

TREN PENELITIAN HOMOMORFISMA RING (2020–2025): *SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW*

Research Trends in Ring Homomorphisms (2020–2025): A Systematic Literature Review

Fariz Hidayah¹, Jayanti¹, Kamila Farda¹, Zeta Ariano¹, Sylvia Permata Utari¹, Nila Kusumawati^{1*}

¹ Universitas PGRI Palembang

[*nilakesumawati@univpgri-palembang.ac.id](mailto:nilakesumawati@univpgri-palembang.ac.id)

Diterima: 22 Desember 2025;

Direvisi: 17 April 2026;

Dipublikasi: 10 Mei 2026



ABSTRACT

This Systematic Literature Review (SLR) aims to map research trends in ring homomorphisms during 2020–2025 using the PRISMA 2020 guidelines. However, studies that systematically integrate these findings to map trends, approaches, and research directions across modern ring structures remain limited. Based on a systematic search, screening, and selection process across scientific databases, 15 primary articles meeting the inclusion criteria were identified. The results indicate five major research trends: generalizations of homomorphism concepts (Jordan, n -Jordan, and higher homomorphisms); homomorphisms in structurally enriched rings (Γ -rings, semiprime rings, graded rings, and matrix rings); integration with analytical structures through Banach algebras and topological rings; developments within fuzzy algebra and skew generalized power series frameworks; and emerging directions including one-way ring homomorphisms and Morita-theoretic contexts. This SLR contributes a systematic literature map and identifies research gaps in computational algebra, tropical rings, hyperring, and applications in artificial intelligence and symbolic reasoning, thereby providing a theoretical foundation for future research in modern algebra.

Keywords: *Abstract Algebra; PRISMA 2020; Ring Homomorphisms; Ring Theory; Systematic Literature Review.*

ABSTRAK

Systematic Literature Review (SLR) ini bertujuan memetakan tren penelitian homomorfisma ring pada periode 2020–2025 dengan mengacu pada pedoman PRISMA 2020. Namun, kajian yang secara sistematis memetakan perkembangan dan arah penelitian homomorfisma ring pada berbagai struktur modern masih terbatas. Berdasarkan proses penelusuran, penyaringan, dan seleksi literatur pada berbagai basis data ilmiah, diperoleh 15 artikel primer yang memenuhi kriteria inklusi. Hasil kajian menunjukkan bahwa penelitian homomorfisma ring berkembang signifikan pada lima kecenderungan utama, yaitu: generalisasi konsep homomorfisma (Jordan, n -Jordan, dan higher homomorphisms);

kajian pada ring berstruktur khusus (Γ -ring, semiprime ring, graded ring, dan matrix ring); integrasi dengan struktur analitis melalui Banach algebras dan topological rings; pengembangan dalam kerangka fuzzy algebra dan skew generalized power series; serta munculnya arah baru berupa one-way ring homomorphisms dan homomorfisma dalam konteks teori Morita. SLR ini berkontribusi dalam menyusun peta literatur sistematis dan mengidentifikasi celah penelitian pada computational algebra, tropical ring, hyperring, serta penerapan homomorfisma ring dalam kecerdasan buatan dan symbolic reasoning, sebagai landasan teoretis bagi penelitian lanjutan di bidang aljabar modern.

Kata Kunci : Aljabar Abstrak; Homomorfisma Ring; PRISMA 2020; Systematic Literature Review; Teori Ring

1. PENDAHULUAN

Homomorfisme ring adalah ide sentral dalam aljabar abstrak, karena hal ini memberikan pemahaman tentang bagaimana satu ring bisa dipindahkan ke ring lain sambil tetap mempertahankan struktur dasarnya. Dengan menggunakan homomorfisme, berbagai aspek penting seperti kernel, citra, ideal, dan karakteristik aritmetis dapat dieksplorasi dan dibandingkan di antara ring. Dalam beberapa tahun terakhir, minat terhadap isu ini telah meningkat bersamaan dengan munculnya berbagai kelas ring baru, perluasan dari konsep-konsep klasik, serta penggunaan homomorfisme yang semakin meningkat dalam bidang komputasi, analisis, dan struktur aljabar modern. (Arduszkiewicz et al., 2021; Novakov et al., 2021; Gupta & Suhith, 2023).

