

Analisis Kinerja Pemeliharaan Elevator Berbasis Risiko Menggunakan FMEA dan Visualisasi BIM pada Gedung Komersial di Jakarta Barat

Charlie Imanuel Gunawan*, Hans Dermawan

Universitas Kristen Krida Wacana, Indonesia

Email: charlie.242022011@civitas.ukrida.ac.id*, hans.dermawan@ukrida.ac.id

Keywords:

Facility Management;
Failure Mode and Effects
Analysis;
Building Information Modeling;

Abstract

Elevators are vertical transportation facilities that play a crucial role in supporting mobility in commercial buildings. The high intensity of elevator usage demands an effective maintenance system to maintain operational safety and reliability. This research aims to analyze elevator maintenance risks using the Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) method and visualize the results in Building Information Modeling (BIM). The study employed a mixed-methods approach with data collection through field observations, interviews, and historical maintenance data review. Risk analysis was conducted based on Severity, Occurrence, and Detection parameters to obtain a Risk Priority Number (RPN) value, then validated using Action Priority (AP) and the Pareto Principle. The results showed that the Brake component had the highest RPN value of 180 and was categorized as High Priority, while the Controller had an RPN value of 112 and was categorized as Medium Priority. Pareto analysis showed that approximately 80% of the accumulated risk came from 11 main components that play a role in the elevator's drive, control, and safety systems. The analysis results were then integrated into a BIM model using Autodesk Revit through color-coded visualization to facilitate the identification of critical components. This study shows that the integration of FMEA and BIM can support more effective and risk-based maintenance decision-making in commercial buildings.

Kata Kunci:

Manajemen Fasilitas;
Analisis Mode dan Efek
Kegagalan;
Building Information Modeling;

Abstrak

Elevator merupakan fasilitas transportasi vertikal yang berperan penting dalam menunjang mobilitas pada gedung komersial. Tingginya intensitas penggunaan elevator menuntut sistem pemeliharaan yang efektif untuk menjaga keselamatan dan keandalan operasional. Penelitian ini bertujuan menganalisis risiko pemeliharaan elevator menggunakan metode *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) serta memvisualisasikan hasilnya ke dalam *Building Information Modeling* (BIM). Penelitian menggunakan pendekatan *mixed-methods* dengan pengumpulan data melalui observasi lapangan, wawancara, dan kajian data historis pemeliharaan. Analisis risiko dilakukan berdasarkan parameter *Severity*, *Occurrence*, dan *Detection* untuk memperoleh nilai *Risk Priority Number* (RPN), kemudian divalidasi menggunakan *Action Priority* (AP) dan Prinsip Pareto. Hasil penelitian menunjukkan bahwa komponen *Brake* memiliki nilai RPN tertinggi sebesar 180 dan termasuk kategori *High Priority*, sedangkan *Controller* memiliki nilai RPN sebesar 112 dan termasuk kategori *Medium Priority*. Analisis Pareto menunjukkan bahwa sekitar 80% akumulasi risiko berasal dari 11 komponen utama yang berperan pada sistem penggerak, kontrol, dan keselamatan elevator. Hasil analisis kemudian diintegrasikan ke dalam model BIM menggunakan Autodesk Revit melalui *color-coded visualization* untuk mempermudah identifikasi komponen kritis. Penelitian ini

menunjukkan bahwa integrasi FMEA dan BIM dapat mendukung pengambilan keputusan pemeliharaan yang lebih efektif dan berbasis risiko pada gedung komersial.

PENDAHULUAN

Di Indonesia, pengoperasian dan pemeliharaan elevator diatur melalui Peraturan Menteri Ketenagakerjaan Nomor 6 Tahun 2017 tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja Elevator dan Eskalator. Regulasi tersebut mewajibkan pengelola gedung untuk melakukan inspeksi dan pemeliharaan berkala guna menjamin keselamatan pengguna. Selain itu, keandalan operasional elevator juga menjadi salah satu persyaratan dalam penerbitan Sertifikat Laik Fungsi (SLF) gedung komersial. Namun, implementasi pengawasan di lapangan masih menghadapi berbagai kendala, khususnya keterbatasan jumlah pengawas K3 dibandingkan dengan pertumbuhan gedung bertingkat yang sangat pesat. Akibatnya, pengawasan sering kali bersifat administratif dan reaktif, serta belum sepenuhnya berbasis evaluasi risiko teknis secara menyeluruh (El-Thalji, 2025). Kondisi ini menyebabkan potensi kegagalan sistem sulit dideteksi sejak dini sehingga tindakan korektif baru dilakukan setelah terjadi gangguan atau insiden operasional. Permasalahan tersebut tercermin dari berbagai insiden elevator yang terjadi di wilayah Jakarta Barat dan sekitarnya selama periode 2021–2025 yang dapat dilihat pada Tabel 1.

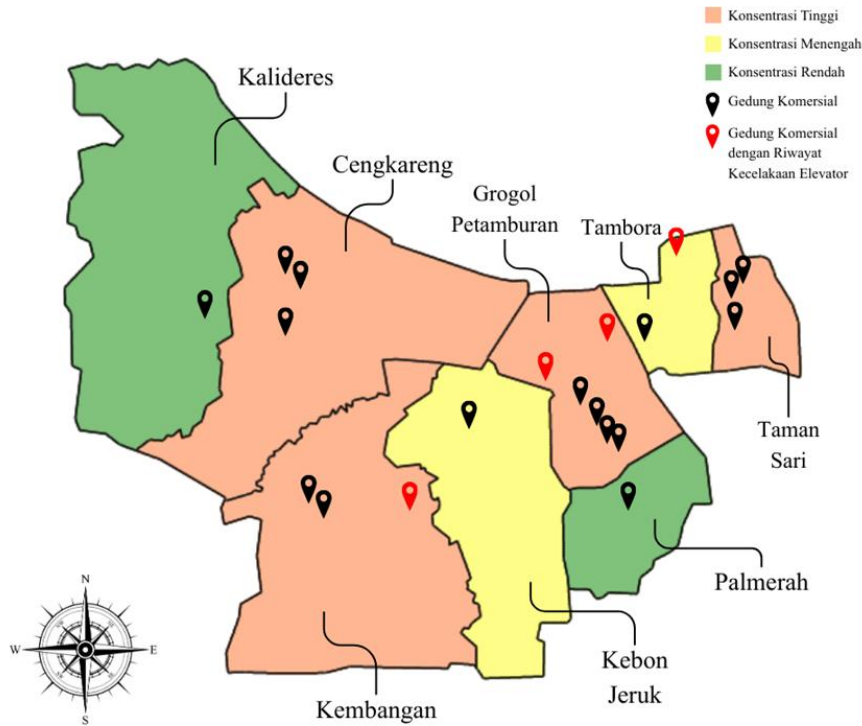
Tabel 1. Catatan Insiden Elevator 2021-2025 di Jakarta Barat dan Sekitarnya

