OPEN ACCESS

CAFILLIFE: INOVASI DIGITAL UNTUK PEMANTAUAN FISIOLOGIS DAN KESELAMATAN TIM EVAKUASI BENCANA ALAM

Susmitha Canny[1], Ni Putu Ayu Laksmi Purwati[2], Muhammad Fajrin Ramadhani[3]

[1, 2, 3] Teknik Industri, Fakultas Rekayasa Industri, Universitas Telkom, Bandung, Indonesia

Email: cannysusmitha@gmail.com[1], laksmipurwati.npa@gmail.com[2], muhammadfajrin261003@gmail.com[3]

ABSTRAK

Indonesia memiliki tingkat kejadian bencana alam yang tinggi, yang tidak hanya membahayakan masyarakat terdampak tetapi juga tim evakuasi. Tim penyelamat berisiko mengalami cedera atau kehilangan nyawa akibat kondisi ekstrem dan keterbatasan sistem pemantauan. Penelitian ini mengembangkan sistem pemantauan fisiologis berbasis sensor dalam perangkat *wearable* bernama CAFILLife. Perangkat ini memantau detak jantung, laju pernapasan, suhu kulit, dan lokasi pengguna secara *real- time*. Dengan dukungan teknologi *Internet of Things* (IoT), data dikirim ke pusat pemantauan berbasis web dan aplikasi *mobile*, memungkinkan pengawasan tim secara cepat dan akurat. Metode penelitian mencakup perancangan perangkat dan pengujian melalui simulasi pencarian di berbagai lingkungan ekstrem. Hasil uji coba menunjukkan bahwa CAFILLife memiliki akurasi pelacakan lokasi hingga ±2,5 meter dan mampu bertahan dalam suhu hingga 85°C. Data fisiologis yang dikumpulkan memungkinkan deteksi dini terhadap risiko *heat stress*. Sebagai *outcome* utama, sistem ini terbukti mampu meningkatkan respons medis darurat, mempercepat proses evakuasi, serta menurunkan risiko kehilangan jejak atau keterlambatan penyelamatan anggota tim. Inovasi ini memberikan kontribusi signifikan terhadap penerapan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) dalam situasi bencana dan berpotensi menjadi solusi efektif dalam perlindungan personel lapangan.

Kata kunci: CAFILLife, Sensor, Tim Evakuasi, *Internet of Things*, Inovasi Digital.

ABSTRACT

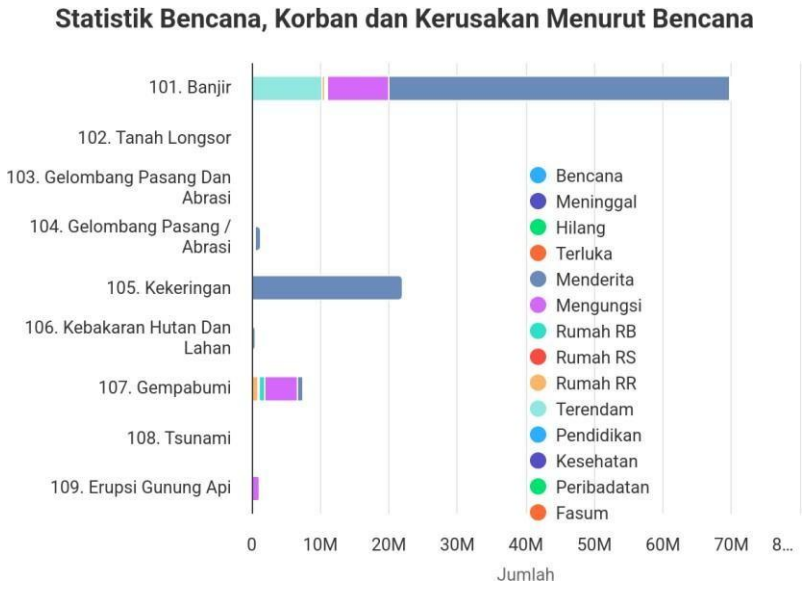
Indonesia has a high incidence of natural disasters, posing risks to affected communities and evacuation teams. Rescue personnel are vulnerable to injury or fatality due to extreme environmental conditions and limited monitoring systems. This study developed a sensor-based physiological monitoring system integrated into a wearable device called CAFILLife. The device tracks heart rate, respiratory rate, skin temperature, and user location in real-time. Supported by Internet of Things (IoT) technology, data are transmitted to a centralized monitoring system accessible via web and mobile applications, enabling rapid and accurate team supervision. The research methodology involved device design and testing through simulated search and-rescue operations in extreme environments. Trial results showed that CAFILLife achieved a location tracking accuracy of ±2.5 meters and functioned reliably in temperatures up to 85°C. The collected physiological data enabled early detection of potential heat stress conditions. The system demonstrated its potential to enhance emergency medical

