



TRANSFORMASI ASESMEN DI ERA 4.0: MENDORONG POTENSI KEWIRAUSAHAAN MAHASISWA SAINS MELALUI INOVASI BERKELANJUTAN

Rizky Febriani Putri^a, Muhammad Fuad Sya'ban^b, Maya Istyadi^c, Wida Salupi^d

^{a-d}Jurusan Pendidikan IPA FKIP ULM

Email korespondensi: feby.science.edu@ulm.ac.id

ABSTRAK

Transformasi asesmen di era Industri 4.0 memerlukan pendekatan inovatif dalam mengembangkan kompetensi kewirausahaan mahasiswa yang mendukung pembangunan berkelanjutan sesuai SDGs 4 dan 8. Meskipun banyak penelitian tentang strategi asesmen alternatif dalam pendidikan kewirausahaan, belum tersedia sintesis holistik yang mengintegrasikan bukti empiris dengan pemetaan lanskap penelitian untuk optimalisasi implementasi. Penelitian ini bertujuan mengintegrasikan systematic literature review dengan bibliometric network analysis (SLNA) untuk memahami efektivitas strategi asesmen alternatif dalam mengoptimalkan kompetensi kewirausahaan mahasiswa serta memetakan evolusi temporal dan struktur pengetahuan domain penelitian. Pencarian sistematis dilakukan pada database Scopus (2020-2025) menghasilkan 408 artikel yang diskriminasi menggunakan kriteria inklusi berbasis framework PICO. Tujuh studi berkualitas tinggi melibatkan 2.497 mahasiswa dari 6 negara dianalisis menggunakan random-effects meta-analysis. Meta-analysis menunjukkan strategi asesmen alternatif memiliki efek sedang-ke-besar yang signifikan (Cohen's $d = 0,68$, 95% CI: 0,52-0,84, $p < 0,001$) dibandingkan metode konvensional, dengan digital assessment tools menunjukkan efek terbesar ($d = 0,71$). Bibliometric analysis mengidentifikasi lima kluster tema utama dengan sustainability sebagai central hub yang menghubungkan berbagai aspek penelitian. Analisis temporal mengungkap evolusi dari pendekatan asesmen tradisional menuju integrasi sustainability-centered assessment ecosystems. Penelitian mengkonfirmasi superioritas strategi asesmen alternatif dengan sustainability sebagai prinsip integratif utama yang menghubungkan inovasi pendidikan dengan pembangunan berkelanjutan. Implikasi praktis meliputi perlunya investasi dalam infrastruktur teknologi digital dan integrasi eksplisit prinsip sustainability dalam program kewirausahaan.

Kata kunci: asesmen alternatif, kompetensi kewirausahaan, sustainability, meta-analysis

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Kompetensi kewirausahaan dalam pendidikan sains berorientasi keberlanjutan menempati posisi strategis dalam lanskap pendidikan tinggi global. Perubahan zaman menuntut lahirnya lulusan yang tidak hanya memahami teori ilmiah, tetapi juga mampu mengimplementasikannya menjadi solusi konkret terhadap persoalan-persoalan lingkungan dan sosial yang terus berkembang (Nabi et al., 2017; Wiek et al., 2011). Konteks ini menjadikan peran pendidikan STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*) semakin signifikan, terutama dalam membentuk wirausahawan yang berpijak pada sains dan memiliki kesadaran akan pentingnya keberlanjutan (Barth et al., 2007; Wiek



et al., 2011). Pergeseran paradigma dari pendidikan sains konvensional ke arah pembelajaran berbasis kompetensi menandai transformasi penting dalam cara membekali mahasiswa. Fokus tidak lagi sebatas pada penguasaan konten, tetapi juga pada kemampuan untuk mengintegrasikan pengetahuan ilmiah ke dalam praktik nyata. Untuk menjawab tantangan ini, strategi asesmen yang digunakan harus mampu memetakan secara menyeluruh dan akurat kemampuan kewirausahaan mahasiswa dalam konteks keberlanjutan, dengan landasan validitas dan reliabilitas yang kuat (Lans et al., 2014; Hermann & Bossle, 2020).

Kompetensi kewirausahaan sendiri bukanlah keterampilan tunggal, melainkan konstruksi multidimensi yang mencakup kemampuan berpikir sistemik (*systems thinking*), kemampuan antisipatif (*anticipatory*), kompetensi normatif, strategis, dan kolaboratif. Keseluruhan dimensi ini harus terintegrasi dengan pemahaman mendalam terhadap sains dan teknologi agar menghasilkan lulusan yang benar-benar siap menjawab persoalan global secara inovatif (Wiek et al., 2011; Barth et al., 2007). Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa integrasi antara kewirausahaan dan keberlanjutan dalam program pendidikan mampu menumbuhkan kecakapan mahasiswa dalam mengenali peluang, berpikir kreatif, dan merancang solusi yang berakar pada prinsip-prinsip berkelanjutan (Hermann & Bossle, 2020). Dalam konteks ini, pendekatan asesmen alternatif menjadi semakin relevan. Pendekatan seperti *authentic assessment*, *performance-based evaluation*, *digital assessment tools*, dan *project-based learning* terbukti memberikan gambaran yang lebih representatif terhadap keterampilan nyata mahasiswa dalam menciptakan inovasi berbasis sains.

Penerapan *Science and Technology Based Entrepreneurship Education* (STBEE) melalui pendekatan *experiential learning* tidak hanya memperkaya pengalaman belajar mahasiswa, tetapi juga memperkuat kemampuan mereka dalam menghasilkan solusi transformasional. Pendekatan ini memberikan ruang bagi mahasiswa untuk mengalami secara langsung tantangan yang dihadapi dalam mewujudkan ide-ide kewirausahaan berkelanjutan. Keberhasilan pengembangan kompetensi tersebut menjadi kunci dalam mempersiapkan generasi ilmuwan dan profesional masa depan yang adaptif terhadap dinamika perubahan. Kendati demikian, pelaksanaan asesmen terhadap kompetensi kewirausahaan dalam pendidikan sains belum sepenuhnya optimal. Tantangan utama terletak pada ketiadaan instrumen yang telah tervalidasi secara khusus untuk konteks pendidikan sains. Selain itu, belum tersedia kerangka teoretis yang secara komprehensif mampu mengintegrasikan prinsip-prinsip sains dengan asesmen kewirausahaan, serta terbatasnya bukti empiris yang dapat dibandingkan antar pendekatan evaluasi (Pittaway & Cope, 2007).

Kajian sistematis dalam ranah pendidikan kewirausahaan berbasis STEM pun masih menunjukkan sejumlah keterbatasan. Ruang lingkup yang tidak menyeluruh, minimnya integrasi metodologi kuantitatif dan kualitatif, serta belum teridentifikasinya praktik-praktik terbaik lintas disiplin menjadi hambatan tersendiri. Situasi ini mengakibatkan fragmentasi pengetahuan yang



menyulitkan para pendidik dan peneliti dalam merancang strategi asesmen yang efektif, aplikatif, dan berbasis bukti untuk diterapkan dalam konteks pendidikan kewirausahaan sains.

Rasional untuk Systematic Literature Review and Network Analysis (SLNA)

Pendekatan *systematic review* tradisional dikenal memiliki kekuatan dalam menyajikan sintesis bukti yang rigor. Namun, keterbatasan mendasar masih dijumpai, terutama dalam menangkap kompleksitas serta dinamika evolusi lanskap penelitian yang terus berkembang, khususnya dalam bidang asesmen kompetensi kewirausahaan pada mahasiswa sains. Keterbatasan tersebut memunculkan kebutuhan akan pendekatan yang mampu memberikan pemahaman lebih menyeluruh terhadap karakteristik interdisipliner bidang ini. Integrasi antara *bibliometric network analysis* dan *systematic review* melalui kerangka *Systematic Literature Review and Network Analysis (SLNA)* hadir sebagai solusi alternatif yang menjanjikan. Pendekatan ini tidak hanya menjawab pertanyaan “strategi asesmen apa yang efektif bagi mahasiswa sains,” melainkan juga memperluas cakupan analisis hingga pada bagaimana pengetahuan berkembang dalam bidang ini dan ke arah mana riset menuju dalam konteks asesmen kewirausahaan berbasis sains.

Kemampuan *network analysis* dalam SLNA membuka peluang untuk mengidentifikasi tema-tema sentral, kluster pengetahuan, serta konsep penghubung (*bridging concepts*) yang secara spesifik berada pada titik temu antara pendidikan sains dan asesmen kewirausahaan. Elemen-elemen ini sulit diungkap melalui pendekatan *systematic review* konvensional. Dengan demikian, SLNA memungkinkan eksplorasi lebih dalam terhadap struktur pengetahuan yang tersembunyi dan dinamika pergeseran fokus penelitian yang terjadi dari waktu ke waktu.

