Determinans PDRB Regional Sumatra: Bencana, PMA, dan Angkatan Kerja

Adea Niolla Chintana Wilyasari[1], Arivina Ratih Yulihar[2]
Program Studi Ekonomi Pembangunan, Fakultas Ekonomi dan Bisnis, Universitas Lampung[1,2]
aadeaniollachintana@gmail.com[1], arivina.ratih@feb.unila.ac.id[2]

Abstrak

Tujuan: Penelitian ini bertujuan menganalisis arah dan kekuatan korelasi antara jumlah bencana alam, penanaman modal asing (PMA), tingkat partisipasi angkatan kerja (TPAK), dan variabel dummy keterkaitan spasial dengan produk domestik regional bruto atas dasar harga konstan (PDRB ADHK) total seluruh lapangan usaha di sepuluh provinsi Sumatra pada 2018–2025.
Metode: Penelitian menggunakan desain kuantitatif korelasional pada 80 observasi provinsi-tahun (sepuluh provinsi, 2018–2025) yang bersumber dari Badan Pusat Statistik, Badan Nasional Penanggulangan Bencana, dan Kementerian Investasi. Korelasi Pearson menjadi koefisien utama dan korelasi peringkat Spearman menjadi uji kekokohan karena uji Shapiro–Wilk menolak normalitas. Variabel dummy dibentuk dari analisis Moran's I dan LISA dengan pembobot Queen contiguity; karena hanya bernilai 1 pada Sumatera Utara, variabel ini berperan sebagai proksi terisolasi klaster spasial Sumatera Utara, bukan ukuran umum ketergantungan spasial lintas wilayah. Hasil ditafsirkan dengan membandingkannya terhadap studi terdahulu.
Hasil utama: PMA berkorelasi positif paling kuat dan signifikan dengan PDRB ($r = 0{,}658$; ρ Spearman $= 0{,}750$; $p < 0{,}001$). Jumlah bencana berkorelasi positif dan signifikan, tetapi lemah ($r = 0{,}389$; $p < 0{,}001$), berlawanan dengan tanda yang diharapkan; hal ini mencerminkan skala ekonomi dan tren waktu bersama, bukan manfaat bencana. TPAK tidak berkorelasi signifikan dengan PDRB ($r = 0{,}051$; $p = 0{,}653$). Dummy spasial berkorelasi positif dengan PDRB ($r = 0{,}625$; $p < 0{,}001$), tetapi hanya mengidentifikasi Sumatera Utara.
Keterbatasan: Korelasi tidak membuktikan sebab-akibat dan tidak mengendalikan variabel lain. Koefisien gabungan mencampur perbedaan antarprovinsi dengan perubahan antartahun, jumlah bencana tidak mengukur kerusakan, dan dummy spasial hanya mengidentifikasi satu provinsi.
Implikasi: Temuan ini menjadi masukan bagi pemerintah daerah, otoritas penanaman modal, dan badan penanggulangan bencana dalam menyusun kebijakan yang dibedakan menurut skala ekonomi provinsi, serta menjadi dasar bagi analisis regresi panel spasial dinamis (Dynamic Spatial Panel GMM) untuk menangkap efek kausal dan limpahan spasial.

Kata kunci: *bencana alam, penanaman modal asing, tingkat partisipasi angkatan kerja, variabel dummy spasial, analisis korelasi, PDRB regional*

Abstract

Purpose: This study examines the direction and strength of the correlation between the number of natural disasters, foreign direct investment (FDI), the labor force participation rate (LFPR), and a spatial-linkage dummy variable, on the one hand, and total gross regional domestic product (GRDP) at constant prices (the aggregate of all industries), on the other, in ten Sumatran provinces during 2018–2025.
Methodology/approach: A quantitative correlational design was applied to 80 provincial-year observations (ten provinces, 2018–2025) from Statistics Indonesia, the National Disaster Management Agency, and the Ministry of Investment. Pearson correlation is the main coefficient and Spearman rank correlation is a robustness check, because the Shapiro Wilk test rejects normality. The dummy variable is derived from Moran's I and LISA analysis with Queen contiguity weights; because it equals one only for North Sumatra, it acts as an isolated proxy for the North Sumatra spatial cluster rather than a general measure of cross-regional spatial dependence. Prior studies are used to interpret the results.
Results/findings: FDI has the strongest positive and significant correlation with GRDP ($r = 0.658$; Spearman's $\rho = 0.750$; $p < 0.001$). The number of disasters is positively and significantly correlated with GRDP, but only weakly ($r = 0.389$; $p < 0.001$), contrary to the expected negative sign; this reflects

economic scale and common time trends rather than a beneficial effect of disasters. LFPR is not significantly correlated with GRDP ($r = 0.051$; $p = 0.653$). The spatial dummy is positively correlated with GRDP ($r = 0.625$; $p < 0.001$), but it equals one only for North Sumatra.
Limitations: Correlation does not establish causation and no other variables are held constant. Pooled coefficients mix differences between provinces with changes over time, disaster counts do not measure damage, and the dummy variable identifies a single province.
Contribution: The study provides correlation evidence for ten Sumatran provinces linking disasters, FDI, labor force participation, and spatial linkage to GRDP. It informs local governments, investment authorities, and disaster management agencies and sets the stage for a dynamic spatial panel (GMM) analysis capable of capturing causal effects and spatial spillovers.

Keywords: *natural disasters, foreign direct investment, labor force participation rate, spatial dummy variable, correlation analysis, regional GDP*

1. Pendahuluan

Pulau Sumatra merupakan kawasan dengan keragaman ekonomi yang tinggi. Sebagian provinsinya menopang perekonomian melalui minyak dan gas bumi, mineral, serta perkebunan, sedangkan provinsi lain masih menghadapi keterbatasan infrastruktur dan konektivitas. Perbedaan komoditas unggulan, kapasitas industri pengolahan, dan keterhubungan antardaerah membentuk struktur produksi yang tidak seragam. Kondisi ini menjadikan Sumatra wilayah pengamatan yang layak bagi kajian ekonomi regional.

Keragaman tersebut tecermin pada Produk Domestik Regional Bruto atas dasar harga konstan (PDRB ADHK) menurut lapangan usaha. Menurut publikasi Badan Pusat Statistik (BPS) Provinsi Sumatera Utara (2025), PDRB ADHK Sumatera Utara naik dari sekitar Rp512,76 triliun pada 2018 menjadi Rp661,20 triliun pada 2025, Riau dari Rp482,07 triliun menjadi Rp598,61 triliun, dan Sumatera Selatan dari Rp298,48 triliun menjadi Rp399,39 triliun. Bengkulu dan Kepulauan Bangka Belitung, sebaliknya, bertahan di bawah Rp70 triliun sepanjang periode tersebut, sehingga rasio antara provinsi terbesar dan terkecil melampaui sepuluh kali lipat. Jarak antarkelompok provinsi ini tidak menyempit dan cenderung melebar pada tahun-tahun terakhir. Penurunan nilai pada 2020 di Sumatera Utara, Riau, dan Aceh, yang disusul pemulihan sejak 2021, menunjukkan bahwa perekonomian daerah rentan terhadap guncangan mendadak.

Kerentanan itu terbukti pada guncangan nonalam. Muhyiddin dan Nugroho (2021) mencatat bahwa pandemi Covid-19 menyebabkan ekonomi Indonesia terkontraksi 5,3 persen pada triwulan II 2020 dan 2,1 persen sepanjang tahun, dengan tekanan yang menjalar ke hampir seluruh provinsi melalui perdagangan, pariwisata, dan pembatasan mobilitas. Guncangan yang bersumber dari alam berpotensi memberi tekanan serupa, terlebih Sumatra berada pada jalur cincin api Pasifik. Abdulah et al. (2025) melaporkan bahwa Sumatra menampung sekitar 29 persen kejadian bencana nasional pada 2011–2017, dengan Aceh dan Sumatera Utara mencatat lebih dari seribu kejadian per tahun.

Secara teoretis, output wilayah ditentukan oleh akumulasi modal, ketersediaan tenaga kerja, dan kemajuan teknologi (Solow, 1956). Model pertumbuhan endogen menambahkan bahwa investasi dapat melahirkan limpahan pengetahuan yang memperbesar kapasitas produksi jangka panjang (Romer, 1986). Dalam kerangka ini, Penanaman Modal Asing (PMA) dipakai sebagai proksi modal dan Tingkat Partisipasi Angkatan Kerja (TPAK) sebagai proksi tenaga kerja (Todaro & Smith, 2015). Bencana alam bukan faktor produksi, tetapi dapat merusak modal dan mengganggu kegiatan tenaga kerja, sehingga relevan sebagai variabel tambahan.

