

Wearable Sensor Device berbasis IoT berbentuk Face Shield untuk Memonitor Detak Jantung

Rizky Pratama Hudhajanto ^{1*}, Indra Hardian Mulyadi ^{2**}, Ade Ari Sandi ^{3**}

* Teknik Mesin, Politeknik Negeri Batam

** Teknik Elektro, Politeknik Negeri Batam

rizkypratama@polibatam.ac.id¹, indra@polibatam.ac.id², adesandi87@gmail.com³

Article Info

Article history:

Received 2022-05-31

Revised 2022-06-17

Accepted 2022-06-23

Keyword:

ESP-WROOM-32,

COVID-19,

Faceshield,

IoT,

Wearable Sensor Device.

ABSTRACT

The heart is a very important part of the body. The main job of the heart is to pump blood to all parts of the body. The heart has a rhythmic beat when it is pumping blood. This rhythm varies according to the health condition of a person. Therefore, it is necessary to have a system to monitor this rhythm change. The most well-known way to detect the rhythm or speed of the heartbeat is by using sensors. This paper presents the design, realization, and experimentation of a unique sensing device using a heart rate sensor and an IoT device. The heart rate sensor used is the MAX30100 sensor. As the main processing is an ESP-WROOM-32 which is famous for its WiFi and Bluetooth features. All these devices are combined in a sensor box that is embedded in the face shield. The result is a face shield capable of monitoring heart rate and sending the data to smartphone using Blynk IoT platform. The experimental results show the instrument's accuracy value of 3.20% compared to the professional Pulse Oximeter used in hospitals.



This is an open access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.

I. PENDAHULUAN

Kecepatan detak jantung atau dalam bahasa inggris disebut dengan *Heartbeat Rate* adalah sebuah pengukuran tentang seberapa banyak jantung berkontraksi dalam jangka waktu satu menit. Dengan mengetahui berapa kecepatan detak jantung, kita bisa mendeteksi baik dan buruknya kesehatan seseorang. Kecepatan detak jantung biasanya bernilai lambat saat seseorang sedang beristirahat dan bisa sangat cepat ketika seseorang sedang melakukan aktivitas fisik maupun dalam kondisi stress [1]. Kecepatan detak jantung tidak selalu sama untuk setiap manusia. Namun perubahan detak jantung yang signifikan, baik di atas maupun di bawah batas normal, dapat mengindikasikan adanya sesuatu pada diri manusia [2]. Contoh salah satu alasan yang dapat mengubah kecepatan detak jantung adalah stres [3]. Oleh karena itu, pengukuran terhadap detak jantung secara teratur menjadi sangat penting karena kondisi kesehatan dapat diprediksi [4][5]. Di rumah sakit, para dokter dan ahli kesehatan akan menggunakan sebuah alat khusus untuk memonitor kecepatan detak jantung seorang pasien. Alat khusus ini biasanya berisi sensor-sensor, dan dengan adanya perangkat Internet of Things (IoT),

seorang dokter dapat memantau kesehatan pasien dari jarak jauh [6][7][8].

COVID-19 adalah suatu penyakit yang dapat diprediksi dari perubahan kecepatan detak jantung dari seseorang [9]. Seseorang dapat terdeteksi telah terinfeksi virus COVID-19 dari perubahan kecepatan detak jantungnya. Oleh karena itu penelitian mengenai sensor yang dapat mendeteksi adanya virus COVID-19 pada seseorang menjadi daya tarik utama bagi para peneliti dunia saat ini. Sampai dengan saat ini cara terbaik untuk menahan penyebaran COVID-19 adalah menjauhkan orang-orang yang terinfeksi dari orang lain yang sehat (belum atau sedang tidak terinfeksi) atau dalam kata lain disebut karantina. Salah satu cara penyebaran dari virus COVID-19 adalah dari menghirup tetesan kecil air liur orang yang telah terinfeksi [10][11]. Proses pendeteksian dan pemantauan juga akan menjadi efektif jika dapat dilakukan dari tempat yang jauh. Alasannya adalah selain dapat menghindarkan pemantau dari terinfeksi virus juga memudahkan pengawasan [12].

