

Pengembangan Teknologi Digital Terhadap Pemenuhan Keselamatan Kontruksi di Indonesia

Liza Putriwardani¹, Susilawati²

^{1,2} Program Studi Ilmu Kesehatan Masyarakat, Fakultas Kesehatan Masyarakat,
Universitas Islam Negeri Sumatera Utara

e-mail: 1Lizaputriwardhani@gmail.com, 2susilawati@uinsu.ac.id

Corresponding author: Lizaputriwardhani@gmail.com

ABSTRAK

Informasi Artikel:

Terima: 15-05-2024

Revisi: 16-05-2024

Disetujui: 17-05-2024

Telah diketahui dengan baik bahwa perkembangan digital terjadi dengan sangat cepat saat ini dan hal ini dapat sangat memfasilitasi dan meningkatkan efisiensi operasi konstruksi. Terlepas dari kelebihanannya, kemajuan teknologi digital juga berdampak pada industri konstruksi, seperti yang ditunjukkan oleh kemampuannya dalam menjamin keselamatan konstruksi. Dalam penyelenggaraan SMKK harus berpegang pada Standar Keamanan, Keselamatan, Kesehatan, dan Keberlanjutan sesuai Peraturan Menteri PUPR Nomor 10 Tahun 2021. Keselamatan publik, perlindungan lingkungan, kesehatan dan keselamatan kerja, serta keselamatan teknik konstruksi semuanya terjamin jika kriteria ini terpenuhi. Kajian ini akan membahas kemajuan teknis yang dimungkinkan oleh penerapan Keselamatan Konstruksi, dengan memanfaatkan isi Standar SMKK dan K4 yang ada. Berdasarkan hal tersebut, informasi dikumpulkan melalui jurnal ilmiah tentang proyek bangunan di Indonesia, terus berlanjut.

Kata Kunci: Teknologi Keselamatan Konstruksi; Konstruksi K3; Konstruksi Digital; SMKK

ABSTRACT

It is well known that digital development is happening at a very fast pace nowadays and this can greatly facilitate and improve the efficiency of construction operations. Apart from its advantages, advances in digital technology have also impacted the construction industry, as demonstrated by its ability to ensure construction safety. In implementing SMKK, it must adhere to Security, Safety, Health, and Sustainability Standards per PUPR Minister Regulation Number 10 of 2021. Public safety, environmental protection, occupational health and safety, and construction engineering safety are all guaranteed if these criteria are met. This study will discuss technical advances made possible by implementing Construction Safety, utilizing existing SMKK and K4 Standards. Based on this, information collected through scientific journals about building projects in Indonesia continues.

Keywords: *Construction Safety Technology; K3 Construction; Digital Construction; SMKK*

PENDAHULUAN

Indonesia masih memiliki tingkat kecelakaan kerja yang tinggi, dan jumlahnya terus meningkat setiap tahunnya (Sulistyaningtyas, 2021). Sementara itu, 7,5% hingga 8% dari seluruh pekerja bekerja di industri konstruksi, yang menyumbang 6,45% PDB Indonesia. Selain sektor besar lainnya, sektor jasa konstruksi merupakan salah satu sektor yang paling rentan terhadap kecelakaan kerja (Sulistyaningtyas, 2020). Penemuan informasi yang dihimpun dari program Perlindungan Kecelakaan Kerja (JKK) BPJS Usaha Tahun 2022 terkait Penyakit Infeksi Kata (PAK) dan kecelakaan kerja terus menunjukkan penyimpangan yang semakin meningkat setiap

Alahyan Jurnal Pengabdian Masyarakat Multidisiplin (ECOS-PRENEURS)

Published by: PT Alahyan Publisher Sukabumi

e-ISSN: 3025-034X

Volume: 2 Nomor: 1 (Mei: 2024) hal: 21-32

tahunnya.

Berdasarkan data Kementerian Ketenagakerjaan Republik Indonesia, pada tahun 2021 terdapat 234.370 kejadian yang mengakibatkan meninggalnya 6.552 pekerja/buruh, naik 5,7% dari tahun 2020. Selain itu, telah diketahui bahwa faktor material, mesin, dan manusia semuanya dapat mengakibatkan kecelakaan (Bastuti, 2019). Selain itu, ditemukan bahwa sebagian besar penyebab kecelakaan kerja adalah komponen aktivitas manusia yang berbahaya, seperti perilaku pekerja, keterlibatan, usia, dan pemenuhan pendidikan.

Dalam hal kecelakaan kerja, variabel lingkungan dan peralatan masing-masing menempati urutan kedua dan ketiga. (Sulistyaningtyas, 2021). Selain mengabaikan protokol, kesalahan manusia juga dapat mengakibatkan kecelakaan kerja karena kelelahan, kondisi kerja yang tidak aman, pengawasan yang tidak memadai, dan kurangnya kesadaran akan bahaya yang mungkin terjadi. Menurut Andriani dkk (2022) unsur lingkungan yang berkontribusi terhadap kecelakaan kerja antara lain informasi keselamatan yang tidak memadai, lingkungan kerja yang berbahaya, kurangnya rambu keselamatan, dan fasilitas keselamatan yang tidak memadai.

Diperkirakan organisasi akan mengambil pendekatan yang lebih proaktif dalam mencegah kecelakaan kerja dengan mengatur banyak faktor yang berkontribusi terhadap kecelakaan kerja (Sulistyaningtyas, 2021). Selanjutnya, untuk memaksimalkan pemantauan keselamatan kerja, manajemen proyek perlu dikoordinasikan (Andriani et al., 2022).

Dengan kemajuan inovasi di era digital kekinian, hal ini mempunyai pengaruh besar terhadap perluasan pekerjaan dalam industri pembangunan. Seiring dengan meningkatnya kemajuan teknologi, inovasi juga dapat meningkatkan kelayakan penggunaan embangunan. Inovasi tingkat lanjut digunakan di hampir semua segmen mekanis, termasuk divisi kesejahteraan dan keamanan konstruksi. Ada beberapa penerapan uang muka yang dilakukan baik pada rencana pra-konstruksi maupun pada rencana penggunaan kemajuan (Hongling Guo, 2017). Terlepas dari itu, kebutuhan akan kemajuan dalam dunia kemajuan juga menjadi pusat perhatian pasca pandemi Covid-19, baik dari kebutuhan Pemerintah maupun penyedia manfaat (Permatasari et al., 2021).

