

Rancang Bangun Prototipe Sistem Early Reporting Keluhan Kesehatan Berbasis QR Code sebagai Upaya Digitalisasi Surveilans K3 pada Industri Manufaktur Pangan

Design and Development of a Prototype QR Code-Based Early Health Complaint Reporting System as an Initiative to Digitise Occupational Health and Safety Surveillance in the Food Manufacturing Industry

Aina Salsabila

Program Studi S1 Kesehatan Masyarakat, Fakultas Ilmu Keolahragaan, Universitas Negeri Malang,
Kota Malang, Indonesia

***Corresponding Author: Aina Salsabila**

Email: aina.salsabila.2306126@students.um.ac.id

ABSTRAK

Sistem pelaporan keluhan kesehatan pekerja di PT. X masih menggunakan metode konvensional (lisan dan kertas), menyebabkan inefisiensi rekapitulasi data K3 dan keterlambatan koordinasi medis. Penelitian ini merancang prototipe sistem *Early Reporting* berbasis QR Code sebagai inovasi digitalisasi surveilans K3 di industri manufaktur pangan. Metode yang digunakan adalah *Research and Development* (R&D) dengan model ADDIE. Instrumen berupa *web-form* terintegrasi *cloud database* telah divalidasi oleh praktisi EHS. Uji coba melibatkan 111 pekerja operasional melalui *purposive sampling* dengan pendekatan *assisted user testing*. Hasil menunjukkan tingkat keberhasilan akses 100%, dengan 77,5% pekerja melaporkan kondisi sehat (*Fit to Work*) dan 22,5% melaporkan keluhan dini. Sistem terbukti efisien dengan waktu pengisian kurang dari 2 menit per pekerja dan mampu mempercepat alur penanganan medis menjadi di bawah 15 menit. Kendala minor berupa keharusan *login* akun dinilai krusial untuk menjaga kerahasiaan dan validitas data. Sistem *Early Reporting* ini layak dan efektif dalam memfasilitasi *real-time monitoring* serta mendorong budaya *participatory ergonomics* demi terwujudnya manajemen K3 yang preventif.

Kata Kunci: Surveilans K3, *Early Reporting*, QR Code, Ergonomi Partisipatif, ADDIE.

ABSTRACT

The worker health complaint reporting system at PT. X still uses conventional methods (verbal and paper), causing inefficient OHS data recapitulation and delays in medical coordination. This study designed a prototype of a QR Code-based Early Reporting system as an innovation in digitalizing OHS surveillance in the food manufacturing industry. The method used was Research and Development (R&D) with the ADDIE model. The instrument, a web-form integrated with a cloud database, has been validated by EHS practitioners. The trial involved 111 operational workers, selected through purposive sampling, with an assisted user-testing approach. The results showed a 100% access success rate, with 77.5% of workers reporting a healthy condition (Fit to Work) and 22.5% reporting early complaints. The system proved efficient, with a filling time of less than 2 minutes per worker, and sped up the medical treatment process to under 15 minutes. A minor obstacle, such as account login, was considered crucial to maintaining data confidentiality and validity. This Early Reporting system is feasible and effective in facilitating real-time monitoring and encouraging a culture of participatory ergonomics to realize preventive OHS management.

Keywords: OHS surveillance, Early Reporting, QR Code, Participatory Ergonomics, ADDIE.