Saat ini telah banyak penelitian tentang sensor untuk mendeteksi kecepatan dan ritme detak jantung pada manusia. Mayoritas sensor yang digunakan adalah jenis sensor yang

dapat dikenakan oleh manusia atau yang biasa disebut *wearable sensor*. Sejak tahun 2020 sampai 2022 penggunaan *wearable sensor* telah diprediksi mencapai 162 juta perangkat di dunia [13]. Para peneliti dunia saat ini juga telah mengkoneksikan *wearable sensor* dengan jaringan internet untuk aplikasi kesehatan hingga mereka menyebut sistem ini dengan istilah *Internet of Medical Things (IoMT)* [14].

Penyebaran virus COVID-19 akibat dari tetesan air liur atau *droplets*, dapat ditanggulangi menggunakan masker, baik masker mulut (*face mask*), ataupun masker pelindung wajah (*face shield*) [15]. Di Indonesia sendiri, sejak pertama kali virus Covid-19 diberitakan telah menyebar, *face shield* menjadi salah satu senjata pelindung warga dari virus tersebut. Bahkan di era *New Normal* saat ini, banyak artis-artis maupun pekerja seni menggunakan *face shield* sebagai salah satu bentuk seni mode berpakaian [16]. Selain itu pada anak usia dini, penggunaan *face shield* lebih direkomendasikan daripada penggunaan *face mask* atau masker. Alasannya adalah penggunaan masker pada usia tersebut, dapat berpotensi menutup atau menghalangi aliran oksigen saat anak usia tersebut bernafas [17].

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan merealisasikan sebuah perangkat *face shield* yang dilengkapi dengan sensor untuk mendeteksi detak jantung. ESP-WROOM-32 digunakan sebagai *microcontroller* dengan sensor MAX30100 digunakan sebagai sensor detak jantung. Kemampuan ESP-WROOM-32 untuk terkoneksi dengan internet serta ukurannya yang kecil, menjadikan *microcontroller* ini sangat mumpuni dan efisien untuk disematkan pada *face shield*. Hasil akhir yang diharapkan adalah sebuah *face shield* yang pintar dan dapat mendeteksi detak jantung serta terkoneksi internet untuk kemudahan dalam proses pengambilan data dan pemantauan dari jarak jauh.

II. PENELITIAN LAIN YANG BERHUBUNGAN

Telah ada banyak penelitian mengenai teknik mengukur detak jantung menggunakan berbagai sensor secara digital. Salah satu contohnya yaitu, Miah dan kawan-kawan [18] telah berhasil mengukur detak jantung dan suhu tubuh dari seseorang dengan cara mengoneksikan sensor menggunakan Arduino. Alat-alat yang digunakan pada penelitian tersebut yaitu Arduino Uno, sensor temperatur, sensor detak jantung, perangkat Android, kabel, dan project board. Sensor detak jantung yang digunakan adalah sensor TCRT5000. Sensor ini bekerja memanfaatkan pantulan sinar inframerah yang dipancarkan oleh sebuah emitor dan fotodiode dipasang disampingnya untuk menerima pantulan. Untuk meningkatkan akurasi pembacaan sensor tersebut, sebuah rangkaian filter digunakan. Sedangkan sensor suhu yang digunakan adalah sensor LM35. Untuk lokasi pengambilan detak jantung, dipilih lokasi di bagian ibu jari. Hasil yang didapatkan adalah akurasi pembacaan yang jauh lebih baik dibandingkan hasil pembacaan manual menggunakan metode tradisional, yaitu menggunakan tangan manusia.

Brezulianu dan kawan-kawan [19] juga telah berhasil mengimplementasikan sistem pengukur detak jantung secara digital berbasis IoT. Sensor detak jantung yang digunakan adalah sensor induktif berbentuk spiral [20]. Sensor ini dapat mendeteksi induksi magnetik yang berubah seiring dengan pergerakan darah pada ibu jari. Kontribusi dari penelitian tersebut adalah sensor induksi spiral yang dapat diaplikasikan pada baju sehingga sensor dapat terus dipakai tanpa risiko akan menjadi pusat perhatian orang lain. Data dari sensor selanjutnya diteruskan ke sebuah *inductance-to-digital converter* (LDC), yang selanjutnya diproses oleh mikrokontroler dan dikirimkan ke *server* menggunakan perangkat *radio frequency (RF)*.

