

Analisis Efisiensi Produksi, Risiko Kecelakaan Kendaraan, dan Dinamika Pasar Kendaraan Listrik: Studi Data Industri Otomotif Global 1980–2023

Hildan Wijianto^{1*}, Maulana Hafizh Fadly², Yusup Septiana³, Zurnan Alfian⁴, Sopyan Apandi⁵

¹Ilmu Komputer, Fakultas Teknik Informatika, Universitas Pamulang, Indonesia

Alamat: Jl. Raya Puspitek No. 46, Serpong, Kota Tangerang Selatan, Banten 15316

Korespondensi penulis: hildanto1103@gmail.com

Abstract: This study aims to examine the dynamics of the automotive industry in terms of production efficiency, driving safety, and the market shift towards electric vehicles. The data used include North American automotive production efficiency (1998), the risk of fatalities due to accidents in various countries (1980–1982), and the sales trend of Tesla vs BYD electric vehicles (2021–2023). The analysis methods include descriptive statistics, WPV/HPV comparisons between manufacturers, and market trend analysis. The results show that factory efficiency plays an important role in price stability, countries with good transportation infrastructure have a low risk of accidents, and BYD shows more aggressive market growth than Tesla. This study provides insights for the industry and policymakers regarding the challenges of efficiency, safety, and the transition to electric vehicles.

Keywords: BYD, electric vehicles, production efficiency, Tesla, traffic accidents

Abstrak: Penelitian ini bertujuan mengkaji dinamika industri otomotif dari sisi efisiensi produksi, keselamatan berkendara, dan pergeseran pasar menuju kendaraan listrik. Data yang digunakan mencakup efisiensi produksi otomotif Amerika Utara (1998), risiko kematian akibat kecelakaan di berbagai negara (1980–1982), dan tren penjualan kendaraan listrik Tesla vs BYD (2021–2023). Metode analisis meliputi statistik deskriptif, perbandingan WPV/HPV antar produsen, serta analisis tren pasar. Hasil menunjukkan bahwa efisiensi pabrik berperan penting dalam kestabilan harga, negara-negara dengan infrastruktur transportasi baik memiliki risiko kecelakaan rendah, dan BYD menunjukkan pertumbuhan pasar yang lebih agresif daripada Tesla. Penelitian ini memberikan wawasan bagi industri dan pembuat kebijakan mengenai tantangan efisiensi, keselamatan, dan transisi menuju kendaraan listrik.

Kata kunci: BYD, efisiensi produksi, kecelakaan lalu lintas, kendaraan listrik, Tesla.

1. LATAR BELAKANG

Perkembangan industri otomotif global dalam dua dekade terakhir menunjukkan dinamika yang signifikan, baik dari sisi efisiensi produksi maupun pergeseran paradigma menuju kendaraan yang lebih ramah lingkungan. Salah satu transformasi paling mencolok adalah pergeseran ke arah kendaraan listrik, didorong oleh kekhawatiran terhadap emisi karbon, kelangkaan energi fosil, serta kebijakan transisi energi di berbagai negara (Yildiz & Yildirim, 2022). Perusahaan-perusahaan seperti Tesla dan BYD telah menjadi simbol perubahan ini, dengan pertumbuhan penjualan kendaraan listrik yang mencolok di pasar Amerika, Eropa, dan Asia (Tesla, 2025; BYD, 2025).

Namun, di tengah lonjakan inovasi kendaraan listrik, efisiensi dalam proses produksi kendaraan tetap menjadi aspek fundamental dalam industri otomotif. Parameter seperti utilisasi fasilitas produksi, jumlah jam kerja per kendaraan (Hours Per Vehicle/HPV), dan jumlah

tenaga kerja per kendaraan (Workers Per Vehicle/WPV) digunakan secara luas untuk mengukur produktivitas manufaktur otomotif (Jansen & Roorda, 2021). Efisiensi ini tidak hanya berdampak pada biaya produksi dan kapasitas output, tetapi juga memengaruhi kemampuan perusahaan dalam bersaing pada pasar kendaraan listrik yang semakin kompetitif.

Di sisi lain, pertumbuhan pesat jumlah kendaraan juga memunculkan tantangan serius dalam aspek keselamatan lalu lintas. Berdasarkan laporan WHO (2023), kecelakaan lalu lintas masih menjadi salah satu penyebab utama kematian di dunia, dengan estimasi lebih dari 1,3 juta jiwa meninggal setiap tahunnya. Studi sebelumnya menunjukkan bahwa tingkat kepemilikan kendaraan bermotor berkorelasi positif terhadap angka fatalitas lalu lintas, terutama di negara-negara dengan regulasi keselamatan yang belum optimal (MacKay & Sibley, 2020). Oleh karena itu, seiring dengan meningkatnya volume kendaraan, termasuk kendaraan listrik, isu keselamatan menjadi semakin relevan untuk dianalisis secara bersamaan dengan efisiensi dan pertumbuhan industri otomotif.

