SKANIKA: Sistem Komputer dan Teknik Informatika
Volume 9, Nomor 2, Juli 2026, Halaman 284-295 E-ISSN: 2721-4788

Prediksi Tren Publikasi Blockchain dan Kriptografi di Indonesia Menggunakan Bibliometrik dan LSTM

Fathimah Azzahro Hasni Rifayanti[1*], Rahmat Budiarsa[2]
[1,2]Fakultas Ilmu Komputer, Teknik Informatika, Universitas Esa Unggul, Jakarta Barat, Indonesia
E-mail: [1*]fathimahhasni@student.esaunggul.ac.id , [2]rahmat.budiarsa@esaunggul.ac.id
(* : corresponding author)

Abstrak

Pesatnya adopsi teknologi digital di Indonesia mendorong peningkatan penelitian Blockchain dan Kriptografi, namun pemetaan komprehensif dan proyeksi perkembangannya masih terbatas. Penelitian ini bertujuan menganalisis lanskap intelektual serta memprediksi tren publikasi ilmiah kedua teknologi tersebut di Indonesia menggunakan pendekatan kuantitatif yang mengintegrasikan bibliometrik dan Machine Learning. Data diperoleh dari Dimensions.ai periode 2020–2024 dan menghasilkan 2.193 dokumen relevan setelah data cleansing. Analisis jaringan menggunakan VOSviewer menunjukkan pergeseran riset Blockchain dari aset finansial menuju utilitas nyata, khususnya manajemen rantai pasok (Supply Chain) dan efisiensi sistem. Sementara itu, riset Kriptografi terpolarisasi antara pengembangan algoritma klasik dan penerapan untuk keamanan IoT. Model Long Short-Term Memory (LSTM) kemudian digunakan untuk memprediksi tren publikasi 2025–2029 berdasarkan data tahunan 2020–2024. Model menghasilkan MAPE di bawah 5% pada data uji, tetapi keterbatasan jumlah titik data perlu dipertimbangkan dalam menafsirkan akurasi. LSTM memproyeksikan tren publikasi yang melandai hingga 2029, dengan Kriptografi diprediksi melampaui Blockchain sekitar 55 dokumen. Temuan ini mengindikasikan meningkatnya prioritas aspek keamanan (security) dan kepercayaan (trust) dibandingkan pengembangan infrastruktur Blockchain.

Kata kunci: Blockchain, Kriptografi, Analisis Bibliometrik, LSTM, Prediksi Tren

Abstract

The rapid adoption of digital technologies in Indonesia has driven increasing research on Blockchain and Cryptography, yet comprehensive mapping and projections of their development remain limited. This study aims to analyze the intellectual landscape and predict publication trends in these two technologies in Indonesia using a quantitative approach integrating bibliometric analysis and Machine Learning. Data were obtained from Dimensions.ai for the 2020–2024 period, yielding 2,193 relevant documents after data cleansing. Network analysis using VOSviewer reveals a shift in Blockchain research from financial assets toward practical applications, particularly Supply Chain management and system efficiency. Meanwhile, Cryptography research shows polarization between the development of classical algorithms and applications for IoT security. A Long Short-Term Memory (LSTM) model was then developed to predict publication trends for 2025–2029 based on annual data from 2020–2024. The model achieved a Mean Absolute Percentage Error (MAPE) below 5% on the test data; however, the limited number of data points should be considered when interpreting this accuracy. LSTM projects a flattening publication trend through 2029, with Cryptography expected to surpass Blockchain by approximately 55 documents. These findings indicate that security and trust may become increasingly critical priorities compared with Blockchain infrastructure development.

Keywords*: Blockchain, Cryptography, Bibliometric, LSTM, Trend Prediction*

1. PENDAHULUAN

Teknologi blockchain dan kriptografi menjadi topik yang kian krusial seiring akselerasi transformasi digital di Indonesia, karena keduanya berperan penting dalam transparansi, keamanan, dan efisiensi sistem di berbagai sektor mulai dari keuangan, pemerintahan, kesehatan, hingga manajemen rantai pasok [1], [2]. Studi bibliometrik terdahulu menunjukkan bahwa pendekatan ini efektif memetakan tren perkembangan blockchain secara global, misalnya melalui analisis kombinasi blockchain dan machine learning [2] serta pemetaan tema riset blockchain 2007–2021 [3]. Namun, sebagaimana dirangkum pada Tabel 1, sebagian besar studi tersebut bersifat retrospektif dan berskala global atau lintas-negara, sementara analisis khusus konteks Indonesia beserta proyeksi tren masa depannya masih terbatas.

Tabel 1. Ringkasan Penelitian Terdahulu dan Kesenjangan Riset

No	Penelitian	Sumber Data & Periode	Metode	Keterbatasan
1	Akrami et al. (2023) [2]	Scopus, 2017–2022, 700 makalah	Analisis bibliometrik blockchain–ML	Bersifat deskriptif-retrospektif, tanpa proyeksi tren masa depan
2	Kuzior & Sira (2022) [3]	Scopus, 2007–2021, 1.842 dokumen	Analisis bibliometrik VOSviewer	Cakupan global, tidak spesifik konteks negara berkembang
3	Wardatussyarifa et al. (2024) [1]	Wawancara & survei, Indonesia	Mixed-methods (kualitatif-kuantitatif)	Tidak menggunakan data publikasi/bibliometrik, tanpa unsur prediktif
4	Rahman et al. (2024) [4]	Data operasional rantai pasok	Mixed-methods + LSTM (MAE 0,45) vs ARIMA (MAE 0,67)	Perbandingan LSTM–ARIMA dilakukan pada domain operasional, bukan pada data bibliometrik publikasi

Berdasarkan Tabel 1, tampak bahwa (a) studi bibliometrik blockchain yang ada umumnya deskriptif dan tidak memuat komponen prediktif, (b) pendekatan hybrid bibliometrik-LSTM baru diterapkan pada domain AI dan information science secara umum [5], serta (c) belum ada studi yang menggabungkan kedua pendekatan tersebut secara spesifik pada domain blockchain dan kriptografi di konteks Indonesia. Kesenjangan inilah yang menjadi fokus utama penelitian ini.

