

Pengaruh Desain Jalur Evakuasi 3D Terhadap Lama Waktu Evakuasi Diri Keadaan Darurat Kebakaran Pada Pekerja *Weaving* Di PT. X

The Effect Of 3D Evacuation Route Design On The Length Of Time For Self-Evacuation Of Fire Emergencies On Weaving Workers At PT. X

Miftachurrohman¹ Bachtiar Chahyadhi², Jordan Syah Gustav³

^{1,2,3} Program Studi Sarjana Terapan Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Universitas Sebelas Maret, Surakarta, Indonesia

***Corresponding Author : Bachtiar Chahyadhi**

Email : bachtiarchahyadhi@staff.uns.ac.id

ABSTRAK

Terjadinya kebakaran di berbagai sektor industri berdampak pada kerugian material dan timbulnya korban jiwa. Banyaknya korban kebakaran disebabkan karena jalur evakuasi yang dirancang tidak standar sehingga dapat menghambat waktu evakuasi. Pengendalian untuk mengatasi waktu evakuasi agar sesuai standar NFPA 101 yaitu pembuatan desain jalur evakuasi 3D yang dapat memberikan gambaran visual proses evakuasi melalui jalur yang efektif dan durasi waktu yang lebih cepat. Jenis penelitian ini yaitu eksperimental dengan pendekatan *quasi experimental design pre-test* dan *post-test*. Penelitian ini menggunakan teknik *Simple Random Sampling* dengan jumlah 82 sampel dari total populasi 102 pekerja di area *weaving* PT. X yang bergerak dibidang tekstil. Pengambilan data dilakukan melalui simulasi evakuasi kebakaran yang dihitung menggunakan *stop watch* dalam satuan detik. Teknik analisis data menggunakan uji *independent sample t-test* untuk mengetahui besar pengaruh desain 3D terhadap waktu evakuasi pada *post-test* kelompok eksperimen yang diberi intervensi dengan *post-test* kelompok kontrol yang tidak diberi intervensi. Berdasarkan hasil uji statistik didapatkan nilai *p value* = 0,000 dimana ($p \leq 0,05$) yang berarti terdapat perbedaan signifikan rata-rata *post-test* antara kelompok eksperimen dan kelompok kontrol. Rata-rata *post-test* waktu evakuasi kelompok eksperimen yaitu 136,27 detik dan kelompok kontrol yaitu 217,83 detik dengan perbedaan rata-rata sebesar 80,56 detik.

Kata Kunci : Desain 3D, Jalur Evakuasi, Kebakaran, Waktu Evakuasi

ABSTRACT

Fires in various industrial sectors cause material losses and casualties. The high number of fire victims is due to evacuation routes that are not designed according to standards, thereby hindering evacuation times. To address evacuation times in accordance with NFPA 101 standards, a 3D evacuation route design was developed to provide a visual representation of the evacuation process through effective routes and faster evacuation times. This study is experimental in nature, using a quasi-experimental design with a pre-test and post-test approach. The study employed simple random sampling, with 82 samples selected from a total population of 102 workers in the weaving area of PT. X, a textile company. Data collection was conducted through a fire evacuation simulation, with time measured using a stopwatch in seconds. Data analysis used an independent samples t-test to determine the extent of the influence of the 3D design on evacuation time between the post-test experimental group (which received the intervention) and the post-test control group (which did not receive the intervention). Based on the statistical test results, the p-value was 0.000 ($p \leq 0.05$), indicating a significant difference in post-test average scores between the experimental group and the control group. The average post-test evacuation time for the experimental group was 136.27 seconds, while for the control group it was 217.83 seconds, with an average difference of 80.56 seconds.

Keywords: 3D Design, Evacuation Path, Evacuation Time, Fire

PENDAHULUAN

Meningkatnya kecanggihan teknologi secara global di berbagai sektor industri tetap tidak terlepas dari kondisi keadaan darurat. Kewaspadaan terhadap keadaan darurat akan selalu dituntut untuk meminimalisir dampak dari keadaan darurat karena pada situasi dan kondisi tersebut tidak dapat diprediksi kapan dan dimana keadaan darurat akan terjadi⁽¹⁾. Salah satu keadaan darurat di sektor industri yaitu kebakaran. Kebakaran merupakan kondisi darurat di mana timbulnya api yang tidak diinginkan dan terjadi kapan dan dimana saja⁽²⁾. Situasi yang memungkinkan terjadinya kebakaran di berbagai sektor seperti industri migas, pertambangan, konstruksi maupun manufaktur pengolahan, di mana terdapat proses yang melibatkan mesin dan bahan yang mudah terbakar⁽³⁾.

Berdasarkan data dari Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) bahwa kejadian kebakaran di Indonesia dalam kurun waktu lima tahun terakhir yaitu pada tahun 2019-2023 sebanyak 1.841 kasus kebakaran⁽⁴⁾. Terjadinya kebakaran disebabkan adanya proses yang dapat membentuk unsur segitiga api yang kemudian dalam waktu singkat akan menyebabkan timbulnya api yang sangat besar apabila tidak dilakukan pengendalian awal kebakaran⁽⁵⁾. Terjadinya keadaan darurat kebakaran mengakibatkan kerugian yang luar biasa hingga menyebabkan kematian pada korban⁽³⁾.

