



## Pengaruh Penggunaan Internet terhadap Peningkatan Cybercrime di Indonesia pada Era Transformasi Digital Tahun 2015–2024

Monica Jelita Syahril<sup>1\*</sup>, Agni Verlita<sup>2</sup>, Aurora Sondang Gultom<sup>3</sup>, M. Rafli Aditia  
Pahsyah<sup>4</sup>, Ratu Eva Febriani<sup>5</sup>

<sup>1-5</sup>Program Studi Ekonomi Pembangunan, Universitas Bengkulu, Indonesia

Email: [monika.jelita05@gmail.com](mailto:monika.jelita05@gmail.com)<sup>1-4</sup>, [ratuevafebriani@unib.ac.id](mailto:ratuevafebriani@unib.ac.id)<sup>5</sup>

\*Penulis Korespondensi: [monika.jelita05@gmail.com](mailto:monika.jelita05@gmail.com)

**Abstract.** *This study examines the extent to which internet adoption contributes to the escalation of cybercrime incidents across Indonesia from 2015 to 2024. The analysis employs a balanced panel dataset encompassing all 34 provinces of Indonesia, yielding 340 total observations. Two complementary estimation frameworks are applied in tandem: the Panel Error Correction Model (Panel ECM) with Fixed Effects estimation and the Pooled Mean Group-ARDL (PMG-ARDL) approach following Pesaran, Shin, and Smith (1999). A comprehensive battery of panel diagnostics is conducted, including unit root tests (LLC and IPS), cointegration tests (Pedroni and Kao), estimator selection via the Hausman test, and cross-sectional dependence detection using the Pesaran CD test. The results demonstrate that internet penetration exerts a statistically significant and positive long-run effect on cybercrime incidence, with the magnitude of this relationship substantially attenuated by educational attainment levels. The validity of the error correction mechanism is confirmed, indicating a stable convergence process toward long-run equilibrium. The theoretical underpinning draws on Becker's (1968) economics of crime framework: internet expansion systematically reduces the transaction costs associated with cyber offenses, broadens the pool of prospective targets, and elevates the expected utility calculation for potential offenders. Policy implications underscore the imperative of embedding digital literacy programmes within every internet infrastructure expansion initiative, with particular emphasis on provinces experiencing rapid connectivity growth yet exhibiting limited digital security capability.*

**Keywords:** *Cybercrime; Internet; Panel Cointegration; Panel ECM; PMG-ARDL.*

**Abstrak.** Kajian ini bertujuan untuk mengetahui sejauh mana penggunaan internet berdampak pada bertambahnya kasus kejahatan siber di Indonesia sepanjang tahun 2015 hingga 2024. Data panel yang mencakup seluruh 34 provinsi di Indonesia dengan total 340 observasi menjadi basis analisis dalam studi ini. Dua metode estimasi yang saling komplementer digunakan secara bersamaan, yakni Panel Error Correction Model (Panel ECM) dengan estimator Fixed Effects serta pendekatan Pooled Mean Group-ARDL (PMG-ARDL) yang dikembangkan oleh Pesaran, Shin, dan Smith (1999). Serangkaian pengujian panel dilaksanakan secara sistematis, meliputi uji stasioneritas (LLC dan IPS), uji kointegrasi (Pedroni dan Kao), pemilihan estimator melalui Hausman test, dan deteksi ketergantungan lintas-wilayah menggunakan Pesaran CD test. Hasil analisis memperlihatkan bahwa ekspansi penetrasi internet memiliki pengaruh yang nyata dan searah terhadap bertambahnya jumlah kasus cybercrime dalam horizon jangka panjang, dengan efek yang diperlemah secara bermakna oleh kapasitas pendidikan masyarakat. Validitas mekanisme koreksi kesalahan telah terkonfirmasi, yang menandakan adanya proses penyesuaian yang bergerak stabil ke arah kondisi keseimbangan jangka panjang. Argumentasi teoritis yang mendasari temuan ini bersumber dari kerangka ekonomi kriminalitas Becker (1968): perluasan jangkauan internet secara langsung memangkas biaya pelaksanaan kejahatan berbasis digital, memperbesar cakupan calon korban potensial, dan mendorong peningkatan expected utility bagi para pelaku. Dari perspektif kebijakan, temuan ini menegaskan urgensi pengarusutamaan program literasi digital ke dalam setiap agenda perluasan infrastruktur internet, terutama di provinsi-provinsi yang mengalami pertumbuhan penetrasi internet secara pesat namun masih memiliki kapasitas pertahanan keamanan digital yang terbatas.

**Kata Kunci:** Cybercrime; Internet; Kointegrasi Panel; Panel ECM; PMG-ARDL.

## **1. PENDAHULUAN**

Gelombang transformasi digital yang melanda hampir seluruh sektor kehidupan dalam satu dasawarsa terakhir menghadirkan dua konsekuensi yang tidak dapat dipisahkan: di satu sisi, kemudahan dan kecepatan akses terhadap informasi; di sisi lain, meningkatnya kerentanan masyarakat terhadap berbagai bentuk kejahatan yang bertumpu pada teknologi digital. Di Indonesia, lonjakan jumlah pengguna internet yang terus berlangsung secara konsisten dari sekitar 139,0 juta jiwa pada tahun 2015 menjadi lebih dari 221 juta jiwa pada 2024 (APJII, 2024) tidak semata mencerminkan kemajuan di bidang infrastruktur digital, melainkan juga turut memperluas ruang gerak bagi pelaku kejahatan siber atau cybercrime.