Tanggal	Lokasi	Korban	Sumber
22 Agustus 2021	Salon kecantikan di Kelapa Gading, Jakarta Utara	8 orang terjebak	(Sembiring & Gatra, 2021)
16 Agustus 2022	Ruko Taman Surya 1, Grogol Petamburan, Jakarta Barat	1 orang meninggal	(Choirul, 2022)
24 Agustus 2022	Salah satu toko di Jakarta Pusat	1 orang cedera, 1 orang meninggal	(Fajri, 2022)
10 Februari 2023	Restoran di kawasan Kembangan, Jakarta Barat	5 orang terjebak	(Maulana, 2023)
8 Mei 2023	Pakuwon Tower, Tebet, Jakarta Selatan	11 orang terjebak	(Sari, 2023)
6 Juli 2024	Gedung komersial di Jl. Gedong Panjang, Tambora Jakarta Barat	6 orang terjebak	(Ade, 2024)
10 Juli 2024	Kelurahan Kebon Kosong, Kemayoran, Jakarta Pusat	4 orang terjebak	(Ramadhan, 2024)
3 September 2024	Kawasan Jelambar Baru, Grogol Petamburan, Jakarta Barat	1 orang meninggal, 2 orang cedera	(Pangesti & Pahrevi, 2024)
7 Juni 2025	Gedung Thamrin Nine (Autograph Tower), Jakarta Pusat	16 orang terjebak	(Fikriansyah, 2025)

Sumber: Olahan penulis (2026)

Berdasarkan Tabel 1, beberapa kejadian menyebabkan pengguna terjebak di dalam elevator hingga kecelakaan fatal yang menyebabkan korban jiwa. Berdasarkan data insiden pada Gambar 1, wilayah Jakarta Barat menjadi salah satu area dengan tingkat kejadian yang cukup tinggi, terutama di kawasan Grogol Petamburan dan Kembangan. Ragam penyebab insiden menunjukkan bahwa kegagalan elevator tidak hanya dipengaruhi oleh kerusakan

mekanis, tetapi juga oleh kesalahan prosedur operasional, lemahnya manajemen informasi, serta kurang optimalnya sistem pemeliharaan (Ade, 2024; Pangesti & Pahrevi, 2024). Data tersebut mengindikasikan bahwa pendekatan pemeliharaan elevator saat ini masih bersifat reaktif dan belum sepenuhnya menerapkan manajemen risiko secara prediktif.



Gambar 1. Peta Penyebaran Gedung Komersial Jakarta Barat
Sumber: Olahan penulis (2026)

Selain faktor teknis, lemahnya sistem manajemen informasi pemeliharaan juga menjadi penyebab penting meningkatnya risiko operasional elevator. Pada banyak gedung komersial, pencatatan riwayat kerusakan dan inspeksi masih dilakukan secara manual melalui *logbook* fisik sehingga data sulit ditelusuri dan tidak terintegrasi. Ketidaksinkronan informasi tersebut dapat menghambat identifikasi pola kerusakan berulang dan memperlambat pengambilan keputusan berbasis kondisi (*condition-based maintenance*) (Tsay et al., 2022). Efektivitas pengelolaan fasilitas pada fase operasional bangunan sangat dipengaruhi oleh kualitas informasi teknis yang tersedia (Serpa & Ferreira, 2019). Selain itu, keterlambatan pengelolaan data pemeliharaan dapat meningkatkan risiko kegagalan operasional meskipun kondisi teknis komponen masih berada dalam batas toleransi (Adeyemi et al., 2022).

Fenomena tersebut juga ditemukan pada sistem operasional elevator gedung komersial X di Jakarta Barat sebagai objek studi penelitian ini. Berdasarkan observasi awal dan wawancara dengan pihak *Chief Engineering*, gedung komersial X tersebut memiliki dua unit elevator penumpang yang telah beroperasi selama lebih dari 30 tahun. Intensitas penggunaan elevator yang tinggi menyebabkan kebutuhan pemeliharaan menjadi sangat krusial untuk menjaga keselamatan dan kenyamanan pengguna. Sistem pemeliharaan rutin sebenarnya telah diterapkan melalui inspeksi berkala oleh teknisi vendor sebanyak dua kali dalam satu bulan dan pengawasan internal oleh tim teknisi gedung. Meskipun demikian, sistem pemeliharaan

elevator pada objek studi masih memiliki kelemahan pada aspek manajemen informasi dan pengadaan suku cadang. Pencatatan riwayat pemeliharaan masih dilakukan secara manual sehingga menyulitkan proses pelacakan kerusakan dan evaluasi performa komponen. Hal tersebut berpotensi meningkatkan waktu henti (*downtime*) operasional apabila terjadi kerusakan mendadak pada komponen kritis elevator. Kondisi ini menunjukkan perlunya pendekatan pemeliharaan berbasis risiko yang mampu mengidentifikasi prioritas kegagalan secara lebih sistematis dan prediktif.

Beberapa penelitian sebelumnya telah mengkaji penerapan metode *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) dan *Building Information Modeling* (BIM) dalam manajemen pemeliharaan fasilitas gedung. (Abideen et al., 2022) dalam tinjauan sistematisnya menemukan bahwa integrasi BIM ke dalam fase operasi dan pemeliharaan masih terbatas pada fungsi visualisasi dan penyimpanan data, sementara pemanfaatannya untuk analisis risiko prediktif belum banyak diimplementasikan. Toulabi et al. (2024) mengembangkan model berbasis BIM untuk mitigasi risiko keselamatan pada proyek perumahan massal, namun belum menyentuh sistem teknis spesifik seperti elevator. Tsay et al. (2022) mengidentifikasi tantangan utama penerapan BIM untuk manajemen fasilitas, termasuk kurangnya standar pengiriman informasi aset dan rendahnya kualitas data historis pemeliharaan. Aleksić et al. (2025) dalam kajian literatur sistematisnya mencatat bahwa FMEA telah banyak dikombinasikan dengan metode pengambilan keputusan multi-atribut, namun integrasinya dengan model digital bangunan (BIM) masih jarang dilakukan, khususnya untuk sistem transportasi vertikal.

Gap penelitian utama dari studi-studi terdahulu adalah penerapan FMEA dan BIM masih dominan pada fase konstruksi atau sistem bangunan umum, belum spesifik pada elevator gedung komersial tua (beroperasi >30 tahun), serta integrasinya terbatas pada visualisasi statis tanpa menggabungkan validasi prioritas risiko menggunakan Action Priority (AP) dan Prinsip Pareto secara simultan, apalagi dihubungkan dengan color-coded visualization untuk mendukung pemeliharaan harian oleh teknisi. Novelty penelitian ini terletak pada objek studi elevator tua di Jakarta Barat dengan pencatatan manual, penggunaan kombinasi FMEA, validasi AP (AIAG & VDA, 2019), dan Pareto untuk menyaring komponen kritis secara lebih akurat (bukan hanya RPN), serta visualisasi risiko dalam BIM melalui color-coded visualization (merah-kuning-hijau) yang memudahkan akses tim pemeliharaan dalam mengidentifikasi prioritas komponen secara cepat.

