

Tinjauan Sistematis Kebutuhan Asesmen Koneksi Matematis Berbasis Integrasi MCMA dengan PCM

Nurzanah Sri Hastuti*¹, Iva Sarifah², Lussy Dwiutami Wahyuni³

^{1,2,3} Sekolah Pascasarjana, Universitas Negeri Jakarta

e-mail: *[1nurzanah.sri.hastuti@mhs.unj.ac.id](mailto:nurzanah.sri.hastuti@mhs.unj.ac.id) , [2ivasarifah@unj.ac.id](mailto:ivasarifah@unj.ac.id) ,
[3lussysf@unj.ac.id](mailto:lussysf@unj.ac.id)

Abstract. *The mathematical connection assessment instruments that apply in high schools (SMA) generally still rely on dichotomous scoring, so that they are not able to describe students' partial understanding in detail. This study aims to examine the need for the development of a Multiple Choice Multiple Answer (MCMA) format instrument with a Partial Credit Model (PCM) through the Systematic Literature Review (SLR) approach. The study method refers to the Cochrane Handbook and the PRISMA protocol by analyzing 31 articles that meet the final inclusion criteria. The results of the study reveal that dichotomous scoring is limited in representing partial understanding PCM offers more accurate, fair, and informative measurements. The integration of MCMA with PCM has the potential to be developed as a mathematical connection assessment instrument based on a strong conceptual basis and can be used as a mathematical assessment innovation. Specifically, this study provides a starting point for further research related to the design, validation, and implementation of mathematical connection instruments at the high school level.*

Keyword: *Mathematical Connections Assessment, Multiple Choice Multiple Answer (MCMA), Partial Credit Model (PCM)*

Abstrak. *Instrumen asesmen koneksi matematis yang berlaku di Sekolah Menengah Atas (SMA) umumnya masih mengandalkan penskoran dikotomis sehingga belum mampu menggambarkan pemahaman parsial siswa secara rinci. Penelitian ini bertujuan mengkaji kebutuhan pengembangan instrumen format Multiple Choice Multiple Answer (MCMA) dengan Partial Credit Model (PCM) melalui pendekatan Systematic Literature Review (SLR). Metode kajian mengacu pada Cochrane Handbook dan protokol PRISMA dengan menganalisis 31 artikel yang memenuhi kriteria inklusi final. Hasil kajian mengungkap bahwa penskoran dikotomis terbatas dalam merepresentasikan pemahaman parsial, PCM menawarkan pengukuran yang lebih akurat, adil, dan informatif. Integrasi MCMA dengan PCM berpotensi dikembangkan sebagai instrumen asesmen koneksi matematis berdasarkan konseptual yang kuat dan dapat dijadikan sebagai inovasi asesmen matematika. Secara spesifik, kajian ini memberikan pijakan awal bagi penelitian lanjutan terkait desain, validasi, dan implementasi instrumen koneksi matematis pada jenjang Sekolah Menengah Atas.*

Kata Kunci: *Asesmen Koneksi Matematis, Multiple Choice Multiple Answer (MCMA), Partial Credit Model (PCM)*

PENDAHULUAN

Kemampuan koneksi matematis menjadi kompetensi penting dalam pembelajaran matematika, hal ini terkait kemampuan siswa dalam menghubungkan konsep, prosedur, representasi, serta penerapan matematika pada berbagai situasi (Baiduri et al., 2020). Di SMA Kompetensi ini berperan dalam membangun pemahaman konseptual hingga penyelesaian masalah tingkat lanjut yang dibutuhkan pada abad ke-21 (Aimi et al., 2024) melalui transfer dan reorganisasi konsep secara fleksibel (Aszahra et al., 2024; Susuoroka, 2023).

Hasil PISA dan TIMSS menunjukkan banyak siswa kesulitan menghubungkan konsep, menggunakan representasi yang tepat, serta menerapkan matematika pada persoalan kontekstual (Mullis et al., 2020; OECD, 2019). Studi nasional juga menunjukkan siswa cenderung mampu menyelesaikan soal prosedural, tetapi lemah dalam soal yang menuntut hubungan antarkonsep, penalaran, dan transfer pengetahuan (Nurwahid et al., 2025).