PENDAHULUAN

Dalam perkembangan industri saat ini, sektor retail *food and beverage* (FnB) memiliki peran penting dalam pemenuhan kebutuhan masyarakat terhadap produk pangan yang cepat, praktis, dan terjangkau. Pertumbuhan sektor ini mendorong peningkatan aktivitas produksi, distribusi, dan pelayanan. Di sisi lain, intensitas kerja yang tinggi dan ritme operasional yang cepat berpotensi menimbulkan berbagai risiko kerja yang dapat berdampak pada kesehatan pekerja. Risiko tersebut tidak hanya berasal dari faktor fisik, tetapi juga dari aspek lingkungan hingga organisasi kerja, sehingga memerlukan pengelolaan kesehatan kerja yang lebih komprehensif.¹

Keselamatan dan kesehatan kerja (K3) merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari keberlangsungan operasional perusahaan. Penerapan K3 tidak hanya bertujuan sebagai pencegah kecelakaan kerja, tetapi juga sebagai pelindung pekerja dari gangguan kesehatan akibat paparan berbagai macam bahaya di tempat kerja.¹ Berbagai penelitian menunjukkan bahwa paparan bahaya kerja seperti debu, panas, maupun beban kerja fisik, dapat menyebabkan gangguan kesehatan baik pada sistem pernapasan maupun pada kondisi fisiologis pekerja.^{2,3} Jika kondisi ini diabaikan tanpa adanya tindakan skrining awal, maka potensi terjadinya penyakit akibat kerja akan meningkat secara signifikan.⁴

Dalam konteks tersebut, *health surveillance* atau pemantauan kesehatan pekerja memiliki peran penting karena mampu mendeteksi keluhan kesehatan secara dini sebelum berkembang menjadi kondisi yang lebih serius atau penyakit akibat kerja (PAK). Pemantauan ini menuntut partisipasi aktif dari pekerja dalam menyampaikan kondisi kesehatannya secara jujur.⁵ Pelaksanaan *health surveillance* memerlukan sistem komunikasi yang efektif antara pekerja dan pengelola K3, di mana umpan balik sangat dipengaruhi oleh metode penyampaian informasi tersebut.^{5,6} Pencatatan keluhan yang sistematis dan berkelanjutan menjadi komponen kunci dalam upaya pencegahan PAK dan mitigasi risiko secara proaktif.⁴

Berdasarkan hasil pengamatan di area

produksi PT. X, ditemukan bahwa sebagian besar aktivitas kerja masih didominasi oleh postur kerja non-ergonomis, seperti posisi berdiri statis dalam durasi panjang, gerakan repetitif pada lini perbaikan mesin, serta pengangkatan beban secara manual. Fenomena kritis yang terjadi di lapangan menunjukkan adanya kecenderungan kuat di mana para pekerja memilih untuk mengabaikan keluhan kesehatan minor seperti nyeri otot ringan (*musculoskeletal discomfort*), pegal, atau kelelahan fisik dan enggan melaporkannya secara lisan. Sikap mengabaikan gejala awal ini diperparah oleh ketiadaan alur pelaporan yang praktis dan pasti, sehingga kondisi tersebut dianggap sebagai hal biasa oleh pekerja. Akibatnya, keluhan baru teridentifikasi secara reaktif ketika kondisi fisik pekerja sudah menurun drastis atau saat fatalitas kesehatan telah mengganggu produktivitas operasional. Oleh karena itu, penerapan *health surveillance* melalui sistem pelaporan dini (*early reporting*) yang mudah diakses menjadi sangat mendesak, guna memfasilitasi deteksi dini sekaligus memutus rantai pengabaian keluhan kesehatan di tempat kerja.

Sebenarnya, penggunaan media digital dalam komunikasi K3 terbukti dapat meningkatkan kesadaran pekerja karena informasi dapat disampaikan dengan lebih mudah, interaktif, dan dinamis daripada komunikasi tradisional.⁷ Beberapa studi sebelumnya telah menginisiasi digitalisasi ini melalui aplikasi khusus. Namun, pendekatan tersebut kerap menghadapi kendala aksesibilitas seperti keterbatasan memori HP pekerja. Oleh karena itu, terdapat celah penelitian (*research gap*) untuk mengembangkan sistem yang lebih ringan dan inklusif.