response, accelerate evacuation processes, and reduce the risk of disorientation or delayed rescue of team members. This innovation contributes significantly to the application of Occupational Health and Safety (OHS) practices in disaster scenarios and offers a promising solution for improving field personnel protection..

Keywords: *CAFILLife, Sensor, Evacuation Team, Internet of Things, Digital Innovation.*

PENDAHULUAN

Saat ini para ilmuwan dunia sedang mengamati perubahan iklim bumi di setiap wilayah dan seluruh sistem iklim. *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) menyatakan perubahan iklim dapat mengakibatkan kenaikan suhu di bumi yang akan mempengaruhi manusia. Dampak nyata perubahan iklim terhadap bumi dapat dilihat pada kenaikan suhu rata-rata secara global yaitu meningkat sebesar 1°C dan berpengaruh pada meningkatnya bencana alam (Nur dan Kurniawan, 2021). Bencana adalah peristiwa atau rangkaian peristiwa yang mengancam kehidupan dan penghidupan masyarakat yang disebabkan oleh faktor alam maupun faktor non-alam. Bencana alam akan memberikan dampak yang merugikan bagi kehidupan manusia seperti timbulnya korban jiwa, kerugian harta benda, dan dampak psikologis. BNPB mencatat sepanjang tahun 2010 sampai dengan tahun 2020 dalam rekaman *Database* Pengelolaan Data dan Informasi Bencana Indonesia (DIBI) sebanyak 24.969 kejadian bencana alam dengan jumlah korban jiwa sebanyak 5.060.778 jiwa dan rumah terdampak sebanyak 4.400.809 rumah serta fasilitas umum rusak sebanyak 19.169 yang tersebar di seluruh Indonesia (BNPB, 2020). Berikut merupakan grafik statistik bencana, korban, dan kerusakan menurut bencana yang terjadi di Indonesia.



Gambar 1. Data Bencana Alam di Indonesia

Berdasarkan grafik tersebut dapat diketahui bahwa bencana alam yang sangat riskan untuk terjadi di Indonesia adalah bencana banjir dengan total kejadian adalah 17.110 kejadian dengan korban meninggal dunia 22.899 jiwa dan hilang sebanyak 8.288. Proses evakuasi korban bencana alam terkadang sulit untuk dilakukan. Tim evakuasi juga

terkadang menjadi korban ketika melakukan proses evakuasi korban bencana alam. Hal ini dibuktikan dengan insiden yang terjadi pada Desember 2024, seorang personel Polri kehilangan nyawa ketika bertugas mengevakuasi korban bencana alam akibat longsor dan banjir bandang di Sukabumi (Okezone, 2024). Kasus serupa juga terjadi di Medan pada Oktober 2024, dua *rescuer* Basarnas gugur ketika sedang mencari korban hanyut akibat arus sungai sangat deras (Badan Nasional Pencarian dan Pertolongan (Basarnas, 2024). Berdasarkan kedua berita tersebut, proses evakuasi korban bencana alam juga dapat membahayakan dan mengancam jiwa tim evakuasi. Sulitnya pendeteksian dan pencarian korban bencana alam menjadi salah satu penyebab kegagalan proses evakuasi bahkan adanya korban dari sisi tim evakuasi.