Bukti empiris mengenai pengaruh bencana belum bulat. Skidmore dan Toya (2002) mengajukan gagasan *creative destruction*, yakni bencana mendorong pembaruan modal dan infrastruktur melalui rekonstruksi. Shabnam (2014) menyimpulkan bahwa literatur masih belum konklusif karena hasilnya bergantung pada jenis bencana, tingkat pendapatan, dan periode amatan. Cantelmo et al. (2023) menemukan penurunan output dan konsumsi jangka panjang di negara rawan bencana, dan Khan et al. (2020) menunjukkan bahwa bencana menekan ekonomi, memperburuk posisi fiskal, serta menurunkan

aliran PMA di negara-negara Belt and Road. Sebaliknya, Heger dan Neumayer (2019) menemukan bahwa tsunami 2004 di Aceh, yang diikuti rekonstruksi berskala besar, berujung pada output jangka panjang yang lebih tinggi daripada skenario tanpa bencana. Guo et al. (2015) pada data panel provinsi Tiongkok memperlihatkan bahwa bencana meteorologis berpengaruh positif terhadap pertumbuhan PDB per kapita, sedangkan bencana geologis tidak signifikan.

Temuan pada konteks Indonesia pun beragam. Asyahid dan Pekerti (2022) memakai model Spatial Durbin pada data kabupaten/kota dan mendapati bahwa kerusakan akibat bencana menekan pertumbuhan output per kapita serta menimbulkan limpahan ke wilayah tetangga. Abdulah et al. (2025) justru menemukan pengaruh positif terhadap pertumbuhan ekonomi yang konsisten dengan efek *build back better*, sementara Fadiya dan Nasution (2026) melaporkan pengaruh negatif signifikan pada 34 provinsi. Wariyanti dan Rahmayani (2025) menemukan pengaruh negatif yang tidak signifikan.

Variabel PMA dan TPAK juga menghasilkan temuan yang tidak seragam. PMA berpengaruh positif pada ekonomi provinsi dengan kontribusi terbesar di sektor pertambangan dan industri pengolahan (Fazaalloh, 2024) dan pada PDRB sepuluh provinsi Sumatra (Soegoto et al., 2025). Namun, Nugraha et al. (2022) pada Kepulauan Bangka Belitung menemukan bahwa modal tetap berpengaruh signifikan, sedangkan tenaga kerja tidak. Wariyanti dan Rahmayani (2025) pun mendapati TPAK tidak signifikan terhadap PDRB provinsi di Indonesia, padahal teori menempatkan tenaga kerja sebagai input utama. Bukti dari Sumatra dan sekitarnya menambah gambaran tersebut: Heru et al. (2025) pada data panel provinsi Sumatra dan Jawa 2015–2024 menemukan bahwa pertumbuhan ekonomi berpengaruh negatif signifikan terhadap pengangguran terbuka, sedangkan Dian et al. (2024) pada sepuluh provinsi Sumatra 2011–2020 menunjukkan bahwa pendidikan dan harapan hidup menurunkan rasio ketergantungan sehingga kesiapan tenaga kerja menjadi penting. Pada tingkat lintas negara, Wayan et al. (2024) menempatkan PMA bersama konsumsi energi terbarukan dan ekspor bahan bakar sebagai determinan pertumbuhan ekonomi di Asia Tenggara pada 2010–2020.

Terdapat dua kesenjangan yang melatarbelakangi kajian ini. Pertama, kesenjangan empiris: arah dan signifikansi pengaruh bencana, PMA, dan TPAK terhadap PDRB berbeda antarwilayah dan antarperiode. Kedua, kesenjangan praktis: studi terdahulu umumnya dilakukan pada satu provinsi, tingkat kabupaten/kota, atau cakupan nasional, dan jarang memperlakukan kesepuluh provinsi Sumatra sebagai satu kesatuan analisis pada periode 2018–2025 yang mencakup masa sebelum, selama, dan sesudah pandemi. Selain itu, keterkaitan spasial antarprovinsi, yang secara teoretis penting karena aktivitas ekonomi suatu daerah memengaruhi daerah yang berbatasan dengannya, belum lazim dimasukkan sebagai variabel dummy dalam analisis korelasi pada konteks ini. Ukhti dan Karima (2021) memang telah memakai Moran's I, LISA, dan model SAR pada PDRB ADHK 60 kabupaten/kota di Sumatera bagian selatan pada 2015–2019, tetapi tanpa memasukkan bencana, PMA, dan TPAK.

Pemilihan periode 2018–2025 didasarkan pada dua pertimbangan. Pertama, periode ini menyediakan delapan titik waktu sehingga jumlah observasi memadai (80 observasi), sekaligus mencakup tiga fase ekonomi yang berbeda: pertumbuhan normal sebelum pandemi (2018–2019), kontraksi akibat pandemi (2020), dan pemulihan (2021–2025). Variasi ini memungkinkan hubungan antara bencana, PMA, TPAK, dan PDRB diamati pada kondisi ekonomi yang berlainan, hal yang tidak diperoleh bila hanya periode normal yang diamati. Kedua, ketersediaan data terbaru hingga 2025 pada publikasi resmi BPS menjadikan potret yang dihasilkan tetap relevan bagi kebijakan pembangunan daerah, termasuk agenda pemerataan pembangunan di luar Jawa.

Berdasarkan uraian tersebut, artikel ini bertujuan (i) menganalisis arah dan kekuatan korelasi antara jumlah bencana alam, PMA, dan TPAK dengan PDRB ADHK total seluruh lapangan usaha (agregat), (ii) menganalisis korelasi variabel dummy keterkaitan spasial dengan PDRB, dan (iii) menguji hipotesis korelasi pada sepuluh provinsi Sumatra tahun 2018–2025 serta membandingkannya dengan bukti literatur. Manfaat yang diharapkan bersifat akademis, yaitu memperkaya literatur ekonomi regional, dan praktis, yaitu menjadi masukan bagi pemerintah daerah dalam merancang mitigasi bencana, penguatan angkatan kerja, serta iklim investasi yang lebih merata. Artikel ini disusun sebagai berikut:

bagian 2 membahas landasan teori, kajian empiris, dan hipotesis; bagian 3 memaparkan metodologi; bagian 4 menyajikan hasil dan pembahasan; dan bagian 5 memuat kesimpulan.

2. Tinjauan pustaka dan pengembangan hipotesis

2.1 Landasan teori

2.1.1 Fungsi produksi dan model Solow–Swan

Teori produksi menjelaskan bagaimana input diubah menjadi output. Dua input pokoknya adalah modal (K) dan tenaga kerja (L). Bentuk yang paling lazim dipakai adalah fungsi Cobb–Douglas (Cobb & Douglas, 1928):

$$Y = A \cdot K^{\alpha} \cdot L^{1-\alpha} \quad (1)$$

dengan Y sebagai output, A sebagai produktivitas total faktor, dan α sebagai elastisitas output terhadap modal ($0 < \alpha < 1$). Fungsi neoklasik ini memiliki tiga sifat: tambahan setiap input menaikkan output, tambahan tersebut makin kecil bila input lain tetap (*diminishing returns*), dan skala hasilnya konstan (Solow, 1956). Sifat kedua menjelaskan mengapa penambahan modal saja tidak dapat menopang pertumbuhan tanpa batas. Pada model Solow–Swan, sebagian output ditabung dan diinvestasikan, sedangkan modal lama menyusut dengan laju depresiasi; perekonomian akhirnya mencapai keadaan mapan (*steady state*) yang pertumbuhan output per pekerjanya ditentukan oleh kemajuan teknologi eksogen.

2.1.2 Model Solow yang diperluas

Mankiw et al. (1992) menguji model Solow dengan data lintas negara dan menemukan bahwa arah pengaruh tabungan dan pertumbuhan penduduk sesuai teori, tetapi besarnya berlebihan bila hanya modal fisik yang diperhitungkan. Mereka lalu menambahkan modal manusia (H) sehingga fungsi produksi menjadi $Y(t) = K(t)^{\alpha}H(t)^{\beta}[A(t)L(t)]^{1-\alpha-\beta}$. Pada keadaan mapan, output per pekerja meningkat bersama investasi modal fisik dan modal manusia serta menurun bersama pertumbuhan tenaga kerja dan depresiasi. Nilai awal teknologi A(0) mencerminkan pula kekayaan sumber daya alam, iklim, dan kelembagaan, sehingga wajar berbeda antarprovinsi (Mankiw et al., 1992).

Kajian ini mengadopsi kerangka tersebut dengan penyesuaian. PMA mewakili modal (K), TPAK mewakili tenaga kerja (L), dan perbedaan karakteristik provinsi yang tidak teramati, termasuk kualitas sumber daya manusia, tidak dikendalikan dalam analisis korelasi dan dibahas sebagai keterbatasan. Bencana alam (B) ditambahkan sebagai faktor eksternal melalui dua jalur: merusak modal fisik dan infrastruktur sehingga depresiasi meningkat, serta mengganggu aktivitas tenaga kerja dan kondisi wilayah yang tecermin pada A. Wariyanti dan Rahmayani (2025) telah memakai kerangka Solow–Swan serupa untuk menilai pengaruh bencana terhadap PDRB 31 provinsi. Hubungan fungsional pada penelitian ini dituliskan sebagai

$Y_{it} = f(B_{it}, K_{it}, L_{it})$ (2) dengan i menunjukkan provinsi dan t menunjukkan tahun.