Banyaknya korban akibat dari kejadian kebakaran disebabkan kurangnya fasilitas keadaan darurat baik aktif maupun pasif⁽⁶⁾. Sarana keadaan darurat pasif diantaranya yaitu jalur evakuasi dan pintu darurat. Buruknya perancangan jalur evakuasi (*evacuation route*) dan pintu darurat (*emergency exit*) menyebabkan terhambatnya proses evakuasi serta mengakibatkan terjebaknya pekerja ketika terjadi keadaan darurat kebakaran, sehingga perlu adanya perencanaan jalur evakuasi yang baik sesuai rencana penggunaannya⁽⁵⁾. Selain itu, kurangnya pengetahuan pekerja akan jalur evakuasi dan pintu darurat di suatu area kerja juga menjadi faktor pendukung lamanya waktu yang dibutuhkan untuk evakuasi diri bahkan menyebabkan gagalnya evakuasi diri ke titik kumpul⁽⁵⁾.

Berdasarkan hal ini, pengendalian yang relevan untuk mengatasi banyaknya korban

ketika keadaan darurat kebakaran yaitu pembuatan desain jalur evakuasi keadaan darurat kebakaran dengan metode 3D sehingga akan lebih mudah dipahami oleh pekerja. Penggunaan desain 3D lebih berpengaruh secara signifikan dalam meningkatkan pemahaman dan memberikan gambaran nyata dibanding media 2D yang hanya dapat dilihat satu arah⁽⁷⁾. Pengaruh desain 3D menggunakan model 3D *pathfinder* simulasi evakuasi keadaan darurat kebakaran berpengaruh secara signifikan dan lebih efektif dari pada permodelan 2D dengan lama waktu 12 detik lebih cepat⁽⁸⁾. Pekerja yang memiliki gambaran dengan baik dalam hal evakuasi diri akan meningkatkan efektivitas proses evakuasi diri ke area titik kumpul. Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 26/PRT/M/2008, pada proses evakuasi, penghuni harus memiliki waktu yang cukup untuk menyelamatkan diri dengan aman dan meninggalkan lokasi yang terdampak⁽⁹⁾.

Berdasarkan hasil identifikasi bahaya dan penilaian risiko dengan menggunakan metode HIRADC di PT. X terdapat potensi kebakaran dengan tingkat risiko tinggi di area *weaving* karena terdapat proses pengolahan bahan tenun yang saling bergesekan dan mudah terbakar. Dengan demikian, penelitian ini penting dilakukan di PT. X yang bergerak dibidang tekstil yang memproduksi kain tenun. Data hasil observasi dan wawancara terhadap pekerja *weaving* menyatakan bahwa telah terjadi kebakaran pada tahun 2021 di area gudang dan tiga kali pada tahun 2024 di area *weaving* tenun. Akibat dari tidak adanya pemetaan jalur evakuasi menggunakan desain 3D menyebabkan waktu yang dibutuhkan untuk proses evakuasi menjadi semakin lama sehingga mengakibatkan pekerja terjebak saat melakukan proses evakuasi di area *weaving* tenun yang mudah terbakar.

Dari permasalahan waktu evakuasi tersebut, peneliti melakukan percobaan survei awal simulasi evakuasi kebakaran terhadap 5 pekerja bagian *weaving* dan didapatkan hasil waktu evakuasi dari lima pekerja tersebut melebihi standar waktu evakuasi menurut NFPA 101 yaitu 3 menit untuk industri dengan kategori tingkat bahaya sedang. Oleh karena itu, perlu adanya desain 3D yang dapat memberikan gambaran visual proses evakuasi yang efektif bagi responden untuk meningkatkan pemahaman proses evakuasi dan waktu evakuasi yang lebih cepat⁽¹⁰⁾.

Penelitian ini bertujuan untuk mengukur seberapa besar pengaruh desain jalur evakuasi 3D terhadap lama waktu evakuasi diri dalam situasi darurat kebakaran. Model desain jalur evakuasi 3D memungkinkan untuk memberikan gambaran visualisasi jalur evakuasi serta pilihan jalur dalam bentuk bangunan realistik berdasarkan permodelan 3D sesuai area yang ditentukan⁽¹¹⁾. Berdasarkan pernyataan di atas, peneliti tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul “Pengaruh Desain Jalur Evakuasi 3D Terhadap Lama Waktu Evakuasi Diri Keadaan Darurat Kebakaran Pada Pekerja Weaving di PT. X”.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan jenis penelitian *Quasi eksperimental design* dengan pendekatan *non-equivalent control group* melalui *pre-test post-test with control design* karena penelitian ini dipengaruhi oleh variabel lain yang menjadi faktor pengganggu sehingga perlu adanya kelompok kontrol sebagai pembandingan agar lebih valid pada kelas-kelas yang sudah ada.

