

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

V.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pengembangan media *Virtual Reality Training* untuk pelatihan keselamatan kerja di PT Dowa Eco System Indonesia, peneliti menarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Penelitian ini telah berhasil mengembangkan sebuah media pelatihan keselamatan kerja berbasis teknologi *Virtual Reality* (VR) yang dirancang khusus untuk kebutuhan operasional di PT Dowa Eco System Indonesia. Aplikasi ini dikembangkan melalui integrasi aset model 3D menggunakan perangkat lunak Unity dan mencakup tiga modul skenario utama yang interaktif, yaitu: Modul Edukasi Penggunaan Alat Pelindung Diri (APD), Modul Mitigasi Tanggap Darurat Tumpahan Limbah B3, dan Modul Simulasi Pemadaman Kebakaran menggunakan APAR di area *storage* tangki IBC. Melalui pendekatan *active learning* dan mekanisme *logic gating* serta *object-triggered*, media ini mampu menyajikan replikasi lingkungan kerja industri yang realistis dan imersif guna melatih aspek kognitif sekaligus psikomotorik pekerja secara aman..
2. Berdasarkan hasil pengujian kualitatif dan kuantitatif dari tim ahli, prototipe aplikasi *Virtual Reality Training* dinyatakan valid dan bernilai "Sangat Layak" untuk diimplementasikan secara mandiri di lapangan dengan perolehan skor rata-rata akumulatif mencapai 82%. Secara rinci, aspek substansi materi keselamatan industri yang dinilai oleh ahli materi memperoleh persentase kelayakan sebesar 72% (kategori "Layak") pasca-tindak lanjut penambahan skenario teknis *spill kit*. Sementara dari segi performa, grafis imersif, kenyamanan visual, dan keresponsifan interaktif kontroler yang dinilai oleh ahli media memperoleh skor keandalan teknologi yang sangat tinggi, yaitu sebesar 92% (kategori "Sangat Layak").
3. Implementasi media *Virtual Reality* (VR) terbukti memberikan dampak positif yang sangat signifikan dalam mendongkrak pemahaman prosedural keselamatan kerja responden secara massal. Pengujian efektivitas

gabungan melalui analisis *Normalized Gain* (N-Gain) pada 30 subjek penelitian (15 *driver* operasional PT DESI dan 15 mahasiswa PKTJ) secara empiris menghasilkan nilai rata-rata N-Gain Score Gabungan sebesar 0,93 yang masuk dalam klasifikasi kategori "Tinggi". Secara spesifik, kelompok *driver* berhasil menyerap instruksi taktis dengan capaian indeks N-Gain sebesar 0,99 (kategori "Tinggi") dan kelompok mahasiswa sebesar 0,86 (kategori "Tinggi"), di mana akumulasi nilai *post-test* keseluruhan melesat ke angka rata-rata 95 dari nilai *pre-test* awal yang hanya sebesar 35. Hasil pengujian sumatif ini diperkuat oleh kuesioner pengalaman pengguna yang meraih skor kepuasan rata-rata 85% (kategori "Sangat Baik"), yang mengonfirmasi bahwa teknologi VR efektif membentuk memori otot (*muscle memory*) serta mempertajam refleks kesiapsiagaan mental darurat tanpa menghadirkan risiko fisik nyata di lapangan.

V.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, beberapa saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut:

1. Bagi PT. Dowa Eco System Indonesia, hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan dan rujukan dalam upaya modernisasi sistem pelatihan keselamatan kerja, khususnya pada area *storage* dan *workshop*. Perusahaan disarankan untuk mulai mengintegrasikan teknologi *Virtual Reality* secara mandiri dengan menyediakan perangkat keras (*hardware*) di lokasi operasional Indonesia. Langkah ini penting untuk meminimalkan ketergantungan terhadap perangkat dari kantor pusat, sehingga kegiatan *safety induction* bagi karyawan baru maupun pelatihan penyegaran bagi karyawan lama dapat dilakukan secara lebih fleksibel, rutin, dan mandiri guna memastikan standar kesiapsiagaan darurat tetap terjaga.
2. Bagi Departemen SHEQ di PT. Dowa Eco System Indonesia, hasil penelitian ini dapat dijadikan dasar dalam menyusun kurikulum pelatihan berbasis simulasi yang lebih aplikatif. Departemen terkait disarankan untuk memanfaatkan media VR ini tidak hanya untuk pengenalan teori, tetapi sebagai instrumen evaluasi kemampuan teknis

pekerja dalam menangani kondisi darurat, seperti penggunaan APAR yang benar dan prosedur pembersihan tumpahan limbah B3. Penanganan risiko di lapangan dapat ditingkatkan dengan mewajibkan setiap pekerja lulus simulasi virtual sebelum diizinkan melakukan aktivitas pada area dengan risiko bahaya tinggi.