Berbagai macam dorongan telah digunakan untuk membantu pelaksanaan kemajuan, seperti pelatihan K3 dengan memanfaatkan Virtual Reality, Moved forward Reality dan Entertainment (Mohd et al., 2019). Penelitian ini juga menemukan bahwa pengawasan dokter spesialis masih bersifat manual dan sering dianggap hilang sehingga diperlukan ketidakpatuhan untuk membantu memisahkan kelengkapan APD (Nurfirmsyah & Dijaya, 2022). Dalam penggunaannya terdapat beberapa kemajuan yang sebagian besar ditemukan mampu memberdayakan terwujudnya hal-hal yang paling tidak biasa, seperti menggabungkan kemajuan berbasis sensor dengan BIM sehingga dapat meningkatkan kemajuan keamanan organisasi, mengurangi kecelakaan kerja, namun pemanfaatannya tentu saja akan lebih unggul. meningkatkan biaya pertukaran. (Asadzadeh dkk., 2020). Kemajuan komputerisasi yang akan dibicarakan dalam pembicaraan ini adalah kemajuan dalam pemanfaatan visual seperti VR, AR, CNN, BIM, Floats dan Improvement Diagram (2D).

Pada saat itu terdapat inovasi wearable dan inovasi berbasis sensor. Inovasi-inovasi yang dimaksud merupakan kemajuan-kemajuan yang lazim dimanfaatkan dalam dunia pengembangan K3, baik di dalam negeri maupun di luar negeri. Hal ini terlihat dari sejumlah pengungkapan mekanis yang digunakan untuk memenuhi persyaratan Keamanan Pembangunan dari berbagai sudut keamanan. Selain itu, PP Nomor 14 Tahun 2021 tentang Revisi Pengendalian Pemerintah Nomor 22 Tahun 2020 tentang Penyelenggaraan mengatur tentang ketahanan pembangunan di Indonesia. Petunjuk penyelenggara Nomor 10 Tahun 2021 tentang Pedoman Perilaku Penyelenggaraan Pengamanan Konstruksi, serta Pengendalian Undang-Undang Nomor 2 Tahun 2017 tentang Administrasi Konstruksi menjadi pokok bahasan artikel ini.



Gambar 1: Substansi dan Penerapan SMKK berdasarkan PerMen PUPR No.10 tahun 2021

Berdasarkan pengendalian tersebut, Sistem Organisasi Peningkatan Keamanan yang selanjutnya disingkat SMKK adalah bagian dari sistem regulasi untuk melaksanakan pekerjaan peningkatan guna menjamin terwujudnya peningkatan keamanan. Pekerjaan pembangunan yang dimaksud adalah seluruh atau sebagian kegiatan yang meliputi pembangunan, pengoperasian, pemeliharaan, penghancuran dan penyesuaian suatu bangunan. Sedangkan yang dimaksud dengan Peningkatan Keamanan adalah segala upaya untuk mendukung Kemajuan Kerja dalam mewujudkan tercapainya Keamanan, Kesehatan, Kesejahteraan dan Upaya Kembali yang menjamin keamanan rencana Peningkatan, keamanan dan kesejahteraan tenaga kerja, keamanan terbuka dan keamanan bersama (Aturan K4)

Dari sini terlihat bahwa Keamanan Pembangunan tidak sekadar menentukan kesejahteraan dan keamanan para spesialis, namun lebih jauh lagi memperjelas perspektif keamanan lainnya. Untuk mendukung terpenuhinya keamanan pembangunan, perlu diketahui SE Kementerian PUPR Nomor 10 Tahun 2022 tentang Aturan Operasional Efisien Guna Mewujudkan Keamanan Dalam Pembangunan Pelayanan PUPR lebih lanjut menyatakan sejauh mana pandangan tersebut.

Untuk melihat bidang-bidang atau perspektif keamanan pembangunan yang dapat dijadikan referensi di kemudian hari, penulis akan mencoba merangkum dan mengkaji inovasi-inovasi canggih yang dimanfaatkan dari perspektif kesejahteraan dan keamanan pembangunan dalam pembahasan kali ini, serta memisahkannya. berdasarkan pemenuhan substansi SMKK. senang dengan penemuan mutakhir ini. Dipercaya pula dengan pemikiran ini, pembaca akan mengambil data-data yang belum dimanfaatkan dan dapat melihat bagaimana perkembangan yang terjadi menuju pemenuhan Security Advancement serta dapat menemukan celah dalam melakukan pengembangan terkait dengan penggerak keamanan kemajuan.

METODE

Metodologi penelitian ini memadukan pendekatan kuantitatif dengan strategi investigasi ekspresif. Menurut Ulvania, U. (2022), investigasi ekspresif adalah investigasi yang mengungkapkan metode awal suatu situasi, efek samping (keajaiban), atau kualitas tertentu untuk memahami keadaan saat ini (Rukajat, 2018). Kondisi masa kini, dengan penafsiran yang sesuai (Purba et al., 2021) yang mengacu pada representasi kejadian supranatural yang sebenarnya, termasuk mukjizat biasa dan buatan manusia (Adiputra et al., 2021). Hal ini dapat

diandalkan dengan tujuan untuk menentukan bagaimana peluang untuk membentuk kemajuan kreatif berhubungan dengan peningkatan keamanan. Informasi yang dikumpulkan untuk penyelidikan ini bersifat kuantitatif, yang kemudian dapat ditampilkan sebagai informasi numerik atau sebagai informasi subjektif yang dikomunikasikan sebagai informasi numerik yang diperoleh dengan mengubah nilai-nilai tersebut menjadi informasi kuantitatif (Ramadhan, M., 2021). Informasi yang dikumpulkan untuk penyelidikan ini akan digunakan untuk mendukung dan melihat tulisan seputar pengungkapan kemajuan komputer mutakhir yang digunakan untuk mewujudkan kemajuan dalam keamanan dalam usaha yang diarahkan pada peningkatan.