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji secara komparatif dan deskriptif tiga aspek utama dalam dinamika industri otomotif global, yaitu: efisiensi produksi kendaraan pada berbagai perusahaan otomotif dunia, perkembangan dan tren pasar kendaraan listrik, terutama yang melibatkan Tesla dan BYD sebagai dua pemain utama, dan risiko kecelakaan lalu lintas global dalam kaitannya dengan populasi kendaraan.

Penelitian ini bersifat eksploratif, berbasis data sekunder, serta menggunakan pendekatan statistik dan *data mining* (K-Means Clustering) untuk mengelompokkan perusahaan otomotif berdasarkan tingkat efisiensinya. Dengan pendekatan ini, penelitian diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pemahaman yang lebih menyeluruh mengenai implikasi pertumbuhan industri otomotif terhadap efisiensi dan keselamatan transportasi.

2. KAJIAN TEORITIS

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif-kualitatif untuk mengevaluasi data sekunder yang bersumber dari laporan industri otomotif global dan statistik transportasi internasional. Data diperoleh dari publikasi resmi Tesla Inc. dan BYD Company Ltd., yang merilis laporan penjualan kuartalan dan tahunan kendaraan listrik dari tahun 2021 hingga 2025 (Tesla, 2025; BYD, 2025). Selain itu, data pelengkap terkait distribusi pasar regional, pangsa pasar BEV (Battery Electric Vehicle), dan proyeksi penjualan diperoleh dari JATO Dynamics dan Statista (JATO, 2025; Statista, 2024).

Fokus pertama dari penelitian ini adalah efisiensi produksi kendaraan, yang diukur berdasarkan indikator kuantitatif seperti kapasitas produksi tahunan, actual production, pemanfaatan fasilitas (utilization), serta produktivitas waktu dan tenaga kerja. Indikator seperti Hours Per Vehicle (HPV) dan Workers Per Vehicle (WPV) diadopsi dari penelitian Jansen & Roorda (2021), yang menilai efisiensi manufaktur otomotif lintas produsen global.

Fokus kedua adalah analisis tren pasar kendaraan listrik, yang memanfaatkan data kuartalan Tesla dan BYD untuk membandingkan volume penjualan, pertumbuhan tahunan (YoY), dan ekspansi regional. Data menunjukkan bahwa sejak Q1 2023, BYD secara konsisten melampaui Tesla dalam volume BEV di pasar domestik Cina dan beberapa negara Eropa (BYD, 2025; Tesla, 2025; JATO, 2025). Temuan ini diperkuat oleh laporan Yildiz & Yildirim (2022) yang menunjukkan pentingnya dukungan kebijakan dan infrastruktur dalam memengaruhi tren adopsi kendaraan listrik.

Fokus ketiga adalah risiko kecelakaan lalu lintas global, yang dikaji dengan mengintegrasikan data statistik kematian akibat kecelakaan kendaraan dari WHO (2023), serta hasil studi MacKay & Sibley (2020) yang menunjukkan adanya korelasi positif antara kepemilikan kendaraan per kapita dan tingkat fatalitas lalu lintas. Kajian ini menjadi penting untuk memahami bagaimana peningkatan produksi dan populasi kendaraan dapat berkontribusi terhadap masalah keselamatan transportasi secara global.

Untuk mendukung visualisasi dan eksplorasi pola data, penelitian ini juga menerapkan algoritma K-Means Clustering guna mengelompokkan perusahaan otomotif berdasarkan karakteristik efisiensi produksi. Pendekatan ini mengikuti praktik analitik data yang digunakan dalam studi OECD (2023) dan Jansen & Roorda (2021), yang menilai pola produksi di sektor otomotif lintas waktu dan lokasi produksi.