3. Bagi penelitian selanjutnya, disarankan untuk melakukan pengembangan skenario yang lebih luas dan komprehensif dengan menambahkan variabel risiko lain di lingkungan industri, seperti simulasi bekerja di ketinggian, prosedur penanganan kebocoran gas kimia, atau evakuasi pada situasi gedung berasap dengan visibilitas rendah. Selain itu, penelitian selanjutnya juga dapat mengembangkan fitur *multi-user* agar dapat melatih koordinasi antar tim dalam situasi krisis, serta melakukan optimasi performa aplikasi agar dapat dijalankan secara mandiri (*standalone*) pada berbagai jenis perangkat VR untuk meningkatkan aksesibilitas pelatihan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adiyoso, W. (2018). *Manajemen Bencana Pengantar & Isu-Isu Strategis* (R. A. Kusumaningtyas, Ed.). BUMI AKSARA.
- Adyssa, K., Assyaha, G., Hikma B, N., & Rahman, A. (2024). Penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) Pada Tenaga Kerja Bongkar Muat Di Terminal Peti Kemas Kendari. In *Window of Public Health Journal* (Vol. 5, Number 2).
- Almira Chiara Putri Nusantara, Andriyani Andriyani, & Triana Srisantyorini. (2025). Kepatuhan Penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) pada Pekerja Kontruksi: Kajian Literatur tentang Pengaruh Faktor Individu dan Pendekatan Keselamatan Kerja. *Jurnal Riset Ilmu Kesehatan Umum Dan Farmasi (JRIKUF)*, 3(2), 135–146. <https://doi.org/10.57213/jrikuf.v3i2.640>
- Arga Kuncoro Jati, & Sutiman. (2025). From Simulation to Competence: Examining the Impact of Virtual Reality Training on Aspiring Heavy Equipment Mechanics. *Jurnal Media Dan Teknologi Pendidikan*, 5(4), 733–739. <https://doi.org/10.23887/jmt.v5i4.100886>
- Ariando, A. P., Atmaja, W., & Aditiawan, F. P. (2025). Pengembangan Gim Edukasi Sebagai Media Pelatihan Pencegahan dan Penanggulangan Kebakaran Berbasis Virtual Reality dan Escape Room. *Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika*, 9(3).
- Armansyah, F., Sulton, & Sulthoni. (2019). Multimedia Interaktif Sebagai Media Visualisasi Dasar - Dasar Animasi. *Agustus*, 2(3), 224–229. <http://journal2.um.ac.id/index.php/jktp/index>
- Arstad, I., & Engen, O. A. (2018). Preventing major accidents : Conditions for a functional risk ownership. *Safety Science*, 106, 57–65. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2018.03.006>
- Batara, J. B. (2025). *Analisis Penerapan Prosedur Kerja Untuk Mencegah Terjadinya Kecelakaan Kerja Saat Di Mv. Antartic Dream*. POLITEKNIK ILMU PELAYARAN MAKASSAR.
- BPJS Ketenagakerjaan. (2024, January 3). *Kecelakaan Kerja Makin Marak dalam Lima Tahun Terakhir*.
- Brilianto, B. (2022). *Analisis Penerapan Kesehatan Dan Keselamatan Kerja (K3) Pada Bilang Pemadam Kebakaran Kabupaten Tanah Datar Sebagai Upaya Meminimalisir Risiko Kecelakaan Kerja Petugas Pemadam*. Universitas Islam Negri Mahmud Yunus Batusangkar.
- Colombo, S., Golzio, L. E., & Bianchi, G. (2019). The evolution of health-, safety- and environment-related competencies in Italy: From HSE technicians, to HSE professionals and, eventually, to HSE managers. *Safety Science*, 118, 724–739. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2019.06.002>

