

Desain Perangkat Medis dengan Konsumsi Daya Rendah untuk Mengukur Tanda Vital Pasien

Muhammad Nur¹, Muhammad Niswar*¹, Amil Ahmad Ilham¹

¹Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin
Jl. Poros Malino Km.6, Bontomarannu, Gowa, Sulawesi Selatan, 92171, Indonesia

*Email: niswar@unhas.ac.id

Abstrak

Tulisan ini mendeskripsikan rancangan perangkat kesehatan triase untuk mengukur tanda-tanda vital pasien, antara lain tingkat pernapasan, kadar oksigen dalam darah dan detak jantung. Umumnya, rumah sakit di Indonesia masih menggunakan peralatan medis yang terpisah untuk melakukan triase sehingga dinilai kurang efektif, sedangkan yang telah menggunakan perangkat medis triase maka produk tersebut merupakan produksi dari negara lain yang harganya cukup mahal. Desain triase yang ditawarkan menggunakan mikrokontroler tipe ATmega328PU SMD sebagai mikrokomputer yang mampu mengolah data pengukuran dari sensor yang saling terintegrasi. Penggunaan mikrokontroler pada perangkat medis triase menghabiskan biaya yang relatif rendah dan lebih mudah diperoleh. Sensor yang digunakan untuk menghitung periode pernapasan yaitu Dallas temperatur yang bersifat sangat presisi terhadap perubahan suhu. Sensor SpO2 digunakan untuk memonitoring saturasi oksigen dari hemoglobin serta menghitung jumlah detak jantung per satuan waktu. Dilengkapi dengan layar OLED untuk menampilkan hasil pengukuran sensor sehingga antarmuka menjadi lebih *user friendly*. Secara keseluruhan, perangkat medis triase ini diaplikasikan dengan cara memasangkannya pada pergelangan tangan pasien dan bekerja menggunakan tegangan 3,7 Volt dengan arus 850 mA.

Abstract

This paper describes the design of triase medical devices to measure the patient's vital signs, including respiratory rate, blood oxygen levels and heart rate. Generally, hospitals in Indonesia still use separate medical equipment to conduct triase so it is considered less effective, while those who have used triase medical device then the product is the production of other countries whose price is quite expensive. Triase design offered using microcontroller type ATmega328PU SMD as a microcomputer capable of processing measurement data from integrated sensors. The use of microcontrollers in triase medical devices costs relatively less and is easier to obtain. The sensors used to calculate the respiratory period are Dallas temperature which is very precise to temperature changes. The SpO2 sensor is used to monitor oxygen saturation of hemoglobin as well as to calculate the heart rate per unit time. Equipped with OLED display to display sensor measurement results so the interface becomes more user friendly. Overall, this triase medical device was applied by attaching it to the patient's wrist and working using a voltage of 3.7 Volts with a current of 850 mA.

Kata-kunci: perangkat medis triase, mikrokontroler, Dallas temperatur, SpO2.

1. Pendahuluan

Protokol START mengelompokkan korban berdasarkan kondisi tanda-tanda vital seperti

Indonesia memiliki kondisi geografis, tingkat pernapasan, denyut nadi/detak jantung geologis, hidrologis, dan demografis yang dan status mental. Pengelompokkan korban memungkinkan terjadinya bencana, baik yang tersebut ditandai dengan 4 jenis kertas triase disebabkan oleh faktor alam, faktor non alam berwarna antara lain triase warna merah untuk maupun faktor manusia yang menyebabkan korban yang membutuhkan stabilisasi segera, timbulnya korban jiwa manusia. Korban jiwa kuning untuk korban yang memerlukan memerlukan penanganan medis yang cepat dan pengawasan ketat tetapi perawatan dapat tepat oleh karena itu dibutuhkan keterampilan ditunda sementara, hijau untuk korban yang tenaga medis untuk melakukan triase. Untuk tidak memerlukan pengobatan atau



pemberian kasus darurat, triase dilakukan dengan protokol *A* pengobatan dapat ditunda dan hitam untuk *Simple Triase and Rapid Treatment* [1]. korban yang meninggal dunia.