2.1.3 Pertumbuhan endogen

Model Solow bergantung pada teknologi yang ditentukan dari luar model dan memprediksi konvergensi antarwilayah, padahal kesenjangan kerap bertahan lama. Romer (1986) memandang pengetahuan sebagai input yang tidak mengalami hasil menurun dan dapat dipakai banyak pihak sekaligus, sehingga investasi satu perusahaan menimbulkan limpahan (*knowledge spillover*) bagi perusahaan lain. Gagasan ini berkaitan dengan *learning by doing* (Arrow, 1962) dan dikembangkan lebih lanjut dengan menempatkan teknologi sebagai hasil keputusan investasi pada penelitian dan pengembangan (Romer, 1990). Bagi penelitian ini, PMA tidak hanya menambah stok modal, tetapi juga membawa teknologi dan praktik manajemen yang dapat menyebar ke pelaku usaha lokal. Kerusakan akibat bencana pada modal, infrastruktur, dan jaringan produksi, sebaliknya, dapat menghambat penumpukan dan penyebaran pengetahuan tersebut.

2.2 Kajian empiris

Tabel 1 merangkum studi terdahulu yang menjadi dasar pengembangan hipotesis. Studi dipilih karena membahas salah satu atau beberapa variabel penelitian pada konteks panel regional atau lintas negara.

Tabel 1. Ringkasan studi terdahulu yang relevan

Peneliti (tahun)	Cakupan dan metode	Temuan utama
Skidmore & Toya (2002)	Lintas negara; regresi pertumbuhan jangka panjang	Mendukung gagasan *creative destruction*: bencana dapat mendorong pembaruan modal
Felbermayr & Gröschl (2014)	Lintas negara; analisis panel	Bencana menurunkan pertumbuhan ekonomi
Klomp & Valckx (2014)	Meta-analisis	Efek bencana terhadap pertumbuhan cenderung negatif
Loayza et al. (2012)	Lintas negara; *dynamic* GMM	Dampak berbeda menurut jenis bencana dan sektor
Guo et al. (2015)	Panel provinsi Tiongkok	Bencana meteorologis positif signifikan; bencana geologis tidak signifikan
Heger & Neumayer (2019)	Studi kasus tsunami Aceh 2004	Output jangka panjang lebih tinggi daripada skenario tanpa bencana
Asyahid & Pekerti (2022)	Kabupaten/kota Indonesia; Spatial Durbin Model	Kerusakan rumah menekan pertumbuhan; ada limpahan ke wilayah tetangga
Ilham (2023)	30 provinsi Indonesia	Bencana berdampak negatif pada pertumbuhan ekonomi regional
Wariyanti & Rahmayani (2025)	31 provinsi, 2011–2023; Fixed Effect Model	PMTB dan IPM positif signifikan; TPAK positif tidak signifikan; bencana negatif tidak signifikan
Abdulah et al. (2025)	33 provinsi; data PODES; FEM, REM, GMM	Bencana berpengaruh positif terhadap pertumbuhan ekonomi
Fadiya & Nasution (2026)	34 provinsi, 2020–2024; Fixed Effect Model	Risiko bencana berpengaruh negatif signifikan
Fazaalloh (2024)	33 provinsi, 2010–2019; FEM dan System GMM	PMA positif signifikan; kontribusi terbesar pada pertambangan dan industri pengolahan
Soegoto et al. (2025)	10 provinsi Sumatra, 2010–2023; Fixed Effect Model	PMA dan investasi domestik positif signifikan terhadap PDRB
Nairobi (2021)	16 provinsi, 2014–2018	PMA dan tenaga kerja positif signifikan terhadap pertumbuhan
Wijayanti & Irawan (2026)	33 provinsi, 2015–2023; Difference GMM	PMA positif signifikan terhadap PDRB
Sinaga et al. (2025)	Sumatera Utara, 2018–2023; regresi linear berganda	TPAK dan jumlah penduduk positif signifikan terhadap pertumbuhan
Saleh & Payu (2026)	Provinsi Indonesia, 2020–2024; Fixed Effect Model	TPAK dan lama sekolah positif signifikan terhadap PDB per kapita
Nur'eni et al. (2025)	Provinsi Indonesia, 2019–2023; Moran's I, LISA, SAR	Terdapat keterkaitan spasial pertumbuhan antarprovinsi
Nugraha et al. (2022)	Kepulauan Bangka Belitung; Cobb–Douglas	Modal tetap positif signifikan; tenaga kerja tidak signifikan
Ukhti dan Karima (2021)	60 kabupaten/kota Sumatera bagian selatan, 2015–2019; Moran's I, LISA, SAR	Autokorelasi spasial positif signifikan pada PDRB ADHK (Moran's I = 0,807)

Arivina et al. (2024)	15 kabupaten/kota Lampung; Location Quotient pada PDRB sektoral ADHK 2010	Bandar Lampung paling siap; sektor pendukung pariwisata umumnya sektor basis
Wayan et al. (2024)	Negara Asia Tenggara, 2010–2020 (110 sampel); kuantitatif (EViews 9)	Konsumsi energi terbarukan memengaruhi pertumbuhan ekonomi; FDI dan ekspor bahan bakar menjadi variabel penjelas
Dian et al. (2024)	10 provinsi Sumatra, 2011–2020; Random Effects Model	Pendidikan dan harapan hidup menurunkan, pendapatan per kapita menaikkan rasio ketergantungan
Heru et al. (2025)	Provinsi Sumatra dan Jawa, 2015–2024; Fixed Effect Model	Pendidikan dan pertumbuhan ekonomi menurunkan pengangguran terbuka

Sumber: Diolah penulis dari studi yang dirujuk (2026)

Tabel 1 memperlihatkan tiga pola. Pertama, kajian tentang bencana didominasi data lintas negara atau seluruh provinsi Indonesia, dan hanya sedikit yang memusatkan perhatian pada Sumatra. Kedua, kajian PMA pada sepuluh provinsi Sumatra (Soegoto et al., 2025) belum memasukkan bencana sebagai variabel, sedangkan kajian bencana pada tingkat provinsi (Fadiya & Nasution, 2026; Wariyanti & Rahmayani, 2025) tidak memisahkan karakteristik regional Sumatra. Ketiga, keterkaitan spasial jarang dipadukan dengan variabel bencana, PMA, dan TPAK dalam satu analisis. Kesenjangan inilah yang diisi oleh artikel ini, yakni menganalisis korelasi keempat variabel tersebut dengan PDRB pada sepuluh provinsi Sumatra pada 2018–2025 dan membandingkannya dengan bukti terdahulu.

2.3 Pengembangan hipotesis

H1: Jumlah kejadian bencana alam (X1) berkorelasi negatif dan signifikan dengan PDRB ADHK total (Y).
H2: PMA (X2) berkorelasi positif dan signifikan dengan PDRB ADHK total (Y).
H3: TPAK (X3) berkorelasi positif dan signifikan dengan PDRB ADHK total (Y).
H4: Dummy keterkaitan spasial (D) berkorelasi signifikan dengan PDRB ADHK total (Y); arah korelasi tidak ditetapkan sebelumnya.

Setiap hipotesis diuji dengan H0: $\rho = 0$ melawan Ha: $\rho \neq 0$ pada taraf signifikansi 5 persen, dengan ρ sebagai koefisien korelasi populasi.

3. Metodologi penelitian

3.1 Desain penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain korelasional yang dipadukan dengan tinjauan literatur naratif terstruktur. Analisis korelasi dipakai untuk mengukur arah dan kekuatan hubungan antara PDRB ADHK (Y) dan jumlah bencana alam (X1), PMA (X2), TPAK (X3), serta dummy keterkaitan spasial (D). Tinjauan literatur dipakai untuk menafsirkan dan membandingkan hasil korelasi. Analisis korelasi tidak membuktikan hubungan sebab-akibat dan tidak mengendalikan variabel lain, sehingga hasilnya dibaca sebagai keterkaitan, bukan pengaruh.

3.2 Penelusuran dan seleksi literatur

Penelusuran dilakukan pada Google Scholar, ScienceDirect, Springer, DOAJ, Garuda, dan portal jurnal nasional menggunakan kata kunci *natural disasters*, *regional GDP*, *foreign direct investment*, *labor force participation*, *spatial autocorrelation*, *panel data*, dan Sumatra, beserta padanan Bahasa Indonesia. Studi dimasukkan bila (a) terbit pada jurnal atau penerbit ilmiah, (b) bersifat empiris atau tinjauan sistematis, (c) memuat sekurang-kurangnya satu variabel penelitian atau metode spasial yang relevan, dan (d) menyebutkan arah dan signifikansi pengaruh. Opini tanpa data tidak disertakan. Sintesis dilakukan dengan membandingkan arah pengaruh, signifikansi, cakupan wilayah, periode, dan metode antarstudi, kemudian mengidentifikasi faktor yang menjelaskan perbedaan temuan.