Penelitian ini mengisi kesenjangan tersebut dengan menggabungkan analisis bibliometrik dan model prediktif Long Short-Term Memory (LSTM), yang pada studi-studi sebelumnya di domain lain menunjukkan performa kompetitif dalam menangkap pola data historis yang kompleks dibandingkan metode deret waktu tradisional seperti ARIMA [6], [7]. Perlu ditegaskan bahwa penelitian ini tidak melakukan pengujian komparatif langsung antara LSTM dan model pembanding (ARIMA, regresi linear, maupun *exponential smoothing*) terhadap data publikasi blockchain-kriptografi Indonesia; pemilihan LSTM murni didasarkan pada evidensi dari studi-studi sebelumnya pada domain berbeda. Perbandingan performa LSTM dengan metode-metode tersebut pada data yang sama menjadi salah satu arah penelitian lanjutan yang direkomendasikan.

Data bersumber dari Dimensions.ai periode 2020–2024, rentang lima tahun yang lazim digunakan dalam studi bibliometrik pada bidang teknologi yang berkembang pesat [8], [9], [10]. dan merepresentasikan titik infleksi struktural penelitian blockchain pascapandemi COVID-19. Perlu dicatat bahwa data tahunan pada rentang ini hanya menghasilkan lima titik observasi, jumlah yang secara umum dianggap terlalu sedikit untuk pelatihan model deep learning berbasis sekuens seperti LSTM. Untuk memitigasi keterbatasan ini, data tahunan diinterpolasi menjadi resolusi bulanan menggunakan cubic spline interpolation sebelum dimasukkan ke model, sehingga diperoleh jumlah titik data yang memadai untuk pembentukan sequence LSTM. Meskipun pendekatan ini menjaga kehalusan pola tren, interpolasi tidak menambah informasi baru di luar lima titik tahunan asli, sehingga hasil prediksi tetap perlu dibaca sebagai proyeksi berbasis tren historis jangka pendek, bukan sebagai estimasi presisi tinggi berbasis data granular yang sesungguhnya. Validasi lanjutan dengan rentang data yang lebih panjang (misalnya menggabungkan data historis pra-2020) disarankan untuk memperkuat keandalan model pada penelitian mendatang.

Kebaruan penelitian ini terletak pada penerapan pendekatan hibrida bibliometrik-LSTM pada domain blockchain dan kriptografi di Indonesia, pendekatan yang sebelumnya baru diterapkan pada domain kecerdasan buatan dan information science secara umum [5]. Dengan memetakan lanskap intelektual sekaligus memprediksi tren publikasi periode 2025–2029, penelitian ini diharapkan memberikan wawasan berbasis bukti bagi peneliti, akademisi, dan pembuat kebijakan dalam merencanakan inisiatif blockchain dan kriptografi ke depan.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan desain kuantitatif yang mengintegrasikan analisis bibliometrik dengan pemodelan prediktif machine learning [10], [11]. Seluruh alur kerja diimplementasikan

dalam Python (Google Colab) melalui tiga tahap utama: akuisisi data, pra-pemrosesan data, serta analisis dan peramalan [12], [13].

Data bibliografi bersumber dari Dimensions.ai, yang dipilih karena cakupannya sekitar 25% lebih luas dibanding Scopus dan Web of Science [14], [15], [16]. bersifat akses terbuka sehingga mendukung reproduksibilitas, serta tingkat sitasinya berkorelasi sangat kuat dengan Scopus (Spearman's rho = 0,96). Korpus awal berjumlah 20.739 catatan terkait blockchain dan kriptografi, yang disaring berdasarkan empat kriteria inklusi: (i) tahun publikasi 2020–2024, (ii) berupa artikel atau prosiding, (iii) berafiliasi dengan Indonesia, dan (iv) memiliki abstrak yang valid dan tidak kosong [17]. Setelah pembersihan dan penghapusan duplikasi, diperoleh 2.193 publikasi final dengan label topik Is_Blockchain dan Is_Crypto yang memungkinkan tumpang tindih antar kategori [18].

2.2. Pra-pemrosesan Data dan Analisis Bibliometrik

Beberapa berkas CSV mentah digabungkan menjadi satu DataFrame, dibersihkan dari duplikat serta entri yang tidak relevan, kemudian diberi label biner berdasarkan kata kunci terkait blockchain/kriptografi pada judul dan abstrak, dan diagregasikan per tahun untuk membentuk deret waktu univariat [19].

Proses pelabelan dilakukan melalui pencocokan kata kunci (*keyword matching*) berbasis substring pada gabungan teks judul dan abstrak (*case-insensitive*), tanpa pembobotan frekuensi, satu kemunculan kata kunci sudah cukup menandai dokumen ke kategori terkait. Kata kunci untuk kategori Blockchain meliputi *blockchain, block-chain, distributed ledger, smart contract, bitcoin, ethereum, defi, nft, cryptocurrency*; sedangkan kategori Kriptografi meliputi *cryptography, cryptographic, encryption, decryption, cipher, security, signature*. Dokumen yang tidak cocok dengan kata kunci manapun dikeluarkan dari korpus akhir. Dari 2.193 publikasi final, diperoleh 1.193 dokumen (54,4%) berlabel Blockchain, 1.411 dokumen (64,3%) berlabel Kriptografi, dengan 411 dokumen (18,7%) tumpang tindih pada kedua kategori.

Analisis jaringan bibliometrik dilakukan menggunakan VOSviewer melalui tiga jenis visualisasi: jaringan (*network*) untuk melihat hubungan antar topik, tumpang tindih (*overlay*) untuk pola temporal kemunculan topik, dan kepadatan (*density*) untuk mengidentifikasi titik fokus (*hotspot*) penelitian [13], [20], [21].

