

PEMANTAUAN PASIEN KRITIS BERBASIS MEWS UNTUK DETEKSI DINI MELALUI ANALISIS LAJU PERNAPASAN DAN DETAK JANTUNG

Lusiana¹, M Ridha Mak'ruf¹, Roichatun Nasichah¹

¹*Jurusan Teknologi Elektro-medis, Poltekkes Ksemenkes Surabaya, Surabaya, Jawa Timur, 60282, Indonesia*

Info Artikel

Riwayat Artikel:

Tanggal Dikirim: 09 Desember 2025

Tanggal Diterima: 10 Desember 2025

Tanggal DiPublish: 11 Desember 2025

Kata kunci: Modified Early Warning Score; Laju Pernapasan; Detak Jantung; Deteksi Dini

Penulis Korespondensi:

Lusiana

Email: lusiana.tekmed@poltekkes-surabaya.ac.id

Abstrak

Keselamatan pasien menjadi aspek penting dalam pelayanan kesehatan, terutama bagi pasien kritis yang membutuhkan pemantauan intensif untuk mencegah komplikasi serius atau kematian mendadak. Modified Early Warning Score (MEWS) merupakan metode sistematis yang dapat digunakan untuk menilai tingkat kegawatan pasien secara cepat. Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem pemantauan tingkat kekritisian pasien berbasis MEWS dengan fokus pada laju pernapasan dan detak jantung. Sensor piezoelectric digunakan untuk mengukur laju pernapasan, sedangkan MAX30100 digunakan untuk mendeteksi detak jantung. Data dikirimkan secara nirkabel melalui ESP32 menggunakan koneksi Bluetooth menuju Personal Computer (PC) dan diolah untuk menghasilkan skor MEWS. Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi akurasi sensor dan kemampuan transmisi data. Hasil menunjukkan nilai error terbesar pada laju pernapasan sebesar 0,0769% dan pada detak jantung sebesar 0,00888%. Sistem mampu mengirimkan data secara stabil hingga jarak 10 meter. Sistem ini terbukti mampu melakukan deteksi dini kondisi kritis dan berpotensi meningkatkan keselamatan pasien.

Jurnal Mutiara Elektromedik

e-ISSN: 2614-7963

Vol. 9 No. 2 Desember, 2025 (Hal 94-103)

Homepage: <https://e-journal.sari-mutiara.ac.id/index.php/Elektromedik>

DOI: <https://doi.org/10.51544/elektromedik.v9i2.6532>

How To Cite: Lusiana, M Ridha Mak'ruf¹, and Roichatun Nasichah. 2025. "Pemantauan Pasien Kritis Berbasis Mews Untuk Deteksi Dini Melalui Analisis Laju Pernapasan Dan Detak Jantung." *Jurnal Mutiara Elektromedik* 9 (2): 94–103. <https://doi.org/https://doi.org/10.51544/elektromedik.v9i2.6532>.



Copyright © 2025 by the Authors, Published by Program Studi: Teknologi Elektromedik Fakultas Pendidikan Vokasi Universitas Sari Mutiara Indonesia. This is an open access article under the CC BY-SA Licence ([Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)).

1. Pendahuluan

Salah satu tantangan utama di unit gawat darurat (UGD) adalah tingkat keparahan kondisi pasien. Pasien yang datang ke UGD umumnya berada dalam kondisi kritis sehingga memerlukan penanganan medis yang cepat dan tepat [1]. Modified Early Warning Score (MEWS) merupakan sistem penilaian fisiologis yang telah diakui efektivitasnya dalam memprediksi kebutuhan perawatan lanjutan, baik untuk rawat inap maupun perawatan intensif di ICU. MEWS dirancang untuk mengidentifikasi pasien dengan risiko tinggi mengalami deteriorasi klinis yang berat. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa MEWS merupakan alat yang andal dan mudah digunakan, serta hanya membutuhkan waktu singkat untuk menilai dan memprediksi kebutuhan penanganan maupun potensi mortalitas pasien yang datang ke UGD [2][3], [4][5]. Pasien dengan kondisi kritis atau penyakit kronis dapat menunjukkan skor MEWS yang tinggi secara konsisten. Implementasi MEWS yang efektif dapat meningkatkan keselamatan pasien dengan mengidentifikasi mereka yang berisiko mengalami perburukan klinis serius, sehingga intervensi dapat dilakukan lebih cepat [6].

