

Pengaruh Faktor Beban Kerja Fisik Terhadap Risiko Kecelakaan Kerja Pada Proyek Twin Tower Universitas Diponegoro Pt Pembangunan Perumahan (Persero) Tbk

Pascal Anargia Abirama Aldiansyah¹, Waskito Yadinu², Benny Syahputra³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Islam Sultan Agung

Email: waskitooyadinu@gmail.com

Article Info

Article history:

Received Mei 02, 2026

Revised Mei 14, 2026

Accepted Mei 24, 2026

Keywords:

Beban Kerja Fisik, FMEA, Konstruksi, Regresi Linier Berganda, Risiko Kecelakaan Kerja, RPN

ABSTRACT

Sektor konstruksi merupakan industri dengan risiko Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) tertinggi di Indonesia, di mana beban kerja fisik yang intensif menjadi determinan utama terjadinya kecelakaan kerja. Penelitian ini dilatarbelakangi oleh kompleksitas teknis pada Proyek Twin Tower Universitas Diponegoro yang dikelola oleh PT Pembangunan Perumahan (Persero) Tbk, di mana aktivitas fisik seperti pekerjaan mekanikal, elektrik, dan plumbing (MEP) pada ketinggian ekstrem meningkatkan potensi kelelahan fisik dan risiko cedera. Tujuan utama penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi faktor penyebab beban kerja fisik dan menganalisis pengaruhnya terhadap risiko kecelakaan kerja secara empiris. Metode penelitian yang digunakan adalah analitik observasional dengan pendekatan potong lintang (cross-sectional). Data primer dikumpulkan melalui kuesioner subjektif yang disebarkan kepada pekerja MEP di lokasi proyek. Analisis data mengintegrasikan metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) untuk mengukur tingkat risiko melalui nilai Risk Priority Number (RPN) serta analisis regresi linier berganda untuk menguji hubungan kausalitas antar variabel. Kualitas instrumen penelitian dipastikan melalui uji validitas dan reliabilitas menggunakan perangkat lunak statistik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa karakteristik tugas, organisasi kerja, dan kondisi lingkungan secara simultan berpengaruh positif dan signifikan terhadap risiko kecelakaan kerja dengan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 94,9%. Secara parsial, variabel organisasi kerja memiliki pengaruh paling dominan terhadap peningkatan risiko. Kesimpulan penelitian menegaskan bahwa semakin berat beban kerja fisik yang dirasakan, maka probabilitas terjadinya kecelakaan kerja akan meningkat secara linear. Sebagai rekomendasi, pihak manajemen perlu melakukan redesign tugas berbasis ergonomi dan optimalisasi rotasi kerja guna memitigasi kelelahan pekerja.

This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.



Article Info

Article history:

Received Mei 02, 2026

Revised Mei 14, 2026

Accepted Mei 24, 2026

ABSTRACT

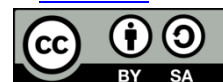
Abstract The construction sector is an industry with the highest Occupational Safety and Health (OHS) risks in Indonesia, where intensive physical workloads are the main determinant of workplace accidents. This research is motivated by the technical complexity of the Diponegoro University Twin Tower Project managed by PT

Keywords:

Physical Workload, FMEA, Construction, Multiple Linear Regression, Occupational Accident Risk, RPN

Pembangunan Perumahan (Persero) Tbk, where physical activities such as mechanical, electrical, and plumbing (MEP) work at extreme heights increase the potential for physical fatigue and the risk of injury. The main objective of this study is to identify the factors causing physical workload and analyze its influence on the risk of workplace accidents empirically. The research method used is observational analytic with a cross-sectional approach. Primary data were collected through subjective questionnaires distributed to MEP workers at the project site. Data analysis integrates the Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) method to measure the level of risk through the Risk Priority Number (RPN) value and multiple linear regression analysis to test the causal relationship between variables. The quality of the research instrument is ensured through validity and reliability tests using statistical software. The results of the study indicate that task characteristics, work organization, and environmental conditions simultaneously have a positive and significant effect on the risk of workplace accidents, with a coefficient of determination (R^2) of 94.9%. Partially, the work organization variable has the most dominant influence on increasing risk. The study's conclusion confirms that the heavier the perceived physical workload, the probability of workplace accidents will increase linearly. As a recommendation, management needs to redesign ergonomically-based tasks and optimize job rotation to mitigate worker fatigue.

This is an open access article under the [CC BY-SA](#) license.

**Corresponding Author:**

Pascal Anargia Abirama Aldiansyah,
Universitas Islam Sultan Agung
Email: waskitooyadinu@gmail.com

PENDAHULUAN

Tulis Sektor konstruksi secara konsisten menjadi industri dengan risiko Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) tertinggi di Indonesia. Data tahun 2022 menunjukkan bahwa sektor ini berkontribusi sebesar 63,6% terhadap total kecelakaan kerja nasional (Malino & Suharyanto, 2025). Besarnya angka kecelakaan ini berkorelasi linear dengan beban kerja fisik yang intensif, mencakup pengangkatan material secara manual, postur kerja non-ergonomis, repetisi gerakan yang tinggi, serta durasi kerja yang melampaui batas normal. Kondisi tersebut memicu degradasi kapasitas fisik yang berujung pada kelelahan kronis dan penurunan kewaspadaan motorik pekerja hingga mencapai kecelakaan kerja (Malino & Suharyanto, 2025; Sari et al., 2024). Berbagai studi empiris dan tinjauan sistematis pada periode 2019–2024 menegaskan adanya keterkaitan signifikan antara beban fisik dengan perilaku tidak aman (unsafe action). Dalam industri di Indonesia, durasi kerja dan beban fisik diidentifikasi sebagai determinan utama yang menginduksi kelelahan kerja (Sari et al., 2024). Fenomena ini krusial untuk dikaji lebih lanjut, terutama pada proyek infrastruktur berskala besar yang memiliki kompleksitas teknis tinggi.

Salah satu proyek yang memiliki karakteristik risiko tersebut adalah pembangunan Twin Tower Universitas Diponegoro (UNDIP) Kampus Pleburan yang dikelola oleh PT Pembangunan Perumahan (Persero) Tbk. Proyek design and build ini melibatkan

pembangunan struktur 15 lantai setinggi 60 meter (Universitas Diponegoro, 2025). Aktivitas konstruksi seperti pekerjaan pembesian, mobilisasi material berat, serta pengecoran pada ketinggian, secara eksponensial meningkatkan beban fisik pekerja. Hal tersebut sejalan dengan temuan melalui pendekatan cross-sectional yang menyatakan bahwa beban kerja fisik dan kelelahan kerja merupakan prediktor signifikan terhadap munculnya perilaku tidak aman yang memicu kecelakaan kerja (Nurakhmawati et al., 2024).

Mengingat urgensi tersebut, penggunaan instrumen kuesioner subjektif dipandang efektif untuk mengevaluasi persepsi pekerja terhadap beban fisik dan risiko K3 pada proyek Twin Tower UNDIP. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan identifikasi sistematis terhadap faktor-faktor penyebab beban kerja fisik serta mengevaluasi pengaruhnya terhadap risiko kecelakaan kerja. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi berupa rekomendasi manajerial dan teknis, seperti redesain tugas berbasis ergonomi serta optimalisasi rotasi kerja, guna memitigasi kelelahan dan menekan angka kecelakaan kerja (Nurakhmawati et al., 2024; Sari et al., 2024).

Permasalahan utama penelitian ini adalah tingginya angka kecelakaan kerja konstruksi yang belum diimbangi dengan pemetaan risiko spesifik pada proyek gedung tinggi. Pada Proyek Twin Tower Universitas Diponegoro, kompleksitas teknis dan target progres yang ketat menuntut aktivitas fisik intensif seperti pembesian, pengecoran, MEP, dan mobilisasi material pada ketinggian ekstrem, namun beban kerja fisik yang dialami pekerja dalam kondisi tersebut belum teridentifikasi dan terukur secara empiris. Hal ini menimbulkan kesenjangan informasi mengenai seberapa besar kapasitas fisik pekerja terdegradasi akibat durasi kerja yang panjang dan postur kerja non-ergonomis.