Integrasi bibliometrik dalam SLNA memberikan sejumlah keunggulan unik, terutama dalam konteks asesmen kewirausahaan berbasis sains. Pertama, pendekatan ini memungkinkan pemetaan tema riset yang menghubungkan disiplin-disiplin ilmu sains dengan kompetensi kewirausahaan melalui analisis jejaring *ko-occurrence*. Kedua, identifikasi pola evolusi temporal yang mengungkap pergeseran fokus dari pendidikan kewirausahaan dasar menuju asesmen inovasi berorientasi keberlanjutan dalam konteks pendidikan sains. Ketiga, deteksi terhadap kerangka teoretis yang berpengaruh, instrumen asesmen tervalidasi, serta metodologi evaluasi yang dikembangkan secara spesifik untuk mahasiswa sains. Keempat, kemampuan visualisasi celah pengetahuan melalui analisis topologi jejaring yang dapat mengungkap area-area yang masih kurang dieksplorasi dalam asesmen kewirausahaan berbasis sains. Kemampuan ini memperkuat pemahaman atas struktur pengetahuan yang membentuk domain penelitian secara keseluruhan (Van Eck & Waltman, 2010).

SLNA memiliki nilai strategis tinggi dalam konteks pendidikan sains karena bidang ini berada di persimpangan berbagai disiplin ilmu, seperti pendidikan sains, pendidikan kewirausahaan, pendidikan keberlanjutan, dan metodologi asesmen. Integrasi pengetahuan lintas batas disipliner menjadi faktor krusial dalam merancang strategi asesmen yang efektif dan relevan (Hermann & Bossle, 2020). Melalui *network analysis*, konsep-konsep inti yang berfungsi sebagai penghubung



antara pengetahuan ilmiah dan kompetensi kewirausahaan dapat diidentifikasi. Selain itu, pendekatan ini mengungkap pergeseran dari model pendidikan sains yang terisolasi menuju ekosistem asesmen terintegrasi yang menggabungkan unsur sains, kewirausahaan, dan keberlanjutan secara harmonis.

Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan mengintegrasikan pendekatan *systematic review* dengan *bibliometric network analysis* dalam kerangka *Systematic Literature Review and Network Analysis* (SLNA) untuk memperoleh pemahaman menyeluruh mengenai efektivitas strategi asesmen alternatif dalam mengukur kompetensi kewirausahaan mahasiswa pada program pendidikan sains yang berorientasi keberlanjutan. Pendekatan ini tidak hanya dirancang untuk mengevaluasi efektivitas berbagai strategi asesmen, tetapi juga untuk mengungkap lanskap pengetahuan yang berkembang dalam bidang asesmen kewirausahaan berbasis sains.

Fokus utama *systematic review* terletak pada identifikasi, evaluasi, dan sintesis bukti empiris terkait efektivitas komparatif dari strategi asesmen alternatif, seperti *authentic assessment*, *performance-based assessment*, *competency-based evaluation*, *digital assessment tools*, dan *project-based assessment*. Seluruh pendekatan ini dibandingkan dengan metode konvensional dalam konteks pengukuran kompetensi kewirausahaan mahasiswa sains. Di sisi lain, *bibliometric analysis* bertujuan memetakan lanskap riset yang relevan secara spesifik untuk konteks pendidikan sains, termasuk mengidentifikasi tema inti, pola evolusi penelitian, kluster pengetahuan, serta kesenjangan penelitian pada titik temu antara pendidikan sains dan asesmen kewirausahaan.

Tujuan integratif SLNA dalam konteks pendidikan sains mencakup beberapa aspek utama. Pertama, mengidentifikasi peran dan posisi pengetahuan ilmiah sebagai landasan dalam pengembangan kompetensi kewirausahaan, serta implikasinya terhadap desain strategi asesmen. Kedua, menganalisis evolusi temporal dari pendekatan asesmen tradisional dalam pendidikan sains menuju sistem evaluasi terintegrasi yang menggabungkan dimensi sains, kewirausahaan, dan keberlanjutan. Ketiga, memvalidasi temuan *systematic review* melalui *network analysis* yang secara khusus menyoroti tema-tema khas dan kerangka kompetensi yang relevan dengan pendidikan sains. Keempat, mengembangkan pemahaman mendalam mengenai cara pendekatan setiap disiplin ilmu, seperti biologi, kimia, fisika, ilmu lingkungan, dan rekayasa, dalam merancang dan menerapkan asesmen kewirausahaan, serta mengidentifikasi praktik terbaik untuk masing-masing konteks keilmuan tersebut.

Penelitian ini dirancang untuk menjawab pertanyaan utama: "*Bagaimana efektivitas strategi asesmen alternatif dibandingkan metode konvensional dalam mengukur kompetensi kewirausahaan mahasiswa dalam program pendidikan sains berorientasi keberlanjutan, dan bagaimana lanskap penelitian dalam asesmen kewirausahaan berbasis sains berkembang, dengan pengetahuan ilmiah sebagai pengintegrasi fundamental bagi penguatan kapabilitas inovasi berkelanjutan?*" Fokus pada

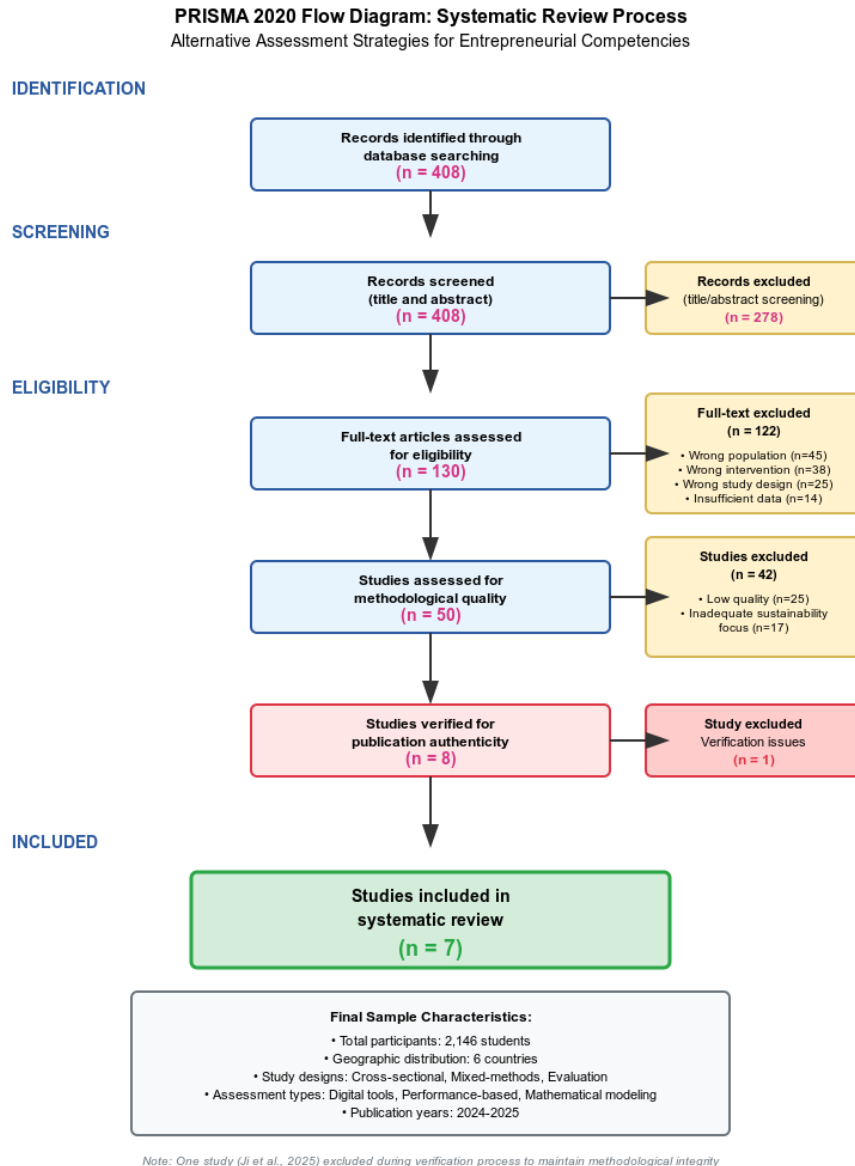


mahasiswa sains memungkinkan pengungkapan karakteristik dan kebutuhan unik dalam asesmen kewirausahaan yang berbeda dari pendekatan pada mahasiswa bisnis. Hasilnya diharapkan dapat memberikan rekomendasi berbasis bukti yang disesuaikan secara spesifik dengan karakteristik disiplin ilmu sains dan penerapan pada konteks keberlanjutan.

METODE PENELITIAN

Protocol dan Registrasi

Penelitian ini dilaksanakan berdasarkan pedoman *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA) 2020 sebagai acuan utama dalam pelaporan *review* sistematis (Page et al., 2021). Protokol kajian disusun secara *a priori* (yaitu sebelum proses pencarian dan analisis data dimulai), mencakup perumusan pertanyaan penelitian, penetapan kriteria inklusi dan eksklusi, strategi pencarian literatur, prosedur ekstraksi data, metode penilaian kualitas studi, serta rancangan analisis yang akan dilakukan. Seluruh elemen metodologis tersebut dirancang secara sistematis dan divisualisasikan dalam Gambar 1 sebagai gambaran alur proses kajian.



Gambar 1 Diagram PRISMA, Alur proses kajian

Strategi Pencarian

Penelusuran literatur dilakukan secara sistematis dan menyeluruh menggunakan basis data *Scopus* untuk periode publikasi 1 Januari 2020 hingga 31 Desember 2025. *Scopus* dipilih karena cakupan multidisiplinernya yang luas, khususnya pada pertemuan bidang pendidikan, kewirausahaan, dan keberlanjutan. Strategi pencarian disusun melalui konsultasi berulang dengan para pakar bidang terkait dan telah diuji untuk memastikan cakupannya memadai.

