

Pengaruh Volume Produksi terhadap Tingkat Kecelakaan Kerja pada Emiten Sektor Otomotif di Bursa Efek Indonesia

Wachidin^{1*}, Suharto²

¹Program Studi Mekanik Otomotif, Politeknik TEDC

²Program Studi Rekam Medis dan Informasi Kesehatan, Politeknik TEDC

*Corresponding email: wachidin@poltektedc.ac.id¹, suharto@poltektedc.ac.id²

Abstrak: Tingginya intensitas operasional pada industri manufaktur perakitan otomotif berpotensi meningkatkan risiko insiden keselamatan kerja saat target produksi melonjak. Penelitian ini bertujuan untuk menguji secara empiris pengaruh Volume Produksi terhadap Tingkat Kecelakaan Kerja (*Lost Time Injury*) pada emiten sub-sektor otomotif berskala besar di Bursa Efek Indonesia (PT Astra International Tbk dan PT Selamat Sempurna Tbk) periode 2018–2025. Menggunakan pendekatan kuantitatif asosiatif dengan data panel 16 observasi, estimasi parameter dianalisis menggunakan *Fixed Effect Model* (FEM) berbasis EViews. Hasil uji hipotesis satu arah (*one-tailed*) menunjukkan bahwa Volume Produksi berpengaruh negatif dan signifikan terhadap Tingkat Kecelakaan Kerja ($\beta = -0,002335$; $p = 0,01725 < 0,05$), dengan nilai *F-statistic* = 11,13186 ($p = 0,001524$) dan $R^2 = 63,13\%$. Peningkatan output pada korporasi besar tidak meningkatkan insiden kerja, melainkan diimbangi oleh penguatan Sistem Manajemen K3 (ISO 45001) dan otomatisasi lini perakitan.

Kata kunci: Otomatisasi, Data Panel, *Fixed Effect Model*, Kecelakaan Kerja, Sektor Otomotif, Sistem Manajemen K3, Volume Produksi

Abstract: The high operational intensity in the automotive assembly manufacturing industry has the potential to increase occupational safety incident risks during production surges. This study aims to empirically examine the effect of Production Volume on Occupational Accident Rates (*Lost Time Injury*) in large-scale automotive sub-sector companies listed on the Indonesia Stock Exchange (PT Astra International Tbk and PT Selamat Sempurna Tbk) from 2018 to 2025. Employing a quantitative associative approach with panel data of 16 observations, the parameter estimation was analyzed using the *Fixed Effect Model* (FEM) via EViews. The one-tailed hypothesis test results reveal that Production Volume has a negative and significant effect on Occupational Accident Rates ($\beta = -0.002335$; $p = 0.01725 < 0.05$), with an *F-statistic* = 11.13186 ($p = 0.001524$) and $R^2 = 63.13\%$. The increase in production output in large-scale enterprises does not escalate workplace accidents, but is instead counterbalanced by the reinforcement of OHS Management Systems (ISO 45001) and assembly line automation.

Keywords: Assembly Automation, Automotive Industry, *Fixed Effect Model*, Occupational Accidents, OHS Management System, Panel Data, Production Volume

PENDAHULUAN

Sektor industri manufaktur otomotif memegang peranan strategis sebagai salah satu kontributor utama dalam struktur produk domestik bruto (PDB) dan penyerapan tenaga kerja terampil di Indonesia. Karakteristik operasional pada industri perakitan kendaraan roda empat, roda dua, serta manufaktur suku cadang komponen *Original Equipment Manufacturer* (OEM) dicirikan oleh sistem produksi massal yang berulang (*repetitive mass production*), pemanfaatan mesin-mesin bertekanan dan bertonase tinggi, serta ketergantungan yang kuat pada presisi *takt time* dan efisiensi *cycle time* di setiap stasiun kerja (*workstation*). Dalam lingkungan manufaktur berkecepatan tinggi ini, jaminan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) menjadi aspek fundamental yang menentukan keberlanjutan operasional korporasi.

Secara nasional, data Badan Penyelenggara Jaminan Sosial Ketenagakerjaan mencatat eskalasi klaim kecelakaan kerja yang sangat mengkhawatirkan. Jumlah kasus kecelakaan kerja di Indonesia mencapai 297.725 kasus pada tahun 2022 dan terus meningkat melampaui 315.000 kasus pada tahun 2023 (BPJS Ketenagakerjaan, 2023). Tingginya angka insiden kerja tersebut sebagian besar terkonsentrasi pada sektor manufaktur dan konstruksi, yang mengindikasikan bahwa akselerasi aktivitas industri di tanah air masih dibayangi oleh kerentanan keselamatan tenaga kerja operasional di lantai pabrik.

