

Rancang Bangun Alat Ukur Tekanan Darah Berbasis Mikrokontroler ESP-32

Muammar Viskhar Caesar¹, Yunidar Yunidar², Alfisyahrin³, Zulhelmi Zulhelmi⁴, Ernita Dewi Meutia⁵

Jurusan Teknik Elektro dan Komputer, Universitas Syiah Kuala

Jl. Tgk. Syech Abdurrauf No.7, Darussalam, Banda Aceh, 23111, Aceh, Indonesia

¹viskhar99@gmail.com

²yunidar@usk.ac.id

³alfisyahrin@usk.ac.id

⁴zulhelmi@usk.ac.id

⁵ernita.dmeutia@usk.ac.id

Abstrak— Teknologi pemantauan tekanan darah telah berkembang pesat dengan hadirnya perangkat medis berbasis elektronik yang lebih terjangkau dan mudah digunakan. Salah satu perangkat yang penting dalam bidang kesehatan adalah tensimeter, yang berfungsi untuk mengukur tekanan darah. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan sebuah tensimeter elektronik berbasis mikrokontroler ESP-32 dan sensor tekanan MPX5700AP. Sensor ini dapat mengukur tekanan darah dengan akurat, yang kemudian diproses oleh mikrokontroler untuk menampilkan nilai sistolik dan diastolik. Sistem ini diimplementasikan menggunakan Arduino IDE, dengan data sensor yang ditampilkan pada LCD untuk pemantauan tekanan darah secara real-time. Sistem ini juga dilengkapi dengan peringatan bagi pengguna apabila tekanan darah yang diukur termasuk ke kategori tekanan darah tinggi atau rendah. Hasil pengujian menunjukkan galat pengukuran nilai sistolik dan diastolik sebesar hasil pengujian didapatkan perbandingan nilai galat untuk pengukuran nilai sistolik dan diastolik berkisar pada rentang 0,9% hingga 7,69%.

KataKunci— Tekanan darah, sensor MPX5700AP, mikrokontroler ESP-32, arduino IDE, tensimeter sistolik diastolik

I. PENDAHULUAN

Tekanan darah adalah tekanan pada arteri yang disebabkan oleh pemompaan jantung untuk mengalirkan darah ke seluruh tubuh dan mengangkut oksigen dan zat lain yang penting bagi kehidupan sel-sel tubuh [1]. Ada dua jenis tekanan darah, yaitu tekanan darah sistolik dan diastolik. Tekanan darah sistolik terjadi ketika jantung berkontraksi dan memompa darah ke dalam arteri, pada saat itu tekanan dalam arteri mencapai titik tertinggi. Sedangkan, tekanan darah diastolik adalah tekanan darah saat jantung beristirahat, pada saat itu tekanan dalam arteri mencapai titik terendah [2]. Dalam melakukan pengukuran tekanan darah, ada dua metode yang umumnya digunakan, yaitu metode invasif dan non-invasif. Pada pengukuran non-invasif, terdapat beberapa teknik sampling yang sering digunakan secara otomatis, antara lain auscultatory, doppler ultrasound, dan oscillometry [3]

Saat ini perkembangan teknologi telah mempengaruhi berbagai aspek kehidupan manusia, termasuk di bidang

kesehatan. Hal ini dapat dilihat pada perkembangan alat-alat ukur kesehatan, yang dulunya beroperasi secara manual namun kini telah berubah menjadi otomatis dan berbasis digital. Perubahan ini menunjukkan adanya kemajuan dalam proses pengukuran, membuatnya lebih cepat, efisien, dan akurat serta meningkatkan kualitas layanan kesehatan, dan memungkinkan pemantauan kesehatan yang lebih mandiri oleh masyarakat. Salah satu pengukuran yang telah dapat dilakukan secara mandiri adalah pengukuran tekanan darah.

Tekanan darah bisa diukur dengan menggunakan alat yang dikenal dengan tensimeter atau sphygmomanometer. Alat ini ditemukan oleh Samuel Siegfried Karl Ritter von Basch, seorang fisikawan dari Austria. Istilah "sphygmomanometer" berasal dari dua kata, yaitu "sphygmo" yang berarti detak dalam bahasa Yunani, dan "manometer" yang berarti alat pengukur tekanan [4].