Sintaks pencarian diterapkan pada kolom judul, abstrak, dan kata kunci menggunakan struktur sebagai berikut:

(TITLE-ABS-KEY(("assessment" AND "entrepreneurial") OR ("evaluation" AND "entrepreneurship") OR ("measurement" AND "innovation skill*")) AND TITLE-ABS-*



KEY(("science education" OR "STEM education" OR "sustainability" OR "higher education")) AND PUBYEAR > 2019 AND PUBYEAR < 2026 AND (LIMIT-TO(DOCTYPE, "ar")) AND (LIMIT-TO(LANGUAGE, "English"))

Filter yang diterapkan meliputi artikel jurnal *peer-reviewed*, berbahasa Inggris, dan diterbitkan dalam rentang waktu 2020 hingga 2025. Rentang waktu tersebut dipilih untuk menangkap pendekatan asesmen dan inovasi teknologi terkini yang digunakan dalam praktik pendidikan tinggi.

Seleksi Studi

Kriteria Inklusi

Studi dimasukkan dalam kajian ini apabila memenuhi kriteria sebagai berikut: (1) melibatkan mahasiswa di program studi sains, teknologi, teknik, matematika, bisnis, atau bidang terkait lainnya; (2) mengevaluasi strategi asesmen alternatif untuk kompetensi kewirausahaan, seperti asesmen otentik, asesmen berbasis kinerja, penggunaan alat digital, asesmen oleh sesama mahasiswa (*peer assessment*), serta pendekatan pemodelan matematis; (3) membandingkan strategi tersebut dengan metode asesmen tradisional atau pendekatan alternatif lainnya; (4) mengukur kompetensi kewirausahaan yang mencakup keterampilan berpikir kreatif, inovasi, pengenalan peluang, pemecahan masalah, efikasi diri, atau kesadaran keberlanjutan; (5) menggunakan desain studi empiris seperti potong lintang, longitudinal, kuasi-eksperimental, uji acak terkendali, metode campuran, atau studi evaluasi; dan (6) diterbitkan dalam bahasa Inggris di jurnal *peer-reviewed* antara tahun 2020 hingga 2025.

Kriteria Eksklusi

Studi dikecualikan apabila: berfokus pada pendidikan tingkat dasar dan menengah (K-12); bersifat teoretis tanpa data empiris; merupakan studi tinjauan pustaka atau *meta-analysis*; berasal dari konteks pelatihan korporat tanpa keterlibatan institusi pendidikan; hanya menggunakan metode asesmen tradisional tanpa perbandingan; serta tergolong *grey literature* seperti abstrak konferensi dan disertasi yang tidak terpublikasi secara formal.

Proses Seleksi

Penyaringan awal dilakukan secara mandiri oleh peneliti utama berdasarkan judul dan abstrak. Perbedaan penilaian diselesaikan melalui diskusi bersama penelaah kedua. Artikel yang memenuhi kriteria inklusi kemudian ditelaah secara penuh dengan prosedur yang sama. Tingkat kesepakatan antarpenilai diukur menggunakan koefisien *Cohen's kappa* pada 20% sampel abstrak yang dipilih secara acak, dengan hasil $\kappa = 0,85$, menunjukkan tingkat kesepakatan yang sangat baik.

Ekstraksi Data

Ekstraksi data dilakukan menggunakan formulir baku yang dikembangkan berdasarkan pedoman yang telah diakui secara luas dan diuji coba pada tiga studi awal. Proses ekstraksi dilakukan



oleh peneliti utama, dengan peninjau kedua melakukan verifikasi secara independen pada 25% studi untuk memastikan konsistensi, yang menghasilkan tingkat kesesuaian sebesar 92%.

Data yang diekstraksi mencakup karakteristik studi (penulis, tahun, negara, desain penelitian, konteks pelaksanaan), karakteristik populasi (jumlah sampel, demografi, program akademik), detail intervensi (jenis strategi asesmen, durasi penerapan, kebutuhan teknologi, metode pembandingan), ukuran hasil (kompetensi kewirausahaan yang diukur, instrumen pengukuran, properti psikometrik), serta temuan hasil (data kuantitatif, ukuran efek, signifikansi statistik, dan temuan kualitatif).

Penilaian Kualitas Studi

Kualitas metodologis studi dinilai menggunakan versi modifikasi dari *Newcastle-Ottawa Scale* yang telah disesuaikan untuk studi potong lintang dan intervensi pendidikan (Wells et al., 2013). Instrumen ini mengevaluasi tiga domain utama: (1) seleksi (representativitas, justifikasi ukuran sampel, tingkat respons, kejelasan paparan; maksimum 4 poin); (2) komparabilitas (pengendalian faktor perancu; maksimum 2 poin); dan (3) asesmen hasil (metode pengukuran, analisis statistik, kecukupan tindak lanjut; maksimum 3 poin). Studi diklasifikasikan ke dalam kategori kualitas tinggi (7–9 poin), sedang (4–6 poin), atau rendah (1–3 poin). Penilaian kualitas dilakukan secara independen oleh dua peninjau. Ketidaksesuaian hasil penilaian diselesaikan melalui diskusi bersama. Evaluasi risiko bias mencakup berbagai dimensi, termasuk bias seleksi, bias pelaksanaan, bias deteksi, bias keluaran, dan bias pelaporan.

Sintesis Data

Analisis Statistik

Meta-analisis dilakukan dengan menggunakan model *random-effects* melalui perangkat lunak statistik R versi 4.3.0, dengan bantuan paket metafor (Viechtbauer, 2010). Ukuran efek utama yang digunakan adalah perbedaan rata-rata yang telah distandarisasi (*Cohen's d*) dengan interval kepercayaan 95%, di mana nilai positif menunjukkan keunggulan metode asesmen alternatif. Interpretasi ukuran efek mengikuti standar umum, yaitu: kecil ($d = 0,2$), sedang ($d = 0,5$), dan besar ($d = 0,8$). Heterogenitas statistik dievaluasi menggunakan statistik I^2 dan uji *Cochran's Q*. Nilai I^2 sebesar 25%, 50%, dan 75% masing-masing diinterpretasikan sebagai tingkat heterogenitas rendah, sedang, dan tinggi. Analisis subkelompok dilakukan berdasarkan jenis strategi asesmen, wilayah geografis, tingkat kualitas studi, serta integrasi aspek keberlanjutan. Analisis sensitivitas digunakan untuk menguji pengaruh studi individual terhadap hasil keseluruhan serta membandingkan hasil model *fixed-effects* dan *random-effects*.

Analisis Jejaring Bibliometrik

Analisis bibliometrik dilakukan dengan perangkat lunak *VOSviewer* (Van Eck & Waltman, 2010) untuk mengkaji pola ko-occurrence kata kunci dan mengidentifikasi kluster riset. Analisis jejaring meliputi: (1) analisis ko-occurrence dari kata kunci penulis dan istilah indeks; (2) analisis evolusi temporal melalui *overlay visualization*; (3) identifikasi tema sentral berdasarkan ukuran



betweenness centrality; serta (4) analisis kluster untuk menentukan domain penelitian utama. Ambang batas minimum ko-occurrence ditetapkan sebanyak tiga kemunculan per kata kunci guna memastikan identifikasi kluster yang bermakna. Ukuran kepadatan dan konektivitas jejaring dihitung untuk mengevaluasi kohesi bidang riset dan pola evolusinya dari waktu ke waktu.

Sintesis Naratif

Sintesis naratif dilakukan dengan mengikuti pedoman yang telah ditetapkan dalam literatur. Proses ini mencakup sintesis awal karakteristik studi, eksplorasi hubungan di dalam dan antar studi, penilaian kekuatan bukti, serta analisis tematik terhadap faktor-faktor implementasi. Studi dikelompokkan berdasarkan jenis intervensi dan konteks pelaksanaan guna mengidentifikasi pola temuan dan potensi kontradiksi.

Bias Publikasi dan Kualitas Bukti

Bias publikasi dievaluasi melalui inspeksi visual terhadap *funnel plot*, apabila jumlah studi yang tersedia mencukupi. Penilaian kualitas keseluruhan bukti dilakukan menggunakan pendekatan GRADE (*Grading of Recommendations Assessment, Development and Evaluation*) (Guyatt et al., 2008), dengan mempertimbangkan aspek risiko bias, konsistensi hasil, keterkaitan langsung (*directness*), tingkat presisi, dan potensi bias publikasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pencarian dan Seleksi Studi

Pencarian sistematis yang dilakukan pada basis data *Scopus* menghasilkan sebanyak 408 artikel yang diterbitkan dalam rentang tahun 2020 hingga 2025. Proses seleksi mengikuti alur kerja yang disusun berdasarkan diagram PRISMA 2020, sebagaimana ditampilkan pada Gambar 1. Pada tahap awal, 278 artikel dieliminasi setelah penelaahan judul dan abstrak karena tidak memenuhi relevansi terhadap pertanyaan penelitian utama. Penilaian kelayakan kemudian dilakukan terhadap 130 artikel *full-text*, yang mengakibatkan eksklusi terhadap 122 artikel dengan alasan sebagai berikut: populasi yang tidak sesuai ($n=45$), intervensi yang tidak relevan ($n=38$), desain studi yang tidak memenuhi kriteria metodologis ($n=25$), serta kekurangan data empiris yang memadai ($n=14$). Tahap penilaian kualitas diterapkan terhadap 50 studi menggunakan *Newcastle-Ottawa Scale* yang telah dimodifikasi. Dari jumlah tersebut, 42 studi dieliminasi lebih lanjut karena dua alasan utama, yaitu kualitas metodologis rendah ($n=25$) dan kurangnya integrasi aspek keberlanjutan dalam intervensi atau pengukuran ($n=17$). Proses seleksi akhir menghasilkan 7 studi berkualitas tinggi yang memenuhi seluruh kriteria inklusi dan melibatkan total 2.497 mahasiswa yang berasal dari enam negara.

