

MODEL KEMATANGAN DESA CERDAS LINGKUNGAN YANG BERKELANJUTAN DI MALUKU UTARA: SEBUAH ANALISIS BIBLIOMETRIK SELAMA SATU DEKADE

MATURITY MODELS OF SUSTAINABLE SMART ENVIRONMENT VILLAGE IN NORTH MALUKU: A BIBLIOMETRIC ANALYSIS ONE DECADE

Assaf Arief¹, Heri Apriyanto², Suyuti³, Annisa Dewi Suryaningtyas⁴, Nugraheni Setiastuti⁵, Aphang Suhendra⁶

^{1,3}Fakultas Teknik, Universitas Khairun

^{2,4,5,6}Pusat Riset Sistem Produksi Berkelanjutan dan Penilaian Daur Hidup – OR Energi dan Manufaktur BRIN

Email: assaf.arief@unkhair.ac.id

Abstrak

Maluku Utara, khususnya kawasan pertambangan kepulauan Halmahera, merupakan salah satu pusat industri pertambangan terbesar di Indonesia, sangat krusial bertransformasi menjadi desa cerdas lingkungan yang berkelanjutan. Penelitian ini bertujuan mencari *knowledge gap* dan *empirical/practical gap* dengan metode analisis bibliometrik pada pustaka digital Scopus selama satu dekade. Hasil analisis bibliometrik menunjukkan istilah “*village mining*” dan “*village environment*” sebagai fokus utama yang terbagi menjadi tiga kluster: (1) “*data mining*” dengan pendekatan komputasional, (2) “*environmental monitoring*” dan “*risk assessment*” untuk konservasi lingkungan, serta (3) aspek manusia yang menyoroti dampak social, ekonomi dan kesehatan. Sinergi lintas disiplin menjadi kunci dalam mendukung model desa cerdas lingkungan. Penelitian lanjutan disarankan untuk mengintegrasikan survei empiris dan tinjauan teoretis guna menyusun model kematangan baru hasil validasi empiris.

Kata Kunci: Model Kematangan, Desa Cerdas Lingkungan, Analisis Bibliometrik, Maluku Utara.

Abstract

North Maluku, especially the Halmahera Islands mining area, is one of the largest mining industry centers in Indonesia, and it is crucial to transform into a sustainable, environmentally smart village. This study aims to find knowledge gaps and empirical/practical gaps using bibliometric analysis methods in the Scopus digital library for a decade. The results of the bibliometric analysis show the terms “village mining” and “village environment” as the main focus which are divided into three clusters: (1) “data mining” with a computational approach,

(2) “environmental monitoring” and “risk assessment” for environmental conservation, and (3) human aspects covering social, economic and health impacts. Cross-disciplinary synergy is key in supporting the environmentally smart village model. Further research is recommended to integrate empirical surveys and theoretical theories to develop a new maturity model from empirical validation results.

Keywords: Maturity Models, Green Smart Village, Bibliometric Analysis, North Maluku.

PENDAHULUAN

Konsep/model kematangan desa cerdas lingkungan di kawasan pertambangan kepulauan Maluku Utara menghadapi tantangan krusial terkait dampak kerusakan lingkungan, kesehatan dan sosial akibat kegiatan penambangan mineral seperti nikel, bijih besi, emas, dan perak (BPS Maluku Utara 2025). Kondisi ini menuntut pendekatan baru yang mampu menyeimbangkan eksploitasi sumber daya dengan pelestarian lingkungan dan kesejahteraan masyarakat daerah terdampak.

Model kematangan dalam konteks pertambangan menawarkan solusi inovatif dengan mengintegrasikan teknologi informasi, praktik industri hijau, serta sistem pengelolaan lingkungan yang efisien (Komorowski and Stanny 2020; Zhang and Zhang 2020). Kematangan ini tidak hanya bertujuan meningkatkan kualitas lingkungan hidup masyarakat lokal, tetapi juga memastikan keberlanjutan ekosistem hijau di desa kawasan pertambangan.

Penelitian ini bertujuan mencari dan membangun model kematangan

desa cerdas lingkungan yang berkelanjutan melalui analisis bibliometrik pada pustaka digital. Metode ini diharapkan dapat mengidentifikasi tren, praktik terbaik, dan celah/gap penelitian yang mendasar, sehingga menghasilkan model konseptual yang relevan dan aplikatif.