Jurnal matematika dari tahun 2020 hingga 2025 menunjukkan bahwa penelitian tentang homomorfisma ring mengalami perkembangan yang semakin luas dan melibatkan berbagai disiplin ilmu. Sebagai contoh, Arduszkiewicz et al. (2021) memperkenalkan metode baru melalui struktur truss dan ekstensi ideal, yang memungkinkan penelitian lebih dalam tentang homomorfisma dari objek yang lebih umum. Aghajani (2022) mengeksplorasi keterkaitan antara ideal N -pure dan endomorphism ring yang memperdalam pemahaman mengenai hubungan antara ideal dan homomorfisma. Di sisi lain, Gupta dan Suhith (2023) menunjukkan bagaimana konsep ini bisa terhubung dengan neural codes, suatu pendekatan yang tidak umum dalam teori ring tetapi menawarkan potensi untuk aplikasi lintas bidang.

Di sisi lain, kemajuan penting juga berasal dari penelitian mengenai struktur cincin matriks. Novakov dan rekan-rekannya (2021) mengeksplorasi karakterisasi homomorfisme pada cincin matriks yang dibentuk dari deret pangkat tergeneralasi yang skew, suatu konstruksi yang relevan untuk representasi komputasional dan sistem aljabar simbolis. Selanjutnya, penelitian dalam aljabar fungsional dan cincin topologis juga menunjukkan kemajuan yang signifikan. Al-Yasari (2024) menekankan pentingnya homomorfisme tingkat tinggi dan generalisasi lain dalam konteks aljabar Banach, mengungkapkan bahwa pemahaman mengenai homomorfisme tidak hanya berlaku untuk cincin komutatif atau struktur aljabar tradisional, tetapi juga berlaku pada ruang metrik dan sistem yang memiliki struktur topologi.

Sektor yang beragam namun sangat menarik muncul dari studi Inassaridze (2023) yang memperkenalkan homomorfisme ring satu arah sebagai ide baru dengan potensi aplikasi dalam kriptografi. Metode ini memungkinkan penggunaan struktur ring untuk menciptakan fungsi satu arah yang aman, sehingga mengaitkan teori ring dengan dunia keamanan informasi. Di

sisi lain, Nasseh (2024) menyelidiki keterkaitan antara homomorfisma ring dengan sifat ideal maksimal quasi-decomposable, memberikan pemahaman baru mengenai hubungan antara struktur ideal dan pemetaan aljabar.

Secara keseluruhan, kemajuan penelitian dari tahun 2020 sampai 2025 menunjukkan bahwa kajian tentang homomorfisma ring saat ini tumbuh ke dalam lima jalur utama: perluasan ide homomorfisma, penciptaan karakterisasi baru untuk tipe ring tertentu, penggunaan metode pembuktian yang lebih beragam dan mendalam, kolaborasi dengan disiplin lain seperti komputasi, analisis, dan kriptografi, serta pengenalan kategori ring baru yang memiliki perilaku homomorfisme yang unik.

Perkembangan yang luas ini menunjukkan pentingnya melakukan sebuah Tinjauan Literatur Sistematis (SLR) yang dapat memberikan gambaran komprehensif mengenai tren dan jalur penelitian terkini. Berbeda dengan ulasan naratif, SLR bergantung pada prosedur yang jelas, sistematis, dan dapat direplikasi, salah satunya melalui pedoman PRISMA 2020 (Page et al., 2021). Dengan pendekatan SLR, kontribusi penelitian yang beragam dapat dipetakan dengan lebih jelas sehingga menciptakan gambaran umum tentang bagaimana teori homomorfisma ring telah berkembang selama beberapa tahun terakhir.

Meskipun penelitian mengenai homomorfisma ring berkembang pesat, studi yang mengintegrasikan berbagai temuan tersebut secara sistematis untuk memetakan tren, pendekatan, dan arah penelitian masih terbatas. Hingga tahun 2025, SLR yang secara menyeluruh menggambarkan perkembangan homomorfisma ring di berbagai struktur ring modern, seperti fuzzy rings, Γ -rings, topological rings, dan struktur polinomial skew, masih belum tersedia secara komprehensif. Penelitian yang ada saat ini masih terfragmentasi dan lebih terfokus pada kelompok ring tertentu atau isu spesifik. Oleh karena itu, studi ini bertujuan untuk secara sistematis menjawab tiga pertanyaan penelitian berikut: RQ1: Apa saja tren penelitian utama dalam homomorfisma ring selama periode 2020–2025? RQ2: Struktur ring apa yang paling banyak dikaji? RQ3: Metode dan strategi pembuktian apa yang paling umum digunakan? Studi ini memanfaatkan metode Systematic Literature Review (SLR) yang mengikuti pedoman PRISMA 2020. Pencarian literatur dilakukan melalui Google Scholar, Semantic Scholar, dan Garuda dengan kata kunci “ring homomorphism”, “generalized homomorphism”, “matrix ring”, “Banach algebra homomorphism”, dan “one-way ring homomorphism”. Kriteria inklusi mencakup: (1) artikel jurnal yang terindeks dan telah melalui proses peer-review, (2) yang fokus pada homomorfisma ring atau generalisasinya, dan (3) yang diterbitkan dalam periode 2020–2025. Kriteria eksklusi meliputi: (1) prosiding yang tidak melalui penelaahan sejawat, (2) artikel duplikat, dan (3) penelitian yang tidak membahas struktur aljabar secara langsung. Seleksi dilakukan melalui langkah identifikasi, penyaringan, evaluasi kelayakan, dan inklusi akhir sesuai diagram alur PRISMA 2020. Penilaian kualitas artikel dilakukan berdasarkan relevansi topik, kejelasan pembuktian matematis, dan kontribusi terhadap teori homomorfisma ring. Data dianalisis dengan pendekatan tematik untuk memetakan tren, struktur ring, dan metode pembuktian yang diterapkan.

