

Desain Arsitektur Sistem Pemantauan Tanda Vital dan Postur Bayi Berbasis *Wearable* dalam Pencegahan Kejadian Bayi Mati Mendadak

Yasmin Salamah*, Basari

Teknologi Biomedis, Universitas Indonesia, Indonesia
E-mail: yasmin.salamah@ui.ac.id, basari.st@ui.ac.id

INFO ARTIKEL

Alamat Web Artikel:

<https://journal.umy.ac.id/index.php/mt/article/view/15226>

DOI:

<https://doi.org/10.18196/mt.v4i1.15226>

Data Artikel:

Diterima:

01 Juli 2022

Direview:

16 Juli 2022

Direvisi :

15 Agustus 2022

Disetujui :

17 September 2022

Korespondensi:

yasmin.salamah@ui.ac.id

ABSTRAK

Sudden infant death syndrome atau SIDS adalah kematian mendadak pada bayi sehat berusia di bawah 1 tahun yang terjadi secara tidak terduga dimana faktor risiko SIDS yang diidentifikasi dalam studi epidemiologi adalah posisi tengkurap dan miring untuk tidur bayi, paparan asap, alas tidur dan permukaan tidur yang empuk dan suhu ruangan terlalu dingin atau terlalu panas. Salah satu cara paling utama untuk meminimalisir faktor resiko kematian bayi mendadak melalui pemantauan secara *real-time* terhadap kondisi kesehatan bayi. Pada makalah ini dibahas desain arsitektur untuk sebuah rancangan pengembangan sistem pemantauan tanda vital dan postur bayi berbasis teknologi *wearable* untuk mendeteksi kejadian dini SIDS yang membantu mendukung pengasuh untuk mengambil keputusan preventif SIDS. Desain arsitektur meliputi pembahasan dari lapisan-lapisan sistem maupun alur komunikasi antar lapisan. Kemudian dibahas juga teknik deteksi untuk postur berdasarkan akselerometer dan citra dan teknik deteksi perburukan kondisi bayi menggunakan pediatrik rothman indeks yang dirancang khusus untuk subjek bayi. Desain ini diharapkan dapat meningkatkan efektifitas solusi sistem pemantauan tanda vital bayi, dimana desain sistem ini dapat meminimalisir resiko faktor SIDS.

Kata Kunci: *Prevensi Kejadian Bayi Mati Mendadak, Teknologi Wearable, Alat Pemantauan Bayi*

ABSTRACT

Sudden infant death syndrome or SIDS is a sudden death in healthy infants under 1 year of age that occurs unexpectedly where the risk factors for SIDS identified in epidemiological studies are prone and side positions for sleeping infants, smoke exposure, bedding and soft sleeping surfaces. and the room temperature is too cold or too hot. One of the most important ways to minimize risk factors for sudden infant death is through real-time monitoring of the baby's health condition. This paper discusses the architectural design for a design for developing a wearable technology-based baby posture and vital sign monitoring system to detect early SIDS events that help support caregivers to make SIDS preventive decisions. Architectural design includes a discussion of the layers of the system as well as the flow of communication between layers. Then also discussed detection techniques for posture based on accelerometers and images and detection techniques for deteriorating infant condition using pediatric rothman index specially designed for infants. This design is expected to increase the effectiveness of the baby vital sign monitoring system solution, where the design of this system can help minimizing the risk of SIDS factors.

Keywords: *Prevention of Sudden Infant Death Syndrome, Wearable Technology and Baby Monitoring.*

1. PENDAHULUAN

Sudden infant death syndrome atau SIDS adalah kematian mendadak pada bayi sehat berusia di bawah 1 tahun yang terjadi secara tidak terduga [1]. Faktor risiko perilaku yang diidentifikasi dalam studi epidemiologi adalah posisi tengkurap dan miring untuk tidur bayi, paparan asap, alas tidur dan permukaan tidur yang empuk dan suhu ruangan yang terlalu tinggi atau rendah [2]. Posisi terbaik dan satu-satunya bagi bayi untuk tidur adalah terlentang yang direkomendasikan oleh American Academy of Pediatrics selama tahun pertama bayi. Tidur telentang meningkatkan aliran udara. Monitor bayi yang diusulkan akan secara otomatis

Salamah, Basari

Desain Arsitektur Sistem Pemantauan Tanda Vital dan Postur Bayi Berbasis Wearable dalam Pencegahan Kejadian Bayi Mati Mendadak

mendeteksi postur bayi yang berbahaya seperti tengkurap dan memberi tahu pengasuh yang kemudian akan membantu mengurangi kejadian SIDS [3]. Menurut *Eunice Kennedy Shriver National Institute of Child Health and Development* ada salah satu cara paling utama untuk menghindari resiko kematian bayi adalah dengan menggunakan alat pemantau untuk mengidentifikasi kondisi yang tidak terlihat [4]. Tidak semua bayi dapat menunjukkan beberapa masalah kesehatan yang sedang dialami. Beberapa bayi bahkan tidak menangis dikala mereka tidak mampu bernafas atau bahkan dalam kesakitan. Batasan komunikasi ini dan persepsi orang tua awam yang masih terbatas menyebabkan beberapa kondisi serius bayi terlewatkan begitu saja. Adanya alat untuk memantau isu-isu yang tidak terlihat ini merupakan salah satu pencegahan atas kematian bayi.

Pada penelitian oleh Oshin et.al. telah dikembangkan suatu wearable untuk bayi yang bertujuan untuk pemantauan dalam mencegah kemunculan SIDS dan mengurangi laju kematian bayi. Sistem tersebut memantau temperatur dan detak jantung dari bayi dan menampilkannya pada aplikasi android yang dapat digunakan orang tua dan tenaga kesehatan [5]. Selain itu pada penelitian oleh Tewary dan Majumderet mengembangkan sebuah wearable yang efektif dalam memonitor electrocardiography (ECG), tekanan darah dan pertanda bahwa bayi jatuh kemudian mengirimkan pesan peringatan kepada layanan kesehatan apabila terdeteksi abnormalitas pada hasil pembacaan [6]. Memanfaatkan sistem wearable untuk pemantauan kesehatan bayi memberikan keunggulan dibandingkan pendekatan pemantauan kesehatan tradisional karena tidak hanya menghemat tenaga kerja tetapi juga menangkap beberapa parameter penting secara bersamaan [7]. Data pemantauan dapat digunakan untuk mendeteksi dan mencegah berbagai kondisi kesehatan pada bayi baru lahir seperti SIDS [8]. Parameter yang perlu dipantau untuk dapat mendeteksi kejadian yang dapat menyebabkan terjadinya SIDS adalah detak jantung, temperatur, saturasi oksigen, laju napas dan pergerakan tubuh secara bersamaan [9]. Tantangan pengembangan alat adalah perlu memperhatikan aspek dari akurasi yang tinggi, jaringan komunikasi yang stabil, durasi catu daya, keamanan, ukuran yang kecil, kenyamanan bayi, keberadaan antarmuka aplikasi, fleksibilitas dan kebergunaan. Makalah ini kemudian mengusungkan desain arsitektur sistem menggunakan tiga macam teknik deteksi untuk yang diharapkan dapat meningkatkan akurasi dari deteksi postur menggunakan akselerometer dan citra lalu menggunakan teknik pediatrik rothman indeks yang merupakan indeks perburukan kondisi kesehatan yang dirancang untuk subjek bayi.