Salah satu jenis tensimeter yang populer di masa lalu adalah tensimeter merkuri, yang menggunakan air raksa dalam tabung berskala untuk menunjukkan hasil pengukuran. Data tekanan darah diambil secara manual oleh pemeriksa dengan bantuan stetoskop. Dengan alat ini, tekanan sistolik dan diastolik pasien dapat diukur, sehingga dapat diketahui apakah pasien mengalami hipertensi atau tidak.

Memiliki tensimeter di rumah dan rutin memantau tekanan darah dapat membantu mengurangi risiko komplikasi akibat hipertensi, karena tindakan pencegahan dapat diambil sebelum kondisi memburuk. Namun, tidak semua orang bisa menggunakan tensimeter dengan benar, karena diperlukan pemahaman yang baik untuk mengoperasikan alat ini dan membaca hasilnya. Di era modern, tensimeter digital kini semakin dikenal dan digunakan karena lebih praktis dibandingkan dengan tensimeter merkuri. Dengan alat ini, pengguna hanya perlu menyalakan tensimeter dan memompa manset (handcuff) untuk mengukur tekanan darah. Alat tersebut secara otomatis mengukur tekanan darah dan menampilkan angka tekanan sistolik dan diastolik di layar LCD [5].

Pada tahun 2021 telah dilakukan penelitian mengenai alat ukur tekanan darah digital berbasis mikrokontroler Arduino. Gultom [6] membuat sebuah alat yang dapat mempermudah

pengguna mengukur tekanan darah dan pulsa jantung dimana saja secara kontinyu. Namun tensimeter yang dibangun hanya melakukan pengukuran saja. Penelitian ini bertujuan mengembangkan tensimeter digital yang tidak hanya mampu mengukur tekanan darah, tetapi juga memberikan peringatan ketika tekanan darah sudah mencapai nilai tertentu.

Tensimeter dibangun berbasis mikrokontroler ESP32 yang memiliki keunggulan pada kecepatan pembacaan mencapai 240 MHz, sehingga memungkinkan pengolahan data yang cepat dan efisien serta memiliki ruang penyimpanan yang lebih besar. Metode pengukuran yang digunakan adalah oscillometric, yang bekerja dengan mendeteksi getaran yang terjadi pada dinding arteri saat darah mengalir melalui pembuluh darah. Nilai laju aliran darah kemudian diolah kembali untuk mendapatkan tekanan sistol dan diastol [7]. Dengan menggabungkan hasil penelitian sebelumnya serta menambahkan fungsi peringatan ketika tekanan darah berada di luar batas tekanan normal, penelitian diharapkan dapat berkontribusi sebagai peringatan dini bagi penderita tekanan darah tinggi maupun rendah.

II. LANDASAN TEORI

A. Fisiologi Darah Pada Tubuh Manusia

Tekanan Darah adalah proses peredaran darah dalam tubuh manusia, yang menunjukkan tekanan yang dihasilkan oleh darah pada dinding arteri. Dua nilai yang paling umum digunakan dalam pengukuran tekanan darah adalah tekanan sistolik, yang merupakan tekanan maksimum saat ventrikel jantung berkontraksi, dan tekanan diastolik yang merupakan tekanan minimum saat jantung istirahat. Nilai tekanan darah berfluktuasi sesuai dengan aktivitas dan emosi, meningkat selama aktivitas fisik atau stres, dan menurun saat tidur. Mean Arterial Pressure (MAP) adalah ukuran tekanan rata-rata dalam arteri selama satu siklus jantung. Perhitungan nilai MAP dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan 1, dimana DBP merupakan *Diastolic Blood Pressure* yaitu tekanan darah diastolic, dan SBP adalah *Systolic Blood Pressure* atau tekanan darah sistolik [8].

$$MAP = \frac{2x DBP + SBP}{3} \quad (1)$$

Tekanan darah dibedakan dalam tiga kategori: tekanan darah normal, rendah dan tinggi. Tekanan normal adalah jika tekanan terukur berada dalam nilai <120/80 mmHg. Tekanan darah tinggi atau hipertensi adalah tekanan darah sistolik kurang 140 mmHg dan tekanan darah diastolik kurang lebih 90 mmHg [9]. Adapun dari pendapat lain kondisi hipertensi adalah tekanan darah persisten yang berupa sistolik di atas 140 mmHg dan tekanan diastolik di atas 90 mmHg [10]. Kategori yang sering digunakan adalah hasil data lapangan yang disusun oleh para ahli medis dari JNC (Joint National Committee), yang membagi hipertensi dalam beberapa tahap seperti ditunjukkan pada Tabel 1.

