

Implementasi Sistem Peringatan Kecepatan dan Notifikasi Kecelakaan Otomatis pada Sepeda Motor

1st Rakan Aji Pratama

School of Electrical Engineering
Telkom University
Bandung, Indonesia

rakanaji@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Raffi Achmad

School of Electrical Engineering
Telkom University
Bandung, Indonesia

rafikruz@student.telkomuniversity.ac.id

3rd Iqbal Adzani Rahadian

School of Electrical Engineering
Telkom University
Bandung, Indonesia

iqbaladzani@student.telkomuniversity.ac.id

4th Althaf Nizarudin Jamil

School of Electrical Engineering
Telkom University
Bandung, Indonesia

althafnizarjml@student.telkomuniversity.ac.id

5th Akhmad Hambali

School of Electrical Engineering
Telkom University
Bandung, Indonesia

ahambali@telkomuniversity.ac.id

6th Danu Dwi Sanjoyo

School of Electrical Engineering
Telkom University
Bandung, Indonesia

danudwj@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — Tingginya angka fatalitas kecelakaan yang melibatkan sepeda motor di Indonesia menjadi masalah krusial yang salah satunya disebabkan oleh lambatnya penanganan medis. Keterlambatan informasi mengenai terjadinya dan lokasi kecelakaan secara akurat menjadi penghambat utama dalam memberikan pertolongan pertama pada periode kritis. Penelitian ini bertujuan untuk mengatasi permasalahan tersebut dengan merancang dan mengimplementasikan sebuah sistem notifikasi kecelakaan otomatis. Solusi yang diimplementasikan berupa sistem terintegrasi yang terdiri dari perangkat IoT pada sepeda motor, server backend, dan aplikasi seluler. Perangkat IoT menggunakan sensor IMU MPU6050 dan GPS untuk mendeteksi anomali pergerakan dan kemiringan yang mengindikasikan kecelakaan. Saat terdeteksi, data lokasi dan waktu kejadian dikirimkan secara otomatis melalui jaringan GPRS ke server Django, yang kemudian meneruskan informasi tersebut sebagai notifikasi push real-time ke aplikasi seluler kontak darurat. Berdasarkan pengujian, sistem ini berhasil berfungsi sesuai rancangan. Pengujian sensor menunjukkan akurasi penentuan lokasi GPS dengan selisih rata-rata 6.92 meter. Waktu transmisi notifikasi dari deteksi kecelakaan oleh perangkat IoT hingga diterima oleh aplikasi seluler kontak darurat berhasil dicapai dengan rata-rata 2.016 detik. Hasil ini membuktikan bahwa sistem yang dibangun mampu menyediakan solusi notifikasi darurat yang cepat dan akurat, sehingga berpotensi mempercepat waktu respons dan meningkatkan peluang keselamatan korban.

Kata kunci— deteksi kecelakaan, internet of things, notifikasi otomatis, sepeda motor, sistem peringatan

I. PENDAHULUAN

Kecelakaan lalu lintas merupakan masalah serius di Indonesia, dengan sepeda motor menjadi kendaraan yang paling dominan terlibat dalam insiden fatal, mencapai 77% dari total kasus pada tahun 2023 [1]. Populasi sepeda motor yang masif, yaitu 87% dari 153 juta kendaraan bermotor per Februari 2023 [2], memperbesar risiko terjadinya kecelakaan

yang disebabkan oleh berbagai faktor seperti kelalaian manusia, kondisi cuaca, dan pelanggaran lalu lintas [3].

Dampak dari kecelakaan ini tidak hanya kerugian finansial, tetapi juga sosial dan kesehatan. Keterlambatan informasi mengenai terjadinya kecelakaan seringkali menjadi penghambat utama dalam memberikan pertolongan medis pada periode kritis atau *golden hour*, yang pada akhirnya meningkatkan angka fatalitas [4].

Aspek yang paling kritis adalah kesehatan. Menurut data Korlantas Polri, sebagian besar korban kecelakaan meninggal bukan karena tingkat keparahan cedera semata, melainkan karena tidak mendapatkan pertolongan medis pada periode emas atau *golden hour*, yaitu satu jam pertama setelah kecelakaan terjadi. Keterlambatan ini seringkali disebabkan oleh lambatnya proses pelaporan dan ketidakpastian lokasi kejadian, terutama jika kecelakaan terjadi di area terpencil atau pada malam hari.