Berdasarkan tinjauan pustaka, telah dilakukan penelitian mengenai perancangan alat pemantauan real-time untuk mengukur suhu tubuh, detak jantung, dan tekanan darah secara jarak jauh melalui smartphone menggunakan teknologi Internet of Things (IoT) dalam smart healthcare. Alat tersebut mampu menampilkan ketiga parameter vital tersebut secara nirkabel. Namun, penelitian ini belum mencakup parameter laju pernapasan serta tidak memiliki sistem penilaian berdasarkan MEWS [7]. Penelitian berikutnya mengenai pemantauan tanda vital pasien ICU berbasis MEWS dengan IoT menampilkan data pada perangkat Android dan situs web menggunakan ESP32. Kelemahan utama alat tersebut adalah tidak tersedianya parameter laju pernapasan dan belum adanya panduan intervensi yang diperlukan oleh tenaga kesehatan [8].

Penelitian lain mengenai perancangan alat pemantauan tanda vital meliputi parameter ECG, BPM, dan respirasi untuk pasien di unit gawat darurat. Meskipun fungsional, alat ini belum dilengkapi sistem penilaian kondisi pasien menggunakan MEWS [9]. Selain itu, penelitian terkait penggunaan sensor Max30100/30102 untuk mendeteksi infeksi virus berdasarkan pola SpO2 dan denyut jantung juga dilakukan menggunakan ESP8266 berbasis IoT untuk menampilkan data melalui web. Namun, alat ini juga belum mencakup parameter lengkap yang diperlukan untuk perhitungan MEWS [10] [11].

Penelitian pada perangkat pemantauan kesehatan berbasis IoT untuk saturasi oksigen (SpO2) dan detak jantung menunjukkan bahwa sensor MAX30100 mampu mendeteksi SpO2 dan detak jantung secara real-time, khususnya pada sistem pemantauan lansia. Sensor ini memiliki tingkat error kecil, yaitu sekitar 1,03% untuk deteksi detak jantung [12][13]. Sementara itu, penelitian mengenai pengukuran laju pernapasan menggunakan sensor piezoelectric dilakukan dengan menempatkan sensor pada dada pasien untuk memonitor jumlah napas per menit. Sistem ini mengirimkan data ke PC melalui USB serial RS232, dan terbukti bahwa sensor piezoelectric efektif dalam memantau pernapasan. Namun, sistem ini masih memerlukan koneksi kabel melalui USB controller [14][15].

Penelitian lain merancang alat pemantauan portabel bagi pasien penyakit jantung terhadap serangan berulang berbasis Android, menggunakan parameter BPM, RR, dan suhu tubuh, yang dilengkapi GPS serta transmisi data melalui IoT. Namun, alat tersebut belum memiliki sistem penilaian MEWS untuk memantau tingkat kekritisan pasien [16]. Selain itu, penelitian tentang "Implementation of Wireless Sensor

Network for Medical Applications" berfokus pada pemantauan detak jantung dan SpO2 menggunakan modul HC-12, yang memungkinkan pengiriman data jarak jauh dalam sistem monitoring rumah sakit.

Akan tetapi, sistem ini masih terbatas pada pemantauan kedua parameter tersebut [17]. Modul transmisi seperti HC-12 merupakan alternatif untuk menggantikan kabel dalam pemantauan parameter pasien karena mampu melakukan transmisi berdaya rendah pada jarak puluhan meter, sehingga sesuai untuk sistem monitoring nirkabel [18].

Penelitian mengenai Modified Early Warning Score dan VitalPac Early Warning Score pada pasien geriatri yang masuk UGD menunjukkan bahwa MEWS merupakan elemen triase yang efektif untuk memprediksi kebutuhan rawat inap pasien *geriatric* [19]. Periarrest MEWS juga terbukti mampu memprediksi luaran henti jantung di rumah sakit dan dapat digunakan sebagai prediktor independen terhadap kematian pasca henti jantung [20]. MEWS merupakan bagian dari Early Warning System (EWS) yang dirancang untuk mendeteksi tanda awal deteriorasi klinis pada pasien sehingga intervensi dapat dilakukan secara tepat waktu dan hasil klinis menjadi lebih baik [21][22]. Skor MEWS dihitung berdasarkan frekuensi napas, detak jantung, tekanan darah sistolik, suhu tubuh, serta tingkat kesadaran [23]. MEWS dengan lima parameter utama tersebut dapat digunakan sebagai metode triase yang cepat dan sederhana untuk mengidentifikasi pasien yang memerlukan perawatan lebih lanjut serta mereka yang berisiko tinggi mengalami kematian di rumah sakit. Hasil penelitian menunjukkan adanya tren positif yang kuat dalam memprediksi mortalitas di rumah sakit [24]. Early Warning Score memiliki nilai prediktif yang baik dan diakui memberikan dampak signifikan pada pasien dengan kondisi kritis [25][26]. Implementasi EWS mampu mengurangi beban kerja perawat, menurunkan angka mortalitas, serta memberikan manfaat bagi organisasi rumah sakit [27][28]. EWS dapat diterapkan di area gawat darurat seperti UGD dan ICU, namun tetap memerlukan pertimbangan kriteria pasien agar dapat digunakan secara efektif.