Pendekatan rancang bangun menggunakan teknologi *Quick Response (QR) Code* menawarkan kebaruan (*novelty*) berupa kemudahan '*scan and go*' tanpa perlu instalasi aplikasi tambahan. Berdasarkan urgensi tersebut, penelitian ini bertujuan untuk melakukan rancang bangun prototipe sistem *Early Reporting* keluhan kesehatan berbasis *QR Code*. Inovasi ini diharapkan mampu memfasilitasi deteksi dini dan kesiapan kerja (*Fit to Work*) melalui platform praktis yang

terintegrasi untuk mempercepat respons medis guna meningkatkan derajat kesehatan pekerja secara berkelanjutan.

Berdasarkan urgensi permasalahan nyata tersebut, penelitian ini dilakukan untuk merancang bangun prototipe sistem *Early Reporting* berbasis *QR Code* sebagai solusi inovatif digitalisasi surveilans K3 yang preventif, efisien, serta mudah diakses. Penelitian ini dilaksanakan di salah satu industri manufaktur pangan (PT. X) yang berlokasi di Kabupaten Malang, Jawa Timur.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan *Research and Development* (RnD) yang bertujuan untuk menghasilkan produk tertentu dan menguji keefektifan produk tersebut. Diadopsi pendekatan model desain instruksional ADDIE yang terdiri atas lima tahapan terstruktur: *Analysis* (Analisis), *Design* (Desain), *Development* (Pengembangan), *Implementation* (Implementasi), dan *Evaluation* (Evaluasi). Pemilihan model ini didasarkan pada karakteristik alurnya yang adaptif dan berbasis evaluasi berkelanjutan pada setiap tahapan pengembangan instrumen K3 di industri.

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari hingga Mei tahun 2026 di area produksi PT. X, sebuah industri manufaktur pangan yang berlokasi di Kabupaten Malang, Jawa Timur. Data primer dalam penelitian ini diperoleh melalui dua cara utama. Pertama, melalui wawancara semi-terstruktur dan observasi lapangan dengan pihak manajemen *Environment, Health, and Safety* (EHS) pada tahap analisis awal. Kedua, melalui pengisian kuesioner digital oleh pekerja operasional pada tahap uji coba implementasi.

Subjek penelitian dalam tahapan uji coba produk (*user acceptance testing*) ditentukan menggunakan teknik *purposive sampling*, dengan kriteria inklusi merupakan pekerja operasional aktif di lini produksi yang berada di bawah pengawasan Departemen EHS PT. X. Berdasarkan kriteria tersebut, diperoleh jumlah responden sebanyak 111 pekerja operasional yang terlibat langsung dalam pengujian sistem. Pengumpulan data dilakukan melalui pendekatan proaktif (*assisted user testing*), di mana peneliti mendampingi pekerja secara langsung di lapangan untuk memindai *QR Code* menggunakan perangkat gawai

(*smartphone*) masing-masing pekerja.

Sebelum diimplementasikan kepada pekerja, instrumen berupa formulir pelaporan digital (*web-form*) terlebih dahulu melalui tahap validasi kelayakan oleh ahli (*expert judgment*) yang melibatkan praktisi senior K3 dan tenaga medis (Perawat) internal perusahaan. Validasi ini bertujuan untuk memastikan kesesuaian parameter keluhan kesehatan, logika percabangan kuesioner (*branching logic*), serta pemenuhan aspek kerahasiaan data rekam medis pekerja.

Analisis data dilakukan menggunakan teknik analisis deskriptif. Data kualitatif yang diperoleh dari masukan para ahli dan tanggapan manajemen dianalisis secara naratif untuk melakukan revisi dan perbaikan fitur prototipe (*form refinement*). Sementara itu, data kuantitatif yang diperoleh dari hasil uji coba lapangan meliputi persentase distribusi pekerja pada alur kuesioner (jalur sehat dan kurang sehat) serta efisiensi waktu pengisian formulir yang ditabulasi secara digital dan dianalisis menggunakan statistik deskriptif sederhana.