Solusi yang ada saat ini, seperti aplikasi berbasis GPS atau sistem e-Call, umumnya masih bergantung pada interaksi manual dari pengguna, yang menjadi tidak efektif apabila korban dalam kondisi tidak sadar. Keterbatasan ini menunjukkan adanya kebutuhan mendesak untuk sebuah sistem yang dapat bekerja secara mandiri dan otomatis. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sebuah sistem terpadu yang dapat memberikan respons cepat dalam situasi darurat dengan mengirimkan notifikasi kecelakaan otomatis kepada kontak kerabat, menyajikan informasi lokasi serta kecepatan kendaraan secara *real-time*, dan mengembangkan perangkat yang mudah dioperasikan pada sepeda motor.

II. KAJIAN TEORI

A. Arsitektur Sistem Berbasis Internet of Things (IoT)

Internet of Things (IoT) adalah sebuah konsep yang memperluas manfaat konektivitas internet ke objek fisik, memungkinkan mesin, peralatan, dan perangkat lainnya untuk saling terhubung, mengumpulkan data, dan berinteraksi secara mandiri tanpa campur tangan manusia [5]. Dalam sektor transportasi, implementasi IoT bertujuan untuk menciptakan sistem yang lebih cerdas, efisien, dan aman dengan menghubungkan kendaraan, infrastruktur, dan pusat kendali secara real-time. Arsitektur sistem yang diusulkan dalam penelitian ini mengadopsi pendekatan IoT yang terdiri dari tiga komponen utama: perangkat keras (sensor dan aktuator), konektivitas, dan platform perangkat lunak (backend dan frontend).

Perangkat keras yang dipasang di kendaraan berfungsi sebagai unit akuisisi data, menggunakan berbagai sensor seperti *Inertial Measurement Unit* (IMU) dan *Global Positioning System* (GPS) [6]. Data ini kemudian dikirim melalui modul komunikasi nirkabel (misalnya GPRS/4G) ke server *backend* untuk diproses dan disimpan. Server *backend*, yang dalam penelitian ini dibangun menggunakan *framework* Django, berperan sebagai otak dari sistem yang mengelola logika bisnis, autentikasi, dan komunikasi antara perangkat IoT dan aplikasi pengguna. Informasi yang telah diolah kemudian disajikan kepada pengguna melalui antarmuka pada aplikasi seluler, yang dikembangkan menggunakan *framework* React Native. Pendekatan arsitektur tiga lapis ini telah terbukti efektif dalam berbagai penelitian serupa yang berfokus pada pelacakan dan deteksi insiden secara *real-time* [7].

B. Metodologi Deteksi Kecelakaan

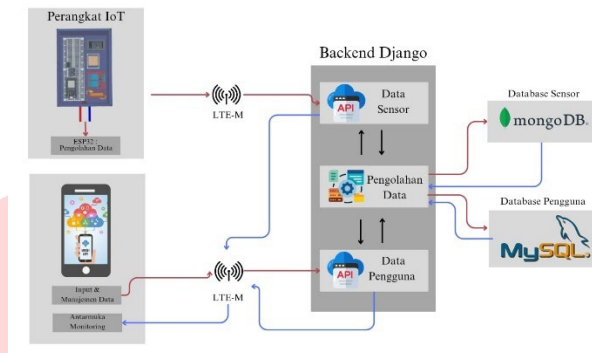
Inti dari sistem keselamatan ini adalah kemampuannya untuk mendeteksi insiden kecelakaan secara akurat dan otomatis. Metode yang paling umum digunakan dalam sistem tertanam (embedded system) adalah pendekatan berbasis ambang batas (threshold-based) karena kesederhanaan dan efisiensi komputasinya [8]. Prinsip kerjanya adalah dengan memantau data dari sensor *Inertial Measurement Unit* (IMU) seperti akselerometer dan giroskop secara kontinu. Sebuah kecelakaan dapat diidentifikasi ketika parameter sensor melampaui nilai ambang batas yang telah ditentukan, misalnya, perubahan sudut kemiringan kendaraan yang ekstrem dan tiba-tiba (contoh: kemiringan $>60^\circ$) yang dikombinasikan dengan data kecepatan (>51 km/jam) [9], [10]. Meskipun efisien, kelemahan metode ini adalah potensi false positive yang relatif tinggi, sehingga penentuan nilai ambang batas yang tepat menjadi faktor yang sangat kritis dalam perancangan sistem.

III. METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan rekayasa sistem untuk merancang, membangun, dan menguji prototipe fungsional dari sistem peringatan kecelakaan. Proses pengembangan dibagi menjadi tiga subsistem utama: perangkat keras IoT, server *backend*, dan aplikasi seluler, yang diintegrasikan untuk membentuk satu solusi kohesif.

A. Desain dan Implementasi Sistem

Perangkat keras dirancang sebagai unit mandiri yang ditenagai oleh baterai Lithium-ion 18650. Pusat kendali menggunakan mikrokontroler ESP32 yang bertugas membaca data dari sensor MPU6050 (kemiringan) dan modul GPS NEO-6M (lokasi dan kecepatan). Data yang telah diakuisisi kemudian dikirimkan ke server *backend* melalui modul komunikasi seluler SIM7600E-L1C menggunakan protokol HTTP POST melalui jaringan GPRS. Sebuah buzzer juga diintegrasikan sebagai aktuator untuk memberikan peringatan suara lokal.



GAMBAR 1
Desain sistem

Server *backend* dibangun menggunakan *framework* Django dengan Python. Pemilihan Django didasarkan pada keamanannya yang kuat, skalabilitas, dan ekosistem yang matang untuk membangun RESTful API [11]. Arsitektur database hibrida digunakan: MySQL untuk menyimpan data pengguna yang terstruktur (akun, kontak darurat, metadata perangkat) dan MongoDB untuk menyimpan data deret waktu dari sensor (lokasi, kecepatan, kemiringan) yang sifatnya tidak terstruktur [12]. Server ini bertanggung jawab atas autentikasi pengguna, *pairing* perangkat, pemrosesan data, dan pemicu notifikasi darurat.

Aplikasi seluler untuk platform Android dikembangkan menggunakan *framework* React Native. Pemilihan React Native didasarkan pada basis komunitas yang besar dan ketersediaan *library* yang luas untuk integrasi dengan fungsionalitas *native* seperti GPS dan notifikasi [13]. Aplikasi ini menyediakan antarmuka bagi pengguna untuk melakukan registrasi, login, *pairing* perangkat IoT, menambah dan mengelola kontak darurat, serta melacak lokasi kontak secara *real-time* di peta. Untuk layanan notifikasi, sistem ini menggunakan Firebase Cloud Messaging (FCM) karena keandalannya dan skalabilitasnya.

B. Prosedur Pengujian

Pengujian sistem dilakukan secara bertahap dan komprehensif untuk memvalidasi setiap komponen dan alur kerja secara keseluruhan.

- **Pengujian Akurasi Sensor:** Akurasi sensor kemiringan diuji dengan membandingkan hasil pembacaan sensor pada berbagai sudut (0° , 30° , 45° , 60° , 90°) dengan alat ukur busur derajat digital. Akurasi sensor GPS diuji dengan membandingkan koordinat yang dilaporkan dengan titik referensi yang diketahui menggunakan Google Maps, dan selisih jarak dihitung menggunakan rumus Haversine.

- **Pengujian Fungsionalitas Backend:** Setiap *endpoint* API diuji menggunakan Postman untuk memverifikasi skenario sukses dan gagal pada proses autentikasi, manajemen kontak, dan *pairing* perangkat.
- **Pengujian Kinerja dan Latensi:** Latensi pengiriman data diukur dari saat perangkat IoT mengirim paket data hingga diterima oleh server. Latensi notifikasi *end-to-end* diukur dari momen kecelakaan disimulasikan hingga notifikasi *push* muncul di perangkat seluler.
- **Pengujian Usabilitas:** Metode survei digunakan dengan menyebarkan kuesioner kepada 68 responden yang merupakan pengendara sepeda motor aktif. Kuesioner ini mencakup *System Usability Scale* (SUS) dan pertanyaan kustom untuk mengukur persepsi kemudahan penggunaan, kepercayaan diri, dan kompleksitas sistem [14].