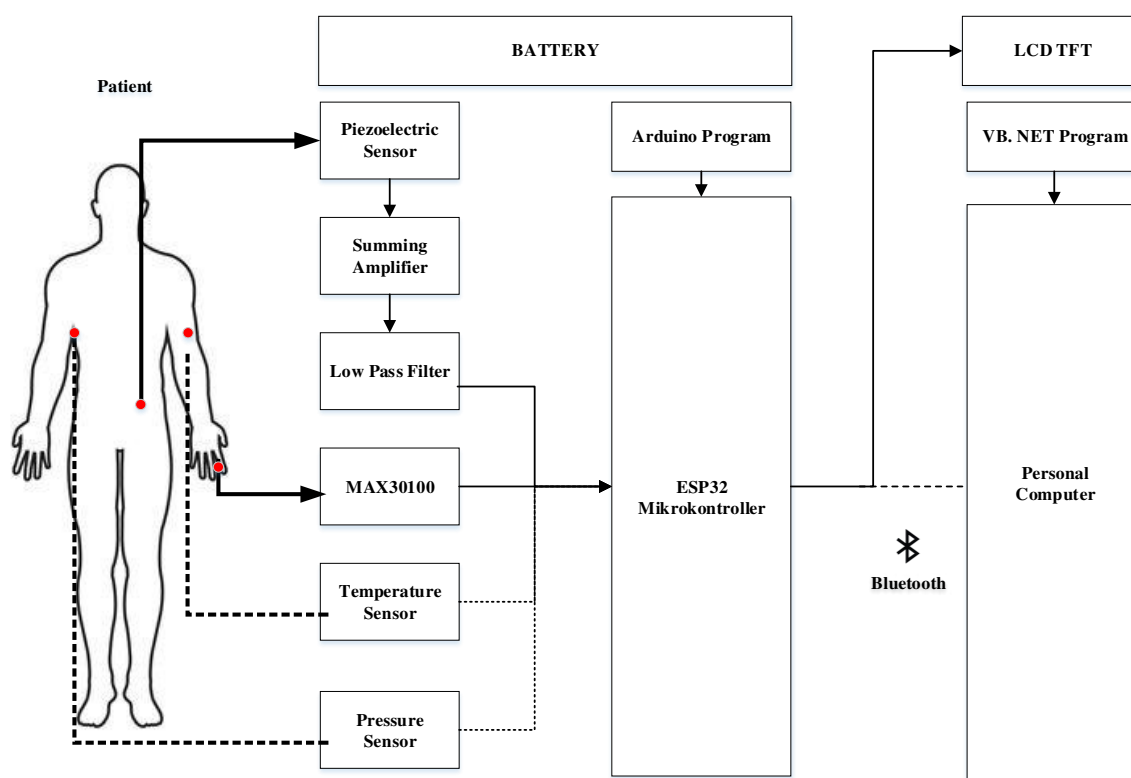
Berdasarkan tinjauan literatur, masih terdapat beberapa aspek yang perlu dikembangkan, terutama terkait pemantauan nilai kondisi vital dan integrasi sistem penilaian sesuai Modified Early Warning Score (MEWS). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk merancang Sistem Pemantauan Kekritisian Pasien menggunakan metode MEWS dengan fokus pada parameter detak jantung dan laju pernapasan. Sistem ini bertujuan untuk mempermudah proses pemantauan pasien, mencegah risiko kematian mendadak, serta memungkinkan tenaga kesehatan melakukan intervensi secara cepat. Alat ini menampilkan nilai kondisi vital (laju pernapasan dan detak jantung) menggunakan sistem transmisi nirkabel melalui fitur Bluetooth pada ESP32 untuk mengirimkan data ke PC. Selain itu, alat dilengkapi dengan output berupa informasi kebutuhan intervensi berdasarkan hasil perhitungan skor MEWS, sehingga tenaga kesehatan dapat segera melakukan penanganan.