Pelaksanaan penelitian ini dimulai dari bulan Januari sampai bulan Maret 2025. Penelitian ini menggunakan teknik pengambilan sampel *simple random sampling* dengan melibatkan 82 sampel yang terdiri dari 41 responden kelompok kontrol dan 41 responden kelompok eksperimen dengan jumlah populasi 102 pekerja produksi di bagian *weaving*. Penetapan sampel pada kelompok eksperimen dan kelompok kontrol dilakukan melalui pengundian acak dengan kriteria responden merupakan pekerja bagian *weaving* tenun, sehat jasmani dan rohani. Pada kelompok eksperimen diberikan perlakuan berupa desain jalur evakuasi 3D dalam bentuk video sedangkan pada kelompok kontrol tidak diberi perlakuan berupa desain jalur evakuasi 3D.

Pengambilan data pada penelitian ini dilakukan dengan mengukur lama waktu evakuasi keadaan darurat melalui simulasi kebakaran dengan cara berlari dari lokasi kejadian yaitu area *weaving* menuju titik kumpul yang diukur menggunakan *stopwatch*. Satuan lama waktu evakuasi yang digunakan adalah detik.

Teknik analisis pada penelitian ini menggunakan uji *paired sample t-test* untuk membandingkan data berpasangan yaitu *pretest-posttest* kelompok eksperimen dan *pretest-posttest* kelompok kontrol, serta uji *independent sample t-test* untuk membandingkan data tidak berpasangan yaitu *post-test* kelompok eksperimen dengan kelompok kontrol.

HASIL PENELITIAN

1. Distribusi Frekuensi Karakteristik Responden

Data karakteristik frekuensi responden berdasarkan usia, jenis kelamin dan pendidikan terakhir sebagai berikut:

Tabel 1. Distribusi Frekuensi Data Responden

Tabel 1. Distribusi Karakteristik Data Responden				
No	Karakteristik		f	%
1	Usia	Dewasa Awal	17	20,7
		Dewasa Tengah	50	61
		Dewasa Akhir	15	18,3
		Total	82	100
2	Jenis Kelamin	Laki-laki	30	36,6
		Perempuan	52	63,4
		Total	82	100
3	Pendidikan Terakhir	SD	37	45,1
		SMP	19	23,2
		SMA/SMK	26	31,7
		Total	82	100

Sumber: Data Primer, 2025

Berdasarkan hasil penelitian karakteristik data, didapatkan pada kategori usia dengan frekuensi jumlah responden terbanyak yaitu kategori dewasa tengah (45-54 tahun) sebanyak 50 responden dengan persentase 61%. Sedangkan jumlah responden paling sedikit yaitu kategori dewasa akhir (55-65 tahun) sebanyak 15 responden dengan persentase 18,3 %. Frekuensi kategori jenis kelamin perempuan yaitu sebanyak 52 responden dengan persentase 63,4%, sedangkan kategori jenis kelamin laki-laki yaitu sebanyak 30 responden dengan persentase 36,6%. Data pendidikan terakhir responden dengan jumlah terbanyak adalah SD yaitu 37 responden dengan persentase 45,1%.

2. Uji Normalitas Data Lama Waktu Evakuasi Diri

a. Kelompok Kontrol

Pengukuran lama waktu evakuasi diri keadaan darurat kebakaran kelompok kontrol

pada pekerja *weaving* di PT. X didapatkan data sebelum dan sesudah dengan tidak dilakukan intervensi yaitu sebagai berikut:

Tabel 2. Data Hasil Pengukuran Kelompok Kontrol

Kontrol	n	Mean	Min	Max	SD	p
Sebelum	41	215,98	190	240	10,273	0,918
Sesudah	41	217,83	185	239	13,706	0,051

Sumber : Data Primer, 2025

Berdasarkan tabel 2 tersebut menunjukkan bahwa pada kelompok kontrol dengan jumlah 41 responden didapatkan hasil pengukuran *before* memiliki nilai *sig p-value* $0,918 > 0,05$ yang berarti data tersebut terdistribusi normal. Pada data *before* kelompok kontrol menunjukkan rata-rata lama waktu evakuasi diri yaitu 215,98 detik dengan nilai minimum waktu evakuasi 190 detik dan maksimum 240 detik serta standar deviasi 10,273.

Pada data *after* kelompok kontrol menunjukkan bahwa nilai *sig p-value* $0,051 > 0,05$ yang berarti data tersebut terdistribusi normal dengan nilai rata-rata waktu evakuasi yaitu 217,83 detik. Pada data *after* kelompok kontrol menunjukkan bahwa nilai minimum waktu evakuasi yaitu 185 detik dan maksimumnya 239 detik dengan standar deviasi 13,706.

b. Kelompok Ekperimen

Pengukuran lama waktu evakuasi diri keadaan darurat kebakaran kelompok eksperimen pada pekerja *weaving* di PT. X didapatkan data sebelum dan sesudah intervensi yaitu sebagai berikut:

Tabel 3. Data Hasil Pengukuran Kelompok Eksperimen

Eksperimen	n	Mean	Min	Max	SD	p
Sebelum	41	217,12	200	235	7,688	0,813
Sesudah	41	136,27	117	156	9,945	0,520

Sumber : Data Primer, 2025

Berdasarkan tabel 3 tersebut menunjukkan bahwa pada kelompok eksperimen dengan jumlah 41 responden didapatkan hasil pengukuran sebelum intervensi memiliki nilai *sig. p-value* $0,813 > 0,05$ yang berarti data tersebut terdistribusi normal. Data sebelum intervensi pada kelompok eksperimen menunjukkan rata-rata lama waktu evakuasi diri yaitu 217,12 detik dengan nilai minimum waktu evakuasi 200 detik dan waktu maksimum 235 detik serta standar deviasi 7,688.