Patel dan kawan-kawan [21] berhasil mengukur detak jantung dengan menggunakan perangkat berbasis IoT. Seluruh alat yang digunakan antara lain: Arduino sebagai mikrokontroler pemroses utama pada data sensor, *pulse sensor* sebagai sensor detak jantung berbasis cahaya inframerah, LCD sebagai penampil data, dan NodeMCU sebagai *gateway* untuk mengirimkan data via koneksi internet. Hasilnya adalah sebuah sistem pengukur detak jantung yang dapat diberikan suatu batas nilai. Jika hasil pengukuran melebihi batas nilai, maka akan dikirimkan pesan peringatan pada sistem pemantauan berbasis web. Sehingga alat dapat digunakan untuk mendeteksi adanya serangan jantung pada seseorang.

Penggunaan sensor detak jantung dalam upaya penanggulangan COVID-19 telah dilakukan oleh Kuppusamy dan kawan-kawan [22]. Mirip dengan berbagai penelitian yang lain, penelitian tersebut menggunakan sensor detak jantung berbasis cahaya inframerah, sensor temperatur, Arduino UNO, dan modul WiFi ESP8266. Disisi tampilan web untuk penyajian data, digunakan platform IoT dari ThingSpeak. Seluruh perangkat sensor tersebut dirakit menggunakan sebuah *project board*, dan diaplikasikan pada pasien karantina COVID-19 di Andhra Pradesh, India. Selain menggunakan sensor digital, Kuppusamy dan kawan-kawan juga menggunakan pengukuran secara manual tekanan darah menggunakan tensimeter yang hasilnya dimasukkan ke antarmuka pengguna berbasis web. Seluruh data dapat diakses menggunakan peramban web. Sebuah sistem peringatan juga diaplikasikan untuk nilai pengukuran yang melebihi ambang batas, sehingga petugas kesehatan dapat dengan cepat memberikan tindakan terhadap pasien.

Dan yang terakhir adalah Shandilya dan kawan-kawan [23] yang telah berhasil membuat perangkat pendeteksi detak jantung yang diletakkan di kepala. Shandilya dan kawan-kawan menggunakan sensor detak jantung berbasis cahaya inframerah yang diletakkan pada sebuah ikat kepala. Penelitian tersebut memilih penggunaan sensor di kepala berdasarkan hasil penelitian dari Zeagler [24]. Zeagler sendiri pada penelitiannya membahas tentang lokasi yang nyaman dan meningkatkan rasa percaya diri untuk memakai *wearable sensor* berbasis IoT. Perangkat pemrosesan utama yang digunakan adalah micro:bit, yaitu sebuah komputer seukuran kantong baju manusia. Hasil akhirnya adalah sebuah

wearable sensor yang dapat mendeteksi detak jantung yang nyaman, serta modis sehingga dapat meningkatkan rasa percaya diri ketika digunakan di tempat umum.

Dari berbagai penelitian yang telah dilakukan tersebut, maka muncullah sebuah inspirasi untuk merancang dan merealisasikan sebuah perangkat *wearable sensor* yang dapat diaplikasikan ke sebuah *face shield*. Faktor yang menjadi fokus utama pada penelitian ini adalah kenyamanan dari pengguna. Selain itu juga harus sesuai mode terkini agar pengguna tidak merasa risih atau akan menjadi pusat perhatian jika digunakan di tempat umum.

III. SISTEM YANG DIRANCANG

Sensor MAX30100 digunakan sebagai pendeteksi detak jantung. Pemroses utama dalam sistem ini adalah ESP32-WROOM-32 berupa mikrokontroler dengan fitur konektivitas WiFi dan *Bluetooth Low Energy* (BLE).

A. Perangkat Lunak

- Arduino IDE
Perangkat lunak ini digunakan untuk mengubah dan mengunggah program pada ESP32-WROOM-32.
- Blynk
Platform untuk perangkat bergerak dengan operating system (OS) Android dan iOS untuk menampilkan data dari Arduino maupun untuk mengendalikan perangkat berbasis Arduino. Sangat mudah digunakan untuk orang awam.
- Microsoft Excel
Perangkat lunak untuk menyimpan data yang dihasilkan dari sensor. Data dari excel digunakan untuk backup dan juga untuk proses *troubleshooting* dari sensor.