Salah satu penyebab kondisi tersebut diduga berasal dari sistem asesmen yang masih didominasi oleh pilihan ganda konvensional dengan penskoran dikotomis benar-salah (May et al., 2023). Model ini belum mampu menggambarkan tingkat pemahaman siswa secara bertahap, karena siswa yang memiliki pemahaman sebagian tetap dinilai sama dengan siswa yang tidak memahami materi. Akibatnya, informasi penting mengenai strategi berpikir maupun miskonsepsi siswa tidak terdeteksi secara optimal (Betts et al., 2022).

Perkembangan pengukuran pendidikan menawarkan solusi melalui model penskoran politomus, salah satunya *Partial Credit Model* (PCM). PCM memungkinkan pemberian skor bertingkat sesuai kualitas respons siswa, sehingga lebih adil dan informatif dibandingkan dengan penskoran dikotomis dan mampu menghasilkan estimasi kemampuan yang lebih akurat serta sensitif terhadap variasi penguasaan konsep (Persson, 2023; Schneid et al., 2025; Zhai & Li, 2021).

Selain itu, inovasi asesmen juga berkembang melalui format *Multiple Choice Multiple Answer* (MCMA), yaitu soal dengan lebih dari satu jawaban benar. Format ini mendorong siswa mengevaluasi beberapa opsi sekaligus, sehingga mampu mengungkap pemahaman konsep, strategi berpikir, dan miskonsepsi secara lebih mendalam. Hal ini menunjukkan MCMA efektif untuk mengukur pemahaman konseptual, penalaran, dan kemampuan berpikir analitis (Beiting-Parrish et al., 2021).

Integrasi MCMA dengan PCM berpotensi menghasilkan instrumen yang lebih komprehensif untuk mengukur kemampuan koneksi matematis. Respons siswa tidak hanya dinilai benar atau salah, tetapi juga berdasarkan tingkat kualitas hubungan konsep yang ditunjukkan. Pendekatan ini sejalan dengan *assessment for learning* karena dapat membantu guru mendiagnosis kelemahan siswa dan merancang tindak lanjut pembelajaran secara tepat.

Meskipun demikian, kajian sistematis mengenai pengembangan instrumen koneksi matematis berbasis integrasi MCMA dan PCM

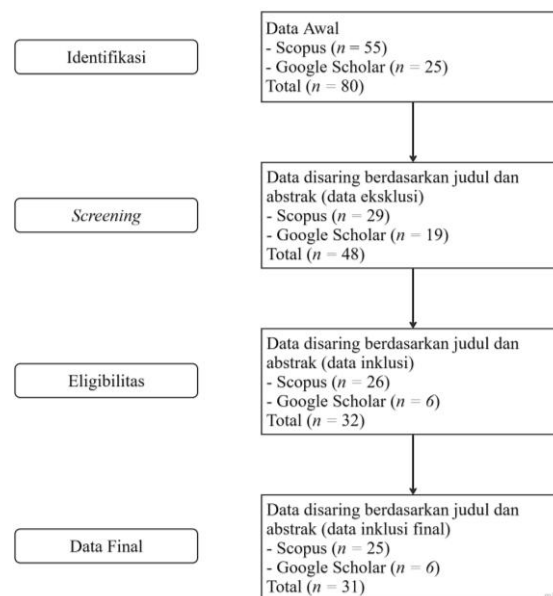
pada jenjang SMA masih terbatas. Sebagian besar penelitian masih berfokus pada instrumen esai, pilihan ganda konvensional, atau hanya membahas MCMA dan PCM secara terpisah. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan melalui *Systematic Literature Review* (SLR) untuk memetakan tren penelitian, mengidentifikasi kebutuhan metodologis, serta merumuskan kerangka konseptual pengembangan instrumen koneksi matematis berbasis MCMA dan PCM. Kebaruan penelitian ini terletak pada integrasi kemampuan koneksi matematis, desain butir MCMA, dan penskoran PCM dalam satu peta evidensi sistematis sebagai dasar pengembangan instrumen yang valid, reliabel, diagnostik, dan relevan dengan tuntutan abad ke-21.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan *Systematic Literature Review* (SLR) dengan mengikuti protokol *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA). Data dianalisis menggunakan analisis isi (*content analysis*) terhadap artikel yang memenuhi kriteria inklusi. Proses analisis dilakukan dengan menelaah temuan setiap studi, mengidentifikasi isu yang berulang, mengelompokkan temuan yang serupa, dan menyusun tema-tema utama yang relevan dengan tujuan penelitian.