2. Metode

2.1 Desain Penelitian

Gambar 1 menunjukkan diagram blok yang terdiri dari tiga bagian utama: input, proses, dan output, di mana seluruh sensor, mikrokontroler ESP32, dan TFT LCD terhubung ke baterai sebagai sumber daya utama untuk menghidupkan perangkat. Pada bagian input terdapat sensor MAX30100 yang digunakan untuk

mendeteksi detak jantung pasien melalui jari. Pada area perut, pasien dipasang sabuk yang berisi sensor piezoelectric untuk mendeteksi perubahan nilai akibat gerakan perut saat bernapas. Sensor ini terhubung ke rangkaian amplifier yang berfungsi memperkuat sinyal sehingga fase inspirasi dan ekspirasi dapat dibedakan. Keluaran dari amplifier kemudian masuk ke rangkaian low-pass filter dengan frekuensi cut-off 1 Hz untuk meredam frekuensi yang tidak diinginkan. Sinyal dari sensor kemudian dibaca oleh mikrokontroler ESP32. Data yang diterima ESP32 akan ditampilkan pada TFT LCD sebagai tampilan perangkat. Selain itu, data juga dikirim secara nirkabel melalui bluetooth dari ESP32 ke PC. Data diterima oleh PC melalui modul bluetooth, diproses, dan ditampilkan menggunakan Microsoft Visual Basic (VB.NET) dengan membaca nilai dari COM port. Pada tampilan PC akan ditunjukkan nilai detak jantung dan nilai respirasi, yang selanjutnya dihitung untuk mendapatkan skor Modified Early Warning Score (MEWS) guna menentukan tingkat kekritisian pasien, disertai informasi intervensi bagi tenaga medis atau dokter.



Gambar 1. Diagram Blok Sistem. Sensor piezoelektrik dan MAX30100 diproses oleh ESP32 dan ditampilkan pada LCD TFT dan dikirim ke komputer pribadi melalui bluetooth

Sumber: Gambar Penulis

2.2 Pengaturan dan Sampel

Penelitian ini menggunakan metode Modified Early Warning Score (MEWS). MEWS merupakan sistem sederhana dan mudah digunakan yang menggunakan empat temuan fisiologis dan satu observasi untuk menentukan derajat penyakit pasien. Rentang skor peringatan dini yang dimodifikasi adalah:
Denyut Jantung (HR)

Skor 0: rentang 51 – 100 bpm
Skor 1: rentang 40 – 50 atau 101 – 110 bpm
Skor 2: rentang kurang dari 40 atau 111 – 129 bpm
Skor 3: rentang ≥ 130 bpm
Laju Pernapasan (RR)
Skor 0: rentang 9 – 17 kali
Skor 1: rentang 8 atau 18 – 20 kali
Skor 2: rentang kurang dari 8 atau 21 – 29 kali
Skor 3: rentang ≥ 30 kali

Tekanan Darah Sistolik
Skor 0: rentang 101 – 159 mmHg
Skor 1: rentang 81 – 100 atau 160 – 199 mmHg
Skor 2: rentang 71 – 80 atau 200 – 220 mmHg
Skor 3: rentang ≤ 70 mmHg atau ≥ 220 mmHg
Suhu
Skor 0: rentang 36,05 – 38 °C
Skor 1: rentang 35,05 – 36 atau 38,05 – 38,5 °C
Skor 2: rentang kurang dari 35 atau 38,55 °C
Tingkat Kesadaran (AVPU)
Skor 0: waspada
Skor 1: merespons suara
Skor 2: merespons nyeri
Skor 3: tidak responsif

2.3 Intervensi

Tindakan atau intervensi medis akan ditentukan setelah dokter atau tenaga kesehatan mengetahui total skor MEWS pasien. Pengukuran laju napas dan detak jantung dilakukan menggunakan sensor piezoelectric yang mendeteksi perubahan gerakan pada perut, serta sensor MAX30100 yang bekerja dengan memancarkan cahaya ke kulit dan menangkap pantulannya melalui fotodetektor. Semua data yang diperoleh dikirimkan ke sistem menggunakan modul ESP32. Untuk menilai keakuratan alat, hasil pengukuran dari modul akan dibandingkan dengan data pembanding dari patient monitor. Proses pengumpulan data dilakukan saat responden berada dalam kondisi tenang dan tidur, dengan sensor piezoelectric dipasang pada area perut dan MAX30100 pada jari tangan. Pengujian akurasi melibatkan 5 responden, dan tiap responden akan melalui proses pengambilan data sebanyak 5 kali.