2.3. Peramalan Deret Waktu LSTM

Deret waktu tahunan volume publikasi blockchain dan kriptografi (2020–2024) dibangun secara terpisah, kemudian dimodelkan menggunakan LSTM dengan pendekatan *sliding-window* untuk memprediksi jumlah publikasi tahun berikutnya berdasarkan pola historisnya, menghasilkan ramalan untuk horizon 2025–2029 [22], [23]. Arsitektur LSTM dipilih karena kemampuannya menangkap dependensi temporal non-linear pada deret waktu yang relatif pendek dan volatil.

Lima titik observasi tahunan secara inheren tidak memadai untuk membentuk pasangan *sliding-window* yang cukup bagi pelatihan dan pengujian model LSTM secara valid. Untuk mengatasi keterbatasan ini, data tahunan diresampling menjadi deret bulanan (60 titik) menggunakan interpolasi *cubic spline*, menghasilkan kurva historis yang lebih halus sebagai dasar pembentukan sekuens input model. Perlu digarisbawahi bahwa deret bulanan hasil interpolasi bersifat sintetis, ia tidak mengandung informasi baru di luar lima titik tahunan asli, melainkan representasi kontinu dari pola yang sama. Konsekuensinya, metrik evaluasi yang dihitung dari data hasil interpolasi mengukur kemampuan model mengikuti bentuk kurva interpolasi, bukan kemampuan prediksi terhadap observasi independen. Metrik ini karenanya diinterpretasikan sebagai indikator kesesuaian model terhadap tren yang telah dihaluskan, bukan sebagai bukti validitas prediktif dalam pengertian standar deret waktu. Sebagai pembanding terhadap lima observasi tahunan asli, penelitian ini menambahkan model regresi linear tren yang dilatih langsung pada titik data tahunan tanpa interpolasi, sehingga proyeksi 2025–2029 dapat dibandingkan antara pendekatan berbasis data asli dan pendekatan LSTM-interpolasi. Kinerja

model dievaluasi menggunakan RMSE, MAE, dan MAPE, yang diadopsi luas dalam studi peramalan LSTM dan hibrida ARIMA–LSTM [24][25].

Konfigurasi teknis model dirangkum sebagai berikut: ukuran *window* (*time_step*) sebesar 3 satuan waktu, digunakan untuk memprediksi 1 titik berikutnya; pembagian data dilakukan 80% untuk pelatihan dan 20% untuk pengujian, diterapkan sebelum pembentukan sekuens *window* guna mencegah kebocoran informasi (*data leakage*); arsitektur terdiri atas dua lapis LSTM (masing-masing 50 unit) diikuti lapisan Dense(25) dan Dense(1); fungsi aktivasi *tanh* digunakan pada gerbang internal LSTM dengan aktivasi linear pada lapisan keluaran; optimasi menggunakan Adam dengan fungsi kerugian *Mean Squared Error*; pelatihan dilakukan selama 100 *epoch* dengan *batch size* 1; data dinormalisasi menggunakan MinMaxScaler (rentang 0–1) dan dikembalikan ke skala asli sebelum evaluasi. Nilai RMSE, MAE, dan MAPE dihitung dari 20% data uji (*test set*) yang tidak digunakan dalam proses pelatihan, dibandingkan terhadap nilai aktual pada rentang waktu yang bersesuaian.

2.4 Formula dan *Pseudocode* Metode Usulan

Sub-bagian ini merangkum formula utama dan *pseudocode* dari metode hibrida yang diusulkan. Perlu ditekankan bahwa evaluasi kuantitatif (RMSE, MAE, MAPE) hanya diterapkan pada tahap peramalan LSTM, karena analisis bibliometrik bersifat eksploratif-deskriptif sehingga tidak memiliki nilai aktual pembanding.

a. Analisis *Co-occurrence*

Untuk setiap pasangan kata kunci *i* dan *j* dalam korpus, jumlah kemunculan bersama (*co-occurrence count)* dihitung dengan: $c_{ij} = \Sigma^{N}_{d=1} (x_{id} \cdot x_{jd})$ (1); kekuatan hubungannya dinormalisasi sebagai $s_{ij} = c_{ij} / (w_i \cdot w_j)$ (2); dan sebuah istilah i dipertahankan dalam peta jika $w_i \geq \theta$ (3), dengan $\theta = 44$ untuk topik Blockchain dan $\theta = 49$ untuk topik Kriptografi Tabel 2 dan 3.

Nilai ambang batas ini ditentukan secara manual-iteratif berdasarkan ukuran korpus masing-masing topik, dengan tujuan menghasilkan peta jaringan yang informatif dan terbaca. Untuk topik Blockchain, dari 21.895 istilah teridentifikasi, θ=44 menyaring 115 istilah kandidat menjadi 72 istilah terpilih. Untuk topik Kriptografi, dari 25.547 istilah, θ=49 diterapkan dengan proses seleksi serupa menghasilkan cakupan istilah yang sebanding. Pemilihan ambang batas secara manual ini berpotensi memengaruhi cakupan istilah yang tervisualisasikan; penelitian lanjutan dapat mengeksplorasi metode penentuan *threshold* yang lebih sistematis, misalnya berbasis persentil distribusi frekuensi kemunculan.

b. Gerbang LSTM

Untuk satu sel LSTM pada waktu *t*, dengan input x_t (jumlah publikasi periode sebelumnya) dan hidden state h_{t-1}, forget gate $f_t = \sigma(W_f \cdot [h_{t-1}, x_t] + b_f)$ (4), input gate $i_t = \sigma(W_i \cdot [h_{t-1}, x_t] + b_i)$ (5), kandidat cell state $\tilde{C}_t = \tanh(W_C \cdot [h_{t-1}, x_t] + b_C)$ (6), pembaruan cell state $C_t = f_t \odot C_{t-1} + i_t \odot \tilde{C}_t$ (7), output gate $o_t = \sigma(W_o \cdot [h_{t-1}, x_t] + b_o)$ (8), dan hidden state akhir $h_t = o_t \odot \tanh(C_t)$ (9) untuk menghasilkan nilai prediksi jumlah publikasi tahun berikutnya.