HASIL PENELITIAN

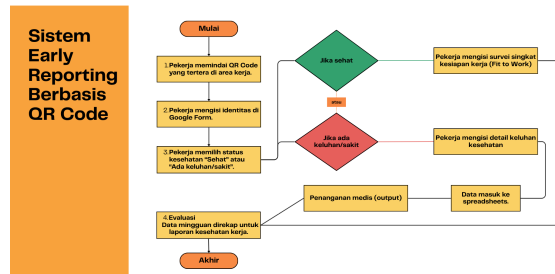
Analisis (*Analysis*)

Tahap analisis kebutuhan (*analysis*) mengungkap bahwa sistem pelaporan keluhan kesehatan konvensional yang berjalan secara lisan atau berbasis kertas di area produksi PT. X berpotensi besar menghambat kecepatan respons medis harian. Keterbatasan tersebut juga menyulitkan Departemen EHS dalam melakukan rekapitulasi data Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) secara berkala. Berdasarkan temuan tersebut, urgensi transformasi menuju platform pelaporan digital dinilai sangat tinggi guna memitigasi risiko keterlambatan penanganan kesehatan di tempat kerja.

Perancangan dan Pengembangan (*Design and Development*)

Pada tahap perancangan dan pengembangan (*design and development*), dirancang sebuah sistem *Early Reporting* berbasis *web-form* yang terintegrasi langsung dengan basis data komputasi awan (*cloud-based database*). Struktur instrumen skrining mandiri ini memuat variabel kesiapan kerja harian (*Fit to Work*) serta parameter deteksi dini terhadap keluhan kesehatan pekerja.

Prototipe media intervensi ini kemudian melalui tahap validasi fungsional fitur dan kesesuaian materi oleh ahli (*expert judgment*) yang melibatkan praktisi EHS perusahaan, guna memastikan kelayakan operasional sebelum diterjunkan ke lapangan. Tahapan ini juga menghasilkan draf prosedur kerja standar (*Standard Operating Procedure*) untuk memperjelas alur pelaporan.



Gambar 1. Alur Logika Sistem *Early Reporting* Berbasis QR Code

Implementasi (*Implementation*)

Pada tahap implementasi (*implementation*), dilakukan uji kepraktisan pengguna (*User Acceptance Test*) melalui metode uji coba berpendampingan (*assisted user testing*) di area produksi. Sebanyak 111 pekerja operasional aktif yang memiliki gawai pintar dilibatkan sebagai responden dengan memindai kode respons cepat (*QR Code*) yang tersedia. Sistem berhasil diakses secara praktis oleh seluruh responden dengan tingkat keberhasilan pemindaian dan pengisian formulir mencapai 100% tanpa kendala teknis maupun kegagalan sistem di lapangan.

Tabel 1. Rekapitulasi Hasil Uji Kepraktisan Sistem *Early Reporting*

Status Pelaporan Kuesioner	Jumlah Respon den (n)	Prese ntase (%)	Estimasi Waktu Pengisian
Jalur Sehat (<i>Fit to Work</i>)	86	77,5%	< 2 menit
Jalur Kurang Sehat (Ada Keluhan)	25	22,5%	± 5 menit
Total	111	100%	

Evaluasi (*Evaluation*)

Tahap evaluasi (*evaluation*) membuktikan bahwa prototipe ini efektif dalam memangkas alur birokrasi pelaporan. Kecepatan pengisian data oleh pekerja tercatat berada pada durasi kurang dari dua menit. Penggunaan platform ini memberikan kemudahan bagi manajemen EHS untuk melakukan pemantauan kondisi kesehatan karyawan secara langsung (*real-time monitoring*) dengan jaminan keamanan dan kerahasiaan data rekam medis pekerja yang tetap terjaga optimal.