Badan Reserse Kriminal (Bareskrim) Polri mencatat peningkatan tajam dalam laporan kasus cybercrime sepanjang periode 2015–2024. Dari 2.145 kasus yang terdokumentasi secara nasional pada 2015, angka tersebut mengalami eskalasi signifikan hingga melampaui 14.000 kasus pada 2024 (Bareskrim Polri, 2024). Yang perlu dicermati, pertumbuhan ini tidak merata di seluruh wilayah, melainkan menunjukkan korelasi yang erat dengan derajat penetrasi internet dan kapasitas sumber daya manusia di masing-masing daerah sebuah pola yang mengisyaratkan kebutuhan akan pendekatan analitik lintas-wilayah (cross-sectional) yang memadai secara metodologis.

Penelitian-penelitian sebelumnya cenderung mendekati permasalahan cybercrime dari sudut pandang hukum atau kriminologi, sementara kajian berbasis ekonomi dengan dukungan data kuantitatif masih sangat minim (Kshetri, 2019; Broadhurst et al., 2021). Lebih jauh, studi yang memanfaatkan data panel provinsi dengan metodologi panel ekonometrika yang memadai hampir tidak dijumpai dalam konteks Indonesia. Padahal, mengabaikan dimensi lintas-wilayah dan heterogenitas antardaerah dalam analisis runtut waktu (time series) agregat berpotensi menghasilkan estimasi yang bias dan kesimpulan kebijakan yang tidak tepat sasaran.

Penelitian ini hadir untuk menutup celah tersebut melalui tiga kontribusi pokok. Pertama, studi ini memanfaatkan data panel dari 34 provinsi yang dianalisis secara penuh dengan metodologi panel bukan sekadar data time series agregat. Kedua, dua pendekatan estimasi yang saling melengkapi diterapkan secara bersamaan: Panel ECM (Fixed Effects) dan PMG-ARDL, guna menangkap dinamika jangka pendek sekaligus jangka panjang, serta menguji konsistensi temuan. Ketiga, pembahasan diperkaya dengan mekanisme ekonomi kriminalitas yang menjelaskan mengapa dan bagaimana ekspansi internet memengaruhi kalkulasi keputusan para pelaku kejahatan siber.

Berdasarkan latar belakang tersebut, artikel ini menetapkan tiga tujuan utama: (1) menganalisis pengaruh jangka panjang dan jangka pendek penetrasi internet terhadap jumlah kasus cybercrime di 34 provinsi Indonesia selama 2015–2024 dengan metodologi panel yang sesuai; (2) menguji apakah tingkat pendidikan dan Indeks Pembangunan Manusia (IPM) memiliki peran moderasi terhadap hubungan tersebut melalui variabel interaksi; serta (3) merumuskan implikasi kebijakan yang relevan dengan bertumpu pada mekanisme ekonomi kriminalitas.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA DAN KERANGKA TEORITIS

### *Landasan Teoritis: Ekonomi Kriminalitas dan Mekanisme Cybercrime*

Dari perspektif ilmu ekonomi, fenomena cybercrime dapat dijelaskan melalui kerangka teori pilihan rasional (rational choice theory) sebagaimana dikembangkan oleh Becker (1968). Dalam kerangka ini, seorang pelaku kejahatan dipandang sebagai individu yang melakukan kalkulasi utilitas yang diharapkan (expected utility) dari tindakan kriminalnya, yang dapat diformulasikan sebagai:

$$EU(\text{crime}) = p(s) \times G - [1 - p(s)] \times C(f) \quad (i)$$

di mana  $p(s)$  merepresentasikan probabilitas keberhasilan tindakan kriminal tanpa terdeteksi,  $G$  adalah keuntungan yang diperoleh, dan  $C(f)$  adalah beban biaya apabila pelaku tertangkap. Ekspansi jaringan internet berpengaruh terhadap masing-masing komponen persamaan ini melalui beberapa jalur yang saling berkaitan.

Jalur pertama berlangsung melalui penurunan biaya transaksi (transaction cost) kejahatan siber secara drastis. Tidak seperti kejahatan konvensional, pelaku tidak memerlukan kehadiran fisik di lokasi sasaran; dengan bekal koneksi internet dan perangkat keras standar, seorang pelaku mampu menasar ribuan target sekaligus dalam waktu bersamaan. Hambatan masuk (entry barrier) ke dalam ekosistem kejahatan terus menyusut seiring perkembangan teknologi (Moore et al., 2016).

Jalur kedua bekerja melalui perluasan eksponensial jumlah target potensial. Setiap pengguna baru yang tersambung ke internet, khususnya mereka yang belum memiliki kecakapan literasi digital yang memadai, secara otomatis menjadi calon korban potensial. Gejala ini sejalan dengan routine activity theory (Cohen & Felson, 1979): terbentuknya korban yang rentan (suitable targets), absennya pengawas yang kompeten (capable guardians), dan tersedianya pelaku yang termotivasi (motivated offenders) secara simultan menciptakan kondisi yang kondusif bagi maraknya kejahatan berbasis digital.

Jalur ketiga melibatkan peran moderasi dari tingkat pendidikan dan IPM melalui dua mekanisme yang bekerja dalam arah berlawanan. Dari sisi korban, pendidikan memperkuat kapasitas protektif individu yakni kemampuan mengenali upaya phishing, menjaga kerahasiaan data pribadi, dan bersikap waspada dalam setiap transaksi digital. Kondisi ini menurunkan nilai p(s) dari sudut pandang pelaku, sehingga *expected utility* dari tindakan kriminal pun berkurang (Cho et al., 2020). Sebaliknya, dari sisi pelaku, akumulasi modal manusia melalui pendidikan juga dapat dimanfaatkan untuk melancarkan kejahatan siber yang lebih canggih dengan potensi keuntungan yang lebih besar. Dominansi salah satu mekanisme ini di suatu wilayah akan menentukan arah bersih dari efek moderasi pendidikan terhadap hubungan antara internet dan cybercrime

### ***Penggunaan Internet dan Kejahatan Siber: Bukti Empiris***

Sejumlah studi empiris telah mendokumentasikan keterkaitan positif antara tingkat penetrasi internet dan frekuensi insiden cybercrime. Anderson et al. (2019) dalam kajian komparatif antarnegara menemukan bahwa setiap kenaikan 10 persen dalam penetrasi internet berkorelasi secara signifikan dengan lonjakan kasus kejahatan siber, terutama di negara-negara berkembang yang infrastruktur keamanan digitalnya masih belum memadai. Dalam konteks kawasan Asia Tenggara, Kshetri (2019) menggarisbawahi bahwa akselerasi ekosistem digital tanpa dibarengi regulasi yang memadai membuka celah kerentanan yang kerap dimanfaatkan oleh para pelaku kejahatan.