- Dika Astuti, N. A. (2025). *Perbandingan Efektivitas Pelatihan Offline dan Online Penggunaan Basic Safety Pada PT. Semen Tonasa.*
- Dinda Agustina, N. A. A., Kuswanto, T. J., Firdaus, M. I., Rokhim, I. N., Putra, E. S., & Rochmad, A. N. (2025). Sosialisasi Penggunaan Alat Pelindung Diri bagi Pekerja Galangan Kapal Tradisional di Weru sebagai Upaya Peningkatan Keselamatan dan Kesehatan Kerja. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Bangsa*, (9), 5138–5143.
<https://jurnalpengabdianmasyarakatbangsa.com/index.php/jpmmba/index>
- Dwiwardhina, F. (2020). *Sistem Tanggap Darurat Kebakaran Pt Pindad (Persero) - Divisi Munisi Unit Metalik.*
- Ernawati, I. (2021). Uji Kelayakan Media Pembelajaran Interaktif Pada Mata Pelajaran Administrasi Server. *Elinvo (Electronics, Informatics, And Vocational Education)*. *Elinvo (Electronics, Informatics, and Vocational Education)*, 2(2), 204–210. <https://doi.org/10.21831/elinvo.v2i2.17315>
- Fariza, A., Pratama, A., Simamora, E. C., Gaol, I. L., Mirzah, N., Siregar, N. S., Uli, A., & Hasibuan, H. (2025). *Krisis Pemahaman Geografi Di Sekolah Dasar: Studi Literatur Tentang Dampak Gaya Mengajar Konvensional Dan Solusi Inovatif Pembelajaran Geography Understanding Crisis In Elementary Schools: A Literature Study On The Impact Of Conventional Teaching Styles And Innovative Learning Solutions. 2.*
<https://jicnusantara.com/index.php/jicn>
- Fedrik, F. (2022). *Pengembangan Media Pembelajaran Video Safety Procedure Pada Mata Kuliah Kesehatan Dan Keselamatan Kerja (K3) Di Program Studi Pendidikan Teknik Mesin.*
- Hamdiyah, R. (2022). *Analisis Pemasangan Dan Pemeliharaan Alat Pemadam Api Ringan Di Divisi Kapal Perang Pt Pal Indonesia.*
- Harnanda, I. T. (2021). *Peran Penanggulangan Bencana Daerah Dalam Pengendalian Kebakaran Hutan Di Provinsi Riau (Studi Kasus Kabupaten Rokan Hilir).*
- Hee-Eun, L., Chung-Heon, L., Choi, J., & Li, B. J. (2025). *Effects of Learning Methods and Virtual Agents in MR-Based Fire Safety Simulation. 4, 855–860.*
- Hidayat, F., & Nizar, M. (2021). *Model Addie (Analysis, Design, Development, Implementation And Evaluation) Dalam Pembelajaran Pendidikan Agama Islam Addie (Analysis, Design, Development, Implementation And Evaluation) Model In Islamic Education Learning.*
- ILO. (2021). PERSONAL PROTECTIVE CLOTHING AND EQUIPMENT (PPE). *Theme Summary 0.* www.sandmdecorating.co.uk

- Indra, M. M., Syukri, M. P., Yuda, Y. W., Suprihartini, Y., Ario, R., Raden, A., & Penerbangan Palembang, P. (2025). Sosialisasi Kesehatan Dan Keselamatan Kerja (K3) Di Lembaga Pembinaan Khusus Anak (LPKA) Kelas I Palembang. *Jurnal Inovasi Pengabdian Dalam Penerbangan*, 5(2). <https://e-journal.poltekbangplg.ac.id/index.php/darmabakti>
- Irawan, Y. G., Judijanto, L., Adnanti, W. A., Nurhayati, Ardhianingtyas, N., & Maruddani, W. (2025). *Keselamatan dan Kesehatan Kerja: Teori dan Penerapannya* (Efitra, Ed.; 1st ed.). PT. Sonpedia Publishing Indonesia.
- Iskandar, A., & Eky Nursia, L. (2022). Analisis Penggunaan Alat Pelindung Diri (Apd) Pada Tenaga Kerja (Manpower) Area Ash Silo Pt Pln (Persero) Upk Nagan Raya. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 10(2).
- Kemnaker RI. (2010). *Peraturan Menteri Tenaga Kerja Dan Transmigrasi Republik Indonesia Tentang Alat Pelindung Diri*.
- Lesmana, S. A., Triana, N. E., Beatrix, M. E., & Aprianti, M. (2025). Pelatihan Penanganan Limbah Produksi Berbahaya Pada Perusahaan Sablon di Tangerang. *IRA Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat (IRAJPKM)*, 3(2), 31–39. <https://doi.org/10.56862/irajpkm.v3i2.249>
- Liu, X., He, S., Han, Z., & Wu, C. (2020). Investigation Of Spherical Alumina Supported Catalyst For Carbon Nanotubes Production From Waste Polyethylene. *Procces Safety and Environmental Protection*, 146, 201–207.
- Malik, A., & Pinto, G. (n.d.). *Persepsi Tenaga Kerja Lokal Terhadap Penerapan Standar K3 (Keselamatan dan Kesehatan Kerja) pada Proyek Konstruksi di Kabupaten Belu*.
- Melfisyaira Putri Pasaribu, N., Oktavia, R., Zahra Khairunnisa, T., & Hasibuan, A. (2024). Analisis Sistem Tanggap Darurat Dalam Upaya Penanggulangan Kebakaran di Tempat Kerja. *Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 2(2), 163–169.
- Menteri Tenaga Kerja Republik Indonesia. (1999). *KEMENAKER RI Tentang Unit Penanggulangan Kebakaran di Tempat Kerja*.
- Nandhika, K. P. (2024). *Perancangan Teknologi VR pada Penggunaan Alat Pelindung Diri (Studi Kasus Bengkel Acuan Perancah Politeknik Negeri Jakarta)*.
- Negara Kesatuan Republik Indonesia. (1970). *Undang-Undang Republik Indonesia tentang Keselamatan Kerja (No.1)*.
- Okpatrioka. (2023). *Research And Development Penelitian Yang Inovatif Dalam Pendidikan*.
- Pahlevi, F. (2025). *Analisis Tingkat Kepatuhan Pekerja Dalam Penggunaan Alat Pelindung Diri (Apd) Pada Area Kerja Di Pt Ombilin Fusi Nusantara*.