C. Persamaan

Untuk evaluasi kuantitatif, dua model matematis utama digunakan. Pertama, rumus Haversine digunakan untuk menghitung jarak antara dua titik koordinat GPS dengan mempertimbangkan kelengkungan bumi, yang memberikan hasil lebih akurat.

$$a = \sin^2\left(\frac{\Delta\phi}{2}\right) + \cos(\phi_1) \cdot \cos(\phi_2) \cdot \sin^2\left(\frac{\Delta\lambda}{2}\right) \quad (1)$$

$$c = 2 \cdot \text{atan2}\left(\sqrt{a}, \sqrt{1-a}\right) \quad (2)$$

$$d = R \cdot c \quad (3)$$

dimana d adalah jarak, R adalah radius bumi, ϕ adalah lintang, dan λ adalah bujur.

Kedua, *Mean Absolute Error* (MAE) digunakan untuk mengukur rata-rata besar kesalahan absolut antara nilai yang diukur oleh sensor (D_{pre}) dengan nilai aktual (D_{act}), yang memberikan gambaran deviasi rata-rata dari sistem.

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |D_{pre} - D_{act}| \quad (4)$$

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian komprehensif terhadap sistem "Accify" menunjukkan bahwa seluruh komponen berfungsi sesuai dengan spesifikasi yang dirancang dan mampu memberikan solusi yang andal untuk notifikasi kecelakaan.

A. Akurasi Sensor dan Perangkat Keras

Pengujian perangkat keras menunjukkan performa yang sangat valid. Sensor kemiringan MPU6050 menunjukkan akurasi rata-rata yang sangat tinggi, yaitu 98,98%, pada berbagai sudut pengujian (0° , 30° , 45° , 60° , dan 90°), membuktikan kapabilitasnya yang solid di seluruh rentang operasional [15]. Untuk penentuan posisi, modul GPS NEO-6M mencatatkan selisih jarak rata-rata hanya 7.70 meter dari titik referensi aktual, yang sangat memadai untuk melacak lokasi insiden dengan tepat. Selain itu, sistem deteksi kecelakaan yang mengkombinasikan data kemiringan dan kecepatan menunjukkan akurasi 99,989% dalam mengaktifkan aktuator buzzer secara instan. Uji ketahanan sumber daya menunjukkan perangkat dapat beroperasi secara mandiri dengan baterai selama rata-rata 3 jam 1 menit.

TABEL 1
Hasil pengujian tiap sensor

Jenis Sensor	Metrik Pengujian	Hasil Rata-rata
Sensor Kemiringan	MAE	0.47°
Sensor Kecepatan	MAE	0.25 km/jam
Sensor Lokasi	MAE	7.70 meter

B. Kinerja Sistem dan Latensi

Kinerja sistem secara *end-to-end* merupakan salah satu fokus utama pengujian. Latensi pengiriman data telemetri dari perangkat IoT ke server *backend* melalui jaringan GPRS tercatat memiliki rata-rata 1.362 detik. Meskipun sedikit di atas target ideal, nilai ini masih dalam rentang wajar untuk teknologi GPRS dan menunjukkan koneksi yang stabil.

Pengujian latensi notifikasi kecelakaan menunjukkan hasil yang sangat memuaskan. Total waktu yang dibutuhkan dari momen insiden terdeteksi oleh perangkat IoT, diproses oleh *backend*, hingga notifikasi *push* diterima oleh aplikasi seluler kontak darurat adalah 239.92 milidetik secara rata-rata. Pencapaian ini membuktikan bahwa arsitektur sistem yang dirancang sangat efektif dan mampu menjawab tantangan keterlambatan informasi darurat.

TABEL 2
Hasil pengujian latensi

No	Latensi Server	Latensi IoT-Aplikasi	Latensi Server-Aplikasi	Latensi Total
1	28.43	168.40	169.27	197.08
2	27.09	169.27	168.40	197.59
3	38.83	182.28	182.28	221.36
4	22.72	181.05	181.05	204.69
5	25.42	207.28	207.28	233.01
Rata-rata	30.82	208.47	208.47	239.92