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk menganalisis risiko kegagalan pada sistem elevator adalah *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA). Metode ini memungkinkan identifikasi mode kegagalan, tingkat keparahan dampak, frekuensi kejadian, dan kemampuan deteksi sehingga risiko dapat diprioritaskan secara sistematis. Integrasi FMEA dengan BIM dinilai mampu meningkatkan efektivitas pengelolaan pemeliharaan karena informasi risiko dapat divisualisasikan secara digital pada model bangunan (Toulabi et al., 2024). Selain meningkatkan visualisasi data, BIM juga mendukung integrasi informasi aset selama fase operasi dan pemeliharaan bangunan sehingga proses pengambilan keputusan menjadi lebih cepat dan akurat (Lin et al., 2022). Dengan demikian, penerapan BIM dan FMEA pada sistem pemeliharaan elevator diharapkan dapat meningkatkan efisiensi pemeliharaan, meminimalkan risiko kegagalan, serta mendukung keselamatan operasional gedung komersial (Abideen et al., 2022). Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja pemeliharaan elevator berbasis risiko melalui integrasi metode FMEA dan visualisasi BIM

pada gedung komersial X di Jakarta Barat. Manfaat penelitian ini terbagi menjadi dua: secara teoretis, penelitian ini memperkaya penerapan integrasi FMEA dan BIM pada sistem transportasi vertikal gedung komersial, serta memberikan kontribusi pada pengembangan metode validasi risiko menggunakan Action Priority dan Pareto; secara praktis, penelitian ini memberikan panduan bagi pengelola gedung dan tim pemeliharaan dalam mengidentifikasi komponen kritis elevator, menyusun jadwal pemeliharaan preventif berbasis risiko, serta memanfaatkan model BIM sebagai alat bantu visual untuk pengambilan keputusan di lapangan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan *mixed-methods* dengan desain *sequential explanatory*, yaitu penggabungan metode kuantitatif dan kualitatif secara bertahap dan berurutan untuk memperoleh pemahaman yang lebih komprehensif terhadap permasalahan penelitian (Creswell & Clark, 2017). Pendekatan ini dipilih karena penelitian tidak hanya berfokus pada pengukuran tingkat risiko kegagalan elevator secara kuantitatif menggunakan metode *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA), tetapi juga mengeksplorasi kondisi operasional, kendala pemeliharaan, serta kebutuhan manajemen fasilitas melalui wawancara dengan praktisi di lapangan.

Studi kasus dilakukan pada elevator penumpang di gedung komersial X di Jakarta Barat yang memiliki intensitas mobilitas pengguna tinggi dan sistem pencatatan pemeliharaan yang masih berbasis *logbook* manual. Pengumpulan data dilakukan melalui observasi lapangan, wawancara semi-terstruktur dengan *Chief Engineering* dan teknisi elevator, serta ekstraksi *maintenance records* dan *logbook* kerusakan. Responden penelitian dipilih menggunakan teknik *purposive sampling*, yaitu 30 teknisi *in-house* dan vendor yang memiliki pengalaman minimal 10 tahun dalam operasional dan pemeliharaan elevator.

Analisis risiko dilakukan menggunakan metode *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA). FMEA adalah suatu metode terstruktur yang digunakan untuk mengidentifikasi kemungkinan mode kegagalan pada sistem, produk atau proses, sekaligus menganalisis dampak yang ditimbulkan dari kegagalan tersebut (Aleksić et al., 2025). FMEA membantu memprioritaskan tindakan pemeliharaan berdasarkan tingkat risiko yang diklasifikasikan berdasarkan parameter *Severity* (S), *Occurrence* (O), dan *Detection* (D). Skala penilaian yang pada FMEA yaitu dengan rentang 1–10 (AIAG & VDA, 2019). FMEA akan menghasilkan *Risk Priority Number* (RPN) yang merupakan indeks numerik konvensional dalam metode FMEA. RPN ini digunakan untuk mengkuantifikasi tingkat risiko dari suatu potensi mode kegagalan. Nilai Risk Priority Number (RPN) dihitung menggunakan persamaan:

$$RPN = S \times O \times D \quad (1)$$

S = *Severity*, representasi dari seberapa fatal dampak yang ditimbulkan apabila suatu mode kegagalan terjadi.

O = *Occurrence*, probabilitas suatu mode kegagalan muncul selama periode waktu operasional tertentu

D = *Detection*, kemampuan sistem atau metode inspeksi dalam mendeteksi potensi kegagalan sebelum terjadi kerusakan.

Meskipun FMEA secara tradisional menggunakan *Risk Priority Number* (RPN) untuk menentukan prioritas risiko, metode ini memiliki keterbatasan karena nilai RPN yang sama dapat dihasilkan dari kombinasi *Severity*, *Occurrence*, dan *Detection* yang berbeda (AIAG &

VDA, 2019). Untuk mengatasi kelemahan tersebut, standar AIAG & VDA memperkenalkan metode *Action Priority* (AP), yang memberikan prioritas berdasarkan *Severity* sebagai faktor utama, diikuti oleh *Occurrence* dan *Detection*, sehingga menghasilkan penentuan prioritas tindakan yang lebih akurat. Adapun tahapan penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Tahapan Penelitian
Sumber: Olahan penulis (2026)

Tahapan penelitian yang ditunjukkan pada Gambar 2 diawali dengan identifikasi permasalahan pemeliharaan elevator melalui observasi awal pada objek studi. Selanjutnya dilakukan studi literatur mengenai manajemen pemeliharaan elevator, *Facility Management*, metode FMEA, dan penerapan BIM sebagai dasar penyusunan instrumen penelitian. Setelah instrumen penelitian berupa lembar wawancara dan FMEA *Worksheet* disusun, dilakukan pengumpulan data primer dan sekunder melalui observasi lapangan, wawancara dengan responden ahli, serta pengumpulan data historis pemeliharaan. Data yang diperoleh kemudian dianalisis menggunakan metode FMEA untuk menentukan nilai *Severity* (S), *Occurrence* (O), *Detection* (D), dan *Risk Priority Number* (RPN). Komponen dengan nilai RPN tertinggi kemudian diseleksi menggunakan Prinsip Pareto (80/20) dan divalidasi menggunakan matriks *Action Priority* untuk menentukan komponen kritis. Hasil analisis risiko kemudian divisualisasikan ke dalam *Building Information Modeling* (BIM) menggunakan Autodesk Revit. Data risiko dimasukkan melalui fitur *Shared Parameters* dan divisualisasikan menggunakan *View Filters* untuk menghasilkan *color-coded visualization* berdasarkan tingkat risiko komponen.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Identifikasi *Failure Mode Elevator*

Mengidentifikasi komponen elevator serta potensi mode kegagalan (*failure mode*) bertujuan untuk mengetahui mode kegagalan yang dapat memengaruhi kinerja operasional dan keselamatan pengguna. Identifikasi dilakukan berdasarkan observasi lapangan, wawancara dengan pihak teknisi, kajian terhadap data historis pemeliharaan, serta mengacu pada klasifikasi sistem dan komponen elevator dalam CIBSE Guide D yang mencakup sistem penggerak, kontrol, keselamatan, dan komponen pendukung operasional elevator (CIBSE, 2020). Hasil identifikasi digunakan sebagai dasar dalam penyusunan analisis risiko menggunakan metode FMEA.