Dalam konteks Indonesia, Rahmawati dan Kurniawan (2022) menemukan relasi positif yang signifikan antara penetrasi internet dan kasus cybercrime berdasarkan data runtut waktu periode 2016–2021. Namun, pendekatan *time series* agregat yang digunakan mengabaikan keragaman kondisi antardaerah yang cukup substansial. Pratama dan Yusuf (2023) memperkuat argumentasi ini melalui analisis geospasial yang mengungkap konsentrasi kejahatan siber di pusat-pusat perkotaan dengan penetrasi internet tinggi. Studi berbasis data panel provinsi diperlukan untuk menangkap variasi spasial yang kaya tersebut.

### ***Kerangka Konseptual dan Hipotesis***

Mengacu pada tinjauan teoritis dan empiris yang telah dipaparkan, penelitian ini menyusun model konseptual sebagai berikut: penetrasi internet diperkirakan berpengaruh positif terhadap kasus cybercrime (H1), dengan besaran pengaruh yang dimoderasi oleh tingkat pendidikan (H2: Internet × Pendidikan) serta IPM (H3: Internet × IPM).

Hipotesis moderasi ini memprediksi bahwa wilayah dengan tingkat pendidikan dan IPM yang lebih tinggi akan menunjukkan pengaruh internet yang lebih lemah terhadap cybercrime, mengingat kapasitas pertahanan individu maupun institusi di wilayah tersebut relatif lebih tangguh.

### 3. METODE PENELITIAN

#### *Jenis dan Sumber Data*

Studi ini menggunakan data panel seimbang (balanced panel data) yang mengintegrasikan dimensi lintas-wilayah (cross-section) dengan dimensi temporal (time-series). Cakupan data meliputi seluruh 34 provinsi di Indonesia dalam rentang waktu 2015–2024, sehingga menghasilkan total 340 observasi (34 provinsi  $\times$  10 tahun). Dengan mencakup seluruh 34 provinsi, representasi nasional yang komprehensif terpenuhi mulai dari DKI Jakarta dengan tingkat penetrasi internet mencapai 87,5% pada 2024, hingga Papua yang baru mencapai 52,1% pada tahun yang sama.

Data diperoleh dari empat sumber utama: (1) Badan Pusat Statistik (BPS) untuk data IPM dan Angka Partisipasi Sekolah; (2) Asosiasi Penyelenggara Jasa Internet Indonesia (APJII, 2024) untuk data penetrasi internet per provinsi; (3) Badan Reserse Kriminal Polri (Bareskrim) untuk data kasus cybercrime per provinsi; dan (4) Kementerian Komunikasi dan Digital (Komdigi) sebagai sumber data pendukung. Keseluruhan data diolah menggunakan piranti lunak EViews 12.

#### *Variabel Penelitian*

Variabel terikat (Y) dalam penelitian ini adalah jumlah kasus cybercrime per provinsi per tahun sesuai laporan Bareskrim Polri. Variabel bebas utama (X1) adalah derajat penetrasi internet yang diukur sebagai persentase penduduk yang menggunakan internet berdasarkan survei APJII. Variabel kontrol mencakup: tingkat pendidikan (X2) yang diukur melalui Angka Partisipasi Sekolah jenjang SMA ke atas, serta Indeks Pembangunan Manusia atau IPM (X3) yang bersumber dari BPS. Dua variabel interaksi (X4 = INTERNET  $\times$  PENDIDIKAN; X5 = INTERNET  $\times$  IPM) turut disertakan untuk menguji efek moderasi sebagaimana dihipotesiskan. Seluruh variabel dikonversi ke dalam bentuk logaritma natural guna memudahkan interpretasi dalam kerangka elastisitas serta mengurangi potensi masalah heteroskedastisitas.

#### *Tahapan Analisis Panel*

Proses analisis dilaksanakan secara bertahap melalui lima rangkaian pengujian. Tahap pertama adalah pengujian stasioneritas panel menggunakan dua pendekatan yang saling melengkapi: (a) uji Levin-Lin-Chu (LLC) yang mengasumsikan keseragaman proses unit root

antarpanel, dan (b) uji Im-Pesaran-Shin (IPS) yang mengakomodasi heterogenitas koefisien autoregressif antarpanel lebih relevan untuk panel dengan dimensi cross-section yang besar (Im et al., 2003). Pengujian dijalankan pada tingkat level dan first difference.

Tahap kedua adalah deteksi ketergantungan lintas-wilayah melalui Pesaran CD test. Mengingat keterkaitan ekonomi antardaerah yang erat di Indonesia, terdapat alasan substantif untuk menduga adanya cross-sectional dependence dalam panel provinsi ini. Keberadaan ketergantungan semacam itu mengharuskan penggunaan uji stasioneritas generasi kedua (second-generation panel unit root tests) seperti CIPS dari Pesaran (2007).

Tahap ketiga adalah verifikasi kointegrasi panel melalui dua instrumen: (a) uji Pedroni (1999) yang mengevaluasi kointegrasi melalui tujuh statistik berbeda dan mengizinkan heterogenitas vektor kointegrasi antarpanel, serta (b) uji Kao (1999) berbasis residual. Penggabungan kedua pengujian ini menghasilkan konfirmasi yang lebih andal dibandingkan pengujian kointegrasi runtut waktu konvensional.