c. Evaluasi Kinerja Model

Dengan *n* adalah jumlah data uji, y_k adalah nilai aktual, dan $\hat{y}_k$ adalah nilai hasil prediksi: $RMSE = \sqrt{((1/n) \Sigma^{n}_{k=1} (y_k - \hat{y}_k)^2)}$ (10), $MAE = (1/n) \Sigma^{n}_{k=1} |y_k - \hat{y}_k|$ (11), dan $MAPE = (100\%/n) \Sigma^{n}_{k=1} |(y_k - \hat{y}_k) / y_k|$ (12). Nilai Hasil pengujian ketiga metrik ini untuk topik Blockchain dan Kriptografi disajikan pada Tabel 4.

d. *Pseudocode* Metode Hibrida Bibliometrik-LSTM

Algoritma 1 merangkum alur kerja komputasi secara keseluruhan, dari akuisisi data bibliometrik hingga peramalan LSTM.

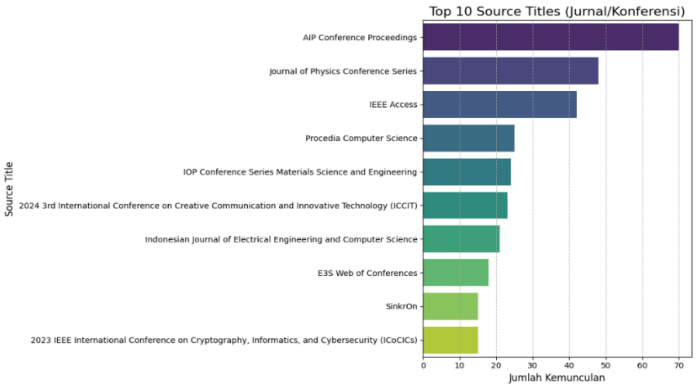
```
Algoritma 1: Hybrid Bibliometric-LSTM Forecasting
Input  : Korpus dokumen D (2020-2024), threshold θ, window size w
Output : Peta jaringan bibliometrik, prediksi publikasi 2025-2029
// TAHAP 1: Analisis Bibliometrik
1. Ekstrak kata kunci dari judul & abstrak tiap dokumen d ∈ D
2. Hitung w_i (total kemunculan) tiap istilah i; saring w_i ≥ θ
3. FOR tiap pasangan istilah (i,j) yang lolos: hitung c_ij, s_ij
4. Bangun graf G(V,E); jalankan clustering (VOSviewer)
// TAHAP 2-3: Deret Waktu & Peramalan LSTM
5. Agregasi publikasi per topik per tahun -> Y=[y_2020..y_2024]
6. Normalisasi Y; bentuk pasangan sliding-window (X_t, y_t)
7. FOR tiap epoch/batch: hitung f_t,i_t,C~_t,C_t,o_t,h_t; ŷ_t<-Dense(h_t);
   loss=MSE(y_t,ŷ_t); update bobot (Adam optimizer)
8. Denormalisasi hasil; evaluasi RMSE, MAE, MAPE
9. RETURN prediksi Ŷ_2025..202
```

Algoritma 1. *Pseudocode* Metode Hibrida Bibliometrik-LSTM

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Distribusi Sumber Publikasi (Top 10 Nama Jurnal/Prosiding)

Pada Gambar 1 menunjukkan 10 sumber publikasi teratas untuk penelitian blockchain dan kriptografi di Indonesia. AIP Conference Proceedings menempati posisi pertama (70 dokumen), diikuti Journal of Physics: Conference Series. Kehadiran IEEE Access pada tiga besar mengindikasikan peneliti Indonesia aktif berpublikasi di jurnal akses terbuka bereputasi, sementara jurnal nasional seperti SinkrOn turut berkontribusi. Dominasi prosiding konferensi mengindikasikan bahwa sebagian besar output riset domain ini masih berupa hasil seminar, bukan artikel jurnal reguler.



Gambar 1. Top 10 Judul Sumber (Jurnal/Konferensi) Paling Produktif

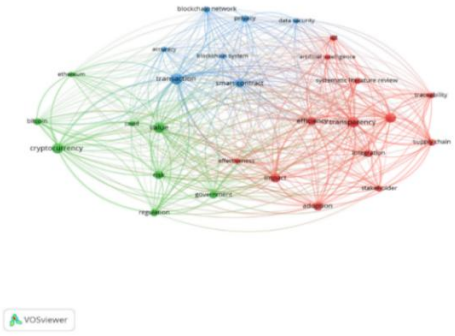
3.2 Hasil Bibliometrik pada Topik Blockchain

Dari 21.895 istilah dalam korpus, 72 kata kunci terpilih setelah penyaringan dengan ambang minimal 44 kemunculan, membentuk 3 klaster (Tabel 2).

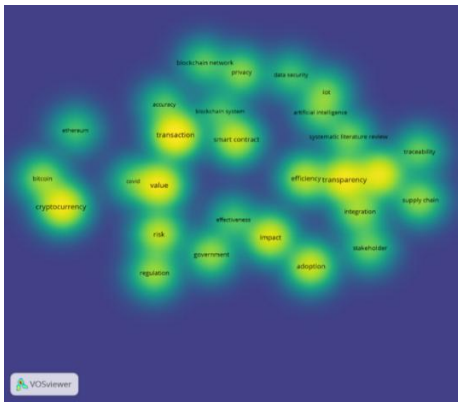
Tabel 2. Statistik Data Jaringan Topik Blockchain

Parameter/Metrik	Nilai
Metode Perhitungan	Co-occurence
Unit Analisis	All Keywords (Judul & Abstrak)
Total Istilah Terindentifikasi	21.895
Minimum Number of Occurrences	44
Jumlah Kata Kunci Terpilih (Items)	72 (dari 115 kandidat)
Jumlah Klaster (Clusters)	3