Dengan latar belakang tersebut, maka rumusan masalah dari penelitian ini adalah pembuatan inovasi digital untuk pemantauan fisiologis dan keselamatan tim evakuasi bencana alam. Dengan adanya, pemantauan fisiologis ini lokasi maupun kondisi tubuh tim evakuasi secara *real-time* dapat diawasi.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan *Quality Function Deployment* (QFD) untuk merancang sistem CAFILLife, sebuah sistem perangkat *wearable* berbasis *Internet of Things* (IoT) yang dirancang untuk meningkatkan keselamatan petugas evakuasi dalam kondisi darurat. QFD dipilih karena kemampuannya dalam menerjemahkan kebutuhan pengguna menjadi spesifikasi teknis secara sistematis dan terukur, sehingga hasil pengembangan produk lebih sesuai dengan ekspektasi dan kebutuhan nyata pengguna akhir (Rihar & Kusar, 2021).

Penelitian ini terdiri dari empat tahapan yaitu, identifikasi kebutuhan pengguna, pembangunan HoQ (*House of Quality*), pemilihan konsep produk, dan integrasi pengembangan melalui *concurrent engineering*.

1. Identifikasi Kebutuhan Pengguna (*Voice of Customer*)

   Tahap pertama bertujuan mengidentifikasi kebutuhan pengguna (*customer needs*) yang dianggap penting oleh pengguna, khususnya personel tim evakuasi bencana. Data dikumpulkan melalui:

   a. Menentukan segmentasi pengguna yaitu tim evakuasi bencana alam.
   b. Melakukan *benchmarking* terhadap produk *eksisting* yang serupa yaitu rompi *heart monitoring*.
   c. *Focus Group Discussion* (FGD) yang melibatkan pakar keselamatan, perancang produk, dan calon pengguna untuk memvalidasi temuan dan mengelaborasi aspek-aspek penting.

2. Pembuatan *House of Quality* (HoQ)

   Kebutuhan pengguna dari *voice of customer* yang telah diidentifikasi selanjutnya dipetakan terhadap spesifikasi teknis melalui konstruksi *House of Quality* (HoQ) untuk menunjukkan hubungan antara setiap kebutuhan pengguna dengan spesifikasi teknis produk, memberikan bobot kepentingan terhadap setiap kebutuhan berdasarkan hasil kuesioner, serta menentukan prioritas teknis yang harus dikembangkan terlebih dahulu dalam sistem CAFILLife. Proses ini penting untuk dilakukan dalam menerjemahkan kebutuhan pengguna menjadi spesifikasi teknis (Agarwal & Shukala, 2020) untuk kemudian menghasilkan urutan prioritas fitur teknis yang menjadi dasar pengambilan keputusan pengembangan desain produk.

3. Pemilihan Konsep (*Concept Generation & Selection*)

   Berdasarkan *output* dari HoQ, dikembangkan beberapa alternatif konsep produk menggunakan *concept generation*. Setiap konsep dievaluasi menggunakan kriteria teknis, ergonomis, biaya, dan kemudahan implementasi. Proses *concept selection* kemudian dilakukan dengan pembobotan dan analisis nilai guna untuk memilih konsep paling optimal yang akan dikembangkan lebih lanjut.