Selain itu, terdapat indikasi kuat bahwa kelelahan fisik akibat beban kerja tersebut berkontribusi terhadap munculnya perilaku tidak aman (unsafe action) dan peningkatan risiko kecelakaan di lapangan. Namun, sejauh ini belum terdapat kajian sistematis yang mengklasifikasikan tingkat risiko keselamatan kerja maupun analisis statistik yang membuktikan hubungan kausalitas antara faktor-faktor beban kerja fisik terhadap potensi cedera pada proyek ini. Tanpa adanya data kuantitatif mengenai pengaruh variabel-variabel tersebut, upaya mitigasi risiko K3 oleh pihak manajemen PT Pembangunan Perumahan (Persero) Tbk masih bersifat umum dan belum menyentuh akar permasalahan ergonomi fisik pekerja secara spesifik.

METODE PENELITIAN

Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian kuantitatif. Penelitian ini berangkat dari teori-teori beban kerja fisik dan risiko keselamatan kerja yang kemudian diuji secara empiris melalui pengumpulan data angka untuk membuktikan adanya pengaruh antar variabel (Sugiyono, 2018). Data diperoleh dari kuesioner yang disebarkan pada tukang MEP di proyek Twin Tower UNDIP.

Penelitian ini menggunakan desain penelitian Analitik Observasional dengan pendekatan Potong Lintang (Cross-Sectional). Menurut Notoatmodjo (2018), desain cross-sectional adalah suatu penelitian untuk mempelajari dinamika korelasi antara faktor risiko

(independen) dengan efek (dependen) dengan cara pendekatan, observasi, atau pengumpulan data sekaligus pada suatu saat (point time approach).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambaran Umum Lokasi dan Obyek Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada area pembangunan infrastruktur pendidikan Twin Tower Universitas Diponegoro yang berlokasi di Kampus Pleburan. Secara administratif, proyek ini beralamat di Jl. Imam Barjo No.1, Kelurahan Pleburan, Kecamatan Semarang Selatan, Kota Semarang, Jawa Tengah. Proyek strategis ini dikelola oleh kontraktor pelaksana utama, yaitu PT Pembangunan Perumahan (Persero) Tbk. Proyek dengan sistem *design and build* ini memiliki kompleksitas teknis yang tinggi, yang melibatkan pembangunan struktur gedung bertingkat tinggi (*high-rise building*) sejumlah 15 lantai dengan ketinggian mencapai 60 meter.

Obyek utama dalam penelitian ini adalah beban kerja fisik dan risiko kecelakaan kerja pada tenaga kerja lapangan yang terlibat langsung dalam pekerjaan arsitektur, secara spesifik pada divisi MEP (*Mechanical, Electrical, dan Plumbing*). Pekerjaan MEP dipilih sebagai obyek observasi dikarenakan karakteristik pekerjaannya yang menuntut aktivitas fisik intensif di tengah target progress proyek yang sangat ketat.

Berdasarkan hasil survei kondisi eksisting di lapangan, lingkungan kerja pada Proyek Twin Tower UNDIP tergolong sangat dinamis dan berisiko tinggi. Pekerja MEP secara rutin dihadapkan pada tugas-tugas yang mengekspos mereka pada beban kerja fisik, seperti mobilisasi dan pemasangan material manual (pipa, kabel feeder, tangki, dan komponen penangkal petir), pengoperasian alat kerja manual maupun mekanis, serta penerapan postur kerja non-ergonomis (seperti jongkok dan membungkuk) pada area ketinggian yang ekstrem. Selain tuntutan tugas tersebut, ritme operasional proyek yang intens juga memengaruhi aspek organisasi kerja, di mana pekerja harus beradaptasi dengan durasi jam kerja harian, sistem shift, serta kondisi lingkungan yang dipenuhi oleh paparan kebisingan alat berat secara berkelanjutan.

Interaksi yang kompleks antara tingginya tuntutan fisik eksternal dengan kondisi lingkungan operasional proyek inilah yang memicu degradasi kapasitas fungsional pekerja, yang berujung pada kelelahan (*fatigue*) dan peningkatan kerentanan terhadap risiko kecelakaan kerja di lokasi pembangunan. Oleh karena itu, kuantifikasi dan analisis mendalam terhadap persepsi pekerja MEP di lokasi ini menjadi sangat krusial untuk memetakan prioritas mitigasi risiko K3 secara presisi.

Identifikasi Faktor Penyebab Beban Kerja Fisik

Identifikasi faktor penyebab beban kerja fisik merupakan langkah fundamental untuk memahami sumber stresor yang dialami oleh pekerja MEP di Proyek Twin Tower Universitas Diponegoro. Merujuk pada kerangka teori Irawati (2010), beban kerja fisik yang diterima oleh seorang pekerja merupakan resultan dari interaksi antara tuntutan tugas eksternal (*exogenous loads*) dan kapasitas fungsional internal pekerja (*endogenous loads*).

a) Faktor Eksternal

Faktor eksternal merupakan beban kerja yang berasal dari luar tubuh pekerja. Berdasarkan observasi lapangan dan hasil kuesioner, faktor eksternal pada pekerjaan MEP di lokasi penelitian diidentifikasi sebagai berikut:

1. Karakteristik Tugas

Pekerjaan MEP pada gedung bertingkat tinggi melibatkan aktivitas fisik mekanis yang intens. Sumber beban utama meliputi pengangkatan material pipa galvanis, kabel *feeder*, dan komponen pompa secara manual (*manual handling*). Selain itu, penggunaan alat kerja manual seperti catut dan pemotong besi, serta alat mekanis seperti *bar bender*, memberikan pembebanan pada sistem muskuloskeletal. Postur kerja statis dan janggal (*awkward posture*), seperti membungkuk dan menjangkau area sempit di ketinggian lantai 15, menjadi kontributor signifikan terhadap kelelahan fisik.

2. Organisasi Kerja

Manajemen operasional proyek oleh PT Pembangunan Perumahan (Persero) Tbk menerapkan ritme kerja yang ketat untuk mengejar target progres. Hal ini menyebabkan munculnya faktor penyebab beban kerja berupa durasi jam kerja yang panjang, kebijakan lembur yang rutin dalam satu minggu, serta keterbatasan efektivitas waktu istirahat di lapangan. Sistem pengaturan *shift* kerja juga memaksa tubuh pekerja untuk terus beradaptasi dengan siklus sirkadian yang berubah, yang secara akumulatif meningkatkan beban kerja fisiologis.

3. Lingkungan Kerja

Kondisi fisik lingkungan di Proyek Twin Tower UNDIP dicirikan oleh intensitas kebisingan yang tinggi. Suara yang dihasilkan dari pengoperasian alat berat, mesin bor, dan aktivitas konstruksi struktur lainnya di area gedung berfungsi sebagai stresor lingkungan. Paparan kebisingan ini memaksa sistem saraf pekerja bekerja lebih keras untuk menjaga konsentrasi, yang secara tidak langsung meningkatkan laju konsumsi energi dan kelelahan fisik.

b) Faktor Internal (Karakteristik Somatis dan Individu)

Faktor internal adalah kapasitas atau kemampuan tubuh pekerja dalam menerima beban eksternal. Perbedaan karakteristik individu menyebabkan respons tubuh yang berbeda terhadap beban kerja yang sama. Faktor internal yang diidentifikasi dalam penelitian ini meliputi:

1. Faktor Somatis (Usia dan Ukuran Tubuh)

Profil pekerja MEP menunjukkan bahwa mayoritas tenaga kerja berada pada kategori usia di atas 40 tahun, di mana secara fisiologis terjadi penurunan kekuatan otot dan kapasitas aerobik. Selain itu, variasi Indeks Massa Tubuh (IMT) responden, termasuk adanya pekerja dengan kategori *overweight*, memengaruhi keseimbangan biomekanika dan beban tumpuan sendi saat melakukan aktivitas fisik berat di lapangan.

2. Kondisi Kesehatan

Status kesehatan aktual pekerja menentukan kelaikan fisik dalam beroperasi di area risiko tinggi. Meskipun seluruh responden berada dalam kondisi sehat saat pengambilan data, riwayat kelelahan harian akibat beban kerja sebelumnya menjadi faktor internal yang memengaruhi kesiapan fisik pekerja dalam menghadapi tugas hari berikutnya.

Secara sintesis, beban kerja fisik pada Proyek Twin Tower UNDIP muncul karena adanya ketidakseimbangan antara tuntutan tugas MEP yang berat (eksternal) dengan keterbatasan kapasitas fisik pekerja usia lanjut (internal). Identifikasi faktor-faktor inilah yang menjadi landasan untuk melakukan kuantifikasi beban kerja dan analisis risiko pada sub-bab selanjutnya.