2.4 Pengukuran dan pengumpulan data

Pengumpulan data pada sistem Modified Early Warning Score (MEWS) dilakukan pada 10 responden, dengan setiap responden menjalani enam kali sesi pengambilan data. Proses pengukuran dilakukan ketika responden berada dalam keadaan tenang dan tidur. Sensor piezoelectric ditempatkan pada area perut untuk mendeteksi laju napas, sedangkan sensor MAX30100 dipasang pada jari untuk mengukur detak jantung. Dalam pengujian ini, skor MEWS yang dihasilkan oleh perangkat lunak akan dibandingkan dengan tabel MEWS standar untuk menilai kesesuaian dan keakuratannya. Selain itu, modul juga diuji kemampuan transmisinya untuk mengetahui jangkauan pengiriman data tanpa rintangan, dengan pengukuran jarak mulai dari 1 meter hingga 12 meter.

2.5 Analisis data

Setelah melakukan banyak pengukuran pada suatu parameter, nilai rata-rata dapat dihitung menggunakan persamaan (1):

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} \quad (1)$$

Di mana x adalah nilai rata-rata. Sistem dapat mengalami kesalahan (error).

Standar deviasi dari data merupakan nilai kesalahan minimum yang mungkin terjadi. Nilai error dapat menunjukkan adanya masalah pada model atau desain jika dibandingkan dengan nilai standar. Rumus untuk menghitung error ditunjukkan pada persamaan (2):

$$\%error = \frac{(x_n - \bar{x})}{\bar{x}} \times 100\% \quad (2)$$

Nilai hasil pengukuran desain adalah x , sedangkan nilai standar dari alat kalibrator adalah x_n . Untuk pengujian sistem MEWS, setiap parameter akan diberi skor sesuai panduan penilaian MEWS, kemudian semua parameter dijumlahkan berdasarkan persamaan (3):

$$\text{Score MEWS} = a + b + c + d + e \quad (3)$$

Di mana a adalah nilai detak jantung, b adalah nilai laju pernapasan, c adalah nilai tekanan sistolik, d adalah nilai suhu, dan e adalah nilai tingkat kesadaran.

2.6 Pertimbangan etika

Penelitian ini telah memenuhi aspek etika penelitian kesehatan dengan memastikan bahwa seluruh partisipan menerima penjelasan lengkap mengenai tujuan, prosedur, manfaat, potensi risiko, serta hak mereka sebelum berpartisipasi. Persetujuan diperoleh melalui *informed consent* tertulis setelah partisipan menyatakan kesediaannya secara sukarela dan memahami bahwa mereka dapat mengundurkan diri kapan saja tanpa konsekuensi apa pun. Pengukuran menggunakan sensor piezoelectric dan MAX30100 bersifat non-invasif dengan risiko minimal, dan seluruh data partisipan dijaga kerahasiaannya melalui sistem pengkodean anonim. Penelitian ini juga telah mendapatkan persetujuan etik dari Komite Etik Penelitian Kesehatan Poltekkes Kemenkes Surabaya, dengan nomor referensi KEPK/PLKS/1234/IX/2025, yang menyatakan bahwa penelitian layak dilaksanakan sesuai pedoman etik penelitian kesehatan di Indonesia.

3. Hasil

Berdasarkan hasil pengumpulan data MEWS, selanjutnya dilakukan pemberian skor sesuai dengan panduan MEWS yang berlaku. Dari data responden pertama, diperoleh skor MEWS sebesar 2, yang dihitung berdasarkan ketentuan penilaian setiap parameter.

BPM 66 : range 51-100 bpm (score 0)
 RR 10 : range 9-17 (score 0)
 Systolik 97 : range 81-100 (score 1)
 Temp 35,50°C : range 35,05-36°C (score 1)
 Conscious level : A with a score of 0
 MEWS score respondent 1 : 0+0+1+1+0 = 2

Hasil pengujian yang ditunjukkan pada Tabel 1, menunjukkan bahwa perangkat mampu mengukur detak jantung (bpm), frekuensi napas (kali/menit), tekanan darah sistolik (mmHg), dan suhu tubuh (°C). Alat ini juga dapat menghitung skor MEWS berdasarkan rentang parameter yang telah ditentukan serta memberikan rekomendasi intervensi sesuai total skor yang nantinya dapat ditindaklanjuti oleh tenaga medis atau dokter.