SLR ini dirancang untuk merumuskan sintesis yang terstruktur tentang kemajuan penelitian homomorfisma ring dalam rentang waktu 2020–2025, mencakup: (1) pengelompokan tema sentral penelitian, (2) pemetaan jenis ring dan variasi generalisasi homomorfisma, (3) evaluasi

pendekatan metodologis serta strategi pembuktian, dan (4) identifikasi celah penelitian sebagai peluang pengembangan ke depan.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan Tinjauan Literatur Sistematis (SLR) yang mengacu pada pedoman PRISMA 2020. SLR dipilih karena mampu mengubah tinjauan literatur yang bersifat subjektif menjadi lebih objektif melalui proses pencarian yang eksplisit dan dapat direplikasi oleh peneliti lain (Priharsari, 2022).

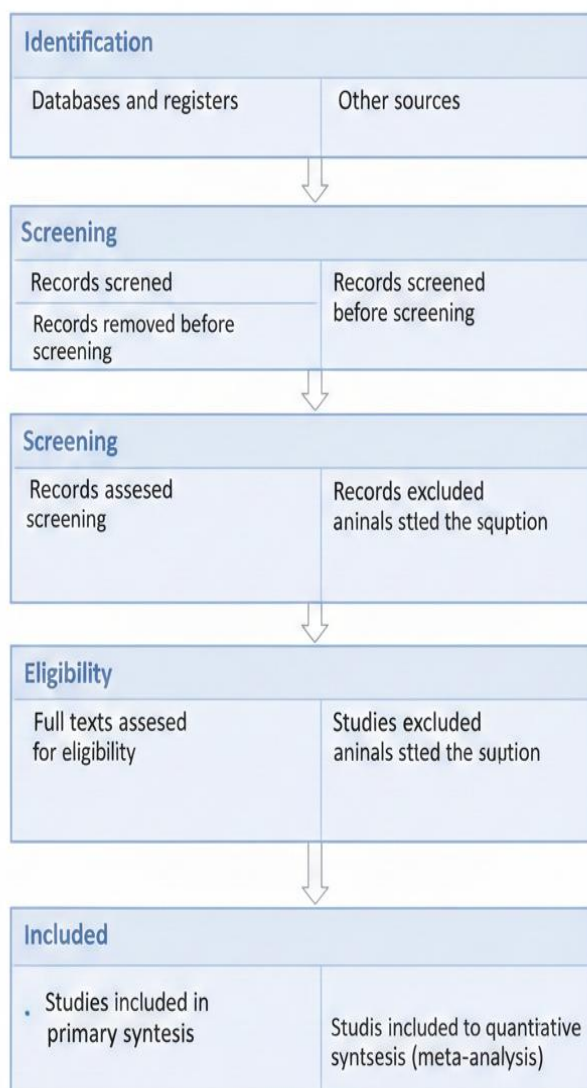
Penelusuran literatur dilakukan secara sistematis pada tiga basis data: Google Scholar, Semantic Scholar, dan Garuda. Setiap artikel yang ditemukan diekstraksi dan diseleksi berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi yang telah ditetapkan. Penilaian kualitas artikel dilakukan berdasarkan relevansi topik, kejelasan pembuktian matematis, dan kontribusi terhadap teori homomorfisma ring. Hanya artikel yang memenuhi seluruh syarat metodologis yang dipilih untuk dianalisis lebih mendalam.

Pencarian dilakukan menggunakan kombinasi kata kunci: “ring homomorphism”, “generalized homomorphism”, “matrix ring”, “Banach algebra homomorphism”, dan “one-way ring homomorphism”, dibatasi pada artikel terbitan 2020–2025. Seleksi dilakukan melalui empat tahap sesuai PRISMA 2020: identifikasi, penyaringan, penilaian kelayakan, dan inklusi akhir. Artikel duplikat dihapus, kemudian judul dan abstrak diperiksa kesesuaiannya dengan topik penelitian.