3. METODE PENELITIAN

Sumber Data

Data penjualan Tesla dan BYD tahun 2021–2023 dari App Economy Insights, Statistik efisiensi pabrik dari The Harbour Report 1998, Data kematian lalu lintas dari berbagai negara dari studi Bonowetter et al. (1985)

Analisis Data

Data dianalisis dengan membandingkan variabel-variabel berikut menggunakan algoritma k-means:

- Efisiensi produksi: melalui HPV dan WPV dari masing-masing Perusahaan

- Tren pasar: berdasarkan jumlah penjualan kuartalan Tesla vs. BYD
- Risiko lalu lintas: dengan mengamati tingkat kematian per 1000 kendaraan

Tools

1. Visual Studio Code

Visual Studio Code (VS Code) merupakan editor kode sumber lintas platform yang dikembangkan oleh Microsoft, dirancang untuk mendukung beragam bahasa pemrograman dan kebutuhan pengembangan perangkat lunak modern. Dengan dukungan ekstensi yang luas, VS Code dapat berfungsi sebagai integrated development environment (IDE) ringan yang sangat mendukung proses analisis data dan eksplorasi visual melalui integrasi pustaka Python seperti pandas, matplotlib, seaborn, dan scikit-learn.

Dalam konteks penelitian ini, Visual Studio Code digunakan untuk menulis skrip Python yang bertugas untuk melakukan pra-pemrosesan data, penerapan algoritma clustering (K-Means), serta menyusun visualisasi tren penjualan kendaraan listrik dan analisis efisiensi produksi. VS Code juga menyediakan fitur linting, debugging, dan integrasi dengan Jupyter Notebook yang sangat mendukung reproducibility dan efisiensi kerja analisis data secara interaktif (Microsoft, 2024; Freguglia & Li, 2021).

2. Microsoft Excel

Microsoft Excel merupakan perangkat lunak pengolah angka yang memiliki kemampuan komputasi, analisis data, serta penyajian grafik secara visual. Dalam konteks penelitian ilmiah, Excel sering digunakan sebagai alat bantu untuk mengelola data mentah, menghitung nilai statistik dasar, serta menyusun visualisasi seperti diagram batang, garis, dan pie chart (Walkenbach, 2015).

Dalam penelitian ini, Excel digunakan untuk menyusun data sekunder terkait jumlah kendaraan dan tingkat kematian akibat kecelakaan lalu lintas di beberapa negara. Fitur Chart Tools dalam Excel dimanfaatkan untuk membuat diagram batang horizontal guna membandingkan tingkat kematian per 1.000 kendaraan antarnegara. Selain itu, kemampuan Excel dalam melakukan kalkulasi otomatis melalui formula juga sangat membantu dalam analisis perbandingan rasio kematian berdasarkan jumlah kendaraan (Microsoft, 2023).

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Efisiensi Produksi Perusahaan Otomotif (Clustering K-Means)

Analisis clustering menggunakan algoritma K-Means dilakukan terhadap data produksi perusahaan otomotif berdasarkan tiga indikator: Utilization (tingkat pemanfaatan kapasitas),

Hours Per Vehicle (HPV), dan Workers Per Vehicle (WPV). Hasil clustering menunjukkan bahwa perusahaan dapat dikelompokkan ke dalam tiga cluster efisiensi.

Cluster 1 (warna hijau) berisi perusahaan dengan efisiensi produksi tinggi, ditandai dengan HPV dan WPV yang rendah. Contohnya adalah Toyota, Honda, Nissan, dan NUMMI, yang hanya membutuhkan sekitar 21 jam kerja dan 2,4–2,6 pekerja per kendaraan. Temuan ini sejalan dengan Jansen & Roorda (2021) yang menyatakan bahwa pabrikan Jepang memiliki sistem produksi yang ramping dan efisien.

Cluster 2 (warna biru) mencakup perusahaan dengan efisiensi sedang, seperti Ford, GM, dan Auto Alliance, dengan HPV sekitar 25–32 jam.

Cluster 0 (warna ungu) berisi perusahaan dengan HPV tinggi, seperti CAMI dan DaimlerChrysler, yang mengindikasikan proses produksi yang lebih lambat dan padat karya.

Tabel 1. Rangkuman Hasil Cluster

Perusahaan	HVP (jam)	WPV	Utilization	Cluster
Toyota Motors	21.63	2.48	97%	1
Honda	21.41	2.49	93%	1
Ford	24.87	3.04	75%	2
CAMI	41.6	3.24	100%	0

Sumber: SOSHUMDIK (2022).

Tren Penjualan Tesla dan BYD (2021–2023)

Berdasarkan data kuartalan penjualan unit Tesla dan BYD, terlihat bahwa hingga tahun 2022, Tesla masih mendominasi pasar kendaraan listrik secara global. Namun, mulai kuartal III tahun 2023, BYD mulai menyalip Tesla, terutama didorong oleh pertumbuhan pasar domestik Tiongkok.