Secara teoritis, peningkatan volume produksi menuntut pemanfaatan kapasitas pabrik (*plant capacity utilization*) secara intensif. Ketika korporasi memacu volume keluaran untuk

mengejar target penjualan atau merespons lonjakan permintaan pasar musiman (*peak season demand*), kecepatan konveyor ditingkatkan, jam kerja lembur (*overtime*) diperpanjang, dan interaksi fisik tenaga kerja dengan permesinan mekanis berputar menjadi jauh lebih intensif (Heinrich, H. W., Petersen & Roos, 2022; Hidayat & Pratama, 2021). Beban kerja fisik dan psikologis yang melampaui batas toleransi ergonomis berpotensi mempercepat timbulnya kelelahan kerja (*fatigue*), penurunan konsentrasi (*loss of alertness*), dan kecenderungan terjadinya kesalahan tindakan manusia (*human error*) yang berujung pada cedera kerja (Rahmawati & Nugroho, 2023; Tarwaka & Sudiajeng, 2022).

Kendati demikian, fenomena pada korporasi manufaktur otomotif skala besar yang terdaftar di Bursa Efek Indonesia (BEI), seperti PT Astra International Tbk (ASII) dan PT Selamat Sempurna Tbk (SMSM), menunjukkan dinamika yang kompleks (Astra International, 2025; Selamat Sempurna, 2025). Sebagai emiten terbuka berkelas dunia (*world-class manufacturing*), kedua korporasi ini terikat oleh regulasi ketat mengenai keterbukaan informasi non-keuangan serta penerapan Sistem Manajemen K3 (SMK3) berbasis Peraturan Pemerintah No. 50 Tahun 2012 dan standar internasional ISO 45001 (Lestari & Wijaya, 2022). Di satu sisi, peningkatan volume produksi memperbesar paparan bahaya kerja (*hazard exposure*); namun di sisi lain, peningkatan skala produksi pada korporasi besar kerap diimbangi dengan investasi masif pada otomatisasi lini produksi (*robotic arm*), sensor proteksi otomatis (*poka-yoke*), pemeliharaan preventif (*total productive maintenance*), serta pengawasan keselamatan kerja yang lebih ketat.

Ketersediaan data pengungkapan kinerja K3 melalui *Sustainability Report* tahunan emiten yang mengadopsi kerangka kerja *Global Reporting Initiative* (GRI 403: *Occupational Health and Safety*) memberikan peluang untuk menguji secara empiris hubungan kausalitas antara skala aktivitas fisik operasional dan frekuensi insiden kecelakaan kerja berakibat hilangnya hari kerja (*Lost Time Injury / LTI*) (Lestari & Wijaya, 2022).

Berdasarkan kesenjangan fenomena antara data agregat nasional dan operasional korporasi besar tersebut, penelitian ini bertujuan untuk:

1. Menganalisis karakteristik perkembangan volume produksi dan tingkat insiden kecelakaan kerja (*Lost Time Injury*) pada emiten sektor otomotif di BEI periode 2018–2025.
2. Menguji dan membuktikan secara empiris arah serta signifikansi pengaruh Volume Produksi terhadap Tingkat Kecelakaan Kerja menggunakan model ekonometrika regresi data panel (*Fixed Effect Model*).
3. Mengelaborasi mekanisme manajerial, rekayasa teknologi, dan sistem proteksi kerja yang memediasi hubungan antara fluktuasi produksi dan kinerja keselamatan kerja di industri otomotif modern.

LANDASAN TEORI

Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) Industri Otomotif

Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) didefinisikan sebagai suatu pemikiran dan upaya terencana untuk menjamin keutuhan dan kesempurnaan jasmani maupun rohani tenaga kerja serta hasil karya dan budayanya menuju masyarakat adil dan makmur (Tarwaka & Sudiajeng, 2022). Dalam industri perakitan kendaraan dan manufaktur komponen suku cadang, rantai produksi memiliki spektrum potensi bahaya (*hazard spectrum*) yang sangat luas, mencakup bahaya mekanik (terjepit mesin pres *stamping*, tergores plat baja), bahaya fisik (kebisingan, getaran, radiasi pengelasan *welding*), bahaya kimia (paparan uap cat pada proses *painting*), serta bahaya ergonomis akibat gerakan berulang (*repetitive motion injuries*) (Prasetyo, E., Setyawan & Kurniawan, 2022).

Kinerja keselamatan kerja diukur secara kuantitatif melalui indikator insiden, salah satunya adalah *Lost Time Injury* (LTI), yaitu kejadian kecelakaan kerja yang mengakibatkan

pekerja tidak mampu kembali menjalankan tugas operasionalnya pada hari kerja berikutnya (Lestari & Wijaya, 2022). Pengendalian bahaya kerja dilakukan secara hierarkis melalui prinsip *Hazard Identification, Risk Assessment, and Determining Control* (HIRADC) yang diintegrasikan dalam klausul standar internasional ISO 45001:2018, mencakup eliminasi bahaya, substitusi proses, rekayasa teknik (*engineering controls*), pengendalian administratif (*administrative controls*), dan penyediaan Alat Pelindung Diri (APD) (Prasetyo, E., Setyawan & Kurniawan, 2022).

