107	89
16/08/2023	4.27.25 PM	114	82
16/08/2023	4.38.05 PM	112	81
16/08/2023	4.48.45 PM	117	74
16/08/2023	4.59.25 PM	107	74

Pada Tabel 2, tersebut terlihat pengukuran pada tabel tersebut pengambilan data sistol dan diastol secara berkala setiap 10 menit sehingga dapat dibuat grafik seperti pada Gambar 11.



Gambar 11. Graph of Periodic Measurement Results.

#### 4. KESIMPULAN

Hasil analisis dan pengamatan dalam penelitian ini secara keseluruhan menunjukkan adanya perbedaan data antara

alat yang dikembangkan dan alat pembanding, yaitu Omron hem-7130. Penelitian ini mengungkapkan bahwa nilai diastol yang dihasilkan oleh alat yang dikembangkan tidak seakurat nilai sistol. Persentase kesalahan sebesar 3,45% untuk nilai sistol dan 7,17% untuk nilai diastol mencerminkan perbedaan tersebut. Agar hasil pengukuran lebih akurat, penting bagi pengguna untuk tetap rileks selama proses pengukuran dan memastikan manset menempel dengan baik pada kulit pasien. Kesimpulan ini memberikan panduan penting untuk pengembangan lebih lanjut dan penggunaan perangkat pengukur tekanan darah digital yang telah dirancang.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Abdullah and S. Othman, "The influence of self-owned home blood pressure monitoring (HBPM) on primary care patients with hypertension: A qualitative study," *BMC Fam Pract*, vol. 12, no. 1, p. 143, Dec. 2011, doi: 10.1186/1471-2296-12-143.
- [2] M. Xiao *et al.*, "Home Blood Pressure Monitoring by a Mobile-Based Model in Chongqing, China: A Feasibility Study," *Int J Environ Res Public Health*, vol. 16, no. 18, p. 3325, Sep. 2019, doi: 10.3390/ijerph16183325.
- [3] Kementerian Kesehatan RI Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan, "Hasil Utama RISKESDAS 2018," 2018. Accessed: Aug. 20, 2023. [Online]. Available: [https://kesmas.kemkes.go.id/assets/upload/dir\\_519d41d8cd98f00/files/Hasil-riskesdas-2018\\_1274.pdf](https://kesmas.kemkes.go.id/assets/upload/dir_519d41d8cd98f00/files/Hasil-riskesdas-2018_1274.pdf)
- [4] D. Shimbo *et al.*, "Self-Measured Blood Pressure Monitoring at Home: A Joint Policy Statement From the American Heart Association and American Medical Association," *Circulation*, vol. 142, no. 4, Jul. 2020, doi: 10.1161/CIR.0000000000000803.
- [5] AMd. K. Dyah Ayu Wulandari, "Ketahui Manfaat Mengukur Tekanan Darah Rutin Sendiri di Rumah, Apa Saja?," Feb. 16, 2023. [https://yankes.kemkes.go.id/view\\_artikel/2164/ketahui-manfaat-mengukur-tekanan-darah-rutin-sendiri-di-rumah-apa-saja](https://yankes.kemkes.go.id/view_artikel/2164/ketahui-manfaat-mengukur-tekanan-darah-rutin-sendiri-di-rumah-apa-saja) (accessed Aug. 20, 2023).
- [6] P. Natale *et al.*, "Perspectives and Experiences of Self-monitoring of Blood Pressure Among Patients With Hypertension: A Systematic Review of Qualitative Studies," *Am J Hypertens*, vol. 36, no. 7, pp. 372–384, Jun. 2023, doi: 10.1093/ajh/hpad021.
- [7] S. Romagnoli *et al.*, "Accuracy of invasive arterial pressure monitoring in cardiovascular patients: an observational study," *Crit Care*, vol. 18, no. 6, p. 644, Dec. 2014, doi: 10.1186/s13054-014-0644-4.
- [8] Ü. ŞENTÜRK, K. POLAT, and İ. YÜCEDAĞ, "Towards wearable blood pressure measurement systems from biosignals: a review," *TURKISH JOURNAL OF ELECTRICAL ENGINEERING & COMPUTER SCIENCES*, vol. 27, no. 5, pp. 3259–3281, Sep. 2019, doi: 10.3906/elk-1812-121.
- [9] A. S. Meidert and B. Saugel, "Techniques for Non-Invasive Monitoring of Arterial Blood Pressure," *Front Med (Lausanne)*, vol. 4, Jan. 2018, doi: 10.3389/fmed.2017.00231.
- [10] S. N. A. Ismail, N. A. Nayan, R. Jaafar, and Z. May, "Recent Advances in Non-Invasive Blood Pressure Monitoring and Prediction Using a Machine Learning Approach," *Sensors*, vol. 22, no. 16, p. 6195, Aug. 2022, doi: 10.3390/s22166195.
- [11] W. Lin *et al.*, "Korotkoff sounds dynamically reflect changes in cardiac function based on deep learning methods," *Front Cardiovasc Med*, vol. 9, Aug. 2022, doi: 10.3389/fcvm.2022.940615.
- [12] Cindy Maley, "Intro to Blood Pressure," Jul. 16, 2013. <https://www.adctoday.com/blog/intro-blood-pressure> (accessed Aug. 20, 2023).
- [13] G. S. Stergiou *et al.*, "A Universal Standard for the Validation of Blood Pressure Measuring Devices," *Hypertension*, vol. 71, no. 3, pp. 368–374, Mar. 2018, doi: 10.1161/HYPERTENSIONAHA.117.10237.
- [14] NXP BV, "MPX5050 Integrated silicon pressure sensor, on-chip signal conditioned, temperature compensated and calibrated," 2023. Accessed: Aug. 20, 2023. [Online]. Available: <https://cache.nxp.com/docs/en/data-sheet/MPX5050.pdf>
- [15] F. Raposo, "Evaluation of analytical calibration based on least-squares linear regression for instrumental techniques: A tutorial review," *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, vol. 77, pp. 167–185, Mar. 2016, doi: 10.1016/j.trac.2015.12.006.