Tabel 2. Komponen dan Mode Kegagalan

Variabel	Indikator	Mode Kegagalan Potensial (<i>Failure Mode</i>)	Penyebab Potensial	Dampak Potensial
X1 Sistem Penggerak	X1.1 <i>Drive Motor</i>	Panas berlebih pada kumparan, keausan, getaran berlebih	Kurang pelumasan, kipas pendingin mati, tegangan listrik tidak stabil	Lift berhenti total, efisiensi mekanis turun, risiko korsleting terbakar
	X1.2 <i>Drive Sheave</i>	Keausan pada alur	Gesekan seling baja, ketidakseimbangan tegangan antar seling	Selip tali baja, misleveling, atau keausan tali baja
	X1.3 <i>Brake</i>	Kampas rem aus, rem gagal berfungsi	Penggunaan intensif, kampas usang, kotoran pada inti magnetik	Kegagalan leveling dan kendali gerak lift
	X1.4 <i>Suspension Rope</i>	Kawat putus, diameter mengecil, karat	Kurang pelumasan, gesekan ekstrem dengan <i>sheave</i> , korosi	Penurunan faktor keamanan, jika putus total memicu aktifnya <i>safety gear</i> secara paksa
X2 Sistem Kontrol & Kelistrikan	X2.1 <i>Controller</i>	Error pada modul/PCB, kontaktor terbakar	Lonjakan arus listrik, penumpukan debu pada <i>mainboard</i> , usia pakai	Lift mati total, gagal mengeksekusi perintah, pintu tidak merespons.
	X2.2 <i>Uninterruptible Power Supply (UPS)</i>	Kegagalan baterai	Usia pakai baterai sudah lewat standar, jarang dilakukan tes simulasi pemadaman.	Sistem evakuasi darurat gagal bekerja saat listrik padam, penumpang terjebak
	X2.3 <i>Travelling Cables</i>	Kabel putus, kabel tersangkut pada struktur <i>hoistway</i>	Tekukan berulang seiring pergerakan kabin, instalasi <i>hanger</i> kabel kendur	Hilang sinyal komunikasi antara kabin dan <i>controller</i>
	X2.4 <i>Landing Indicator</i>	Layar/LED penunjuk lantai mati, error sinkronisasi nomor lantai	Usia pakai, gangguan pengiriman data dari <i>controller</i>	Pengguna kebingungan mengetahui posisi lift aktual
	X2.5 <i>Car Operating Panel (COP)</i>	Tombol aus, macet, atau tidak berfungsi	Intensitas sentuhan sangat tinggi, vandalisme, konslet	Penumpang tidak bisa memilih lantai tujuan atau menekan alarm darurat
	X2.6 <i>Interphone</i>	Tidak ada suara (<i>speaker/mic</i> mati), sinyal terputus	Kabel jalur komunikasi putus, komponen audio rusak akibat kelembapan	Penumpang yang terjebak di dalam kabin tidak dapat berkomunikasi
	X2.7 <i>Landing Pushbutton</i>	Tombol macet, kontak sirkuit kotor	Tombol ditekan secara berlebihan dan kontaminasi debu/cairan	Pengunjung di lantai tersebut tidak bisa memanggil lift
X3 Sistem Kabin	X3.1 <i>Car</i>	Rangka kabin berderit, panel dinding penyok/tergores	Kelebihan muatan (<i>overload</i>), benturan dari troli barang bawaan pengunjung	Suara bising yang mengganggu, menurunkan estetika dan kenyamanan interior
	X3.2 <i>Car Doors</i>	Pintu anjlok dari rel, pergerakan buka/tutup tersendat atau kasar	<i>Roller</i> gantungan pintu aus, rel kotor oleh debu pekat	Pintu gagal menutup rapat, lift tidak diizinkan berjalan oleh sistem keselamatan
	X3.3 <i>Lamp/Lighting</i>	Lampu mati total atau berkedip-kedip	usia pakai lampu habis, konslet atau lampu putus	Kabin menjadi gelap, memicu kepanikan penumpang