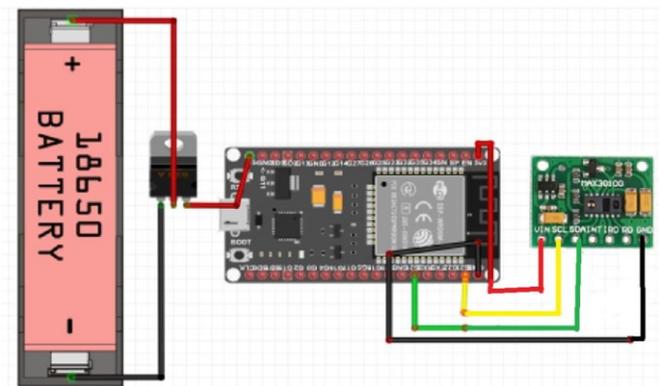
B. Perangkat Keras

- ESP-WROOM-32
Sebuah mikrokontroler mini yang memiliki fitur konektivitas WiFi dan Bluetooth LE. Perangkat ini juga memiliki berbagai peripheral seperti Capacitive touch sensors, Hall sensors, SD card interface, Ethernet, high-speed SPI, UART, I2S dan I2C. Dibandingkan dengan ESP8266, ESP32-WROOM-32 memiliki lebih banyak pin analog.
- Sensor MAX30100
Sebuah sensor detak jantung yang sangat modern. Dilengkapi dengan dua buah emitor, yaitu *red light* dan *infrared light*, menjadikan sensor ini dapat mengukur detak jantung dan *pulse oximetry* (SPO2). Sensor ini berkomunikasi dengan mikrokontroler dengan protokol I2C. Selain itu terdapat *voltage regulator* didalam sensor sehingga dapat digunakan dengan tegangan sebesar 5 volt, 3.3 volt, maupun 1.8 volt.
- Regulator tegangan LM7805
Sebuah regulator tegangan yang berfungsi untuk meregulasi tegangan yang berasal dari baterai agar

tetap berada di level 5 volt. Memiliki tegangan masukan sebesar 7 sampai 25 volt, dan arus maksimum sebesar 1,5 ampere, LM7805 sangat cocok untuk meregulasi baterai yang digunakan pada penelitian ini.

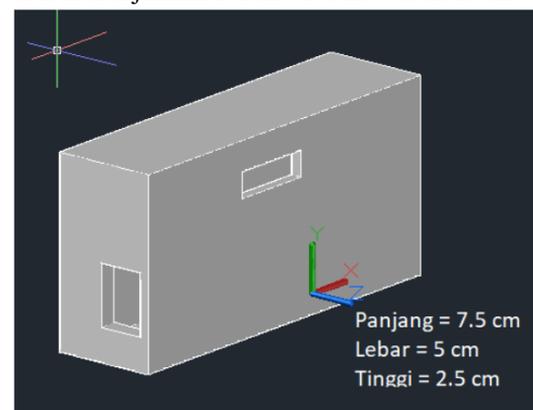
- Baterai 16340
Baterai yang dapat diisi ulang dengan tegangan sebesar 3,7 volt dengan kapasitas 950 mAh. Ukurannya yang kecil dapat dengan mudah disematkan pada perangkat *wearable sensor*.

Desain dari rangkaian elektronik sistem ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. ESP32-WROOM-32 terkoneksi dengan sensor MAX30100 dan LM7805 serta baterai.

Agar nyaman dan baik dipandang mata serta meningkatkan rasa percaya diri bagi penggunanya, maka desain tersebut perlu direalisasikan dalam sebuah wadah kotak secara rapi. Agar dapat menampung seluruh perangkat maka dibuat sebuah kotak berbahan plastik menggunakan pencetak 3D. Wadah kotak ini memiliki tempat untuk meletakkan baterai serta beberapa lubang untuk baut, dan untuk mengeluarkan bagian sensor yang harus kontak dengan dahi pengguna. Gambar 2 menunjukkan desain 3D dari wadah kotak.