Dengan model konseptual dari hasil analisis bibliometrik, diharapkan dapat tercipta kerangka kerja/model standar untuk implementasi dan pengawasan industri hijau di desa kawasan pertambangan. Hasil penelitian ini diharapkan menjadi acuan strategis dalam mendukung kematangan desa pertambangan di Maluku Utara menuju konservasi lingkungan yang berkelanjutan.

LANDASAN TEORI

Desa Cerdas (*Smart Village*)

Smart village atau desa cerdas adalah konsep pengembangan desa/kawasan yang mengintegrasikan teknologi informasi dan komunikasi (TIK) dalam pengelolaan dan pengawasan

desa untuk meningkatkan kualitas hidup dan keberlanjutan (Zhang and Zhang 2020). Desa cerdas mencakup beberapa dimensi utama, seperti smart governance, smart mobility, smart economy, smart people, smart living, dan terutama sumber daya lingkungan (*smart environment*) (Alhari, Amalia, and Fajrillah 2022).

Sumber daya alam dan lingkungan kawasan pedesaan (*village environment*) berperan sebagai salah satu dimensi penentu (*critical factor*) dari desa cerdas yang menekankan pada penggunaan teknologi dan praktik ramah lingkungan untuk menjaga keberlanjutan sumberdaya alam dan lingkungan (Zavratnik, Kos, and Duh 2018). Konsep ini mencakup pemantauan kualitas udara, air dan tanah, pengelolaan limbah, konservasi energi, dan penggunaan sumber daya alam yang efisien. Implementasi *smart environment* di kawasan desa pertambangan melibatkan penggunaan teknologi seperti sensor lingkungan, sistem pengelolaan data, dan alat analisis untuk memantau dan mengurangi dampak negatif dari aktivitas pertambangan terhadap pencemaran lingkungan (Chen et al. 2024).

Dalam konteks pembangunan desa pertambangan di Maluku Utara, model kematangan desa cerdas diharapkan dapat memitigasi dampak negatif dari kegiatan pertambangan dan mendukung pembangunan

berkelanjutan. Penerapan teknologi dan pendekatan industri hijau (*green industry*) dalam pengelolaan lingkungan pertambangan diharapkan dapat membantu mempertahankan kelestarian lingkungan sambil tetap mendukung pertumbuhan ekonomi lokal dan nasional (Yuan et al. 2020).

Industri Hijau (*Green Industry*)

Industri hijau, atau *green industry*, merujuk pada praktik industri yang berfokus pada pengurangan dampak lingkungan, peningkatan efisiensi pengelolaan sumber daya, dan dukungan terhadap pembangunan ekonomi yang berkelanjutan. Pendekatan ini mencakup penerapan teknologi ramah lingkungan, penggunaan energi terbarukan, serta pengelolaan limbah yang efektif dan efisien (Yuan et al. 2020). Dalam konteks pertambangan di Maluku Utara, penerapan konsep industri hijau memiliki peran krusial untuk menjaga keseimbangan antara pemanfaatan sumber daya alam dan konservasi lingkungan desa sekitar.

Model Kematangan (*Maturity Model*)

Model kematangan merupakan kerangka evaluasi bertahap yang mengukur perbaikan proses melalui indikator spesifik. Helgesson et al. (2011) menekankan pentingnya

evaluasi yang objektif dan sistematis guna menentukan efektivitas model. Evaluasi ini mengidentifikasi kelemahan dan mengarahkan perbaikan, sehingga mendukung peningkatan nilai tambah dalam proses pengembangan secara berkelanjutan, secara komprehensif meningkatkan performa organisasi (Helgesson, Host, and Weyns 2012).

METODE PENELITIAN

Bab ini menjelaskan langkah-langkah penelitian menggunakan analisis bibliometrik selama satu dekade (2014–2024), sebagai berikut:

Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian menggunakan pendekatan analisis bibliometrik untuk menggali dan memetakan perkembangan literatur terkait model kematangan desa cerdas di kawasan pertambangan yang berkelanjutan. Pendekatan ini dipilih karena kemampuannya untuk menangani volume data yang besar serta untuk mengidentifikasi tren, kolaborasi, dan celah/gap penelitian yang mendasar. Adapun rancangan penelitian mengacu pada pedoman dan langkah-langkah analisis bibliometrik yang akan dilakukan sesuai dengan panduan dan contoh dari beberapa studi terdahulu yang banyak disitasi oleh Donthu, dkk, tahun 2021 (Donthu et al. 2021; Guo et al. 2019).