Pengumpulan data lebih lanjut ini dilakukan melalui catatan harian logis, dokumen tindak lanjut, buku, dan/atau situs web pemerintah terkait. Mengingat hal ini mencakup penggunaan kendali gerejawi dan pemerintah atas PUPR, data terkait yang dikumpulkan berasal dari studi dan penelitian yang merupakan hasil atau terkait dengan inisiatif pembangunan. Pengumpulan data lebih lanjut ini dilakukan melalui catatan harian logis, dokumen tindak lanjut, buku, dan/atau situs web pemerintah terkait. Mengingat hal ini, laporan ini mempertimbangkan pekerjaan Gereja PUPR dan Kontrol Pemerintah, menjamin bahwa informasi penting yang dikumpulkan berasal dari pemikiran dan penyelidikan yang dimulai atau dilakukan, karena berada di dalam negeri

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Kesimpulan penelitian ini telah mengarah pada pertimbangan beberapa konsep di masa lalu ketika menggunakan inovasi komputer untuk memenuhi kriteria keamanan pembangunan. Konsep-konsep tersebut antara lain penggunaan sensor atau Internet of Things (IoT) dalam kegiatan pembangunan, serta BIM, VR, extended reality, CNN, VRS, kendaraan udara tak berawak (Ramble), dan pergerakan realistis (2D).

A. Sistem Manajemen Keselamatan Konstruksi (SMKK)

PP Nomor 14 Tahun 2021 dan Petunjuk Gereja PUPR Nomor 10 Tahun 2021 digunakan dengan mempertimbangkan empat (empat) sudut pandang SMKK dalam rangka memenuhi standar Keselamatan, Keamanan, Kesejahteraan, dan Daya Dukung (K4) dalam penyelenggaraan pembangunan. Oleh karena itu, Anda dapat membantu mewujudkan Kerangka Administrasi Keamanan Pembangunan yang fantastis dengan memahami sudut pandang ini. Terlihat jelas bahwa terdapat banyak bahan kimia jika dilihat dari sudut pandang masing-masing SMKK.

Tujuannya, dengan menerapkan unsur-unsur pada masing-masing substansi dalam penelitian ini, kita dapat melihat keadaan saat ini terkait penerapan inovasi pada Kerangka Administrasi Keamanan Pembangunan Indonesia. Temuan menunjukkan bahwa ditemukan 16 refleksi yang membahas keselamatan struktur yang sedang dibangun, dengan fokus pada sumber daya, peralatan, dan material yang berhubungan dengan bangunan dan konstruksi. Setelah itu, diperiksa 28 faktor yang berhubungan dengan keamanan dan kesejahteraan dalam hubungannya dengan pemilik/pengusaha, pekerja konstruksi, serta tamu, penyedia, dan pemasok sub-jasa. Ada sepuluh faktor yang mempertimbangkan keamanan terbuka dalam kaitannya dengan masyarakat di sekitar proyek dan kawasan yang tidak dilindungi. Selain itu, 12 faktor yang terkait dengan lingkungan binaan, lingkungan kerja, lingkungan yang terpengaruh, dan lingkungan normal diperiksa dalam kaitannya dengan keamanan alam.

Terlihat dari banyaknya kategori inovasi yang disajikan, bahwa inovasi berbasis sensor merupakan salah satu yang mendapat banyak perhatian dalam penelitian-penelitian sebelumnya dan terkait dengan inisiatif pembangunan di Indonesia. Inovasi dalam keamanan konstruksi biasanya diterapkan pada struktur atau sumber daya konstruksi, perangkat keras dan material,

Alahyan Jurnal Pengabdian Masyarakat Multidisiplin (ECOS-PRENEURS)

Published by: PT Alahyan Publisher Sukabumi

e-ISSN: 3025-034X

Volume: 2 Nomor: 1 (Mei: 2024) hal: 21-32

lingkungan kerja, pemilik atau manajer, dan personel konstruksi. Temuan penyelidikan juga mengungkapkan bahwa sekitar 75% kemajuan yang dilakukan untuk memenuhi persyaratan keamanan disajikan secara visual. Sesuai temuan Hongling Guo dkk. (2017), bisnis keamanan sering kali menggunakan visualisasi untuk meningkatkan proses K3 mereka dan mendorong kemajuan.

Pemanfaatan visualisasi pembangunan dapat dikumpulkan berdasarkan waktu pemanfaatan, menghitung visualisasi pembangunan pada masa pembangunan (prakonstruksi) dan visualisasi pembangunan pada masa pembangunan. Sedangkan visualisasi kemajuan K3 dapat digunakan untuk menganalisis dan memvisualisasikan data untuk mendukung keamanan dengan mengambil kerangka acuan dari tren atau perilaku yang signifikan. Pendekatan ini sering kali melibatkan pengamatan terhadap data regional dan kemajuan.

B. Virtual Reality – Augmented Reality

Misalnya pelatihan K3, pelatihan penggunaan peralatan, dan pelatihan pemadaman kebakaran semuanya memanfaatkan teknologi VR-AR secara ekstensif (Hamonangan H.A., 2023). Para profesional dapat lebih mudah memahami lingkungan kerja dan meningkatkan keterampilan kerja mereka berkat aplikasi VR-AR yang dapat beradaptasi (Putri, FA, 2022). Kemungkinan pemanfaatan virtual reality untuk menciptakan hiburan juga sangat beragam, tergantung kemudahan penggunaan, kepuasan menonton, dan kebutuhan pengguna saat menggunakan VR (Arifin & Sudiarno, 2023).