Kajian ini diharapkan dapat menghasilkan analisis kebutuhan awal yang komprehensif sebagai dasar pengembangan instrumen yang valid, reliabel, dan diagnostik

dalam mendukung peningkatan kualitas asesmen serta pembelajaran matematika di SMA.



Gambar 1. Diagram Alir PRISMA

Tahap awal penelitian dimulai dengan identifikasi 80 data sumber yang relevan dengan topik kajian. Artikel-artikel tersebut berasal dari dua *database* utama, yaitu (1) hasil penelusuran manual melalui Google Scholar dan (2) hasil penelusuran melalui *database* Scopus. Rentang yang digunakan dari dua *database* tersebut adalah tahun 2015 – 2025. Pencarian menggunakan kata kunci dalam Bahasa Inggris antara lain *mathematical connection, multiple choice multiple answer, partial credit model, measurement, instrument development, dan senior high school*.

Pada tahap *screening*, dilakukan verifikasi inklusi dan eksklusi sumber meliputi: (1) Cek kesesuaian pengindeksan sumber dengan memastikan bahwa sumber terindeks Scopus dari Q4 – Q1. (2) Kesesuaian rentang tahun publikasi. (3) Jenis publikasi yang

digunakan meliputi artikel jurnal, artikel prosiding, maupun *working paper*. (4) Bahasa artikel menggunakan Bahasa Inggris.

Hasil proses *screening* menunjukkan bahwa 18 data sumber dari penelusuran awal tidak terindeks Scopus, sehingga dikeluarkan dari proses analisis berikutnya. Adapun 62 data sumber terindeks Scopus dinyatakan memenuhi seluruh kriteria di atas sehingga lolos ke tahap berikutnya. Pada tahap berikutnya, 32 data sumber terindeks Scopus yang relevan ditinjau lebih jauh terkait relevansinya, namun karena terdapat 1 data sumber yang berjenis buku, maka data tersebut dieksklusi. Pada tahap akhir, terdapat 31 data yang sesuai dengan seluruh kriteria di atas sehingga digunakan sebagai data final untuk selanjutnya digunakan sebagai dasar analisis dalam penelitian ini.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini memaparkan hasil temuan dari tinjauan sistematis terkait dengan pengembangan instrumen koneksi matematis berbasis *Multiple Choice Multiple Answer* (MCMA) menggunakan *Partial Credit Model* (PCM) dan membahasnya dengan lebih jelas. Proses penelusuran dan seleksi artikel dilakukan secara sistematis berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi yang telah diterapkan sehingga didapatkan studi yang layak ditelusuri lebih lanjut.

Hasil

Pemetaan sistematis terhadap 31 studi literatur mengungkap pola yang kompleks dalam evolusi asesmen formatif dan sumatif, khususnya yang menargetkan konstruk kognitif

tingkat tinggi seperti koneksi matematis. Hasil analisis menunjukkan tema-tema yang saling berkaitan dan membentuk landasan konseptual bagi kebutuhan pengembangan instrumen asesmen yang lebih tepat. Tema-tema tersebut secara berurutan mencerminkan keterbatasan pendekatan pengukuran konvensional, keunggulan penskoran parsial sebagai alternatif psikometrik dan pedagogis, serta potensi sinergi antara format *Multiple Choice Multiple Answer* dan model IRT politomus. Hasilnya dipetakan melalui tabel di bawah ini:

Tabel 1. Pemetaan Hasil Riset

Tema Utama	Jumlah Artikel	Persentase
Keterbatasan penskoran dikotomis/asesmen konvensional	13	41,93%
Keunggulan <i>Partial Credit Scoring</i>	16	51,61%
Integrasi <i>Multiple Choice Multiple Answer/Multiple response</i> dengan PCM dan pengembangannya	10	32,26%
Studi pada konteks pendidikan matematika	9	29,03%
Studi pengembangan instrumen matematika modern	11	35,48%