Karakteristik Responden

Analisis karakteristik responden dalam penelitian ini ditujukan untuk mengidentifikasi profil demografis dan fisiologis tenaga kerja pada divisi *Mechanical, Electrical, dan Plumbing* (MEP) di Proyek *Twin Tower* Universitas Diponegoro. Parameter demografi yang diukur meliputi spesialisasi pekerjaan, usia, serta kondisi kesehatan aktual dari total 15 pekerja yang ditetapkan sebagai sampel jenuh (*sensus*). Pemetaan karakteristik ini penting untuk memahami faktor internal (*somatis*) yang memengaruhi respons tubuh pekerja terhadap beban kerja fisik di lapangan.

a) Distribusi Responden Berdasarkan Bidang Pekerjaan

Distribusi responden diklasifikasikan ke dalam tiga sub-disiplin pekerjaan utama pada ranah arsitektur MEP. Rincian proporsi distribusi tenaga kerja disajikan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Distribusi Responden Berdasarkan Bidang Pekerjaan

No.	Bidang Pekerjaan	Frekuensi (Orang)	Persentase (%)
1	Mekanikal	5	33,33
2	Elektrikal	5	33,33
3	<i>Plumbing</i>	5	33,33
	Total	15	100,00

(Sumber: Data Primer Diolah, 2026)

Berdasarkan Tabel 4.1, komposisi tenaga kerja di lapangan memiliki proporsi yang ekuivalen, yakni masing-masing tersusun atas 5 orang pekerja (33,33%) untuk spesialisasi mekanikal, elektrikal, dan *plumbing*. Keseragaman distribusi populasi ini menjadikan seluruhnya sebagai sampel dan dapat memastikan bahwa penilaian risiko keselamatan kerja (FMEA) serta persepsi beban kerja yang dianalisis memiliki tingkat keterwakilan yang proporsional dan tidak bias terhadap satu divisi pekerjaan tertentu.

b) Distribusi Responden Berdasarkan Usia

Usia merupakan determinan fisiologis (faktor internal *somatis*) yang berkorelasi langsung terhadap kapasitas fungsional organ dan tingkat toleransi tubuh terhadap kelelahan akibat paparan beban kerja eksternal. Distribusi usia responden dikelompokkan ke dalam empat interval dan disajikan pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Distribusi Responden Berdasarkan Kelompok Usia

No.	Kelompok Usia	Frekuensi (Orang)	Persentase (%)
1	20 – 30 Tahun	5	33,33
2	31 – 40 Tahun	2	13,33

3	41 – 50 Tahun	4	26,67
4	> 50 Tahun	4	26,67
	Total	15	100,00

(Sumber: Data Primer Diolah, 2026)

Berdasarkan Tabel 4.2, diketahui bahwa sepertiga populasi pekerja (33,33%) berada pada rentang usia produktif awal (20–30 tahun). Namun, terdapat akumulasi proporsi yang signifikan pada kelompok usia lanjut, di mana 53,34% tenaga kerja berusia di atas 40 tahun (gabungan dari rentang 41–50 tahun dan > 50 tahun). Temuan ini menjadi variabel kritis dalam analisis beban kerja fisik, mengingat tenaga kerja dengan usia di atas 40 tahun umumnya mengalami degradasi daya tahan muskuloskeletal secara alamiah, sehingga lebih rentan mengalami kelelahan kronis saat terpapar pekerjaan berintensitas tinggi.

c) Distribusi Responden Berdasarkan Indeks Massa Tubuh (IMT)

Indeks Massa Tubuh (IMT) merupakan indikator antropometri yang merepresentasikan proporsi ukuran tubuh pekerja. Parameter ini memiliki implikasi biomekanika yang signifikan, terutama ketika pekerja melakukan manuver fisik intensif seperti pengangkatan material secara manual atau bekerja dengan postur non-ergonomis. Perhitungan IMT diperoleh dari berat badan (kg) dibagi kuadrat tinggi badan (m²). Contoh Perhitungan Manual IMT (Responden 1 - Ali Ridho): Berat Badan (BB) = 45 kg

Tinggi Badan (TB) = 160 cm = 1,60 m

$$IMT = BB / (TB)^2 \quad IMT = 45 / (1,60)^2$$

$$IMT = 17,57$$

Berdasarkan standar Kemenkes, nilai IMT 17,57 berada di bawah 18,5 sehingga dikategorikan sebagai Kurus (Kekurangan Berat Badan). Kategori IMT dalam penelitian ini mengacu pada ambang batas standar Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, sebagaimana dirangkum pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Distribusi Responden Berdasarkan Kategori IMT

No.	Kategori IMT	Rentang Nilai	Frekuensi (Orang)	Persentase (%)
1	Kurus (Kekurangan Berat Badan)	< 18,5	1	6,67
2	Normal	18,5 – 25,0	10	66,67
3	Gemuk (Kelebihan Berat Badan Ringan)	25,1 – 27,0	2	13,33
4	Obesitas (Kelebihan Berat Badan Berat)	> 27,0	2	13,33
	Total		15	100,00

(Sumber: Data Primer Diolah, 2026)

Merujuk pada Tabel 4.3, mayoritas pekerja MEP memiliki proporsi postur tubuh yang tergolong ideal/normal, yakni sebanyak 10 orang (66,67%). Meskipun demikian, terdapat 4 individu (26,66%) yang diklasifikasikan mengalami kelebihan berat badan (akumulasi kategori gemuk dan obesitas), serta 1 individu (6,67%) dengan kondisi kekurangan berat badan. Penyimpangan profil antropometri dari rentang normal ini berpotensi memberikan

tekanan (regangan) ganda pada struktur tulang belakang dan otot punggung bawah, yang secara eksponensial dapat meningkatkan risiko cedera saat melakukan aktivitas konstruksi.

d) Distribusi Responden Berdasarkan Kondisi Kesehatan

Status kesehatan merupakan prakondisi fundamental (kelaikan kerja) yang wajib dipenuhi oleh setiap individu yang beroperasi di area konstruksi berisiko tinggi. Hal ini bertujuan sebagai upaya mitigasi preventif terhadap potensi insiden kecelakaan kerja sekunder. Distribusi tingkat kesehatan responden ditunjukkan pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Distribusi Responden Berdasarkan Kondisi Kesehatan

No.	Status Kesehatan	Frekuensi (Orang)	Persentase (%)
1	Sehat	15	100,00
2	Kurang Sehat / Sakit	0	0,00
3	Dalam Perawatan Medis	0	0,00
	Total	15	100,00

(Sumber: Data Primer Diolah, 2026)

Sebagaimana diilustrasikan pada Tabel 4.4, seluruh populasi pekerja MEP (100%) menyatakan diri dalam kondisi sehat pada saat pengambilan data dilakukan. Fakta ini mengindikasikan bahwa seluruh responden memiliki kesiapan fisik dan kognitif yang optimal. Dengan demikian, persepsi pekerja dalam mengisi kuesioner beban kerja fisik dipastikan objektif dan tidak terdistorsi oleh gangguan patologis akut atau penurunan konsentrasi akibat sakit.

Hasil Uji Validitas dan Reliabilitas Instrumen

Pengujian validitas dan reliabilitas instrumen dilakukan untuk membuktikan bahwa kuesioner yang digunakan sebagai alat pengumpul data telah memenuhi kriteria keabsahan dan keandalan secara statistik. Analisis ini menggunakan perangkat lunak SPSS terhadap data primer yang diperoleh dari 15 responden ($N = 15$).

Dasar pengambilan keputusan untuk uji validitas menggunakan korelasi *Bivariate Pearson* adalah dengan membandingkan nilai signifikansi (Sig. 2-tailed) dengan taraf signifikansi (α) sebesar 0,05, serta membandingkan nilai r_{hitung} dengan r_{tabel} . Untuk jumlah sampel (N) sebanyak 15 responden dengan derajat kebebasan ($df = N - 2 = 13$) pada taraf signifikansi 5%, diperoleh nilai r_{tabel} sebesar 0,514. Sementara itu, suatu instrumen dinyatakan reliabel apabila memiliki koefisien *Cronbach's Alpha* lebih besar dari 0,60 ($> 0,60$).

a) Uji Validitas dan Reliabilitas Variabel Independen

Pengujian pertama dilakukan pada 9 (sembilan) item pernyataan yang mewakili variabel independen Beban Kerja Fisik (X), yang mencakup dimensi karakteristik tugas (X_1), organisasi kerja (X_2), dan kondisi lingkungan kerja (X_3).