Suandi dkk. (2020) melaporkan bahwa bantuan Energize menunjukkan bahwa aplikasi AR juga dapat membantu pekerja tingkat lanjut dengan memberikan mereka indikasi dan pemberontak K3 untuk digunakan di lapangan. Selain itu, VR dapat mengurangi kebutuhan bisnis untuk memberikan perencanaan perangkat keras yang berlebihan kepada karyawan, yang menyebabkan keterbatasan waktu, biaya, dan pengurangan kejadian terkait pekerjaan (Nugraha & Firda, 2021). Hal ini mungkin juga terkait dengan perkembangan realitas virtual dan pemanfaatan gambar. Melinda & Widjaja (2022) menyatakan bahwa “perkembangan tampilan berbasis komputer yang menggunakan audio dan visual untuk menggambarkan lingkungan virtual dalam sistem perkantoran Cartesian dikenal sebagai virtual reality.

Nair et al. (2021) juga mengemukakan hal serupa ketika mereka menyatakan bahwa “Virtual Reality merupakan suatu kemajuan yang memudahkan komputer untuk terhubung ke situasi simulasi, merencanakan rencana yang canggih, dan mewujudkan masalah di dunia nyata”. Tidak jauh berbeda dengan kemajuan visual lainnya, inovasi Virtual Reality-Mixed Reality (VR-MR) mampu mengenali, menjaga pemisahan penting, berkomunikasi dan bereaksi terhadap ancaman, serta perangkat keras keamanan yang tidak konvensional (Moore & Gheisari, 2019). Melalui Virtual Reality, kita juga dapat mengingat kemajuan keamanan di dunia yang mencapai puncaknya dan dalam kondisi aman (Le, Pedro et al., 2015 dan Holder et al., 2019).

Memang benar, visualisasi peningkatan tindakan keamanan masih sangat dibatasi karena beberapa pertimbangan di masa lalu dibatasi pada data visual, tanpa mempertimbangkan interaksi umum atau partisipasi dari peningkatan ini (Hongling Guo et al., 2017). Seperti visualisasi kemajuan dengan bukti yang dapat dikenali dan organisasi JHA dinyatakan mampu mengenali ancaman kesalahan besar seperti jatuh dari ketinggian, kecelakaan karena material jatuh atau benturan spasial. Namun, bukti pemisahan JHA masih terbatas pada risiko jangka pendek, sehingga memerlukan pendekatan yang lebih potensial untuk digunakan dalam industri pengembangan (Hongling Guo et al., 2017).

Meskipun ada banyak perkembangan visualisasi untuk pemeriksaan keamanan dan pemberitahuan lokasi yang lebih luas sehubungan dengan pemeriksaan keamanan di tempat yang berkoordinasi dengan posisi spesialis dan peningkatan, kemajuan pekerjaan dan pengembangan operasi perangkat keras, masih ada pembicaraan terbatas mengenai data

berbasis gambar atau sensor koleksi (Hongling Guo et al., 2017).

C. Convolution Neural Network (CNN)

Salah satu penyempurnaan yang dapat mendeteksi image atau gambar yang telah didefinisikan atau diprogram adalah Convolution Neural Organization (CNN). Diperlukan waktu 9,44 detik untuk membedakan penggunaan penutup pelindung (Susanti dkk, 2023). Untuk menghidupkan peristiwa menakjubkan, evolusi CNN sering kali dikaitkan atau dibantu oleh Made Neural Organization (ANN) dan You Simply See Once (YOLO). Studi ini mengungkap beberapa aplikasi kemajuan CNN, ANN, dan YOLO.

Para profesional di bidang pembangunan sering kali menggunakan inovasi Convolution Neural Arrange (CNN) untuk keamanan karena kapasitasnya untuk mengenali hal-hal yang telah menjalani pembelajaran atau pelatihan mendalam. Hal ini memudahkan untuk menemukan objek yang tersembunyi di bawah area tertentu, seperti makhluk. Mampu menentukan kelengkapan APD bagi pekerja konstruksi (Widodo B., et al., 2021; Rachman F.F., et al., 2021; Laily et al., 2022; Mailoa & Santoso, 2022;) dan rambu K3 dengan menggunakan real- kamera waktu atau CCTV (Mashita S.N., 2020).

D. Building Information Modelling (BIM)

Building Data Modeling (BIM) adalah visualisasi inovatif lainnya yang digunakan dalam Pembangunan Kesejahteraan dan Keamanan. BIM ini memungkinkan koordinasi data yang terkait dengan kegiatan pembangunan, mulai dari perencanaan hingga pemberian layanan dan dukungan, membantu memitigasi risiko yang terkait dengan perluasan K3. Pembekuan di BIM akan tersinkronisasi dengan data registrasi pengembangan K3 sehingga setiap pembekuan yang mungkin menjadi penyebab kecelakaan kerja akan teridentifikasi dengan atribut yang unik. Ini akan membantu mengurangi kecelakaan kerja pada proyek pengembangan menggunakan visual BIM yang sangat detail (Muzafar, 2019). Relatif mudah bagi penyelenggara, pelaksana, dan pelanggan untuk menggunakan BIM sebagai strategi untuk mengambil tindakan keselamatan kebakaran pada struktur, khususnya gedung bertingkat, karena dapat digunakan pada tahap pra-konstruksi, pengembangan, dan pasca-konstruksi (Fasha NZ, AA, 2022).

Karena BIM adalah alat yang dapat menyimpan data koordinat, BIM dapat digunakan dari hampir semua sudut dalam hal keselamatan konstruksi. Mirip dengan keselamatan gedung, koordinasi BIM dengan sensor dapat membantu identifikasi bahaya dan persiapan pekerja (Nugroho et al., 2022). Senada dengan itu, inovasi visualisasi prakonstruksi dapat dijadikan sebagai pelatihan keamanan dengan menggabungkan inovasi BIM dan VR untuk menciptakan lingkungan dan skenario kerja yang serupa dengan kondisi lapangan. Hal ini memungkinkan pekerja dengan cepat mengidentifikasi potensi ancaman yang mungkin mereka hadapi. hadapi saat bekerja (Hongling Guo dkk., 2017). Selain itu, dengan penggunaan inovasi BIM, visualisasi dapat digunakan pada tahap prakonstruksi untuk menemukan dan memantau zona bahaya pekerjaan (JHA). Pekerja di sekitar wilayah JHA akan menerima data dari BIM ini, yang akan digunakan untuk mengidentifikasi lokasi, celah, atau sudut yang mungkin menjadi JHA (Hongling Guo et al., 2017).