Darah rendah atau hipotensi adalah keadaan ketika tekanan darah kurang dari 90/60 mmHg, yang bisa menyebabkan gejala seperti pusing atau pingsan. Tubuh memiliki cara untuk

menjaga tekanan darah tetap stabil, yang sangat penting karena tekanan darah yang cukup tinggi dibutuhkan untuk mengantarkan oksigen dan nutrisi ke seluruh tubuh serta membuang limbah hasil metabolisme [11].

TABEL I
KLASIFIKASI TEKANAN DARAH TINGGI

Klasifikasi Hipertensi	Tekanan Darah Sistolik (mmHg)	Tekanan Darah Diastolik (mmHg)
Normal	<120	<80
Pre-hipertensi	120-139	80-89
Hipertensi tahap 1	140-159	90-99
Hipertensi tahap 2	≥160	≥100

B. Mikrokontroler ESP32 Board

ESP32 merupakan sebuah mikrokontroler yang merupakan penerus dari mikrokontroler ESP8266 [12]. Alat ini bisa digunakan sebagai pengganti mikrokontroler Arduino. Mikrokontroler ini memiliki dua inti CPU dengan frekuensi maksimal 240 MHz, dan sudah tersedia modul Wifi serta Bluetooth [13]. Mikrokontroler ini memiliki keunggulan pada ukurannya yang kecil, konsumsi daya yang rendah, dan fitur seperti konektivitas Wi-Fi dan Bluetooth. ESP32 juga kompatibel dengan Arduino IDE dan dapat diprogram menggunakan bahasa pemrograman C/C++ pada Arduino IDE. Gambar 1 menunjukkan *board* mikrokontroler ESP32.

C. Sensor MPX5700AP

Sensor MPX5700AP merupakan sensor tekanan yang menggunakan transduser piezoresistif. Sensor ini mampu mengubah tekanan menjadi sinyal listrik [14]. MPX5700AP memiliki desain port tunggal dengan enam pin seperti terlihat pada Gambar 2, dirancang untuk menjadi bagian integral dari sistem dalam seri Manifold Absolute Pressure (MAP), yang umumnya digunakan untuk membaca tekanan udara di dalam manifold.



Gambar 1. Mikrokontroler ESP32 Board



Gambar 2. Sensor MPX5700AP

D. Buzzer

Buzzer, ditunjukkan pada Gambar 3, adalah komponen elektronik yang mengubah arus listrik menjadi suara dengan prinsip kerja yang mirip dengan loudspeaker. kumparan yang terhubung ke diafragma, buzzer menerjemahkan arus listrik ke dalam getaran suara. Digunakan sebagai indikator, buzzer memberi tanda bahwa suatu operasi telah selesai atau kondisi tertentu telah terjadi pada sebuah alat, seperti pesan kesalahan atau gangguan [15].

E. Pompa Udara Motor DC

Motor DC adalah alat listrik yang mengkonversi energi listrik menjadi gerak mekanis berputar. Dengan memanfaatkan arus listrik searah, motor DC menggerakkan rotor untuk menciptakan gerakan rotasi yang berguna dalam berbagai aplikasi, mulai dari industri hingga elektronika rumahan. Motor DC ini berbeda dengan motor AC, yang menggunakan arus bolak-balik untuk mencapai hasil serupa. [16].

Pada penelitian ini digunakan jenis pompa udara motor DC (Gambar 4) untuk menyuplai udara ke manset tensimeter. Udara yang masuk akan ditahan menggunakan katup solenoid untuk mencegah kebocoran, dan saat motor berhenti, udara dalam manset akan dilepaskan melalui katup pembuangan udara [17].

F. Solenoid Valve

Solenoid valve seperti ditunjukkan pada Gambar 5, merupakan katup sebagai elemen kontrol yang mengatur aliran fluida dengan menggunakan sinyal listrik. Alat ini menggunakan solenoid yang menarik katup ketika listrik dialirkan melalui kumparan yang ada di dalamnya. Tarikan ini menyebabkan suatu gerakan mekanis yang menghasilkan bukaan atau penutupan katup, dan mengatur aliran fluida [18].