Data sesudah intervensi pada kelompok eksperimen menunjukkan bahwa nilai *sig p-value* $0,520 > 0,05$ yang berarti data tersebut terdistribusi normal dengan nilai rata-rata waktu evakuasi yaitu 217,83 detik. Pada tabel tersebut juga menunjukkan bahwa nilai minimum waktu evakuasi setelah dilakukan intervensi yaitu 117 detik dan maksimumnya yaitu 156 detik dengan standar deviasi 9,945.

3. Pengaruh Desain Jalur Evakuasi 3D terhadap Lama Waktu Evakuasi Diri

Pada penelitian ini uji hipotesis yang digunakan adalah uji *paired sample t-test* untuk mengetahui perbandingan data berpasangan dan uji *independent sample t-test* untuk membandingkan data yang tidak berpasangan antara kelompok eksperimen dengan kelompok kontrol. Berikut hasil uji menggunakan *paired sample t-test* dan *independent sample t-test*:

a. Pre-test dan Post-test Lama Waktu Evakuasi Diri Kelompok Kontrol

Tabel 4. Pre-test dan Post-test Lama Waktu Evakuasi Diri Kelompok Kontrol

Kelompok Kontrol	n	Mean	Perbedaan n Rata-rata $\pm$ SD	IK 95 %	t	p
Sebelum	41	215,98	-1,8 $\pm$	-6,5-	-0,804	0,426
Sesudah	41	217,83	14,8	2,8		

Sumber : Data Primer, 2025

Berdasarkan data tabel 4, menunjukkan bahwa pada kelompok kontrol dengan jumlah sampel 41 tidak terdapat perbedaan rata-rata waktu evakuasi pada pengukuran pertama dan kedua. Rata-rata waktu evakuasi pada pengukuran ke dua menjadi lebih lambat sebesar 1,8 detik dari pengukuran pertama. Hasil uji *paired sample t-test* tersebut menunjukkan bahwa nilai *sig. 2-tailed* = 0,426, di mana $p > 0,05$ dinyatakan tidak signifikan, berarti tidak terdapat perbedaan rata-rata waktu evakuasi keadaan darurat kebakaran pada pengukuran pertama dan kedua.

b. Pre-test dan Post-test Lama Waktu Evakuasi Diri Kelompok Eksperimen

Tabel 5. Pre-test dan Post-test Lama Waktu Evakuasi Diri Kelompok Eksperimen

Kelompok Eksperimen	n	Mean	Perbedaan		t	p
			Rata-rata ± SD	IK 95 %		
Sebelum Intervensi	41	217,12				
Sesudah Intervensi	41	136,27	80,9 ± 11,1	77,33-84,37	46,412	0,000

Sumber : Data Primer, 2025

Berdasarkan tabel hasil *uji paired sample t-test* tersebut menunjukkan bahwa pada kelompok eksperimen dengan jumlah sampel 41 terdapat perbedaan rata-rata waktu evakuasi sebelum intervensi dan sesudah intervensi sebesar 80,9 detik. Pada hasil uji tersebut menunjukkan bahwa nilai *sig. 2-tailed (p)* yaitu $0,000 \leq 0,05$ dinyatakan signifikan, maka dapat diartikan bahwa terdapat perbedaan rata-rata waktu evakuasi diri keadaan darurat kebakaran sebelum dan sesudah diberikan perlakuan berupa desain jalur evakuasi 3D.

c. Post-Test Kelompok Eksperimen dan Kontrol

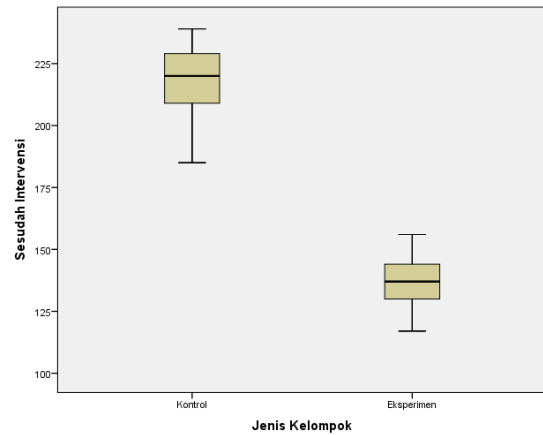
Tabel 6. Lama Waktu Evakuasi Kelompok Eksperimen dan Kelompok Kontrol

Data Post-test	Mean	t	df	p-value	Mean Difference
Eksperimen	136,27				
Kontrol	217,83	-30,841	80	0,000	-81,561

Sumber : Data Primer, 2025

Berdasarkan tabel hasil pengolahan data dengan menggunakan uji *independent sample t-test* diketahui bahwa nilai *sig. p-value post-test* pada kelompok eksperimen dengan kelompok kontrol sebesar $0,000 \leq 0,05$. Hal tersebut menunjukkan bahwa terdapat perbedaan rata-rata kecepatan waktu evakuasi yang signifikan pada *post-test* kelompok eksperimen dan kelompok kontrol. Berdasarkan hasil tersebut maka H_1 diterima yang menunjukkan bahwa terdapat pengaruh desain jalur evakuasi 3D terhadap lama waktu evakuasi diri keadaan darurat kebakaran pada pekerja weaving di PT X.