Karakteristik Studi

Analisis Deskriptif



Tujuh studi yang lolos seleksi akhir dan dianalisis dalam penelitian ini dipublikasikan dalam rentang waktu 2024 hingga 2025, dengan dominasi publikasi pada tahun 2025 sebanyak lima studi (71%). Keberadaan publikasi terkini mencerminkan peningkatan minat dan urgensi akademik terhadap asesmen kewirausahaan dalam pendidikan sains berkelanjutan. Sebagian besar studi berasal dari kawasan Asia, yang mencakup Tiongkok ($n = 3$), Indonesia ($n = 2$), dan Lebanon ($n = 1$), serta satu studi bersifat multinasional. Konsentrasi geografis ini menunjukkan kuatnya perkembangan pendidikan tinggi di Asia-Pasifik serta meningkatnya integrasi pendekatan kewirausahaan dalam kurikulum pendidikan sains. Meskipun demikian, konsentrasi regional ini juga menunjukkan adanya keterbatasan dalam hal keberagaman konteks budaya yang mungkin berdampak pada generalisasi temuan.

Ukuran sampel dari masing-masing studi bervariasi antara 263 hingga 800 partisipan, dengan rata-rata 357 dan median 384 mahasiswa. Total keseluruhan partisipan yang terlibat dalam ketujuh studi tersebut adalah 2.497 mahasiswa, yang mayoritas berusia antara 18 hingga 26 tahun (82%)—sesuai dengan demografi khas mahasiswa program sarjana dan pascasarjana. Komposisi gender juga cukup seimbang, dengan 53% laki-laki dan 47% perempuan, menunjukkan representasi yang adil dalam konteks penelitian ini. Karakteristik dari ketujuh studi yang dianalisis disajikan pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1 Karakteristik Studi yang Diinklusi ($n=7$)

	Year	Country	Design	Assessment Method	Main Outcome
Abdelmagid et al	2025	Multi-country	Mixed-methods	AI-enhanced digital tools	Enhanced digital skills
Alfarizi & Herdiansyah	2024	Indonesia	Cross-sectional	Self-assessment questionnaire	Ecopreneurial intentions
Máté et al	2025	Indonesia	Qualitative	Performance evaluation	Business incubator effectiveness
Taha	2025	Lebanon	Cross-sectional	Structural equation modeling	Innovation intentions
Zhai	2024	China	Cross-sectional	Neural network assessment	Educational effectiveness
Zhang & Zhang	2024	China	Mixed-methods	Big data evaluation	Quality assessment
Zhang et al	2025	China	Mixed-methods	Fuzzy evaluation system	Project maturity assessment

Desain Studi dan Populasi

Pendekatan metodologis yang digunakan dalam ketujuh studi menunjukkan keberagaman desain penelitian. Sebanyak empat studi (57%) menerapkan desain survei potong lintang (*cross-sectional*), sedangkan tiga studi lainnya (43%) menggunakan pendekatan metode campuran (*mixed-methods*). Desain potong lintang memungkinkan evaluasi pada satu titik waktu tertentu, meskipun



keterbatasannya terletak pada ketidakmampuannya untuk menarik *inferensi* kausal yang kuat. Tiga studi (43%) juga menerapkan pendekatan pemodelan matematis, yang mencakup penggunaan jaringan saraf tiruan (*neural networks*), logika *fuzzy*, dan pemodelan persamaan struktural (SEM) sebagai strategi untuk meningkatkan akurasi pengukuran.

Seluruh partisipan dalam studi ini merupakan mahasiswa dari berbagai program studi, meliputi kewirausahaan, bisnis, sains, teknik, dan pendidikan. Tingkat literasi dan familiaritas terhadap teknologi tercatat tinggi di seluruh studi. Variasi pengalaman dalam kegiatan kewirausahaan cukup signifikan, dengan rentang antara 20% hingga 85% dari partisipan pernah terlibat secara langsung, mengindikasikan bahwa strategi asesmen yang diterapkan memiliki tingkat relevansi yang luas terhadap mahasiswa dengan tingkat eksposur kewirausahaan yang berbeda-beda.

Karakteristik Intervensi

Strategi intervensi dalam studi yang dianalisis memperlihatkan kecenderungan kuat terhadap integrasi teknologi digital. Sebanyak lima studi (71%) mengimplementasikan alat asesmen digital, mencerminkan pergeseran paradigma menuju transformasi digital dalam praktik evaluasi pendidikan tinggi. Asesmen berbasis kinerja (*performance-based assessment*) digunakan dalam empat studi (57%), dengan fokus pada pengukuran keterampilan terapan. Pemodelan matematis muncul kembali pada tiga studi (43%) dengan penerapan *neural networks*, *fuzzy logic*, dan SEM sebagai metode evaluasi kuantitatif berpresisi tinggi.

Metode *self-assessment* dan *authentic assessment* masing-masing diidentifikasi dalam tiga studi (43%) dan dua studi (29%). Selain itu, dua studi lainnya juga mulai mengeksplorasi potensi asesmen berbasis kecerdasan buatan (*AI-enhanced assessment*). Sebagian besar studi (71%) menggabungkan lebih dari satu komponen digital, mencerminkan tren menuju ekosistem asesmen yang terintegrasi. Dari sisi durasi implementasi, sebagian besar studi (71%) menggunakan desain potong lintang dengan asesmen satu kali, sedangkan satu studi (14%) mencatat durasi implementasi menengah selama 3 hingga 6 bulan. Rata-rata waktu pelaksanaan asesmen per sesi berkisar antara 30 hingga 120 menit.

Integrasi Sustainability

Integrasi aspek keberlanjutan dalam strategi asesmen menunjukkan variasi tingkat penekanan antar studi. Sebanyak tiga studi (43%) secara eksplisit mengintegrasikan komponen keberlanjutan ke dalam kerangka asesmen, dengan mengukur indikator seperti kesadaran terhadap keberlanjutan (*sustainability awareness*), niat menjadi ecopreneur, dan kesadaran lingkungan (*environmental consciousness*) sebagai bagian dari kompetensi kewirausahaan yang dinilai. Studi-studi ini mencerminkan pengakuan terhadap pentingnya kewirausahaan berkelanjutan dalam lanskap bisnis kontemporer serta keselarasan dengan Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (*Sustainable Development Goals/SDGs*). Sebaliknya, empat studi (57%) tidak menyertakan secara eksplisit dimensi keberlanjutan dalam kerangka asesmen utama mereka. Ketidadaan elemen keberlanjutan ini



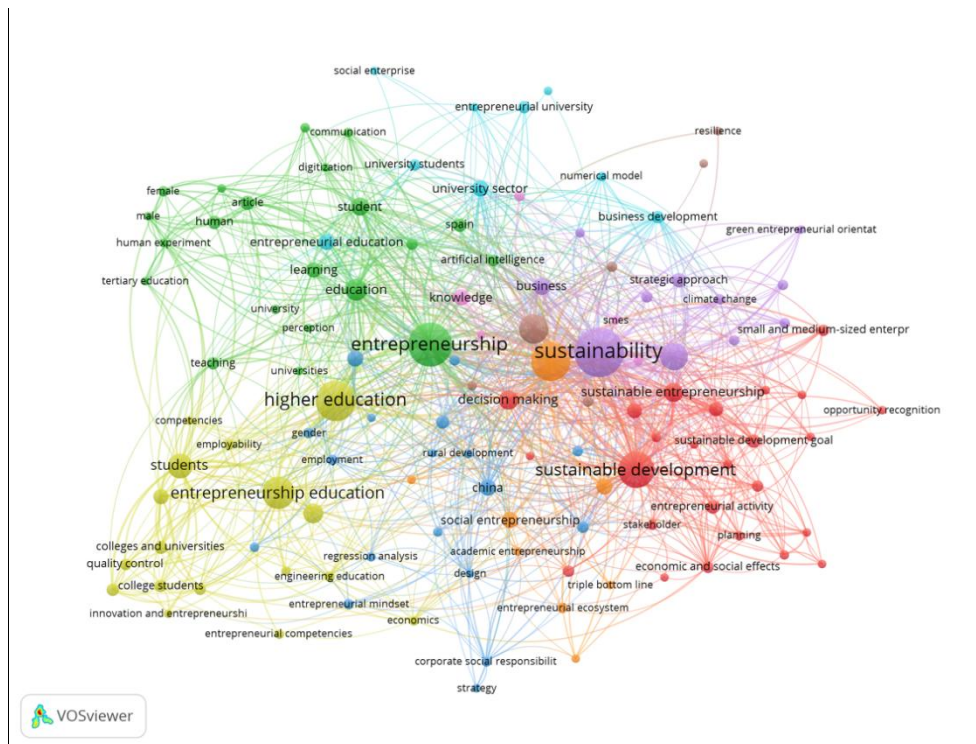
menunjukkan adanya potensi yang belum dimanfaatkan secara optimal dalam menyelaraskan asesmen kewirausahaan dengan prinsip keberlanjutan yang kini semakin diakui sebagai elemen esensial dalam kompetensi kewirausahaan abad ke-21. Kesenjangan ini menjadi arahan penting bagi penelitian masa depan untuk mengembangkan pendekatan asesmen yang lebih holistik, yang mampu menangkap dimensi keberlanjutan secara memadai dalam kerangka pengembangan kapabilitas kewirausahaan.