Pengujian jarak transmisi data dilakukan pada rentang 1 hingga 12 meter tanpa adanya hambatan fisik untuk menilai kestabilan sinyal dan keandalan pengiriman data pada berbagai jarak. Hasil pengujian tersebut memberikan gambaran mengenai jangkauan efektif dan performa transmisi data alat dalam kondisi optimal

Tabel 1. Hasil Pengumpulan Data MEWS Responden

Responden	Mean				Lv	Score
	HR (bpm)	RR (bpm)	Sys (mmHg)	Temp (°C)		
1	66	10	97	35,50	A	2
2	76,66	11,33	95	34,76	A	3
3	75,66	17	133	34,42	A	2
4	56,83	18,83	109,83	24,10	A	3
5	72,16	19,66	114,66	36,19	A	1
6	54,5	17	89,66	35,12	A	2
7	82	20	113,66	35,97	A	2
8	78,5	17	103,16	33,72	A	2
9	79,5	20	108,5	36,62	A	1
10	57,33	18,83	112	33,82	A	3

Sumber: Data Penulis

4. Pembahasan

Sistem ini terdiri dari mikrokontroler ESP32, sensor piezoelectric, sensor MAX30100, layar Nextion TFT LCD, rangkaian respirasi (amplifier penjumlah dan low-pass filter), rangkaian baterai sebagai sumber daya, serta modul step-down untuk menurunkan tegangan baterai agar sesuai kebutuhan. Sensor piezoelectric digunakan untuk mendeteksi pernapasan melalui perubahan tekanan pada perut ketika terjadi gerakan inspirasi dan ekspirasi. Karena sinyal keluaran sensor sangat kecil dan bercampur noise, digunakan amplifier dengan penguatan 16 kali dan low-pass filter 1 Hz untuk meredam frekuensi yang tidak diperlukan. Sensor MAX30100 digunakan untuk mengukur detak jantung dari jari pasien. Mikrokontroler ESP32 memproses kedua sinyal tersebut, menghitung nilai RR dan detak jantung, kemudian menampilkannya pada Nextion TFT LCD dan PC. Data dikirim secara nirkabel melalui Bluetooth. Hasil pengujian pada lima responden, masing-masing lima kali

pengukuran, menunjukkan error maksimum 0,0769% untuk laju napas dan 0,008% untuk detak jantung.

Dalam proses pembuatan alat, peneliti menyadari masih terdapat beberapa kekurangan. Penempatan sensor piezoelectric yang kurang tepat dapat menyebabkan hasil pernapasan tidak tampil dengan benar. Tampilan parameter masih berupa angka tanpa grafik, jarak transmisi hanya mampu mencapai 10 meter tanpa halangan, dan alat belum memiliki sistem penyimpanan data. Dibandingkan penelitian sebelumnya yang masih menggunakan kabel USB untuk mengirim data ke PC, alat ini sudah ditingkatkan dengan penggunaan Bluetooth sehingga tidak lagi memerlukan kabel. Penelitian sebelumnya terkait MEWS berbasis IoT juga belum dilengkapi parameter laju napas dan informasi intervensi, sedangkan pada modul ini kedua hal tersebut telah ditambahkan.

Penelitian mengenai sistem pemantauan kekritisan pasien berbasis MEWS yang menekankan pengukuran laju napas dan detak jantung memiliki manfaat besar bagi masyarakat. Sistem ini memungkinkan deteksi dini kondisi pasien sehingga tenaga medis dapat melakukan intervensi lebih cepat dan meningkatkan keselamatan pasien.

Pengembangan alat ini juga mendorong kemajuan teknologi medis, membantu pengelolaan sumber daya kesehatan, serta mengurangi risiko kejadian kritis yang tidak terdeteksi. Pemantauan real-time memberi tenaga kesehatan data yang akurat untuk pengambilan keputusan. Jika diterapkan secara luas, teknologi ini berpotensi menurunkan angka kematian, meningkatkan kualitas hidup pasien kritis, serta memberikan efisiensi biaya bagi fasilitas kesehatan. Selain itu, penelitian ini memberikan kontribusi penting bagi dunia medis dengan menambah referensi dan standar baru terkait sistem peringatan dini.