Persebaran data dan perbedaan rata-rata dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 1. Boxplot Persebaran Data *Post-test* Kelompok Eksperimen dan Kontrol

Berdasarkan gambar boxplot tersebut menunjukkan bahwa pada data *post-test* kelompok kontrol waktu minimum yang dicapai dalam proses evakuasi 185 detik dan waktu maksimum yang dicapai adalah 239 detik. Rata-rata waktu *post-test* kelompok kontrol adalah 217,83 detik. Sedangkan pada kelompok eksperimen membutuhkan waktu maksimum untuk proses evakuasi adalah 156 detik dengan waktu minimum untuk proses evakuasi adalah 117 detik. Rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk proses evakuasi pada kelompok eksperimen adalah 136,27 detik. Perbedaan rata-rata antar kedua kelompok pada data *post-test* adalah 80,56 detik, dimana kelompok eksperimen lebih cepat daripada kelompok kontrol tanpa perlakuan.

PEMBAHASAN

1. Lama Waktu Kelompok Kontrol

Berdasarkan data yang telah didapat, diketahui bahwa lama waktu pada kelompok kontrol dalam melakukan evakuasi diri ke titik kumpul sangat beragam dan ada yang memiliki waktu yang lebih lambat dari pengukuran awal. Hasil analisis bivariat pada kelompok kontrol menunjukkan bahwa nilai *sig. 2-tailed* yaitu 0,426 di mana $p > 0,05$ yang artinya tidak terdapat perbedaan signifikan rata-rata waktu evakuasi keadaan darurat kebakaran. Perbedaan rata-rata pengukuran awal dengan pengukuran akhir yaitu 1,8 detik di mana pengukuran akhir lebih lambat dibandingkan pengukuran awal. Hal tersebut disebabkan

karena berbagai faktor di lapangan baik dari segi manusia ataupun dari bentuk bangunan jalur evakuasi.

Hasil rata-rata pengukuran awal dan akhir pada kelompok kontrol yaitu 215,98 detik dan 217,83 detik. Waktu tersebut dibandingkan dengan standar lama waktu evakuasi diri menurut NFPA 101 (2018) pada kelompok kontrol jauh melebihi waktu yang ditentukan yaitu 3 menit atau 180 detik sesuai kategori perusahaan dengan bahaya sedang.

Berdasarkan hasil analisis dan pemantauan selama melakukan penelitian pada responden di PT. X, pada kelompok kontrol yang tidak diberikan intervensi atau perlakuan atas desain jalur evakuasi 3D kurang mengetahui jalur yang lebih efektif dan tercepat. Hal tersebut sejalan dengan pendapat Buston et.al. (2023) yang menyatakan bahwa kelompok eksperimen yang diberikan perlakuan akan lebih sigap dalam melakukan evakuasi diri dibanding dengan kelompok kontrol yang tidak diberikan perlakuan⁽¹²⁾. Kenyataannya, selama melakukan pengukuran lama waktu evakuasi responden kelompok kontrol banyak melintas pada jalur dengan jarak terjauh dari pada jalur yang lebih cepat. Hal tersebut disebabkan karena kebiasaan ketika melewati jalur keluar masuk sehari-hari.

Faktor lain yang mempengaruhi lama waktu evakuasi yaitu pemetaan jalur evakuasi dan lebar jalur evakuasi⁽¹³⁾. Berdasarkan hasil pemantauan selama simulasi pada kelompok kontrol, responden yang tidak diberi perlakuan terlihat bingung saat menentukan jalur evakuasi yang efektif dan berjalan tidak terarah di area *weaving* yang terdapat banyak mesin dan jalan yang sempit. Pemetaan jalur evakuasi sangat penting untuk menentukan jalur yang akan dilalui.

2. Lama Waktu Kelompok Eksperimen

Berdasarkan analisis data diatas dapat diketahui bahwa pada kelompok eksperimen memiliki nilai *sig. 2-tailed* = 0,000, dimana $p \leq 0,05$ yang berarti bahwa terdapat perbedaan signifikan rata-rata waktu evakuasi diri keadaan darurat kebakaran. Perbedaan rata-rata pengukuran akhir yaitu 80,9 detik lebih cepat dibandingkan dengan pengukuran awal sebelum diberikan intervensi desain jalur evakuasi 3D. Pada kelompok eksperimen rata-rata waktu evakuasi yaitu 217,12 detik sebelum dilakukan intervensi atau perlakuan desain jalur evakuasi 3D berupa video. Setelah

dilakukan intervensi terjadi penurunan rata-rata kecepatan waktu rata-rata evakuasi diri menjadi lebih cepat dengan rata-rata yaitu 136,27 detik.