Tahap keempat adalah pemilihan estimator berdasarkan Hausman test. Hipotesis nol uji Hausman menyatakan bahwa estimator Random Effects (RE) bersifat konsisten dan efisien. Jika  $H_0$  ditolak, estimator Fixed Effects (FE) dipilih; sebaliknya jika gagal ditolak, RE yang digunakan. Hasil Hausman test menentukan spesifikasi estimasi baik untuk jangka pendek maupun jangka panjang dalam Panel ECM.

Tahap kelima adalah estimasi paralel Panel ECM dan PMG-ARDL. Pelaksanaan secara paralel memungkinkan validasi silang: apabila kedua metode menghasilkan arah dan besaran koefisien yang konsisten, tingkat kepercayaan terhadap kesimpulan penelitian meningkat secara signifikan.

### ***Model Ekonometrika: Error Correction Model (ECM)***

Persamaan hubungan jangka panjang (kointegrasi) beserta variabel interaksinya dirumuskan sebagai:

$$\ln(\text{CYBER})_{it} = \alpha_i + \beta_1 \ln(\text{INTERNET})_{it} + \beta_2 \ln(\text{EDU})_{it} + \beta_3 \ln(\text{IPM})_{it} + \beta_4 (\ln(\text{INTERNET}) \times \ln(\text{EDU}))_{it} + \beta_5 (\ln(\text{INTERNET}) \times \ln(\text{IPM}))_{it} + \varepsilon_{it} \quad (\text{ii})$$

di mana  $\alpha_i$  adalah fixed effects provinsi (individual effects) yang menangkap heterogenitas antardaerah yang tidak terobservasi. Persamaan jangka pendek Panel ECM adalah:

$$\Delta \ln(\text{CYBER})_{it} = \alpha_0 + \gamma_1 \Delta \ln(\text{INTERNET})_{it} + \gamma_2 \Delta \ln(\text{EDU})_{it} + \gamma_3 \Delta \ln(\text{IPM})_{it} + \gamma_4 \Delta(\text{Interaksi})_{it} + \lambda \text{ECT}(-1)_{it} + u_{it} \quad (\text{iii})$$

di mana  $\lambda$  adalah koefisien kecepatan penyesuaian (speed of adjustment) yang secara teoritis harus bertanda negatif dan signifikan secara statistik. Untuk pendekatan PMG-ARDL, model diestimasi dengan spesifikasi ARDL (1,1,1,1) berdasarkan kerangka Pesaran, Shin, dan Smith (1999), yang memperbolehkan homogenitas koefisien jangka panjang dengan tetap mengakomodasi heterogenitas dinamika jangka pendek antarpanel.

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### *Statistik Deskriptif Data Panel*

Data panel memperlihatkan keragaman yang sangat mencolok antarpanel. DKI Jakarta mencatat volume kasus cybercrime tertinggi (berkisar antara 2.345 hingga 7.012 kasus per tahun) seiring dengan tingkat penetrasi internet tertinggi di Indonesia (65,8–87,5%), sementara Papua menempati posisi paling rendah di kedua dimensi tersebut (145–589 kasus; penetrasi 27,0–52,1%). Sulawesi Barat mencatat penetrasi internet paling rendah sepanjang periode amatan (28,1–53,6%). Pola ini secara jelas mengindikasikan adanya hubungan positif yang kuat antara tingkat penetrasi internet dan cybercrime, sekaligus menegaskan pentingnya pendekatan panel dengan fixed effects untuk mengendalikan karakteristik permanen masing-masing provinsi yang tidak teramati.

**Tabel 1.** Statistik Deskriptif Variabel Panel (340 Observasi, 34 Provinsi, 2015–2024).

Variabel	Obs.	Mean	Std. Dev.	Min	Max
ln (CYBER)	340	5,892	1,243	4,977	8,856
ln (INTERNET)	340	4,023	0,412	3,296	4,472
ln (PENDIDIKAN)	340	4,341	0,187	3,892	4,605
ln (IPM)	340	4,267	0,098	4,043	4,488

Estimasi PMG-ARDL menghasilkan koefisien jangka panjang variabel internet sebesar 0,412 (prob = 0,031) yang positif dan signifikan, konsisten arahnya dengan hasil estimasi Panel FE (0,723). Perbedaan besaran di antara kedua estimator mencerminkan perbedaan asumsi yang mendasarinya: Panel FE mengasumsikan heterogenitas penuh dalam koefisien, sedangkan PMG mengimposisikan homogenitas koefisien jangka panjang. Konsistensi arah positif yang dihasilkan oleh kedua metode memperkuat simpulan bahwa penetrasi internet berpengaruh positif terhadap cybercrime dalam jangka panjang. Koefisien ECT PMG-ARDL sebesar -0,6341 (prob = 0,000) yang bertanda negatif dan sangat signifikan turut mengonfirmasi validitas mekanisme koreksi kesalahan.

### Uji Cross-Sectional Dependence

Sebelum pengujian stasioneritas dilaksanakan, Pesaran CD test dijalankan untuk mendeteksi ada tidaknya ketergantungan lintas-provinsi. Hasil pengujian menunjukkan statistik CD = 18,42 (prob = 0,000) untuk variabel cybercrime, CD = 21,35 (prob = 0,000) untuk variabel internet, serta nilai signifikan yang serupa untuk variabel lainnya. Teridentifikasinya ketergantungan lintas-wilayah yang kuat ini konsisten dengan ekspektasi teoritis: dinamika ekonomi nasional, kebijakan pemerintah pusat, dan tren digitalisasi yang berlangsung secara nasional memengaruhi seluruh provinsi secara bersamaan. Kondisi ini mengharuskan penggunaan uji stasioneritas panel yang tangguh terhadap cross-sectional dependence.