Tema pertama adalah keterbatasan penskoran dikotomis atau asesmen konvensional, yang dibahas dalam 13 dari 31 artikel. Muñiz & Menéndez (2011) serta Wongwiwatthanakit et al (2000) menyebut model ini masih banyak digunakan karena praktis. Namun, Donoghue (1994), Zhai & Li (2021), May et al (2023), dan Morris et al (2025) menilai penskoran dikotomis kurang mampu menangkap pengetahuan parsial, proses berpikir, serta miskonsepsi siswa.

Hatisaru (2024) dan Putri et al (2024) menunjukkan hal serupa dalam konteks matematika. Lord & Assistant (2022), Siddiqui et al (2016), Slepko et al (2016), Beiting-Parrish et al (2021), dan Schneid et al (2025) menegaskan bahwa model ini rentan terhadap tebakan dan kurang merepresentasikan perkembangan kognitif siswa.

Tema kedua adalah keunggulan *Partial Credit Scoring* yang muncul dalam 16 artikel. Jiao et al (2012), Zhai & Li (2021), Betts et al (2022), dan Ferrão et al (2015) menunjukkan keunggulan psikometrik berupa reliabilitas dan daya beda lebih baik. Grabarnik & Yaskolko (2019) serta Penfield (2004) menyatakan estimasi kemampuan lebih rinci dan stabil. Bo et al (2015) dan May et al (2023) menemukan bahwa model ini menekan efek tebakan. Henry et al (2024), Schneid et al (2025), Lord & Assistant (2022), serta Williams et al (2021) menunjukkan persepsi lebih adil, motivasi meningkat, dan kecemasan menurun. Muñiz & Menéndez (2011), Wongwiwatthanakit et al (2000), Donoghue (1994), dan Siddiqui et al (2016) menegaskan bahwa model ini memberi informasi respons lebih kaya.

Tema ketiga adalah integrasi *Multiple Choice Multiple Answer (MCMA)/multiple response* dengan *Partial Credit Model (PCM)* dan pengembangannya, yang dibahas dalam 10 artikel. Ferrão et al (2015), Jiao et al (2012), Arai & Miyano (2019), serta Beiting-Parrish et al (2021) menunjukkan bahwa format MCMA sesuai dengan model politomus karena dapat merepresentasikan tingkat pemahaman beragam. Donoghue (1994) dan Siddiqui et al

(2016) menilai penskoran dikotomis kurang sesuai untuk format ini. Bo et al (2015), Schneid et al (2025), Lord & Assistant (2022), serta Slepko et al (2016) menunjukkan bahwa integrasi MCMA dengan penskoran parsial meningkatkan akurasi skor dan menekan tebakan.

Tema keempat adalah penerapan dalam konteks pendidikan matematika, yang ditemukan pada 9 artikel. Hidayati et al (2019) dan Zainudin et al (2020) menunjukkan bahwa HOTS, pemecahan masalah, statistika, dan koneksi matematis memerlukan asesmen yang lebih sensitif. Ferrão et al (2015) serta May et al (2023) menunjukkan bahwa PCM memberi estimasi kemampuan lebih presisi dan informasi butir lebih baik. Hatisaru (2024) dan Putri et al (2024) menemukan bahwa siswa sering memiliki koneksi konsep parsial. Lord & Assistant (2022) serta Siddiqui et al (2016) menegaskan arah asesmen matematika menuju model politomus yang lebih diagnostik.

Tema kelima adalah pengembangan instrumen matematika modern, yang dibahas dalam 11 artikel. Goyal & Kumar (2021) serta Shaban et al (2020) menekankan pentingnya validitas, reliabilitas, dan kualitas butir modern. Henry et al (2024) dan Zhai & Li (2021) menunjukkan bahwa instrumen berbasis IRT dan politomus telah berkembang baik. Hidayati et al (2019), Putri et al (2024), dan Sutiarto et al (2022) melaporkan bahwa instrumen di Indonesia masih didominasi esai dan pilihan ganda biasa. Morris et al (2025), Schreurs et al (2024), Lord & Assistant (2022), serta Wongwiwatthanakit et al (2000)

menegaskan perlunya instrumen praktis berbasis MCMA-PCM untuk kelas besar dan asesmen digital.