Mengingat kondisi korban dapat berubah sewaktu-waktu maka dibutuhkan pemantauan tanda-tanda vital secara rutin dari tim medis untuk mengecek kondisi dan menyesuaikan warna kertas triase korban. pemantauan tandatanda vital ini menggunakan perangkat medis yang terpisah sesuai dengan fungsi vital yang akan diperiksa sehingga membutuhkan banyak waktu untuk melakukan pemantauan pada masing-masing korban sedangkan status pada kertas triase harus selalu diperbaharui dengan cepat sesuai kondisi korban. Oleh karena itu dibutuhkan perangkat medis yang saling terintegrasi dan mampu memperbaharui status warna triase dengan cepat. Berdasarkan hal tersebut maka para peneliti dunia mulai mengembangkan perangkat medis pengukur tanda vital. Akan tetapi perangkat standar yang dipakai saat ini menggunakan komponen mikroprocessor yang harganya cukup mahal dan komponen-komponen lain yang sulit untuk diperbaiki apabila terjadi kerusakan. Oleh karena itu pengadaannya menjadi terbatas. Sedangkan untuk penanganan korban massal dibutuhkan perangkat medis dalam jumlah yang besar.

Tulisan ini menawarkan desain perangkat medis yang bekerja dengan komponen mikrokontroler sehingga dapat menekan biaya produksi dan mudah diperbaiki apabila terjadi kerusakan. Selain itu perangkat tersebut dirancang agar bekerja dengan konsumsi daya yang kecil. Secara keseluruhan, perangkat medis ini diharapkan mampu memantau tanda-tanda vital korban dan dapat diproduksi dalam jumlah yang besar untuk penanganan korban massal dari bencana yang dapat terjadi kapan pun.

2. Penelitian Terkait

Beberapa penelitian tentang perangkat medis pengukur tanda vital telah dilakukan. Penelitian [2] memaparkan konsep perangkat triase untuk menentukan warna tag dan berfokus pada sistem komunikasi. Komunikasi yang digunakan berbasis wireless yaitu ZigBee. Menggunakan

Mikrokontroler ATmega328P-PU untuk *microcover* data dari sensor node kemudian ditransmisikan ke koordinator node. Analisa yang dilakukan merujuk pada parameter jarak jangkauan dan jumlah sensor node yang dapat dikumpulkan.

Berselang 2 tahun penelitian tersebut berkembang menjadi [3] yang berfokus ke arah desain perangkat. Mikrokontroler yang digunakan masih bertipe sama yaitu ATmega328P yang dilengkapi dengan sensor *pulse oximeter* untuk mengukur kadar oksigen dalam darah dan detak jantung. Selain itu juga digunakan *termocouple breath* sensor untuk mengukur laju pernapasan. Komunikasi yang digunakan tidak hanya ZigBee tetapi juga menggunakan *bluetooth*. Dengan dimensi panjang 8 cm, lebar 5 cm, tinggi cm dan berat 120 gr, perangkat ini dapat bekerja pada 248-270 mA dan 917-999mW.

Penelitian [4] juga mendeskripsikan perangkat yang dirancang meliputi arduino nano, sensor temperatur, *photoplethysmography* dan komunikasi *wireless*. Berbeda dengan penelitian rujukan sebelumnya, penelitian ini menawarkan sensor *photoplethysmography* yang digunakan pada *pulse oximeter* untuk menghitung kadar oksigen dalam darah dan detak jantung. Keunggulan lain dari sensor tersebut yaitu sinyalnya dapat diekstraksi untuk menghitung tingkat pernafasan. Sehingga sensor temperatur hanya digunakan untuk mengukur suhu tubuh.

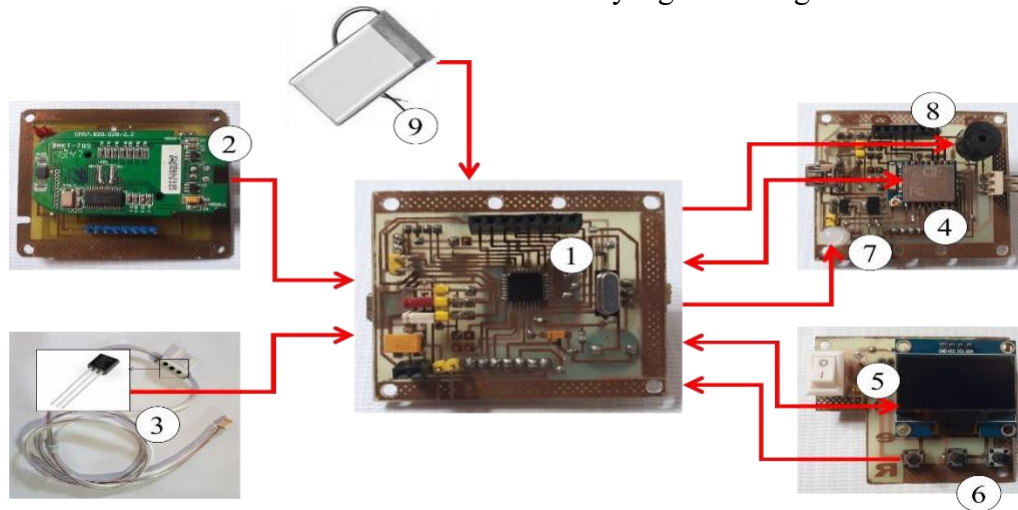
Serupa dengan [2], penelitian [5] memaparkan arsitektur komunikasi dari mobile node yang terhubung pada pasien ke *emergency center*. Komunikasi tersebut tersusun menjadi 3 *layer* dengan *mobile client units* (MCUs) di tubuh pasien sebagai *layer* 1. Perangkat MCUs yang digunakan terdiri dari Xilinx Spartan-6 sebagai *core* dengan tipe XC6LX9 FPGA, ECG, *pulse oximeter*, *body temperature* dan *multichannel auscultation*.