Gambar 2. Tampilan kotak serta ukuran

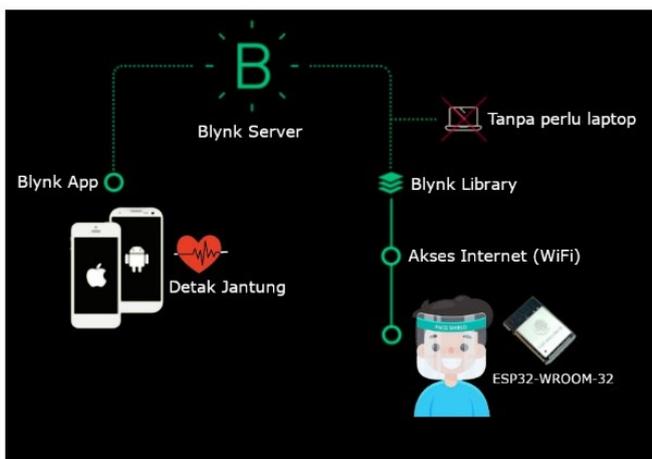
Lokasi penempatan sensor adalah di bagian atas dari *faceshield*. Gambar 3 menunjukkan ilustrasi lokasi

penempatan kotak wadah sensor pada *face shield* yang sedang digunakan oleh seseorang.



Gambar 3. Ilustrasi posisi sensor box

Data yang ditangkap oleh sensor MAX30100 selanjutnya diproses oleh mikrokontroler ESP32-WROOM-32. Arduino IDE digunakan untuk proses pemrograman. *Library* untuk mengambil data dan berkomunikasi dengan mikrokontroler menggunakan protokol I2C, juga telah disediakan oleh Arduino IDE. Dengan menggunakan koneksi WiFi, ESP32-WROOM-32 dapat terkoneksi dengan server Blynk yang berbasis *Cloud*. Seperti sebelumnya, Arduino IDE juga menyediakan *library* untuk membuat mikrokontroler dapat berkomunikasi dan berkiriman data dengan server tersebut. Selanjutnya, dengan menggunakan aplikasi Blynk app yang dapat diunduh pada *app market* dari *smartphone* bersistem operasi Android maupun iOS, data sensor dapat ditampilkan dan dipantau. Gambar 4 menunjukkan detail proses komunikasi antara ESP32-WROOM-32 hingga data dapat ditampilkan pada perangkat bergerak menggunakan jaringan internet.



Gambar 4. Diagram kerja dari Blynk

IV. HASIL SERTA DISKUSI

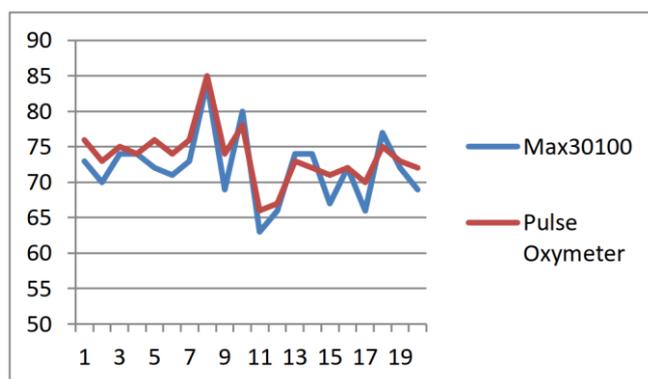
Dengan menggunakan mesin pencetak 3D, desain dari kotak wadah untuk sensor dan perangkat elektronik lainnya dapat terealisasi. Terdapat lubang atau ruang terbuka dibagian atas dari box untuk meletakkan baterai. Lubang ini menjadikan baterai mudah untuk dilepas-pasang, namun terdapat risiko jika alat terkena air, maka dapat terjadi arus pendek atau korosi pada baterai. Hasil realisasi dari desain elektronik serta penempatan nyata pada *faceshield* ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Bentuk nyata dari alat

Jika dianalisis dari segi kenyamanan, masih terdapat rasa tidak nyaman yang diakibatkan berat dari alat tersebut. Total berat alat adalah 240 gram. Berat ini terdiri dari berat 2 buah baterai 16340 sebesar 60 gram, berat kotak wadah sebesar 80 gram, berat dari *face shield* sebesar 50 gram, dan berat sisanya adalah berat dari perangkat elektronika. Ketika *faceshield* bersensor tersebut digunakan dan pengguna berjalan, maka ada risiko *faceshield* akan merosot ke bawah dan jatuh. Hal ini dapat diatasi dengan menambahkan karet pengikat atau *headband* pada bagian belakang *faceshield* untuk menjaga agar *faceshield* dan sensor tetap pada posisinya dan menempel pada dahi.