E. Drone (UAV)

Rambles adalah penemuan lain yang dapat digunakan untuk memenuhi persyaratan keamanan pembangunan. Keterampilan observasi yang dimiliki ocean akan sangat berguna untuk mengawasi pekerjaan dan mengurangi potensi kecelakaan di tempat kerja (MT Hardjo et al., 2020). Pemanfaatan ramble juga dapat dilihat dari kemampuannya dalam mengawasi operasional, menjaga keamanan, memeriksa angkutan terbuka dan produk angkutan (Dinas Perhubungan Aceh, 2023). Biasanya bersamaan dengan fakta bahwa pekerjaan pembangunan juga mencakup keamanan terbuka dan lingkungan hidup. Meskipun Anda mungkin

membayangkan bahwa banyak orang telah menggunakan ocehan untuk keamanan pembangunan namun membatasinya, tidak banyak orang dalam pembangunan Indonesia yang memikirkan atau mendiskusikan penggunaan ocehan untuk keamanan pembangunan. mengakses informasi. Penemuan 1 (satu) studi/studi kasus tentang inisiatif pembangunan Indonesia menjadi buktinya.

F. Wearable Devices

Selain inovasi berdasarkan gambar, pekerja pembangunan juga dapat memanfaatkan inovasi spesifik (teknologi yang dapat dikenakan) untuk menggabungkan keamanan dan kesejahteraan kerja. Inovasi yang dapat disampaikan memiliki kemampuan untuk meningkatkan penggunaan administrasi keselamatan dan menilai secara efisien serta meningkatkan berbagai metrik kinerja keselamatan di sektor konstruksi (Awolusi, dkk., 2018).

Belum banyak penelitian yang dikaitkan dengan industri pembangunan di Indonesia, meskipun faktanya teknologi wearable untuk pekerja pembangunan telah banyak dipelajari di luar negeri. Meskipun perangkat wearable telah menjadi bahan diskusi di negara ini di masa lalu (Kamaiya et al., 2023; Rosima & Suwardoyo, 2022), penerapannya masih terbatas pada pasien umum di bidang medis (telemedis).

Penggunaan teknologi wearable dalam penelitiannya menghasilkan banyak kesimpulan, antara lain:

1. Potensi bahaya kesehatan dan keselamatan pada industri konstruksi, dimana data matriks yang diperoleh terdiri dari data fisiologis pekerja, sensor lingkungan, deteksi jarak, dan deteksi lokasi.
2. Fitur kinerja teknologi yang dapat dikenakan, termasuk dimensi, berat, catu daya, sensitivitas dan akurasi sensor, pemantauan multi-parameter, kapasitas penyimpanan, penempatan peralatan, biaya dan pemeliharaan, pita frekuensi, masalah sosial, pemrosesan data, dan transmisi.
3. Teknologi wearable yang terintegrasi untuk menopang kinerja dalam keselamatan konstruksi. Menurut Awolusi dkk. (2018), teknologi yang dapat dikenakan ini terdiri dari beberapa jenis sensor dan sistem yang dapat digunakan untuk mengukur dan menggabungkan berbagai indikator keselamatan konstruksi.

Inframerah, magnetometer, radar, RFID, sonar, Bluetooth, akselerometer GPS, spinner, ultrasound, UWB, Wi-Fi, sensor kapasitif, EKG/EKG, EMG, GSR, sensor lengket, cahaya, suara, berat, dan sensor suhu adalah beberapa contoh sensor yang dapat digunakan dalam teknologi wearable (Awolusi et al. 2018).

Sistem Pemeriksaan Status Fisiologis (PSM) yang digunakan oleh dua personel administrator merupakan inovasi lain yang dapat diterapkan. Data grid mencakup perjalanan, kecepatan tubuh, laju pernapasan, detak jantung, titik posisi tubuh, dan peningkatan kecepatan (Shen et al., 2017). Bekerja pada pagi dan sore hari menyebabkan peningkatan detak jantung akibat penggunaan teknologi PSM. Karena administrator sedang tidur atau tidak bekerja saat ini, detak jantung turun secara signifikan di tengah waktu istirahat. Berbeda dengan kerangka informasi fisiologis, taktik berbasis penginderaan tambahan, seperti pengembangan sensor (unit estimasi inersia), juga dapat dieksplorasi melalui inovasi perangkat wearable.

Inovasi sensor ini dapat mendeteksi bahaya di tempat kerja dan menjamin keselamatan pekerja konstruksi saat bekerja. Keuntungan tambahan dari inovasi ini termasuk mencegah jatuh, memprediksi masalah muskuloskeletal, meningkatkan ketegangan dan kelelahan fisik, mengevaluasi kesehatan mental pekerja, dan menganalisis kemampuan mereka dalam mengidentifikasi bahaya (Ahn et al., 2019). Namun, terdapat kendala dalam inovasi perangkat

wearable yang menghambat kemajuan teknologi dan praktik. Kendala-kendala ini mencakup ketidakstabilan mengenai dampaknya terhadap spekulasi, bendera dan artefak kebijakan dalam estimasi lapangan mengenai sensor yang dapat dikenakan, variabel panduan untuk bahaya keselamatan dan kesejahteraan individu dalam pembangunan, dan permintaan pengguna akan pemilihan yang inovatif (Ahn dkk., 2019).

G. Motion Graphic (2D)

Grafik gerak, yang memadukan teks dan gambar untuk memaksimalkan jumlah informasi yang disampaikan, merupakan media teknologi lain yang dapat dimanfaatkan untuk menjamin keselamatan konstruksi (Pernando & Kaharuddin, 2022). Karena dapat beradaptasi dengan target atau audiens dan berkomunikasi dengan pekerja, media teknologi animasi 2D ini sangat menarik. Dalam pengalaman media digital, grafis gerak juga dapat mengkomunikasikan orisinalitas dan keindahan (Ji Z., 2013).