3.3 Rancangan data penelitian

Analisis memakai data sekunder panel pada seluruh provinsi di Pulau Sumatra, yaitu Aceh, Sumatera Utara, Sumatera Barat, Riau, Kepulauan Riau, Jambi, Sumatera Selatan, Kepulauan Bangka Belitung, Bengkulu, dan Lampung, selama 2018–2025. Dengan 10 provinsi dan 8 tahun, terbentuk 80 observasi. Data PDRB dan TPAK bersumber dari BPS (Direktorat Neraca Produksi, 2025), data kejadian bencana dari Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), dan data realisasi PMA dari Kementerian Investasi. Penggunaan seluruh provinsi dilakukan karena karakteristik ekonomi, investasi, ketenagakerjaan, dan kerawanan bencana yang berbeda, sekaligus memungkinkan analisis keterkaitan spasial. Definisi operasional variabel disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Definisi operasional variabel

Variabel	Simbol	Definisi operasional	Satuan
PDRB ADHK total seluruh lapangan usaha	Y	Nilai tambah bruto seluruh lapangan usaha provinsi pada harga konstan sehingga mencerminkan output riil tanpa pengaruh harga	Miliar rupiah
Jumlah bencana alam	X1	Total kejadian bencana alam dalam satu tahun pada setiap provinsi	Kejadian
Penanaman Modal Asing	X2	Nilai realisasi investasi penanam modal asing pada suatu provinsi dalam satu tahun	Juta US$
Tingkat Partisipasi Angkatan Kerja	X3	Persentase penduduk usia kerja yang termasuk angkatan kerja, baik bekerja maupun mencari pekerjaan	Persen
Dummy keterkaitan spasial	D	Variabel kategorik: 1 bila keterkaitan spasial lokal signifikan menurut LISA, 0 bila tidak	Dummy (0/1)

Sumber: Dirumuskan penulis (2026)

Variabel terikat dalam penelitian ini adalah PDRB ADHK total seluruh lapangan usaha pada tiap provinsi per tahun (Y), sehingga hubungan pada tingkat sektoral dibahas secara kualitatif dan menjadi arah pengembangan analisis. Agregat dipilih karena TPAK dan jumlah kejadian bencana tersedia pada tingkat provinsi tanpa rincian lapangan usaha, sehingga tidak dapat dipasangkan secara tepat dengan nilai tambah sektor tertentu, dan karena pertanyaan penelitian ini menyangkut keterkaitan makro-regional. Keterbatasan serupa dialami Arivina et al. (2024), yang menyebut bahwa data PDRB khusus sektor pariwisata belum tersedia sehingga sektor pendukungnya ditelaah dari PDRB sektoral ADHK 2010 dengan Location Quotient. Oleh sebab itu, judul memakai istilah “regional”, bukan “sektoral”. Variabel bebasnya adalah jumlah bencana alam (X1), PMA (X2), TPAK (X3), dan dummy keterkaitan spasial (D). Karena skala PDRB dan PMA sangat berbeda antarprovinsi, transformasi logaritma natural pada Y, X2, dan X1 (ditambah satu agar aman terhadap nilai nol) dipakai sebagai uji kekokohan, bukan sebagai analisis utama. Seluruh langkah pengolahan data dicatat agar penelitian dapat diulang pada kondisi yang serupa.

3.4 Analisis spasial dan pembentukan dummy

Analisis spasial dilakukan dengan perangkat lunak GeoDa dan matriks pembobot *Queen contiguity*. Moran’s I global menguji ada tidaknya autokorelasi spasial PDRB ADHK antarprovinsi (H_0: tidak ada autokorelasi spasial global). LISA *Significance Map* menunjukkan wilayah dengan keterkaitan lokal yang signifikan pada taraf 5 persen, dan LISA *Cluster Map* mengelompokkan wilayah ke dalam *HighHigh*, *Low-Low*, *High-Low*, dan *Low-High*. Dummy D bernilai 1 untuk wilayah dengan keterkaitan lokal signifikan dan 0 untuk lainnya. Dalam analisis korelasi, D diperlakukan sebagai variabel biner sehingga korelasinya dengan Y berupa korelasi point-biserial. Prosedur ini sejalan dengan Ukhti dan Karima (2021), yang memakai Moran's I, LISA, dan pembobot kontiguitas pada PDRB ADHK kabupaten/kota Sumatera bagian selatan. Perlu ditegaskan bahwa pada data penelitian ini hanya Sumatera Utara yang menunjukkan keterkaitan lokal signifikan menurut peta LISA (D = 1 pada 8 dari 80 observasi). Dengan demikian, D merupakan proksi terisolasi (North Sumatra Spatial Cluster Dummy) yang secara statistik berperan seperti dummy efek tetap untuk Sumatera Utara, dan tidak

mengukur dinamika autokorelasi spasial lintas wilayah secara fleksibel. Korelasi D dengan Y hanya boleh dibaca sebagai perbedaan karakteristik provinsi tersebut.

3.5 Analisis korelasi

Analisis korelasi dipakai untuk mengukur arah dan kekuatan hubungan linear antara dua variabel. Koefisien korelasi Pearson (r) dihitung dengan persamaan berikut.

$$r = \Sigma(X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y}) / \sqrt{[\Sigma(X_i - \bar{X})^2 \cdot \Sigma(Y_i - \bar{Y})^2]} \qquad (3)$$

dengan $\bar{X}$ dan $\bar{Y}$ sebagai rata-rata masing-masing variabel. Nilai r berkisar dari −1 sampai +1. Tanda menunjukkan arah hubungan (positif berarti kedua variabel bergerak searah, negatif berarti berlawanan arah), sedangkan besarnya menunjukkan kekuatan hubungan. Kekuatan hubungan ditafsirkan menurut Sugiyono (2017): 0,00–0,199 sangat rendah; 0,20–0,399 rendah; 0,40–0,599 sedang; 0,60–0,799 kuat; dan 0,80–1,000 sangat kuat. Koefisien determinasi (r^2) menunjukkan persentase keragaman Y yang berbagi pola dengan variabel bebas.

Signifikansi diuji dengan statistik $t = r\sqrt{(n - 2)} / \sqrt{(1 - r^2)}$ dengan derajat bebas $n - 2 = 78$. Pada taraf 5 persen, korelasi signifikan bila $p < 0,05$, yakni bila $|r|$ melebihi sekitar 0,220. Korelasi Pearson mensyaratkan data berdistribusi normal dan hubungan linear, sehingga normalitas diperiksa dengan uji Shapiro–Wilk. Bila normalitas ditolak, korelasi peringkat Spearman (ρ) dilaporkan sebagai pembanding karena tidak bergantung pada bentuk sebaran data dan lebih tahan terhadap pencilan.

Uji kekokohan dilakukan dengan tiga cara: (a) korelasi Pearson setelah transformasi logaritma natural; (b) korelasi tanpa Sumatera Utara, satu-satunya provinsi dengan D = 1; dan (c) korelasi dalam provinsi (within), yaitu korelasi setelah setiap variabel dikurangi rata-rata provinsinya sehingga hanya menggambarkan perubahan antartahun pada provinsi yang sama. Seluruh perhitungan dilakukan dengan Python (pustaka SciPy).

4. Hasil dan pembahasan

Hasil pada bagian ini berasal dari analisis korelasi atas 80 observasi (10 provinsi × 8 tahun) dan dibandingkan dengan bukti literatur serta statistik resmi.

Karena memakai analisis korelasi, hasil dibaca sebagai arah dan kekuatan keterkaitan antarvariabel, bukan sebagai pengaruh sebab-akibat.

4.1 Gambaran umum PDRB ADHK provinsi di Sumatra

Tabel 3 menunjukkan bahwa tiga provinsi dengan skala ekonomi terbesar tumbuh secara kumulatif sekitar seperempat sampai sepertiga selama 2018–2025. Sumatera Selatan mencatat pertumbuhan kumulatif tertinggi, tetapi nilai absolutnya tetap jauh di bawah Sumatera Utara dan Riau. Selisih absolut ini, bersama rasio lebih dari sepuluh kali lipat terhadap provinsi terkecil, menunjukkan bahwa kesenjangan antarprovinsi bersifat persisten. Kemunduran serentak pada 2020 menegaskan bahwa guncangan eksternal dapat memengaruhi banyak provinsi sekaligus (Muhyiddin & Nugroho, 2021).

Tabel 3. PDRB ADHK tiga provinsi dengan nilai terbesar, 2018 dan 2025

Provinsi	PDRB ADHK 2018 (Rp triliun)	PDRB ADHK 2025 (Rp triliun)	Pertumbuhan kumulatif (%)
Sumatera Utara	512,76	661,20	28,95
Riau	482,07	598,61	24,17
Sumatera Selatan	298,48	399,39	33,81

Sumber: BPS Provinsi Sumatera Utara (2025), diolah

4.2 Statistik deskriptif

Tabel 4 meringkas data yang dianalisis. PDRB ADHK (Y) rata-rata Rp248.741,11 miliar (sekitar Rp248,7 triliun) dengan simpangan baku Rp175.234,99 miliar. Nilai terendah Rp44.164,11 miliar dan tertinggi Rp661.204,18 miliar, sehingga selisihnya hampir 15 kali lipat. Jumlah bencana alam rata-rata

96,19 kejadian per provinsi-tahun (kisaran 9–396), PMA rata-rata US$622,15 juta, dan TPAK rata-rata 68,19 persen dengan simpangan baku hanya 2,32 poin persentase. Dummy D bernilai 1 pada 8 dari 80 observasi (10 persen), seluruhnya milik Sumatera Utara. Rata-rata Y dan PMA jauh di atas mediannya (Y: 184.105,27; PMA: 168,35), tanda bahwa sebaran condong ke kanan akibat provinsi berskala besar.