Variabel	Indikator	Mode Kegagalan Potensial (<i>Failure Mode</i>)	Penyebab Potensial	Dampak Potensial		
	X3.4	<i>Fan Car</i>	Putaran melemah, motor kipas terbakar, bunyi gemuruh bising	Debu yang menumpuk tebal di baling-baling, <i>bearing</i> motor kipas kering	Sirkulasi udara terhenti, kabin menjadi sangat pengap	
	X3.5	<i>Apron</i>	Plat bengkok atau melengkung	Benturan keras dari luar saat kabin berada di posisi sejajar lantai	Apron bengkok atau tersangkut pada hoistway	
X4	Sistem Pintu	X4.1	<i>Door Operator</i>	Kegagalan motor, <i>V-belt</i> , atau encoder	Karet <i>belt</i> getas, menahan paksa pintu yang sedang menutup	Mekanisme pintu macet
		X4.2	<i>Landing Doors</i>	<i>Door lock contact</i> kotor/patah, <i>roller</i> bawah aus	Kotoran di rel <i>sill</i> lantai, pemaksaan pembukaan pintu secara manual	<i>Controller</i> menahan lift karena terdeteksi sirkuit keselamatan terbuka.
X5	Sistem Pemandu	X5.1	<i>Car Guide Rail</i>	Permukaan rel kering, <i>alignment</i> (kelurusan) melenceng	Pelumasan kurang, pergerakan minor pada struktur bangunan, baut <i>bracket</i> longgar	Gesekan logam keras (suara decit), mempercepat hancurnya bantalan <i>guide shoes</i> .
		X5.2	<i>Car Guide Shoes / Rollers</i>	Bantalan karet/polyurethane aus, <i>bearing</i> roda pecah	<i>Wear and tear</i> , distribusi beban penumpang tidak seimbang	Guncangan dan getaran kasar terasa di dalam kabin saat lift melaju
		X5.3	<i>Counterweight Guide Rail</i>	<i>Alignment</i> melenceng, <i>bracket</i> penahan kendor	Getaran konstan operasional, baut pengikat kendor seiring waktu	Gesekan kasar, suara berisik
X6	Sistem Penyeimbang	X6.1	<i>Counterweight Frame</i>	Rangka baja mengalami deformasi, baut pengikat kendor	Kelelahan material, beban kejut pada rangka	Gesekan dengan rel/dinding, pergerakan lift bergetar kasar
		X6.2	<i>Weights</i>	Susunan balok longgar atau bergeser	Baut pengunci (<i>tie rods</i>) longgar, getaran konstan	Suara benturan logam, motor bekerja lebih berat
X7	Sistem Keselamatan	X7.1	<i>Overspeed Governor</i>	Mekanisme sentrifugal macet, saklar pemutus kelistrikan gagal aktif	Debu menumpuk, pelumas kering, dan uji fungsi tidak dilakukan.	Kecepatan berlebih tidak terdeteksi, pengereman darurat gagal diaktifkan.
		X7.2	<i>Safety Gear</i>	Berkarat, macet, gagal fungsi	Kelembapan udara, kurangnya inspeksi visual dan pembersihan	Gagal menjepit rel saat jatuh bebas sehingga kabin terus meluncur turun.
		X7.3	<i>Limit Switches</i>	Lengan pelatuk patah, plat kontak di dalam saklar berkarat	Benturan mekanis berulang setiap kali lift mencapai lantai ujung (<i>overtravel</i>), korosi	Lift gagal mendeteksi batas lintasan sehingga berpotensi menabrak atap atau dasar pit.
		X7.4	<i>Governor Tension Sheave</i>	<i>Bearing</i> roda macet, bandul penegang tidak bisa bergerak bebas	Terendam rembesan air/kotoran pada pit	Kawat seling governor kendor sehingga pembacaan kecepatan lift menjadi tidak akurat.
X8	Sistem Peredam	X8.1	<i>Car Buffer</i>	Pegas patah/kelelahan material	Kelembapan tinggi penyebab korosi, faktor usia material	Gagal menyerap energi kinetik jika kabin meluncur melewati batas lantai terbawah

Variabel	Indikator	Mode Kegagalan Potensial (<i>Failure Mode</i>)	Penyebab Potensial	Dampak Potensial
Sistem X9 Struktur/Ruang Elevator	X8.2 <i>Counterweight Buffer</i>	Kebocoran oli, pegas berkarat/patah	korosi dan faktor usia	Gagal menyerap benturan beban penyeimbang
	X9.1 <i>Machine Room</i>	Suhu ruangan terlalu panas (<i>overheat</i>), atap dak beton bocor/rembes, <i>plumbing</i> bocor	AC atau <i>exhaust fan</i> ruangan mati, cuaca ekstrem/kurangnya perawatan atap gedung	Memicu error atau terbakarnya panel <i>Controller</i> , risiko korsleting fatal
	X9.2 <i>Hoistway Walls</i>	Dinding beton retak, debu menumpuk tebal	Pergeseran struktur gedung, jarang dibersihkan	Dudukan rel melemah dan debu merusak pelumasan komponen.
	X9.3 <i>Pit Area</i>	Genangan air, tumpahan oli, penumpukan sampah	<i>Waterproofing</i> bocor, saluran drainase tersumbat	Korsleting pada komponen elektrikal bawah, mempercepat korosi pada <i>buffer</i> dan <i>tension sheave</i>

Sumber: Olahan penulis (2026)

Berdasarkan Tabel 2, ditemukan beberapa mode kegagalan yang berpotensi menyebabkan gangguan operasional elevator. Kegagalan tersebut tersebar pada Sistem Penggerak, Sistem Kontrol dan Kelistrikan, Sistem Kabin, Sistem Pintu, Sistem Pemandu, Sistem Penyeimbang, Sistem Keselamatan, Sistem Peredam, dan Sistem Struktur/Ruang Elevator. Beberapa komponen menunjukkan lebih dari satu mode kegagalan, yang mengindikasikan kompleksitas interaksi antar sistem dalam operasional elevator. Identifikasi mode kegagalan ini menjadi dasar dalam penentuan tingkat risiko melalui parameter *Severity*, *Occurrence* dan *Detection*.

Analisis Risiko Menggunakan FMEA

Setelah mode kegagalan teridentifikasi, dilakukan analisis risiko menggunakan metode *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA). Hasil yang didapatkan berupa nilai dari parameter *Severity*, *Occurrence*, dan *Detection* untuk masing-masing indikator berdasarkan Tabel 2. Nilai dari parameter-parameter tersebut digunakan untuk menghitung nilai *Risk Priority Number* (RPN) dan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil FMEA

Indikator	<i>Severity</i>	<i>Occurrence</i>	<i>Detection</i>	Standar Deviasi <i>Severity</i>	Standar Deviasi <i>Occurrence</i>	Standar Deviasi <i>Detection</i>	RPN
X1.1 <i>Drive Motor</i>	9	1	2	0,91	0,47	0,50	18
X1.2 <i>Drive Sheave</i>	9	2	2	0,51	0,51	0,79	36
X1.3 <i>Brake</i>	9	4	5	0,81	1,28	1,11	180
X1.4 <i>Suspension Rope</i>	8	1	2	0,51	0,50	1,52	16
X2.1 <i>Controller</i>	7	4	4	0,90	1,30	1,21	112
X2.2 <i>Power Supply (UPS)</i>	5	2	2	0,79	1,13	1,21	20
X2.3 <i>Travelling Cables</i>	5	1	2	0,87	0,00	0,48	10
X2.4 <i>Landing Indicator</i>	1	2	1	0,72	0,51	0,00	2
X2.5 <i>Car Operating Panel (COP)</i>	2	1	3	0,50	0,48	1,45	6
X2.6 <i>Interphone</i>	2	2	1	0,69	0,61	0,49	4