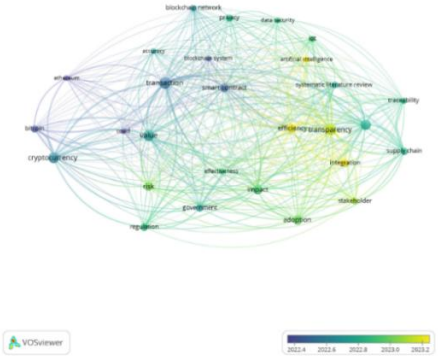
Jaringan ko-kemunculan (Gambar 2) membentuk tiga klaster: (1) implementasi & integrasi teknologi; *efficiency, transparency, supply chain, traceability*, AI, IoT; (2) mata uang kripto & regulasi; cryptocurrency, bitcoin, risk, regulation, ethereum; dan (3) arsitektur & keamanan data; blockchain *network*, *privacy*, data *security*, *smart contract*. Visualisasi kepadatan (Gambar 3) menunjukkan topik *transaction*, *value*, *efficiency*, dan *transparency* sebagai area dengan kepadatan kemunculan istilah tertinggi, mengindikasikan intensitas riset yang sudah cukup mapan pada topik-topik tersebut, sementara IoT dan *artificial intelligence* masih menunjukkan kepadatan rendah yang berpotensi menandakan celah riset. Visualisasi *overlay* (Gambar 4) mengonfirmasi pergeseran temporal berdasarkan skala rata-rata tahun kemunculan (2022,4–2023,2): istilah *bitcoin, cryptocurrency, ethereum,* dan *privacy* memiliki rata-rata tahun kemunculan paling awal (±2022,4–2022,6), istilah *transaction, trust,* dan *risk* berada pada rentang menengah (±2022,6–2022,8), sedangkan istilah *efficiency, transparency, integration, traceability,* dan *supply chain* memiliki rata-rata tahun kemunculan paling akhir (±2022,8–2023,2). Pola ini menunjukkan pergeseran topik dari isu mata uang kripto dan keamanan dasar menuju penerapan blockchain untuk efisiensi dan integrasi rantai pasok.



Gambar 2. Visualisasi Jaringan (Network Visualization) Topik Blockchain



Gambar 3. Visualisasi Kepadatan (Density Visualization) Topik Blockchain



Gambar 4. Visualisasi Overlay (*Overlay Visualization*) Topik Blockchain

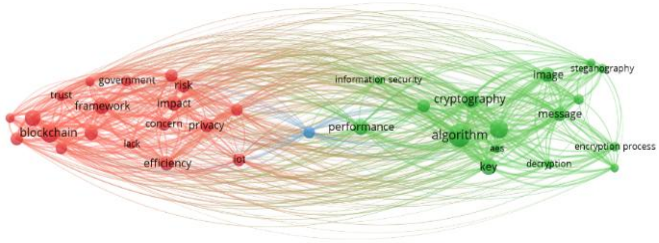
3.3 Hasil Bibliometrik pada Topik Kriptografi

Dari populasi 25.547 istilah, 72 kata kunci terpilih dengan ambang 49 kemunculan, yang terlihat pada Tabel 3 berikut:

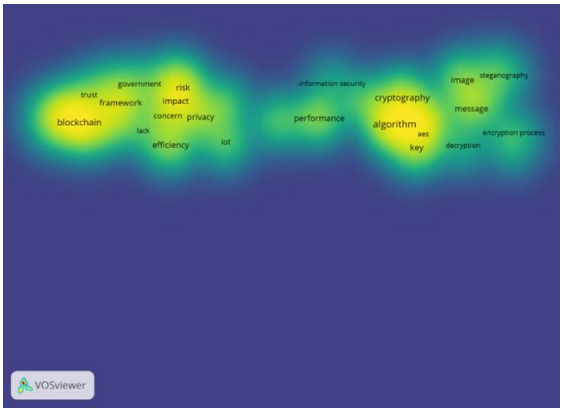
Tabel 3. Statistik Data Jaringan Topik Kriptografi

Parameter/Metrik	Nilai
Metode Perhitungan	Co-occurence
Unit Analisis	All Keywords (Judul & Abstrak)
Total Istilah Terindentifikasi	25.547
Minimum Number of Occurrences	49
Jumlah Kata Kunci Terpilih (Items)	72 (dari 120 kandidat)
Jumlah Klaster (Clusters)	3

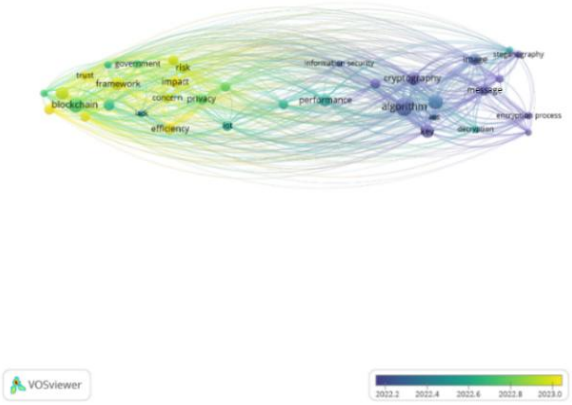
Jaringan ko-kemunculan (Gambar 5) menunjukkan struktur dua kutub: klaster kriptografi terapan (blockchain, trust, government, risk, IoT) dan klaster algoritma klasik (algorithm, AES, *steganography, image, encryption*), dijembatani oleh klaster performance/information security. Visualisasi kepadatan (Gambar 6) memperlihatkan algorithm/AES dan blockchain/trust sebagai area dengan kepadatan istilah tertinggi, sedangkan IoT dan performance masih menjadi celah riset, khususnya kriptografi ringan (*lightweight cryptography*) untuk perangkat IoT. Visualisasi *overlay* (Gambar 7) menegaskan pergeseran temporal berdasarkan skala rata-rata tahun kemunculan (2022,2–2023,0): istilah *steganography, image, encryption process,* dan *decryption* memiliki rata-rata tahun kemunculan paling awal (±2022,2–2022,4), istilah *cryptography, algorithm,* dan *information security* berada pada rentang menengah (±2022,4–2022,6), sedangkan istilah *trust, government, risk, efficiency, framework,* dan *blockchain* memiliki rata-rata tahun kemunculan paling akhir (±2022,8–2023,0). Pola ini menunjukkan pergeseran topik dari algoritma kriptografi klasik menuju kriptografi sebagai *enabler* kepercayaan dalam ekosistem blockchain dan IoT, bukan sekadar disiplin matematis yang berdiri sendiri.