Tabel 4. Statistik deskriptif variabel penelitian (N = 80)

Variabel	N	Minimum	Maksimum	Rata-rata	Median	Simpangan baku
Y: PDRB ADHK (miliar Rp)	80	44.164,11	661.204,18	248.741,11	184.105,27	175.234,99
X1: Bencana alam (kejadian)	80	9	396	96,19	77,50	79,49
X2: PMA (juta US$)	80	16,60	2.748,70	622,15	168,35	730,64
X3: TPAK (%)	80	63,13	72,29	68,19	68,68	2,32
D: Dummy spasial (0/1)	80	0,00	1,00	0,10	0,00	0,30

Sumber: Data penelitian, diolah (2026)

4.3 Uji normalitas dan pemilihan koefisien

Tabel 5 menunjukkan bahwa seluruh variabel kontinu tidak berdistribusi normal pada taraf 5 persen ($p < 0,05$). Variabel D tidak diuji karena bersifat biner. Karena itu, koefisien Pearson tetap dilaporkan sebagai ukuran utama, tetapi keputusan hipotesis dibaca bersama korelasi Spearman. Kedua koefisien memberikan keputusan yang sama pada taraf 5 persen untuk keempat variabel bebas.

Tabel 5. Hasil uji normalitas Shapiro–Wilk

Variabel	Statistik W	p-value	Keputusan (taraf 5%)
Y: PDRB ADHK	0,879	< 0,001	Tidak normal
X1: Bencana alam	0,865	< 0,001	Tidak normal
X2: PMA	0,784	< 0,001	Tidak normal
X3: TPAK	0,958	0,011	Tidak normal

Sumber: Data penelitian, diolah (2026). H0: data berdistribusi normal

4.4 Matriks korelasi antarvariabel

Tabel 6 menyajikan korelasi Pearson untuk seluruh pasangan variabel, dan Gambar 1 menampilkannya sebagai peta warna: warna merah menunjukkan korelasi positif, biru negatif, dan makin pekat berarti makin kuat. Variabel Y berkorelasi paling kuat dengan X2 (PMA) dan D, lebih lemah dengan X1 (bencana alam), dan hampir nol dengan X3 (TPAK). Korelasi antarvariabel bebas relatif kecil (terbesar 0,334 antara X3 dan D), sehingga tidak ada pasangan variabel bebas yang saling tumpang-tindih kuat.

Tabel 6. Matriks korelasi Pearson (N = 80)

	Y	X1	X2	X3	D
Y	1				
X1	0,389**	1			
X2	0,658**	0,132	1		
X3	0,051	−0,244*	−0,053	1	
D	0,625**	0,256*	0,244*	0,334**	1

Sumber: Data penelitian, diolah (2026). Keterangan: ** signifikan pada 1 persen; * signifikan pada 5 persen (uji dua sisi)

4.5 Korelasi variabel bebas dengan PDRB

Tabel 7 merangkum korelasi setiap variabel bebas dengan Y, dan Gambar 2 memperlihatkan polanya pada diagram pencar. Cara membacanya: tanda r menunjukkan arah, kolom kekuatan menunjukkan seberapa erat hubungan, dan r^2 menunjukkan berapa persen keragaman Y yang berbagi pola dengan variabel tersebut.

Tabel 7. Korelasi variabel bebas dengan PDRB ADHK (Y), N = 80

Variabel	Pearson r	p-value	Kekuatan (Sugiyono)	r^2 (%)	Spearman ρ	p-value
X1: Bencana alam	0,389	< 0,001	rendah	15,1	0,352	0,001
X2: PMA	0,658	< 0,001	kuat	43,3	0,750	< 0,001
X3: TPAK	0,051	0,653	sangat rendah	0,3	0,130	0,249
D: Dummy spasial	0,625	< 0,001	kuat	39,1	0,494	< 0,001

Sumber: Data penelitian, diolah (2026). Kekuatan mengikuti klasifikasi Sugiyono (2017) berdasarkan nilai r

Jumlah bencana alam (X1). Korelasi dengan Y positif dan rendah ($r = 0,389$; $p < 0,001$; $r^2 = 15,1$ persen). Korelasi Spearman memberi hasil serupa ($\rho = 0,352$; $p = 0,001$). Artinya, provinsi dan tahun dengan kejadian bencana lebih banyak cenderung memiliki PDRB lebih tinggi. Arah ini berlawanan dengan ekspektasi H1 dan dibahas pada subbab pembahasan.

Penanaman modal asing (X2). Korelasi dengan Y positif dan kuat ($r = 0,658$; $p < 0,001$; $r^2 = 43,3$ persen). Korelasi Spearman bahkan lebih tinggi ($\rho = 0,750$; $p < 0,001$). Provinsi dengan realisasi PMA lebih besar cenderung memiliki PDRB lebih besar, dan ini merupakan hubungan paling erat di antara semua variabel bebas.

Tingkat partisipasi angkatan kerja (X3). Korelasi dengan Y sangat rendah dan tidak signifikan ($r = 0,051$; $p = 0,653$; $r^2 = 0,3$ persen). Korelasi Spearman juga tidak signifikan ($\rho = 0,130$; $p = 0,249$). Tidak ada pola linear maupun pola peringkat antara TPAK dan PDRB pada data lintas provinsi dan tahun ini. Dummy keterkaitan spasial (D). Korelasi point-biserial dengan Y positif dan kuat ($r = 0,625$; $p < 0,001$; $r^2 = 39,1$ persen), sedangkan Spearman berada pada kategori sedang ($\rho = 0,494$; $p < 0,001$). Rata-rata PDRB pada observasi dengan D = 1 adalah Rp575.397,29 miliar, dibandingkan Rp212.445,98 miliar pada D = 0. Perlu dicatat bahwa D = 1 hanya terdapat pada Sumatera Utara dan tidak berubah sepanjang 2018–2025.

4.6 Pengujian hipotesis

Tabel 8 membandingkan ekspektasi setiap hipotesis dengan hasil korelasi pada taraf signifikansi 5 persen. Dua hipotesis diterima (H2 dan H4) dan dua ditolak (H1 dan H3).

Tabel 8. Ringkasan pengujian hipotesis korelasi

Hipotesis	Ekspektasi	Hasil korelasi	Keputusan
H1: X1 dengan Y	Negatif, signifikan	$r = 0,389$; $p < 0,001$	Ditolak: signifikan, tetapi arahnya positif
H2: X2 dengan Y	Positif, signifikan	$r = 0,658$; $p < 0,001$	Diterima
H3: X3 dengan Y	Positif, signifikan	$r = 0,051$; $p = 0,653$	Ditolak: tidak signifikan
H4: D dengan Y	Signifikan (arah bebas)	$r = 0,625$; $p < 0,001$	Diterima: positif

Sumber: Data penelitian, diolah (2026)

4.7 Uji kekokohan

Tabel 9 memeriksa apakah hasil utama bertahan bila data diperlakukan secara berbeda. Korelasi PMA stabil: tetap positif, signifikan, dan berkisar 0,373–0,730 pada semua cara. Korelasi bencana alam juga selalu positif dan signifikan. Korelasi TPAK berubah menurut cara menghitungnya: hampir nol pada perbandingan antarprovinsi, mendekati signifikan dan bertanda negatif tanpa Sumatera Utara ($r = -0,231$; $p = 0,051$), tetapi positif dan signifikan dalam provinsi ($r = 0,513$). Korelasi dalam provinsi tersebut lebih mencerminkan kenaikan bersama TPAK (rata-rata 67,7 persen pada 2018 menjadi 69,4 persen pada 2025) dan PDRB (rata-rata Rp222.907 miliar menjadi Rp285.054 miliar) daripada pengaruh TPAK terhadap PDRB. Korelasi dalam provinsi tidak mengendalikan tren waktu bersama (common time trend), sehingga sebagian besar korelasi positif ini kemungkinan besar bersumber dari tren tersebut. Porsi tren waktu belum dapat dipisahkan dalam penelitian ini karena tidak ada dummy waktu atau penghilangan tren (detrending); pemisahan tersebut menjadi agenda studi lanjutan.

Tabel 9. Uji kekokohan korelasi Pearson dengan Y

Variabel	Pearson utama	Logaritma natural	Tanpa Sumatera Utara	Dalam provinsi
X1: Bencana alam	0,389**	0,448**	0,290*	0,568**
X2: PMA	0,658**	0,730**	0,670**	0,373**
X3: TPAK	0,051	−0,021	−0,231	0,513**
D: Dummy spasial	0,625**	0,472**	tidak berlaku	tidak berlaku

Sumber: Data penelitian, diolah (2026). Keterangan: ** signifikan pada 1 persen; * signifikan pada 5 persen; D tidak berubah dalam provinsi sehingga korelasi dalam provinsi tidak dapat dihitung

4.8 Sintesis bukti literatur

Tabel 10 merangkum arah pengaruh setiap variabel dalam literatur beserta faktor yang menjelaskan perbedaan hasil, dan membandingkannya dengan hasil korelasi penelitian ini. Pola yang muncul adalah bahwa korelasi PMA sejalan dengan literatur, korelasi TPAK sejalan dengan temuan tidak signifikan pada PDRB agregat, sedangkan korelasi bencana alam berlawanan dengan arah dominan dalam literatur.