1. Hasil Uji Validitas Variabel X

Hasil analisis korelasi *Pearson* menggunakan software SPSS tertera pada Gambar 4.1 dan dirangkum pada Tabel 4.5.

		Correlations									
		X1a	X1b	X1c	X1d	X2a	X2b	X2c	X2d	X3	Total
X1a	Pearson Correlation	1	.774***	.669**	.887***	.659**	.724**	.874***	.490	.490	.868***
	Sig. (2-tailed)		<.001	.006	<.001	.008	.002	<.001	.064	.064	<.001
	N	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
X1b	Pearson Correlation	.774***	1	.395	.678**	.586*	.665**	.734**	.600*	.703**	.802***
	Sig. (2-tailed)	<.001		.145	.005	.022	.007	.002	.018	.003	<.001
	N	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
X1c	Pearson Correlation	.669**	.395	1	.669**	.754**	.788***	.638*	.606*	.606*	.810***
	Sig. (2-tailed)	.006	.145		.006	.001	<.001	.011	.017	.017	<.001
	N	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
X1d	Pearson Correlation	.887***	.678**	.669**	1	.728**	.783***	.844***	.490	.578*	.882***
	Sig. (2-tailed)	<.001	.005	.006		.002	<.001	<.001	.064	.024	<.001
	N	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
X2a	Pearson Correlation	.659**	.586*	.754**	.728**	1	.872***	.703**	.773***	.678**	.891***
	Sig. (2-tailed)	.008	.022	.001	.002		<.001	.003	<.001	.005	<.001
	N	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
X2b	Pearson Correlation	.724**	.665**	.788***	.783***	.872***	1	.624*	.768***	.768***	.923***
	Sig. (2-tailed)	.002	.007	<.001	<.001	<.001		.013	<.001	<.001	<.001
	N	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
X2c	Pearson Correlation	.874***	.734**	.638*	.844***	.703**	.624*	1	.436	.531*	.842***
	Sig. (2-tailed)	<.001	.002	.011	<.001	.003	.013		.104	.042	<.001
	N	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
X2d	Pearson Correlation	.490	.600*	.606*	.490	.773***	.768***	.436	1	.792***	.776***
	Sig. (2-tailed)	.064	.018	.017	.064	<.001	<.001	.104		<.001	<.001
	N	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
X3	Pearson Correlation	.490	.703**	.606*	.578*	.678**	.768***	.531*	.792***	1	.801***
	Sig. (2-tailed)	.064	.003	.017	.024	.005	<.001	.042	<.001		<.001
	N	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Total	Pearson Correlation	.868***	.802***	.810***	.882***	.891***	.923***	.842***	.776***	.801***	1
	Sig. (2-tailed)	<.001	<.001	<.001	<.001	<.001	<.001	<.001	<.001	<.001	
	N	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15

***. Correlation at 0.001 (2-tailed)
 **. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).
 *. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Gambar 4.1 Hasil Uji Validitas Variabel Independen

Tabel 4.5 Hasil Uji Validitas Variabel Independen

Item Pernyataan	Nilai rhitung	Nilai rtabel	Signifikansi (Sig. 2-tailed)	Keterangan
X1a	0,868	0,514	< 0,001	Valid
X1b	0,802	0,514	< 0,001	Valid
X1c	0,810	0,514	< 0,001	Valid
X1d	0,882	0,514	< 0,001	Valid
X2a	0,891	0,514	< 0,001	Valid
X2b	0,923	0,514	< 0,001	Valid
X2c	0,842	0,514	< 0,001	Valid
X2d	0,776	0,514	< 0,001	Valid
X3	0,801	0,514	< 0,001	Valid

(Sumber: Data Primer Diolah dengan SPSS, 2026)

Merujuk pada Tabel 4.5, seluruh item pernyataan (X1a hingga X3) memiliki nilai r_{hitung} yang jauh lebih besar dibandingkan r_{tabel} (0,514) dan nilai signifikansi (Sig. 2-tailed) < 0,001 yang berada di bawah ambang batas 0,05. Dengan demikian, seluruh item pernyataan untuk variabel Beban Kerja Fisik dinyatakan valid dan layak digunakan untuk analisis lanjutan.

2. Hasil Uji Reliabilitas Variabel X

Untuk mengukur tingkat konsistensi jawaban responden terhadap instrumen beban kerja fisik, dilakukan uji reliabilitas dengan metode *Cronbach's Alpha*. Hasil pengujian menggunakan software SPSS tertera pada Gambar 4.2 dan dirangkum pada Tabel 4.6.

Gambar 4.2 Hasil Uji Reliabilitas Variabel Independen

Case Processing Summary			
		N	%
Cases	Valid	15	100.0
	Excluded ^a	0	.0
	Total	15	100.0

a. Listwise deletion based on all variables in the procedure.

Reliability Statistics	
Cronbach's Alpha	N of Items
.950	9

Tabel 4.6 Hasil Uji Validitas Variabel Independen

Variabel	Cronbach's Alpha	Jumlah Item (N)	Keterangan
Beban Kerja Fisik (X)	0,950	9	Sangat Reliabel

(Sumber: Data Primer Diolah dengan SPSS, 2026)

Berdasarkan Tabel 4.6, koefisien *Cronbach's Alpha* untuk variabel Beban Kerja Fisik menunjukkan angka sebesar 0,950. Karena nilai tersebut berada di atas ambang batas 0,60 ($> 0,60$), maka instrumen pengukuran variabel X dinyatakan sangat reliabel dan dapat diandalkan secara konsisten jika dilakukan pengukuran ulang.

b) Uji Validitas dan Reliabilitas Variabel Dependen

Pengujian selanjutnya dilakukan pada 12 (dua belas) item pernyataan yang mewakili variabel dependen Risiko Kecelakaan Kerja (Y), yang terdiri atas parameter penilaian *Severity* (Y1), *Occurance* (Y2), dan *Detection* (Y3).

1. Hasil Uji Validitas Variabel Dependen

Hasil analisis korelasi *Bivariate Pearson* untuk masing-masing parameter risiko FMEA menggunakan software SPSS tertera pada Gambar 4.3 dan dirangkum pada Tabel 4.7.