Gambar 3. Komponen Fisik Buzzer



Gambar 4. Pompa Udara Motor DC



Gambar 5. Solenoid Valve



Gambar 6. Penampil LCD

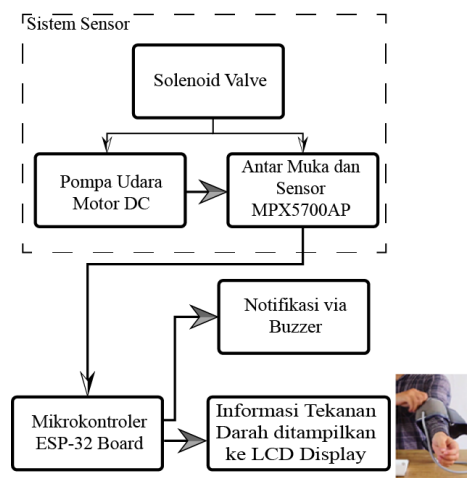
G. Liquid Crystal Display (LCD)

LCD 16x2 adalah jenis layar tampilan berbasis kristal cair yang sering digunakan dalam berbagai proyek elektronik dan mikrokontroler. Angka "16x2" menunjukkan bahwa layar ini memiliki 16 karakter per baris dan terdiri dari dua baris, sehingga totalnya bisa menampilkan hingga 32 karakter sekaligus [19]. Devais ini memiliki 16 pin, seperti ditunjukkan pada Gambar 6. Beberapa di antaranya adalah untuk suplai daya (VSS, VDD), kontras layar (VO), kontrol (RS, RW, E), data (D0-D7), dan lampu latar (LED+, LED-). LCD 16x2 banyak digunakan dalam berbagai aplikasi, seperti perangkat elektronik untuk menampilkan informasi status, waktu, atau data lainnya.

III. METODE PENELITIAN

A. Desain Perangkat Keras

Purwarupa tensimeter dirancang menggunakan komponen-komponen yang telah disebutkan di atas: ESP32, sensor MPX5700P, pompa motor DC, katup solenoid dan layar LCD. ESP32 berfungsi sebagai pusat kendali input, output dan pengirim notifikasi sesuai hasil deteksi sensor. MPX5700P mengukur denyut tekanan darah sistolik dan diastolik. Pompa udara menyuplai udara ke manset saat pengukuran. Katup solenoid mengatur laju aliran udara yang dipompakan, dan buzzer sebagai alarm peringatan. Rancangan perangkat keras ditunjukkan pada blok diagram Gambar 7, dan koneksi antar komponen pada rangkaian skematik utama Gambar 8.



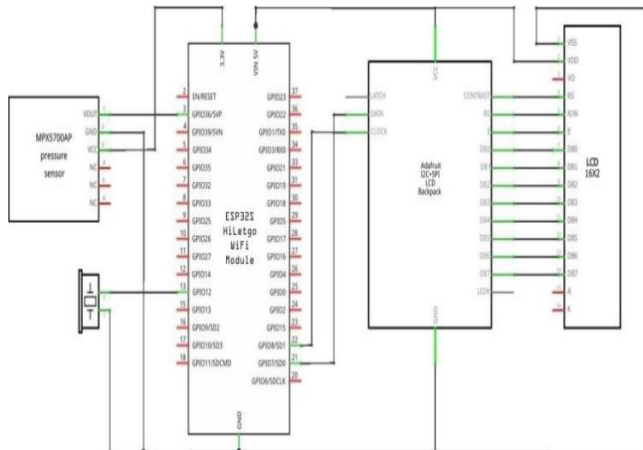
Gambar 7. Blok Diagram Desain Sistem Perangkat Keras

B. Desain Perangkat Lunak

Untuk mengatur pengoperasian perangkat yang dibangun, ESP32 diprogram dengan menggunakan IDE (Integrated Development Environment). Hal ini juga untuk mengatur kinerja sensor tekanan, buzzer, motor DC dan solenoid valve.

Kemudian tahap uji sensor MPX5700AP, disini akan diuji untuk mengevaluasi responsnya terhadap perubahan tekanan darah. Selain itu, pengujian mencakup integrasi sensor memastikan bahwa data sensor dapat terhubung dan ditampilkan secara akurat dalam antarmuka pada LCD. Fokus utama tahap ini adalah memastikan responsibilitas sensor dan

buzzer terhubung dengan baik pada perangkat, sehingga informasi yang diberikan kepada pengguna dapat digunakan dalam pengukuran tekanan darah.