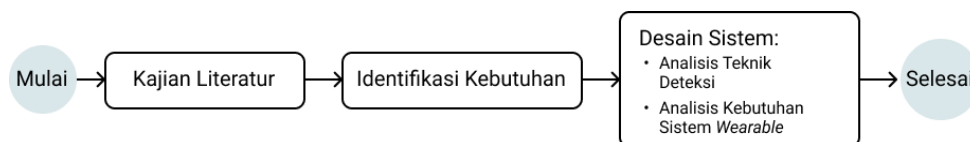
Tujuan utama dari makalah ini adalah untuk meninjau desain arsitektur dan desain sistem dari berbagai teknologi sistem wearable untuk pemantauan tanda vital dan postur bayi dalam upaya pengurangan insiden kejadian mati mendadak (SIDS) atau deteksi dini kondisi bayi lainnya yang dapat memicu kematian bayi.

Tabel 1. Daftar Singkatan

SIDS	Sudden Infant Death Syndrome/Kejadian Bayi Mati Mendadak	EAR	Eye Aspect Ratio/Rasio Aspek Mata
ECG	Electrocardiography/Elektrokardiogram	MTCNN	Multi-Task Cascaded Convolutional Neural Network
MQQT	Message Queuing Telemetry Transport	NICU	Neonatal Intensive Care Unit
HTTP	Hypertext Transfer Protocol	SPO2	Saturasi Oksigen
ADC	Analog Digital Converter		
XMPP	Extensible Messaging and Presence Protocol		
PAF	Art Affinity Field		

2. METODE PENELITIAN

Tahapan penelitian yang digambarkan pada Gambar 1 meliputi kajian literatur, identifikasi kebutuhan dan penggambaran desain sistem. Pada kajian literatur pencarian utama dilakukan melewati mesin pengindeks Google Scholar dan kemudian spesifik di database publikasi berikut: IEEE, PubMed, NCBI, Science Direct dan database jurnal internasional dan indonesia lainnya. Selain itu dilakukan pencarian dari artikel relevan dalam kurang lebih pada sepuluh tahun terakhir (2010–2022). Untuk mencari artikel terkait, kami menargetkan aspek-aspek berikut: Wearable System, Alat Monitor Bayi, Prevensi Kejadian Mati Mendadak, IoT Architecture Design. Istilah pencarian umum digunakan untuk mengidentifikasi studi yang relevan. Karena format yang berbeda dari setiap database, digunakan ekspresi strategi pencarian yang sedikit berbeda untuk setiap database. Strategi pencarian untuk tiga database lainnya mirip dengan ini. Baik makalah dalam bahasa Inggris dan Indonesia yang disertakan dalam proses peninjauan. Rujukan lain berasal dari buku seperti Nelson Textbook of Pediatrics dan Communication Protocol Engineering. Berdasarkan dari kajian literatur ditemukan kebutuhan untuk sistem monitor kesehatan bayi. Kemudian menganalisis kebutuhan sistem *wearable* untuk tiap lapisan arsitektur. Lalu menganalisis teknik deteksi postur dan perburukan kesehatan bayi. Terakhir adalah membuat desain arsitektur sistem yang menggambarkan modul yang digunakan, arah komunikasi antar modul dan protokol komunikasi yang digunakan.



Gambar 1. Tahapan Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Parameter Kesehatan dan Kondisi

Desain dari wearable terpusat terhadap parameter kesehatan yang akan dimonitor untuk mendapatkan informasi kondisi kesehatan yang akan ditangkap. Identifikasi kondisi kesehatan yang ditangkap berdasarkan hasil parameter yang tidak normal akan menjadi indikator perburukan kondisi bayi dan menjadi penyokong keputusan untuk dilakukannya intervensi dalam meningkatkan keselamatan bayi [12].

Detak Jantung

Pengukuran detak jantung adalah dengan menghitung jumlah detak jantung bayi per menit. Parameter detak jantung sangat penting dalam mengetahui apakah ritme jantung bayi normal atau tidak normal. Parameter ini dapat mendeteksi kondisi seperti kondisi ritme jantung yang bermasalah seperti takikardia dimana detak jantung terlalu cepat, bradycardia dimana detak jantung terlalu lambat dan kelainan jantung lain yang dapat menjadi identifikasi terjadinya SIDS.

ECG/EKG

ECG adalah pengukuran aktivitas elektrik pada jantung bayi. Parameter ini penting dalam mengukur kondisi jantung dari bayi.

Temperatur Tubuh

Temperatur tubuh adalah pengukuran dari rerata suhu badan bayi. Parameter ini penting dalam mendeteksi kondisi seperti hipotermia dan hipertermia.

SPO2

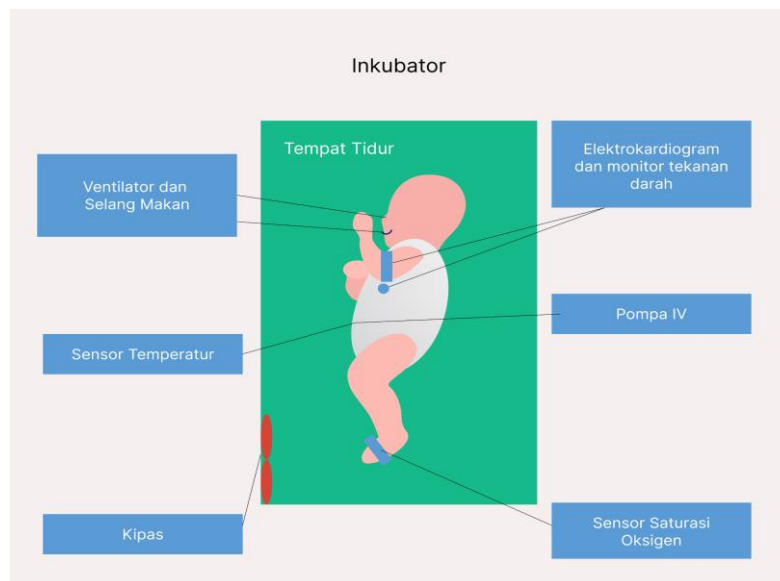
Saturasi oksigen darah (SPO2) adalah pengukuran persentase dari hemoglobin aterti yang tersaturasi dengan oksigen. Parameter ini penting mendeteksi adanya kejadian hipoksia, hipoksemia, hiperoksia.