		Y1a	Y1b	Y1c	Y1d	Y2a	Y2b	Y2c	Y2d	Y3a	Y3b	Y3c	Y3d	Total
Y1a	Pearson Correlation	1	.748 ^{**}	.864 ^{**}	.915 ^{**}	.659 ^{**}	.679 ^{**}	.666 ^{**}	.773 ^{**}	.490 ^{**}	.609 ^{**}	.485 ^{**}	.373 ^{**}	.814 ^{**}
	Sig. (2-tailed)		.001	<.001	<.001	.008	.005	.007	<.001	.064	.016	.067	.171	<.001
	N	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Y1b	Pearson Correlation	.748 ^{**}	1	.644 ^{**}	.746 ^{**}	.745 ^{**}	.530 ^{**}	.775 ^{**}	.800 ^{**}	.619 ^{**}	.767 ^{**}	.573 ^{**}	.350 ^{**}	.823 ^{**}
	Sig. (2-tailed)	.001		.010	.001	.001	.042	<.001	<.001	.014	<.001	.026	.201	<.001
	N	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Y1c	Pearson Correlation	.864 ^{**}	.644 ^{**}	1	.790 ^{**}	.643 ^{**}	.749 ^{**}	.713 ^{**}	.736 ^{**}	.749 ^{**}	.767 ^{**}	.691 ^{**}	.667 ^{**}	.894 ^{**}
	Sig. (2-tailed)	<.001	.010		<.001	.010	.001	.003	.002	.001	<.001	.004	.007	<.001
	N	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Y1d	Pearson Correlation	.915 ^{**}	.746 ^{**}	.790 ^{**}	1	.744 ^{**}	.679 ^{**}	.666 ^{**}	.773 ^{**}	.490 ^{**}	.609 ^{**}	.548 ^{**}	.373 ^{**}	.814 ^{**}
	Sig. (2-tailed)	<.001	.001	<.001		.001	.005	.007	<.001	.064	.016	.039	.171	<.001
	N	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Y2a	Pearson Correlation	.659 ^{**}	.746 ^{**}	.643 ^{**}	.744 ^{**}	1	.584 ^{**}	.826 ^{**}	.833 ^{**}	.678 ^{**}	.749 ^{**}	.674 ^{**}	.593 ^{**}	.869 ^{**}
	Sig. (2-tailed)	.008	.001	.010	.001		.022	<.001	<.001	.005	.001	.006	.041	<.001
	N	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Y2b	Pearson Correlation	.679 ^{**}	.530 ^{**}	.745 ^{**}	.679 ^{**}	.584 ^{**}	1	.592 ^{**}	.592 ^{**}	.889 ^{**}	.643 ^{**}	.699 ^{**}	.317 ^{**}	.780 ^{**}
	Sig. (2-tailed)	.005	.042	.001	.005	.022		.042	.042	.005	.037	.004	.003	<.001
	N	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Y2c	Pearson Correlation	.666 ^{**}	.775 ^{**}	.713 ^{**}	.666 ^{**}	.826 ^{**}	.833 ^{**}	1	.800 ^{**}	.795 ^{**}	.833 ^{**}	.632 ^{**}	.575 ^{**}	.875 ^{**}
	Sig. (2-tailed)	.007	<.001	.003	.007	<.001	.042		<.001	<.001	<.001	.011	.025	<.001
	N	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Y2d	Pearson Correlation	.773 ^{**}	.800 ^{**}	.745 ^{**}	.773 ^{**}	.826 ^{**}	.833 ^{**}	.800 ^{**}	1	.619 ^{**}	.811 ^{**}	.613 ^{**}	.476 ^{**}	.880 ^{**}
	Sig. (2-tailed)	<.001	<.001	.002	<.001	<.001	.042	<.001		.014	<.001	.015	.074	<.001
	N	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Y3a	Pearson Correlation	.490 ^{**}	.619 ^{**}	.748 ^{**}	.490 ^{**}	.678 ^{**}	.666 ^{**}	.795 ^{**}	.619 ^{**}	1	.853 ^{**}	.839 ^{**}	.884 ^{**}	.867 ^{**}
	Sig. (2-tailed)	.064	.014	.001	.064	.005	.005	<.001	.014		<.001	<.001	<.001	<.001
	N	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Y3b	Pearson Correlation	.609 ^{**}	.767 ^{**}	.767 ^{**}	.573 ^{**}	.746 ^{**}	.543 ^{**}	.833 ^{**}	.811 ^{**}	.853 ^{**}	1	.693 ^{**}	.745 ^{**}	.889 ^{**}
	Sig. (2-tailed)	.016	<.001	<.001	.039	.001	.037	<.001	<.001	<.001		.004	.001	<.001
	N	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Y3c	Pearson Correlation	.485 ^{**}	.573 ^{**}	.691 ^{**}	.485 ^{**}	.674 ^{**}	.699 ^{**}	.832 ^{**}	.613 ^{**}	.839 ^{**}	.893 ^{**}	1	.791 ^{**}	.825 ^{**}
	Sig. (2-tailed)	.067	.026	.004	.035	.006	.004	.011	.015	<.001	.004		<.001	<.001
	N	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Y3d	Pearson Correlation	.373 ^{**}	.350 ^{**}	.667 ^{**}	.373 ^{**}	.533 ^{**}	.707 ^{**}	.575 ^{**}	.475 ^{**}	.884 ^{**}	.745 ^{**}	.791 ^{**}	1	.746 ^{**}
	Sig. (2-tailed)	.171	.201	.007	.171	.041	.003	.025	.074	<.001	.001	<.001		.001
	N	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Total	Pearson Correlation	.814 ^{**}	.823 ^{**}	.894 ^{**}	.814 ^{**}	.869 ^{**}	.780 ^{**}	.875 ^{**}	.880 ^{**}	.867 ^{**}	.889 ^{**}	.825 ^{**}	.746 ^{**}	1
	Sig. (2-tailed)	<.001	<.001	<.001	<.001	<.001	<.001	<.001	<.001	<.001	<.001	<.001	<.001	<.001
	N	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15

Gambar 4.3 Hasil Uji Validitas Variabel Dependen

Tabel 4.7 Hasil Uji Validitas Variabel Dependen

Item Pernyataan	Nilai rhitung	Nilai rtabel	Signifikansi (Sig. 2-tailed)	Keterangan
Y1a	0,814	0,514	< 0,001	Valid
Y1b	0,823	0,514	< 0,001	Valid
Y1c	0,894	0,514	< 0,001	Valid
Y1d	0,814	0,514	< 0,001	Valid

Item Pernyataan	Nilai rhitung	Nilai rtabel	Signifikansi (Sig. 2-tailed)	Keterangan
Y2a	0,869	0,514	< 0,001	Valid
Y2b	0,780	0,514	< 0,001	Valid
Y2c	0,875	0,514	< 0,001	Valid
Y2d	0,880	0,514	< 0,001	Valid
Y3a	0,867	0,514	< 0,001	Valid
Y3b	0,889	0,514	< 0,001	Valid
Y3c	0,825	0,514	< 0,001	Valid
Y3d	0,746	0,514	< 0,001	Valid

(Sumber: Data Primer Diolah dengan SPSS, 2026)

Tabel 4.7 menunjukkan bahwa ke-12 item penilaian parameter risiko kecelakaan menghasilkan nilai r_{hitung} yang melampaui r_{tabel} (0,514). Seluruh item juga mencatatkan tingkat signifikansi $< 0,001$, yang berarti lebih kecil dari toleransi kesalahan $\alpha = 0,05$. Hasil ini membuktikan bahwa instrumen kuesioner penilaian parameter *Severity*, *Occurance*, dan *Detection* (variabel Y) adalah valid sepenuhnya.

2. Hasil Uji Reliabilitas Variabel Dependen

Konsistensi alat ukur untuk penentuan tingkat risiko kecelakaan kerja dievaluasi melalui uji *Cronbach's Alpha*, menggunakan software SPSS tertera pada Gambar 4.4 dan dirangkum pada Tabel 4.8.

Case Processing Summary			
		N	%
Cases	Valid	15	100.0
	Excluded ^a	0	.0
	Total	15	100.0

a. Listwise deletion based on all variables in the procedure.

Reliability Statistics	
Cronbach's Alpha	N of Items
.961	12

Gambar 4.4 Hasil Uji Reliabilitas Variabel Dependen

Tabel 4.8 Hasil Uji Validitas Variabel Dependen

Variabel	Cronbach's Alpha	Jumlah Item (N)	Keterangan
Risiko Kecelakaan Kerja (Y)	0,961	12	Sangat Reliabel

(Sumber: Data Primer Diolah dengan SPSS, 2026)

Output SPSS pada Tabel 4.8 menunjukkan koefisien *Cronbach's Alpha* sebesar 0,961 untuk variabel Risiko Kecelakaan Kerja (Y). Nilai reliabilitas yang mendekati 1 ini jauh di atas syarat minimal 0,60. Hal ini mengindikasikan bahwa instrumen FMEA yang digunakan memiliki keandalan yang sangat tinggi (konsisten) meskipun digunakan pada waktu atau subjek yang berbeda dengan karakteristik yang sama.

Analisis Tingkat Beban Kerja Fisik

Analisis statistik deskriptif pada bagian ini bertujuan untuk mendeskripsikan kondisi faktual terkait persepsi pekerja terhadap beban kerja fisik di Proyek *Twin Tower* Universitas Diponegoro. Selanjutnya, dilakukan kuantifikasi tingkat risiko kecelakaan kerja menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) untuk memperoleh nilai *Risk Priority Number* (RPN) sebagai representasi variabel dependen (Y).

Penilaian beban kerja fisik diperoleh dari hasil kuesioner skala Likert (1–5) yang diisi oleh 15 responden. Variabel independen dalam penelitian ini dibagi menjadi tiga indikator utama: Karakteristik Tugas (X1), Organisasi Kerja (X2), dan Kondisi Lingkungan (X3). Untuk mempermudah interpretasi, skor rata-rata dari setiap indikator dikelompokkan berdasarkan bidang pekerjaan (mekanikal, elektrik, dan *plumbing*).

Perhitungan manual rata-rata Variabel X (Responden 1 - Ali Ridho) dilakukan dengan mencari nilai rata-rata dari jawaban kuesioner skala Likert (1-5) untuk masing-masing

dimensi.