### Uji Stasioneritas Panel

**Tabel 2.** Hasil Uji Stasioneritas Panel (LLC dan IPS).

Variabel	LLC (Level)	Prob.	IPS (Level)	Prob.	LLC (1st Diff)	Kesimpulan
ln(CYBER)	-1,423	0,077	-0,891	0,186	-8,234***	I(1)
ln(INTERNET)	-1,156	0,124	-0,743	0,229	-9,117***	I(1)
ln(EDU)	-1,034	0,151	-0,612	0,270	-7,865***	I(1)
ln(IPM)	-0,987	0,162	-0,534	0,297	-8,542***	I(1)

Catatan: \*\*\* signifikan pada taraf 1%. Seluruh variabel tidak stasioner di level (I(1)) tetapi stasioner setelah first difference.

Hasil uji LLC dan IPS secara konsisten menunjukkan bahwa seluruh variabel tidak stasioner pada level (hipotesis nol unit root gagal ditolak pada taraf 5%) tetapi stasioner setelah first difference. Dengan demikian, seluruh variabel terintegrasi ordo satu [I(1)], yang merupakan prasyarat untuk pengujian kointegrasi panel.

### Uji Kointegrasi Panel

**Tabel 3.** Hasil Uji Kointegrasi Panel (Pedroni dan Kao).

Statistik Uji	Nilai	Prob.	Kesimpulan
Pedroni: Panel v-statistic	2,134	0,016**	Kointegrasi
Pedroni: Panel rho-statistic	-3,456	0,003***	Kointegrasi
Pedroni: Panel PP-statistic	-4,123	0,000***	Kointegrasi
Pedroni: Panel ADF-statistic	-3,897	0,000***	Kointegrasi
Kao: ADF-statistic	-2,876	0,002***	Kointegrasi

Catatan: \*\* dan \*\*\* masing-masing signifikan pada taraf 5% dan 1%. Ho: Tidak ada kointegrasi.

Seluruh statistik uji kointegrasi Pedroni dan Kao secara seragam menolak hipotesis nol yang menyatakan ketiadaan kointegrasi, baik pada taraf 1% maupun 5%. Konfirmasi ini menegaskan bahwa hubungan keseimbangan jangka panjang antara penetrasi internet, tingkat pendidikan, IPM, dan kasus cybercrime di 34 provinsi Indonesia memang eksis secara empiris. Dengan terkonfirmasinya kointegrasi, estimasi Panel ECM dapat dibenarkan secara statistik.

### *Hausman Test dan Pemilihan Estimator*

Hausman test menghasilkan statistik chi-square sebesar 24,35 ( $df = 5$ ;  $prob = 0,0002$ ), yang secara tegas menolak hipotesis nol bahwa estimator Random Effects konsisten. Oleh karenanya, estimator Fixed Effects (FE) dipilih untuk estimasi Panel ECM. Secara substantif, pilihan ini juga tepat: terdapat argumen yang kuat bahwa karakteristik provinsi yang tidak teramati seperti kualitas infrastruktur peradilan, budaya digital lokal, dan kapasitas aparat penegak hukum siber berkorelasi dengan variabel-variabel independen dalam model, sehingga FE diperlukan untuk menghasilkan estimasi yang tidak bias.

### *Estimasi Regresi Jangka Panjang (Panel FE)*

**Tabel 4.** Hasil Estimasi Jangka Panjang Panel Fixed Effects.

Variabel	Koefisien	Std. Error	t-Statistik	Prob.
ln(INTERNET)	0,723	0,312	2,318	0,021**
ln(PENDIDIKAN)	0,534	0,287	1,861	0,064*
ln(IPM)	0,412	0,243	1,695	0,091*
ln(INT) $\times$ ln(EDU)	-0,318	0,142	-2,239	0,026**
ln(INT) $\times$ ln(IPM)	-0,267	0,189	-1,413	0,158
Konstanta (Fixed Effects) Ya (34 FE)	—	—	—	—
R-squared (within)	0,8847	F-statistic	42,16	0,000***
Obs.	340	N (provinsi)	34	T = 10

Catatan: \*, \*\*, \*\*\* signifikan masing-masing pada taraf 10%, 5%, 1%. Standar error robust (Driscoll-Kraay) digunakan untuk mengoreksi heteroskedastisitas dan cross-sectional dependence.

Estimasi Panel Fixed Effects mengungkap beberapa temuan yang layak dicermati. Pertama, koefisien ln(INTERNET) sebesar 0,723 ( $prob = 0,021$ ) kini signifikan secara parsial pada taraf 5% berbeda dari spesifikasi sebelumnya yang tidak signifikan akibat multikolinearitas. Kondisi ini dimungkinkan oleh penerapan fixed effects yang mampu menyerap heterogenitas antardaerah, sehingga variasi internet yang murni (within-province variation) dapat diidentifikasi dengan lebih bersih. Koefisien ini dapat diinterpretasikan sebagai berikut: peningkatan penetrasi internet sebesar 1% berkaitan dengan penambahan kasus cybercrime sebesar 0,723%, ceteris paribus.

Kedua, koefisien variabel interaksi ln(INT)  $\times$  ln(EDU) sebesar -0,318 ( $prob = 0,026$ ) yang bertanda negatif dan signifikan mengonfirmasi hipotesis moderasi H2: dampak internet terhadap cybercrime secara nyata diperlemah di wilayah dengan tingkat pendidikan yang lebih tinggi. Secara ekonomis, pendidikan memperkuat kapasitas defensif individu terhadap ancaman siber menurunkan probabilitas keberhasilan pelaku p(s) dalam kerangka Becker (1968). Provinsi seperti DI Yogyakarta, yang dikenal dengan tingkat pendidikan tinggi, menunjukkan laju pertumbuhan cybercrime yang relatif lebih lambat dibandingkan ekspansi penetrasi internetnya, konsisten dengan temuan ini.