C. Penerimaan dan Usabilitas Aplikasi

Pengujian usabilitas yang melibatkan 68 responden menghasilkan skor *System Usability Scale* (SUS) rata-rata sebesar 73.21. Skor ini menempatkan aplikasi "Accify" dalam kategori "Good" (Baik) dan peringkat Grade B, yang mengindikasikan bahwa pengguna mempersepsikan aplikasi ini mudah digunakan dan dipelajari [14]. Analisis lebih lanjut menunjukkan bahwa responden merasa sangat percaya diri menggunakan sistem (skor 4.31 dari 5) dan optimis bahwa

sistem ini mudah dipelajari (skor 4.10 dari 5) [16]. Namun, terdapat indikasi bahwa pengguna mungkin memerlukan bantuan teknis untuk pengaturan awal [17]. Fitur yang dinilai paling berguna oleh mayoritas responden adalah deteksi kecelakaan otomatis dan pelacakan lokasi *real-time*.

D. Potensi Pengembangan

Meskipun hasil pengujian sangat positif, responden memberikan beberapa saran untuk pengembangan ke depan. Saran yang paling dominan adalah penambahan fitur pembatalan alarm untuk menangani *false positive* (misalnya, motor jatuh saat parkir) dan penyempurnaan desain fisik perangkat keras agar lebih ringkas. Diusulkan pula untuk menambah kanal notifikasi cadangan seperti SMS dan integrasi dengan layanan darurat resmi sebagai pengembangan jangka panjang.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan serangkaian pengujian yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan bahwa sistem peringatan kecepatan dan notifikasi kecelakaan otomatis yang terintegrasi telah berhasil diimplementasikan dan divalidasi. Sistem ini secara efektif mampu memenuhi fungsionalitas utama yang dirancang, yaitu mendeteksi parameter kecelakaan, mengelola data secara terpusat, dan menyajikan informasi serta peringatan darurat kepada pengguna melalui aplikasi seluler.

Pengujian kuantitatif menunjukkan performa sensor yang sangat andal, dengan akurasi sensor kemiringan mencapai 98,98% dan deviasi lokasi GPS rata-rata hanya 7.70 meter. Dari segi kinerja, sistem ini membuktikan kemampuannya untuk menjawab permasalahan fundamental mengenai keterlambatan informasi darurat, dengan latensi notifikasi *end-to-end* dari titik deteksi hingga diterima oleh aplikasi seluler hanya dalam waktu rata-rata 239.92 milidetik. Keberhasilan ini didukung oleh penerimaan pengguna yang positif, yang tercermin dari skor *System Usability Scale* (SUS) sebesar 73.21, yang mengklasifikasikan aplikasi sebagai "Baik" dari segi kemudahan penggunaan.

Secara keseluruhan, proyek ini telah berhasil mencapai tujuannya, yaitu mengimplementasikan sebuah prototipe sistem fungsional yang dapat memberikan peringatan kecepatan dan notifikasi kecelakaan secara otomatis, sehingga berpotensi besar untuk meningkatkan keselamatan pengendara sepeda motor. Untuk pengembangan di masa depan, disarankan untuk fokus pada peningkatan algoritma deteksi dengan *machine learning* untuk mengurangi *false positive*, implementasi fitur pembatalan alarm, penambahan kanal notifikasi cadangan seperti SMS, dan optimalisasi manajemen daya perangkat IoT untuk memperpanjang durasi operasional.