Menurut NFPA 101 (2018) waktu standar yang dibutuhkan untuk melakukan evakuasi diri pada kategori perusahaan dengan bahaya sedang yaitu 3 menit atau 180 detik⁽¹⁴⁾. Berdasarkan standar tersebut sebelum diberikan intervensi menunjukkan bahwa waktu evakuasi diri jauh diatas standar yang ditentukan. Namun setelah diberikan perlakuan berupa desain jalur evakuasi 3D dalam bentuk video menjadi 136,27 detik dimana waktu tersebut telah menunjukkan dibawah standar waktu evakuasi diri yaitu 3 menit. Hal tersebut menunjukkan bahwa waktu yang dibutuhkan untuk proses evakuasi telah sesuai standar NFPA 101 (2018).

Hal tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya pengetahuan responden akan jalur yang sesuai dan tepat untuk dilalui dalam evakuasi menuju ke titik kumpul sesuai petunjuk yang ada di desain jalur evakuasi 3D. Faktor jarak tempuh evakuasi juga sangat berpengaruh di mana pada pengukuran awal responden hanya menggunakan pintu darurat utama yang melintas lebih jauh dibandingkan pintu darurat lainnya yang lebih dekat untuk dilalui menuju ke titik kumpul. Sedangkan pada pengukuran setelah diberikan intervensi, responden banyak melintas pada jalur evakuasi dan pintu darurat yang lebih cepat. Keputusan dalam mengambil jalur evakuasi yang efektif dipengaruhi oleh pemahaman dan informasi yang diberikan pada saat perlakuan atau intervensi.

Menurut Ilhamdi (2023) menyatakan bahwa kecepatan waktu evakuasi dipengaruhi oleh pemetaan jalur evakuasi yang baik⁽¹³⁾. Berdasarkan hasil pemantauan selama simulasi dilakukan oleh responden yang bekerja di area *weaving*, sebelum diberikan desain jalur evakuasi 3D pekerja berlarian tidak terarah dan terkesan panik serta melewati jalur yang tidak efektif. Setelah diberikan perlakuan dan dilakukan simulasi ulang atau pengukuran akhir, responden lebih terarah dalam melakukan proses evakuasi mengikuti desain jalur evakuasi 3D yang diberikan. Selain itu, kondisi area *weaving* yang terdapat banyak mesin dan jalan yang sempit berpengaruh dalam melakukan proses evakuasi⁽¹³⁾. Pada pengukuran awal, responden berlari melewati jalur yang sempit tanpa adanya pemetaan jalur,

namun setelah diberikan perlakuan menggunakan desain 3D, kemudian responden mengetahui jalur yang layak dilalui dan lebih efektif sehingga mempermudah dalam melakukan evakuasi diri keadaan darurat kebakaran. Hal tersebut mempengaruhi lama waktu evakuasi menuju titik kumpul.

Sejalan dengan penelitian (Abdul Rahman, *et.al*, 2024) menyatakan bahwa penggunaan desain model 3D dapat mempercepat waktu evakuasi sebesar 45,37% setelah diberikan perlakuan⁽¹⁵⁾. Dengan adanya desain jalur evakuasi 3D mempengaruhi responden dalam menentukan jalur evakuasi dengan jarak yang terpendek dan tingkat kecepatan waktu ketika berlari⁽¹⁵⁾. Kecepatan berlari seseorang dipengaruhi oleh pemahaman seseorang dalam pemetaan jalur evakuasi yang tepat⁽¹⁶⁾. Penerapan sistem navigasi 3D dengan simulasi evakuasi pada gedung berlantai dapat meminimalkan waktu evakuasi menjadi lebih efektif⁽¹⁷⁾.

Selain itu, hambatan fisik pada area kompleks di industri ditandai adanya tumpukan barang dan mesin yang dapat mempengaruhi waktu evakuasi⁽¹⁸⁾. Kompleksitas hunian pada area *weaving* di PT. X disebabkan karena banyaknya barang-barang seperti tumpukan kain dan mesin *weaving* yang berjumlah 180 mesin. Adanya pemetaan jalur yang tepat dapat memudahkan proses simulasi evakuasi tanpa adanya hambatan⁽¹⁹⁾. Penerapan desain 3D jalur evakuasi berpengaruh bagi perusahaan yang memiliki kompleksitas hunian risiko tinggi untuk mengevaluasi waktu evakuasi diri ketika terjadi keadaan darurat menjadi lebih efektif⁽²⁰⁾.