Pergerakan Tubuh

Pergerakan tubuh adalah pengukuran gerakan tubuh bayi. Parameter ini penting mendeteksi adanya kejadian Spasticity, Flaccidity, jangkauan gerak tertentu dan SIDS

3.2. Alat Pemantauan Bayi Tradisional

Alat monitor kesehatan bayi tradisional adalah alat yang digunakan pada bangsal (Neonatal Intensive Care Unit) NICU. Alat-alat pada NICU telah didesain untuk bayi prematur yang sangat kecil dan rentan dan didesain untuk dapat berfungsi di dalam inkubator [13]. Maka alat-alat monitoring NICU tentunya sudah dipastikan aman untuk bayi.



Gambar 2. Alat-Alat yang Terhubung Kepada Bayi didalam Inkubator

Alat-alat tersebut yang digambarkan pada gambar 2 adalah Cardiorespiratory Monitor (CR) yang menampilkan detak dan pola jantung dan pernapasan bayi di layar. Kabel dari monitor ditempelkan pada tambalan perekat di kulit dada, dan perut bayi, *Pulse Oximeter* untuk mengukur tingkat oksigen (disebut saturasi oksigen) dalam darah bayi. Itu melekat pada kulit dengan sensor yang ditempelkan di tangan atau kaki bayi. Ia bekerja dengan menyorotkan cahaya melalui tangan atau kaki bayi, Probe suhu yang ditempatkan pada kulit bayi dengan *patch* perekat. Sebuah kawat menghubungkan probe suhu ke penghangat di atas kepala (atau inkubator) untuk membantu mengatur panas yang dibutuhkan untuk menjaga bayi tetap hangat dan pengukur tekanan darah yang berbentuk seperti *cuff* tekanan darah pada umumnya namun lebih kecil atau sebagai bentuk kateter arteri yang berupa tabung kecil yang dimasukkan ke dalam arteri [14].

3.3. Alat Pemantauan Bayi Berbasis Wearable

3.3.1. Lapisan Arsitektur

Wearable terdiri dari banyak lapisan dimana setiap lapisan memiliki fungsionalitas yang berbeda. Arsitektur adalah letak dari setiap lapisan tersebut di dalam sebuah desain sistem. Arsitektur dari *wearable* meliputi biosensor, mikroprosesor, jaringan komunikasi/ IoT service, basis data, analisis data dan antarmuka pengguna [15]. Gambar 3 menunjukkan lapisan dan contoh barang atau layanan yang umumnya digunakan untuk sistem wearable.

Salamah, Basari

Desain Arsitektur Sistem Pemantauan Tanda Vital dan Postur Bayi Berbasis Wearable dalam Pencegahan Kejadian Bayi Mati Mendadak



Gambar 3. Lapisan Arsitektur Sistem Wearable

Penjelasan untuk setiap lapisan akan dibahas sebagai berikut:

Biosensor

Wearable berisi beberapa biosensor untuk mendeteksi nilai berbagai parameter kesehatan seperti suhu, laju respirasi, detak jantung dan lain-lain. Contoh dari biosensor yang digunakan pada sistem seperti sensor thermistor untuk mendeteksi temperatur bayi dan sensor strain gauge yang mendeteksi laju respirasi. Biosensor dipastikan untuk tidak berukuran besar dan abrasif yang menyebabkan ketidaknyamanan pada bayi. Dianjurkan sistem *wearable* menggantikan sensor tradisional dengan sensor terintegrasi tekstil berukuran kecil dan nyaman yang nyaman dikenakan bayi untuk waktu lama.

Mikroprosesor

Mikroprosesor berisi banyak komponen dan algoritma untuk mengekstrak informasi yang berguna dari sinyal yang diterima dari sensor seperti mengubah sinyal analog ke digital, menghilangkan noise dari sinyal, memperkuat sinyal, memfilter data, membandingkan data dengan nilai ambang batas dan lain-lain. Jenis prosesor dapat bervariasi tergantung pada desain sistem, kompatibilitas dengan biosensor dan tipe protokol komunikasi yang digunakan. Sementara beberapa sistem menggunakan prosesor tunggal untuk melakukan semua tugas, yang lain menggunakan prosesor bersama dengan komponen individu yang berbeda untuk pemrosesan seperti filter analog, konverter analog-ke digital (ADC) dan filter lainnya tergantung pada desain sistem.

Jaringan Komunikasi / IoT Service

Parameter yang ditangkap oleh sensor dikirim ke prosesor melalui komunikasi kabel atau nirkabel. Perangkat pemantauan tradisional menggunakan kabel yang bisa sangat tidak nyaman dan dapat mengganggu pergerakan bayi. Oleh karena itu, komunikasi nirkabel lebih dianjurkan untuk komunikasi antara sensor ke prosesor dan antara prosesor ke basis data berbasis cloud untuk diproses. Berberapa protokol yang dapat digunakan bergantung terhadap protocol stack yang digunakan umumnya lapisan yang paling umum digunakan untuk komunikasi antara mikroprosesor menuju basis data berbasis cloud adalah pada lapisan aplikasi, dimana protokol

Salamah, Basari

Desain Arsitektur Sistem Pemantauan Tanda Vital dan Postur Bayi Berbasis Wearable dalam Pencegahan Kejadian Bayi Mati Mendadak

yang umum digunakan seperti HTTP, MQTT, XMPP. Sedangkan pada lapisan fisik yang umumnya digunakan sebagai komunikasi antara sensor dan prosesor menggunakan Bluetooth LE, Zigbee yang berbasis sinyal radio dan lainnya [16]. Pilihan dari protokol komunikasi harus disesuaikan dengan tujuan penggunaan, performa, konsumsi energi dan limitasi dari perangkat keras.