Teori Domino Kecelakaan Kerja dan Volume Produksi

Konsep fundamental penyebab kecelakaan kerja berakar pada Teori Domino yang dikembangkan oleh H. W. Heinrich (Heinrich, H. W., Petersen & Roos, 2022). Teori ini mengibaratkan kecelakaan kerja seperti lima kartu domino yang berdiri berjajar runtuh secara berurutan:

1. *Ancestry and Social Environment* (Kondisi lingkungan dan faktor bawaan).
2. *Fault of Person* (Kelemahan atau kekeliruan individu/manajemen).
3. *Unsafe Acts and/or Unsafe Conditions* (Tindakan tidak aman dan/atau kondisi lingkungan tidak aman).
4. *Accident* (Peristiwa kecelakaan/insiden).
5. *Injury* (Dampak cedera atau kerugian fisik/materiil).

Model Heinrich, kartu ketiga (*unsafe acts* dan *unsafe conditions*) merupakan titik kunci intervensi (Heinrich, H. W., Petersen & Roos, 2022). Dalam dinamika manufaktur, lonjakan target produksi berpotensi memicu timbulnya *unsafe acts* (seperti operator yang memotong prosedur standar/SOP demi mengejar kecepatan) dan *unsafe conditions* (seperti penumpukan material setengah jadi / *work-in-process* di gang jalur kerja conveyor yang mempersempit ruang gerak) (Hidayat & Pratama, 2021).

Teori Beban Kerja, Ergonomi, dan Human Error

Aktivitas perakitan otomotif sangat dipengaruhi oleh kesesuaian antara tuntutan tugas (task demands) dan kapasitas fisiologis pekerja (human capacity) (Tarwaka & Sudiajeng, 2022). Ketika ritme produksi dinaikkan, waktu siklus per stasiun (cycle time) menyempit, menuntut konsentrasi visual, koordinasi motorik, dan kecepatan tangan yang konstan. Menurut Reason's Swiss Cheese Model, kelelahan fisik (fatigue) akibat jam kerja intensif dapat melubangi lapisan pertahanan keselamatan manusiawi, memicu kelalaian aktif (active failure) berupa kesalahan pemasangan komponen, ketidaktelitian penguncian perkakas, atau keterlambatan merespons sinyal bahaya mesin (Rahmawati & Nugroho, 2023).

Pengembangan Hipotesis Penelitian

Hubungan antara volume produksi fisik dan tingkat kecelakaan kerja secara konseptual memiliki dua perspektif yang bertolak belakang:

1. Perspektif Paparan Risiko (*Risk Exposure Hypothesis*): Mengasumsikan bahwa semakin tinggi volume produksi, semakin besar akumulasi jam interaksi operator dengan mesin dan material, sehingga secara probabilitas matematis peluang terjadinya insiden kerja akan meningkat (Hidayat & Pratama, 2021; Rahmawati & Nugroho, 2023).
2. Perspektif Pembelajaran dan Otomatisasi (*Automation & Safety Learning Curve*): Mengasumsikan bahwa pada perusahaan skala industri besar, peningkatan skala produksi didorong oleh otomatisasi proses, standardisasi kerja yang lebih matang, serta alokasi anggaran investasi proteksi K3 yang lebih besar seiring pertumbuhan pendapatan usaha, sehingga insiden kerja justru mengalami penurunan (Prasetyo, E., Setyawan & Kurniawan, 2022).

Mengikuti logika konvensional teori domino Heinrich mengenai tekanan operasional lini manufaktur, hipotesis awal yang diajukan dalam penelitian ini dirumuskan sebagai berikut:
 H_1 : Volume Produksi berpengaruh positif dan signifikan terhadap Tingkat Kecelakaan Kerja pada perusahaan sektor otomotif

METODE

Desain Penelitian dan Sumber Data

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif asosiatif kausalitas untuk membuktikan hubungan sebab-akibat antar-variabel secara empiris (Sugiyono, 2022). Objek penelitian difokuskan pada emiten sub-sektor otomotif yang terdaftar di Bursa Efek Indonesia (BEI) selama periode 2018 hingga 2025 (rentang waktu 8 tahun). Data yang digunakan seluruhnya merupakan data sekunder kuantitatif yang diperoleh melalui teknik dokumentasi dari publikasi resmi *Annual Report* dan *Sustainability Report* tahunan emiten yang telah diaudit dan disusun berdasarkan standar *Global Reporting Initiative* (GRI). (Astra International, 2025; Selamat Sempurna, 2025).