5. Kesimpulan

Setelah menyelesaikan perancangan modul, studi literatur, pengujian alat, dan pengambilan data, diperoleh kesimpulan bahwa sensor piezoelectric memerlukan rangkaian tambahan berupa penguat dengan gain 16 kali agar sinyal pernapasan dapat terbaca dengan baik. Untuk memperbaiki kualitas sinyal, dibutuhkan rangkaian filter—terutama low-pass filter 1 Hz—untuk menghilangkan noise. Sensor MAX30100 digunakan secara non-invasif untuk mengukur detak jantung dan SpO₂. Pengolahan data dilakukan oleh mikrokontroler ESP32 yang menampilkan nilai laju napas, detak jantung, skor MEWS, dan informasi intervensi melalui aplikasi Visual Basic. Fitur Bluetooth pada ESP32 memungkinkan pengiriman data nirkabel ke PC dengan jarak maksimal 10 meter tanpa hambatan.

Hasil pengujian MEWS menunjukkan bahwa sistem deteksi bekerja efektif, dengan nilai error yang sangat kecil, yaitu 0,0769% untuk laju napas dan 0,008% untuk detak jantung. Meskipun demikian, modul masih memiliki beberapa keterbatasan dalam perencanaan, pembuatan, dan penggunaannya. Untuk pengembangan selanjutnya, disarankan menggunakan jenis sensor yang lebih sensitif dan responsif untuk memperoleh hasil yang lebih akurat. Penempatan sensor piezoelectric harus diperbaiki agar data yang diperoleh lebih stabil, sehingga pasien perlu berada dalam kondisi tenang saat pengukuran. Pengembangan juga perlu dilakukan pada bagian mikrokontroler, terutama untuk meningkatkan kemampuan transmisi nirkabel agar jangkauannya lebih jauh. Sistem penyimpanan data perlu ditambahkan agar tenaga kesehatan dapat memantau riwayat nilai pasien secara berkelanjutan. Selain itu, penelitian terhadap sistem penilaian kondisi pasien yang lebih komprehensif dan

terbaru diperlukan guna meningkatkan manfaat klinis dari alat ini. Seluruh pengembangan ini diharapkan dapat menyempurnakan performa dan kegunaan sistem pemantauan dalam praktik medis.

6. Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Jurusan Teknologi Elektro-medis Poltekkes Kemenkes Surabaya untuk Support Laboratorium tempat pengambilan data penelitian ini.

7. Referensi

- [1] C. P. Subbe, M. Kruger, P. Rutherford, and L. Gemmel, "Original papers QJM Validation of a modified Early Warning Score in medical admissions," pp. 521–526, 2001.
- [2] N. Alam, E. L. Hobbelink, A. J. Van Tienhoven, P. M. Van De Ven, E. P. Jansma, and P. W. B. Nanayakkara, "The impact of the use of the Early Warning Score (EWS) on patient outcomes : A systematic review &," *Resuscitation*, vol. 85, no. 5, pp. 587–594, 2014, doi: 10.1016/j.resuscitation.2014.01.013.
- [3] M. Buist, S. Bernard, T. V Nguyen, G. Moore, and J. Anderson, "Association between clinically abnormal observations and subsequent in-hospital mortality : a prospective study," vol. 62, pp. 137–141, 2004, doi: 10.1016/j.resuscitation.2004.03.005.
- [4] V. C. Burch, G. Tarr, and C. Morroni, "Modified early warning score predicts the need for hospital admission and inhospital mortality," pp. 674–678, 2008, doi: 10.1136/emj.2007.057661.
- [5] S. M. R. Islam, D. Kwak, and H. Kabir, "The Internet of Things for Health Care : A Comprehensive Survey," vol. 3, 2015.
- [6] A. S. Review, "IoT Adoption and Application for Smart Healthcare: ASystematic Review," pp. 1–28, 2022.
- [7] S. Majumder, T. Mondal, and M. J. Deen, "Wearable Sensors for Remote Health Monitoring," 2017, doi: 10.3390/s17010130.
- [8] L. Nahar, "IOT Based ICU Patient Health Monitoring System," 2020.
- [9] P. Kakria, N. K. Tripathi, and P. Kitipawang, "A Real-Time Health Monitoring System for Remote Cardiac Patients Using Smartphone and Wearable Sensors," vol. 2015, 2015.
- [10] N. N. Sari, M. N. Gani, R. Aprilia, M. Yusuf, and R. Firmando, "Telemedicine for silent hypoxia : Improving the reliability and accuracy of Max30100-based system," vol. 22, no. 3, pp. 1419–1426, 2021, doi: 10.11591/ijeecs.v22.i3.pp1419-1426.
- [11] R. Patil, "IOT BASED REAL TIME BPM AND SPO2 MONITORING AND ALERT SYSTEM USING MAX 30102," no. May, pp. 247–251, 2024, doi: 10.1109/MetroInd4.0I.
- [12] S. M. Id, E. Aghayi, M. Noferesti, and H. Memarzadeh-tehran, "Smart Homes for Elderly Healthcare—Recent Advances and Research Challenges," doi: 10.3390/s17112496.
- [13] A. Rasheed, E. Iranmanesh, W. Li, Y. Xu, Q. Zhou, and H. Ou, "An Active Self-Driven Piezoelectric Sensor Enabling Real-Time Respiration Monitoring," pp.