Basis Data

Basis data dapat bersifat lokal atau berbasis cloud yang menyimpan parameter kesehatan yang terbaca untuk kemudian dapat dimasukkan ke dalam sistem untuk diproses. Saat ini banyak layanan IoT Cloud Framework yang dapat membantu pengembang untuk dapat mengkonfigurasi integrasi basis data berbasis cloud dengan mikroprosessor dan juga menyediakan layanan seperti cloud computing yang membantu menanggulangi limitasi komputasi mikroprosessor dalam menjalankan algoritma machine learning untuk data yang didapatkan dari sensor [17]. Data pada database berbasis cloud dapat diunggah melalui wireless fidelity (Wi-Fi) atau general packet radio service (GPRS) dan dapat diakses di mana saja.

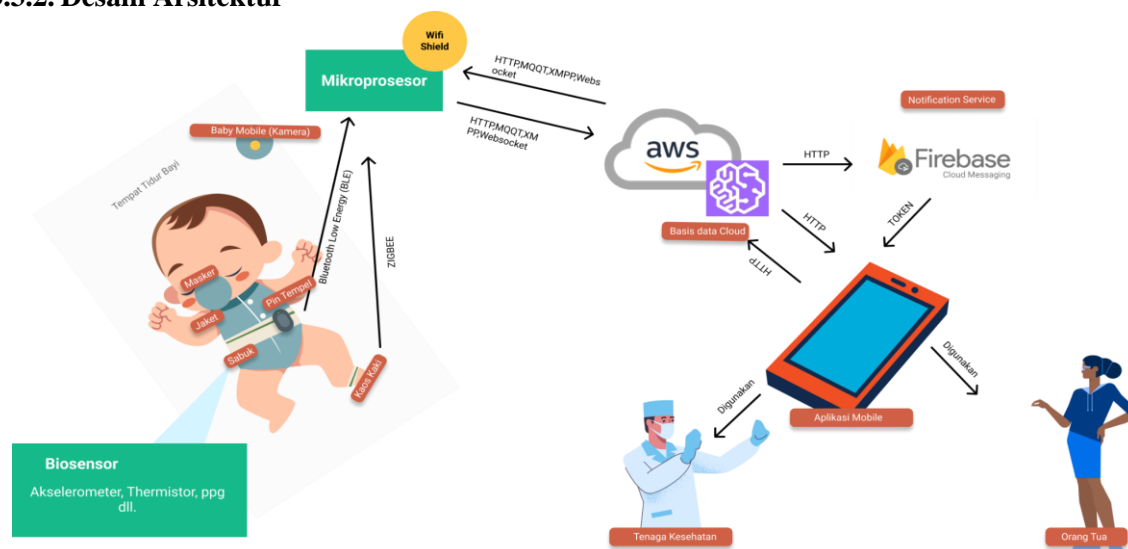
Analisis Data

Fungsi analisis data adalah mendeteksi adanya kelainan atau abnormalitas pada bacaan parameter kesehatan dan menentukan kelainan apakah itu. Contohnya deteksi takikardia pada parameter detak jantung. Hal ini untuk memunculkan alarm melewati notifikasi yang akan muncul pada antarmuka pengguna. Dalam hal variasi parameter dari nilai ambang, batas di mana nilai parameter yang dipantau biasanya dapat bervariasi bergantung terhadap model skoring yang digunakan. Hasil analisis akan memicu alarm melalui sistem alarm atau mengirimkan pemberitahuan melalui sistem notifikasi untuk memberi tahu orang tua atau profesional perawatan kesehatan mengenai kondisi yang dialami bayi.

Antarmuka Pengguna

Prosesor atau hasil dari analisis data pada cloud computing akan menampilkan data sensor yang mentah atau sudah diproses menjadi informasi kepada orang tua atau penyedia layanan kesehatan melalui antarmuka pengguna grafis (GUI) yang dapat berupa LED, tampilan website atau aplikasi smartphone berbasis IOS atau Android yang khusus dirancang untuk sistem.

3.3.2. Desain Arsitektur



Gambar 4. Desain Arsitektur

Salamah, Basari

Desain Arsitektur Sistem Pemantauan Tanda Vital dan Postur Bayi Berbasis Wearable dalam Pencegahan Kejadian Bayi Mati Mendadak

Desain sistem yang digambarkan pada gambar 4 terdiri dari tipe *wearable* yang bermacam seperti sabuk, jaket, pin tempel, masker, kaus kaki dan lainnya. Tiap *wearable* terdiri dari biosensor atau mikroprosesornya sendiri. Setiap *wearable* dapat memiliki lebih dari satu sensor, sensor yang umum adalah akselerometer, sensor temperatur, sensor berbasis optik untuk mendeteksi saturasi oksigen dan lainnya. Data sensor dikirimkan ke mikroprosesor menggunakan protokol seperti BLE, Zigbee dan lainnya. Mikroprosesor memiliki wifi shield untuk dapat mengirim data melewati lapisan protokol aplikasi menggunakan protokol seperti HTTP, MQTT, XMPP dan lainnya. Mikroprosesor mengirimkan data sensor dalam bentuk mentah atau hasil olahan berdasarkan teknik analisis data yang digunakan menuju basis data berbasis cloud contohnya Amazon Web Service (AWS) Cloud. Program analisis data juga dapat berada pada komputasi cloud. Hasil bacaan kemudian dikirim melalui HTTP kepada layanan notifikasi seperti Firebase Cloud Messaging (FCM) yang akan mengirim notifikasi kepada aplikasi di smartphone dapat berbasis IOS, Android atau web. Antarmuka juga dapat berbentuk lain seperti display LCD langsung terhubung dengan mikroprosesor.

3.3.3. Perbandingan Teknologi Pemantauan Bayi berbasis *Wearable*

Berikut adalah tabel 2 yang membandingkan parameter kesehatan yang dideteksi, sensor, jaringan komunikasi yang digunakan, kelebihan, jenis antarmuka, limitasi dan teknik deteksi produk-produk kesehatan bayi komersial maupun prototipe riset saat ini. Produk komersial memiliki kelebihan berupa adanya hasil pengujian kepada pengguna yang nyata namun teknik deteksi tidak dijelaskan secara detail dikarenakan menjaga kerahasiaan dagang.