3. Perbedaan Lama Waktu Evakuasi Kelompok Kontrol dan Eksperimen

Pada penelitian ini memperlihatkan pengaruh desain jalur evakuasi 3D terhadap lama waktu evakuasi diri keadaan darurat kebakaran berdasarkan hasil post-test kelompok eksperimen dan kelompok kontrol menggunakan uji *independent sample t-test*. Diketahui bahwa pada kelompok eksperimen rata-rata lama waktu evakuasi setelah dilakukan intervensi yaitu 136,27 detik, sedangkan pada kelompok kontrol waktu yang dibutuhkan untuk proses evakuasi rata-ratanya

adalah 217,83 detik (mengacu pada tabel 6). Pengaruh pemberian desain jalur evakuasi 3D terhadap lama waktu evakuasi pada kelompok eksperimen dan kontrol dapat dilihat pada tabel 6 hasil uji *independent sample t-test* yang menunjukkan nilai p sebesar 0,000 ($p \leq 0,05$) yang berarti terdapat perbedaan signifikan antara *post-test* lama waktu evakuasi diri keadaan darurat kebakaran pada kelompok eksperimen dengan kelompok kontrol sebesar 81,56 detik, sehingga H_1 diterima dan menunjukkan bahwa terdapat pengaruh desain jalur evakuasi 3D terhadap lama waktu evakuasi diri keadaan darurat kebakaran pada pekerja *weaving* di PT. X.

Berdasarkan data tersebut dapat diketahui bahwa lama waktu evakuasi pada kelompok eksperimen mengalami peningkatan secara signifikan dibandingkan kelompok kontrol. Hal ini sejalan dengan pendapat Buston *et.al.*, (2023) yang menyatakan bahwa kelompok eksperimen mengalami peningkatan kesiapsiagaan dalam proses evakuasi karena diberikan perlakuan atau intervensi berupa video pendek terkait kesiapsiagaan bencana yang dapat dipahami secara audio visual⁽¹²⁾. Perlakuan tersebut dapat meningkatkan pemahaman responden dalam memahami tata ruang jalur evakuasi yang lebih efektif secara visual. Desain jalur evakuasi 3D memberikan sensasi seolah-olah objek virtual tersebut hadir dan memberikan gambaran dengan ruang atau bentuk nyata, sehingga memberikan pengalaman tanpa harus melakukannya pada kondisi atau ruang kehidupan sesungguhnya⁽⁷⁾.

Berdasarkan imajinasi dan sensasi nyata tersebut memberikan sebuah pembelajaran akan kondisi ketika terjadi keadaan darurat kebakaran sehingga mempengaruhi stimulus saraf dan tahu akan langkah yang harus dilakukan untuk mengevakuasi diri dengan cepat dan efektif⁽⁷⁾. Lama waktu evakuasi diri tersebut bergantung dari pengalaman evakuasi secara virtual dengan mengetahui kondisi dan jalur yang akan dilaluinya. Penggunaan desain 3D meningkatkan pemahaman secara signifikan dibandingkan dengan media konvensional, seperti peta evakuasi yang hanya dapat dilihat satu arah⁽⁷⁾.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan terkait pengaruh desain jalur evakuasi 3D terhadap lama waktu evakuasi diri keadaan darurat kebakaran pada pekerja *weaving* di PT. X, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil analisis hasil penelitian, terdapat perbedaan yang signifikan rata-rata lama waktu evakuasi diri keadaan darurat ($p\text{-value } 0,000 \leq 0,05$) pada kelompok eksperimen sebelum dan sesudah diberikan intervensi desain jalur evakuasi 3D sebesar 80,9 detik lebih cepat dari pada sebelum intervensi.
2. Berdasarkan hasil analisis data menggunakan uji deskriptif, lama waktu evakuasi pada kelompok eksperimen sebelum diberikan intervensi desain jalur evakuasi 3D sebesar 217,12 detik dan setelah diberikan intervensi menjadi 136,27 detik sesuai standar waktu evakuasi menurut NFPA 101. Sedangkan pada kelompok kontrol, lama waktu evakuasi diri pada pengukuran awal sebesar 215,98 detik dan pengukuran akhir sebesar 217,83 detik melebihi batas standar waktu evakuasi menurut NFPA 101.
3. Terdapat pengaruh signifikan desain jalur evakuasi 3D terhadap lama waktu evakuasi diri keadaan darurat ($p\text{-value } 0,000 \leq 0,05$) pada *post-test* kelompok eksperimen dengan kelompok kontrol. Kelompok eksperimen yang diberikan perlakuan berupa desain jalur evakuasi 3D memiliki waktu evakuasi yang lebih cepat sebesar 81,56 detik dari pada kelompok kontrol yang tidak diberi perlakuan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada jajaran manajemen PT.X yang telah mengizinkan penulis untuk melakukan penelitian dengan melibatkan pekerjaanya sebagai responden penelitian ini. Ucapan terima kasih kepada seluruh pekerja PT. X yang telah bersedia terlibat dalam pelaksanaan penelitian ini. Penulis ucapkan terima kasih juga kepada semua pihak yang telah membantu dalam penelitian ini sehingga dapat berjalan dengan baik dan semoga dapat bermanfaat bagi pembaca untuk meningkatkan wawasan dan pengetahuan di bidang K3.