Gambar 5. Visualisasi Jaringan (*Network Visualization*) Topik Kriptografi



Gambar 6. Visualisasi Kepadatan (*Density Visualization*) Topik Kriptografi



Gambar 7. Visualisasi Overlay (*Overlay Visualization*) Topik Kriptografi

3.4 *Forecasting Trends* for 2025-2029 dan Evaluasi Model

Sebelum pemodelan, data historis jumlah publikasi tahunan untuk kedua topik dirangkum pada Tabel 4.

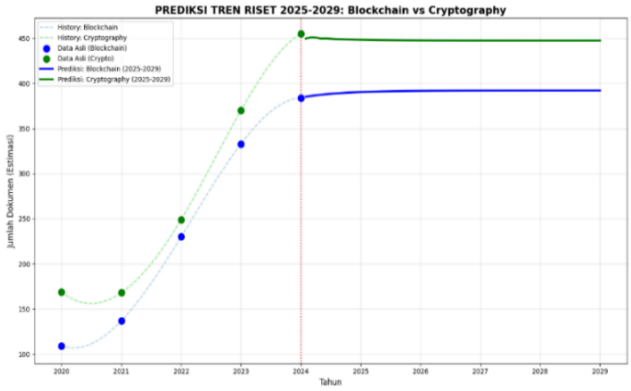
Tabel 4. Jumlah Publikasi Tahunan Topik Blockchain dan Kriptografi (2020-2024)

Tahun	Blockchain	Kriptografi	Total
2020	109	169	247
2021	137	168	264
2022	230	249	400
2023	333	370	600
2024	384	455	682

**Total tidak sama dengan penjumlahan kedua kategori karena terdapat dokumen yang tumpang tindih.*

Sebagaimana terlihat pada Tabel 4, kedua topik menunjukkan tren pertumbuhan tahunan yang konsisten sepanjang periode 2020–2024. Karena data tahunan ini hanya terdiri dari lima titik observasi, deret waktu diresampling menjadi resolusi bulanan menggunakan interpolasi *cubic spline* sebagaimana dijelaskan pada bagian Metode, sebelum dimodelkan menggunakan LSTM.

Model LSTM memprediksi tren publikasi blockchain dan kriptografi memasuki pola datar (*plateau*) hingga 2029, tanpa lonjakan eksponensial baru (Gambar 8). Kriptografi diproyeksikan tetap unggul dibanding blockchain, dengan estimasi masing-masing sekitar 447 dan 391 dokumen pada tahun 2029 (selisih ±55 dokumen). Pola datar ini perlu dibaca secara hati-hati: kurva yang mendatar segera setelah periode historis dapat mencerminkan keterbatasan model dalam mengekstrapolasi tren akibat jumlah data latih yang sangat terbatas, alih-alih benar-benar mengindikasikan bahwa tren publikasi memasuki fase saturasi.



Gambar 8. Prediksi Tren Riset 2025-2029: Blockchain vs Kriptografi

Sebagai pembanding, model regresi linear sederhana dilatih langsung pada lima titik data tahunan asli (Tabel 4) tanpa interpolasi. Pada evaluasi *holdout* tahun 2024, model ini menghasilkan MAPE 2,47% untuk Blockchain dan 9,89% untuk Kriptografi — performa yang

relatif sebanding dengan LSTM untuk topik Blockchain (MAPE 2,38%), namun lebih rendah untuk topik Kriptografi (MAPE 1,19%; catatan: metrik LSTM dihitung dari rata-rata titik uji hasil interpolasi bulanan sehingga tidak sepenuhnya sebanding secara metodologis). Yang lebih penting, proyeksi 2025–2029 dari kedua model berbeda signifikan: regresi linear memproyeksikan pertumbuhan berkelanjutan, mencapai sekitar 761 dokumen Blockchain dan 824 dokumen Kriptografi pada 2029, sementara LSTM memproyeksikan pola mendatar. Divergensi ini memperkuat dugaan bahwa pola datar pada prediksi LSTM kemungkinan besar merupakan artefak keterbatasan model akibat data latih yang sangat terbatas dan proses interpolasi, bukan indikasi valid bahwa tren publikasi benar-benar memasuki fase saturasi. Interpretasi definitif memerlukan validasi lanjutan dengan rentang data historis yang lebih panjang.

3.5 Evaluasi Kinerja Model

Kinerja model LSTM dievaluasi pada enam titik data uji yang tidak digunakan dalam proses pelatihan (Tabel 5 dan Tabel 6).