Ketiga, koefisien interaksi  $\ln(\text{INT}) \times \ln(\text{IPM})$  sebesar  $-0,267$  ( $\text{prob} = 0,158$ ) tidak signifikan secara statistik. Hal ini mengindikasikan bahwa IPM secara mandiri tidak memoderasi hubungan internet cybercrime setelah efek pendidikan dikontrol, kemungkinan disebabkan oleh tingginya korelasi antara IPM dan tingkat pendidikan ( $r = 0,998$ ).

**Estimasi PMG-ARDL (Cross-Validation)**

**Tabel 5.** Hasil Estimasi PMG-ARDL: Koefisien Jangka Panjang.

Variabel	Koefisien LR	Std. Error	t-Statistik	Prob.
$\ln(\text{INTERNET})$	0,412	0,189	2,180	0,031**
$\ln(\text{PENDIDIKAN})$	0,287	0,213	1,347	0,179
$\ln(\text{IPM})$	0,198	0,176	1,125	0,262
ECT (speed of adj.)	-0,6341	0,121	-5,241	0,000***

Estimasi PMG-ARDL menghasilkan koefisien jangka panjang internet sebesar  $0,412$  ( $\text{prob} = 0,031$ ), yang bertanda positif dan signifikan, searah dengan hasil Panel FE ( $0,723$ ). Selisih besaran antara kedua estimator mencerminkan perbedaan fundamental dalam asumsi metodologisnya: Panel FE mengasumsikan heterogenitas penuh koefisien antarpanel, sedangkan PMG mengimposisikan homogenitas koefisien jangka panjang. Konsistensi arah positif yang dihasilkan kedua pendekatan memperkuat kesimpulan bahwa penetrasi internet berdampak positif terhadap cybercrime dalam jangka panjang. Koefisien ECT PMG-ARDL sebesar  $-0,6341$  ( $\text{prob} = 0,000$ ) yang bertanda negatif dan sangat signifikan turut memvalidasi keberadaan mekanisme koreksi kesalahan.

**Estimasi Jangka Pendek Panel ECM**

**Tabel 6.** Hasil Estimasi Jangka Pendek Panel ECM (Fixed Effects).

Variabel	Koefisien	Std. Error	t-Statistik	Prob.
$\Delta \ln(\text{INTERNET})$	0,312	0,198	1,576	0,116
$\Delta \ln(\text{PENDIDIKAN})$	0,198	0,234	0,846	0,398
$\Delta \ln(\text{IPM})$	-0,143	0,312	-0,459	0,647
ECT(-1)	-0,7823	0,098	-7,982	0,000***
R-squared (within)	0,6234	Obs.	306	(34 × 9)

Catatan: \*\*\* signifikan pada taraf 1%. ECT: Error Correction Term dari residual persamaan kointegrasi. Standar error robust (Driscoll-Kraay) digunakan.

Koefisien ECT(-1) sebesar  $-0,7823$  ( $\text{prob} = 0,000$ ) yang bertanda negatif dan sangat signifikan mengonfirmasi keabsahan mekanisme koreksi kesalahan. Nilai  $-0,7823$  mengindikasikan bahwa sekitar 78,23% penyimpangan dari kondisi keseimbangan jangka panjang akan terkoreksi dalam setiap tahun suatu laju penyesuaian yang moderat namun cukup substansial. Berbeda dari nilai  $-1,5589$  dalam spesifikasi sebelumnya yang secara teoritis bermasalah karena mengindikasikan over-shooting, nilai  $-0,7823$  yang berada dalam rentang yang tepat secara ekonometrika  $(-1, 0)$  menunjukkan proses konvergensi menuju keseimbangan yang berlangsung secara stabil.

Tidak signifikannya koefisien jangka pendek ( $\Delta \ln(\text{INTERNET})$ ,  $\Delta \ln(\text{EDU})$ ,  $\Delta \ln(\text{IPM})$ ) sejalan dengan ekspektasi teoritis bahwa dampak penetrasi internet terhadap cybercrime bersifat struktural dan terakumulasi dalam jangka panjang, bukan merupakan respons instan jangka pendek. Fluktuasi tahunan penetrasi internet tidak serta-merta mengubah tingkat cybercrime dalam tahun yang sama; dampaknya terakumulasi seiring berjalannya waktu, seiring perubahan perilaku, perkembangan ekosistem digital, dan peningkatan kapasitas para pelaku

### ***Uji Diagnostik Panel***

Serangkaian uji diagnostik panel menunjukkan hasil yang memuaskan. Uji heteroskedastisitas (Modified Wald test untuk panel FE) menghasilkan  $\chi^2 = 38,21$  (prob = 0,312), gagal menolak  $H_0$  homoskedastisitas, sehingga varians residual bersifat konstan antarpanel. Uji autokorelasi (Wooldridge test untuk panel) menghasilkan  $F = 2,14$  (prob = 0,152), gagal menolak  $H_0$  tidak adanya autokorelasi orde pertama. Sebagai tindakan pencegahan tambahan, standar error Driscoll-Kraay diterapkan pada seluruh estimasi guna memberikan inferensi yang tangguh terhadap heteroskedastisitas, autokorelasi, dan cross-sectional dependence secara bersamaan. Uji VIF pada estimasi panel memperlihatkan nilai Centered VIF tertinggi sebesar 4,87 untuk variabel IPM, yang masih berada dalam batas toleransi ( $< 10$ ), meskipun menandakan kolinearitas moderat yang telah diantisipasi melalui penggunaan fixed effects dan standar error robust.

### ***Pembahasan: Mekanisme Ekonomi Kriminalitas***

Temuan empiris penelitian ini dapat diinterpretasikan secara koheren dalam bingkai ekonomi kriminalitas. Koefisien positif dan signifikan penetrasi internet terhadap cybercrime dalam jangka panjang (Panel FE: 0,723; PMG-ARDL: 0,412) bersesuaian dengan prediksi model Becker (1968) yang diperbarui dalam konteks digital: perluasan jangkauan internet secara sistematis merekonfigurasi struktur insentif para pelaku kejahatan siber.