1. Karakteristik Tugas (X1):
Terdiri dari 4 pertanyaan dengan skor jawaban: 2, 2, 3, 2.
 $X1 = (2+2+3+2) / 4 = 2,25$
2. Organisasi Kerja (X2):
Terdiri dari 4 pertanyaan dengan skor jawaban: 2, 2, 2, 3.
 $X2 = (2+2+2+3) / 4 = 2,25$
3. Kondisi Lingkungan (X3):
Terdiri dari 1 pertanyaan dengan skor jawaban: 3. $X3 = 3 / 1 = 3,00$
Nilai tersebut kemudian dirata-rata dengan seluruh pekerja di divisi yang sama untuk mendapatkan nilai kelompok, sebagaimana tertera pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9 Rekapitulasi Rata-rata Skor Beban Kerja Fisik per Bidang Pekerjaan

Bidang Pekerjaan	Jumlah Pekerja	Rata-rata Karakteristik Tugas (X1)	Rata-rata Organisasi Kerja (X2)	Rata-rata Lingkungan Kerja (X3)	Rata-rata Keseluruhan
Mekanikal	5	2,65	2,55	2,60	2,60
Elektrikal	5	3,55	3,50	3,40	3,48
<i>Plumbing</i>	5	4,30	4,35	4,20	4,28
Rata-rata		3,50	3,47	3,40	3,45

(Sumber: Data Primer Diolah, 2026)

Berdasarkan Tabel 4.9, dapat diidentifikasi bahwa pekerja pada divisi *plumbing* mengalami tingkat beban kerja yang paling tinggi pada ketiga indikator, dengan skor rata-rata keseluruhan mencapai 4,28. Hal ini mengindikasikan bahwa intensitas pengangkatan material secara manual, durasi jam kerja, serta paparan kebisingan pada pekerjaan *plumbing* dirasakan jauh lebih membebani secara fisik dibandingkan dengan divisi mekanikal dan elektrikal. Sebaliknya, pekerja mekanikal melaporkan persepsi beban kerja terendah dengan rata-rata keseluruhan sebesar 2,60 (kategori Sedang/Cukup).

Penilaian Risiko Kecelakaan Kerja dengan Metode FMEA

Tingkat risiko keselamatan kerja dikuantifikasi menggunakan parameter FMEA yang mencakup tingkat keparahan (*Severity* / Y1), tingkat kejadian (*Occurance* / Y2), dan tingkat deteksi (*Detection* / Y3). Penilaian dilakukan secara subjektif oleh responden dengan skala 1–10 terhadap empat jenis aktivitas spesifik di bidangnya masing-masing. Hasil akhir dari tingkat risiko direpresentasikan oleh nilai *Risk Priority Number* (RPN). Nilai RPN diperoleh melalui perkalian rata-rata dari ketiga parameter tersebut. Rekapitulasi nilai rata-rata *Severity*, *Occurance*, *Detection*, dan hasil perhitungan RPN untuk keseluruhan responden dijabarkan pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10 Hasil Perhitungan *Risk Priority Number* (RPN) Responden

No	Nama/Inisial	Bidang Pekerjaan	Severity (Y1)	Occurance (Y2)	Detection (Y3)	Nilai RPN (Y)
1	Ali Ridho	Mekanikal	2,25	2,25	2,75	13,92
2	Gunawan	Mekanikal	2,75	2,25	1,75	10,83
3	Muhammad Nahrowi	Mekanikal	2,00	2,75	2,75	15,13
4	Sumarjito	Mekanikal	2,75	2,75	1,75	13,23
5	Shodikun	Mekanikal	3,25	2,75	2,75	24,58
6	Ach Syaifulloh	Elektrikal	3,75	3,25	2,75	33,52
7	Ali Machrus	Elektrikal	3,25	3,75	3,25	39,61
8	Misiran	Elektrikal	3,25	3,25	4,50	47,53
9	Dedi Setiawan	Elektrikal	3,75	3,75	3,25	45,70
10	Haryono	Elektrikal	3,75	3,50	3,75	49,22
11	Joni Santoso	Plumbing	3,50	3,75	3,75	49,22
12	Suyono	Plumbing	4,25	4,25	3,75	67,73
13	Darmono	Plumbing	5,00	4,25	4,25	90,31
14	Sutrisna	Plumbing	4,25	4,75	5,00	100,94
15	Nana Suryana	Plumbing	5,00	4,75	4,25	100,94

Sumber: Data Primer Diolah, 2026

Analisis data pada Tabel 4.10 menunjukkan variasi tingkat risiko kecelakaan kerja antar responden. Terdapat tren linier yang selaras dengan temuan beban kerja fisik sebelumnya, di mana pekerja *plumbing* menempati posisi risiko tertinggi. Responden Sutrisna dan Nana Suryana (divisi *plumbing*) mencatatkan skor RPN maksimal sebesar 100,94. Tingginya angka ini disebabkan oleh kombinasi skor *Severity* dan *Occurance* yang mendekati angka 5,00, yang mengindikasikan bahwa bahaya pada instalasi *plumbing* dinilai sering terjadi dan dapat menyebabkan cedera kategori sedang hingga berat.

Di sisi lain, risiko kecelakaan kerja paling rendah dicatatkan oleh responden Gunawan dari divisi mekanikal dengan nilai RPN sebesar 10,83. Hal ini dipengaruhi oleh tingginya efektivitas sistem pencegahan bahaya (tercermin dari rendahnya skor *Detection* sebesar 1,75), sehingga potensi risiko pada pekerjaan pompa dan tangki dapat terdeteksi sebelum mengakibatkan insiden kecelakaan. Nilai RPN (Y) dan rata-rata skor beban kerja fisik (X1, X2, X3) dari data deskriptif inilah yang selanjutnya dieksekusi dalam uji analisis regresi linier berganda untuk menguji hipotesis penelitian.

Analisis Regresi Linier Berganda

Analisis regresi linier berganda dalam penelitian ini digunakan untuk menguji secara empiris dan mengkuantifikasi besarnya pengaruh variabel independen, yaitu Karakteristik Tugas (X1) Organisasi Kerja (X2), dan Kondisi Lingkungan Kerja (X3) terhadap variabel dependen, yaitu Risiko Kecelakaan Kerja yang direpresentasikan oleh nilai Risk Priority

Number (Y). Pengolahan data dilakukan menggunakan perangkat lunak statistik dengan tingkat signifikansi yang ditetapkan sebesar $\alpha = 0,05$.

a) Persamaan Regresi Linier Berganda

Persamaan regresi linier berganda disusun berdasarkan nilai *Unstandardized Coefficients* (B) yang dihasilkan dari pengujian statistik. Hasil perhitungan koefisien regresi menggunakan software SPSS disajikan pada Gambar 4.5.

Coefficients ^a						
Model	Unstandardized Coefficients			Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta			
1	(Constant)	-90.841	9.991		-9.092	<.001
	X1	13.578	6.037	.349	2.249	.046
	X2	16.074	6.998	.424	2.297	.042
	X3	10.124	4.123	.271	2.455	.032

a. Dependent Variable: Y

Gambar 4.5 Hasil Uji Koefisien Regresi (Uji t)

Berdasarkan Tabel 4.11, maka dapat dibentuk persamaan regresi linier berganda sebagai berikut:

$$Y = -90,841 + 13,578X_1 + 16,074X_2 + 10,124X_3$$

Interpretasi dari persamaan matematis tersebut adalah sebagai berikut:

1. Konstanta = -90,841

Menunjukkan bahwa apabila variabel Karakteristik Tugas (X1), Organisasi Kerja (X2), dan Kondisi Lingkungan (X3) diasumsikan bernilai nol atau konstan, maka tingkat Risiko Kecelakaan Kerja (Y) diprediksi bernilai - 90,841.

2. Koefisien Regresi X1 = 13,578

Menunjukkan bahwa setiap penambahan satu satuan skor beban kerja fisik dari segi Karakteristik Tugas, akan meningkatkan nilai Risiko Kecelakaan Kerja sebesar 13,578 poin, dengan asumsi variabel independen lainnya tetap. Arah hubungan yang positif mengindikasikan bahwa semakin berat tugas fisik (seperti pengangkatan manual), semakin tinggi pula risiko kecelakaannya.

3. Koefisien Regresi X2 = 16,074

Menunjukkan bahwa setiap penambahan satu satuan skor beban Organisasi Kerja (seperti tingginya durasi kerja atau kurangnya istirahat), akan menaikkan nilai Risiko Kecelakaan Kerja sebesar 16,074 poin, dengan asumsi variabel lain konstan. Variabel ini memiliki koefisien tertinggi di antara variabel lainnya.