Pengumpulan Data

Data penelitian diperoleh dari database Scopus dan Google Scholar dengan periode publikasi selama 1 dekade: tahun 2014 hingga 2024. Kata kunci yang digunakan mencakup istilah-istilah seperti "*village mining*", "*village environment*", "*maturity model*", dan kombinasi istilah tersebut untuk memastikan keterkaitan dengan konteks pertambangan di Maluku Utara. Proses pengumpulan data mencakup tiga tahap: (1) penentuan ruang lingkup dan kriteria inklusi-eksklusi, (2) pencarian awal dan pengunduhan metadata publikasi, serta (3) penyaringan berdasarkan relevansi judul, abstrak, dan kata kunci. Adapun metodologi dengan protokol ilmiahnya secara keseluruhan seperti ditunjukkan pada Gambar 1, halaman berikut.

Metode Analisis Data

Setelah data terkumpul, langkah selanjutnya adalah analisis kinerja publikasi (publication and citation analysis) dan pemetaan jaringan (*science mapping*). Analisis kinerja mencakup perhitungan jumlah publikasi, sitasi, serta identifikasi penulis, institusi, dan negara yang paling berkontribusi dalam bidang penelitian ini. Sedangkan analisis peta jaringan dilakukan dengan menggunakan software seperti VOSviewer atau Bibliometrix untuk

mengidentifikasi keterkaitan antar kata kunci, co-authorship, dan pola kolaborasi (da Silva Tomadon et al. 2024). Teknik ini memungkinkan visualisasi tren tematik serta

pengelompokan topik yang muncul dari literatur, sehingga dapat mengungkap peta evolusi penelitian (Muhtar et al. 2023) 1 dekade (2014-2024).

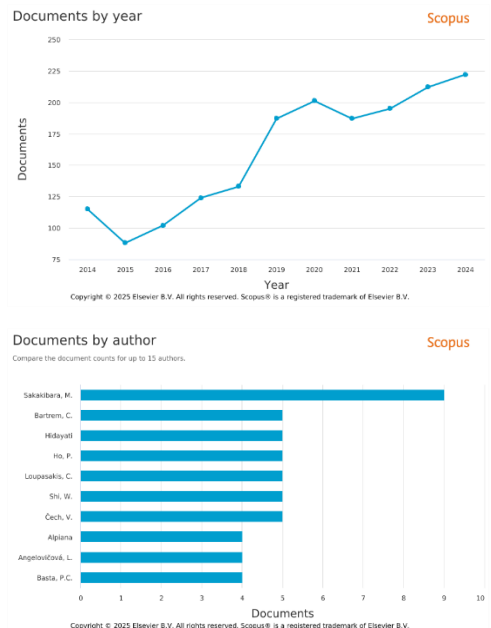


Gambar 1. Protokol metode analisis bibliometrik.

HASIL PEMBAHASAN

Analisis Publikasi dan Penulis

Dokumen akademis, termasuk jurnal dan artikel prosiding, telah diekstraksi menggunakan databased Scopus dengan istilah (*term*) desa cerdas lingkungan dan terkait pertambangan. Gambar 2, menunjukkan jumlah publikasi dan 10 penulis produktif antara tahun 2014 dan 2024. Hasil grafik menunjukkan dari tahun 2014-2017 masih naik turun dan semenjak tahun 2017 sampai 2024 ini menunjukkan konsistensi peningkatan yang stabil (2,393 total paper). Penulis produktif teratas seperti ditunjukkan Table 1.



Gambar 2. Data trend publikasi dan penulis 2014-2024.