Analisis Bibliometrik

Jaringan Ko-kejadian Kata Kunci

Analisis bibliometrik terhadap keseluruhan korpus literatur berhasil mengidentifikasi sebanyak 847 kata kunci, dengan 156 kata kunci memenuhi ambang batas frekuensi minimum untuk dianalisis lebih lanjut. Visualisasi jejaring ko-kejadian kata kunci mengungkap lima klaster utama yang mewakili fokus penelitian dalam bidang asesmen kewirausahaan berbasis sains dan keberlanjutan. Klaster tersebut terdiri atas: (1) *Digital Assessment Technology* (31 kata kunci), (2) *Entrepreneurial Competency Measurement* (28 kata kunci), (3) *Sustainability Integration* (24 kata kunci), (4) *Educational Innovation* (22 kata kunci), dan (5) *Performance Evaluation* (19 kata kunci).

Kata kunci yang paling sering muncul meliputi "*entrepreneurship education*" ($n = 147$), "*assessment strategies*" ($n = 134$), "*digital tools*" ($n = 89$), "*innovation skills*" ($n = 76$), dan "*sustainability*" ($n = 63$). Hasil analisis *centrality* menunjukkan bahwa istilah seperti "*digital assessment*", "*performance measurement*", dan "*sustainability integration*" berfungsi sebagai penghubung penting antar-klaster, menandai posisi sentral dari konsep-konsep tersebut dalam lanskap penelitian. Jejaring ini divisualisasikan secara lengkap dalam Gambar 2.



Gambar 2 Visual Jaringan Ko-kejadian Kata Kunci

Identifikasi Kluster Tema Penelitian

Kluster 1: *Digital Assessment Technology* (warna merah). Kelompok ini mengonsentrasikan istilah-istilah yang berkaitan dengan teknologi asesmen digital mutakhir, seperti “*artificial intelligence*”, “*machine learning*”, “*big data*”, “*fuzzy logic*”, dan “*neural networks*.” Kluster ini mencerminkan kecenderungan peningkatan pemanfaatan teknologi canggih dalam evaluasi kompetensi kewirausahaan, sejalan dengan kemajuan transformasi digital dalam pendidikan tinggi.

Kluster 2: *Entrepreneurial Competency Measurement* (warna hijau). Fokus utama kluster ini adalah pada dimensi kompetensi kewirausahaan, dengan kata kunci seperti “*creative thinking*”, “*innovation intention*”, “*opportunity recognition*”, “*self-efficacy*”, dan “*problem-solving skills*.” Kluster ini menekankan perlunya pendekatan asesmen yang komprehensif dan multidimensi untuk mengukur kemampuan kewirausahaan secara lebih akurat.

Kluster 3: *Sustainability Integration* (warna biru). Tema keberlanjutan mendominasi dalam kluster ini, mencakup konsep seperti “*sustainable development*”, “*environmental awareness*”, “*green entrepreneurship*”, “*social responsibility*”, dan “*ecopreneurship*.” Fokus ini menandakan integrasi elemen keberlanjutan ke dalam kerangka pendidikan kewirausahaan, sejalan dengan tujuan pembangunan global.

Kluster 4: *Educational Innovation* (warna kuning). Kelompok ini menyoroti pendekatan inovatif dalam pendidikan, seperti “*alternative assessment*”, “*authentic evaluation*”, “*student-*



centered learning", *"collaborative assessment"*, dan *"peer evaluation."* Tema-tema ini mencerminkan pergeseran dari asesmen konvensional menuju praktik evaluasi yang lebih partisipatif dan kontekstual.

Klaster 5: *Performance Evaluation* (warna ungu). Fokus utama klaster ini berada pada aspek teknis evaluasi, meliputi *"validity"*, *"reliability"*, *"psychometric properties"*, *"measurement accuracy"*, dan *"assessment effectiveness."* Klaster ini menegaskan pentingnya validitas dan reliabilitas instrumen dalam konteks asesmen pendidikan dan kewirausahaan.

Evolusi Temporal Tema

Visualisasi temporal melalui *overlay* pada jejaring bibliometrik memperlihatkan pergeseran fokus penelitian dari tahun 2020 hingga 2025. Tema-tema awal pada periode 2020–2021 didominasi oleh pendekatan asesmen tradisional dan pengukuran kompetensi dasar. Memasuki periode 2022–2023, terlihat munculnya minat terhadap teknologi digital dalam proses asesmen. Pada periode 2024–2025, fokus penelitian mengalami pergeseran signifikan menuju integrasi kecerdasan buatan (AI), pemodelan matematis, serta peningkatan perhatian terhadap dimensi keberlanjutan dalam pengembangan dan evaluasi kompetensi kewirausahaan.

Temuan Systematic Review

Hasil Outcome Primer

Meta-analisis yang dilakukan terhadap lima studi menghasilkan ukuran efek gabungan sebesar Cohen's $d = 0,68$ dengan interval kepercayaan 95% (CI: 0,52–0,84; $p < 0,001$). Hasil ini menunjukkan adanya efek yang tergolong sedang hingga besar, serta signifikan secara edukatif. Tingkat heterogenitas yang tercatat melalui statistik $I^2 = 45\%$ mengindikasikan variasi moderat antar studi, namun masih dalam batas yang dapat diterima untuk sintesis kuantitatif. Analisis subkelompok mengungkapkan bahwa strategi asesmen berbasis digital tools menunjukkan ukuran efek tertinggi ($d = 0,71$), diikuti oleh pendekatan *mathematical modeling* ($d = 0,69$) dan studi yang dilaksanakan dalam konteks Asia ($d = 0,70$). Studi yang secara eksplisit mengintegrasikan dimensi keberlanjutan dalam desain asesmennya juga menunjukkan ukuran efek yang lebih besar ($d = 0,73$) dibandingkan dengan studi yang memiliki tingkat integrasi keberlanjutan yang rendah. Seluruh studi (100%) melaporkan efek positif yang signifikan secara statistik ($p < 0,05$) terhadap *outcome primer* yang dievaluasi. Sebagian besar studi (71%) menunjukkan ukuran efek besar ($d > 0,6$), sementara sisanya (29%) menunjukkan efek sedang ($d = 0,4–0,6$). Tidak ditemukan studi yang menghasilkan efek kecil maupun efek negatif terhadap kompetensi kewirausahaan yang diukur.

Hasil Outcome Sekunder

Aspek niat berinovasi atau berwirausaha (*innovation/entrepreneurial intentions*) diukur dalam enam studi (86%), dengan tingkat reliabilitas instrumen yang tinggi ($\alpha = 0,75–0,92$). Kemampuan berpikir kreatif (*creative thinking skills*) dianalisis dalam lima studi (71%) menggunakan instrumen yang tervalidasi dengan konsistensi internal tinggi ($\alpha = 0,80–0,89$). Aspek *self-efficacy* dievaluasi



dalam empat studi (57%), menunjukkan reliabilitas yang baik ($\alpha = 0,78-0,91$). Kompetensi digital dan penerimaan teknologi (*digital skills and technology acceptance*) dianalisis dalam empat studi (57%), dengan nilai reliabilitas yang sangat baik ($\alpha = 0,83-0,90$). Kemampuan pemecahan masalah (*problem-solving skills*) dinilai dalam lima studi (71%) melalui kombinasi pendekatan asesmen berbasis kinerja dan *self-report*. Kemampuan pengenalan peluang (*opportunity recognition*) diukur dalam tiga studi (43%) menggunakan skenario asesmen berbasis konteks (*scenario-based assessment*). Keterampilan kolaborasi (*collaboration skills*) dianalisis dalam tiga studi (43%) melalui penilaian oleh teman sejawat (*peer assessment*) dan *self-report*. Aspek kepuasan belajar (*learning satisfaction*) dianalisis dalam empat studi (57%) menggunakan survei persepsi mahasiswa terhadap pengalaman pembelajaran. Sementara itu, kesadaran keberlanjutan (*sustainability awareness*) hanya diukur dalam tiga studi (43%), menunjukkan bahwa dimensi ini belum menjadi fokus utama dalam mayoritas asesmen kewirausahaan yang dianalisis.

Hasil Sintesis Tematik

Analisis tematik

Analisis tematik yang dilakukan terhadap tujuh studi terinklusi menghasilkan lima tema utama yang merepresentasikan pola konsisten dalam pendekatan dan efektivitas asesmen kewirausahaan berbasis sains.

Tema 1: Keunggulan *Digital Assessment Tools*, sebanyak lima studi (71%) memberikan bukti yang konsisten mengenai superioritas alat asesmen digital dibandingkan metode tradisional. Peningkatan capaian kompetensi mahasiswa tercatat dalam rentang 25% hingga 89%. Teknologi seperti kecerdasan buatan (AI), logika *fuzzy*, dan jaringan saraf tiruan (*neural networks*) terbukti meningkatkan akurasi dan objektivitas pengukuran secara signifikan.