4. Koefisien Regresi X3 = 10,124

Menunjukkan bahwa setiap penambahan satu satuan skor beban Kondisi Lingkungan Kerja (seperti paparan kebisingan), akan berimplikasi pada peningkatan Risiko Kecelakaan Kerja sebesar 10,124 poin, dengan asumsi variabel lain tidak berubah.

b) Uji Kelayakan Model (Uji F / ANOVA)

Uji F atau *Analysis of Variance* (ANOVA) dilakukan untuk mengetahui apakah variabel independen secara simultan (bersama-sama) memiliki pengaruh yang signifikan terhadap

variabel dependen, sekaligus menentukan kelayakan model regresi yang digunakan. Hasil uji F menggunakan software SPSS disajikan pada Gambar 4.6.

ANOVA ^a						
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	12755.164	3	4251.721	68.940	<.001 ^b
	Residual	678.397	11	61.672		
	Total	13433.561	14			

a. Dependent Variable: Y
b. Predictors: (Constant), X3, X1, X2

Gambar 4.6 Hasil Uji Kelayakan Model (ANOVA)

Berdasarkan Tabel 4.12, diperoleh nilai F_{hitung} sebesar 68,940 dengan nilai probabilitas signifikansi sebesar $< 0,001$. Karena nilai signifikansi $< 0,05$, maka Hipotesis Nol (H_0) ditolak dan Hipotesis Alternatif (H_1) diterima. Hal ini membuktikan bahwa secara simultan, faktor Karakteristik Tugas, Organisasi Kerja, dan Kondisi Lingkungan Kerja berpengaruh positif dan signifikan terhadap Risiko Kecelakaan Kerja pada Proyek *Twin Tower* Universitas Diponegoro. Model regresi ini juga dinyatakan fit (layak) untuk memprediksi tingkat risiko di lapangan.

c) Uji Signifikansi Parsial (Uji t)

Uji t bertujuan untuk mengetahui sejauh mana pengaruh masing-masing variabel independen (Karakteristik Tugas, Organisasi Kerja, dan Kondisi Lingkungan) secara individual atau parsial dalam menerangkan variasi variabel dependen (Risiko Kecelakaan Kerja). Dasar pengambilan keputusan mengacu pada Tabel 4.11 (Kolom *Sig.*), dengan hasil analisis sebagai berikut:

1. Pengaruh Karakteristik Tugas (X_1) terhadap Risiko Kecelakaan Kerja (Y) Nilai signifikansi untuk variabel Karakteristik Tugas (X_1) adalah sebesar 0,046. Karena nilai $0,046 < 0,05$, maka secara parsial karakteristik tugas memiliki pengaruh yang positif dan signifikan terhadap peningkatan risiko kecelakaan kerja.
2. Pengaruh Organisasi Kerja (X_2) terhadap Risiko Kecelakaan Kerja (Y) Nilai signifikansi untuk variabel Organisasi Kerja (X_2) adalah sebesar 0,042. Karena nilai $0,042 < 0,05$, maka secara parsial organisasi kerja berpengaruh positif dan signifikan terhadap risiko kecelakaan kerja. Berdasarkan nilai *Standardized Coefficients* (Beta), variabel X_2 memiliki nilai pengaruh dominan tertinggi, yaitu sebesar 0,424 dibandingkan variabel lain.
3. Pengaruh Kondisi Lingkungan (X_3) terhadap Risiko Kecelakaan Kerja (Y) Nilai signifikansi untuk variabel Kondisi Lingkungan (X_3) adalah sebesar 0,032. Karena nilai $0,032 < 0,05$, maka secara parsial kondisi lingkungan (seperti kebisingan) terbukti memberikan pengaruh yang positif dan signifikan secara statistik terhadap tingkat risiko kecelakaan kerja.

d) Koefisien Determinasi (R^2)

Koefisien determinasi bertujuan untuk mengukur seberapa jauh kemampuan model

regresi dalam menerangkan variabilitas variabel dependen. Hasil pengujian menggunakan software SPSS ditunjukkan pada Gambar 4.7.

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.974 ^a	.949	.936	7.85318

a. Predictors: (Constant), X3, X1, X2

Gambar 4.7 Hasil Uji Koefisien Determinasi

Berdasarkan Gambar 4.7 besaran nilai *R Square* adalah 0,949 atau 94,9%. Angka ini mengindikasikan bahwa variasi tingkat Risiko Kecelakaan Kerja (Y) sebesar 94,9% mampu dijelaskan secara proporsional oleh ketiga variabel independen, yaitu Karakteristik Tugas (X1), Organisasi Kerja (X2), dan Kondisi Lingkungan (X3). Sementara itu, sisa varians sebesar 5,1% (100% - 94,9%) diterangkan oleh variabel-variabel atau faktor lain yang tidak disertakan dalam model penelitian ini (contohnya variabel psikologis, tingkat pengetahuan, atau kualitas alat pelindung diri).

Pembahasan

Berdasarkan uji signifikansi simultan (Uji F), diperoleh kesimpulan bahwa Hipotesis Alternatif (H1) diterima, yang berarti beban kerja fisik secara keseluruhan memberikan pengaruh positif dan signifikan terhadap peningkatan risiko kecelakaan kerja. Analisis lebih lanjut dijabarkan berdasarkan masing-masing variabel prediktor sebagai berikut:

a) Pengaruh Karakteristik Tugas terhadap Risiko Kecelakaan Kerja

Hasil pengujian parsial (Uji t) membuktikan bahwa Karakteristik Tugas (X1) memiliki pengaruh positif dan signifikan terhadap tingkat Risiko Kecelakaan Kerja (Y) dengan nilai signifikansi 0,046 ($p < 0,05$) dan koefisien regresi sebesar 13,578. Hal ini mengindikasikan bahwa semakin tinggi intensitas tugas fisik yang diemban pekerja, maka probabilitas terjadinya kecelakaan kerja maupun tingkat keparahan cedera di lapangan akan bereskalasi secara linear.

Karakteristik tugas dalam pekerjaan MEP pada gedung bertingkat tinggi mencakup aktivitas pengangkatan material secara manual, penggunaan alat mekanis, serta postur kerja non-ergonomis seperti membungkuk pada area ketinggian ekstrem. Hasil perhitungan deskriptif dan FMEA menunjukkan bahwa pekerja divisi *plumbing* mengalami beban karakteristik tugas tertinggi sekaligus mencatatkan nilai *Risk Priority Number* (RPN) maksimal hingga mencapai 100,94. Tingginya beban fisik mekanis ini memicu kelelahan pada otot (regangan biomekanik), yang pada akhirnya mendegradasi kewaspadaan motorik pekerja. Temuan ini memperkuat studi empiris sebelumnya oleh Rajab et al. (2024), yang menegaskan bahwa beban kerja fisik merupakan determinan utama yang mendorong munculnya perilaku tidak aman (*unsafe action*) pada pekerja konstruksi.

b) Pengaruh Organisasi Kerja terhadap Risiko Kecelakaan Kerja

Variabel Organisasi Kerja (X2) terbukti memberikan pengaruh positif dan signifikan

dengan tingkat signifikansi 0,042 ($p < 0,05$). Secara analitis, variabel ini merupakan prediktor paling dominan dalam model penelitian ini, yang dibuktikan dengan koefisien regresi terbesar, yakni 16,074, serta koefisien beta terstandarisasi tertinggi sebesar 0,424.

Organisasi kerja berkaitan erat dengan ritme operasional manajemen, yang meliputi durasi jam kerja harian, frekuensi kebijakan lembur (*overtime*), pengaturan sistem *shift*, serta efektivitas waktu istirahat di lapangan. Besarnya pengaruh variabel ini selaras dengan temuan Malino & Suharyanto (2025), yang menyoroti bahwa durasi kerja yang melampaui 10 jam per hari berkontribusi masif terhadap kecelakaan kerja konstruksi nasional. Tuntutan *progress* proyek *design and build* yang ketat sering kali memaksa pekerja MEP untuk melakukan jam kerja berlebih. Paparan stresor organisasional ini menguras cadangan energi metabolik secara ekstrem, sehingga menyebabkan kelelahan kronis (*fatigue*) dan penurunan konsentrasi yang bermuara pada kegagalan deteksi bahaya (meningkatkan skor *Detection* pada FMEA).

c) Pengaruh Kondisi Lingkungan Kerja terhadap Risiko Kecelakaan Kerja

Kondisi Lingkungan Kerja (X3) memberikan kontribusi yang positif dan signifikan terhadap Risiko Kecelakaan Kerja, dengan signifikansi sebesar 0,032 ($p < 0,05$) dan koefisien regresi 10,124. Sebagai faktor eksternal (*exogenous loads*), lingkungan kerja di Proyek *Twin Tower* UNDIP, seperti paparan kebisingan konstan dari mesin bor, alat berat, maupun resonansi struktural, memberikan beban psiko-fisiologis tambahan bagi para tukang MEP.