DAFTAR PUSTAKA

1. Marintan, S., Hidayat, W., Manurung, J., Nababan, D. and Saragih, F.L. 2024. Kesiapsiagaan penghuni apartemen the reiz condo dalam menghadapi keadaan darurat kebakaran tahun 2023. *Jurnal Ners*, 8(1), pp.901-909.
2. Mu'minin, M.A., Marji, Kurniawan A. 2022. Pemberian pelatihan penggunaan alat pemadam api ringan (apar) untuk peningkatan kemampuan penggunaan apar dan kesiapsiagaan kebakaran pada security di Graha Rektorat Universitas Negeri Malang. *Sport Science and Health*, 4(6), pp.559-570.
3. Wahyuni, L.H., Ratriwardhani, R.A., Sunaryo, M., Rachmadona, A.R.B. and Giri, S.A.J.A. 2024. Evaluasi alat pemadam api ringan (apar) berdasarkan peraturan menteri ketenagakerjaan dan transmigrasi no. 04 tahun 1980 pada CV. Soka Mandiri Sidoarjo. *Innovative: Journal Of Social Science Research*, 4(4), pp.8230-8237.
4. BNPB. 2023. Data Informasi Bencana Indonesia (DIBI) (Internet). Badan Nasional Penanggulangan Bencana. <https://dibi.bnpb.go.id/>. (30 Desember 2024).
5. Murtiadi, S., Agustawijaya, D.S., Akmaluddin, A., Ngudiyono, N. and Kencanawati, N.N. 2023. Pelatihan rekayasa bangunan dan jalur evakuasi menghadapi bahaya kebakaran untuk praktisi muda di Kota Mataram. *Jurnal Pepadu*. 4(2), pp.229-237.
6. Marfuah, U., Casban, C., Sunardi, D. and Dewi, A.P. 2021. Pelatihan pencegahan dan penanganan kebakaran untuk warga RT 08 RW 09 Kelurahan Kebon Pala Kecamatan Makasar Jakarta Timur. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Teknik*, 3(1), pp.7-16.
7. Anwar, H.M.F., Metandi, F. and Cahyono, B. 2024. Pembelajaran Jalur Evakuasi Menggunakan Augmented Reality Pada Jurusan Teknologi Informasi. *Jurnal Vokasi teknik*, 2(2), pp.128-137.
8. Fazallah, F. 2016. Penerapan Metode Fire Modeling untuk Mengevaluasi Sarana Evakuasi Jalan Keluar Gedung M. Syafe'i Universitas Negeri Jakarta. Universitas Negeri Jakarta. *Doctoral Dissertation*.
9. Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 26/PRT/M/2008 tentang Persyaratan Teknis Sistem Proteksi

- Kebakaran pada Bangunan Gedung dan Lingkungan.
10. Guo, Y., Zhu, J., Wang, Y., Chai, J., Li, W., Fu, L., Xu, B. & Gong, Y., 2020. A virtual reality simulation method for crowd evacuation in a multiexit indoor fire environment. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 9(12), 750.
 11. Abdul Rahman, S.A.F.S., Abdul Maulud, K.N., Syed Mustorpha, S.N.A. and Abdul Halim, N.Z., 2020. Implication of pre-evacuation time based on 3D evacuation simulation by integrated BIM and GIS. *International Journal of Advanced Science and Technology*, 29(05), pp.6988-7002.
 12. Buston, E., Efendi, P., Amelia, M., and Rizal, A. 2023. Pengaruh edukasi melalui video animasi "ECAMI" terhadap perilaku anak sekolah dasar tentang kesiapsiagaan dalam evakuasi bencana tsunami di kota bengkulu. *Jurnal of Nursing and Public Health*. 11:1, 168-178.
 13. Ilhamdi, H.S. 2023. Kajian Evakuasi Kebakaran Gedung Studi Kasus: Gedung Don Bosco Universitas Atma Jaya Yogyakarta. Universitas Atma Jaya Yogyakarta. *Doctoral dissertation*.
 14. National Fire Protection Association (NFPA) 101 Tahun 2018 tentang *Life Safety Code*.
 15. Abdul Rahman, S.A.F.S., Abdul Maulud, K.N., Syed Mustorpha, S.N.A. & Abdul Halim, N.Z., 2020. Implication of pre-evacuation time based on 3D evacuation simulation by integrated BIM and GIS. *International Journal of Advanced Science and Technology*, 29(05), pp.6988-7002.
 16. Richardson, O., Jalba, A. & Muntean, A., 2018. Effects of environment knowledge in evacuation scenarios involving fire and smoke: a multiscale modelling and simulation approach. *Fire Technology*. 55, pp.415-436
 17. Purwanto, T.H., 2018. Analisis Jaringan 3-Dimensi untuk Penentuan Rute Evakuasi di Gedung Bertingkat. *Jurnal Nasional Teknologi Terapan*, 2(2), pp.147-164. doi:10.22146/jntt.42956.
 18. Xie, R., Zlatanova, S. & Lee, J.B., 2022. 3D indoor-pedestrian interaction in emergencies: a review of actual evacuations and simulation models. *International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLVIII-4/W4, pp.183-190.
 19. Ye, F., Wang, Y. & Wu, X., 2019. Emergency Evacuation Simulation and Management Optimization in Urban Residential Communities. *Sustainability*, 11(3), pp.795.
 20. Godes, C.R., Rodrigazo, S.A., Cho, J., Song, Y. & Yeon, J., 2024. Optimizing evacuation efficiency in buildings: a BIM-Based automated approach to sustainable design. *Journal Sustainability*, 16(21), 9240.