Selanjutnya analisis dilakukan pada keakuratan pembacaan detak jantung. Untuk mengetahui keakuratan detak jantung, alat yang dibuat dibandingkan dengan perangkat *Pulse Oxymeter* yang penggunaannya pada jari yang banyak dijual di pasaran dan dipakai di rumah sakit saat ini. Hasilnya ditunjukkan pada Gambar 6. Sumbu x menunjukkan iterasi percobaan, dan sumbu y adalah kecepatan detak jantung dalam *beats per minute* (bpm). Jika data pada *Pulse Oxymeter* dianggap sebagai data yang benar, maka dari 20 percobaan, hasil pembacaan *faceshield* dengan sensor memiliki rata-rata galat sebesar 3,20%.



Gambar 6. Grafik garis perbedaan pengukuran menggunakan faceshield dan pulse oxymeter

Data detak jantung dapat ditampilkan pada perangkat bergerak menggunakan *Blynk app*. Data disajikan dalam sebuah grafik yang menampilkan kecepatan detak jantung dalam satuan bpm pada sumbu y dan waktu dalam satuan menit pada sumbu x. Gambar 7 menunjukkan tampilan grafik secara *real time* pada aplikasi *Blynk app*.



Gambar 7. Tangkapan layar dari aplikasi Blynk

V. KESIMPULAN

Sebuah prototipe perangkat *wearable* pengukur kecepatan detak jantung yang diaplikasikan pada *face shield* telah berhasil didesain dan direalisasikan. Detak jantung yang terdeteksi pada dahi pengguna diukur oleh sebuah sensor detak jantung MAX30100 dan kemudian diproses oleh ESP32-WROOM-32. Dengan menggunakan koneksi wifi, ESP32-WROOM-32 akan mengirim data ke aplikasi Blynk yang ada pada perangkat bergerak. Alat yang diperoleh berupa sebuah perangkat *wearable* berbentuk *faceshield* yang dapat memonitor detak jantung pengguna dan