Penelitian [4] dan [5] menggunakan perangkat triase yang mengukur tanda-tanda vital dengan berbagai metode dan alat akan tetapi harganya



relatif mahal (seperti penggunaan arduino nano dan FPGA).

switch untuk memilih menu dan sebuah *buzzer*. Sensor yang terhubung ke unit utama adalah *finger*



Gambar 1. Rangkaian dalam unit utama. (1) mikrokontroler; (2) SpO₂; (3) Dallas temperatur; (4) ZigBee; (5) OLED display; (6) switch; (7) LED; (8) buzzer; (9) baterai.

Sedangkan penelitian [2] dan [3] sudah menekankan produk yang dapat diproduksi di negara berkembang dengan harga relatif murah akan tetapi belum detail menggambarkan desain perangkat. Selain [2] masih menggunakan *termocouple* untuk mengukur tingkat pernapasan. Hal tersebut membutuhkan tambahan rangkaian penguat sinyal yang berfungsi mengubah sinyal dari tegangan yang cukup kecil menjadi tegangan yang lebih besar agar output dari *termocouple* dapat dibaca oleh *analog digital converter* (ADC). Oleh karena itu pada tulisan ini akan dijabarkan perangkat medis secara lebih detail disertai dengan beberapa solusi perancangan yang menyebabkan rendahnya biaya produksi.

3. Desain Sistem

Tanpa mengurangi kebutuhan data tanda vital pasien (detak jantung, kadar oksigen dalam darah, dan tingkat pernapasan), kami menyederhanakan perangkat medis seperti pada gambar 1. Unit utama yang akan dipasang pada pergelangan tangan pasien berukuran Panjang 6.5 cm, lebar 5.5 cm, dan tinggi 4 cm. Dilengkapi dengan OLED display 1.3 inch dengan resolusi 128 x 64 piksel untuk menampilkan hasil pengukuran sensor. Terdapat satu buah LED untuk fungsi ON/OFF, 1 buah LED indikator warna untuk triase *tag*, 3 buah

probe dari *pulse oximeter* dan sensor Dallas temperatur.

3.1. Mikrokontroler ATmega328PU

Pada umumnya pengolahan data mikrokontroler menggunakan paket rangkaian arduino yang sudah paten atau buatan pabrik. Kisaran harganya yaitu \$7 - \$8. Perlu diketahui bahwa rangkaian arduino tersebut didesain sekompleks mungkin untuk memenuhi kebutuhan perancangan. Dalam tulisan ini, kami menyajikan rangkaian arduino yang dirancang sedemikian rupa khusus untuk mengolah data dari sensor pengukur tanda-tanda vital seperti pada gambar 2(a). Selain lebih ekonomis, hasil rancangan dibuat menjadi lebih efektif dan efisien. Bahkan dengan desain arduino tersebut, tegangan operasi dapat diturunkan dari 5 V. hal ini berarti tidak diperlukan lagi rangkaian penguat tegangan dari *power supply*. Mikrokontroler yang digunakan yaitu ATmega328PU SMD agar seluruh fitur arduino tetap ada. Komponen-komponen penyusun rangkaian antara lain 2 kapasitor keramik, 1 *crystal* 16 MHz, dan 1 resistor. Total biaya yang dihabiskan untuk membangun rangkaian kurang lebih \$2.3.