Tren penjualan dari Q1 2021 hingga Q4 2023: Q1–Q3 2023: Tesla mencatat penjualan sekitar 423–466 ribu unit per kuartal, sedangkan BYD mulai naik signifikan dari 265 ribu menjadi 422 ribu unit. Q4 2023: Penjualan BYD mencapai 526 ribu unit, mengungguli Tesla yang hanya 425 ribu unit.

Data ini didukung oleh laporan resmi dari Tesla (2025) dan BYD (2025), serta publikasi JATO Dynamics (2025) yang mencatat peningkatan pangsa pasar BYD di Tiongkok dan Eropa.

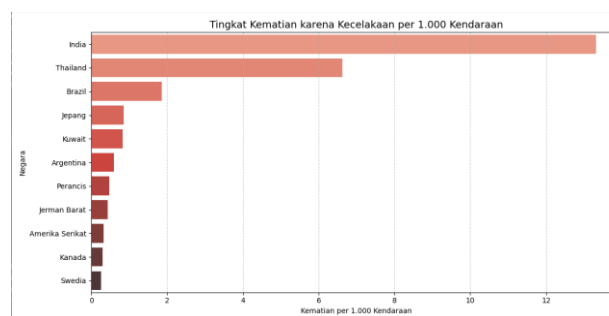
Tabel 2. Penjualan Kuartal Akhir 2023

Kuartal	Tesla	BYD	Pangsa Tesla (%)	Pangsa BYD (%)
Q3'23	435	442	50.76%	49.24%
Q4'23	425	526	44.69%	55.31%

Sumber: SOSHUMDIK (2022).

Risiko Kecelakaan dan Pertumbuhan Kendaraan Global (Sub judul level 2)

1. Negara dengan Risiko Kematian Tinggi



India mencatat tingkat kematian tertinggi: 13,32 jiwa per 1.000 kendaraan. Angka ini menunjukkan bahwa meskipun jumlah kendaraan masih sedikit saat itu (hanya 1,8 juta), tingkat keselamatannya sangat buruk.

Thailand juga menunjukkan rasio tinggi: 6,63 per 1.000 kendaraan, menunjukkan bahwa pertumbuhan kendaraan yang belum diimbangi dengan infrastruktur keselamatan berkontribusi besar pada tingkat fatalitas tinggi.

Brazil menempati urutan ketiga dengan 1,86/1000, mengindikasikan risiko signifikan pada masa transisi pertumbuhan kendaraan.

Tabel 3. Negara dengan Risiko Kematian Tinggi

Negara	Kematian/1000 Kendaraan
Swedia	0.25
Kanada	0.29
AS	0.32

Sumber: SOSHUMDIK (2022).

2. Negara dengan Risiko Menengah

Negara seperti Jepang dan Kuwait, meskipun memiliki sistem transportasi yang lebih baik, tetap menunjukkan risiko moderat. Hal ini dapat dikaitkan dengan urbanisasi yang padat serta kendaraan pribadi yang banyak digunakan.

Tabel 4. Negara dengan Risiko Menengah

Negara	Kematian/1000 Kendaraan
Jepang	0.85
Kuwait	0.82
Argentina	0.59

Sumber: SOSHUMDIK (2022).

3. Negara dengan Risiko Rendah

Negara-negara ini memiliki standar keselamatan lalu lintas yang tinggi, penggunaan sabuk pengaman, regulasi ketat, dan kampanye keselamatan yang efektif.

Amerika Serikat, dengan jumlah kendaraan tertinggi (159 juta), berhasil menjaga rasio kematian tetap rendah, yaitu hanya 0,32 per 1.000 kendaraan. Ini menegaskan pentingnya regulasi keselamatan dan infrastruktur transportasi (WHO, 2023).

Tingkat penjualan kendaraan yang tinggi tanpa dibarengi edukasi dan regulasi juga menjadi faktor penting. Negara dengan lonjakan penjualan mobil cepat harus memastikan bahwa infrastruktur jalan, teknologi keselamatan, dan perilaku berkendara masyarakat dapat mengikuti pertumbuhan tersebut.