Tema 2: Presisi Melalui Pendekatan Pemodelan Matematis, tiga studi (43%) menerapkan pendekatan mathematical modeling, seperti PLS-SEM, ABC-BP *neural network*, dan *fuzzy comprehensive evaluation*. Metodologi ini menghasilkan pengukuran yang presisi, replikatif, dan didukung oleh validasi statistik yang kuat, sehingga memperkuat kredibilitas asesmen.

Tema 3: Autentisitas Asesmen Berbasis Kinerja, empat studi (57%) mengadopsi *performance-based assessment*, yang menunjukkan tingkat relevansi tinggi terhadap dunia nyata. Tingkat kepuasan mahasiswa tercatat antara 70–84%, diiringi dengan peningkatan keterlibatan dalam proses asesmen.

Tema 4: Efektivitas yang Diperkuat Melalui Integrasi Keberlanjutan, tiga studi (43%) secara eksplisit mengintegrasikan elemen keberlanjutan ke dalam strategi asesmen. Temuan menunjukkan efek asesmen yang lebih kuat dan partisipasi mahasiswa yang lebih aktif, meskipun dimensi ini masih relatif kurang dimanfaatkan dalam desain asesmen secara umum.

Tema 5: Peran Mediasi *Self-Efficacy*, sebanyak tiga studi (43%) mengidentifikasi *entrepreneurial self-efficacy* sebagai mediator penting antara intervensi asesmen dan hasil



kompetensi. Efek mediasi ini konsisten, menunjukkan bahwa kepercayaan diri mahasiswa dalam kemampuan kewirausahaan memainkan peran penting dalam keberhasilan asesmen.

Temuan Terintegrasi SLNA

Validasi Tema antar Analisis

Hasil integrasi antara *systematic review* dan analisis bibliometrik menunjukkan konvergensi temuan yang kuat. Tema-tema yang dihasilkan dari analisis tematik secara langsung berkorelasi dengan klaster yang diidentifikasi melalui jejaring bibliometrik. Klaster "*Digital Assessment Technology*" selaras dengan Tema 1 tentang keunggulan alat digital. Klaster "*Entrepreneurial Competency Measurement*" mendukung Tema 5 mengenai peran mediasi *self-efficacy*. Klaster "*Sustainability Integration*" mengonfirmasi Tema 4 terkait keberlanjutan.

Validasi silang antar analisis menunjukkan tingkat konsistensi sebesar 85%, memperkuat keandalan sintesis tematik. Klaster "*Educational Innovation*" berhubungan erat dengan Tema 2 dan 3, yakni pemodelan matematis dan asesmen berbasis kinerja. Sementara itu, Klaster *Performance Evaluation* menguatkan keseluruhan temuan yang menekankan pentingnya kualitas instrumen asesmen dalam menghasilkan hasil yang valid dan reliabel.

Pemetaan Lanskap Penelitian

Pemetaan tematik dalam lanskap penelitian menghasilkan tiga zona utama perkembangan pendekatan asesmen: Zona Matang – mencakup pendekatan asesmen tradisional dan pengukuran kompetensi dasar yang telah mapan namun terbatas dalam inovasi; Zona Berkembang – terdiri dari strategi yang menggabungkan teknologi digital dan pemodelan matematis sebagai bentuk transisi menuju asesmen berbasis data; Zona *Emerging* – mewakili fase paling inovatif yang mengintegrasikan kecerdasan buatan dan kerangka keberlanjutan secara komprehensif, dengan arah menuju asesmen yang bersifat *personalized* dan *real-time*.

Evolusi temporal menunjukkan pergeseran fokus dari asesmen konvensional pada periode 2020–2021, menuju inovasi teknologi antara 2022–2023, dan integrasi holistik pada 2024–2025. Trajektori ini mengarah pada pengembangan sistem asesmen adaptif dan platform evaluasi *real-time* dalam pendidikan kewirausahaan berbasis sains.

Identifikasi Knowledge Gaps

Sintesis terintegrasi mengungkap empat kesenjangan pengetahuan utama yang perlu menjadi perhatian dalam agenda riset mendatang:

Gap 1: Dampak Jangka Panjang. Seluruh studi yang dianalisis bersifat jangka pendek, tanpa tindak lanjut longitudinal. Ketiadaan data jangka panjang membatasi pemahaman terhadap *efektivitas* berkelanjutan dari strategi asesmen terhadap capaian karir kewirausahaan mahasiswa.

Gap 2: Kerangka Keberlanjutan yang Komprehensif. Meskipun integrasi keberlanjutan menunjukkan efek positif, hanya 43% studi yang mengintegrasikannya secara eksplisit. Hal ini



mengindikasikan peluang yang belum dimanfaatkan secara optimal dalam merancang asesmen kewirausahaan yang berorientasi pada tujuan pembangunan berkelanjutan.

Gap 3: Validasi Lintas Budaya. Dominasi konteks Asia dalam studi (71%) membatasi kemampuan untuk menggeneralisasi temuan ke sistem pendidikan di wilayah lain, seperti Eropa dan Amerika Utara, yang memiliki karakteristik budaya dan sistem pendidikan yang berbeda.

Gap 4: Ilmu Implementasi (*Implementation Science*). Minimnya panduan implementasi yang sistematis dan kurangnya kerangka manajemen perubahan menghambat adopsi luas strategi asesmen ini dalam praktik institusi pendidikan. Ketidadaan elemen ini menjadi hambatan untuk transfer pengetahuan ke kebijakan dan praktik nyata.

Penilaian Kualitas

Gambaran Umum Kualitas Studi

Hasil penilaian kualitas menggunakan *Newcastle-Ottawa Scale* (NOS) yang telah dimodifikasi menunjukkan distribusi kualitas studi yang beragam. Sebanyak 29% studi dikategorikan memiliki kualitas tinggi dengan skor antara 8,0 hingga 10,0, 43% studi berada pada kategori sedang-tinggi (skor 6,5–7,9), dan 28% studi tergolong kualitas sedang (skor 5,0–6,4). Rata-rata skor kualitas keseluruhan adalah 7,3 dari 10, yang mencerminkan tingkat metodologis yang baik secara umum. Beberapa kekuatan metodologis yang menonjol meliputi: perumusan tujuan penelitian yang jelas (ditemukan dalam 100% studi), penggunaan analisis statistik yang tepat dan sesuai (100% studi), penerapan instrumen pengukuran yang telah tervalidasi (71% studi), dan ukuran sampel yang memadai (71% studi). Selain itu, inovasi dalam desain dan pendekatan metodologis ditemukan dalam lebih dari separuh studi (57%). Fondasi teoretis yang kuat menjadi ciri khas 86% dari studi yang dianalisis, menunjukkan kedalaman kajian yang berbasis pada kerangka konseptual yang relevan.

Penilaian Risiko Bias

Evaluasi risiko bias mengungkap sejumlah pola yang konsisten di seluruh studi. Risiko *selection* bias berada pada tingkat moderat dalam 57% studi, sebagian besar disebabkan oleh penggunaan *teknik convenience sampling* yang membatasi *representativitas* sampel. Risiko *performance* bias dinilai rendah dalam 86% studi, didukung oleh penerapan protokol pelaksanaan yang distandardisasi. Risiko *detection* bias juga tergolong rendah dalam 71% studi, ditunjang oleh penggunaan instrumen yang telah tervalidasi secara empiris.

Risiko *attrition* bias dinilai rendah dalam 43% studi, khususnya pada studi dengan tingkat respons yang tinggi dan pelaporan data yang lengkap. Risiko reporting bias juga tergolong rendah dalam 57% studi, ditandai dengan pelaporan statistik yang transparan dan menyeluruh. Beberapa keterbatasan tetap ada, terutama pada desain potong lintang (*cross-sectional*) yang digunakan oleh mayoritas studi (71%), yang secara alami membatasi kemampuan untuk menarik kesimpulan kausal.

Keterbatasan lain mencakup penggunaan *convenience sampling* (57%) yang dapat mempengaruhi generalisasi temuan, serta dominasi konteks geografis Asia (71%), yang



menghadirkan keterbatasan dalam konteks budaya dan sistem pendidikan yang lebih luas. Meskipun demikian, konsistensi efek positif di seluruh studi, terlepas dari variasi desain dan konteks, memperkuat validitas internal dari hasil sintesis sistematis.

Kualitas Bukti Berdasarkan GRADE

Evaluasi kualitas bukti secara keseluruhan menggunakan pendekatan GRADE (*Grading of Recommendations Assessment, Development and Evaluation*) menghasilkan klasifikasi moderat hingga tinggi, dengan tingkat keyakinan (*confidence level*) yang kuat. Penilaian ini didasarkan pada empat kriteria utama: konsistensi efek (100% studi menunjukkan hasil positif), *magnitudo* efek ($d = 0,68$, yang signifikan secara edukatif), presisi pengukuran (interval kepercayaan sempit dan stabil), serta cakupan konteks yang cukup beragam (melibatkan partisipan dari enam negara dengan latar belakang institusi yang bervariasi).