Tabel 5. Perbandingan Nilai Aktual dan Prediksi pada Data Uji untuk Topik Blockchain

Titik Uji ke-	Nilai Aktual	Nilai Prediksi	Selisih
1	368,76	376,33	7,57
2	373,04	380,91	7,87
3	376,68	385,05	8,37
4	379,55	388,66	9,11
5	381,81	391,78	9,97
6	383,27	394,32	11,05

Tabel 6. Perbandingan Nilai Aktual dan Prediksi pada Data Uji untuk Topik Kriptografi

Titik Uji ke-	Nilai Aktual	Nilai Prediksi	Selisih
1	421,92	417,98	3,94
2	429,17	424,42	4,75
3	435,82	430,45	5,37
4	441,61	435,97	5,64
5	446,89	441,02	5,87
6	451,28	445,50	5,77

Tabel 7. Evaluasi Kinerja Model LSTM

Topik Model	Blockchain	Kriptografi
RMSE	9,07	5,27
MAE	8,99	5,22
MAPE	2,38%	1,19%

Kedua model menunjukkan tingkat kesalahan di bawah 5% pada data uji, mengindikasikan kesesuaian yang baik antara prediksi model dan pola data uji. Meskipun demikian, sebagaimana dijelaskan pada bagian Metode, nilai aktual dan prediksi pada Tabel 5 dan 6 berada pada skala bulanan hasil interpolasi *cubic spline*, bukan observasi bulanan asli. Metrik evaluasi ini karenanya perlu dibaca sebagai ukuran kesesuaian model terhadap kurva interpolasi historis, bukan sebagai bukti akurasi prediktif terhadap observasi granular yang sesungguhnya.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini berhasil memetakan lanskap serta memprediksi tren publikasi blockchain dan kriptografi di Indonesia melalui pendekatan hibrida bibliometrik-LSTM. Riset blockchain bergeser dari fokus mata uang kripto menuju aplikasi rantai pasok dan transparansi, sementara riset kriptografi menunjukkan polarisasi antara algoritma klasik dan kriptografi terapan sebagai security enabler. Model LSTM memproyeksikan pola pertumbuhan publikasi yang cenderung datar hingga 2029 untuk kedua topik, dengan kriptografi diproyeksikan tetap berada di atas blockchain. Namun demikian, proyeksi ini perlu dibaca secara hati-hati: perbandingan dengan model regresi linear sederhana pada data yang sama justru menunjukkan proyeksi pertumbuhan

yang terus meningkat, bukan mendatar, sehingga pola saturasi yang ditangkap LSTM lebih mungkin mencerminkan keterbatasan model dibanding fenomena riil dalam tren riset.

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan yang perlu menjadi perhatian dalam menginterpretasikan temuan. Pertama, data bersumber dari satu basis data (Dimensions.ai) sehingga cakupan publikasi belum tentu merepresentasikan lanskap riset secara menyeluruh. Kedua, proses pelabelan topik dilakukan berbasis pencocokan kata kunci sederhana pada judul dan abstrak, yang berpotensi menghasilkan klasifikasi yang kurang presisi dibandingkan metode pelabelan yang lebih kompleks. Ketiga, data historis tahunan yang tersedia hanya terdiri dari lima titik observasi (2020–2024), jumlah yang secara umum tidak memadai untuk pelatihan model deep learning berbasis sekuens; keterbatasan ini diatasi melalui interpolasi menjadi resolusi bulanan, namun pendekatan tersebut tidak menambah informasi baru di luar lima titik asli dan metrik evaluasi yang dihasilkan perlu dibaca sebagai ukuran kesesuaian terhadap kurva interpolasi, bukan bukti akurasi prediktif penuh. Keempat, meskipun penelitian ini telah membandingkan LSTM dengan model regresi linear sederhana sebagai pembanding awal, perbandingan yang lebih sistematis dengan model deret waktu klasik seperti ARIMA atau exponential smoothing pada data yang sama masih diperlukan untuk menguatkan validitas temuan.

Sebagai arah penelitian selanjutnya, integrasi antara blockchain dan kecerdasan buatan untuk aplikasi rantai pasok dapat menjadi fokus yang relevan mengingat kedua topik teridentifikasi sebagai celah riset dengan minat yang meningkat, demikian pula pengembangan skema kriptografi ringan untuk keamanan perangkat IoT. Perluasan kerangka hibrida bibliometrik-LSTM ke domain teknologi lain, dikombinasikan dengan pemodelan topik lanjutan serta model prediktif multivariat yang mempertimbangkan faktor eksternal seperti kebijakan dan tren pendanaan, juga terbuka untuk dieksplorasi pada penelitian mendatang, idealnya didukung rentang data historis yang lebih panjang dan basis data yang lebih beragam.

Temuan penelitian ini dapat menjadi informasi awal bagi peneliti dan pembuat kebijakan dalam memahami arah perkembangan riset blockchain dan kriptografi di Indonesia, khususnya pergeseran fokus dari isu mata uang kripto menuju penerapan yang lebih luas pada keamanan digital, rantai pasok, dan integrasi kecerdasan buatan. Mengingat keterbatasan cakupan data dan metode yang telah diuraikan, temuan ini lebih tepat dipandang sebagai pemetaan awal ketimbang dasar tunggal untuk pengambilan keputusan investasi atau kebijakan nasional secara langsung.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Y. Wardatussyarifa, N. N. Ardelia, M. S. Ibrahim, and F. Zahroh, “Building the Foundation of Indonesia’s Digital Economy: Encourging the Adoption of Bitcoin and Blockchain Technology to Increase Financial Inclusion and Efficiency,” *East Asian J. Multidiscip. Res.*, vol. 3, no. 10, pp. 4663–4672, 2024, doi: 10.55927/eajmr.v3i10.11657.

[2] N. El Akrami, *et al*., “Unleashing the Potential of Blockchain and Machine Learning: Insights and Emerging Trends From Bibliometric Analysis,” *IEEE Access*, vol. 11, pp. 78879–78903, 2023, doi: 10.1109/ACCESS.2023.3298371.

[3] A. Kuzior and M. Sira, “A Bibliometric Analysis of Blockchain Technology Research Using VOSviewer,” *Sustain.*, vol. 14, no. 13, pp. 1-15, 2022, doi: 10.3390/su14138206.

[4] T. Rahman *et al.*, “Blockchain Applications in Business Operations and Supply Chain Management By Machine Learning,” *Int. J. Comput. Sci. Inf. Syst.*, vol. 09, no. 11, pp. 17–30, 2024, doi: 10.55640/ijcsis/volume09issue11-03.

[5] C. Wen, W. Liu, Z. He, and C. Liu, “Research on emergency management of global public health emergencies driven by digital technology: A bibliometric analysis,” *Front. Public Heal.*, vol. 10, p. 1100401, 2023, doi: 10.3389/fpubh.2022.1100401.