Tabel 5. Negara dengan Risiko Rendah

Negara	Kematian/1000 Kendaraan
Swedia	0.25
Kanada	0.29
AS	0.32

Sumber: SOSHUMDIK (2022)

KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini mengintegrasikan analisis dari tiga sumber data yang berbeda namun saling berkaitan, yaitu: efisiensi produksi kendaraan (dataset industri otomotif 1998), tren penjualan kendaraan listrik (Tesla & BYD 2021–2023), dan tingkat kematian akibat kecelakaan kendaraan di berbagai negara. Dari hasil eksplorasi data dan penerapan metode analisis seperti K-Means Clustering dan visualisasi tren, dapat disimpulkan beberapa hal berikut:

Efisiensi Produksi Menentukan Daya Saing Pasar. Analisis clustering terhadap perusahaan otomotif menunjukkan bahwa efisiensi dalam proses produksi—ditinjau dari indikator Hours Per Vehicle (HPV) dan Workers Per Vehicle (WPV)—berkorelasi dengan kekuatan pasar jangka panjang. Perusahaan seperti Toyota dan Honda menempati kluster dengan efisiensi tertinggi. Hal ini mencerminkan bahwa perusahaan yang mampu

memproduksi kendaraan dengan waktu dan tenaga kerja minimal memiliki peluang yang lebih besar untuk menguasai pasar global secara berkelanjutan.

Skalabilitas Produksi Mendorong Dominasi Penjualan. Hasil analisis tren penjualan kendaraan listrik menunjukkan bahwa BYD berhasil menyalip Tesla dalam total volume penjualan pada kuartal akhir 2023. Hal ini tidak dapat dilepaskan dari efisiensi dan skalabilitas produksi yang tinggi di pasar domestik Tiongkok, yang memungkinkan BYD untuk menekan harga sekaligus memenuhi lonjakan permintaan pasar. Fenomena ini menguatkan temuan sebelumnya bahwa efisiensi operasional menjadi kunci dalam menghadapi kompetisi industri otomotif global yang semakin kompetitif dan cepat berubah.

Pertumbuhan Kendaraan Harus Diimbangi Keselamatan Lalu Lintas. Dataset ketiga menunjukkan bahwa tingkat kematian akibat kecelakaan kendaraan tidak berbanding lurus dengan jumlah kendaraan. Negara-negara dengan jumlah kendaraan yang tinggi seperti Amerika Serikat, Kanada, dan Jepang justru mencatat tingkat kematian per 1.000 kendaraan yang relatif rendah. Sebaliknya, negara dengan jumlah kendaraan sedikit seperti India dan Thailand mengalami tingkat fatalitas yang sangat tinggi. Hal ini mengindikasikan bahwa pertumbuhan industri otomotif, baik dari sisi produksi maupun konsumsi (penjualan), harus diimbangi dengan kebijakan keselamatan, edukasi lalu lintas, dan infrastruktur pendukung.

Efisiensi produksi merupakan fondasi penting yang menentukan kapasitas penetrasi pasar (seperti dalam kasus BYD), namun pertumbuhan volume kendaraan tanpa mitigasi keselamatan akan meningkatkan risiko sosial dalam bentuk tingginya angka kecelakaan lalu lintas. Oleh karena itu, transformasi industri otomotif yang sehat harus mencakup tiga aspek kunci: efisiensi operasional, ekspansi pasar yang terukur, dan tanggung jawab terhadap keselamatan publik.

DAFTAR REFERENSI

BYD Company Ltd. (2025). *Monthly and quarterly sales report 2021–2025*.

Freguglia, D., & Li, C. (2021). Python for data analysis and visualization using Visual Studio Code. *Proceedings of the International Conference on Computing and Data Science (CONF-CDS)*, 123(4), 1–7.

Jansen, D., & Roorda, M. (2021). Vehicle production efficiency and labour productivity: A comparative analysis. *International Journal of Production Economics*, 236, 108111. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2021.108111>

JATO Dynamics. (2025). *Electric vehicle market insights in Europe*.

- MacKay, M., & Sibley, K. (2020). The relationship between vehicle ownership and road fatalities. *Accident Analysis & Prevention*, 144, 105664. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2020.105664>
- Microsoft. (2023). *Create a chart from start to finish*. <https://support.microsoft.com/excel/create-a-chart>
- Microsoft. (2024). *Visual Studio Code documentation*. <https://code.visualstudio.com/docs>
- Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). (2023). *Global vehicle production statistics*. <https://www.oecd.org/>
- Statista. (2024). *Electric vehicle sales and market share by brand and region*. <https://www.statista.com/statistics/ev-brand-share-region/>
- Tesla Inc. (2025). *Quarterly vehicle production & deliveries*. <https://ir.tesla.com>
- Walkenbach, J. (2015). *Excel 2016 Bible: The comprehensive tutorial resource*. Hoboken, NJ: Wiley.
- World Health Organization. (2023). *Global status report on road safety 2023*. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240062601>
- Yildiz, H., & Yildirim, S. (2022). An evaluation of electric vehicle adoption: Trends and policies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 154, 111841. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111841>