Gambar 8. Rangkaian Skematik Sistem

Selanjutnya dilakukan pengujian terhadap perangkat keras yang sudah di masukkan program untuk memastikan perangkat dapat bekerja sesuai yang diharapkan. Proses pengujian dilakukan dengan menyesuaikan hasil keluaran dari perangkat yang terlihat pada LCD.

Pengujian ini dilakukan untuk mencari persentasi dari besarnya nilai galat dari alat yang sudah dirancang. Besarnya persentase nilai yang di dapat akan mempengaruhi keberhasilan dari kerja alat. Jika pengujian memberikan hasil yang tidak sesuai dengan yang diinginkan maka akan diulangi kembali pada proses perancangan perangkat keras dan perangkat lunak. Proses ini akan terus dilakukan hingga perangkat dapat memberikan hasil berupa data yang sesuai dengan yang diharapkan.

Ketika semua tahap sudah sesuai kemudahan baru akan diuji pada subjek untuk mengukur nilai tekanan darah dan akan dilakukan analisa data pаса hasil ukur yang didapat.

C. Tahapan Pengujian

Tahapan pengujian sistem pengukuran tekanan darah sebagai berikut:

1. Percobaan akan dilakukan pada beberapa orang dengan kategori usia dewasa (19 tahunisampai 40 tahun) untuk menetapkan batasan nilai tekanan darah untuk kategori hipertensi maupun hipotensi.
2. Pengujian juga dilakukan dengan membandingkan nilai dari tiga alat ukur yang telah tersedia yaitu: tensimeter analog, tensimeter digital dan tensimeter yang telah dirakit.
3. Manset dipasang pada lengan subjek, dimana tekanan dalam manset diukur dan dianalisis untuk mendapatkan tekanan sistolik dan diastolik.
4. Aktifkan alat untuk memulai pengujian, dimana pada tensimeter analog dengan memompa sedangkan dengan tensimeter digital dan prototipe pada tombol yang telah tersedia.

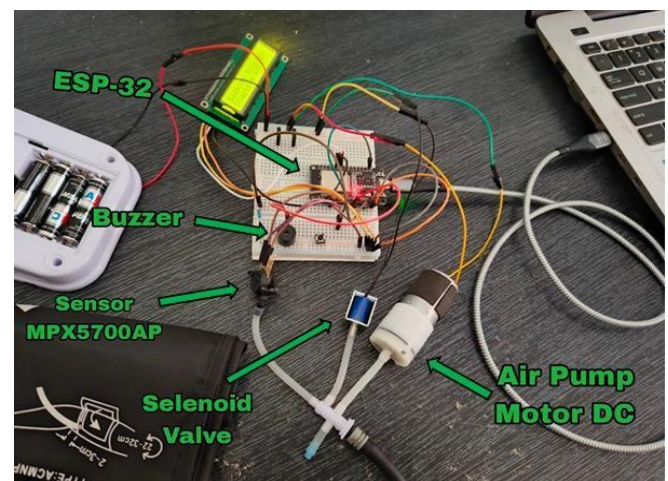
5. Setelah selesai, pompa akan berhenti dan katup akan mengurangi tekanan dalam manset secara perlahan.
6. Mikrokontroler akan memproses data dari sensor untuk menentukan tekanan sistolik dan diastolik berdasarkan perubahan osilasi tekanan.
7. Pengguna bisa melihat hasil bacaan tekanan darah melalui display LCD 16x2.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Perancangan Sistem

Hasil rancang bangun purwarupa tensimeter dari penelitian ini dapat ditunjukkan pada Gambar 9. Pada Gambar dapat dilihat jika pompa udara motor DC, katup selenoid dan sensor MPX5700AP terhubung dengan satu selang yang memiliki panjang sekitar 50 cm dan ketebalan 2 mm, yang cukup untuk menahan tekanan darah yang akan diukur tanpa mudah terlipat. Selang tersebut juga terhubung langsung ke lengan manset tensimeter. Sensor MPX5700AP terhubung langsung ke mikrokontroler ESP-32. Purwarupa ini bekerja ketika dihubungkan dengan sumber tegangan, yang pada penelitian ini digunakan baterai ataupun laptop sebagai sumber tegangan.