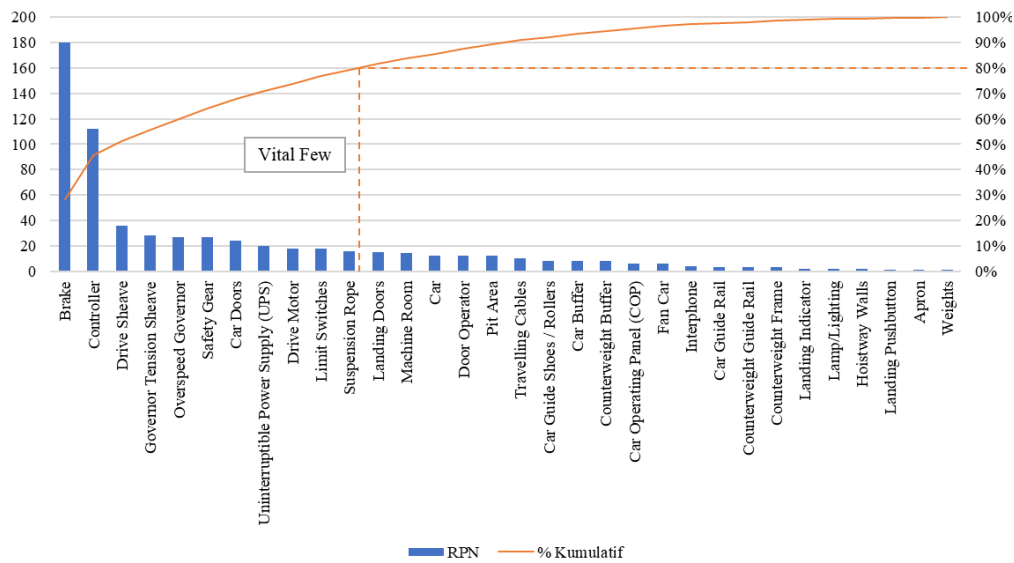
Indikator	Severity	Occurrence	Detection	Standar Deviasi Severity	Standar Deviasi Occurrence	Standar Deviasi Detection	RPN
X2.7 Landing Pushbutton	1	1	1	0,50	0,50	0,00	1
X3.1 Car	3	2	2	0,91	1,15	0,50	12
X3.2 Car Doors	6	2	2	0,50	0,51	0,83	24
X3.3 Lamp/Lighting	1	2	1	0,43	0,57	0,00	2
X3.4 Fan Car	3	2	1	0,51	0,45	0,41	6
X3.5 Apron	1	1	1	0,58	0,00	0,31	1
X4.1 Door Operator	6	1	2	0,47	0,51	1,16	12
X4.2 Landing Doors	5	3	1	0,81	0,51	0,00	15
X5.1 Car Guide Rail	3	1	1	1,21	0,51	0,50	3
X5.2 Car Guide Shoes / Rollers	4	2	1	1,38	0,51	0,50	8
X5.3 Counterweight Guide Rail	3	1	1	0,83	0,00	0,51	3
X6.1 Counterweight Frame	3	1	1	0,84	0,00	0,00	3
X6.2 Weights	1	1	1	0,77	0,00	0,00	1
X7.1 Overspeed Governor	9	1	3	0,81	0,50	1,69	27
X7.2 Safety Gear	9	1	3	0,76	0,49	1,36	27
X7.3 Limit Switches	9	1	2	0,51	0,00	0,50	18
X7.4 Governor Tension Sheave	7	2	2	1,30	0,51	0,77	28
X8.1 Car Buffer	8	1	1	0,85	0,00	0,58	8
X8.2 Counterweight Buffer	8	1	1	0,83	0,00	0,00	8
X9.1 Machine Room	7	2	1	0,58	0,70	0,50	14
X9.2 Hoistway Walls	2	1	1	0,51	0,49	0,00	2
X9.3 Pit Area	4	3	1	0,89	1,14	0,00	12

Sumber: Olahan penulis (2026)

Berdasarkan hasil analisis FMEA pada Tabel 3, komponen *Brake* memiliki nilai RPN tertinggi sebesar 180, diikuti oleh *Controller* sebesar 112. Tingginya nilai RPN pada komponen tersebut menunjukkan bahwa sistem penggerak dan kontrol elevator memiliki tingkat risiko yang lebih tinggi dibandingkan komponen lainnya sehingga memerlukan perhatian khusus dalam kegiatan pemeliharaan. Sementara itu, beberapa komponen seperti *Landing Pushbutton* dan *Weights* memiliki nilai RPN terendah sebesar 1, mengindikasikan tingkat risiko relatif rendah. Secara umum, hasil analisis menunjukkan bahwa risiko pemeliharaan elevator lebih didominasi oleh komponen yang berperan langsung dalam fungsi penggerak, pengendalian, dan keselamatan sistem elevator. Secara umum nilai standar deviasi masih berada pada rentang yang dapat diterima sehingga hasil penilaian dianggap cukup konsisten untuk digunakan dalam analisis risiko lebih lanjut

Penentuan Komponen Kritis Menggunakan Pareto dan Action Priority

Untuk memfokuskan upaya pemeliharaan pada komponen yang memberikan kontribusi terbesar terhadap potensi kegagalan sistem, dilakukan seleksi komponen kritis menggunakan Prinsip Pareto (80/20). Selain itu, matriks *Action Priority* (AP) digunakan untuk memvalidasi prioritas risiko yang dihasilkan oleh perhitungan RPN. Adapun Diagram Pareto dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram Pareto
 Sumber: Olahan penulis (2026)

Berdasarkan Diagram Pareto pada Gambar 3, sebanyak sekitar 80% akumulasi risiko berasal dari sejumlah kecil komponen yang termasuk kategori *vital few*, yaitu *Brake, Controller, Drive Sheave, Governor Tension Sheave, Overspeed Governor, Safety Gear, Landing Doors, Uninterruptible Power Supply (UPS), Drive Motor, Limit Switches,* dan *Suspension Rope*. Hasil ini menunjukkan bahwa risiko pemeliharaan elevator tidak terdistribusi secara merata, melainkan terkonsentrasi pada beberapa komponen utama yang berperan dalam sistem penggerak, kontrol, dan keselamatan elevator. Oleh karena itu, komponen-komponen tersebut perlu menjadi prioritas utama dalam kegiatan pemeliharaan dan pengendalian risiko untuk meningkatkan keandalan serta keselamatan operasional elevator.

Tabel 4. Action Priority

	Indikator	Severity	Occurrence	Detection	AP
X1.1	<i>Drive Motor</i>	9	1	2	Low
X1.2	<i>Drive Sheave</i>	9	2	2	Low
X1.3	<i>Brake</i>	9	4	5	High
X1.4	<i>Suspension Rope</i>	8	1	2	Low
X2.1	<i>Controller</i>	7	4	4	Medium
X2.2	<i>Uninterruptible Power Supply (UPS)</i>	5	2	2	Low
X2.3	<i>Travelling Cables</i>	5	1	2	Low
X2.4	<i>Landing Indicator</i>	1	2	1	Low
X2.5	<i>Car Operating Panel (COP)</i>	2	1	3	Low
X2.6	<i>Interphone</i>	2	2	1	Low
X2.7	<i>Landing Pushbutton</i>	1	1	1	Low
X3.1	<i>Car</i>	3	2	2	Low
X3.2	<i>Car Doors</i>	6	2	2	Low
X3.3	<i>Lamp/Lighting</i>	1	2	1	Low
X3.4	<i>Fan Car</i>	3	2	1	Low
X3.5	<i>Apron</i>	1	1	1	Low
X4.1	<i>Door Operator</i>	6	1	2	Low
X4.2	<i>Landing Doors</i>	5	3	1	Low
X5.1	<i>Car Guide Rail</i>	3	1	1	Low
X5.2	<i>Car Guide Shoes / Rollers</i>	4	2	1	Low