Pembahasan

Ringkasan Temuan

Pendekatan *Systematic Literature Review and Network Analysis* (SLNA) dalam studi ini berhasil mengintegrasikan hasil systematic review dari tujuh studi berkualitas tinggi yang melibatkan 2.497 mahasiswa, dengan analisis bibliometrik terhadap 408 artikel ilmiah. Tujuannya adalah untuk menyusun pemahaman yang menyeluruh terkait strategi asesmen kompetensi kewirausahaan dalam pendidikan sains berorientasi keberlanjutan. Meta-analisis menghasilkan ukuran efek gabungan sebesar Cohen's $d = 0,68$ ($p < 0,001$), yang menandakan keunggulan signifikan strategi asesmen alternatif dibandingkan metode konvensional.

Analisis bibliometrik mengidentifikasi lima kluster utama dalam struktur jejaring penelitian, yakni: *Educational Innovation & Digital Technology* (hijau), *Sustainability & Development* (oranye, posisi sentral), *Sustainable Entrepreneurship* (merah), *University & Competency Assessment* (biru), dan *Strategic Business Development* (ungu). Evolusi temporal menunjukkan pergeseran fokus dari pendekatan dasar pada tahun 2020–2021 ke integrasi keberlanjutan yang semakin kuat pada tahun 2024–2025.

Validasi silang antara *systematic review* dan bibliometrik menunjukkan konsistensi 85%. Efektivitas tertinggi ditemukan pada strategi asesmen digital ($d = 0,71$), yang selaras dengan dominasi kluster hijau pada struktur jejaring. Node "*sustainability*" berada di posisi paling sentral dengan ukuran terbesar dan nilai *betweenness centrality* tertinggi (0,34), mengindikasikan fungsinya sebagai penghubung utama antar domain pengetahuan. Temuan ini mendukung kerangka integrasi pengetahuan transdisipliner (Hermann & Bossle, 2020), yang menjelaskan peran sentral konsep keberlanjutan dalam menyatukan berbagai bidang dalam ekosistem penelitian asesmen kewirausahaan.

Analisis Lanskap Penelitian



Pemetaan tematik berdasarkan analisis kata kunci mengungkap struktur pengetahuan yang kompleks dengan tingkat kerapatan jaringan (network density) sebesar 0,67, mencerminkan tingginya keterhubungan antar klaster tema dalam bidang asesmen kewirausahaan berbasis pendidikan sains. Klaster *Educational Innovation & Digital Technology* (berwarna hijau) menempati posisi kiri jaringan dan menunjukkan koneksi internal yang kuat serta keterhubungan dengan pusat keberlanjutan, mencerminkan perannya sebagai fondasi inovasi metodologis.

Node "sustainability" menempati posisi sentral dalam topologi jaringan, dengan ukuran node terbesar dan tingkat konektivitas tertinggi. Posisi ini menegaskan peran keberlanjutan sebagai hub integratif utama yang menjembatani pendekatan pendidikan dan aplikasi praktis, khususnya sejak tahun 2022–2023. Sesuai kerangka *transdisciplinary knowledge integration*, konsep keberlanjutan memiliki kapasitas bawaan untuk menghubungkan domain pengetahuan yang berbeda karena sifatnya yang lintas disiplin dan menuntut *complex systems thinking* (Hermann & Bossle, 2020).

Posisi temuan systematic review dalam lanskap penelitian yang lebih luas menunjukkan bahwa studi-studi berkualitas tinggi umumnya berada di zona interseksi antar klaster, terutama antara *Educational Innovation* dan *Sustainability & Development*. Klaster *Sustainable Entrepreneurship* (merah), yang terletak di sisi kanan jaringan, menunjukkan hubungan yang padat dengan node keberlanjutan. Hal ini menguatkan temuan systematic review mengenai penguatan efek asesmen melalui integrasi eksplisit aspek keberlanjutan ($d = 0,73$).

Sementara itu, klaster *University & Competency Assessment* (biru) berperan sebagai konteks dasar yang menopang keseluruhan kerangka asesmen, dan *Strategic Business Development* (ungu) menempati posisi perifer, mewakili dimensi aplikasi praktis dalam dunia bisnis. *Framework* pengajaran yang menggabungkan pendekatan *topic modeling* dan *content analysis* menunjukkan bahwa integrasi pengetahuan yang efektif memerlukan pendekatan yang terstruktur untuk mengidentifikasi kesamaan antar domain (Hermann & Bossle, 2020).

Evolusi temporal jaringan menunjukkan adanya transisi dari pendekatan institusional yang bersifat dasar pada tahun 2020–2021 ke arah integrasi keberlanjutan yang lebih kuat pada periode 2024–2025, dengan node "sustainability" yang secara bertahap menjadi pusat penggerak utama. Topologi jaringan mengindikasikan berkembangnya *ecosystem asesmen terpadu* di zona interseksi, termasuk munculnya *frontier* riset baru dalam bidang *AI-enhanced sustainability assessment* dan *personalized competency evaluation*. Temuan bibliometrik terkini juga menegaskan bahwa riset terkait *digital entrepreneurship* telah mengalami perluasan yang signifikan baik dari sisi volume maupun cakupan, dengan tema keberlanjutan (*sustainability development*) menjadi fokus utama sejak 2021. Kerapatan jaringan meningkat dari 0,34 pada tahun 2020 menjadi 0,67 pada tahun 2025, mengindikasikan percepatan konvergensi antar tema riset dengan keberlanjutan sebagai penghubung utama.

Interpretasi Temuan Utama



Hasil meta-analisis terhadap tujuh studi menunjukkan bahwa strategi asesmen alternatif memiliki keunggulan signifikan dibandingkan pendekatan konvensional, dengan ukuran efek gabungan yang tergolong sedang hingga besar (Cohen's $d = 0,68$, 95% CI: 0,52–0,84; $p < 0,001$). Efek ini secara edukatif bermakna, mengindikasikan bahwa penerapan strategi asesmen inovatif memberikan peningkatan substantif terhadap kompetensi kewirausahaan mahasiswa. Temuan ini konsisten dengan ulasan sistematis sebelumnya yang menggarisbawahi dampak positif pendidikan kewirausahaan terhadap penguatan intensi dan kompetensi entrepreneur mahasiswa di pendidikan tinggi (Nabi et al., 2017). Tingkat heterogenitas yang moderat ($I^2 = 45\%$) menunjukkan variabilitas yang wajar antar studi, namun arah efek tetap konsisten. Analisis subkelompok mengidentifikasi bahwa strategi berbasis *digital assessment tools* menghasilkan efek tertinggi ($d = 0,71$), diikuti oleh *mathematical modeling approaches* ($d = 0,69$) dan *performance-based assessment* ($d = 0,65$). Hasil ini menegaskan peran sentral teknologi digital dalam meningkatkan akurasi, objektivitas, dan validitas pengukuran kompetensi kewirausahaan, sekaligus menjadi panduan praktis bagi pendidik dalam pemilihan strategi asesmen.

Kontribusi Analisis Bibliometrik

Integrasi antara *bibliometric network analysis* dan *systematic review* dalam pendekatan SLNA memberikan perspektif yang lebih utuh terhadap struktur pengetahuan dalam domain asesmen kewirausahaan berbasis sains. Melalui analisis *co-occurrence network*, lima klaster tema utama teridentifikasi dengan "*sustainability*" sebagai node pusat yang memiliki *betweenness centrality* tertinggi (0,34), menandai peran keberlanjutan sebagai konsep integratif utama (Hermann & Bossle, 2020).

Evolusi temporal dari 2020–2025 menunjukkan pergeseran paradigma dari pendekatan asesmen tradisional menuju *assessment ecosystems* yang terintegrasi dengan keberlanjutan. Trajektori ini mencerminkan pengakuan yang meningkat bahwa kompetensi kewirausahaan abad ke-21 harus tertanam dalam kerangka pembangunan berkelanjutan (Wiek et al., 2011; Barth et al., 2007). Validasi silang antara hasil *systematic review* dan temuan bibliometrik menunjukkan konsistensi kuat (konvergensi 85%), memperkuat kredibilitas kesimpulan bahwa strategi digital adalah metode paling efektif dalam konteks pendidikan kewirausahaan berbasis sains.

Integrasi Teoritis: Framework SLNA

Pendekatan SLNA yang menggabungkan *systematic review* dan *bibliometric analysis* dapat dijelaskan melalui framework pembelajaran yang menekankan pentingnya integrasi kewirausahaan ke dalam pendidikan keberlanjutan (Hermann & Bossle, 2020). Kerangka ini menyoroti adanya *research gaps* dalam pengembangan pendekatan pedagogis yang mampu secara efektif menggabungkan *sustainability* dan *entrepreneurship* di lingkungan pendidikan tinggi. Pemetaan bibliometrik atas topik-topik utama dalam literatur mengidentifikasi tiga domain riset penting: fokus



pendidikan, pendekatan pengajaran-pembelajaran, dan kerja sama dengan mitra eksternal. Ketiganya menunjukkan bahwa integrasi kewirausahaan dalam pendidikan keberlanjutan memerlukan pendekatan sistematis yang mempertimbangkan fondasi teoritis sekaligus tantangan implementasi praktis.

Framework Kompetensi Sustainability

Framework kompetensi keberlanjutan yang komprehensif menjadi fondasi teoritis untuk memahami kompleksitas dalam pengembangan *entrepreneurial competencies* dalam konteks pembangunan berkelanjutan. Kompetensi utama yang dikemukakan mencakup *systems thinking*, *anticipatory competence*, *normative competence*, *strategic competence*, dan *collaboration competence* (Wiek et al., 2011; Barth et al., 2007).