Sistem ini bekerja dari motor DC yang memompa udara ke manset yang kemudian dalam prosesnya sensor mendeteksi tekanan darah ketika manset dipasang. Data dari sensor dikirimkan ke mikrokontroler. Hasil pengukuran dapat dilihat pada layar LCD, sehingga pengguna dapat melihat nilai sistol dan diastol darah yang diukur.



Gambar 9. Tampilan Sistem Keseluruhan

B. Uji Perbandingan Tensimeter

Pengujian ini dilakukan dengan membandingkan nilai pengukuran tensimeter manual, tensimeter digital dan purwarupa tensimeter yang dibangun. Percobaan dilakukan pada 3 orang dengan kategori usia dewasa (19 sampai 40 tahun). Hasil pengukuran dapat dilihat pada Tabel II.

Nilai sistol dan diastol yang telah diperoleh dari masing-masing pengukuran dapat digunakan untuk mencari nilai MAP, yang menyatakan ukuran tekanan rata-rata dalam arteri selama satu siklus jantung. Dari ketiga subjek yang dilakukan pengujian dicari nilai rata-rata tekanan darah sistolik dan

diastolik berdasarkan nilai pengujian yang telah dilakukan. Hasilnya dapat dilihat pada Tabel III.

TABEL II
HASIL PERBANDINGAN NILAI UJI TENSIMETER

Percobaan Pengukuran						
	Tensimeter Manual		Tensimeter Digital		Purwarupa	
	Sistol	Diastol	Sistol	Diastol	Sistol	Diastol
Subjek 1	120	80	128	86	117	77
Subjek 2	110	65	121	70	109	70
Subjek 3	125	80	133	90	118	78

TABEL III
HASIL PERHITUNGAN NILAI MAP

	Perhitungan Nilai MAP		
	Tensimeter Manual	Tensimeter Digital	Purwarupa
Subjek 1	93,33	100	90,33
Subjek 2	80	87	83
Subjek 3	95	104,33	91,33

Pada Tabel IV didapatkan rata-rata hasil sistol dan diastol dari tiap tensimeter yang digunakan dalam percobaan. Pada subjek 1 rata-rata nilai sistol adalah 121,66 mmHg, diastol 81 mmHg, dan MAP 94,55 mmHg. Kemudian pada Subjek 2 didapatkan rata-rata nilai sistol 116,33 mmHg, diastol 68,33 mmHg, dan MAP 84,33 mmHg. Terakhir pada Subjek 3 didapatkan rata-rata nilai sistol 125,33 mmHg, diastol 82,66 mmHg, dan MAP 96,88 mmHg.

TABEL IV
NILAI RATA-RATA HASIL UJI TENSIMETER

Perhitungan Nilai Rata-rata			
	Rata-rata nilai Sistol	Rata-rata nilai Diastol	Rata-rata nilai MAP
Subjek 1	121,66	81	94,55
Subjek 2	116,33	68,33	84,33
Subjek 3	125,33	82,66	96,88

C. Analisa Data

Pada perhitungan galat akan dipilih satu acuan untuk mendapatkan nilai galat, penelitian ini akan menggunakan nilai tensimeter manual sebagai acuannya dikarenakan nilai pengukuran tensimeter manual bisa lebih akurat tergantung dari tingkat ketelitian kita saat menggunakannya. Hasil perhitungan galat pada alat ini untuk mengetahui tingkat akurasi pengujian nilai sistol dan diastol dengan menggunakan persamaan 2, dimana ε adalah galat.

$$\varepsilon = \frac{\text{Hasil Pengujian} - \text{Hasil Tensimeter Manual}}{\text{Hasil Tensimeter Manual}} \quad (2)$$

Pengukuran pada subjek 1, diperoleh hasil pengukuran yang ditunjukkan pada Tabel V. Nilai dari pengukuran dengan

tensimeter manual dijadikan sebagai acuan, sehingga nilai galat sistol dan diastol berada pada 0%. Kemudian pada tensimeter digital galat sistol 6,66% dan diastol 7,5%. Terakhir pada prototipe didapatkan galat sistol bernilai 2,5% dan diastol 3,75%.