H. Berbasis Sensor (Sensor-Based)

Inovasi berbasis sensor adalah pendekatan populer lainnya dalam pengembangan keamanan. Penerapan keamanan pembangunan dapat dibuat lebih profesional, memiliki akses terhadap informasi terkini (real-time), serta mempersiapkan dan mengumpulkan informasi yang tepat dengan meningkatkan inovasi berbasis sensor. Hal ini karena sensor mampu mengumpulkan, menyampaikan, dan menangani informasi. Selain itu, alat berbasis sensor, yang juga dikenal sebagai alat deteksi, sering digunakan selama masa tanggung jawab pemilik atau penyewa gedung untuk pemeliharaan dan servis (O&M) gedung. Namun perlindungan keselamatan dan kesehatan kerja hanya sebatas derajatnya saja tergantung pengguna jasanya, melainkan pada tahap pengoperasian dan pemeliharaan, karena ruang lingkup SMKK sendiri hanya mencakup penyedia jasa konstruksi mulai dari tahap serah terima konstruksi hingga masa pemeliharaan. diurutkan dan diberi peringkat, atau pemilik aset layanan.

Penelitian sebelumnya telah mengkaji sejumlah teknologi berbasis sensor, seperti detektor asap yang menggunakan notifikasi ponsel cerdas untuk mengirimkan peringatan (Najih, 2021); detektor asap untuk sekolah (Nurzakiah et al., 2022); proteksi kebakaran ruang gawat darurat rumah sakit (Fadilah et al., 2019); pemantauan dan pemberitahuan kualitas udara ruangan (Waworundeng & Lengkong, 2018); dan memantau derajat gangguan di lingkungan kerja (Febriyanti, 2023). Dengan berkonsentrasi pada teknologi berbasis sensor yang dapat memberikan kemampuan lebih besar dari itu, potensi tersebut dapat terwujud. Di negara lain, jaringan sensor nirkabel, sensor berbasis penglihatan, dan sensor berbasis lokasi digunakan dalam keselamatan konstruksi (Zhang et al., 2017).

Untuk memungkinkan pemantauan visual terhadap data dan kondisi lingkungan lainnya, jaringan sensor nirkabel dengan kemampuan deteksi objek dan alat juga dapat berinteraksi dengan pemodelan informasi bangunan (Cheung et al., 2018). Dalam manajemen keselamatan, teknologi berbasis sensor dapat dimanfaatkan untuk penilaian risiko, pengendalian risiko, dan evaluasi tindakan pengendalian (evaluation Control Measures). Hal ini juga dapat digunakan untuk mengidentifikasi bahaya apa pun yang terkait dengan perilaku atau tempat kerja dengan lebih cepat dan mudah, baik secara tidak langsung maupun langsung. Hubungan umum antara teknologi sensor, manajemen risiko keselamatan kerja, dan manajemen keselamatan kerja dijelaskan oleh Asadzadeh dkk. (2020). Meskipun dampak kesehatan pada lokasi konstruksi belum diteliti di Indonesia, proyek bangunan lokal dapat menggunakan metode ini untuk mengidentifikasi kemungkinan bahaya yang ditularkan melalui udara di ruang kerja yang sempit.

KESIMPULAN

Terlepas dari kenyataan bahwa teknologi digital telah digunakan untuk meningkatkan

Alahyan Jurnal Pengabdian Masyarakat Multidisiplin (ECOS-PRENEURS)

Published by: PT Alahyan Publisher Sukabumi

e-ISSN: 3025-034X

Volume: 2 Nomor: 1 (Mei: 2024) hal: 21-32

keselamatan konstruksi selama lima (lima) tahun terakhir, analisis literatur menunjukkan bahwa masih diperlukan lebih banyak insiden atau pengungkapan untuk mengatasi permasalahan yang menghambat Indonesia dalam menggunakan teknologi setara dengan negara lain. Selain itu, masih ada beberapa aspek keselamatan seperti keselamatan masyarakat dan lingkungan yang belum diperhatikan dalam penerapan teknologi ini. Sebenarnya banyak sekali kemajuan teknis yang ada saat ini yang dapat diterapkan pada proyek konstruksi di Indonesia. Dua contohnya adalah penerapan sensor lalu lintas dan pemantauan kualitas udara di sekitar lokasi konstruksi.

Mengingat hal ini, penelitian ini menyimpulkan bahwa, meskipun lebih banyak penelitian lapangan mungkin dilakukan untuk menawarkan peluang ini, teknologi digital sudah cukup canggih dan telah diterapkan pada keselamatan konstruksi di sejumlah proyek di Indonesia. Selain itu, pemantauan dan pengawasan langsung terhadap pengguna akhir dan penyedia jasa konstruksi diperlukan untuk penelitian lebih lanjut mengenai integrasi teknologi dengan fitur keselamatan konstruksi.

Karena penerapan dan inovasi teknologi K3 belum terdokumentasi secara menyeluruh dalam publikasi ilmiah, hal ini menunjukkan bahwa mungkin masih banyak teknologi yang belum dilaporkan dalam penelitian ini. Akibatnya, jumlah informasi yang dapat dipelajari dari membaca literatur ilmiah masih kurang.