Tabel 10. Sintesis arah pengaruh variabel menurut literatur dan hasil korelasi penelitian ini

Variabel	Arah pengaruh dalam literatur	Faktor penjelas perbedaan hasil	Ekspektasi	Hasil korelasi penelitian ini
Bencana alam (BA)	Dominan negatif; sebagian positif atau tidak signifikan	Jenis bencana, ukuran intensitas, sektor, skala unit analisis, rekonstruksi	Negatif; signifikansi bergantung ukuran	Positif, rendah, signifikan (r = 0,389)
PMA	Dominan positif signifikan	Sektor tujuan, keterkaitan dengan ekonomi lokal, infrastruktur	Positif	Positif, kuat, signifikan (r = 0,658)
TPAK	Positif atau tidak signifikan	Penyerapan tenaga kerja, cakupan wilayah, variasi antarprovinsi	Positif, lemah	Tidak signifikan (r = 0,051)
Dummy spasial (D)	Keterkaitan spasial antarprovinsi signifikan	Pola klaster (HH atau LL), pembobot spasial	Tanda bergantung klaster	Positif, kuat, signifikan (r = 0,625); D = 1 hanya Sumatera Utara

Sumber: Sintesis penulis dari Tabel 1 dan Tabel 7

4.9 Pembahasan

4.9.1 Bencana alam

Hasil korelasi menunjukkan bahwa jumlah bencana alam berkorelasi positif dan signifikan dengan PDRB (r = 0,389; ρ = 0,352), sehingga H1 yang mengharapkan tanda negatif tidak didukung. Temuan ini berbeda dari arah dominan dalam literatur berikut.

Mayoritas studi yang menggunakan data provinsi atau kabupaten/kota di Indonesia melaporkan dampak negatif bencana terhadap output (Asyahid & Pekerti, 2022; Fadiya & Nasution, 2026; Ilham, 2023), dan studi lintas negara memperkuat gambaran tersebut (Cantelmo et al., 2023; Felbermayr & Gröschl, 2014; Khan et al., 2020; Klomp & Valckx, 2014). Mekanismenya adalah rusaknya aset produktif, terganggunya distribusi, dan meningkatnya ketidakpastian investasi. Studi kasus Sitepu et al. (2023) memperlihatkan bahwa dampak tidak berhenti di provinsi terdampak, tetapi merambat ke ekonomi nasional melalui keterkaitan antardaerah.

Di sisi lain, hasil positif muncul ketika rekonstruksi dan bantuan eksternal besar (Heger & Neumayer, 2019), ketika bencana didefinisikan menurut jenis tertentu (Guo et al., 2015), atau ketika bencana diukur pada tingkat desa dan dikaitkan dengan pertumbuhan ekonomi provinsi (Abdulah et al., 2025). Hasil tidak signifikan pada Wariyanti dan Rahmayani (2025) dapat dipahami karena kejadian bencana mengukur frekuensi, bukan besarnya kerusakan. Implikasinya, jumlah kejadian sebagai ukuran intensitas bencana berisiko menyamarkan pengaruh sebenarnya. Untuk Sumatra, yang memiliki frekuensi kejadian tinggi dan mencakup banjir, longsor, gempa bumi, serta kebakaran hutan dan lahan, pengaruh negatif pada sektor berbasis lahan seperti pertanian dan perkebunan lebih mungkin muncul daripada pada sektor jasa. Dengan demikian, tanda positif pada penelitian ini tidak boleh dibaca sebagai bukti bahwa bencana meningkatkan output. Ada tiga penjelasan yang lebih masuk akal. Pertama, korelasi ini bersifat lintas provinsi dan menangkap skala: provinsi dengan ekonomi besar seperti Sumatera Utara dan Riau mencatat rata-rata kejadian yang lebih banyak daripada provinsi-provinsi kecil, meskipun Aceh menjadi pengecualian (rata-rata 208,6 kejadian per tahun dengan PDRB rata-rata Rp140,7 triliun). Kedua, PDRB riil naik hampir setiap tahun, sedangkan jumlah kejadian tercatat lebih tinggi pada 2021, 2023, dan 2025 (rata-rata 127,1, 137,1, dan 161,3 kejadian) sehingga korelasi dalam provinsi yang positif ($r = 0,568$) lebih mencerminkan kenaikan bersama. Ketiga, jumlah kejadian tidak mengukur kerusakan dan tidak memisahkan efek pemulihan pascabencana (Abdulah et al., 2025; Heger & Neumayer, 2019). Karena itu, arah negatif pada H1 tetap perlu diuji dengan ukuran intensitas bencana dan analisis kausal.

4.9.2 Penanaman Modal Asing

Hasil korelasi mendukung H2: PMA berkorelasi positif dan kuat dengan PDRB ($r = 0,658$; $\rho = 0,750$; $r^2 = 43,3$ persen) dan hubungan ini stabil pada seluruh uji kekokohan (Tabel 9). Hasil ini sejalan dengan Fazaalloh (2024) dan Soegoto et al. (2025). Namun korelasi tidak membuktikan bahwa PMA menaikkan PDRB, karena investor asing juga cenderung memilih provinsi yang sudah berskala besar sehingga hubungannya dapat berlangsung dua arah.

Bukti mengenai PMA relatif konsisten. Fazaalloh (2024) pada 33 provinsi 2010–2019 menemukan pengaruh positif signifikan dengan kontribusi terbesar dari pertambangan, industri pengolahan, serta akomodasi dan makan minum; Nairobi (2021), Soegoto et al. (2025), dan Wijayanti dan Irawan (2026) memperkuatnya dengan sampel dan metode berbeda. Karena Soegoto et al. (2025) meneliti sepuluh provinsi yang sama, hasil mereka paling relevan sebagai rujukan untuk H2. Bukti ini sejalan dengan mekanisme akumulasi modal dan limpahan teknologi. Wayan et al. (2024) juga memasukkan PMA sebagai determinan pertumbuhan ekonomi di negara-negara Asia Tenggara pada 2010–2020. Perlu dicatat bahwa Nugraha et al. (2022) menemukan peran penting modal tetap, bukan PMA secara khusus, sehingga transmisi dari modal asing ke output tetap bergantung pada keterkaitannya dengan ekonomi lokal. Temuan Maichal et al. (2024) mengenai ketimpangan konsisten dengan kemungkinan bahwa manfaat PMA terkonsentrasi pada provinsi yang sudah maju, seperti tampak pada dominasi Riau, Kepulauan Riau, Sumatera Selatan, dan Sumatera Utara dalam realisasi PMA.

4.9.3 Tingkat Partisipasi Angkatan Kerja

Bukti mengenai TPAK paling heterogen. Studi yang menggunakan cakupan lebih sempit atau variabel hasil per kapita cenderung menemukan pengaruh positif signifikan (Saleh & Payu, 2026; Sinaga et al., 2025), sedangkan studi yang menggunakan PDRB agregat antarprovinsi menemukan pengaruh tidak signifikan (Wariyanti & Rahmayani, 2025). Perbedaan ini menunjukkan bahwa partisipasi tenaga kerja baru menaikkan output bila tenaga kerja terserap pada pekerjaan produktif. Hal ini sejalan dengan Heru et al. (2025), yang menemukan bahwa pertumbuhan ekonomi menurunkan pengangguran terbuka di Sumatra dan Jawa, serta Dian et al. (2024), yang menekankan pendidikan dan kesiapan tenaga kerja pada sepuluh provinsi Sumatra. TPAK Sumatra relatif seragam, yakni sekitar 63–72 persen sepanjang 2018–2025 menurut data yang dihimpun penulis dari BPS, sehingga variasi antarprovinsi kecil dan korelasinya dengan PDRB lintas provinsi sulit terdeteksi, sebagaimana terlihat pada penelitian ini. H3 ditolak karena korelasi sangat rendah dan tidak signifikan ($r = 0,051$; $p = 0,653$; $\rho = 0,130$; $p = 0,249$), sejalan dengan temuan Wariyanti dan Rahmayani (2025). Korelasi dalam provinsi memang positif ($r = 0,513$), tetapi lebih mencerminkan kenaikan bersama TPAK dan PDRB sepanjang waktu daripada pengaruh TPAK.

4.9.4 Dummy keterkaitan spasial

Nur'eni et al. (2025) membuktikan bahwa pertumbuhan ekonomi antarprovinsi di Indonesia memiliki keterkaitan spasial yang signifikan, dan Asyahid dan Pekerti (2022) menunjukkan bahwa dampak bencana menjalar ke wilayah tetangga. Pada konteks Sumatra, Ukhti dan Karima (2021) menemukan autokorelasi spasial positif yang signifikan pada PDRB ADHK kabupaten/kota Sumatera bagian selatan (Moran's I = 0,807) dengan klaster high-high dan low-low. Hasil penelitian ini menunjukkan D berkorelasi positif dan signifikan dengan PDRB ($r = 0{,}625$; $\rho = 0{,}494$), sehingga H4 diterima. Namun interpretasinya perlu hati-hati: D = 1 hanya pada Sumatera Utara (8 observasi) dan tidak berubah antartahun, sehingga D pada dasarnya penanda satu provinsi dengan PDRB rata-rata Rp575.397,29 miliar, dibandingkan Rp212.445,98 miliar pada provinsi lain. Korelasi yang tinggi menunjukkan bahwa klaster keterkaitan lokal yang signifikan ditemukan pada wilayah ekonomi terbesar, bukan bukti bahwa keterkaitan spasial menaikkan PDRB. Dengan demikian, D lebih tepat dipahami sebagai proksi terisolasi klaster spasial Sumatera Utara (North Sumatra Spatial Cluster Dummy) yang berperan seperti dummy efek tetap provinsi, bukan sebagai ukuran autokorelasi spasial lintas wilayah. Model regresi panel spasial dinamis (Dynamic Spatial Panel GMM) layak dipakai pada studi lanjutan agar limpahan spasial dapat diestimasi secara eksak.