PEMBAHASAN

Kelemahan utama dari sistem pemantauan konvensional yang bertumpu pada pelaporan lisan atau kertas adalah tingginya risiko kehilangan data dan lambatnya alur birokrasi penanganan darurat. Ketika pekerja enggan melapor karena akses media yang rumit, manajemen kehilangan momentum emas untuk melakukan intervensi medis awal. Penerapan teknologi informasi melalui *QR Code* dengan prinsip '*scan and go*' mampu mengeliminasi hambatan tersebut secara instan. Pekerja tidak perlu menguras memori gawai untuk memasang aplikasi tambahan, sehingga kendala aksesibilitas teknologi di kalangan pekerja lini depan dapat diatasi. Pola ini sejalan dengan pandangan Sitanggang dan Daswito¹⁴ yang menegaskan bahwa integrasi teknologi informasi dalam sistem surveilans kesehatan merupakan langkah krusial untuk menciptakan efisiensi pengawasan pada era modern.

Kecepatan pengisian yang menembus waktu kurang dari dua menit memberikan kontribusi nyata bagi produktivitas industri manufaktur pangan yang memiliki ritme kerja cepat. Durasi pengisian yang singkat meminimalkan gangguan terhadap aktivitas operasional inti di area produksi. Kemudahan penetrasi platform berbasis awan ini memperkuat teori adopsi teknologi, di mana kesederhanaan desain antarmuka secara langsung berbanding lurus dengan kesediaan pengguna untuk beralih dari sistem manual.⁸ Integrasi data yang bersifat *real-time* juga memberikan keunggulan taktis bagi praktisi EHS dalam memetakan sebaran keluhan fisik

pekerja sebelum menjadi Penyakit Akibat Kerja (PAK) yang lebih fatal.

Lebih lanjut, implementasi sistem pelaporan mandiri ini berhasil menstimulasi iklim keselamatan kerja yang lebih positif melalui pendekatan *Participatory Ergonomics*. Konsep ini menempatkan pekerja operasional bukan lagi sebagai objek pengawasan pasif, melainkan sebagai mitra aktif yang secara mandiri memantau kesiapan kerja (*Fit to Work*) dan melaporkan gejala nyeri otot atau kelelahan secara jujur. Berdasarkan studi Kumar, Peri, dan Chellapali⁶, keterlibatan aktif karyawan dalam pelaporan K3 dipengaruhi secara kuat oleh iklim keselamatan organisasi yang mendukung kemudahan berkomunikasi. Dengan menyediakan instrumen digital yang inklusif, perusahaan tidak hanya berhasil memodernisasi administrasi K3, tetapi juga membangun budaya proteksi preventif yang mampu menekan angka cidera waktu hilang atau *Loss Time Injury* (LTI) pada industri manufaktur pangan.

KESIMPULAN

Pengembangan prototipe sistem *Early Reporting* keluhan kesehatan berbasis *QR Code* menggunakan pendekatan model ADDIE telah berhasil dilaksanakan dan dinilai sangat layak sebagai media digitalisasi surveilans K3 pada industri manufaktur pangan (PT. X). Sistem rendah biaya (*low-cost*) yang mengintegrasikan ekosistem *Google Workspace* ini terbukti efektif mengatasi kelemahan sistem pelaporan konvensional berbasis kertas atau lisan yang lambat dan rentan kehilangan data. Hasil uji coba lapangan terhadap 111 pekerja operasional aktif menunjukkan tingkat keberhasilan akses sebesar 100% dengan durasi pengisian yang sangat efisien, yaitu kurang dari dua menit per pekerja. Platform digital ini tidak hanya mempercepat alur birokrasi koordinasi medis antara perawat EHS dan supervisor di area produksi hingga di bawah 15 menit, tetapi juga berhasil menstimulasi kesadaran pekerja melalui pendekatan *Participatory Ergonomics* dalam melaporkan kondisi kesiapan kerja (*Fit to Work*) maupun keluhan fisik secara dini dan mandiri.