TABEL V
HASIL PERHITUNGAN GALAT SUBJEK 1

	Subjek 1			
	Sistolik	Galat Sistolik	Diastolik	Galat Diastolik
Tensi Manual	120	0%	80	0%
Tensi Digital	128	6,66%	86	7,5%
Purwarupa	117	2,5%	77	3,75%

Hasil pengukuran pada subjek2 dengan tensimeter digital diperoleh galat sistol 10% dan diastol 7,69%. Sementara dengan purwarupa didapatkan galat sistol bernilai 0,9% dan diastol 7,69% seperti terlihat pada Tabel VI.

TABEL VI
HASIL PERHITUNGAN GALAT SUBJEK 2

	Subjek 2			
	Sistolik	Galat Sistolik	Diastolik	Galat Diastolik
Tensi Manual	110	0%	65	0%
Tensi Digital	121	10%	70	7,69%
Purwarupa	109	0,9%	70	7,69%

Pada subjek 3 diperoleh galat hasil pengukuran dengan tensi digital untuk sistol 6,4%, dan diastol 12,5%. Terakhir pada purwarupa didapatkan galat sistol bernilai 5,6% dan diastol 2,5% (Tabel VII).

TABEL VII
HASIL PERHITUNGAN GALAT SUBJEK 3

	Subjek 3			
	Sistolik	Galat Sistolik	Diastolik	Galat Diastolik
Tensi Manual	125	0%	80	0%
Tensi Digital	133	6,4%	90	12,5%
Purwarupa	118	5,6%	78	2,5%

V. KESIMPULAN

Sebuah purwarupa tensimeter digital berbasis ESP32 Telah berhasil dibangun dan diprogram. Alat yang dirancang berhasil menyala dan mengukur tekanan darah subjek. Hasil pengukuran tekanan darah yang didapatkan yaitu pada Subjek 1 117/77 mmHg, pada Subjek 2 109/70 mmHg dan pada Subjek 3 118/78 mmHg. Nilai MAP yang didapatkan oleh prototipe yaitu pada Subjek 1 90,33 mmHg, pada Subjek 2 49 mmHg, dan pada Subjek 3 50 mmHg. Nilai galat yang didapatkan prototipe dari ketiga subjek yang diuji berkisar

antara 0,9% - 7,69%, dimana galat sistol tertinggi 5,6% dan terendah 0,9%, kemudian pada galat diastole tertinggi 7,69% dan terendah 2,5%.