4.9.5 Heterogenitas sektoral dan struktur ekonomi

Struktur ekonomi provinsi menentukan cara ketiga variabel bekerja. Provinsi yang bertumpu pada sektor primer, seperti perkebunan dan pertambangan, memperoleh manfaat besar dari PMA tetapi juga lebih terpapar bencana yang merusak lahan dan jalur logistik. Provinsi dengan peran industri pengolahan dan jasa lebih besar, seperti Riau dan Kepulauan Riau, menarik PMA pada sektor yang menurut Fazaalloh (2024) paling responsif, namun memiliki bentuk kerentanan yang berbeda. Perbedaan ini menjelaskan mengapa agregat PDRB dapat menyamarkan pengaruh yang berlawanan arah antarsektor. Karena itu, hasil korelasi agregat perlu dibaca sebagai keterkaitan rata-rata, dan analisis per lapangan usaha layak dilakukan setelah korelasi agregat tersedia. Arivina et al. (2024) menunjukkan salah satu caranya, yakni Location Quotient atas PDRB sektoral ADHK untuk mengidentifikasi sektor basis di 15 kabupaten/kota Provinsi Lampung.

4.10 Implikasi kebijakan

Karena analisis korelasi tidak membuktikan sebab-akibat, implikasi berikut bersifat indikatif dan perlu dikonfirmasi dengan analisis kausal.

Implikasi pertama berkaitan dengan bencana: mitigasi struktural dan perencanaan ruang berbasis risiko perlu dipandang sebagai pelindung aset produktif, khususnya pada sektor berbasis lahan. Kedua, kebijakan investasi sebaiknya mengarahkan PMA pada sektor yang memiliki keterkaitan dengan ekonomi lokal dan pada provinsi dengan PDRB rendah agar manfaatnya lebih merata, tanpa mengabaikan risiko bencana pada lokasi investasi (Khan et al., 2020). Ketiga, kebijakan ketenagakerjaan perlu menekankan penyerapan produktif, bukan sekadar peningkatan partisipasi. Keempat, keterkaitan spasial menuntut koordinasi antarprovinsi dalam infrastruktur penghubung dan penanganan bencana lintas batas. Keempat implikasi tersebut perlu dibedakan menurut skala ekonomi provinsi, sebagaimana diuraikan berikut.

Bagi provinsi berskala ekonomi besar dengan realisasi PMA tinggi (Sumatera Utara, Riau, dan Sumatera Selatan), prioritas kebijakan adalah memastikan manfaat PMA menjalar ke ekonomi lokal melalui penguatan keterkaitan antara investor asing dan pelaku usaha setempat, hilirisasi dan diversifikasi struktur produksi agar tidak bertumpu pada sektor primer, serta perlindungan aset produktif dan jalur logistik dari bencana karena nilai ekonomi yang terpapar paling besar. Khusus Sumatera Utara, yang menjadi satu-satunya klaster keterkaitan spasial signifikan dalam penelitian ini, koordinasi infrastruktur penghubung dengan provinsi tetangga perlu diperkuat agar manfaat klaster tidak berhenti di provinsi itu sendiri.

Bagi provinsi berskala ekonomi lebih kecil (Bengkulu dan Kepulauan Bangka Belitung, yang PDRB-nya bertahan di bawah Rp70 triliun), prioritas kebijakan adalah membangun infrastruktur dasar dan iklim usaha yang mampu menarik PMA ke sektor dengan keterkaitan lokal yang kuat, mendorong

penyerapan tenaga kerja produktif, serta memperkuat kapasitas mitigasi dan pemulihan bencana agar guncangan tidak menggerus basis ekonomi yang terbatas. Pembedaan ini bersifat indikatif karena penelitian ini tidak menguji model per provinsi.

5. Kesimpulan

Artikel ini bertujuan menganalisis korelasi antara jumlah bencana alam, PMA, TPAK, dan dummy keterkaitan spasial dengan PDRB ADHK total seluruh lapangan usaha di sepuluh provinsi Sumatra pada 2018–2025 (80 observasi). Hasilnya menunjukkan bahwa (1) jumlah bencana alam berkorelasi positif rendah dan signifikan dengan PDRB ($r = 0{,}389$), berlawanan dengan ekspektasi sehingga H1 ditolak, dan lebih mencerminkan skala ekonomi serta tren waktu daripada manfaat bencana; (2) PMA berkorelasi positif kuat dan signifikan ($r = 0{,}658$; $\rho = 0{,}750$) dan paling kokoh pada seluruh uji, sehingga H2 diterima; (3) TPAK tidak berkorelasi signifikan dengan PDRB ($r = 0{,}051$; $p = 0{,}653$), sehingga H3 ditolak; dan (4) dummy keterkaitan spasial berkorelasi positif kuat dan signifikan ($r = 0{,}625$), sehingga H4 diterima, tetapi $D = 1$ hanya pada Sumatera Utara.

Kontribusi artikel ini adalah bukti korelasi empiris untuk sepuluh provinsi Sumatra yang dikaitkan dengan teori Solow–Swan, Solow yang diperluas, dan pertumbuhan endogen serta dibandingkan dengan literatur. Karena analisis korelasi tidak mengendalikan variabel lain dan tidak membuktikan sebab-akibat, simpulan tentang besarnya pengaruh baru dapat ditarik setelah estimasi regresi dilakukan. Langkah lanjutan yang paling penting adalah beralih dari analisis korelasi ke model regresi panel spasial dinamis (Dynamic Spatial Panel GMM) agar efek kausalitas dan limpahan spasial (spatial spillover) dapat ditangkap secara eksak.

Limitasi dan studi lanjutan

Pertama, analisis korelasi hanya menunjukkan arah dan kekuatan keterkaitan, tidak membuktikan sebab-akibat, dan tidak mengendalikan variabel lain seperti infrastruktur dan kualitas sumber daya manusia. Kedua, koefisien yang dihitung dari seluruh observasi mencampur perbedaan antarprovinsi dengan perubahan antartahun; PDRB dan TPAK yang sama-sama naik seiring waktu dapat menimbulkan korelasi semu. Ketiga, jumlah kejadian bencana tidak mengukur kerusakan atau kerugian, dan D bernilai 1 hanya pada satu provinsi sehingga tidak dapat dipisahkan dari karakteristik Sumatera Utara. Keempat, PDRB dan PMA dapat saling memengaruhi sehingga arah hubungannya tidak dapat ditentukan, dan data tidak berdistribusi normal sehingga korelasi Spearman dilaporkan sebagai pembanding. Kelima, literatur yang dirangkum berbeda dalam cakupan, periode, ukuran variabel, dan metode sehingga perbandingan antarstudi tidak sepenuhnya setara.

Studi lanjutan disarankan untuk (a) mengestimasi regresi data panel (efek tetap atau efek acak) agar karakteristik provinsi terkendali dan perbedaan antarprovinsi dapat dipisahkan dari perubahan antartahun, (b) memakai ukuran intensitas bencana seperti korban dan kerusakan, (c) beralih dari analisis korelasi ke model regresi panel spasial dinamis (Dynamic Spatial Panel GMM) agar efek kausalitas dan limpahan spasial (spatial spillover) dapat ditangkap secara eksak serta endogenitas dapat ditangani, (d) menambahkan dummy waktu untuk guncangan pandemi 2020, dan (e) memperluas analisis ke tingkat sektor lapangan usaha secara terpisah.

Ucapan terima kasih

Penulis berterima kasih kepada Dosen Pembimbing serta Program Studi Ekonomi Pembangunan, Fakultas Ekonomi dan Bisnis, Universitas Lampung, atas bimbingan dan dukungan selama penyusunan artikel ini.

Referensi

Abdulah, R., Sugiharti, R. R., Rahmayani, D., & Asmarani, T. E. (2025). The effect of natural disasters at the rural level on economic growth: Evidence from Indonesia. *Jurnal Ekonomi Pembangunan: Kajian Masalah Ekonomi dan Pembangunan, 26*(1), 126–145. https://doi.org/10.23917/jep.v26i1.10819

Akbar, M. N., Darmawan, A., Ratih, A., & Wahyudi, H. (2025). Analysis of factors affecting the open unemployment rate in Sumatera and Java islands 2015–2024. *International Journal of Economics, Business and Innovation Research, 4*(4), 1817–1835. https://doi.org/10.63922/ijebir.v4i04.2024

Arrow, K. J. (1962). The economic implications of learning by doing. *The Review of Economic Studies, 29*(3), 155–173. https://doi.org/10.2307/2295952

Asyahid, E. A., & Pekerti, I. S. (2022). Economic impact of natural disasters, spillovers, and role of human development: Case of Indonesia. *Letters in Spatial and Resource Sciences, 15*(3), 493–506. https://doi.org/10.1007/s12076-022-00307-7

Badan Pusat Statistik Provinsi Sumatera Utara. (2025). *Produk domestik regional bruto provinsi Sumatera Utara menurut lapangan usaha*. BPS Provinsi Sumatera Utara.