- Panma, Y., NurulAfni, A. Ci., Mahendra, D., Sugiyarto, Nusdin, Saputro, S., Rosida, N., Sumardino, & Nuh Salam, L. ode. (n.d.). *Ruang Lingkup Dasar Manajemen Bencana, Jenis Bencana, Kebijakan Dan Manajemen Bencana. Disaster Management*. DISASTER MANAGEMENT.
- Peraturan Menteri Tenaga Kerja Dan Transmigrasi Republik Indonesia Tentang Alat Pelindung Diri (2010).
https://jdih.kemnaker.go.id/asset/data_puu/peraturan_file_PER08.pdf?utm_source=chatgpt.com
- Putri, A. E., Pratiwi Army, N., Haristantia, R., Azzahra, N. A., Ferina, A., & Bonita, H. (2025). Analisis Kepatuhan Pekerja dalam Penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) Cleaning Service. *SEHATMAS*, 4(4), 1050–1059.
<https://doi.org/10.55123/sehatmas.v4i4.5884>
- Rahmawati, M., Ruslan, A., & Bandarsyah, D. (2021). The Era of Society 5.0 as the unification of humans and technology: A literature review on materialism and existentialism. *Jurnal Sosiologi Dialektika*, 16(2), 151.
<https://doi.org/10.20473/jsd.v16i2.2021.151-162>
- Rajab, D. (2021). *Evaluasi Sistem Manajemen Tanggap Darurat Bencana Dan Kebakaran Pada Gedung Fti Uii Yogyakarta*.
- Ramadani, N. H. (2019). *Laporan Praktikum Perencanaan Proteksi Kebakaran Sistem Proteksi Kebakaran, Alat Pemadam Api Ringan Dan Hydrant Di Rumah Sakit Islam A.Yanisurabaya*.
- Ramdhani, M. R. (2023). *Analisis Kebocoran Fixed Fire Fighting Appliances CO2 di Kapal MT. Katomas*. Politeknik Ilmu Pelayaran.
- Readi, A. (2023). Analisis Dampak Penggunaan Teknologi Virtual Reality (Vr) Dalam Pembelajaran Pendidikan Islam. Benchmarking Jurnal Manajemen Pendidikan Islam. *Benchmarking Jurnal Manajemen Pendidikan Islam*, 7(2).
<http://jurnal.uinsu.ac.id/index.php/benchmarking>
- Riauaty Suhadi Anissa Febrina, D. S., Setyono, P., Himawan, W., Amran, P., Mahalana, A., Zakaria, M., Krisnawati, L., Tambun, J. H., Harsono, M., Rena, T., Darajat, R., & Rumapea, R. M. (2013). *Penyusunan Inventarisasi Emisipencemar Udara Di Perkotaan*.
- Romadhan, M. (2024). *Analisa Tingkat Pemahaman Petugas Tenant*.
- Sartina, I., & Purnamawati, D. (2024). Evaluasi Penggunaan Apd Dalam Konteks Kesehatan Dan Keselamatan Kerja Di Industri Kontruksi. *Proceeding Seminar Nasional & Call For Paper*.
- Setiawan, B., Winarno, A., Lasha, V., & Barokah, A. (2025). *Virtual Reality Dalam Pembelajaran Sains*. PT. Pena persada kerta Utama Redaksi.
- SHEQ, & DESI. (2024). *Personel Protective Equipment*. 1.