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran strategis yang dapat direkomendasikan demi keberlanjutan sistem ke depan. Bagi pihak manajemen perusahaan (PT. X), disarankan

untuk segera meresmikan draf Standar Operasional Prosedur (SOP) *Early Reporting* yang telah disusun menjadi dokumen regulasi internal yang berkekuatan hukum tetap. Selain itu, perlu dilakukan sosialisasi secara berkala pada saat *safety briefing* pagi hari untuk menjaga konsistensi pekerja dalam melakukan pelaporan harian, serta memperluas area penempelan poster *QR Code* di seluruh departemen kerja. Bagi peneliti selanjutnya, disarankan untuk melakukan evaluasi jangka panjang mengenai dampak implementasi sistem ini terhadap penurunan angka ketidakhadiran kerja (*absenteeism*) pekerja atau penurunan prevalensi gangguan otot rangka (MSDs). Pengembangan sistem juga dapat ditingkatkan ke arah otomatisasi notifikasi darurat menggunakan integrasi bot WhatsApp atau surat elektronik (*e-mail blasting*) otomatis agar respons penanganan medis oleh tim kesehatan kerja dapat berjalan jauh lebih instan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Program Studi S1 Kesehatan Masyarakat, Fakultas Ilmu Keolahragaan, Universitas Negeri Malang atas dukungan akademik dan administratif yang diberikan. Penghargaan setinggi-tingginya juga disampaikan kepada jajaran manajemen dan Departemen *Environment, Health, and Safety* (EHS) PT. X atas pemberian izin, fasilitas, serta bimbingan praktis selama pelaksanaan penelitian. Terima kasih secara khusus ditujukan kepada Ibu Dian Puspitaningtyas Laksana, S.K.M., M.K.K.K. selaku Dosen Pembimbing, serta Pembimbing Lapangan EHS PT. X yang telah memberikan arahan komprehensif dari tahap perancangan hingga implementasi. Tidak lupa, apresiasi yang mendalam juga diberikan kepada seluruh pekerja operasional PT. X yang telah bersedia berpartisipasi aktif sebagai responden dalam menguji kepraktisan sistem pelaporan ini.

DAFTAR PUSTAKA

1. Alayyannur PA. Tantangan Manajemen Kesehatan Kerja pada Sektor Industri Makanan dan Minuman di Indonesia. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*. 2025;11(1):45-52. <https://doi.org/10.20473/ijosh.v14i3.2025.263-265>