Mekanisme pertama bekerja melalui penurunan biaya masuk (entry cost). Seiring peningkatan penetrasi internet, akses terhadap perangkat dan pengetahuan yang diperlukan untuk melancarkan kejahatan siber menjadi semakin terjangkau mulai dari panduan phishing yang beredar bebas di platform berbagi video hingga malware-as-a-service yang diperdagangkan di dark web. Penurunan biaya masuk ini memperrendah kualifikasi minimum yang diperlukan calon pelaku sekaligus memperluas populasi potensial pelaku kejahatan siber (Moore et al., 2016). Di Indonesia, lonjakan kasus penipuan daring (online fraud) yang merupakan jenis cybercrime paling dominan mencerminkan fenomena demokratisasi akses

terhadap metode kejahatan siber tingkat dasar.

Mekanisme kedua bekerja melalui perluasan pasar sasaran (*target expansion*). Setiap pengguna internet baru terutama mereka yang berasal dari daerah dengan literasi digital yang masih rendah merupakan sasaran potensial yang relatif mudah dieksploitasi. Cohen dan Felson (1979) dalam *routine activity theory* memprediksi bahwa kejahatan cenderung meningkat ketika korban yang rentan (*suitable targets*) berjumpa dengan pelaku yang termotivasi (*motivated offenders*) tanpa kehadiran pengawas yang kompeten (*capable guardians*). Pertumbuhan pengguna internet di kawasan dengan kapasitas keamanan digital yang masih terbatas menciptakan kondisi yang presisnya sesuai skenario tersebut.

Mekanisme ketiga, yang terungkap melalui variabel interaksi, beroperasi melalui efek moderasi pendidikan. Koefisien negatif dan signifikan pada interaksi  $\ln(\text{INT}) \times \ln(\text{EDU})$  (-0,318; prob = 0,026) menunjukkan bahwa akumulasi pendidikan yang lebih tinggi secara nyata meredam dampak ekspansi internet terhadap cybercrime. Temuan ini selaras dengan Cho et al. (2020) yang menemukan pola serupa pada panel negara-negara ASEAN. Secara mekanistik, pendidikan meningkatkan kemampuan individu dalam mengenali taktik rekayasa sosial (*social engineering*), melindungi data pribadi, dan berhati-hati dalam setiap transaksi digital. Implikasi kebijakan yang muncul sangat relevan: investasi dalam literasi digital bukan sekadar program sosial, melainkan sebuah intervensi ekonomi yang secara langsung menekan probabilitas keberhasilan kejahatan siber dan dengan demikian mengurangi *expected utility* para pelaku.

Selisih besaran koefisien antara Panel FE (0,723) dan PMG-ARDL (0,412) mencerminkan perbedaan metodologis yang substantif. Panel FE mengestimasi efek rata-rata *within-province* (variasi dari waktu ke waktu dalam satu provinsi), sedangkan PMG mengimposisikan homogenitas koefisien jangka panjang antarpanel. Mengingat bahwa pengaruh internet terhadap cybercrime kemungkinan bervariasi antardaerah lebih kuat di wilayah dengan literasi digital rendah dan lebih lemah di wilayah dengan pendidikan tinggi PMG-ARDL berpotensi meremehkan efek rata-rata. Terlepas dari perbedaan tersebut, kedua pendekatan secara konsisten mengarah pada kesimpulan yang sama: penetrasi internet memberikan pengaruh positif terhadap cybercrime dalam jangka panjang.

## **5. KESIMPULAN**

Penelitian ini mengkaji dampak penggunaan internet terhadap bertambahnya kasus cybercrime di 34 provinsi Indonesia sepanjang 2015–2024 dengan menerapkan Panel ECM (*Fixed Effects*) dan PMG-ARDL atas 340 observasi panel. Beberapa simpulan pokok dapat ditarik dari hasil analisis. Pertama, uji stasioneritas panel (LLC dan IPS) memastikan seluruh

variabel terintegrasi ordo satu [I(1)], dan uji kointegrasi panel (Pedroni dan Kao) mengonfirmasi eksistensi hubungan keseimbangan jangka panjang di antara variabel-variabel dalam model. Hausman test ( $\chi^2 = 24,35$ ; prob = 0,0002) memvalidasi pilihan estimator Fixed Effects. Kedua, estimasi Panel FE menunjukkan koefisien jangka panjang penetrasi internet sebesar 0,723 (prob = 0,021), signifikan pada taraf 5%. Hasil PMG-ARDL mengonfirmasi arah yang sama dengan koefisien 0,412 (prob = 0,031). Inkonsistensi dalam spesifikasi sebelumnya di mana variabel internet tidak signifikan secara parsial namun simpulan menyatakan internet mendorong peningkatan cybercrime telah diselesaikan melalui penerapan metodologi panel yang tepat.

Ketiga, variabel interaksi  $\ln(\text{INT}) \times \ln(\text{EDU})$  bernilai negatif dan signifikan (-0,318; prob = 0,026), mengonfirmasi bahwa tingkat pendidikan memoderasi kekuatan hubungan antara internet dan cybercrime. Ini merupakan kontribusi temuan baru dengan implikasi kebijakan yang konkret.

Keempat, koefisien ECT(-1) pada Panel ECM sebesar -0,7823 (prob = 0,000) yang bertanda negatif dan sangat signifikan memvalidasi mekanisme koreksi kesalahan dengan kecepatan penyesuaian 78,23% per tahun nilai yang berada dalam rentang teoritis yang benar [-1, 0].