menampilkannya di perangkat bergerak. Akurasi yang didapatkan jika dibandingkan dengan *Pulse Oxymeter professional* yang digunakan pada rumah sakit adalah sebesar 3,20%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. E. Draghici and J. A. Taylor, "The physiological basis and measurement of heart rate variability in humans," *Journal of Physiological Anthropology*, vol. 35, no. 1, 2016.
- [2] D.-J. Oh, H.-O. Hong, and B.-A. Lee, "The effects of strenuous exercises on resting heart rate, blood pressure, and maximal oxygen uptake," *Journal of Exercise Rehabilitation*, vol. 12, no. 1, pp. 42–46, 2016.
- [3] J. Taelman, S. Vandepuit, A. Spaepen, and S. Van Huffel, "Influence of mental stress on heart rate and heart rate variability," *IFMBE Proceedings*, pp. 1366–1369, 2019.
- [4] D. S. Shakya, "Computational enhancements of wearable healthcare devices on Pervasive Computing System," *Journal of Ubiquitous Computing and Communication Technologies*, vol. 2, no. 2, pp. 98–108, 2020.
- [5] Jennifer S. Raj, "A novel information processing in IOT based Real Time Health Care Monitoring System," *Journal of Electronics*, vol. 2, no. 3, pp. 188–196, 2020.
- [6] S. S. Thomas, A. Saraswat, A. Shashwat, and V. Bharti, "Sensing heart beat and body temperature digitally using Arduino," 2016 International Conference on Signal Processing, Communication, Power and Embedded System (SCOPEs), 2016.
- [7] S. Abba and A. M. Garba, "An IOT-based smart framework for a human heartbeat rate monitoring and Control System," *The 6th International Electronic Conference on Sensors and Applications*, 2019.
- [8] A. Najmurokhman, R. Rahim, K. Kusnandar, B. Wibowo, D. E. Kurniawan, and Y. Sumaryat, "Design and Implementation of A Low Cost Heartbeat Meter using Vibration Sensor, ATmega 16 Microcontroller, and Android Based Smartphone", in 2018 International Conference on Applied Engineering (ICAE), Oct. 2018, pp. 1–5. doi: 10.1109/INCAE.2018.8579383.
- [9] F. Hasty, G. Garcia, H. Davila, S. H. Wittels, S. Hendricks, and S. Chong, "Heart rate variability as a possible predictive marker for acute inflammatory response in COVID-19 patients," *Military Medicine*, vol. 186, no. 1-2, 2021.
- [10] R. J. Roberge, "Face shields for infection control: A Review," *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, vol. 13, no. 4, pp. 235–242, 2016.
- [11] K. K. Cheng, T. H. Lam, and C. C. Leung, "Wearing face masks in the community during the COVID-19 pandemic: Altruism and Solidarity," *The Lancet*, vol. 399, no. 10336, 2022.
- [12] N. Al Bassam, S. A. Hussain, A. Al Qaraghuli, J. Khan, E. P. Sumesh, and V. Lavanya, "IOT based wearable device to monitor the signs of quarantined remote patients of COVID-19," *Informatics in Medicine Unlocked*, vol. 24, p. 100588, May 2021.
- [13] I. Azimi, A. Anzanpour, A. M. Rahmani, T. Pahikkala, M. Levorato, P. Liljeberg, and N. Dutt, "Hich," *ACM Transactions on Embedded Computing Systems*, vol. 16, no. 5s, pp. 1–20, 2017.
- [14] A. H. Mohd Aman, W. H. Hassan, S. Sameen, Z. S. Attarbashi, M. Alizadeh, and L. A. Latiff, "IOMT amid covid-19 pandemic: Application, architecture, technology, and security," *Journal of Network and Computer Applications*, vol. 174, p. 102886, Jan. 2021.
- [15] F. Akagi, I. Haraga, S.-ichi Inage, and K. Akiyoshi, "Effect of sneezing on the flow around a face shield," *Physics of Fluids*, vol. 32, no. 12, p. 127105, 2020.
- [16] Triyanto, N. Kholifah, E. K. Putri, "Bentuk Fungsi dan Makna Face Shield Teatrikal Era New Normal Selebriti Indonesia", *Prosiding Pendidikan Teknik Boga Busana FT UNY*, vol. 16, no. 1, 2021.
- [17] Y.-C. Liao, H.-Y. Bu, P.-J. Lee, Y.-S. Lin, and C.-H. Weng, "Design of novel Baby Personal Protective Equipment: A portable IOT-based Baby Protective Tent," 2021 Design of Medical Devices Conference, 2021.

-
- [18] Asaduzzaman Miah, Md et al. "Continuous heart rate and body temperature monitoring system using Arduino UNO and Android device." 2015 2nd International Conference on Electrical Information and Communication Technologies (EICT), p. 183-188, 2015.
- [19] A. Brezulanu et al., "IoT Based Heart Activity Monitoring Using Inductive Sensors," *Sensors*, vol. 19, no. 15, p. 3284, Jul. 2019.
- [20] D. Teichmann, A. Kuhn, S. Leonhardt, and M. Walter, "The main shirt: A textile-integrated Magnetic Induction Sensor Array," *Sensors*, vol. 14, no. 1, pp. 1039–1056, 2014.
- [21] N. Patel, P. Patel, N. Patel, "Heart Attack Detection and Heart Rate Monitoring using IoT", *International Journal of Innovations & Advancement in Computer Science (IJACS)*, vol. 7, no. 4, 2018.
- [22] G. Kuppusamy, P. Sireesha, M. Saiteja, S. Abdul, and S. Kumar, *International Journal of Innovative Research in Science Engineering and Technology*, vol. 11, no. 4, pp. 3791–3800, Apr. 2022.
- [23] E. Shandilya, Y. Wang, X. Zhao, M. Fan, EvoK: Connecting loved ones through Heart Rate sharing, eprint arXiv:2102.10685, 2021.
- [24] C. Zeagler, "Where to wear it," *Proceedings of the 2017 ACM International Symposium on Wearable Computers*, 2017.