DAFTAR PUSTAKA

- Aceh, D. P. (2023, 11 7). Cara Pemanfaatan Drone Untuk Pemantauan Lalu Lintas. Diambil kembali dari <https://dishub.acehprov.go.id/informasi/perbedaan-gerbong-dan-kereta/>
- Adiputra, I. M. S., Trisnadewi, N. W., Oktaviani, N. P. W., Munthe, S. A., Hulu, V. T., Budiastutik, I., Faridi, A., Ramdany, R., Fitriani, R. J., Tania, P. O. A., & others. (2021). Metodologi Penelitian Kesehatan. Yayasan Kita Menulis.
- Ahn, C. R., Lee, S., Sun, C., Jebelli, H., Yang, K., & Choi, B. (2019). Wearable Sensing Technology Applications in Construction Safety and Health. *Journal of Construction Engineering and Management*, Volume 145, Issue 11.
- Andriani, N. D., Wayuni, I., & Kurniawan, B. (2022). Analisis Faktor Penyebab Kecelakaan KerjaKonstruksi Pada Proyek Highrise Building dengan Metode Fault Tree Analysis(FTA). *Pro Health Jurnal Ilmiah Kesehatan* 4(2), 235-241.
- Arifin, R., & Sudiarno, A. (2023). Pengukuran Niat Penggunaan Virtual Reality Sebagai Alat Simulasi Pelatihan. *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer (JTIIK)*, 10(4), 717-724.
- Asadzadeh, A., Arashpour, M., Li, H., Ngo, T., Bab-Hadiashar, A., & Rashidi, A. (2020). Sensor-based safety management. *Automation in Construction*, Volume 113.
- Awolusi, construction safety monitoring and trending: Review of applicable devices. *Automation in Construction* 85, 96-106.
- Bastuti, S. (2019). Analisis Risiko Kecelakaan Kerja Dengan Metode Failure and Effect Analysis (FMEA) dan Fault Tree Analysis (FTA) Untuk Menurunkan Tingkat Risiko Kecelakaan Kerja (PT Berkah Mirza Insani). *TEKNOLOGI* Vo.2 Nomor 1.
- Bin, F., Xi, Z., Yi, C., & Ping, W. G. (2019). Construction safety education system based on virtual reality. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*.
- Cheung, W.-F., Lin, T.-H., & Lin, Y.-C. (2018). A Real-Time Construction Safety Monitoring System for Hazardous Gas Integrating Wireless Sensor Network and Building Information

Alahyan Jurnal Pengabdian Masyarakat Multidisiplin (ECOS-PRENEURS)

Published by: PT Alahyan Publisher Sukabumi

e-ISSN: 3025-034X

Volume: 2 Nomor: 1 (Mei: 2024) hal: 21-32

- Modeling Technologies. Sensors, 18(2).
- Fadilah, F., Supriyanto, & Fathimah, A. (2019). Kajian Sistem Proteksi Kebakaran Gedung Instalasi Gawat Darurat (IGD) RSUD Leuwiliang Kabuapten Bogor Tahun 2018. PROMOTOR Jurnal Mahasiswa Kesehatan Masyarakat, 2(2), 112-120.
- Fasha NZ, A. A. (2022). Strategi Penggunaan BIM Untuk Meningkatkan Keselamatan Terhadap Bahaya Kebakaran Pada Bangunan Gedung Tinggi di Indonesia, Skripsi Thesis, Universitas Jenderal Soedirman.
- Febriyanti, N. T. (2023). Perancangan Sistem Monitoring Kebisingan Secara Realtime Berbasis Website Dalam Lingkungan Kerja Sebagai Pendukung Data Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) . Bandar Lampung: Universitas Lampung.
- Guo, H., Yu, Y., & Skitmore, M. (2017). Visualization technology-based construction safety management: A review. Automation in Construction Vol.73, pages 135-144.
- Hamonangan, H. A. (2023). Pengembangan Media Pembelajaran Game Simulasi Berbasis Virtual Reality Pada Materi Evakuasi Kebakaran di Bangunan Gedung. Skripsi Thesis, Universitas Negeri Jakarta.
- Ji, Z. (2013). Foundation Analysis on Motion Graphic Design. Art and design.
- Kamajaya, L., Pracoyo, A., Palupi, L. N., & Hidayat, A. R. (2023). Sistem Telemonitoring Kesehatan Berbasis IoT. Jurnal Elkolind, 10(2), 137-145.
- Kementerian Ketenagakerjaan Republik Indonesia. (2022). Profil Keselamatan dan Kesehatan Kerja Nasional Indonesia Tahun 2022. Jakarta Selatan: Kementeria Ketenagakerjaan Republik Indonesia
- Laily, M. E., Fajri, F. N., & Oktagalu Pratamasunu, G. Q. (t.thn.). Deteksi Penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) Untuk Keselamatan dan Kesehatan Kerja Menggunakan Metode Mask Region Convolutional Neural Network
- (Mask R-CNN). Jurnal Politeknik Caltex Riau. Le, Q. T., Pedro, A., & Park, C. S. (2015). A Social Virtual Reality Based Construction Safety Education System for Experiential Learning. Journal of Intelligent & Robotic Systems, 79, 487-506.
- Mailoa, R. M., & Santoso, L. W. (2022). Deteksi Rompi dan Helm Keselamatan Menggunakan Metode YOLO dan CNN. Jurnal INFRA, 10(2).
- Mashita, S. N. (2020). Implementasi Deep Learning Object Detection Rambu K3 Pada Video Menggunakan Metode Convolutional Neural Network (CNN) Dengan Tensorflow. Skripsi Thesis, Universitas Islam Indonesia.
- Melinda, V., & Widjaja, A. E. (2022). Virtual Reality Applications in Education. International Transactions on Education Technology (ITEE), 1(1), 68-72.
- Mohd, I. N., Ariffin, H. L., Nordin, M. Y., Ramly, Z. M., Mat Dzahir, M. A., Omar, S. R., & Asmawi, M. F. (2019). Mini-Review on Technology in Safety Training Delivery. Sustainable and integrated Engineering International Conference (SIE).
- Moore, H. F., & Gheisari, M. (2019). A Review of Virtual and Mixed Reality Applications in Construction Safety Literature. Safety, (5)3.
- MT Hardjo, M. R., Wahyuni, A., & Rahim, M. R. (2020). Gambaran Keselamatan Pekerja Menggunakan Teknologi Pemantauan Drone Pada Proyek Konstruksi PT. X Makassar. Hasanuddin Journal of Public Health, 1(2), 142-151.
- Muzafar, M. (2019). Building Information Modelling to Mitigate the Health and Safety Risks

Alahyan Jurnal Pengabdian Masyarakat Multidisiplin (ECOS-PRENEURS)