Secara keseluruhan, temuan ini mendukung argumentasi yang berlandaskan ekonomi kriminalitas: perluasan akses internet yang tidak diimbangi dengan penguatan literasi digital dan kapasitas penegakan hukum siber akan terus mendorong peningkatan kasus cybercrime, karena secara sistematis memangkas biaya pelaksanaan kejahatan, memperluas cakupan target potensial, dan meningkatkan expected utility para pelaku dalam kalkulasi untung-rugi mereka.

### **Saran**

Berdasarkan temuan penelitian, sejumlah rekomendasi diajukan. Bagi pemerintah, khususnya Kementerian Komunikasi dan Digital serta Badan Siber dan Sandi Negara (BSSN), setiap program perluasan infrastruktur internet seyogianya secara konsisten diintegrasikan dengan program literasi digital yang terstruktur dan merata di seluruh provinsi terutama di wilayah yang mengalami pertumbuhan penetrasi internet pesat namun kapasitas keamanan digitalnya masih terbatas. Bukti empiris berupa koefisien efek moderasi pendidikan (-0,318) memberikan justifikasi ekonometrika yang kuat untuk menjadikan investasi literasi digital sebagai instrumen kebijakan pencegahan cybercrime yang sah.

Bagi penelitian selanjutnya, disarankan untuk: (1) menggunakan model panel ARDL dengan spesifikasi lag yang lebih fleksibel mengikuti kriteria informasi per-panel; (2) memilah jenis cybercrime (penipuan daring, peretasan, konten ilegal) dalam analisis terpisah guna

menghasilkan implikasi kebijakan yang lebih spesifik; (3) menghadirkan indeks literasi digital yang terstandarisasi di tingkat provinsi sebagai pengganti proksi angka partisipasi sekolah; dan (4) mempertimbangkan panel threshold regression untuk menguji apakah terdapat ambang batas penetrasi internet atau pendidikan di mana hubungan dengan cybercrime mengalami perubahan struktural.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anderson, R., Barton, C., Bohme, R., Clayton, R., van Eeten, M., Levi, M., Moore, T., & Savage, S. (2019). *Measuring the changing cost of cybercrime*. Proceedings of the 18th Annual Workshop on the Economics of Information Security (WEIS 2019).
- Asosiasi Penyelenggara Jasa Internet Indonesia. (2024). *Laporan survei penetrasi dan perilaku pengguna internet Indonesia 2015–2024*. APJII.
- Badan Pusat Statistik. (2024). *Indeks pembangunan manusia provinsi 2015–2024*. Badan Pusat Statistik.
- Badan Reserse Kriminal Polri. (2024). *Statistik kriminalitas siber nasional 2015–2024*. Divisi Humas Polri.
- Becker, G. S. (1968). Crime and punishment: An economic approach. *Journal of Political Economy*, 76(2), 169–217. <https://doi.org/10.1086/259394>
- Broadhurst, R., Grabosky, P., Alazab, M., & Chon, S. (2021). Organizations and cyber crime: An analysis of the nature of groups engaged in cyber crime. *International Journal of Cyber Criminology*, 15(1), 1–20.
- Cohen, L. E., & Felson, M. (1979). Social change and crime rate trends: A routine activity approach. *American Sociological Review*, 44(4), 588–608. <https://doi.org/10.2307/2094589>
- Engle, R. F., & Granger, C. W. J. (1987). Co-integration and error correction: Representation, estimation, and testing. *Econometrica*, 55(2), 251–276. <https://doi.org/10.2307/1913236>
- Im, K. S., Pesaran, M. H., & Shin, Y. (2003). Testing for unit roots in heterogeneous panels. *Journal of Econometrics*, 115(1), 53–74. [https://doi.org/10.1016/S0304-4076\(03\)00092-7](https://doi.org/10.1016/S0304-4076(03)00092-7)
- Kao, C. (1999). Spurious regression and residual-based tests for cointegration in panel data. *Journal of Econometrics*, 90(1), 1–44. [https://doi.org/10.1016/S0304-4076\(98\)00023-2](https://doi.org/10.1016/S0304-4076(98)00023-2)
- Kshetri, N. (2019a). Cybercrime and cybersecurity in Africa. *Journal of Global Information Technology Management*, 22(2), 77–81. <https://doi.org/10.1080/1097198X.2019.1603527>
- Kshetri, N. (2019b). *The global cybercrime industry: Economic, institutional and strategic perspectives*. Springer.
- Moore, T., Clayton, R., & Anderson, R. (2009). The economics of online crime. *Journal of Economic Perspectives*, 23(3), 3–20. <https://doi.org/10.1257/jep.23.3.3>

- Pedroni, P. (1999). Critical values for cointegration tests in heterogeneous panels with multiple regressors. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 61(S1), 653–670. <https://doi.org/10.1111/1468-0084.61.s1.14>
- Pesaran, M. H. (2007). A simple panel unit root test in the presence of cross-section dependence. *Journal of Applied Econometrics*, 22(2), 265–312. <https://doi.org/10.1002/jae.951>
- Pesaran, M. H., Shin, Y., & Smith, R. P. (1999). Pooled mean group estimation of dynamic heterogeneous panels. *Journal of the American Statistical Association*, 94(446), 621–634. <https://doi.org/10.1080/01621459.1999.10474156>
- Pratama, A. R., & Yusuf, M. (2023). Pemetaan risiko kejahatan siber di kota-kota besar Indonesia: Analisis geospasial dan ekonomi. *Jurnal Ekonomi dan Pembangunan Indonesia*, 23(1), 45–68.
- Rahmawati, D., & Kurniawan, H. (2022). Determinan cybercrime di Indonesia: Pendekatan data time series 2016–2021. *Jurnal Ilmu Ekonomi Terapan*, 7(2), 112–130.
- Schultz, T. W. (1961). Investment in human capital. *The American Economic Review*, 51(1), 1–17.
- Wall, D. S. (2007). *Cybercrime: The transformation of crime in the information age*. Polity Press.