Populasi dan Teknik Penentuan Sampel

Populasi dalam penelitian ini mencakup seluruh emiten sub-sektor otomotif dan komponen di Bursa Efek Indonesia. Pengambilan sampel dilakukan dengan menggunakan metode *purposive sampling* dengan kriteria ketat sebagai berikut:

1. Perusahaan manufaktur otomotif yang terdaftar secara konsisten di BEI selama periode observasi 2018–2025.
2. Mempublikasikan *Annual Report* dan *Sustainability Report* secara konsisten dan lengkap selama periode 2018–2025.
3. Menyajikan pengungkapan kuantitatif indikator Keselamatan dan Kesehatan Kerja (khususnya data insiden *Lost Time Injury*) dan data operasional beban pokok produksi secara transparan.

Berdasarkan kriteria penyaringan tersebut, diperoleh 2 (dua) emiten representatif yang memenuhi kualifikasi data panel seimbang (*balanced panel*), yaitu PT Astra International Tbk (ASII) dan PT Selamat Sempurna Tbk (SMSM), sehingga menghasilkan total ukuran sampel data panel sebesar $N = 2 \times 8 = 16$ observasi.

Definisi Operasional dan Pengukuran Variabel

Variabel-variabel dalam penelitian ini didefinisikan dan diukur sebagai berikut:

1. Variabel Independen: Volume Produksi (X)
Volume produksi merefleksikan besaran kapasitas output fisik dan skala aktivitas manufaktur yang dihasilkan perusahaan dalam satu tahun buku. Mengingat heterogenitas satuan unit fisik antara unit kendaraan utuh (unit mobil/motor) dan unit komponen suku cadang (jutaan unit filter/radiator), volume produksi dikuantifikasi melalui nilai realisasi Beban Pokok Produksi (*Cost of Goods Manufactured*) dalam satuan moneter (miliar rupiah) dan ditransformasikan ke dalam logaritma natural ($\ln X$) untuk menyamakan skala variansi data (Gujarati & Porter, 2020)
2. Variabel Dependen: Tingkat Kecelakaan Kerja (Y)
Tingkat kecelakaan kerja diukur berdasarkan jumlah frekuensi insiden kecelakaan kerja yang mengakibatkan hilangnya hari kerja atau jam kerja operasional (*Lost Time Injury / LTI*) yang dicatat secara resmi oleh komite K3 emiten dalam periode satu tahun kalender (Lestari & Wijaya, 2022)

Spesifikasi Model Regresi Data Panel

Analisis data dilakukan dengan model ekonometrika regresi data panel yang menggabungkan karakteristik lintas entitas (*cross-section*, $i = 1,2$) dan deret waktu (*time-series*, $t = 2018, \dots, 2025$) (Gujarati & Porter, 2020). Model persamaan regresi data panel dirumuskan sebagai berikut:

$$Y_{it} = \alpha_i + \beta X_{it} + \varepsilon_{it}$$

Prosedur Estimasi dan Pengujian Hipotesis

Tahapan analisis data kuantitatif dilakukan dengan bantuan program statistik EViews melalui prosedur metodologis berikut (Ghozali, 2021; Gujarati & Porter, 2020)

1. Analisis Statistik Deskriptif: Menghitung nilai mean, median, nilai maksimum, nilai minimum, standar deviasi, skewness, dan kurtosis dari seluruh variabel penelitian.
2. Uji Pemilihan Model Regresi Data Panel:
 - a. Uji Chow (*F-Test*): Memilih antara *Common Effect Model* (CEM) vs. *Fixed Effect Model* (FEM).
 - b. Uji Hausman: Memilih antara *Fixed Effect Model* (FEM) vs. *Random Effect Model* (REM).
3. Uji Asumsi Klasik: Meliputi uji normalitas residual *Jarque-Bera*, evaluasi multikolinearitas, uji heteroskedastisitas Glejser dengan pembobotan *Panel EGLS* (*Cross-section weights*), serta evaluasi autokorelasi *Durbin-Watson*.
4. Pengujian Hipotesis dan Kelayakan Model:
 - a. Uji Parsial Satu Arah (*One-Tailed t-test*): Menilai signifikansi koefisien β pada tingkat signifikansi $\alpha = 0,05$ dengan derajat kebebasan $df = n - k = 16 - 3 = 13$.
 - b. Uji Kelayakan Model (*Goodness of Fit / F-test*): Menguji kelayakan model regresi secara simultan.
 - c. Koefisien Determinasi (R^2 dan Adjusted R^2): Mengukur proporsi kemampuan variabel independen dalam menerangkan variasi variabel dependen.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Statistik Deskriptif

Analisis statistik deskriptif digunakan untuk memberikan gambaran umum mengenai distribusi data, pemusatan nilai, serta variabilitas operasional dari variabel Volume Produksi (X) dan Tingkat Kecelakaan Kerja (Y) selama periode pengamatan 2018 hingga 2025 (16 observasi data panel). Ringkasan nilai statistik disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Ringkasan Statistik Deskriptif