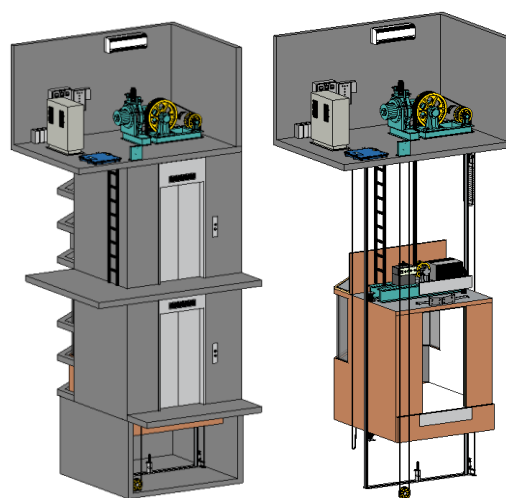
	Indikator	Severity	Occurrence	Detection	AP
X5.3	<i>Counterweight Guide Rail</i>	3	1	1	Low
X6.1	<i>Counterweight Frame</i>	3	1	1	Low
X6.2	<i>Weights</i>	1	1	1	Low
X7.1	<i>Overspeed Governor</i>	9	1	3	Low
X7.2	<i>Safety Gear</i>	9	1	3	Low
X7.3	<i>Limit Switches</i>	9	1	2	Low
X7.4	<i>Governor Tension Sheave</i>	7	2	2	Low
X8.1	<i>Car Buffer</i>	8	1	1	Low
X8.2	<i>Counterweight Buffer</i>	8	1	1	Low
X9.1	<i>Machine Room</i>	7	2	1	Low
X9.2	<i>Hoistway Walls</i>	2	1	1	Low
X9.3	<i>Pit Area</i>	4	3	1	Low

Sumber: Olahan penulis (2026)

Berdasarkan Tabel 4, sebagian besar komponen elevator berada pada kategori *Low Priority*, yang menunjukkan bahwa risiko yang teridentifikasi masih dapat dikendalikan melalui prosedur pemeliharaan rutin yang telah diterapkan. Namun, terdapat satu komponen yang masuk kategori *High Priority*, yaitu *Brake* serta satu komponen kategori *Medium Priority* yaitu *Controller*. Meskipun beberapa komponen lain memiliki nilai *Severity* yang tinggi, kombinasi nilai *Occurrence* dan *Detection* yang rendah menyebabkan prioritas tindakannya tetap berada pada kategori rendah. Hasil ini menunjukkan bahwa komponen *Brake* dan *Controller* merupakan komponen yang memerlukan perhatian dan tindakan pemeliharaan lebih lanjut karena memiliki tingkat prioritas risiko yang lebih tinggi dibandingkan komponen lainnya, sehingga berpotensi memberikan dampak signifikan terhadap keandalan dan keselamatan operasional elevator.

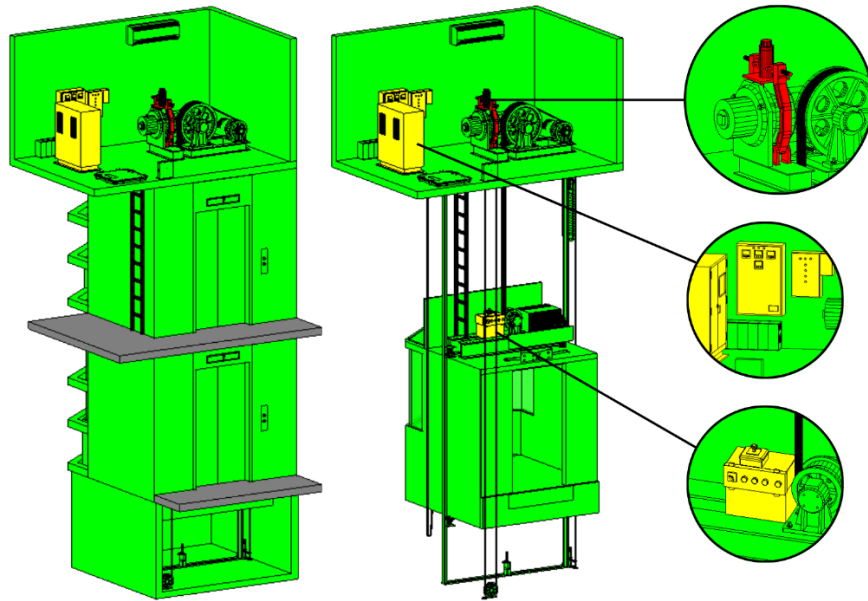
Visualisasi Risiko Berbasis BIM

Hasil analisis risiko kemudian diintegrasikan ke dalam model *Building Information Modeling* (BIM) menggunakan Autodesk Revit. Integrasi dilakukan dengan memasukkan parameter hasil FMEA ke dalam model sehingga informasi risiko dapat divisualisasikan secara spasial dan lebih mudah dipahami oleh pengelola fasilitas. Adapun visualisasinya dapat dilihat pada gambar 4 dan gambar 5.



Gambar 4. Model Revit

Sumber: Olahan penulis (2026)



Gambar 5. *Color-Coded Visualization*

Sumber: Olahan penulis (2026)

Visualisasi berbasis BIM menunjukkan perbedaan tingkat risiko antar komponen melalui sistem pengkodean warna (*color-coded visualization*). Komponen dengan tingkat risiko tinggi ditampilkan menggunakan warna merah, risiko sedang menggunakan warna kuning, dan risiko rendah menggunakan warna hijau. Pendekatan ini memungkinkan identifikasi komponen kritis dilakukan secara cepat tanpa harus meninjau data FMEA secara manual. Selain meningkatkan kemudahan identifikasi risiko, integrasi BIM juga mendukung pengelolaan informasi aset secara terpusat. Dengan demikian, model yang dihasilkan dapat digunakan sebagai alat bantu dalam pengambilan keputusan pemeliharaan preventif pada fase operasional bangunan.

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis menggunakan metode FMEA, komponen *Brake* memiliki tingkat risiko tertinggi dengan nilai RPN sebesar 180, diikuti oleh *Controller* dengan nilai RPN sebesar 112. Hasil ini menunjukkan bahwa komponen yang berhubungan langsung dengan fungsi penggerak dan pengendalian elevator memiliki kontribusi risiko yang paling signifikan terhadap sistem secara keseluruhan. Sementara itu analisis Pareto menunjukkan bahwa sekitar 80% akumulasi risiko terkonsentrasi pada 11 komponen utama (*vital few*), sehingga komponen-komponen tersebut perlu menjadi prioritas dalam program pemeliharaan.