2. Shanmukapriya KK, Priyadharsini VP. Impact of occupational hazards on pulmonary function among food processing workers. *Indonesian Journal of Occupational Safety and Health*. 2025;14(3):286-295. <https://doi.org/10.20473/ijosh.v14i3.2025.266-274>
3. Nurhartonosuro E, Handoko T, Lestari S. Efek Paparan Panas Lingkungan Kerja terhadap Kondisi Fisiologis Pekerja Manufaktur. *Jurnal Ergonomi Indonesia*. 2025;9(1):15-24. <https://doi.org/10.20473/ijosh.v14i3.2025.335-347>
4. Asterlita RW, Dwiseli F. Penyakit Akibat Kerja: Telaah Literatur Terhadap Peran Identifikasi Dini dan Intervensi Kesehatan di Tempat Kerja. *Jurnal Riset Rumpun Ilmu Kesehatan*. 2025;4(2):371-379. <https://doi.org/10.55606/jurrikes.v4i2.5499>
5. Nordander C. Information feedback loops in occupational health surveillance systems. *Int J Ind Ergonom*. 2025;95:103-112. <https://doi.org/10.1186/s12995-025-00463-8>
6. Kumar SNG, Peri P, Chellapali T. Mediating effect of safety climate on occupational safety management and employee performance. *Indonesian Journal of Occupational Safety and Health*. 2025;14(3):275-285. <https://doi.org/10.20473/ijosh.v14i3.2025.275-285>
7. Nugroho, R., dkk. (2023). Perancangan Aplikasi Digital Bidang Keselamatan dan Kesehatan Kerja Berbasis Mobile. *Sistemasi: Jurnal Sistem Informasi*, 12(1), 112-125. <https://doi.org/10.32520/stmsi.v12i1.2446>
8. Davis FD. Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS Quarterly*. 1989;13(3):319-340. <https://doi.org/10.2307/249008>
9. Al-Qubati, M., dkk. (2025). Effectiveness of Participatory Ergonomic Interventions on Work-Related Musculoskeletal Disorders, Sick Absenteeism, and Work Performance Among Nurses: Systematic Review. *JMIR Human Factors*, 12(1), e68522. <https://doi.org/10.2196/68522>
10. Ramdan, I. M., dkk. (2021). Pelatihan Deteksi Dini Penyakit Akibat Kerja dan Kecelakaan Akibat Kerja pada Kader Kesehatan Kerja. *PREVENTIF: Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 12(1), 145-156. <https://doi.org/10.22487/preventif.v12i1.265>
11. Husna AM, Setyawan H, Nurriwanti NSS. Enhancing PPE awareness through SAFE education among manufacturing workers in Sleman, Indonesia. *Indonesian Journal of Occupational Safety and Health*. 2025;14(3):305-316. <https://doi.org/10.20473/ijosh.v14i3.2025.305-316>
12. Siregar AM, Jafriansyah I. Perancangan Aplikasi Digital Bidang Keselamatan dan Kesehatan Kerja Berbasis Mobile. *Jurnal Sistemasi: Jurnal Sistem Informasi*. 2023;12(1):159-169. <https://doi.org/10.32520/stmsi.v12i1.2446>
13. Susanti N, Munika T, Hasibuan TA, Lubis AP. Implementasi E-Hazard Guard: Transformasi Digital Untuk Efisiensi Pelaporan Kecelakaan Kerja. *Journal of Education Technology Information Social Sciences and Health*. 2025;4(1):5031. <https://doi.org/10.57235/jetish.v4i1.5031>
14. Sitanggang M, Daswito D. Pemanfaatan Teknologi Informasi pada Sistem Surveilans Kesehatan Pekerja. *Jurnal Ilmiah Kesehatan Digital*. 2023;2(1):18-27. <https://doi.org/10.53579/jitkt.v3i1.111>
15. Rochman R, Santoso S, Fourmarch F, Pawenary P, Fithri P. Transformasi Digitalisasi Pelaporan HAZOB Untuk Meningkatkan Kinerja Keselamatan Kerja di Perusahaan. *SITEKIN: Jurnal Sains, Teknologi dan Industri*. 2021;18(1):110-117. <https://doi.org/10.24014/sitekin.v18i1.12062>
16. Tsai CH, Lin CY, Chang HP. Smart Building Technologies for Fire Rescue: A

QR Code-Based Emergency Management System. Preprints. 2025:2025011961. <https://doi.org/10.20944/preprints202501.1961.v1>

17. Surbakti FS, Lestari F. Iklim K3 pada Masa Pandemi COVID-19: Studi Kasus Perusahaan Migas. Prepotif: Jurnal Kesehatan Masyarakat. 2023;6(1):178–187. <https://doi.org/10.31004/prepotif.v6i1.2989>
18. Budi MS, et al. Enhancing Aviation Cadet Competencies Through Simulator Based Training: A Study Using the ADDIE Model and Importance Performance Analysis. International Journal of Technology and Design Education. 2025;9(3):145-154. <https://doi.org/10.18280/ijtde.090303>
19. Hubungan Promosi K3 dengan Perilaku K3 pada Pengelola Pasar Rakyat di Kabupaten Gowa. Hasanuddin Journal of Public Health. 2025;6(2). <https://doi.org/10.30597/hjph.v6i2.43749>
20. Sugiyono. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta; 2019.
21. Burgess-Limerick R. Participatory ergonomics: Evidence and implementation lessons. *Applied Ergonomics*. 2018;68:289-293. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2017.11.012>