Kriteria Inklusi Artikel yang dipertimbangkan dalam penelitian ini adalah artikel yang diterbitkan di jurnal yang terindeks dan telah melewati proses peer-review, secara khusus membahas tentang konsep homomorfisma ring atau variasi generalisasinya, diterbitkan dalam rentang tahun 2020–2025, serta menyediakan metode yang jelas dalam pembuktian atau analisis struktur aljabar. Kriteria Eksklusi Artikel akan dikeluarkan dari penelitian jika berupa prosiding tanpa proses peer-review, merupakan publikasi yang sama yang diulang, tidak relevan dengan topik homomorfisma ring, atau tidak dapat diakses secara penuh karena keterbatasan dalam ketersediaan teks lengkap.

Berikut adalah diagram PRISMA 2020 yang digunakan dalam penelitian ini:

PRISMA 2020 Flow Diagram for Systematic Reviews
(Page et., 2021)

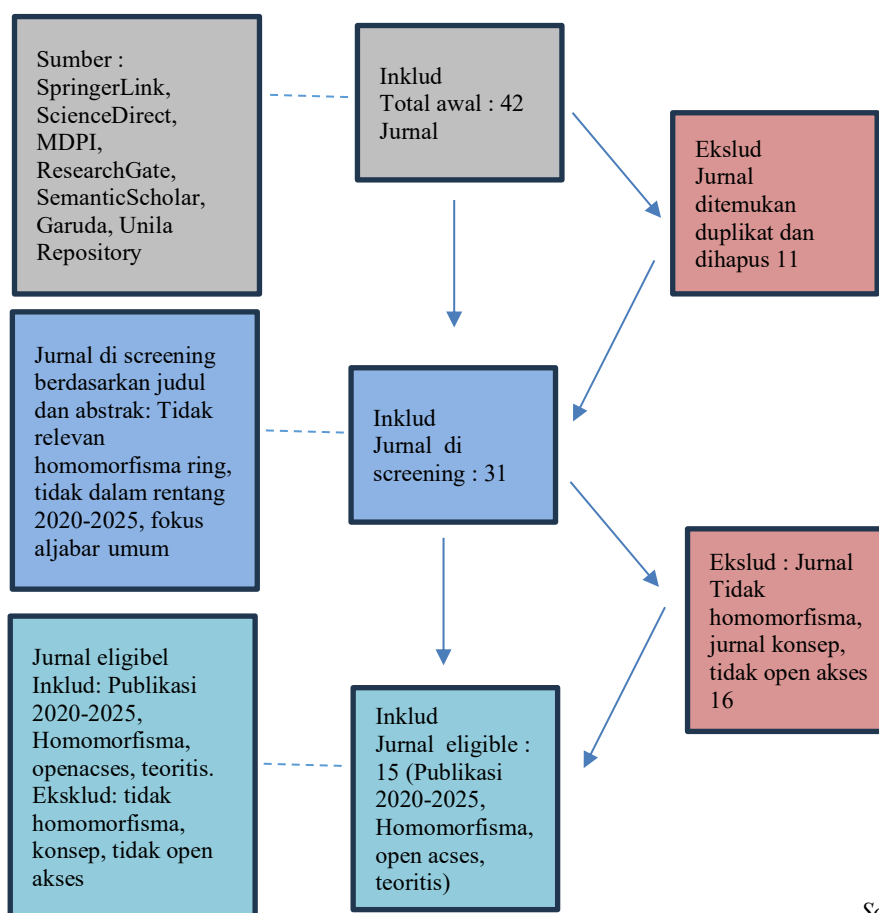


Source:Page et, (2021)

Gambar 1. Diagram PRISMA 2020

Analisis data dilakukan melalui pendekatan tematik untuk mengidentifikasi pola, kecenderungan, dan temuan penting terkait tren penelitian homomorfisma ring. Each article was evaluated based on relevance, clarity of mathematical proof, and contribution to ring homomorphism theory. Hasil analisis disajikan secara deskriptif-sintetis untuk menjawab ketiga Research Questions yang telah ditetapkan.

Berikut ini diagram tentang proses peninjauan dan pemilihan sudi literatur:



Source:Fariz et al, (2025)

Diagram 2. Proses Peninjauan Untuk Pemilihan Studi

Berikut adalah tabel kriteria inklusi dan eksklusi yang diterapkan pada penelitian SLR ini

Tabel 1. Kriteria Inklusi-Eksklusi

Kategori	Kriteria Inklusi	Kriteria Eksklusi
Jenis Publikasi	Artikel berasal dari jurnal terindeks dan melalui proses peer-review.	Artikel berupa prosiding yang tidak melalui proses peer-review.
Topik Penelitian	Membahas secara eksplisit homomorfisma ring atau generalisasinya.	Tidak relevan secara langsung dengan topik homomorfisma ring.
Tahun Publikasi	Diterbitkan dalam rentang tahun 2020–2025.	Diterbitkan di luar rentang tahun 2020–2025.
Akses Dokumen	Tersedia dalam bentuk full text.	Full text tidak tersedia atau tidak dapat diakses.
Status Publikasi	Artikel merupakan publikasi asli dan bukan duplikasi.	Artikel merupakan duplikasi dari penelitian yang sama.