[6] P. R. Low and E. Sakk, “Comparison between autoregressive integrated moving average and long short term memory models for stock price prediction,” *IAES Int. J. Artif. Intell.*, vol. 12, no. 4, pp. 1828–1835, 2023, doi: 10.11591/ijai.v12.i4.pp1828-1835.

[7] M. F. Rizkilloh and S. Widiyanesti, “Prediksi Harga Cryptocurrency Menggunakan

Algoritma Long Short Term Memory (LSTM)," *Jurnal RESTI*, vol. 6, no. 1, pp. 25–31, 2022, doi: 10.29207/resti.v6i1.3630.

[8] M. Visser, N. J. van Eck, and L. Waltman, "Large-scale comparison of bibliographic data sources: Scopus, Web of Science, Dimensions, Crossref, and Microsoft Academic," *Quant. Sci. Stud.*, vol. 2, no. 1, pp. 20–41, 2021, doi: 10.1162/qss_a_00112.

[9] J. Wu, X. Qu, L. Sheng, and W. Chu, "Uncovering the dynamics of enterprises digital transformation research: A comparative review on literature before and after the COVID-19 pandemic," *Heliyon*, vol. 10, no. 5, pp.1-16, 2024, doi: 10.1016/j.heliyon.2024.e26986.

[10] N. Donthu, *et al*., "How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines," *J. Bus. Res.*, vol. 133, pp. 285–296, 2021, doi: 10.1016/j.jbusres.2021.04.070.

[11] B. Hu *et al.*, "A comprehensive survey on smart contract construction and execution: paradigms, tools, and systems," *Patterns*, vol. 2, no. 2, pp. 1-51, 2021, doi: 10.1016/j.patter.2020.100179.

[12] D. Santos, P. S. G. d. M. Neto, J. F. L. d. Oliveira, and G. D. C. Cavalcanti, "A hybrid system based on ensemble learning to model residuals for time series forecasting," *Inf. Sci. (Ny).*, vol. 649, p. 119614, 2023, doi: 10.1016/j.ins.2023.119614.

[13] Y. M. Guo *et al.*, "A bibliometric analysis and visualization of blockchain," *Futur. Gener. Comput. Syst.*, vol. 116, pp. 316–332, 2021, doi: 10.1016/j.future.2020.10.023.

[14] S. C. Azhari, I. Hilman, S. Fadjarajani, and G. Sukmo, "A Bibliometric Analysis: Remote Sensing Literature in Dimensions.ai Database," *J. Spat. Wahana Komun. dan Inf. Geogr.*, vol. 22, no. 2, pp. 91–106, 2022, doi: 10.21009/spatial.222.01.

[15] V. P. Guerrero-Bote, Z. Chinchilla-Rodríguez, and A. Mendoza, "Comparative analysis of the bibliographic data sources Dimensions and Scopus: An approach at the country and institutional levels," *Frontiers in Research Metrics and Analytics*, vol. 5, 593494, 2021, doi: 10.3389/frma.2020.593494.

[16] S. Stahlschmidt and D. Stephen, "From indexation policies through citation networks to normalized citation impacts : Web of Science , Scopus , and Dimensions as varying resonance chambers," *Scientometrics*, vol. 127, no. 5, pp. 2413–2431, 2022, doi: 10.1007/s11192-022-04309-6.

[17] L. Nuryanti *et al.*, "Research Trends in Blockchain Technology for Regional Government Financial Management in Indonesia: A Bibliometric Analysis," *J. Syst. Manag. Sci.*, vol. 14, no. 4, pp. 52–71, 2024, doi: 10.33168/jsms.2024.0404.

[18] A. N. Sari and T. Gelar, "Blockchain-Based Long-Term Multisignature," in *Proceedings of the International Conference on Applied Science and Technology on Engineering Science 2023 (iCAST-ES 2023)*, 2024, pp. 179–191.

[19] Y. S. I. Yona, S. R. A. T. M. Shidqi, and R. A. Lemon, "A Bibliometric Analysis of Cryptocurrency and Blockchain," *West Sci. Interdiscip. Stud.*, vol. 2, no. 01, pp. 74–82, 2024, doi: 10.58812/wsis.v2i01.564.

[20] D. Widyawan and I. Imelda, "Pengamanan File Menggunakan Kriptografi Dengan Metode AES-128 Berbasis Web di Komite Nasional Keselamatan Transportasi," *SKANIKA: Sistem Komputer dan Teknik Informatika*, vol. 4, no. 1, pp. 15–22, 2021, doi: 10.36080/skanika.v4i1.2216.

[21] H. Sudarjat, "Computing bibliometric analysis with mapping visualization using VOSviewer on 'Pharmacy' and 'Special Needs' research data in 2017–2021," *ASEAN Journal of Community and Special Needs Educcation*, vol. 2, no. 1, pp. 1–8, 2023.

[22] S. Hamiane, Y. Ghanou, H. Khalifi, and M. Telmem, "Comparative Analysis of LSTM, ARIMA, and Hybrid Models for Forecasting Future GDP," *Ing. des Syst. d'Information*, vol. 29, no. 3, pp. 853–861, 2024, doi: 10.18280/isi.290306.

[23] F. Yang, Y. Qiao, Y. Qi, J. Bo, and X. Wang, "BACS: blockchain and AutoML-based technology for efficient credit scoring classification," *Ann. Oper. Res.*, vol. 345, pp. 703–723, 2022, doi: 10.1007/s10479-022-04531-8.

[24] S. A. Ansari and S. Ali, "A systematic review of lightweight cryptographic schemes for security and privacy in IoT," *Discov. Comput.*, vol. 28, Art. no. 266, 2025, doi:

10.1007/s10791-025-09755-3.
[25] M. A. Qasem, *et al*., "Cryptography algorithms for improving the security of cloud-based internet of things," *Security and Privacy*, vol. 7, no. 4, 2024, doi: 10.1002/spy2.378.