Cantelmo, A., Melina, G., & Papageorgiou, C. (2023). Macroeconomic outcomes in disaster-prone countries. *Journal of Development Economics, 161*, 103037. https://doi.org/10.1016/j.jdeveco.2022.103037

Cobb, C. W., & Douglas, P. H. (1928). A theory of production. *The American Economic Review, 18*(1), 139–165. https://www.jstor.org/stable/1811556

Direktorat Neraca Produksi. (2025). *Produk domestik regional bruto provinsi-provinsi di Indonesia menurut lapangan usaha 2020–2024*. Badan Pusat Statistik. https://www.bps.go.id/en/publication/2025/04/11/95c729ee8c6fb5e2cb86b00f/produkdomestik-regional-bruto-provinsi-provinsi-di-indonesia-menurut-lapangan-usaha-20202024.html

Fadiya, F., & Nasution, A. R. (2026). The influence of natural disasters, road infrastructure quality, social assistance expenditure, and the human development index on regional economic growth in Indonesia. *Economic Education Analysis Journal, 15*(2), 284–301. https://doi.org/10.15294/eeaj.v15i2.49924

Fazaalloh, A. M. (2024). FDI and economic growth in Indonesia: A provincial and sectoral analysis. *Journal of Economic Structures*. https://doi.org/10.1186/s40008-023-00323-w

Felbermayr, G., & Gröschl, J. (2014). Naturally negative: The growth effects of natural disasters. *Journal of Development Economics, 111*, 92–106. https://doi.org/10.1016/j.jdeveco.2014.07.004

Guo, J., Liu, H., Wu, X., Gu, J., Song, S., & Tang, Y. (2015). Natural disasters, economic growth and sustainable development in China: An empirical study using provincial panel data. *Sustainability, 7*(12), 16783–16800. https://doi.org/10.3390/su71215847

Heger, M. P., & Neumayer, E. (2019). The impact of the Indian Ocean tsunami on Aceh's long-term economic growth. *Journal of Development Economics, 141*, 102365. https://doi.org/10.1016/j.jdeveco.2019.06.008

Ilham, A. P. (2023). Effect of natural disaster on regional economic growth, unemployment, poverty, and human development index in thirty Indonesian provinces. *Journal of Indonesian Applied Economics, 11*(1), 40–59. https://doi.org/10.21776/ub.jiae.2023.011.01.4

Khan, A., Chenggang, Y., Khan, G., & Muhammad, F. (2020). The dilemma of natural disasters: Impact on economy, fiscal position, and foreign direct investment alongside Belt and Road Initiative countries. *Science of the Total Environment, 743*, 140578. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140578

Klomp, J., & Valckx, K. (2014). Natural disasters and economic growth: A meta-analysis. *Global Environmental Change, 26*, 183–195. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.02.006

Loayza, N. V., Olaberri, E., Narayan, J., & Rigolini, J. (2012). Natural disasters and growth: Going beyond the averages. *World Development, 40*(7), 1317–1336. https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2012.03.002

Maichal, M., Hartono, P. G., Firman, A., & Yudha, I. M. E. K. (2024). The influence of gross regional domestic product per capita and foreign direct investment on income inequality: An empirical study of 34 provinces in Indonesia. *Journal of Economics Research and Social Sciences, 8*(2), 197–206. https://doi.org/10.18196/jerss.v8i2.23256

Maimunah, E., Sitorus, N. H., & Fajarini, D. (2024). Factors that influence dependency ratio in Sumatera Island. In *Proceedings of the 7th International Conference of Economics, Business, and Entrepreneurship (ICEBE 2024)*. EAI. https://doi.org/10.4108/eai.4-9-2024.2353808

Mankiw, N. G., Romer, D., & Weil, D. N. (1992). A contribution to the empirics of economic growth. *The Quarterly Journal of Economics, 107*(2), 407–437. https://doi.org/10.2307/2118477

Muhyiddin, M., & Nugroho, H. (2021). A year of Covid-19: A long road to recovery and acceleration of Indonesia's development. *Jurnal Perencanaan Pembangunan: The Indonesian Journal of Development Planning, 5*(1), 1–19. https://doi.org/10.36574/jpp.v5i1.181

Nairobi. (2021). Corruption and economic growth at province levels in Indonesia. *JEJAK: Jurnal Ekonomi dan Kebijakan, 14*(2), 288–295. https://doi.org/10.15294/jejak.v14i2.25996

Nasrullah, A., Taher, A. R. Y., Putri, R. M., & Emalia, N. (2024). Readiness of the tourism support sector in Lampung Province to improve regional economic development. In *Proceedings of the 7th International Conference of Economics, Business, and Entrepreneurship (ICEBE 2024)*. EAI. https://doi.org/10.4108/eai.4-9-2024.2353961

Normasyhuri, K., Ambya, A., Suparta, I. W., & Taher, A. R. Y. (2024). Investigating the relationship between renewable energy consumption, foreign direct investment, fuel exports and economic growth: Evidence from countries Southeast Asia region. In *Proceedings of the 7th International Conference of Economics, Business, and Entrepreneurship (ICEBE 2024)*. EAI. https://doi.org/10.4108/eai.4-9-2024.2353677

Nugraha, G., Akbar, M. F., & Hamsani, H. (2022). Pengaruh listrik, modal, dan tenaga kerja terhadap PDRB di Provinsi Kepulauan Bangka Belitung. *Equity: Jurnal Ekonomi, 10*(1), 36–45. https://doi.org/10.33019/equity.v10i1.94

Nur'eni, Tope, P., & Mangun, N. (2025). Analysis of economic growth with spatial interaction between regions in Indonesia. *Economics Development Analysis Journal, 14*(1), 110–123. https://doi.org/10.15294/edaj.v14i1.21326

Romer, P. M. (1986). Increasing returns and long-run growth. *Journal of Political Economy, 94*(5), 1002–1037. https://doi.org/10.1086/261420

Romer, P. M. (1990). Endogenous technological change. *Journal of Political Economy, 98*(5, Part 2), S71–S102. https://doi.org/10.1086/261725

Saleh, S. E., & Payu, B. R. (2026). Socio-demographic and employment dynamics on Indonesia's economic growth. *Ekonika: Jurnal Ekonomi Universitas Kadiri, 11*(1), 1–19. https://doi.org/10.30737/ekonika.v11i1.6853

Shabnam, N. (2014). Natural disasters and economic growth: A review. *International Journal of Disaster Risk Science, 5*(2), 157–163. https://doi.org/10.1007/s13753-014-0022-5

Sharazati, K., & Ciptawaty, U. (2021). Analisis spasial pada model perekonomian Sumatera bagian selatan. *Jurnal Ekonomi Pembangunan, 10*(2), 113–122. https://doi.org/10.23960/jep.v10i2.297

Sinaga, E. W. B., Saajidah, A., Saragih, E. C., Sirait, M. M., Hutabalian, R. A., & Hidayat, N. (2025). The effect of the labor force participation rate (LFPR) and population on economic growth in North Sumatra. *Jurnal Ekonomi Balance, 21*(2), 263–274. https://doi.org/10.26618/1s7b6q30

Sitepu, R. K. K., Mahesa, R., Maulana, A., & Asaad, M. (2023). How Central Sulawesi Province's natural disasters affect economic growth? *Jurnal Ekonomi Pembangunan, 21*(2), 200–210. https://doi.org/10.29259/jep.v21i2.23005

Skidmore, M., & Toya, H. (2002). Do natural disasters promote long-run growth? *Economic Inquiry, 40*(4), 664–687. https://doi.org/10.1093/ei/40.4.664

Soegoto, S. W., Natsir, S., Adda, H. W., & Adam, R. P. (2025). The influence of foreign and domestic investment on regional GDP growth: A panel data analysis. *Jurnal Ilmiah Akuntansi Kesatuan, 13*(4), 1037–1050. https://doi.org/10.37641/jiakes.v13i4.3995

Solow, R. M. (1956). A contribution to the theory of economic growth. *The Quarterly Journal of Economics, 70*(1), 65–94. https://doi.org/10.2307/1884513

Sugiyono. (2017). *Metode penelitian kuantitatif, kualitatif, dan R&D*. Alfabeta.

Todaro, M. P., & Smith, S. C. (2015). *Economic development* (12th ed.). Pearson Education.

Wariyanti, N. J., & Rahmayani, D. (2025). Pengaruh bencana alam terhadap PDRB provinsi di Indonesia: Pendekatan model pertumbuhan Solow-Swan. *Jurnal Ekonomi dan Pembangunan Indonesia, 25*(1), 1–15. https://doi.org/10.7454/jepi.v25i1.1638

Wijayanti, D., & Irawan, R. A. S. (2026). Analisis pengaruh teknologi informasi dan komunikasi terhadap produk domestik regional bruto di Indonesia: Pendekatan model panel dinamis. *Jurnal Kebijakan Ekonomi dan Keuangan, 5*(1), 54–61. https://doi.org/10.20885/JKEK.vol5.iss1.art5