Pembahasan

Hasil sintesis terhadap 31 artikel menunjukkan bahwa pengembangan instrumen koneksi matematis berbasis *Multiple Choice Multiple Answer* (MCMA) dengan *Partial Credit Model* (PCM) merupakan kebutuhan penting dalam asesmen matematika saat ini. Temuan ini menegaskan bahwa sistem asesmen yang masih didominasi oleh penskoran dikotomis belum sepenuhnya mampu mengukur kemampuan koneksi matematis secara komprehensif. Kemampuan koneksi matematis menuntut siswa menghubungkan konsep, prosedur, representasi, dan penerapan matematika dalam berbagai situasi, sehingga memerlukan instrumen yang mampu menangkap variasi kualitas respons siswa secara lebih rinci (Baiduri et al., 2020; Hatisaru, 2024).

Sebanyak 13 studi menyoroti keterbatasan penskoran benar-salah dalam asesmen konvensional. Model dikotomis memang praktis, efisien, dan mudah digunakan pada kelas besar, namun kurang sensitif terhadap pemahaman parsial siswa. Dalam konteks matematika, siswa sering kali telah mampu mengenali sebagian hubungan antarkonsep, menggunakan prosedur yang hampir tepat, atau menunjukkan arah penyelesaian yang benar meskipun belum sampai pada jawaban akhir. Jika kondisi tersebut tetap diberi skor nol, maka informasi penting mengenai perkembangan berpikir

siswa menjadi hilang. Temuan ini sejalan dengan Donoghue (1994) yang menjelaskan bahwa item politomus mampu memberikan informasi pengukuran lebih tinggi dibandingkan item dikotomis. Putri et al (2024) juga menunjukkan bahwa siswa sering menampilkan koneksi konsep secara parsial meskipun solusi akhirnya belum lengkap. Oleh karena itu, penskoran dikotomis lebih sesuai untuk konstruk sederhana, sedangkan kemampuan kompleks seperti koneksi matematis memerlukan model pengukuran yang lebih adaptif.

Sebanyak 16 studi menunjukkan keunggulan *Partial Credit Scoring* dibandingkan penskoran dikotomis. Pendekatan ini memberikan skor berdasarkan kualitas jawaban sehingga siswa yang menunjukkan pemahaman sebagian tetap memperoleh penghargaan sesuai tingkat capaiannya. Secara psikometrik, model ini menghasilkan estimasi kemampuan yang lebih rinci, reliabilitas yang lebih baik, serta informasi pengukuran yang lebih akurat (May et al., 2023; Zhai & Li, 2021). Dengan adanya beberapa kategori skor, guru dapat membedakan siswa yang belum memahami konsep, siswa yang memahami sebagian, dan siswa yang telah menguasai materi secara utuh. Dari sisi pedagogis, penskoran parsial juga dipandang lebih adil karena usaha siswa tetap dihargai. Schneid et al (2025) dan Williams et al (2021) melaporkan bahwa pendekatan ini dapat meningkatkan motivasi belajar serta menurunkan kecemasan saat tes. Namun demikian, penerapan model ini memerlukan rubrik penskoran yang jelas, konsisten, dan

didasarkan pada level pemahaman yang terukur.

Temuan penting lainnya adalah potensi integrasi MCMA dengan PCM yang dibahas dalam 10 studi. Format MCMA memungkinkan lebih dari satu jawaban benar, sehingga siswa perlu mengevaluasi beberapa opsi secara simultan. Pola respons yang dihasilkan menjadi lebih kaya dibandingkan dengan pilihan ganda tunggal karena dapat menggambarkan tingkat penguasaan konsep, strategi berpikir, maupun miskonsepsi siswa. Penelitian menunjukkan bahwa item *multiple-answer* dengan *partial credit* menghasilkan estimasi kemampuan yang lebih akurat serta efisiensi informasi yang tinggi (Beiting-Parrish et al., 2021; Betts et al., 2022). Dalam konteks koneksi matematis, siswa yang memahami sebagian hubungan konsep dapat memperoleh kredit parsial, sedangkan siswa dengan pemahaman utuh memperoleh skor maksimum. Dengan demikian, MCMA berbasis PCM berpotensi menghasilkan asesmen yang lebih diagnostik, objektif, dan informatif dibandingkan dengan pilihan ganda konvensional.