4. Integrasi melalui *Concurrent Engineering*

   Tahap akhir dari penelitian ini melibatkan penerapan prinsip *concurrent engineering* untuk mempercepat proses pengembangan sistem. Prinsip ini memungkinkan integrasi lintas fungsi meliputi desain, manufaktur, hingga aspek keselamatan secara simultan dan kolaboratif. Pendekatan ini bertujuan meningkatkan efisiensi waktu, mengurangi iterasi desain, dan menghasilkan sistem CAFILLife yang siap diimplementasikan dengan kualitas optimal.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sistem CAFILLife dikembangkan sebagai perangkat *wearable* berbasis *Internet of Things* (IoT) yang dirancang untuk meningkatkan keselamatan petugas evakuasi dalam kondisi bencana. Pengembangan sistem ini didasarkan pada kebutuhan akan pemantauan kondisi fisik secara *real-time* serta pelacakan lokasi yang akurat di medan yang tidak selalu dapat diprediksi. Perangkat ini terintegrasi dengan sensor detak jantung, laju pernapasan, suhu kulit, dan modul GPS, yang keseluruhannya dikalibrasi untuk mendeteksi potensi risiko terhadap kesehatan dan keselamatan penggunanya. Data dari sensor dikirim secara nirkabel ke sistem *monitoring* terpusat dalam bentuk aplikasi berbasis *web* dan *mobile*, yang memungkinkan tim pengawas untuk mengamati kondisi seluruh personel evakuasi secara simultan dan mengambil tindakan cepat apabila ditemukan anomali atau kondisi darurat.



Gambar 2. Desain CAFILLife

Dalam pengujian simulasi pada kondisi ekstrim yang menyerupai situasi bencana nyata, CAFILLife menunjukkan performa yang andal. Perangkat mampu beroperasi dalam suhu tinggi hingga 85°C dan memberikan akurasi pelacakan lokasi hingga ±2,5 meter. Selain itu, masa pakai baterai perangkat mencapai enam jam, sehingga memadai untuk digunakan dalam operasi penyelamatan berdurasi sedang. Keunggulan lain dari sistem ini adalah desainnya yang ergonomis dan ringan, yang tidak mengganggu mobilitas pengguna saat berada di lapangan.

Parameter yang Diuji	Hasil Pengujian	Keterangan
Akurasi pelacakan GPS	±2.5 meter	Sesuai dengan standar minimal pelacakan darurat
Deteksi detak jantung	95% akurasi dibanding ECG referensi	Valid untuk deteksi kondisi abnormal jantung
Deteksi suhu kulit	0.4°C rata-rata *error*	Cukup untuk estimasi risiko *heat stress*
Stabilitas transmisi data	96% data terkirim tanpa gangguan	Baik untuk pemantauan *real-time*
Ketahanan terhadap suhu	Stabil hingga suhu lingkungan 85°C	Memenuhi standar alat perlindungan bencana kebakaran

Tabel 1. Ringkasan Hasil Pengujian CAFILLife

Untuk melengkapi sistem perlindungan personal, fitur tambahan berupa GPS tracker juga disematkan untuk memudahkan pelacakan posisi pengguna secara terpisah maupun terintegrasi dengan sistem CAFILLife. Secara keseluruhan, sistem terintegrasi CAFILLife menyediakan serangkaian fitur utama yang mendukung upaya evakuasi berbasis keselamatan dan teknologi. Fitur-fitur tersebut meliputi pemantauan fisiologis secara *real-time* melalui sensor tubuh, pelacakan lokasi dengan GPS yang akurat, dan integrasi data melalui *dashboard monitoring*. Dengan pendekatan sistemik ini, keselamatan pengguna tidak hanya dijamin dari aspek luar seperti asap atau gas beracun, tetapi juga dari sisi dalam seperti *heat stress* atau kelelahan fisik.

Dari hasil evaluasi dan simulasi lapangan, sistem ini menunjukkan dampak positif dalam mempercepat proses pengambilan keputusan dan mengurangi risiko kehilangan personel akibat keterlambatan penanganan. Integrasi data yang efisien antara *wearable device* dan sistem *monitoring* juga meningkatkan koordinasi tim dalam situasi kritis. Secara teknis, pendekatan modular yang digunakan pada pengembangan CAFILLife memberikan fleksibilitas tinggi untuk penyesuaian terhadap kondisi spesifik di berbagai lokasi bencana.

Lebih jauh, keberadaan sistem ini mendukung implementasi prinsip-prinsip keselamatan dan kesehatan kerja (K3) dalam konteks penanggulangan bencana yang sering kali belum terstandarisasi. CAFILLife memberikan solusi yang tidak hanya bersifat responsif, tetapi juga preventif, dengan menempatkan kesejahteraan pengguna sebagai prioritas utama. Oleh karena itu, pengembangan dan penerapan sistem ini berpotensi besar untuk diadaptasi secara luas, baik oleh lembaga pemerintah, organisasi kemanusiaan, maupun unit tanggap darurat di berbagai wilayah rawan bencana.