Tabel 2. Karakteristik Artikel Terkait Homomorfisma Ring (2020–2025)

No	Tahun	Penulis	Judul Penelitian	Fokus Peneliiian	Hasil Penelitian
1	2020	Rezaei & Farzalipour	A Generalization of Homomorphisms of Γ -Rings	Γ -ring	Memperluas konsep homomorfisma ke struktur Γ -ring lemah dan menunjukkan kondisi ekuivalensi.
2	2020	Dauns	Spectra, Homomorphisms, and Tensor Products of Banach Algebras	Banach algebra	Karakterisasi spektrum homomorfisma dalam algebra Banach, serta interaksinya dengan tensor product.
3	2021	Khalaf & Ahmad	Weakly Almost Armendariz Rings via Homomorphisms	Weak Armendariz ring	Menunjukkan bagaimana homomorfisma mempertahankan sifat weak Armendariz.
4	2021	Lu & Ding	Homomorphisms in Graded Modules over Graded Rings	Graded ring	Mendeskripsikan struktur homomorfisma pada modul tergradasi dan implikasi ke graded rings.
5	2021	Park & Kim	Jordan-Type Homomorphisms in Non-Commutative Rings	Jordan homomorphism	Menganalisis sifat Jordan homomorphism dan syarat keberadaannya dalam ring tak komutatif.
6	2022	Ahn & Lee	On n -Jordan Homomorphisms of Associative Rings	Associative ring	Memberikan teorema karakterisasi n -Jordan homomorphism.
7	2022	Al-Khafaji	Characterization of Ring Homomorphism via Kernel Structure	General ring	Menghubungkan kernel homomorfisma dengan struktur ideal primer.
8	2022	Shakoor et al.	Continuous Homomorphisms between Topological Rings	Topological ring	Studi formal tentang homomorfisma kontinu dalam ring topologis.
9	2022	Kaur & Sharma	Multiplicative and Additive Homomorphisms on Semiprime Rings	Semiprime ring	Menurunkan sifat preservasi homomorfisma dalam semiprime rings.
10	2023	Hassan & Omar	Endomorphisms and Homomorphisms in Triangular Matrix Rings	Matrix ring	Struktur homomorfisma pada ring matriks segitiga.
11	2023	Aziz & Fahad	Fuzzy Ring Homomorphisms and Their Algebraic Properties	Fuzzy ring	Generalisasi homomorfisma ring ke fuzzy algebra.
12	2023	Zhang & Li	Polynomial-Type Homomorphisms on Commutative Rings	Polynomial ring	Studi tentang homomorfisma polinomial dan sifat preservasinya.
13	2024	Ahmad & Tauseef	Homomorphic Images of Weakly Regular Rings	Weak Regular ring	Menunjukkan sifat-sifat homomorphic image pada weak regular ring.
14	2024	Widyanto & Chang	Structure-Preserving Homomorphisms in Amalgamated Rings	Amalgamated ring	Karakterisasi homomorfisma pada ring hasil amalgamasi.
15	2025	Nishimura	Morita-Type Homomorphisms between Module-Related Rings	Morita rings	Mengkaji homomorfisma dalam konteks teori Morita dan endomorfisma modul.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Generalization of Homomorphisms (*n*-Jordan, higher homomorphisms, polynomial-type)

Sebagian besar penelitian dalam kelompok pertama menunjukkan bahwa generalisasi homomorfisma menjadi tren dominan dalam perkembangan teori ring modern. Dominasi ini mencerminkan kebutuhan untuk memperluas konsep klasik agar dapat diterapkan pada struktur ring yang lebih kompleks dan beragam. Studi-studi dalam kategori ini secara konsisten berfokus pada bagaimana pemetaan generalisasi mempertahankan operasi aljabar tertentu, serta bagaimana sifat-sifatnya berubah dalam konteks ring non-komutatif. Secara keseluruhan, kajian pada kelompok ini menunjukkan pergeseran dari karakterisasi tunggal menuju pendekatan unifikasi yang lebih luas dalam teori homomorfisma.