Salamah, Basari

Desain Arsitektur Sistem Pemantauan Tanda Vital dan Postur Bayi Berbasis Wearable dalam Pencegahan Kejadian Bayi Mati Mendadak

Tabel 2. Produk Monitor Kesehatan Bayi Komersil dan Prototipe Riset Saat Ini

Nama	Parameter yang dideteksi	Sensor	Jaringan Komunikasi	Antarmuka	Kelebihan	Limitasi	Tipe Wearable	Tahap Produk
Owlet Smart Sock 2 [18]	Laju pernapasan Detak jantung	<i>Pulse oximeter sensor</i>	Bluetooth Low Energy (BLE)	Aplikasi Smartphone	Nyaman digunakan bayi dan mirip dengan bentuk alat monitoring tradisional untuk parameter yang sama Pembacaan akurat Terdiri dari beberapa ukuran	Harga cukup mahal Sering diskonek dan banyak deteksi palsu/salah	Kaus Kaki	Komersil
Mimo Smart Baby [19]	Laju pernapasan Temperatur Pola tidur Posisi bada Audio (menandakan bayi terbangun atau	Sensor kura-kura kustom	Bluetooth Low Energy (BLE)	Aplikasi Smartphone	Nyaman digunakan bayi Terdiri dari beberapa ukuran	Sulit untuk digunakan dan tidak cocok untuk beberapa orang Sensor kurang nyaman	Onesie/ Baju Kodok panjang	Komersil

Salamah, Basari

Desain Arsitektur Sistem Pemantauan Tanda Vital dan Postur Bayi Berbasis Wearable dalam Pencegahan Kejadian Bayi Mati Mendadak

	tidak)							
MonBaby [20]	Laju pernapasan Pergerakan tubuh	Tiap sensor berbeda untuk tiap parameter	Bluetooth Low Energy (BLE)	Aplikasi Smartphone	Tidak intrusif dan bisa ditempel di pakaian mana saja	Jarak sangat jelek Sering ada deteksi alarm palsu/salah	Ditempel pada pakaian	Komersil
Sense-U Smart Swaddle Blanker [21]	Laju pernapasan, Suhu Posisi tubuh	Tiap sensor berbeda untuk tiap parameter	Bluetooth Low Energy (BLE)	Aplikasi Smartphone	Ringan dan Nyaman Baik untuk prevensi SIDS	Sering terjadi deteksi alarm palsu/salah	Swaddle/Bedong	Komersil
Dhumal <i>et.al</i> [22]	Detak jantung Temperatur	Sensor temperatur digital dan sensor detak jantung	Bluetooth Low Energy (BLE)	Aplikasi Mobile	Informasi yang diberikan lengkap	Tidak menyediakan hasil pengujian	Sarung Tangan	Prototipe Riset

Salamah, Basari

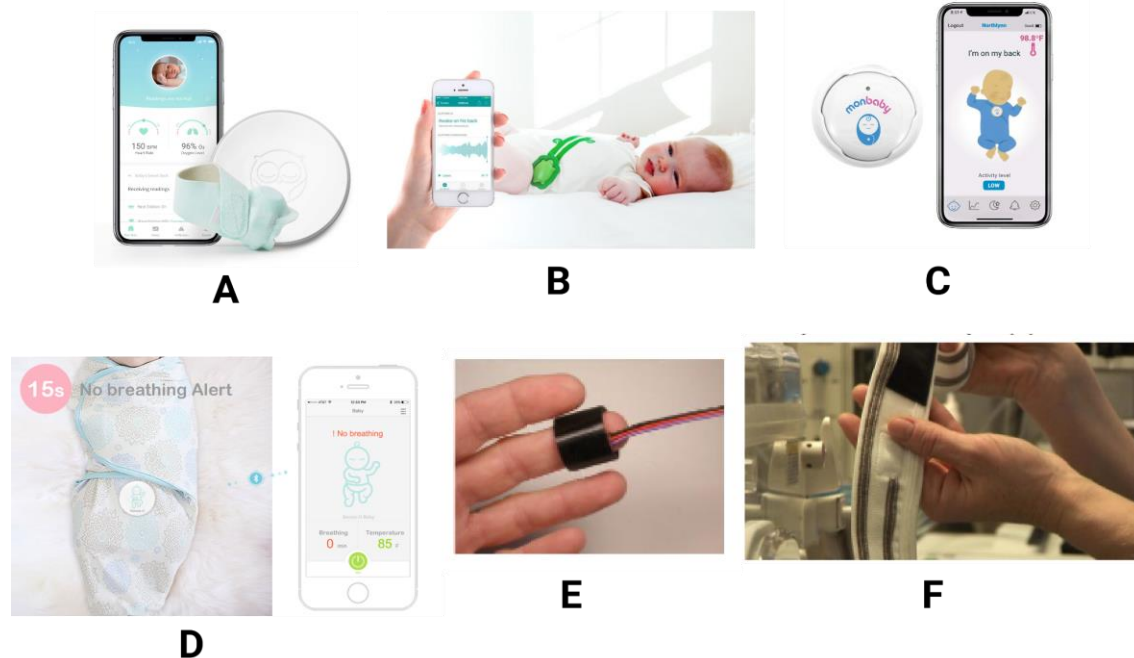
Desain Arsitektur Sistem Pemantauan Tanda Vital dan Postur Bayi Berbasis Wearable dalam Pencegahan Kejadian Bayi Mati Mendadak

Piccini <i>et.al</i> [23]	Suhu Laju nafas Detak Jantung Pergerakan tubuh SPO2	Akselerometer linier, Ekstensometer tekstil, Termistor NTC dan Oksimeter pulsa	Bluetooth	Browser	Nyaman digunakan dan dapat muat dengan bayi dengan mudah Non Invasif	Data pengujian kurang lengkap untuk dapat dibandingkan dengan produk komersil	Sabuk	Prototipe Riset
Patil dan Mhetre [24]	Temperatur tubuh Detak jantung Kondisi kelmababn Pergerakan tubuh	Sensor Temperatur, Akselerometer, sensor optik, transmitter IR dan elektrode tembaga	Kabel	LCD, Alarm dan SMS	Hasil yang didapatkan sesuai dengan hasil yang didapatkan dari alat monitor tradisional	Komunikasi menggunakan kabel sangat tidak nyaman untuk bayi	Kaus kaki dan klip jari	

Salamah, Basari

Desain Arsitektur Sistem Pemantauan Tanda Vital dan Postur Bayi Berbasis Wearable dalam Pencegahan Kejadian Bayi Mati Mendadak

Berdasarkan analisis kompetitif pada produk komersil maupun riset dalam gambar 5 didapatkan bahwa mayoritas produk komersil maupun riset memiliki limitasi yaitu deteksi palsu yang cukup sering atau berulang maka dibutuhkan sistem pemberitahuan pemantauan yang lebih efektif yang memiliki alat penunjang untuk deteksi posisi bayi.



Gambar 5. (a) Owlet Smart Sock 2, (b) Mimo Smart Baby, (c) MonBaby, (d) Sense U Smart Swaddle Blanket, (e) Dhupal et.al smart baby monitoring, (f) Paccini et.al. infant monitoring.