	Produksi	Kecelakaan
Mean	106.229,80	220,75
Median	69.814,32	160,50
Maximum	255.421,00	654,00
Minimum	2.196,41	54,00
Std. Dev.	110.516,60	170,02
Skewness	0,19	1,29
Kurtosis	1,23	3,74
Jarque-Bera	2,19	4,83
Probability	0,33	0,09
Observations	16	16

Sumber: Output EViews (Data diolah, 2026)

Berdasarkan data pada Tabel 1, interpretasi karakteristik data adalah sebagai berikut:

1. Volume Produksi (X): Memiliki nilai rata-rata (*mean*) sebesar 106.229,80 dengan nilai tengah (*median*) 69.814,32. Nilai maksimum tercatat sebesar 255.421,00 dan nilai minimum sebesar 2.196,41. Tingginya nilai standar deviasi (110.516,60) yang melampaui nilai rata-rata mencerminkan adanya rentang disparitas skala operasional dan kapasitas keluaran yang cukup lebar antara perakitan kendaraan utuh skala masif (PT Astra International Tbk) dengan manufaktur komponen suku cadang OEM (PT Selamat Sempurna Tbk).
2. Tingkat Kecelakaan Kerja (Y): Menunjukkan nilai rata-rata insiden *Lost Time Injury* sebesar 220,75 kasus per tahun dengan median 160,50 kasus. Kasus kecelakaan kerja tertinggi tercatat sebanyak 654,00 kasus dan terendah sebanyak 54,00 kasus, dengan standar deviasi sebesar 170,02 kasus. Nilai *skewness* positif sebesar 1,29 menunjukkan bahwa sebaran angka kecelakaan kerja cenderung terkonsentrasi pada angka-angka yang lebih rendah (*positively skewed*), merefleksikan tren penurunan kasus kecelakaan kerja yang konsisten pada tahun-tahun pengamatan terkini seiring pengetatan implementasi keselamatan kerja di lantai pabrik. Hal ini memperlihatkan adanya tren perbaikan keselamatan kerja yang stabil dan konsisten pada periode observasi terkini seiring pengetatan audit kepatuhan K3.

Uji Pemilihan Model Regresi Data Panel

Analisis ekonometrika data panel, struktur data yang menggabungkan dimensi lintas entitas (*cross-section*) dan deret waktu (*time-series*) memungkinkan estimasi dilakukan melalui tiga pendekatan model, yaitu *Common Effect Model* (CEM), *Fixed Effect Model* (FEM), dan *Random Effect Model* (REM). Untuk menentukan pendekatan yang paling efisien, konsisten, dan mampu merepresentasikan karakteristik heterogenitas antar-perusahaan secara akurat, dilakukan serangkaian pengujian formal yang meliputi Uji Chow dan Uji Hausman. Ringkasan hasil pengujian pemilihan model disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Pemilihan Model Panel

No	Jenis Pengujian	Nilai Statistik	Nilai Probabilitas	Model Terpilih
1	Uji Chow (<i>Cross-section F</i>)	11,213707	0,0052	<i>Fixed Effect Model</i> (FEM)
2	Uji Hausman (<i>Cross-section random</i>)	11,213707	0,0008	<i>Fixed Effect Model</i> (FEM)

Sumber: Output EViews (Data diolah, 2026)

Berdasarkan Tabel 2, tahapan keputusan penetapan model dijelaskan sebagai berikut:

1. Uji Chow: Pengujian tahap awal menghasilkan nilai statistik *Cross-section F* sebesar 11,213707 dengan nilai signifikansi probabilitas sebesar $0,0052 < 0,05$. Hasil ini menolak hipotesis nol (H_0), yang berarti bahwa model *Fixed Effect* (FEM) terbukti lebih unggul dan lebih akurat daripada *Common Effect Model* (CEM) karena mampu menangkap perbedaan intersep individual unik antar-perusahaan.
2. Uji Hausman: Pengujian lanjutan untuk membandingkan FEM dan REM menghasilkan nilai statistik *Chi-Square* sebesar 11,213707 dengan nilai signifikansi probabilitas sebesar $0,0008 < 0,05$. Penolakan H_0 pada Uji Hausman secara definitif menetapkan bahwa *Fixed Effect Model* (FEM) adalah model estimasi data panel yang paling konsisten dan valid untuk digunakan. Karena model FEM terpilih secara konsisten pada kedua tahapan uji, Uji *Lagrange Multiplier* (LM Test) tidak perlu dilakukan.

Uji Asumsi Klasik

Sebelum pengujian hipotesis, uji asumsi klasik dilakukan guna memastikan estimator model terpilih (*Fixed Effect Model*) bersifat tidak bias dan efisien (*Best Linear Unbiased Estimator* / BLUE).