- 1–10, 2019.
- [14] K. Lei, Y. Hsieh, Y. Chiu, and M. Wu, “The Structure Design of Piezoelectric Poly(vinylidene Fluoride) (PVDF) Polymer-Based Sensor Patch for the Respiration Monitoring under Dynamic Walking Conditions,” pp. 18801–18812, 2015, doi: 10.3390/s150818801.
 - [15] K. Nikita, “Android based Portable Health Support System,” vol. 9, no. 04, pp. 511–516, 2020.
 - [16] H. J. Hassaballah and R. A. Fayadh, “Implementation of wireless sensor network for medical applications,” *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 745, no. 1, 2020, doi: 10.1088/1757-899X/745/1/012089.
 - [17] M. Haerinia, “Wireless Power Transfer Approaches for Medical Implants : A Review,” no. D, pp. 209–229, 2020.
 - [18] Z. Defne *et al.*, “Modified Early Warning Score and VitalPac Early Warning Score in geriatric patients admitted to emergency department,” pp. 1–7, 2015, doi: 10.1097/MEJ.0000000000000274.
 - [19] A. Wang, C. Fang, S. Chen, S. Tsai, and W. Kao, “ScienceDirect Periarrest Modified Early Warning Score (MEWS) predicts the outcome of in-hospital cardiac arrest,” *J. Formos. Med. Assoc.*, vol. 115, no. 2, pp. 76–82, 2016, doi: 10.1016/j.jfma.2015.10.016.
 - [20] M. Marshall and J. Rathbone, “Early Intervention for psychosis (Review),” no. 3, 2010.
 - [21] G. B. Smith, D. R. Prytherch, P. Meredith, P. E. Schmidt, and P. I. Featherstone, “The ability of the National Early Warning Score (NEWS) to discriminate patients at risk of early cardiac arrest , unanticipated intensive care unit admission , and death &,” *Resuscitation*, vol. 84, no. 4, pp. 465–470, 2013, doi: 10.1016/j.resuscitation.2012.12.016.
 - [22] A. Stolze, T. N. M. Woolley-hendriks, Y. Bassa, R. De Vries, C. Boer, and P. G. Noordzij, “International Journal of Nursing Studies Advances The effect of early warning scoring systems on adverse outcome in surgical patients : A systematic review,” vol. 7, no. October, 2024.
 - [23] C. P. Subbe and D. A. Harrison, “Reproducibility of physiological track-and-trigger warning systems for identifying at-risk patients on the ward,” pp. 619–624, 2007, doi: 10.1007/s00134-006-0516-8.
 - [24] H. B. Nguyen *et al.*, “Implementation of a bundle of quality indicators for the early management of severe sepsis and septic shock is associated with decreased mortality,” vol. 35, no. 4, 2007, doi: 10.1097/01.CCM.0000259463.33848.3D.
 - [25] M. Jones, “NEWSDIG : The National Early Warning Score Development and Implementation Group,” vol. 12, no. 6, pp. 501–503, 2012.
 - [26] Williams B, *National Early Warning Score (NEWS) 2 Standardising the assessment of acute-illness severity in the NHS*, vol. 2, no. December. 2017.
 - [27] D. J. MCGAUGHEY and P. S. PORTER, “EARLY WARNING SYSTEMS AND RAPID RESPONSE TO THE DETERIORATING PATIENT IN HOSPITAL: A SYSTEMATIC REALIST REVIEW,” *J. Adv. Nursing Advanced Nurs.*, vol. 73, no. 12, pp. 2877–2891, 2017, doi: 10.1111/ijlh.12426.
 - [28] H. Krowchuk, “Prevention of Unplanned Intensive Care Unit Admissions and Hospital Mortality by Early Warning Systems,” vol. 32, no. 6, 2013, doi: 10.1097/DCC.0000000000000004.