3.2. Pulse oximeter

SpO₂ yang merupakan sensor *pulse oximeter* digunakan untuk mengukur kadar oksigen dalam darah dan detak jantung. Rangkaian Gambar 2 (b) merupakan produk yang umum digunakan oleh tenaga medis dan dijual dipasaran. Rangkaian tersebut merupakan hasil modifikasi dengan memisahkan *finger probe* dari rangkaian utama *pulse oximeter*. Selanjutnya rangkaian sensor digabungkan dengan unit utama perangkat medis untuk memudahkan pengolahan data. Hasil pengukuran sensor untuk kadar oksigen dalam darah dinyatakan dalam persentasi (%) sedangkan detak jantung dinyatakan dalam *pulse rate* denyut per menit (PRbpm).

3.3. Dallas temperatur

Sensor Dallas temperatur tipe DS18B20 diletakkan dalam selang pernafasan. Dengan posisi tepat di bawah hidung memudahkan perhitungan periode pernapasan. Dallas beroperasi pada suhu -55 °C hingga +125 °C. Itu berarti sensor ini sangat peka terhadap perubahan suhu napas antara tarikan dan hembusan. Kelebihan lain yaitu outputnya berupa data digital berupa level tegangan dengan nilai ketelitian 0,5 °C dalam kisaran temperatur 10 °C hingga 85 °C. Hal tersebut sangat menguntungkan dalam proses pembacaan mikrokontroler. Konsep perhitungan tingkat pernapasan ialah dengan mengetahui jumlah pernapasan per menit. Satu pernapasan merupakan satu kali tarikan napas dan satu kali hembusan napas. Tuntutan untuk menampilkan hasil jumlah pernapasan dalam setiap detik menyebabkan perhitungan harus dilakukan berdasarkan periode pernapasan. Oleh karena itu dimanfaatkan fitur millis arduino yang dapat menghasilkan jumlah milidetik di mulai sejak program berjalan. Millis juga menguntungkan sebab memiliki tipe data *unsigned long*. Periode pernapasan diperoleh dengan mengetahui selisih dari *current* millis (M₁) dengan *previous* millis (M₀) pada Rumus (1). Masing-masing nilai millis tersebut dicuplik ketika tegangan puncak terjadi. diasumsikan tegangan puncak merupakan proses

hembusan nafas sehingga rentang waktu di antara 2 hembusan napas akan membentuk satu periode napas. Jika satuan menit diubah menjadi satuan millis dalam ms lalu dibagi dengan ΔM maka diperoleh pernapasan per menit (RPM) yang dirumuskan pada Rumus (2).

$$\Delta M = M_1 - M_0 \quad (1)$$

$$RPM = \frac{60.000}{\Delta M} \quad (2)$$

3.4. Wireless communication

Sistem komunikasi didukung dengan modul Wifi ESP8266. Dari sisi harga, modul tersebut cukup terjangkau. Kelebihan lainnya yaitu bersifat *system on chip* (SOC) sehingga dapat langsung diprogram tanpa memerlukan mikrokontroler tambahan. Tidak hanya itu, ESP8266 juga dapat menjalankan peran sebagai *ad hoc acces point* maupun *client* sekaligus.

3.5. Power supply

Sebagai sumber tegangan digunakan baterai LiPo 350 mAh. Tegangan yang dihasilkan yaitu 3.7 V. Mengingat bahwa unit utama pada perangkat medis hanya bekerja pada tegangan 3.3 V maka disisipkan IC regulator penurun tegangan pada *power supply*.