3.3.4. Teknik Deteksi Postur dan Pergerakan Bayi dan Tanda Vital

Ada dua teknik yang dapat digunakan untuk mendeteksi postur dan pergerakan bayi. Berdasarkan beberapa penelitian terdapat teknik deteksi postur bayi menggunakan citra dan menggunakan akselerometer. Teknik deteksi kondisi berdasarkan tanda vital juga dapat menggunakan pediatric rothman index (pRI).

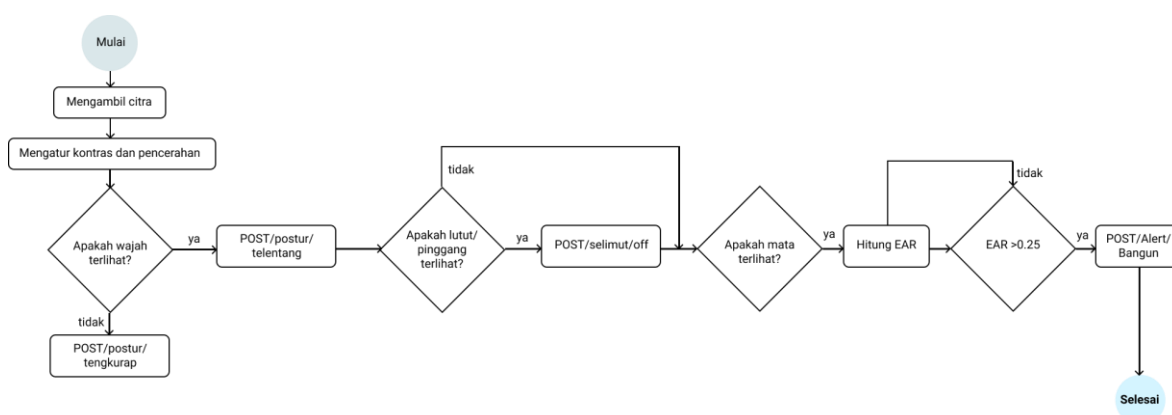
3.3.4.1. Teknik Deteksi Postur Tidur Bayi Menggunakan Citra

Teknik deteksi pose yang dikembangkan oleh Khan et.al. digunakan untuk mendeteksi bagian tubuh [25]. Fitur-fitur tersebut kemudian dimasukkan ke dalam jaringan konvolusi transpos multi-cabang. Jaringan cabang ini secara bersamaan memprediksi *Heatmaps* dan matriks Part Affinity Field (PAF) [26]. Model dilatih untuk 160 epochs dengan dataset COCO [27]. Kumpulan data COCO adalah kumpulan data yang berisi 1,5 juta objek dan 80 kategori objek. Dataset memiliki gambar 250.000 orang dari mereka 56.165 orang telah diberi label poin-poin penting seperti hidung, mata, EAR dan lain-lain.

Wajah bayi dideteksi menggunakan Multi-Task Cascaded Convolutional Neural Network (MTCNN). Ini adalah metode berbasis pembelajaran yang mendalam. Tidak hanya dapat mendeteksi wajah tetapi juga dapat mendeteksi landmark seperti lokasi kedua mata, hidung, dan mulut. Model memiliki struktur kaskade dengan tiga Jaringan [28]. Landmark mata yang terdeteksi oleh MTCNN hanya memberikan lokasi mata dan tidak dapat digunakan untuk mendeteksi apakah mata terbuka atau tertutup. Alur deteksi postur menggunakan citra digambarkan pada gambar 6.

Salamah, Basari

Desain Arsitektur Sistem Pemantauan Tanda Vital dan Postur Bayi Berbasis Wearable dalam Pencegahan Kejadian Bayi Mati Mendadak



Gambar 6. Alur Kerja Pemberitahuan Deteksi Postur

3.3.4.2. Teknik Deteksi Postur Tidur Bayi Menggunakan Akselerometer

Akselerometer adalah sensor yang mengukur percepatan objek yang bergerak di sepanjang sumbu referensi. Mengukur aktivitas fisik menggunakan akselerometri lebih disukai karena percepatan sebanding dengan gaya eksternal dan karenanya dapat mencerminkan intensitas dan frekuensi gerakan manusia terutama dalam makalah ini yaitu bayi [29]. Data akselerometri dapat digunakan untuk memperoleh informasi kecepatan dan perpindahan dengan mengintegrasikan data akselerometri terhadap waktu [30]. Beberapa akselerometer dapat merespons gravitasi untuk memberikan penginderaan kemiringan sehubungan dengan bidang referensi saat akselerometer berputar dengan objek. Data kemiringan yang dihasilkan dapat digunakan untuk mengklasifikasikan postur tubuh atau orientasi bayi [31]. Pada tabel 3 diberikan spesifikasi sensor akselerometer dalam deteksi postur dan orientasi tubuh bayi.

Tabel 3. Spesifikasi Sensor Akselerometer Untuk Sistem

Nama	Jumlah akselerometer	Tipe <i>wearable</i> dan penempatan	Kekurangan	Kelebihan
Singh et al [32]	4 kustom akselerometer	Pergelangan tangan dan kaki	Jumlah positif palsu dan negatif palsu terlalu tinggi untuk dapat dijadikan alat medis yang berfungsi.	Akurasi tinggi senilai 89.9%
Heinze et al. [33]	4 akselerometer	Ekstrimitas	Karakteristik yang dapat dideteksi hanya berdasarkan tangan dan kaki	Mudah digunakan untuk rutinitas harian, Murah
Gima et.al [34]	2 akselerometer	Pergelangan kaki	Hanya baik untuk bayi baru lahir atau bayi yang sangat muda, Sampel pengujian kecil dan sampel tidak memiliki latar belakang kelainan otak	Deteksi ekstrimitas bawah lebih baik

3.3.4.3. Teknik Deteksi Tanda Vital menggunakan Pediatric Rothman Index (pRI)

Indeks Rothman adalah indeks perburukan kondisi kesehatan berdasarkan data dalam rekam medis elektronik [35]. 26 variabel yang termasuk ke dalam Indeks Rothman ditunjukkan

Salamah, Basari

Desain Arsitektur Sistem Pemantauan Tanda Vital dan Postur Bayi Berbasis Wearable dalam Pencegahan Kejadian Bayi Mati Mendadak

dalam tabel 4. Perburukan kondisi kesehatan diprediksi oleh penurunan cepat dalam Indeks Rothman, atau dengan nilai absolut yang rendah dari Indeks Rothman.