KESIMPULAN DAN SARAN

Peningkatan suhu dunia dapat meningkatkan kemungkinan terjadinya bencana alam. Terdapat kasus-kasus tim evakuasi korban bencana alam juga turut menjadi korban saat proses evakuasi. Salah satu penyebab terjadinya peristiwa tersebut adalah terhambatnya pencarian korban bencana alam dikarenakan sulitnya melacak keberadaan korban. Sehingga dibutuhkan suatu alat inovasi yang dapat mempermudah proses

evakuasi.

Pengembangan sistem CAFILLife sebagai sistem berbasis *Internet of Things* (IoT) telah menunjukkan potensi besar dalam meningkatkan keselamatan petugas evakuasi di lapangan. Dengan integrasi sensor fisiologis dan pelacakan GPS mampu memberikan pemantauan *real-time* terhadap kondisi tim evakuasi, bahkan dalam lingkungan yang ekstrim. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem ini memiliki performa yang tinggi, mulai dari ketahanan terhadap suhu tinggi, akurasi pelacakan lokasi, hingga stabilitas transmisi data. Keunggulan desain yang ergonomis dan pendekatan modular juga menjadikan CAFILLife adaptif terhadap berbagai situasi bencana, CAFILLife tidak hanya berfungsi sebagai sistem responsif dalam situasi darurat, tetapi juga sebagai solusi preventif yang mendukung prinsip keselamatan dan kesehatan kerja (K3).

Dengan adanya penelitian ini, diharapkan sistem CAFFILife dalam diimplementasikan secara bertahap di instansi-instansi seperti Basarnas, BNPB, dan unit tanggap darurat lainnya. Selain itu, pengembangan fitur tambahan untuk meningkatkan efektivitas juga sangat memungkinkan untuk dilakukan seperti mengintegrasikan sistem dengan pendeteksi gas beracun, sensor kelelahan, dan notifikasi otomatis saat mendeteksi kondisi kritis.

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Tuhan YME, atas segala berkah, rahmat, dan karunia-Nya yang telah memberikan ilmu pengetahuan, pengalaman, kekuatan, kesabaran, dan kesempatan sehingga dapat menyelesaikan penelitian ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang mendukung dan memberikan perhatian selama proses penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Agarwal, A., & P. S. Shukla. (2020). *A Comprehensive Review of QFD Applications in Product Development: A Focus on Consumer Requirements. Journal of Product Innovation Management,* 37(4), 285-302. doi:10.1111/jpim.12532

Ainurrohmah, S., & Sudarti. (2022). Analisis Perubahan Iklim dan *Global Warming* yang Terjadi sebagai Fase Kritis. Jurnal Pendidikan Fisika dan Fisika Terapan. Vol. 8 (1). https://dx.doi.org/10.22373/p-jpft.v8i1.13359

Badan Nasional Penanggulangan Bencana. Statistik Bencana, Korban dan Kerusakan Menurut Bencana; 2024 [*cited* 10 Mei 2025]. Available from: https://dibi.bnpb.go.id

Badan Nasional Pencarian dan Pertolongan. (2024, Februari 5). *Dua rescuer* Basarnas gugur di medan tugas. Basarnas. https://basarnas.go.id/berita/dua-rescuer-basarnas-gugur-di-medan-tugas?utm_source=chatgpt.com

Okezone. (2024, Desember 7). Personel Polri gugur saat tugas evakuasi korban bencana alam di Sukabumi. Okezone News. https://news.okezone.com/read/2024/12/07/525/3093236/personel-polri-gugur-saat tugas-evakuasi-korban-bencana-alam-di-sukabumi?page=1

Rihar, L. and Kušar, J. (2021). *Implementing concurrent engineering and qfd method to achieve realization of sustainable project. Sustainability*, 13(3), 1091. https://doi.org/10.3390/su13031091