REFERENSI

- [1] CNBC Indonesia, "Tren Kecelakaan Lalin Lagi-Lagi Didominasi Sepeda Motor," CNBC Indonesia. Accessed: Oct. 15, 2024. [Online]. Available: <https://www.cnbcindonesia.com/news/20231227160816-4-500635/tren-kecelakaan-lalin-lagi-lagi-didominasi-sepeda-motor>
- [2] GAIKINDO, "Jumlah Kendaraan di Indonesia 147 Juta Unit, 60 Persen di Pulau Jawa," GAIKINDO. Accessed: Oct. 15, 2024. [Online]. Available: <https://www.gaikindo.or.id/jumlah-kendaraan-di-indonesia-147-juta-unit-60-persen-di-pulau-jawa/>
- [3] Khairul Fahmi, "FAKTOR PENYEBAB KECELAKAAN LALU LINTAS DAN PERILAKU BERKENDARA PADA SISWA SEKOLAH MENENGAH ATAS DI PASIR PENGARAIAN RIAU," *Jurnal Ilmiah Cano Ekonomos*, vol. 10, no. 1, pp. 1–10, Jul. 2021, doi: 10.30606/cano.v10i1.1084.
- [4] L. N. Kholilah, "Analisis Angka Kecelakaan pada Malam Hari saat Menggunakan Kendaraan Roda Dua," Kompasiana. Accessed: Oct. 15, 2024. [Online]. Available: <https://www.kompasiana.com/lilahnurkholilah9571/638acbeb4addee54e6145a12/analisis-angka-kecelakaan-pada-malam-hari-saat-menggunakan-kendaraan-roda-dua>
- [5] A. H. Alkhawani and B. S. Alsamani, "A Framework and IoT-Based Accident Detection System to Securely Report an Accident and the Driver's Private Information," *Sustainability*, vol. 15, no. 10, p. 8314, May 2023, doi: 10.3390/su15108314.
- [6] D. Hercog, T. Lerher, M. Truntič, and O. Težak, "Design and Implementation of ESP32-Based IoT Devices," *Sensors*, vol. 23, no. 15, p. 6739, Jul. 2023, doi: 10.3390/s23156739.
- [7] S. R. Wategonkar, K. P. Rane, S. A. Khot, N. A. Yadav, S. A. Vilankar, and S. Akashe, "Development and Execution of an IoT-Based Accident Detection and Alert System with Location Tracking," in *2024 Sixth International Conference on Computational Intelligence and Communication Technologies (CCICT)*, IEEE, Apr. 2024, pp. 91–97. doi: 10.1109/CCICT62777.2024.00027.
- [8] J. Leoni, S. Gelmini, G. Panzani, M. Tanelli, and S. M. Savaresi, "Automatic eCall in Powered Two-Wheelers: A Dynamics-Based Approach," *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, vol. 26, no. 4, pp. 4365–4379, Apr. 2025, doi: 10.1109/TITS.2025.3545907.
- [9] R. Jubitra and R. Khana, "JURNAL TRESHOLD," Feb. 2020.
- [10] K. N. S. Ayuningtyas, A. Kusumawati, and E. Ellizar, "PERBANDINGAN PERILAKU KECEPATAN BERLEBIH PENGEMUDI MOBIL DAN SEPEDA MOTOR Studi Kasus: Provinsi Jawa Barat, Indonesia (The Comparison of Exceeding Speed Behavior Between Car Drivers and Motorcyclists Case of Study: West Java Province, Indonesia)," Jun. 2021.
- [11] J. Swacha and A. Kulpa, "Evolution of Popularity and Multiaspectual Comparison of Widely Used Web Development Frameworks," *Electronics (Switzerland)*, vol. 12, no. 17, Sep. 2023, doi: 10.3390/electronics12173563.
- [12] S. Sharma, "Performance Evaluation of IoT Database Management using Mongo DB versus MYSQL Databases," *International Journal of Electrical*, vol. 13, no. 2, pp. 1–04, 2024, [Online]. Available: www.researchtrend.net

- [13] R. Jangassiyev *et al.*, "Comparative analysis of cross-platform development methodologies: a comprehensive study," *Telkomnika (Telecommunication Computing Electronics and Control)*, vol. 23, no. 1, pp. 108–118, Feb. 2025, doi: 10.12928/TELKOMNIKA.v23i1.26331.
- [14] L. Safitri, C. E. Gunawan, and M. S. Muarie, "Usability Analysis of the Ikan Musi Mobile Application Using the System Usability Scale (SUS)," *The Future of Education Journal*, vol. 4, p. Page, 2025, [Online]. Available: <https://journal.tofedu.or.id/index.php/journal/index>
- [15] G. Karuna, R. P. R. Kumar, V. T. S. Sai, J. Abhishek, M. Shashikanth, and B. Kashyap, "Motorcycle Crash Detection and Alert System using IoT," *E3S Web of Conferences*, vol. 391, p. 01145, Jun. 2023, doi: 10.1051/e3sconf/202339101145.
- [16] J. Gerhardsen, "Evaluating the user experience of a learning management system-to improve usability Utvärdering av användarupplevelsen av en lärplattform," 2023. [Online]. Available: www.liu.se
- [17] Z. Mohammadzadeh *et al.*, "Evaluating usability of computerized physician order entry systems: Insights from a developing nation," *Inform Med Unlocked*, vol. 47, Jan. 2024, doi: 10.1016/j.imu.2024.101487.