REFERENSI

- [1] Yusuf H. Hendrayana, M. A. Riyadi, and Darjat, "Rancang Bangun Alat Pengukur Tekanan Darah Otomatis Menggunakan Metode Oscillometry Berbasis Raspberry Pi Model B+," *Jur. Tek. Elektro, Univ. Diponegoro Semarang*, vol. 18, no. 1, pp. 38–42, 2016.
- [2] A. Ainurrafiq, R. Risnah, and M. Ulfa Azhar, "Terapi Non Farmakologi dalam Pengendalian Tekanan Darah Pada Pasien Hipertensi: Systematic Review," *Media Publ. Promosi Kesehat. Indones.*, vol. 2, no. 3, pp. 192–199, 2019, doi: 10.56338/mppki.v2i3.806.
- [3] Aditya, M. A. Riyadi, and Darjat, "Rancang Bangun Alat Pengukur Tekanan Darah Otomatis Pada Pergelangan Tangan Menggunakan Metode Oscillometry Berbasis Arduino Mega 2560," *Jur. Tek. Elektro, Univ. Diponegoro Semarang*, vol. 5, no. 1, pp. 1–7, 2016.
- [4] N. Yazid and A. Harjoko, "Pemantau Tekanan Darah Digital Berbasis Sensor Tekanan MPX2050GP," *Fak. MIPA, Univ. Gadjah Mada, Yogyakarta*, vol. 1, no. 1, pp. 35–39, 2011.
- [5] H. W. Nur Jannah Maulidi, "Gluterna Meter Digital Untuk Mengukur Tekanan Darah Manusia Berbasis Mikrokontroler ATMegra8535," *PSD III Tek. Elektro, Fak. Tek. Univ. Negeri Semarang*.
- [6] F. A. Gultom, "Rancang Bangun Alat Pengukur Tekanan Darah Dan Pulsa Jantung Berbasis Mikrokontroler Arduino," *Fak. Mat. Dan Ilmu Pengetah. Alam, Progr. Stud. DIII Fis. Univ. Sumatra Utara Medan*, 2021.
- [7] Sholihudin Dwi Prihatono Tanjung, "Tensimeter Digital Berbasis Arduino Dengan Transfer Data Berbasis Android Melalui Bluetooth," *Fak. Tek. Progr. Stud. Tek. Elektro, Univ. Muhammadiyah Surakarta*, p. 17, 2017.
- [8] N. H. Zunnur, A. A. Adrianto, and E. Basyar, "Kesesuaian Tipe Tensimeter Air Raksa Dan Tensimeter Digital Terhadap Pengukuran Tekanan Darah Pada Usia Dewasa," *Diponegoro Med. J. (Jurnal Kedokt. Diponegoro)*, vol. 6, no. 2, pp. 940–946, 2017.
- [9] A. Salmid *et al.*, "Hubungan Dukungan Keluarga Dengan Perilaku Klien Dalam Pengendalian Hipertensi Di Wilayah Puskesmas Gang Kelor Kecamatan Bogor Barat Kota Bogor," *J. Ris. Kesehat. Poltekkes Depkes Bandung*, pp. 1–9, 2023.
- [10] M. Z. Aldinof, S. Prasoj, and Sugiharto, "Pengaruh Terapi Murottal Untuk Menurunkan Tekanan Darah Pada Lansia," *Univ. Muhammadiyah Pekajangan Pekalongan*, pp. 1516–1523, 2021.
- [11] Y. B. Sugiyarto, "Pengukur Tekanan Darah (Tensimeter) Digital Berbasis Mikro Atmega8535 Digital Blood Pressure Meter (Digital Tensimeter) Based on Mikro Atmega8535," *Fak. Sains dan Teknol. Progr. Stud. Tek. Elektro, Univ. Sanata Dharma, Yogyakarta*.
- [12] A. Sanaris and I. Suharjo, "Prototype Alat Kendali Otomatis Penjemur Pakaian Menggunakan NodeMCU ESP32 Dan Telegram Bot Berbasis Internet of Things (IOT),"
- [13] Muliadi, A. Imran, and M. Rasul, "Pengembangan Tempat Sampah Pintar Menggunakan Esp32," *J. Media Elektr. Univ. Negeri Makassar*, vol. 17, no. 2, pp. 2721–9100, 2020,
- [14] M. M. Munir, "Rancang Bangun Automatic Ballasting System Control Pada Remotely Operated Vehicle (ROV)," *Jur. Tek. Sist. Perkapalan, Fak. Teknol. Kelautan, Inst. Teknol. Sepuluh Nopember, Surabaya*, p. 117, 2016,
- [15] H. Al Fani, S. Sumarno, J. Jalaluddin, D. Hartama, and I. Gunawan, "Perancangan Alat Monitoring Pendeteksi Suara di Ruang Bayi RS Vita Insani Berbasis Arduino Menggunakan Buzzer," *J. Media Inform. Budidarma*, vol. 4, no. 1, p. 144, 2020, doi: 10.30865/mib.v4i1.1750.
- [16] H. Firdaus, "Rancang Bangun Penggerak Pintu Pagar Geser Menggunakan 12 Volt Direct Current (DC) Power Window Motor Gear," *Univ. Galuh*.
- [17] N. Ismed, "Aplikasi Sensor Tekanan MPX5100DP Pada Tensimeter Digital Berbasis Mikrokontroler ATmega 8535," *Politek. Negeri Sriwij.*, pp. 5–34, 2015.
- [18] E. E. Barus, R. K. Pingak, and A. C. Louk, "Otomatisasi Sistem Kontrol pH Dan Informasi Suhu Pada Akuarium Menggunakan Arduino UNO Dan Raspberry PI 3," *J. Fis. Fis. Sains dan Apl. Progr. Stud. Fis. Fak. Sains dn Tek. Univ. Nusa Cendana, Kupang*, vol. 3, no. 2, pp. 117–125, 2018, doi: 10.35508/fisa.v3i2.612.
- [19] A. B. Pradana, A. G. Alfrianto, A. G. Kalani, and B. B. Murti, "Perancangan Safe Kitchen Berbasis Internet of Things dengan Menggunakan Platform Blynk," *J. Sains, Teknol. Masy. dan Jejaring*, vol. 4, no. 2, 2022.