Tabel 1. Penulis Paling Produktif

No.	Penulis	Jumlah Paper	Jumlah Sitasi	Negara	Asal Institusi
1.	Sakakibara, Masayuki	8	1081	Jepang	Ehime University, Matsuyama, Japan.
2.	Bartrem, Casey L.	5	313	USA	TerraGraphics International Foundation, Moscow, United States.
3.	Hidayati	5	13	Indonesia	University of Mataram, Mataram, Indonesia.
4.	Ho, Peter	5	2264	Czech Republic	Czech University of Life Sciences Prague, Prague, Czech Republic.
5.	Shi, Wenbing	5	210	China	Guizhou University, Guiyang, China
6.	Čech, Vladimír	5	89	Slovakia	University of Presov in Presov, Presov-Lubotice, Slovakia
7.	Alpiana	4	8	Indonesia	University of Muhammadiyah Mataram, Mataram, Indonesia.
8.	Demková, Lenka	4	565	Slovakia	University of Presov in Presov, Presov-Lubotice, Slovakia
9.	Basta, Paulo Cesar	4	657	Brazil	Fundacao Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, Brazil
10.	Dai, Huayang Yang	4	1178	China	China University of Mining & Technology, Beijing, China

Publikasi Teratas

2,393 dokumen paper yang dipublikasikan di 156 jurnal berbeda. Jumlah yang besar ini menunjukkan keberagaman topik studi dan sifat interdisipliner penelitian *smart enviroenment* desa pertambangan. Berdasarkan data Scopus yang diperoleh, Tabel 2 menampilkan lima jurnal teratas tentang desa pertambangan dan smart environment dari statistik basis data Scopus. Jurnal yang menerbitkan artikel terbanyak adalah Energies, Sustainability Switzerland, Scientific Reports, Geofluids, Geotechnical dan Geological Engineering.

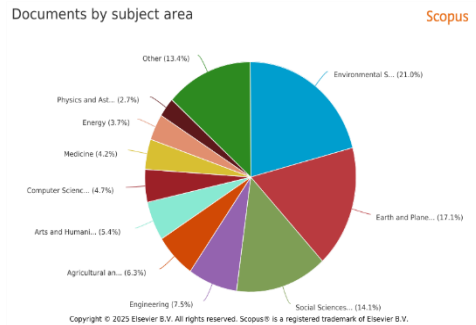
Tabel 2. Jurnal/Proseding Teratas

Nama Jurnal/Proseding	Total Dokumen
Top Conference Series Earth And Environmental Science	108
Extractive Industries And Society	31
International Multidisciplinary Scientific Geoconference Surveying Geology And Mining Ecology Management Sgem	28
International Journal Of Environmental Research And Public Health	25

Aip Conference Proceedings	24
----------------------------	----

Sumber: Analisis Data Scopus, 2024

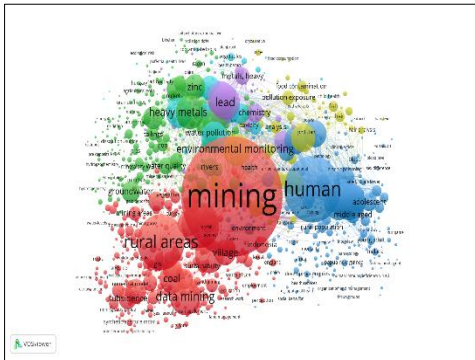
Pemetaan Bidang dan Kata Kunci



Gambar 3. Pemetaan Bidang

Pemetaan bidang ilmu dominasi Earth and Planetary Sciences (19,8%), Engineering (16,5%), dan Environmental Science(14,8%), relevansi aspek geologi, teknologi, dan keberlanjutan lingkungan dalam konteks model kematangan desa cerdas lingkungan yang berkelanjutan di Maluku Utara. Bidang Computer Science (6,1%), Mathematics, dan Materials Science (4%), mencerminkan kebutuhan

analisis komputasional, pemodelan matematis, serta inovasi material dalam pengembangan desa cerdas. Partisipasi ilmu-ilmu sosial serta fisika/astronomi, meski lebih kecil, tetap penting untuk memperkuat pendekatan multidisipliner yang mendukung industri hijau.



Gambar 4. Hasil Pemetaan

Hasil pemetaan bibliometrik, istilah “mining” menjadi pusat dengan subtopik “human”, “environmental monitoring” dan ”rural area”, membentuk kluster tersendiri. Kluster hijau menyoroti *risk assessment* dan konteks desa, kluster merah fokus pada pendekatan komputasional, sedangkan kluster biru mencakup aspek manusia/sosial. Hal ini menekankan sinergi lintas disiplin untuk praktik dan manajemen pertambangan berkelanjutan dalam hal ini model kematangan desa pertambangan.