4. Hasil dan Pembahasan

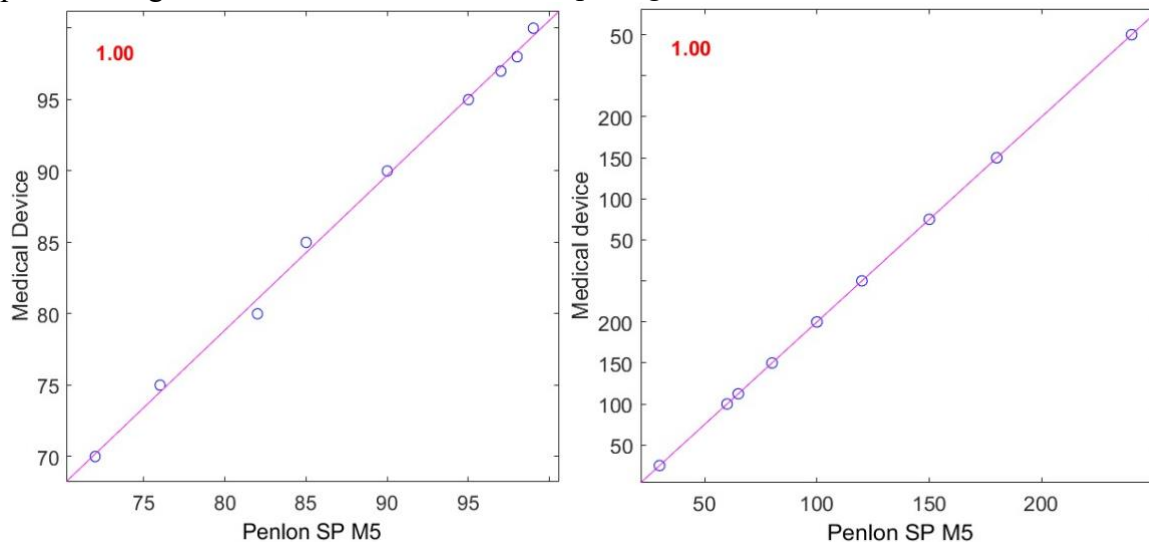
Hasil desain perangkat medis akan dianalisis berdasarkan konsumsi daya dan keakuratan pembacaan sensor. Alat yang digunakan untuk melakukan pengukuran konsumsi daya yaitu Sanwa *digital multimeter* CD800a. Dari hasil pengukuran diketahui bahwa perangkat ini beroperasi pada tegangan 3.3 V dengan arus 184 mA sehingga total daya yang dibutuhkan ialah 680 mW.

Pengujian *pulse oximeter* pada perangkat medis dilakukan dengan menggunakan SPOT *Light SpO₂ pulse oximeter analyzer*. Alat tersebut merupakan perangkat kalibrasi yang menyerupai jari artifisial. Nilai kadar oksigen dalam darah dan detak jantung pada alat tersebut diatur secara manual. Prinsip kerjanya yaitu meletakkan jari artifisial ke dalam *finger probe*. Letak jari diatur



sedemikian rupa hingga diperoleh kekuatan sinyal yang kuat saat dilakukan pembacaan. Opsi nilai kadar oksigen dalam darah berada pada rentang 70%-100% sedangkan jumlah detak jantung berada pada rentang 30-240 BPM.

medis telah mengikuti tren garis linear. Beberapa *marker* tidak tepat berada di garis linear. Sebagai contoh riil, pengukuran kadar oksigen dalam darah oleh Penlon SP M5 yaitu 80% sedangkan oleh perangkat medis terbaca 82%. Namun hal ini



Gambar 2. Korelasi pengujian sensor (a) kadar oksigen dalam darah dan (b) detak jantung

Nilai % yang tersedia untuk pengukuran kadar oksigen dalam darah antara lain: 70, 75, 80, 85, 90, 95, 97, 98 dan 100. Sedangkan jumlah detak jantung antara lain: 30, 60, 65, 80, 100, 120, 150, 180 dan 240. Berdasarkan hal tersebut maka pengujian akan dilakukan sebanyak 9 kali sesuai dengan jumlah opsi yang tersedia.

Pengujian *pulse oximeter* juga akan dilakukan pada alat kesehatan yang digunakan di Rumah Sakit Pendidikan Universitas Hasanuddin Makassar yaitu Penlon SP M5. Jenis sensor SpO_2 yang digunakan oleh alat tersebut yaitu Nellcor OxiMax. Alat tersebut digunakan untuk memonitoring kondisi pasien berdasarkan tandatanda vital, termasuk kadar oksigen dalam darah dan detak jantung. Hasilnya akan dijadikan referensi kinerja perangkat medis yang dirancang. Hasil pengukuran keduanya akan ditampilkan pada grafik korelasi menggunakan MATLAB yang dapat dilihat pada Gambar 2.

Pada Gambar 2(a) memperlihatkan sebaran nilai pengukuran kadar oksigen dalam darah dari perangkat medis yang dirancang terhadap garis linear Penlon SP M5. Dari gambar tersebut diketahui bahwa hasil pengukuran perangkat

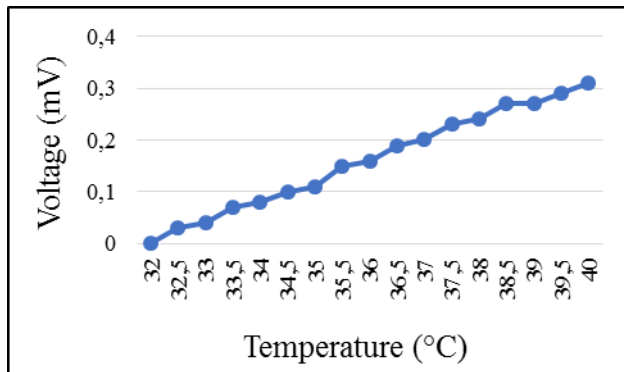
diabaikan dan dianggap bahwa sensor masih bekerja dengan baik sebab batas toleransi pengukuran $\pm 3\%$. Selain itu koefisien korelasi yang ditunjukkan oleh MATLAB pada sudut kiri atas Gambar 2(a) masih bernilai 1,00.