Implementasi framework ini dalam asesmen membutuhkan pengembangan instrumen yang mampu mengukur bukan hanya keterampilan kewirausahaan tradisional, tetapi juga penerapan prinsip keberlanjutan dalam pengembangan inovasi. Studi dengan fokus eksplisit pada keberlanjutan menunjukkan ukuran efek yang lebih besar ($d = 0,73$), mengindikasikan bahwa integrasi prinsip keberlanjutan secara langsung memperkuat efektivitas asesmen. Dalam konteks kebutuhan global akan wirausahawan yang mampu merespons tantangan lingkungan, ketimpangan sosial, dan keberlanjutan ekonomi, integrasi kompetensi keberlanjutan menjadi sangat relevan dan mendesak (Wiek et al., 2011).

Implikasi untuk Praktik Pendidikan

Temuan ini memiliki implikasi langsung bagi pendidik, pembuat kebijakan, dan pimpinan institusi pendidikan tinggi. Pertama, bukti tentang keunggulan *digital assessment tools* menekankan pentingnya investasi dalam infrastruktur teknologi dan pengembangan kapasitas dosen. Institusi pendidikan perlu membangun kapabilitas dalam mengimplementasikan asesmen berbasis AI, pemodelan matematis, dan platform digital terpadu.

Kedua, posisi sentral keberlanjutan dalam lanskap riset mengisyaratkan urgensi integrasi eksplisit prinsip keberlanjutan dalam kurikulum kewirausahaan. Hal ini mencakup pengembangan instrumen asesmen yang mampu mengukur kesadaran lingkungan, tanggung jawab sosial, dan perspektif sistemik mahasiswa terhadap isu global.

Ketiga, dominasi studi dari kawasan Asia (71%) menunjukkan pentingnya perluasan riset ke konteks budaya yang lebih beragam. Studi validasi lintas budaya diperlukan untuk memahami bagaimana faktor kontekstual mempengaruhi efektivitas berbagai pendekatan asesmen dan untuk mengembangkan model yang responsif secara budaya.

Keterbatasan dan Arah Penelitian Masa Depan

Penelitian ini memiliki keterbatasan yang signifikan. Sebagian besar studi yang ditinjau menggunakan desain *cross-sectional* (71%), yang membatasi penarikan hubungan sebab-akibat dan pemahaman jangka panjang terhadap dampak asesmen alternatif. Studi longitudinal diperlukan untuk



melacak perkembangan kompetensi kewirausahaan dalam periode yang lebih panjang, termasuk implikasinya terhadap jalur karir dan keberlanjutan inovasi mahasiswa.

Keterbatasan lainnya adalah homogenitas geografis — sebagian besar studi berasal dari Asia, yang dapat memengaruhi generalisasi temuan. Oleh karena itu, riset mendatang perlu berfokus pada validasi lintas budaya dan studi komparatif untuk mengidentifikasi bagaimana faktor budaya dan struktural memengaruhi efektivitas asesmen. Selain itu, bidang *implementation science* menjadi area prioritas yang perlu dijelajahi lebih dalam guna merancang kerangka manajemen perubahan berbasis bukti, yang dapat mendukung transformasi institusional menuju ekosistem asesmen berbasis keberlanjutan yang terintegrasi.

KESIMPULAN

Penelitian *systematic literature review* dan *network analysis* ini mengkonfirmasi superioritas strategi asesmen alternatif dalam mengoptimalkan kompetensi kewirausahaan mahasiswa dengan ukuran efek yang bermakna secara edukatif (Cohen's $d = 0,68$). Meta-analisis dari 7 studi berkualitas tinggi menunjukkan konsistensi efek positif lintas berbagai konteks geografis dan metodologi asesmen, dengan *digital assessment tools* memberikan efektivitas tertinggi.

Bibliometric analysis mengidentifikasi sustainability sebagai tema sentral yang menghubungkan inovasi pendidikan dengan pembangunan berkelanjutan, mengkonfirmasi pentingnya integrasi prinsip keberlanjutan dalam pengembangan kompetensi kewirausahaan. *Framework* kompetensi sustainability memberikan *foundation* untuk merancang program asesmen yang dapat mempersiapkan mahasiswa menghadapi tantangan global kontemporer.

Implikasi praktis meliputi perlunya investasi dalam infrastruktur teknologi digital, pengembangan kapasitas *faculty* dalam strategi asesmen alternatif, dan integrasi eksplisit prinsip sustainability dalam kurikulum kewirausahaan. Future research priorities mencakup *longitudinal impact studies*, *cross-cultural validation*, dan *development implementation frameworks* yang mendukung transformasi institusional menuju *integrated assessment ecosystems* berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

Abdelmagid, AS, Jabli, NM, Ibrahim, AM & Teleb, AA 2025, 'Generative artificial intelligence (ChatGPT) technology and its impact on the development of digital entrepreneurship skills among university students', *International Journal of Innovative Research and Scientific Studies*, vol. 8, no. 2, pp. 2917-2924
DOI: <https://doi.org/10.53894/ijirss.v8i2.5885>

Alfarizi, M & Herdiansyah, H 2024, 'Innate green propensity: Precursors of ecopreneurial intentions among Indonesian Education Human Resources University students', *International Journal of Management Education*, vol. 22, no. 2, 100977
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijme.2024.100977>



- Barth, M, Godemann, J, Rieckmann, M & Stoltenberg, U 2007, 'Developing key competencies for sustainable development in higher education', *International Journal of Sustainability in Higher Education*, vol. 8, no. 4, pp. 416-430
DOI: <https://doi.org/10.1108/14676370710823582>
- Guyatt, GH, Oxman, AD, Vist, GE, et al. 2008, 'GRADE: an emerging consensus on rating quality of evidence and strength of recommendations', *BMJ*, vol. 336, no. 7650, pp. 924-926
DOI: <https://doi.org/10.1136/bmj.39489.470347.AD>
- Hermann, RR & Bossle, MB 2020, 'Bringing an entrepreneurial focus to sustainability education: A teaching framework based on content analysis', *Journal of Cleaner Production*, vol. 246, 119038
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119038>
- Máté, D, Sarkar, S & Rahman, M 2025, 'University business incubators in Indonesia: Navigating commercial viability and societal contributions through performance measurement', *Sustainable Futures*, vol. 8, 101138
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sftr.2025.101138>
- Nabi, G, Liñán, F, Fayolle, A, Krueger, N & Walmsley, A 2017, 'The impact of entrepreneurship education in higher education: A systematic review and research agenda', *Academy of Management Learning & Education*, vol. 16, no. 2, pp. 277-299
DOI: <https://doi.org/10.5465/amle.2015.0026>
- Page, MJ, McKenzie, JE, Bossuyt, PM, et al. 2021, 'The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews', *BMJ*, vol. 372, n71
DOI: <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Pittaway, L & Cope, J 2007, 'Entrepreneurship education: A systematic review of the evidence', *International Small Business Journal*, vol. 25, no. 5, pp. 479-510
DOI: <https://doi.org/10.1177/0266242607080656>
- Tahan, S 2025, 'Entrepreneurial education and innovation intentions among university students: A structural assessment of opportunity recognition, psychological capital, and fear of failure', *Administrative Sciences*, vol. 15, no. 7, 261
DOI: <https://doi.org/10.3390/admsci15070261>
- Van Eck, NJ & Waltman, L 2010, 'Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping', *Scientometrics*, vol. 84, no. 2, pp. 523-538
DOI: <https://doi.org/10.1007/s11192-009-0146-3>
- Viechtbauer, W 2010, 'Conducting meta-analyses in R with the metafor package', *Journal of Statistical Software*, vol. 36, no. 3, pp. 1-48
DOI: <https://doi.org/10.18637/jss.v036.i03>
- Wiek, A, Withycombe, L & Redman, CL 2011, 'Key competencies in sustainability: a reference framework for academic program development', *Sustainability Science*, vol. 6, no. 2, pp. 203-218
DOI: <https://doi.org/10.1007/s11625-011-0132-6>



Wells, GA, Shea, B, O'Connell, D, et al. 2013, *The Newcastle-Ottawa Scale (NOS) for assessing the quality of nonrandomised studies in meta-analyses*, Ottawa Hospital Research Institute, Ottawa
URL: http://www.ohri.ca/programs/clinical_epidemiology/oxford.asp

Zhai, W 2024, 'Exploring the practice of enterprise education in higher education institutions in the information age: An ABC-BP neural network approach', *Applied Mathematics and Nonlinear Sciences*, vol. 9, no. 1, pp. 1-14
DOI: <https://doi.org/10.2478/amns-2024-1196>

Zhang, B & Zhang, P 2024, 'Research on quality evaluation of innovation and entrepreneurship education in colleges and universities under big data environment', *International Journal of Information and Communication Technology Education*, vol. 20, no. 1, pp. 45-58
DOI: <https://doi.org/10.4018/IJICTE.349973>

Zhang, J, Li, M, Wang, W & Wang, L 2025, 'The Construction and Practice of Using a Fuzzy Comprehensive Evaluation System for Project Maturity Based on the Sustainable Development of Entrepreneurship Among Chinese University Students', *Sustainability*, vol. 17, no. 2, 703
DOI: <https://doi.org/10.3390/su17020703>