KESIMPULAN

Temuan hasil analisis bibliometrik menempatkan istilah “village mining” dan ”village environment” sebagai fokus utama

dengan tiga kluster utama: (1) “data mining” yang menitikberatkan pada pendekatan komputasional industri pertambangan, (2) “environmental monitoring” dan “*risk assessment*” untuk menjaga kelestarian/konservasi lingkungan, serta (3) aspek manusia yang menyoroti dampak sosial dan kesehatan. Sinergi lintas disiplin diperlukan guna mendukung praktik pertambangan berkelanjutan. Untuk penelitian lanjutan adalah melakukan survei dan validasi empiris dan praktis untuk membangun model kematangan yang dimaksud.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih dan penghargaan kepada kepada LPDP dan BRIN dari Grand Riset dan Inovasi Untuk Indonesia Maju Gelombang 4 (RIIM) 2024, yang menjadi sponsor pada penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Alhari, Muhammad Ilham, Asti Amalia, and Nur Fajrillah. 2022. “Enterprise Architecture: A Strategy to Achieve e-Government Dimension of Smart Village Using Togaf ADM 9.2.” International Journal On Informatics Visualization 6 (2):540–45.
- BPS Maluku Utara. 2025. *Maluku Utara Dalam Angka*. Ternate.
- Chen, Luyuan, Bozhi Ren, Xiping Deng, Wei Yin, Qing Xie, and Zhaoqi Cai. 2024. “Potential Toxic Heavy Metals in Village Rainwater Runoff of Antimony

- Mining Area, China: Distribution, Pollution Sources, and Risk Assessment.* Science of the Total Environment 920. doi: 10.1016/j.scitotenv.2024.170702.
- Donthu, Naveen, Satish Kumar, Debmalya Mukherjee, Nitesh Pandey, and Weng Marc Lim. 2021. "How to Conduct a Bibliometric Analysis: An Overview and Guidelines." *Journal of Business Research* 133:285–96. doi: 10.1016/j.jbusres.2021.04.070.
- Guo, Yi Ming, Zhen Ling Huang, Ji Guo, Hua Li, Xing Rong Guo, and Mpeoane Judith Nkeli. 2019. "Bibliometric Analysis on Smart Cities Research." *Sustainability (Switzerland)* 11(13). doi: 10.3390/su11133606.
- Helgesson, Yeni Yuqin Li, Martin Host, and Kim Weyns. 2012. "A Review of Methods for Evaluation of Maturity Models for Process Improvement." *Journal of Software: Evolution and Process* 24(4):436–54. doi: 10.1002/smr.560.
- Komorowski, Łukasz, and Monika Stanny. 2020. "Smart Villages: Where Can They Happen?" *Land* 9(5). doi: 10.3390/LAND9050151.
- Muhtar, Entang Adhy, Abdillah Abdillah, Ida Widianingsih, and Qinthara Mubarak Adikancana. 2023. "Smart Villages, Rural Development and Community Vulnerability in Indonesia: A Bibliometric Analysis." *Cogent Social Sciences* 9 (1). doi: 10.1080/23311886.2023.2219118.
- da Silva Tomadon, Leonardo, Edivando Vitor do Couto, Walter Timo de Vries, and Yara Moretto. 2024. "Smart City and Sustainability Indicators: A Bibliometric Literature Review." *Discover Sustainability* 5(1). doi: 10.1007/s43621-024-00328-w.
- Yuan, Qianqian, Dongwei Yang, Feng Yang, Ralph Luken, Abu Saieed, and Ke Wang. 2020. "Green Industry Development in China: An Index Based Assessment from Perspectives of Both Current Performance and Historical Effort." *Journal of Cleaner Production* 250. doi: 10.1016/j.jclepro.2019.119457.
- Zavratnik, Veronika, Andrej Kos, and Emilija Stojmenova Duh. 2018. "Smart Villages: Comprehensive Review of Initiatives and Practices." *Sustainability (Switzerland)* 10(7). doi: 10.3390/su10072559.
- Zhang, Xiaojuan, and Zhengang Zhang. 2020. "How Do Smart Villages Become a Way to Achieve Sustainable Development in Rural Areas? Smart Village Planning and Practices in China." *Sustainability (Switzerland)* 12(24):1–20. doi: 10.3390/su122410510.