Tabel 4. Variabel yang Merupakan Masukan dalam Indeks Rothman

Tanda-tanda vital	Pemeriksaan Perawatan (kepala hingga jempol kaki)	Pemeriksaan perawatan (lain)	Hasil Lab	Ritme Jantung
Temperatur Diastolik Sistolik Saturasi oksigen Laju Napas Detak Jantung	Jantung Respirasi Gastrointestinal Genitourinary Kulit Keselamatan Pembuluh Darah Perifer Makanan dan Nutrisi Psikososial Muskuloskeletal	Skor Braden	Kreatinin Natrium <i>Chloride</i> <i>Potassium</i> BUN WBC Hemoglobin	Asistol Ritme Sinus Ritme bradikardia Ritme Takikardia Fibrilasi Atrial Atrial Flutter <i>AV Block</i> <i>Junctional Rhytm</i> <i>Ventricular Fibrillation</i>

Indeks Rothman dihitung sebagai dari jumlah kelainan/abnormalitas pada setiap variabel yang ditunjukkan oleh rumus berikut:

$$Rothman\ Index = 100 - (Scale\ Factor) \sum_{Input=1}^{#variables} Excess\ risk\ Input$$

Pada penelitian oleh da Silva dibuat tabel rentang normal menggunakan model prediksi Pediatric Rothman Indeks (pRI) yang didasarkan dari rentang normal spesifik yang dijelaskan dalam Nelson Textbook of Pediatrics [36]. Parameter yang digunakan adalah temperatur (T), detak jantung (HR), tekanan darah sistolik (SBP), tekanan darah diastolik (DBP), laju napas (RR) dan saturasi oksigen (Spo2). Rentang normal yang disesuaikan dengan usia pada tabel 5 kemudian dimodifikasi untuk mencerminkan ambang batas yang akan memicu kondisi henti jantung [37]. Pada Spo2 nilai kurang dari 90% sudah dianggap abnormal. Data biner (normal atau abnormal) untuk setiap tanda vital dihasilkan untuk digunakan sebagai prediktor. Rangkaian prediktor menggunakan pRI dimana data tanda vital berkelanjutan dapat diimpor dan pRI dihitung ulang dengan interval hingga setiap 4 menit. Dalam mendeteksi sensitivitas dan spesifisitas dari pRI digunakan *Receiver operating characteristic* (ROC) yang dihasilkan oleh penelitian da Silva dimana sensitivitas dan spesifisitas untuk kemampuan memprediksi kondisi henti jantung atau kondisi yang membutuhkan transfer ke PICU telah ditentukan dengan nilai batas pRI 30, 40, dan 50.

Salamah, Basari

Desain Arsitektur Sistem Pemantauan Tanda Vital dan Postur Bayi Berbasis Wearable dalam Pencegahan Kejadian Bayi Mati Mendadak

Tabel 5. Rentang yang Disesuaikan dengan Usia yang Digunakan dalam Model Prediksi Berbasis Tanda Vital

Umur	HR min	HR maks	RR Min	RR maks	SBP min	SBP maks	DBP Min	DBP maks	SpO2 Min
0-3 Bulan	60	170	20	55	50	90	25	60	90
>3-12 Bulan	60	160	20	45	50	110	35	70	90
>12-72 Bulan	60	150	15	40	70	120	40	80	90
>72 Bulan-12 tahun	50	120	12	40	80	130	45	80	90
>12 tahun	50	100	12	35	90	140	50	85	90

4. KESIMPULAN

Makalah ini menggambarkan desain arsitektur sistem pemantauan kesehatan bayi berdasarkan analisis kompetitor teknologi dan penelitian terbaru sistem pemantauan kesehatan bayi berbasis *wearable* untuk meminimalisir kejadian kematian bayi mendadak atau deteksi dini kondisi kesehatan lain. Desain arsitektur meliputi lapisan-lapisan dari sistem maupun alur komunikasi antar lapisan yang kemudian dibahas makalah ini. Desain arsitektur sistem yang dibahas pada makalah ini juga membahas modul yang digunakan beserta teknik deteksi postur maupun kesehatan bayi. Deteksi postur bayi menggunakan akselerometer dan citra. Lalu teknik deteksi tanda vital menggunakan metode berbasis pediatrik rothman indeks.

5. SARAN

Berdasarkan penggambaran desain arsitektur dari sistem ini dibutuhkan pengembangan desain sistem untuk mengukur efektivitas dari sistem ini dibandingkan dengan sistem komersil yang sudah tersedia saat ini. Selain itu analisis kompetitif yang dibahas dalam makalah ini untuk produk komersial maupun riset didapatkan bahwa mayoritas produk komersial maupun riset memiliki limitasi yaitu deteksi palsu yang cukup sering atau berulang maka dibutuhkan sistem pemberitahuan pemantauan yang lebih efektif yang memiliki alat penunjang untuk deteksi posisi bayi kedepannya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis berterima kasih atas dukungan Hibah PUTI Q2 Universitas Indonesia 2022.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] U.S. Department of Health & Human Services. Sudden Unexpected Infant Death and Sudden Infant Death Syndrome. Available online: <https://www.cdc.gov/sids/data.htm>. (diakses: 18 Desember 2021)
- [2] Memon, S. F., Memon, M., & Bhatti, S. (2020). Wearable technology for infant health monitoring: A survey. *IET Circuits, Devices & Systems*, 14(2), 115-129.
- [3] American Academy of Pediatrics Task Force on Sudden Infant Death Syndrome (2005). The changing concept of sudden infant death syndrome: diagnostic coding shifts, controversies regarding the sleeping environment, and new variables to consider in reducing risk. *Pediatrics*, 116(5), 1245-1255. <https://doi.org/10.1542/peds.2005-1499>
- [4] Eunice Kennedy Shriver National Institute of Child Health and Human Development. (2001). Targeting sudden infant death syndrome (SIDS): A strategic plan. Retrieved June 12, 2012, from http://www.nichd.nih.gov/publications/pubs/Documents/SIDS_Syndrome.pdf