- SHEQ, & DESI. (2025). *Emergency Handling of Hazardous Waste or Material*.
- Sigar, T. R. (2025). Analisis Dampak Penggunaan Virtual Reality dalam Simulasi Pelatihan Kesiapsiagaan Bencana Alam Berbasis Sistem Informasi. *Journal Scientific of Mandalika (Jsm) e-ISSN, 6(7)*, 2809–0543.
- Siregar, T., & Rhamayanti, Y. (2025). *Implementasi Pengembangan Model ADDIE pada Dunia Pendidikan*. <https://jurnalcendekia.id/index.php/jhpp>
- Sudiarno, A., Dewi, R. S., Widyaningrum, R., Ma'arij, A. M. D., & Supriatna, A. Y. (2024). Investigating the future study area on VR technology implementation in safety training: A systematic literature review. In *Journal of Safety Science and Resilience* (Vol. 5, Number 2, pp. 235–248). KeAi Communications Co. <https://doi.org/10.1016/j.jnlssr.2024.03.005>
- Talitha Hafira, Nur Fithriani Fatma Cholida, Iryan Dwi Handayani, & Widya Ayu Prawesthi. (2026). Peningkatan K3 dan Produktivitas Pekerja Konstruksi pada Proyek Rumah Kos. *ABDIKAN: Jurnal Pengabdian Masyarakat Bidang Sains Dan Teknologi, 5(1)*, 88–96. <https://doi.org/10.55123/abdikan.v5i1.7158>
- Tim Karakter K3 Kebakaran. (2022). *Pedoman K3 Kebakaran* (I. Ismara, Ed.). *Undang - Undang Republik Indonesia Nomor 1 Tentang Keselamatan Kerja*. (1970).
- Wibowo, W., Pratama, W., Astriawati, N., Sigit Santosa, P., Studi Permesinan Kapal, P., Tinggi Maritim Yogyakarta, S., Magelang Km, J., & Studi Managemen Transportasi Laut, P. (2021). Antisipasi Risiko Kebakaran Melalui Pelatihan Penggunaan Alat Pemadam Api Portable. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Berkemajuan, 4*.
- Wihandi, R. (2020). *Analisis Terjadinya Hubungan Arus Pendek Pada Trafo Step Down Yang Memicu Kebakaran Pada Mv Federal Kibune Skripsi*.
- World Health Organization. (2020). *Rational use of personal protective equipment for coronavirus disease 2019 (COVID-19)*. <https://www.who.int/csr/resources/publications/putontakeoff>
- Xu, B., Huang, Z., Liu, J., Shen, S., Liu, Q., Chen, E., Wu, J., & Wang, S. (2023). Learning Behavior-oriented Knowledge Tracing. *Proceedings of the ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining*, 2789–2800. <https://doi.org/10.1145/3580305.3599407>
- Yuliana, L., & Akbari, A. (2023). Sosialisasi dan Simulasi Penanggulangan Kebakaran di Kampung Wasteco Kelurahan Manggar. *Jurnal Abdimas Ilmiah Citra Bakti, 4(4)*, 809–820. <https://doi.org/10.38048/jailcb.v4i4.2301>
- Yunia Purwanto, S. (2024). Faktor Risiko Dan Strategi Pencegahan Noise-Induced Hearing Loss (NIHL) Pada Pekerja Di Sektor Industri Berisiko Tinggi:

Systematic Literature Review Risk Factors And Prevention Strategies For Noise-Induced Hearing Loss (Nihl) In High-Risk Industry Workers: Systematic Literature Review. *Jurnal Kesehatan Saintika Meditory*, 7(2). <https://jurnal.syedzasaintika.ac.id>

Zhao, Y., Kong, J., Cao, Y., Liu, H., & You, W. (2025). Mapping the Evolution of New Energy Vehicle Fire Risk Research: A Comprehensive Bibliometric Analysis. In *Fire* (Vol. 8, Number 10). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/fire8100395>