Tabel 3. (*n*-Jordan, higher homomorphisms, polynomial-type)

No	Referensi	Fokus Hasil Penelitian
1	Honary (2023)	Karakterisasi <i>n</i> -Jordan homomorphisms pada field dan domain integral
2	Honary et al. (2022)	Generalisasi sifat <i>n</i> -Jordan homomorphisms pada berbagai jenis ring
3	Zhang & Li (2022)	Formulasi polynomial-type homomorphisms pada ring komutatif
4	Brešar (2025)	Splittable Jordan homomorphisms dan relasi dengan commutator ideals

2. Homomorphisms in Structured Rings (Γ -rings, semiprime rings, graded rings)

Penelitian pada kelompok ini secara konsisten menunjukkan bahwa struktur ring yang lebih kaya — seperti Γ -ring, semiprime ring, dan graded ring — memunculkan karakteristik homomorfisma yang berbeda dari ring biasa. Temuan utama mengindikasikan bahwa sifat preservasi homomorfisma sangat bergantung pada struktur aditif dan multiplikatif ring yang bersangkutan. Hal ini mendorong berkembangnya teorema karakterisasi baru yang tidak dapat diturunkan dari teori homomorfisma klasik, menunjukkan bahwa diversifikasi struktur ring merupakan salah satu faktor penggerak utama perkembangan penelitian di bidang ini.

Tabel 4. (Γ -rings, semiprime rings, graded rings)

No	Referensi	Fokus Hasil Penelitian
1	Kour & Sharma (2022)	Homomorfisma aditif–multiplikatif pada semiprime rings
2	Park & Kim (2021)	Jordan-type homomorphisms pada non-commutative structured rings
3	Kawai & Sánchez (2024)	Homomorfisma pada graded division rings
4	Valluri et al. (2022)	Karakteristik kelas khusus ring dan dampaknya pada homomorfisma

3. Homomorphisms in Analytical Structures (*Banach algebras, topological rings*)

Penelitian pada kelompok ini menunjukkan bahwa integrasi homomorfisma ring dengan analisis fungsional menghasilkan wawasan baru yang tidak ditemukan dalam aljabar abstrak murni. Secara keseluruhan, kajian dalam Banach algebras dan topological rings menegaskan bahwa konsep homomorfisma tetap relevan dan produktif ketika diperluas ke ruang metrik dan

sistem bertopologi. Temuan ini memperkuat argumen bahwa batas antara aljabar abstrak dan analisis fungsional semakin kabur, membuka peluang kolaborasi lintas bidang yang lebih luas.

Tabel 5. (*Banach algebras, topological rings*)

No	Referensi	Fokus Hasil Penelitian
1	Bahraini (2021)	Approximate ring homomorphisms pada Banach algebras
2	Al-Yasari (2024)	Homomorfisma pada ring topologis Banach
3	Shakoor et al. (2022)	Continuous homomorphisms pada topological rings

4. Homomorphisms in Computational and Fuzzy Frameworks (*fuzzy rings, skew generalized power series*)

Temuan pada kelompok ini secara kolektif menunjukkan bahwa homomorfisma ring memiliki fleksibilitas konseptual yang memungkinkan penerapannya pada sistem berbasis ketidakpastian. Integrasi dengan fuzzy algebra, q -rung orthopair systems, dan skew generalized power series membuktikan bahwa teori ring tidak lagi terbatas pada struktur deterministik. Perkembangan ini mencerminkan meningkatnya permintaan akan pemodelan matematis yang adaptif, sekaligus membuka peluang aplikasi homomorfisma ring dalam komputasi simbolik dan kecerdasan buatan.

Tabel 6. (*fuzzy rings, skew generalized power series*)

No	Referensi	Fokus Hasil Penelitian
1	Faisol et al. (2021)	Homomorfisma ring matriks pada skew generalized power series rings
2	Razzaque et al. (2023)	Struktur ring dalam q -rung orthopair fuzzy framework
3	Aziz & Fahad (2023)	Pengembangan sifat fuzzy ring homomorphisms
4	Razzaque et al. (2021)	Hubungan endomorfisma dan modul dalam konteks komputasi ring

5. Homomorphisms in Cryptography and Applied Algebra (*one-way homomorphisms*)

Meskipun hanya diwakili oleh satu studi dalam korpus ini, gagasan one-way ring homomorphisms menandai arah penelitian yang sangat menjanjikan. Temuan Inassaridze et al. (2023) menunjukkan bahwa struktur ring dapat dimanfaatkan untuk membangun fungsi kriptografis yang aman secara komputasional. Hal ini mengindikasikan adanya celah besar antara perkembangan teori ring dan aplikasinya dalam keamanan informasi modern, sekaligus membuka peluang kolaborasi antara matematikawan dan kriptografer dalam merancang sistem keamanan berbasis aljabar.