- [5] Oshin, O., Okhanigbe, S., Oni, O., et al.: Proc. World Congress on Engineering and Computer Science (WCECS), San Francisco, USA, 2017.
- [6] Tewary, S., Majumderet, R.: 'A novel approach towards designing a wearable smart health monitoring system measuring the vital parameters and emergency situations in real-time and providing the necessary medical care through telemedicine'. IEEE Students' Conf. Electrical, Electronics and Computer Science (SCEECS), Bhopal, 2016, pp. 1–8.
- [7] Billingham, M., Starner, T.: 'Wearable devices: new ways to manage information', *Computer*, 1999, 32, (1), pp. 57–64.
- [8] Ferreira, A. G., Fernandes, D., Branco, S., Monteiro, J. L., Cabral, J., Catarino, A. P., & Rocha, A. M. (2016, March). A smart wearable system for sudden infant death syndrome monitoring. In 2016 IEEE International Conference on Industrial Technology (ICIT) (pp. 1920-1925). IEEE.
- [9] Hasan, M. N. U., & Negulescu, I. (2020). Wearable technology for baby monitoring: a review. *J. Text. Eng. Fash. Technol*, 6(112.10), 15406.
- [10] Moon, R. Y., Horne, R. S., & Hauck, F. R. (2007). Sudden infant death syndrome. *The Lancet*, 370(9598), 1578-1587.
- [11] Moon, RY. Fu, L. (2018). Sudden Infant Death Syndrome: An Update. *Pediatrics in Review*, 33(7), pp. 314-318.
- [12] D'Halluin, A. R., Roussey, M., Branger, B., Venisse, A., & Pladys, P. (2011). Formative evaluation to improve prevention of sudden infant death syndrome (SIDS): a prospective study. *Acta Paediatrica*, 100(10), e147-e151.
- [13] Creative Strategies International. (1980). Fetal and neonatal monitoring equipment. San Jose, Calif.
- [14] Ashok K.Deorari et.al (2020). Neonatal Equipment Everything that you would like to know 5th Edition.CBS Publishers and Distributors.
- [15] Mazzei, D., Baldi, G., Montelisciani, G., & Fantoni, G. (2018). A full stack for quick prototyping of IoT solutions. *Annals of Telecommunications*, 73(7), 439-449.
- [16] Bayılmış, C., Ebleme, M. A., Çavuşoğlu, Ü., Küçük, K., & Sevin, A. (2022). A survey on communication protocols and performance evaluations for Internet of Things. *Digital Communications and Networks*.
- [17] Ray, P. P. (2016). A survey of IoT cloud platforms. *Future Computing and Informatics Journal*, 1(1-2), 35-46.
- [18] 'Owlet Smart Sock 2 Official Website. Available at <https://owletcare.com/products/owlet-smart-sock>, diakses 20 Juni 2022
- [19] MIMO Baby Official Website'. Available at <https://www.mimobaby.com>, diakses 20 Juni 2022
- [20] MonBaby Official Website. Available at <https://monbaby.com/en/>, diakses 20 juni 2022
- [21] MonBaby Reviews'. Available at <https://www.amazon.com/New-MonBaby-Smart-Button-Breathing/dp/B01NCEG3F9?th=1#customerReviews>, diakses 20 juni 2022.
- [22] Dhumal, S., Kumbhar, N., Tak, A., et al.: 'Wearable health monitoring for babies', *Int. J. Comput. Eng. Technol. (IJCET)*, 2016, 7, pp. 15–23.
- [23] Piccini, L., Ciani, O., Grönvall, E., et al.: 'New monitoring approach for neonatal intensive care unit'. Fifth Int. Workshop for Wearable Micro and Nanosystems for Personalized Health, Valencia, Spain, 2008.
- [24] Patil, S., Mhetre, M.: 'Intelligent baby monitoring system', *ITSI Trans. Electr. Electron. Eng.*, 2014, 2, (1), pp. 11–16.
- [25] Khan T. An Intelligent Baby Monitor with Automatic Sleeping Posture Detection and Notification. *AI*. 2021; 2(2):290-306. <https://doi.org/10.3390/ai2020018>.
- [26] NVIDIA AI IOT TRT Pose. Available online: https://github.com/NVIDIA-AI-IOT/trt_pose, diakses 20 juni 2022.
- [27] Cao, Z.; Simon, T.; Wei, S.; Sheikh, Y. Realtime Multi-person 2D Pose Estimation Using Part Affinity Fields. In Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and

- Pattern Recognition (CVPR), Honolulu, HI, USA, 21–26 July 2017; pp. 1302–1310.
- [28] Xiao, B.; Wu, H.; Wei, Y. Simple baselines for human pose estimation and tracking. In Proceedings of the European Conference on Computer Vision (ECCV), Munich, Germany, 8–14 September 2018.
- [29] Chen, H., Xue, M., Mei, Z., Bambang Oetomo, S., & Chen, W. (2016). A Review of Wearable Sensor Systems for Monitoring Body Movements of Neonates. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 16(12), 2134. <https://doi.org/10.3390/s16122134>.
- [30] Yang, C. C., & Hsu, Y. L. (2010). A review of accelerometry-based wearable motion detectors for physical activity monitoring. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 10(8), 7772–7788. <https://doi.org/10.3390/s100807772>.
- [31] Chen KY, Bassett DR., Jr The technology of accelerometry-based activity monitors: Current and future. *Med. Sci. Sports. Exerc.* 2005;37:490–500.
- [32] Singh M., Patterson D.J. Involuntary gesture recognition for predicting cerebral palsy in high-risk infants; Proceedings of the International Symposium on Wearable Computers (ISWC); Seoul, Korea. 10–13 October 2010; pp. 1–8.
- [33] Heinze F., Hesels K., Breitbach-Faller N., Schmitz-Rode T., Disselhorst-Klug C. Movement analysis by accelerometry of newborns and infants for the early detection of movement disorders due to infantile cerebral palsy. *Med. Biol. Eng. Comput.* 2010;48:765–772. doi: 10.1007/s11517-010-0624-z.
- [34] ima H., Ohgi S., Morita S., Karasuno H., Fujiwara T., Abe K. A dynamical system analysis of the development of spontaneous lower extremity movements in newborn and young infants. *J. Physiol. Anthropol.* 2011;30:179–186. doi: 10.2114/jpa2.30.179.
- [35] Gotur D, Masud F, Paraniham J, Zimmerman J. Analysis of Rothman Index Data to Predict Postdischarge Adverse Events in a Medical Intensive Care Unit. *J Intensive Care Med.* January 2018;885066618770128. doi:10.1177/0885066618770128.
- [36] da Silva, Y. S., Hamilton, M. F., Horvat, C., Fink, E. L., Palmer, F., Nowalk, A. J., ... & Clark, R. S. (2015). Evaluation of electronic medical record vital sign data versus a commercially available acuity score in predicting need for critical intervention at a tertiary children's hospital. *Pediatric Critical Care Medicine*, 16(7), 644–651
- [37] Hartman ME, Cheifetz IM: Pediatric emergencies and resuscitation. In: Nelson Textbook of Pediatrics. 19th edition. Kliegman RM, Stanton BF, St. Geme JW, et al (Eds.) Philadelphia, Elsevier Saunders, 2011, pp 279–296 .
- [38] Aliverti, A. (2017). Wearable technology: role in respiratory health and disease. *Breathe*, 13(2), e27–e36. doi:10.1183/20734735.00841