1. Uji Normalitas Residual: Berdasarkan uji *Jarque-Bera* pada residual model *Fixed Effect* diperoleh nilai statistik *JB* sebesar 2,435921 dengan probabilitas 0,295833 ($p > 0,05$). Hal ini membuktikan bahwa residual model berdistribusi secara normal.
2. Uji Multikolinearitas: Karena model regresi ini hanya melibatkan 1 (satu) variabel independen tunggal yaitu Volume Produksi (X), maka secara konseptual dan metodologis model bebas dari ancaman multikolinearitas
3. Uji Heteroskedastisitas: Uji Glejser menghasilkan nilai signifikansi Volume Produksi sebesar 0,0508 ($p > 0,05$), mengonfirmasi bahwa varians residual bersifat homogen (*homoskedastisitas*) dan model bebas dari gangguan heteroskedastisitas.
4. Uji Autokorelasi: Nilai *Durbin-Watson* sebesar 2,845851. Dalam kerangka regresi data panel *Fixed Effect Model*, struktur heterogenitas individu dan autokorelasi serial residual antar-waktu telah diserap secara optimal oleh variabel *dummy cross-section* dalam batas estimasi yang efisien.

Hasil Estimasi Model dan Pengujian Hipotesis

Hasil estimasi regresi data panel *Fixed Effect Model* (FEM) disajikan pada tabel di bawah ini:

Tabel 3. Hasil Estimasi Regresi *Fixed Effect Model*

Variable	Coefficien t	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	468,7555	108,6436	4,314617	0,0008
PRODUKSI	-0,002335	0,000989	-2,360890	0,0345
Effects Specification				
Cross-section fixed (dummy variables)				
Root MSE	99,94998	R-squared	0,631349	
Mean dependent var	220,7500	Adjusted R-squared	0,574634	
S.D. dependent var	170,0159	S.E. of regression	110,8845	
Akaike info criterion	12,42222	Sum squared resid	159840,0	
Schwarz criterion	12,56708	Log likelihood	96,37773	
Hannan-Quinn criter.	12,42963	F-statistic	11,13186	
Durbin-Watson stat	2,845851	Prob(F-statistic)	0,001524	

Sumber: Output EViews (Data diolah, 2026)

Persamaan regresi yang terbentuk adalah:

$$\text{KECELAKAAN_Y}_{it} = 468,7555 - 0,002335 \cdot \text{PRODUKSI_X}_{it} + e_{it}$$

Interpretasi matematis dan ekonometrika dari persamaan tersebut adalah:

1. Nilai Konstanta ($C = 468,7555$): Mengindikasikan bahwa jika diasumsikan tidak terdapat aktivitas volume produksi fisik ($X = 0$), maka estimasi dasar frekuensi insiden kecelakaan kerja (*Lost Time Injury*) adalah sebesar 468,75 kasus per tahun.
2. Koefisien Regresi Volume Produksi ($\beta = -0,002335$): Menunjukkan adanya elastisitas hubungan negatif antara volume produksi dan tingkat insiden kecelakaan kerja. Setiap peningkatan volume beban pokok produksi sebesar Rp1.000 miliar, maka tingkat kecelakaan kerja diproyeksikan mengalami penurunan sebesar 2,335 kasus LTI per tahun, dengan asumsi faktor lain konstan (*ceteris paribus*).

Pengujian Hipotesis dan Kelayakan Model:

1. Uji Hipotesis Parsial Satu Arah (*One-Tailed t-test*): Hipotesis penelitian H_1 menyatakan bahwa volume produksi berpengaruh positif terhadap kecelakaan kerja ($t\text{-tabel} = +1,771$ pada $\alpha = 0,05, df = 13$). Hasil komputasi empiris menghasilkan $t\text{-statistic} = -2,360890$ dengan probabilitas satu arah sebesar $p = 0,01725$ ($0,0345/2$). Karena koefisien berarah negatif berlawanan dengan arah hipotesis positif dan $t\text{-hitung}$ jatuh di daerah penerimaan H_0 , maka H_1 ditolak dan H_0 diterima. Dengan demikian, secara empiris terbukti bahwa Volume Produksi berpengaruh negatif dan signifikan terhadap Tingkat Kecelakaan Kerja.
2. Uji Kelayakan Model (*F-Test*): Diperoleh nilai $F\text{-statistic}$ sebesar 11,13186 dengan nilai probabilitas $0,001524 < 0,05$. Nilai ini membuktikan bahwa model regresi data panel yang diestimasi sangat layak (*goodness of fit* terpenuhi).
3. Koefisien Determinasi (R^2): Nilai R^2 tercatat sebesar 0,631349, yang berarti bahwa 63,13% variasi naik-turunnya Tingkat Kecelakaan Kerja (*Lost Time Injury*) pada emiten otomotif di BEI berhasil dijelaskan oleh dinamika Volume Produksi dan efek spesifik entitas, sedangkan sisanya sebesar 36,87% dipengaruhi oleh faktor eksternal lainnya di luar model (seperti masa kerja rata-rata operator, proporsi jam lembur, dan belanja modal pelatihan keselamatan kerja).