Untuk Gambar 2(b) menggambarkan sebaran nilai pengukuran detak jantung. Berbeda dengan nilai kadar oksigen dalam darah, hasil pengukuran detak jantung sepenuhnya berada pada garis linear. Ini menunjukkan bahwa nilai yang dihasilkan oleh perangkat medis sangat tepat dengan nilai Penlon SP M5. Hal ini menunjukkan bahwa kinerja perangkat medis yang dirancang sama dengan Penlon SP M5 yang digunakan oleh rumah sakit. Koefisien korelasi antara keduanya juga bernilai 1,00.

Pengujian Dallas temperatur dilakukan untuk mengetahui respon tegangan pada sensor terhadap perubahan suhu. Hal tersebut dilakukan dengan menggunakan multimeter digital tipe FLUKE 73III dan termometer digital. Prinsip kerja pengujian ialah dengan menciptakan suhu yang menyerupai hembusan napas di lingkungan kerja sensor. Proses tersebut dilakukan dengan menggunakan *blower*. Suhu referensi yang



digunakan ialah 32 °C berdasarkan suhu tubuh normal. Sedangkan limit suhu maksimum yang digunakan ialah 40 °C. Hasil pengukuran perubahan tegangan terhadap suhu terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Hasil pengukuran perubahan tegangan sensor Dallas terhadap perubahan suhu

Dari hasil pengukuran perubahan tegangan Dallas temperatur terhadap perubahan suhu diketahui bahwa sensor dapat bekerja dengan baik. Setiap kenaikan suhu 0.5 °C menyebabkan kenaikan tegangan 0.01 – 0.03 mV. Dengan hasil seperti itu maka mikrokontroller dapat mengartikan setiap puncak kenaikan tegangan sebagai siklus hembusan napas

5. Kesimpulan

Desain perangkat yang ditawarkan pada tulisan ini dapat menjalankan fungsi pengukuran tandatanda vital. Dengan berbagai kelebihan baik dari sisi rangkaian yang sederhana, komponen penyusun yang mudah diperoleh hingga harga yang terjangkau memungkinkan untuk diproduksi dalam jumlah yang besar. Tantangan selanjutnya yaitu mengolah data-data hasil pengukuran sensor ke dalam algoritma triase. Diharapkan pemrosesan tersebut akan menghasilkan perangkat yang bekerja secara otomatis dalam memantau kondisi dan mengubah warna triase dari korban massal. Selain itu algoritma triase juga dapat dikelompokkan berdasarkan usia, misalnya untuk dewasa dan anak-anak, mengingat bahwa nilai tanda-tanda vital keduanya berbeda. **Referensi**

[1] C. H. Lee, “Disaster and Mass Casualty Triage,” *Virtual Mentor*, vol. 12, no. 6, pp. 466–470, 2010.

- [2] M. Niswar *et al.*, “Performance Evaluation of ZigBeebased Wireless Sensor Network for Monitoring Patients’ Pulse Status,” *Inf. Technol. Electr. Eng. (ICITEE), Int. Conf.*, pp. 291–294, 2013.
- [3] M. Niswar *et al.*, “The design of wearable medical device for triaging disaster casualties in developing countries,” *2015 5th Int. Conf. Digit. Inf. Process. Commun. ICDIPC 2015*, pp. 207–212, 2015.
- [4] S. Moreno, A. Quintero, C. Ochoa, M. Bonfante, R. Villareal, and J. Pestana, “Remote monitoring system of vital signs for triage and detection of anomalous patient states in the emergency room,” *2016 21st Symp. Signal Process. Images Artif. Vision, STSIVA 2016*, pp. 1–5, 2016.
- [5] C. Beck and J. Georgiou, “A wearable, multimodal, vitals acquisition unit for intelligent field triage,” *Proc. - IEEE Int. Symp. Circuits Syst.*, vol. 2016–July, pp. 1530–1533, 2016.