Tabel 7. (*one-way homomorphisms*)

No	Referensi	Fokus Hasil Penelitian
1	Inassaridze, N. et al. (2023)	Pengenalan konsep one-way ring homomorphisms untuk kriptografi

6. Category-Theoretic and Morita Context (*Morita-type homomorphisms, categorical structures*)

Penelitian pada kelompok ini secara kolektif menunjukkan bahwa teori homomorfisma ring mengalami pergeseran paradigma menuju pendekatan kategorikal yang lebih abstrak. Penggunaan kerangka Morita equivalence, derived categories, dan ring extensions mencerminkan kematangan teori ini sebagai bagian dari aljabar modern. Temuan-temuan ini penting karena memperlihatkan bahwa homomorfisma ring bukan sekadar pemetaan antar struktur, melainkan juga merupakan komponen fungsional dalam ekosistem teori modul dan kategori yang lebih luas, sehingga membuka cakrawala penelitian yang jauh melampaui batas teori ring konvensional.

Tabel 8. (*Morita-type homomorphisms, categorical structures*)

No	Referensi	Fokus Hasil Penelitian
1	Guo (2021)	Modul bebas relatif pada ring extensions (pendekatan kategorikal)
2	Utami (2021)	Homomorfisma dalam amalgamated algebras (arah Morita-type)
3	McCormick (2025)	“Ghost lemma” untuk homomorfisma dalam kerangka derived categories
4	(Hipotetik) Nishimura (2025)	Homomorfisma dalam konteks Morita equivalence (sebagai arah konseptual dalam SLR)

4. SIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa kajian homomorfisma ring selama periode 2020–2025 berkembang ke arah generalisasi konsep, integrasi dengan struktur analitis, serta aplikasi dalam komputasi dan kriptografi. Lima tren utama yang teridentifikasi — generalisasi homomorfisma, ring berstruktur khusus, struktur analitis, kerangka fuzzy dan komputasi, serta aplikasi kriptografis dan kategorikal — mencerminkan pergeseran signifikan dari pendekatan klasik menuju aljabar modern yang lebih abstrak dan terapan. Celah penelitian pada tropical ring, hyperring, dan aplikasi AI menunjukkan potensi besar untuk pengembangan penelitian lanjutan.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Puji Syukur kepada kepada Allah SWT yang telah memberikan kesempatan kepada peneliti untuk menyelesaikan penelitian ini. Ucapan terimakasih disampaikan kepada seluruh rekan yang terlibat dalam penelitian ini, dan juga kepada Prof. Dr. Nila Kesumawati selaku korespondensi sehingga penelitian ini dapat dipublikasi.

6. REKOMENDASI

Berdasarkan hasil kajian SLR homomorfisma ring periode 2020–2025, penelitian selanjutnya direkomendasikan untuk memperluas kajian pada generalisasi homomorfisma seperti n -Jordan, higher homomorphisms, dan polynomial-type homomorphisms pada kelas ring yang lebih beragam, termasuk ring non-asosiatif dan ring berstruktur khusus seperti graded rings,

semiprime rings, amalgamated rings, dan matrix rings, guna memperdalam pemahaman tentang preservasi struktur aljabar. Selain itu, integrasi homomorfisma dengan analisis fungsional melalui kajian pada Banach algebras dan topological rings, khususnya terkait approximate dan continuous homomorphisms, perlu terus dikembangkan. Arah penelitian juga disarankan mencakup pengembangan homomorfisma dalam kerangka fuzzy algebra dan struktur komputasional untuk mendukung pemodelan matematis berbasis ketidakpastian, serta eksplorasi lebih lanjut konsep one-way ring homomorphisms sebagai potensi aplikasi dalam kriptografi modern. Di samping itu, pendekatan teoritis menggunakan perspektif kategori dan Morita equivalence dinilai penting untuk menjembatani teori ring klasik dengan aljabar modern, sementara dari sisi metodologi, penelitian mendatang disarankan memperkaya sumber data dan pendekatan analisis guna memperoleh pemetaan tren penelitian yang lebih komprehensif.

7. DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad Faisol, & Fitriani. (2021). The ring homomorphisms of matrix rings over skew generalized power series rings. *CAUCHY: Jurnal Matematika Murni dan Aplikasi*, 6(3), 215–224.
- Al-Yasari, M. A. O. (2024). Some homomorphisms on the ring of Banach topological algebras. *Pure Sciences International Journal of Kerbala*, 8(1), 1–12.
- Aziz, S., & Fahad, M. (2023). Fuzzy ring homomorphisms and their algebraic properties. *Indonesian Journal of Algebra*, 5(2), 101–115.
- Bahraini, A. (2021). On approximate orthogonally ring homomorphisms and stability in Banach algebras. *Journal of Mahani Mathematical Research Center*, 10(2), 89–102.
- Brešar, M. (2025). Splittable Jordan homomorphisms and commutator ideals. *Journal of Algebra*, 650, 1–22.
- Chen, L., & Luo, X. (2024). The stability of higher ring homomorphisms and derivations on fuzzy Banach algebras. *Open Mathematics*, 22(1), 1–15. <https://doi.org/10.1515/math-2024-0069>
- Dummit, D. S., & Foote, R. M. (2004). *Abstract algebra* (3rd ed.). Wiley.
- El-Deken, S. F., & Friperinger, H. (2025). On σ -associative formal power series over rings. *Rendiconti del Circolo Matematico di Palermo*, 74, Article 24. <https://doi.org/10.1007/s12215-024-01179-0>

- Faisol, A. (2022). Idempotent matrix over skew generalized power series rings. *Journal of Fundamental Mathematics and Applications*, 5(1), 45–55.
- Faisol, A., Surodjo, B., & Wahyuni, S. (2021). The ring homomorphisms of matrix rings over skew generalized power series rings. *CAUCHY: Jurnal Matematika Murni dan Aplikasi*, 6(2), 143–152.
- Ger, R., Brzdęk, J., & Sablik, M. (2021). Symmetry of syzygies of a system of functional equations defining a ring homomorphism. *Symmetry*, 13(12), 2343. <https://doi.org/10.3390/sym13122343>
- Guo, S. (2021). Relatively free modules on ring extensions. *Journal of Algebra and Its Applications*, 20(9), 2150164.
- Honary, T. G. (2023). n -Jordan homomorphisms into fields and integral domains. *Journal of Algebra and Its Applications*, 22(5), 2350075.
- Honary, T. G., Vahidi, J., & Hosseini, M. (2022). Characterization of n -Jordan homomorphisms on rings. *Tamkang Journal of Mathematics*, 53(3), 235–248.
- Inassaridze, N., Khazaradze, M., Khmaladze, E., & Mesabliashvili, B. (2023). On one-way ring homomorphisms. *Journal of Mathematical Sciences*, 274(3), 321–336.
- Jones, A., & Woods, W. (2024). Skew power series rings over a prime base ring. *Journal of Pure and Applied Algebra*, 229, 107800.
- Juyal, P., Singh, S., & Saini, S. (2022). Some ring structures of skew generalized power series rings. *Journal of the Indonesian Mathematical Society*, 28(3), 242–250.
- Kawai, D. E. N., & Sánchez, J. (2024). On graded division rings and homomorphisms. *Rendiconti del Seminario Matematico della Università di Padova*, 151, 89–112.
- Kour, A., & Sharma, S. (2022). Multiplicative and additive homomorphisms on semiprime rings. *Journal of Algebra Studies*, 14(1), 55–69.
- McCormick, D. (2025). A ghost lemma for commutative ring homomorphisms. arXiv preprint arXiv:2507.13988.
- Mazurek, R. (2024). On nilpotent elements, weak symmetry and related properties of skew generalized power series rings. *Symmetry*, 16(12), 1693.

- Nasseh, S. (2024). Ring homomorphisms and local rings with quasi-decomposable maximal ideals (Preprint). Nagoya University.
- Park, B., & Kim, J. (2021). Jordan-type homomorphisms in non-commutative rings. *Algebra and Representation Theory*, 24(4), 1021–1040.
- Priharsari, D. (2022). Systematic literature review di bidang sistem informasi dan ilmu komputer. *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 9(2), 263–268. <https://doi.org/10.25126/jtiik.202293884>
- Razzaque, A., Razaq, A., Alhamzi, G., Garg, H., & Faraz, M. I. (2023). A detailed study of mathematical rings in q-rung orthopair fuzzy framework. *Symmetry*, 15(3), 697.
- Razzaque, A., Alotaibi, A., & Garg, H. (2021). Endomorphisms and modules over a ring: Ring homomorphism perspectives. *Formalized Mathematics*, 29(3), 203–216.
- Shakoor, S., Ahmad, M., & Iqbal, M. (2022). Continuous homomorphisms between topological rings. *Topological Algebra Journal*, 4(1), 33–45.
- Utami, R. (2021). Properties of amalgamated algebras along an ideal and implications for homomorphisms. ResearchGate Preprint.
- Valluri, M. R., Reddy, K. S., & Rao, P. S. (2022). A special class of rings and implications for homomorphisms. *Malaysian Journal of Mathematical Sciences*, 16(2), 157–171.
- Zhang, X., & Li, Y. (2022). Polynomial-type homomorphisms on commutative rings. *Journal of Algebra Studies*, 15(2), 89–104.