Pembahasan

Temuan empiris bahwa Volume Produksi berpengaruh negatif dan signifikan terhadap Tingkat Kecelakaan Kerja menolak hipotesis awal H_1 . Hasil ini menunjukkan bahwa pada industri manufaktur skala besar, ekspansi kuantitas keluaran pabrik tidak serta-merta mengorbankan keselamatan pekerja di lantai produksi. Hubungan negatif yang signifikan ini dijelaskan oleh beberapa faktor manajerial:

1. Kematangan Implementasi Sistem Manajemen K3 Berbasis Standar ISO 45001
Emiten otomotif terkemuka seperti Astra International dan Selamat Sempurna telah mengintegrasikan K3 bukan sekadar sebagai pemenuhan kepatuhan administratif (*compliance-driven*), melainkan sebagai budaya operasional inti (*safety culture*). Ketika perusahaan menghadapi lonjakan volume produksi pada masa puncak permintaan (*peak season*), protokol pengawasan keselamatan tidak dilonggarkan, melainkan diperketat secara berlapis. Penerapan metode HIRADC secara berkesinambungan memastikan setiap potensi bahaya diidentifikasi dan dimitigasi sebelum jadwal produksi berjalan (Prasetyo, E., Setyawan & Kurniawan, 2022). Manajemen menerapkan *Standard Operating Procedures* (SOP) keselamatan yang ketat, audit kepatuhan APD harian (*daily safety patrol*), serta *Safety Toolbox Meeting* sebelum setiap giliran kerja (*shift*) dimulai.
2. Adopsi Otomatisasi, Robotika, dan Prinsip *Poka-Yoke* di Lantai Produksi
Karakteristik pertumbuhan volume output pada emiten otomotif modern bertumpu pada modernisasi mesin dan rekayasa teknologi cerdas. Untuk mencapai target volume yang tinggi dengan presisi seragam, emiten melakukan otomatisasi pada tempat kerja yang memiliki tingkat bahaya mekanis dan ergonomis ekstrem, seperti pemanfaatan lengan

robotik pada lini pencetakan plat baja (*press stamping*), pengelasan presisi (*spot & arc welding*), dan pengecatan bertekanan (*robotic painting*) (Prasetyo, E., Setyawan & Kurniawan, 2022). Otomatisasi ini secara fundamental memutus rantai kontak fisik langsung antara operator dan titik-titik bahaya mekanis (*pinpoint mechanical hazards*). Selain itu, penerapan mekanisme pencegah kekeliruan otomatis (*poka-yoke*) memastikan mesin perakitan akan berhenti beroperasi secara instan jika mendeteksi adanya anomali posisi tangan pekerja atau kegagalan penempatan komponen, sehingga potensi insiden *human error* dapat dicegah sejak dini.

3. Manajemen Kelelahan Kerja (*Fatigue Management*) dan Kurva Pembelajaran (*Learning Curve*)

Manajemen korporasi skala besar menyadari bahwa kelelahan fisik merupakan pemicu utama kegagalan konsentrasi kerja (Rahmawati & Nugroho, 2023; Tarwaka & Sudiajeng, 2022). Oleh karena itu, lonjakan volume produksi diakomodasi melalui penambahan giliran kerja (*shift system*) yang terstruktur dan rotasi tempat kerja ergonomis (*job rotation*) setiap 2–3 jam, bukan dengan memaksakan jam kerja lembur ekstrem pada tenaga kerja yang sama (Hidayat & Pratama, 2021). Selain itu, repetisi perakitan massal dalam jangka panjang membentuk kurva pembelajaran (*learning effect*), di mana operator lini semakin terampil, cekatan, dan memiliki kewaspadaan spasial yang matang terhadap lingkungan kerjanya, sehingga risiko kesalahan manuver dapat diminimalisir secara signifikan.

4. Kesenjangan Struktural dengan Tren Kecelakaan Kerja Nasional

Temuan riset ini mengklarifikasi adanya dualisme tajam antara data kecelakaan kerja nasional BPJS Ketenagakerjaan yang terus meningkat (BPJS Ketenagakerjaan, 2023) dengan kinerja keselamatan emiten otomotif terbuka. Kenaikan klaim insiden kerja nasional didominasi oleh unit usaha industri skala mikro, kecil, dan menengah (UMKM) serta industri padat karya non-formal yang mengalami keterbatasan permodalan, minim investasi teknologi proteksi, dan rendahnya kepatuhan terhadap regulasi SMK3 PP 50/2012. Sebaliknya, pada emiten skala besar terbuka, skala ekonomi (*economies of scale*) memungkinkan perusahaan menyisihkan belanja modal (*capex*) yang memadai untuk pemeliharaan fasilitas kerja yang ergonomis dan aman, membuktikan bahwa peningkatan volume produksi justru menjadi katalis bagi penyempurnaan ekosistem keselamatan kerja menuju target nihil kecelakaan (*zero accident target*).

SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis ekonometrika regresi data panel dan pembahasan yang telah diuraikan, disimpulkan bahwa Volume Produksi terbukti berpengaruh negatif dan signifikan secara statistik terhadap Tingkat Kecelakaan Kerja (*Lost Time Injury*) pada emiten manufaktur sub-sektor otomotif di Bursa Efek Indonesia periode 2018–2025 ($\beta = -0,002335$; $p = 0,01725 < 0,05$). Model regresi data panel dengan pendekatan *Fixed Effect Model* (FEM) terbukti sangat fit dan andal secara statistik (F -statistic = 11,13186; $p = 0,001524$; $R^2 = 63,13\%$) dalam menerangkan variasi tingkat kecelakaan kerja melalui heterogenitas intersep individual emiten.

Peningkatan volume produksi pada korporasi besar tidak memicu eskalasi kecelakaan kerja karena terkompensasi secara efektif oleh implementasi Sistem Manajemen K3 berbasis ISO 45001 yang matang, otomatisasi stasiun kerja berisiko tinggi (*robotic stamping/welding*), integrasi sensor proteksi *poka-yoke*, serta pengelolaan jam kerja dan manajemen kelelahan kerja yang terstandarisasi. Implikasi bagi Praktisi Industri Manufaktur: Manajemen industri otomotif disarankan untuk terus mempertahankan dan meningkatkan integrasi teknologi otomasi keselamatan (*safety automation*) serta memperketat manajemen kelelahan (*fatigue*

management) dan rotasi kerja teratur, terutama saat menghadapi lonjakan kuota produksi musiman.

Implikasi bagi Regulator dan Pemerintah: Kementerian Ketenagakerjaan dan BPJS Ketenagakerjaan disarankan untuk memperluas pendampingan, pembinaan, serta insentif audit kepatuhan SMK 3 pada industri manufaktur tier-2 dan tier-3 skala menengah ke bawah guna memangkas tren kenaikan angka kecelakaan kerja nasional. Saran bagi Peneliti Selanjutnya: Peneliti mendatang disarankan untuk memperluas ruang lingkup sampel ke sektor industri manufaktur lain (seperti industri kimia atau logam berat), memperpanjang rentang periode pengamatan, serta menambahkan variabel independen pendukung seperti rasio jam lembur (*overtime ratio*), rasio belanja modal otomatisasi (*capex on automation*), dan tingkat masa kerja operator.

DAFTAR PUSTAKA

- Astra International. (2025). *Sustainability report PT Astra International Tbk 2018–2025: Inspiring sustainability*.
- BPJS Ketenagakerjaan. (2023). *Laporan tahunan terintegrasi 2023: Menjaga keberlanjutan, melindungi pekerja Indonesia*.
- Ghozali, I. (2021). *Aplikasi analisis multivariate dengan program IBM SPSS 26 (Edisi ke-10)*. Semarang: Badan Penerbit Universitas Diponegoro.
- Gujarati, D. N., & Porter, D. C. (2020). *Basic econometrics (6th ed.)*. McGraw-Hill Education.
- Heinrich, H. W., Petersen, D., & Roos, N. (2022). *Industrial accident prevention: A safety management approach (5th ed.)*. McGraw-Hill Education.
- Hidayat, R., & Pratama, A. B. (2021). Pengaruh volume output manufaktur dan jam kerja lembur terhadap frekuensi kecelakaan kerja pada industri perakitan komponen. *Jurnal Rekayasa Sistem Dan Manajemen Industri*, 9(2), 88–97.
- Lestari, A. D., & Wijaya, I. M. (2022). Pengungkapan keselamatan dan kesehatan kerja (K3) dalam laporan keberlanjutan emiten manufaktur di Bursa Efek Indonesia. *Jurnal Akuntansi Dan Keuangan Indonesia*, 19(2), 145–162.
- Prasetyo, E., Setyawan, H., & Kurniawan, B. (2022). Evaluasi efektivitas penerapan ISO 45001 dalam memitigasi kecelakaan kerja pada lini produksi perakitan otomotif. *Jurnal Kesehatan Dan Keselamatan Kerja Indonesia*, 10(1), 34–45.
- Rahmawati, S., & Nugroho, A. (2023). Analisis pengaruh kelelahan kerja (fatigue) dan tekanan target produksi terhadap kecenderungan human error pada operator perakitan kendaraan. *Jurnal Keilmuan Teknik Dan Manajemen Otomotif*, 7(3), 112–125.
- Selamat Sempurna. (2025). *Laporan keberlanjutan PT Selamat Sempurna Tbk 2018–2025: Komitmen pada keberlanjutan dan keselamatan kerja*.
- Sugiyono. (2022). *Metode penelitian kuantitatif, kualitatif, dan R&D (Edisi ke-3)*. Bandung: Alfabeta.
- Tarwaka, & Sudiajeng, L. (2022). *Ergonomi industri: Pendekatan ergonomi industri, kesehatan kerja dan keselamatan kerja*. Solo: Harapan Press.