Meskipun koefisien regresinya paling kecil di antara ketiga variabel prediktor, kebisingan tinggi (*noise exposure*) secara berkelanjutan dapat menutupi (*masking*) suara peringatan bahaya di lapangan kerja yang dinamis. Hal ini secara langsung meningkatkan peluang kejadian (*Occurance*) dari suatu insiden kecelakaan. Temuan ini mengafirmasi konsep beban kerja eksternal menurut Irawati (2010), di mana kondisi fisik lingkungan menjadi stresor yang memaksa tubuh pekerja memberikan reaksi (*strain*) ekstra untuk beradaptasi, sehingga mempercepat laju kelelahan.

d) Sintesis Faktor Internal (Karakteristik Responden) terhadap Akumulasi Risiko

Meskipun secara simultan variabel eksternal (tugas, organisasi, lingkungan) terbukti mampu menjelaskan 94,9% ($R^2 = 0,949$) variasi tingkat risiko kecelakaan kerja, analisis ini tidak dapat dipisahkan dari faktor somatis internal pekerja (*endogenous loads*).

Data karakteristik memperlihatkan bahwa 53,34% pekerja MEP berusia di atas 40 tahun, serta 26,66% tenaga kerja memiliki postur tubuh yang tergolong *overweight* hingga obesitas. Peningkatan usia secara fisiologis berkorelasi dengan penurunan kapasitas kardiovaskular dan degenerasi fungsi muskuloskeletal. Ketika pekerja dengan kapasitas fisik yang telah menurun ini dihadapkan pada organisasi kerja yang buruk (durasi lembur tinggi) dan karakteristik tugas fisik yang berat (seperti pada divisi *plumbing*), maka respons somatopsikis (*strain*) yang dihasilkan menjadi sangat eksponensial. Ketidakseimbangan antara tuntutan fisik eksternal (*task demands*) dengan kapasitas internal (*worker capacity*) inilah yang secara fundamental mengamplifikasi nilai *Risk Priority Number* (RPN) menjadi sangat kritis, sekaligus memvalidasi angka risiko pada Proyek *Twin Tower* Universitas Diponegoro.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian mengenai "Pengaruh Faktor Beban Kerja Fisik terhadap Risiko Kecelakaan Kerja pada Proyek Twin Tower Universitas Diponegoro", dapat ditarik 4 (empat) kesimpulan utama sebagai berikut:

1. Faktor penyebab beban kerja fisik pada pekerja divisi MEP terdiri dari faktor eksternal (karakteristik tugas, organisasi kerja, dan kondisi lingkungan seperti kebisingan) serta faktor internal/somatis (usia, Indeks Massa Tubuh/IMT, dan kesehatan umum pekerja).
2. Tingkat beban kerja fisik pekerja tergolong tinggi dan bervariasi antar divisi, dengan beban tertinggi secara berurutan dialami oleh divisi plumbing (skor rata-rata 4,28), divisi elektrik (skor 3,48), dan divisi mekanikal (skor 2,60).
3. Berdasarkan pengukuran metode FMEA, pekerja divisi plumbing memiliki tingkat risiko kecelakaan kerja tertinggi dengan nilai Risk Priority Number (RPN) maksimal sebesar 100,94. Sebaliknya, risiko terendah berada pada divisi mekanikal dengan nilai RPN 10,83.
4. Terdapat pengaruh yang positif dan signifikan antara beban kerja fisik terhadap risiko kecelakaan kerja. Secara simultan, beban kerja fisik mampu menjelaskan 94,9% variasi tingkat risiko, di mana variabel organisasi kerja menjadi prediktor pendorong risiko yang paling dominan di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aditya, R. (2022). Identifikasi variabel risiko keselamatan dan kesehatan kerja (K3) pada proyek konstruksi gedung bertingkat. *Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 5(2). <https://journal.untar.ac.id/index.php/jmts/article/view/16442>
- Aminestia. (2023). Identifikasi risiko kecelakaan kerja pada proyek pembangunan Gedung Rumah Sakit Siti Khodijah Sidoarjo. *ViTeks*, 1(1).
- Dewi, R. K. (2014). Analisis pengaruh stres kerja dan kompensasi terhadap kinerja karyawan. Semarang: Badan Penerbit Universitas Diponegoro.
- Dhania, D. R. (2010). Pengaruh stres kerja, beban kerja terhadap kepuasan kerja (Studi pada karyawan Dinas Kesehatan Kabupaten Pati). *Jurnal Psikologi: Universitas Muria Kudus*, 1(1), 15–23. <https://media.neliti.com/media/publications/236276-analisis-pengaruh-beban-kerja-terhadap-k-9514b0dc.pdf>
- Gunawan, J., Surono, W., & Andi. (2006). Identifikasi dan alokasi risiko-risiko pada proyek superblok di Surabaya. *Jurnal Teknik Sipil*.
- Irawati, J. (2010). Analisis beban kerja fisik dan mental dengan metode Defense Threat Reduction Agency (DTRA) dan NASA-TLX pada departemen produksi. [Skripsi, Universitas Islam Indonesia].
- Kurnia, A. (2010). Manajemen Operasional. Jakarta: Penerbit Alfabeta.

- Malino, A. C., & Suharyanto. (2025). Analisis faktor-faktor penyebab kecelakaan kerja pada proyek konstruksi gedung bertingkat di Indonesia. *Jurnal Teknologi, Manajemen, dan Informasi Teknik (J-TMIT)*, 3(1). <https://jurnal-tmit.com/index.php/home/article/view/839>
- Marimin, Djatna, T., Suharjito, Hidayat, S., Utama, D. N., Astuti, R., & Martini, S. (2013). *Teknik dan analisis pengambilan keputusan fuzzy dalam manajemen rantai pasok*. Bogor: IPB Press.
- Menteri Tenaga Kerja. (1998). *Peraturan Menteri Tenaga Kerja Republik Indonesia Nomor PER.03/MEN/1998 tentang Tata Cara Pelaporan dan Pemeriksaan Kecelakaan*. Jakarta: Biro Hukum Kemnaker.
- National Incident Database Report. (2011). *New Zealand Mountain Safety Council Report*. New Zealand: Mountain Safety Council.
- Project Management Institute. (2017). *A guide to the project management body of knowledge (PMBOK guide) (6th ed.)*. Pennsylvania: Project Management Institute.
- Rajab, M. A., et al. (2024). Hubungan beban kerja fisik dan durasi kerja dengan perilaku tidak aman (unsafe action) pada pekerja konstruksi. *Jurnal Ilmiah Kesehatan Sandi Husada*, 15(1). <https://forikes-ejournal.com/index.php/SF/article/view/sf15111>
- Sari, D. P., et al. (2024). Tinjauan sistematis: Determinan utama kelelahan kerja pada industri di Indonesia. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*.
- Tim K3 FT UNY. (2014). *Buku Ajar Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3)*. Yogyakarta: Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.
- Universitas Diponegoro. (2025). *Groundbreaking pembangunan Twin Tower Kampus Undip Pleburan*. <https://undip.ac.id/post/41420/groundbreaking-pembangunan-twin-tower-kampus-undip-pleburan.html>
- Wang, Y. M., Chin, K. S., Poon, G. K. K., & Yang, J. B. (2009). Risk evaluation in failure mode and effects analysis using fuzzy weighted geometric mean. *Expert Systems with Applications*, 36(2), 1195–1207. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2007.11.028>
- Wicaksono, B., et al. (2024). Analisis tingkat kelelahan yang terjadi pada pekerja konstruksi pada proyek pembangunan gedung bertingkat. [Skripsi/Publication, Universitas Diponegoro]. <https://scholar.undip.ac.id/en/publications/kelelahan-yang-terjadi-pada-pekerja-konstruksi>