Published by: PT Alahyan Publisher Sukabumi

e-ISSN: 3025-034X

Volume: 2 Nomor: 1 (Mei: 2024) hal: 21-32

- Associated with the Construction Industry: A Review. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*.
- Nair, A. D., Mittal, A., & Sharma, V. (2021). A Brief Study on Virtual Reality. *International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET)*, Vol.9 Issue IV.
- Najih, M. A. (2021). Rancang BAngun Alat Deteksi Asap Rokok dan Nyala Api Dengan Interface Aplikasi Telegram Berbasis Arduino. Jakarta: Universitas Mercu Buana.
- Nugraha, B. S., & Firda, I. N. (2021). Perancangan Ruang Lingkungan 3d Untuk Aplikasi Virtual Reality Simulator Pengoperasian Alat Berat. *Jurnal Teknologi Informasi*, XVI(1).
- Nugroho, P. S., Latief, Y., Mulyono, B., & Najmu Zaman, A. A. (2022). Penggunaan BIM Untuk Meningkatkan Keselamatan Kebakaran Pada Bangunan Gedung Tinggi. *Jurnal Komposit*, 6(1), 29-39.
- Nugroho, A., Widhining K., D. A., & Fiolana, F. A. (2023). Klasifikasi Helm Keselamatan Menggunakan Metode Convolutional Neural Network(CNN). *Zetroem*, 5(2), 94-102.
- Nurfirmsyah, A., & Dijaya, R. (2022). Deteksi Kelalaian Alat Pelindung Diri (APD) Pada Pekerja Konstruksi Bangunan. *Seminar Nasional Inovasi Teknologi (hal. 058- 063)*. Kediri: Prosiding SEMNAS INOTEK, 6(1).
- Nurzakiah, N. R., Khairunnisa, N. A., Ulhaq, H. D., Nurhikmah, W., Faridah, Y. H., & Yusup, M. (2022). Alat Multisensor Pendeteksi Kesehatan dan Kenyamanan Bangunan Dalam Mempersiapkan Bangunan Sekolah Untuk Pembelajaran Tatap Muka. *Jurnal Difusi*, 5(1).
- Permatasari, R., Mahardika, I., & Soemardi, B. W. (2021). Kajian Penerapan Teknologi Konstruksi Oleh Kontraktor Dalam Menghadapi Kondisi Pandemi Covid-19. *Konferensi Nasional Teknik Sipil 15*. Semarang.
- Pernando, Y., & Kaharuddin. (2022). Perancangan Motion Graphic Sebagai Media Komunikasi Kesehatan dan Keselamatan Kerja Bagi Pekerja Operasional di Pelabuhan Teluk Bayur di PT Sea Asih Lines Padang. *Journal Science and Social Network*, V(2), 254-261
- Putri, F. A. (2022). Development of Virtual Reality and Augmented Reality- Based Occupational Health and Safety Management Systems. *IC-ITECHS*, 3(1).
- Purba, E., Purba, B., Syafii, A., Khairad, F., Damanik, D., Siagian, V., Ginting, A. M., Silitonga, H. P., Fitrianna, N., SN, A., & others. (2021). *Metode Penelitian Ekonomi*. Yayasan Kita Menulis.
- Rachman, F. F., Bethaningtyas, H., & Iskandar, R. F. (2021). Analisis Sistem Deteksi Penggunaan Hard Hat Pada Pekerja Konstruksi Menggunakan Metode Jaringan Syaraf Tiruan Konvolusi. *e- Proceeding of Engineering*, 8(1) (hal. 327- 333). Telkom University.
- Ramdhan, M. (2021). *Metode penelitian*. Cipta Media Nusantara. Rosima, I., & Suwardoyo,
- U. (2022). Monitoring Detak Jantung Berbasis Internet of Things. *Jurnal Sintaks Logika*, 2(3), 17-22.
- Rukajat, A. (2018). *Pendekatan Penelitian Kuantitatif: Quantitative Research Approach*. Deepublish.
- Susanti, S., Aulia, S., & Irawati, I. D. (2023). Deteksi Helm Otomatis Untuk Keselamatan Kerja di Tempat Proyek Berbasis Yolo. *e-Proceeding of Applied Science*, 9(1) (hal. 28-32). Bandung: Telkom University.
- Shen, X., Awolusi, I., & Marks, E. (2017). Construction Equipment Operator Physiological Data Assessment and Tracking. *Practice Periodical on Structural Design and Construction, ASCE*, Volume 22, Issue 4.

Alahyan Jurnal Pengabdian Masyarakat Multidisiplin (ECOS-PRENEURS)

Published by: PT Alahyan Publisher Sukabumi

e-ISSN: 3025-034X

Volume: 2 Nomor: 1 (Mei: 2024) hal: 21-32

- Suandi, Wibowo, S. A., & Auliasari, K. (2020). Pengenalan Tools Keselamatan Kerja Menggunakan Augmented Reality Berbasis Android. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 4(1).
- Sulistyaningtyas, N. (2021). Analisis Faktor-Faktor Penyebab Kecelakaan Akibat Kerja Pada Pekerja Konstruksi: Literature Review. *Journal of Health Quality Development*, E-ISSN: 2798-2025; Vol.1, No.1, pages 51-59.
- Ulvania, Ulvania (2022). Pengaruh Kepemimpinan Kepala Sekolah, Motivasi dan Lingkungan Kerja Terhadap Kepuasan Kerja Guru dan Staf Tata Usaha (Studi Kasus pada MTsN 10 Tanah Datar Kecamatan Sungayang), Skripsi Thesis, Sekolah Tinggi Ilmu Ekonomi Indonesia Jakarta.
- Waworundeng, J. M., & Lengkong, O. (2018). Sistem Monitoring dan Notifikasi Kualitas Udara dalam Ruangan dengan Platform IoT. *Cogito Smart Journal*, 4(1).
- Widodo, B., Armanto, H., & Setyati, E. (2021). Deteksi Pemakaian Helm Proyek Dengan Metode Convolutional Neural Network. *Journal of Intelligent Systems and Computation*, 23-29.
- Zhang, M., Cao, T., & Zhao, X. (2017). Applying Sensor-Based Technology to Improve Construction Safety Management. *Sensors*, 17(8).