Hasil validasi menggunakan metode *Action Priority* juga menunjukkan bahwa *Brake* termasuk kategori *High Priority*, sedangkan *Controller* termasuk kategori *Medium Priority*. Sementara itu, sebagian besar komponen lainnya berada pada kategori *Low Priority*, yang menunjukkan bahwa risiko yang ada masih dapat dikendalikan melalui prosedur pemeliharaan rutin yang telah diterapkan. Temuan ini menunjukkan bahwa metode *Action Priority* mampu memberikan prioritas tindakan yang lebih representatif dibandingkan penggunaan RPN semata.

Integrasi hasil analisis risiko ke dalam model BIM menggunakan Autodesk Revit berhasil menghasilkan *color-coded visualization* yang mampu menampilkan tingkat risiko setiap komponen secara visual. Pendekatan ini mempermudah identifikasi komponen kritis, meningkatkan aksesibilitas informasi pemeliharaan, serta mendukung proses pengambilan keputusan yang lebih cepat dan akurat. Dengan demikian, penerapan FMEA yang terintegrasi dengan BIM dapat menjadi pendekatan yang efektif untuk meningkatkan kinerja pemeliharaan elevator berbasis risiko pada gedung komersial.

DAFTAR PUSTAKA

- Abideen, D. K., Yunusa-Kaltungo, A., Manu, P., & Cheung, C. (2022). A systematic review of the extent to which BIM is integrated into operation and maintenance. *Sustainability*, *14*(14), 8692.
- Ade, S. (2024). Dramatis Penyelamatan 6 Orang Terjebak Lift di Jakarta saat Kunci Darurat Dibawa Mekanik ke Bogor. *Indo Bali News*. <https://indobalinews.pikiran-rakyat.com/nasional/pr-888297596/dramatis-penyelamatan-6-orang-terjebak-lift-di-jakarta-saat-kunci-darurat-dibawa-mekanik-ke-bogor>
- Adeyemi, I. A., Rahman, M. S. A., & Adeyemi, A. (2022). Maintenance Analytics for Building Decision-Making: A Literature Review. *7*(25), 127–138. <https://doi.org/10.35631/JISTM.725010>
- AIAG, & VDA. (2019). Failure Mode and Effects Analysis—FMEA Handbook: Design FMEA, Process FMEA, Supplemental FMEA for Monitoring & System Response. Automotive Industry Action Group: Southfield, MI, USA.
- Aleksić, A., Tadić, D., Komatina, N., & Nestić, S. (2025). Failure Mode and Effects Analysis Integrated with Multi-Attribute Decision-Making Methods Under Uncertainty: A Systematic Literature Review. *Mathematics*, *13*(13), 1–38. <https://doi.org/10.3390/math13132216>
- Choirul, D. (2022). Pekerja Bangunan Tewas Mengenangkan Terjepit Lift di Grogol Petamburan. *INews.ID*. <https://www.inews.id/news/nasional/pekerja-bangunan-tewas-mengenangkan-terjepit-lift-di-grogol-petamburan>
- CIBSE, C. I. of B. S. E. (2020). Transportation systems in buildings: CIBSE guide D: 2020 (or 6th Edition).
- Creswell, J. W., & Clark, V. L. P. (2017). Designing and Conductiong Mixed Methods Research. In *Qualitative Inquiry & Research Design - Mixed Methods Research* (3rd ed.). SAGE Publications.
- El-Thalji, I. (2025). Emerging Practices in Risk-Based Maintenance Management Driven by Industrial Transitions: Multi-Case Studies and Reflections. *Applied Sciences*, *15*(3), 1159. <https://doi.org/10.3390/app15031159>
- Fajri, R. (2022). Lift Toko di Jakpus Jatuh, Satu Karyawan Meninggal Dunia. *Media Indonesia*. https://mediaindonesia.com/megapolitan/517608/lift-toko-di-jakpus-jatuh-satu-karyawan-meninggal-dunia?utm_source=chatgpt.com#goog_rewarded
- Fikriansyah, I. (2025). Pengunjung Terjebak di Lift Gedung Tertinggi di RI, Thamrin Nine Buka Suara. *Detikproperti*. <https://www.detik.com/properti/berita/d-7969028/pengunjung-terjebak-di-lift-gedung-tertinggi-di-ri-thamrin-nine-buka-suara>
- Lin, Y. C., Hsu, Y. T., & Hu, H. T. (2022). BIM Model Management for BIM-Based Facility Management in Buildings. *Advances in Civil Engineering*, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/1901201>
- Maulana, I. (2023). 5 Pengunjung Restoran Terjebak dalam Lift di Kembangan, Evakuasi Dramatis. *INews.ID*. <https://www.inews.id/news/megapolitan/5-pengunjung-restoran-terjebak-dalam-lift-di-kembangan-evakuasi-dramatis>

- Pangesti, R., & Pahrevi, D. (2024). Kronologi Lift Rumah Konveksi di Jakbar Jatuh dan Menewaskan Satu Orang. *Tvonenews.Com*. <https://www.tvonenews.com/berita/nasional/242569-kronologi-lift-rumah-konveksi-di-jakbar-jatuh-dan-menewaskan-satu-orang>
- Ramadhan, A. B. (2024). 4 Orang Terjebak dalam Lift Gedung di Kemayoran Jakpus, Dievakuasi Damkar. *DetikNews*. <https://news.detik.com/berita/d-7433534/4-orang-terjebak-dalam-lift-gedung-di-kemayoran-jakpus-dievakuasi-damkar>
- Sari, R. R. N. (2023). Tiga Lift di Pakuwon Tower Tebet Sempat Jatuh Tadi Malam, 11 Orang Berhasil Diselamatkan. *Suara.Com*. https://www.suara.com/news/2023/05/09/084709/tiga-lift-di-pakuwon-tower-tebet-semapat-jatuh-tadi-malam-11-orang-berhasil-diselamatkan?utm_source=chatgpt.com
- Sembiring, I., & Gatra, S. (2021). 8 Wanita Terjebak dalam Lift di Kelapa Gading, Diduga Kelebihan Muatan. *Kompas.Com*. <https://megapolitan.kompas.com/read/2021/08/23/08442211/8-wanita-terjebak-dalam-lift-di-kelapa-gading-diduga-kelebihan-muatan>
- Serpa, S., & Ferreira, C. M. (2019). Micro, Meso and Macro Levels of Social Analysis. *International Journal of Social Science Studies*, 7(3), 120. <https://doi.org/10.11114/ijsss.v7i3.4223>
- Toulabi, A. M. M., Pourrostan, T., & Aminnejad, B. (2024). An ISM-MICMAC-based study for identification and classification of preventable safety risk mitigation factors in mass housing projects following a BIM approach. *Heliyon*, 10(19), e38240. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e38240>
- Tsay, G. S., Staub-French, S., & Poirier, É. (2022). BIM for Facilities Management: An Investigation into the Asset Information Delivery Process and the Associated Challenges. *Applied Sciences (Switzerland)*, 12(19). <https://doi.org/10.3390/app12199542>