Kebaruan kajian ini terletak pada integrasi kemampuan koneksi matematis, desain butir MCMA, dan penskoran PCM dalam satu kerangka asesmen yang utuh. Selama ini, sebagian penelitian hanya berfokus pada koneksi matematis melalui soal esai atau pilihan ganda biasa, sementara penelitian lain menelaah *Partial Credit Scoring* tanpa diarahkan pada konstruk koneksi matematis. Padahal, ketiga komponen tersebut saling melengkapi dalam menghasilkan instrumen

yang lebih representatif. Secara praktis, hasil penelitian ini memberikan dasar konseptual bagi pengembangan instrumen yang efisien dan mampu memotret kualitas pemahaman siswa secara lebih akurat. Secara teoretis, temuan ini memperkuat bahwa kemampuan matematis kompleks lebih tepat diukur menggunakan model politomus dibandingkan dengan model dikotomis. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya perlu diarahkan pada pengembangan butir MCMA sesuai indikator koneksi matematis, penyusunan rubrik kategori skor, serta uji empiris PCM pada siswa SMA (Ferrão et al., 2015; Sutiarto et al., 2022).

SIMPULAN (PENUTUP)

Penelitian ini bertujuan menganalisis kebutuhan pengembangan instrumen koneksi matematis *Multiple Choice Multiple Answer* (MCMA) dengan *Partial Credit Model* (PCM) di Sekolah Menengah Atas melalui pendekatan *Systematic Literature Review*. Berdasarkan sintesis terhadap 31 artikel, diketahui bahwa asesmen konvensional dengan penskoran dikotomis masih memiliki keterbatasan karena hanya membedakan jawaban benar dan salah, sehingga belum mampu menangkap pemahaman parsial, hubungan antarkonsep, dan variasi proses berpikir siswa dalam kemampuan koneksi matematis. Kemudian, *Partial Credit Scoring* terbukti lebih unggul karena memberikan estimasi kemampuan yang lebih akurat, reliabilitas yang lebih baik, serta informasi hasil belajar yang lebih bermakna untuk diagnosis pembelajaran. Ketiga, integrasi format MCMA dengan PCM dan

pengembangannya menunjukkan potensi tinggi sebagai dasar pengembangan instrumen koneksi matematis yang lebih objektif, informatif, dan diagnostik. Temuan ini menegaskan bahwa pengukuran kemampuan koneksi matematis perlu diarahkan pada model asesmen politomus yang lebih sesuai dengan karakteristik kemampuan matematis kompleks. Secara praktis, instrumen MCMA berbasis PCM berpotensi digunakan guru dalam asesmen kelas, evaluasi sekolah, maupun sistem tes berbasis digital karena tetap efisien tetapi mampu menghasilkan informasi yang lebih kaya. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya perlu difokuskan pada pengembangan butir MCMA sesuai indikator koneksi matematis, uji validitas dan reliabilitas instrumen, serta implementasi empiris pada siswa SMA di Indonesia.

UCAPAN TERIMA KASIH (Syarat Perlu)

Ucapan terima kasih penulis ucapkan kepada para dosen pembimbing atas bimbingan, arahan, serta kontribusi pemikiran yang sangat berarti dalam proses penyusunan artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Aimi, M., Aima, Z., & Fitri, D. Y. (2024). Analisis Kemampuan Pemahaman Konsep Matematis Siswa Pada Materi Bunga & Anuitas. *J-PiMat*, 6(1), 1065–1074. <https://doi.org/10.31932/j-pimat.v6i1.3260>
- Arai, S., & Miyano, H. (2019). *Simulation Study of Scoring Methods for Various Multiple-Multiple-Choice Items BT - Quantitative Psychology* (M. Wiberg, S. Culpepper, R. Janssen, J. González, & D. Molenaar (eds.); pp. 393–401). Springer International Publishing.
- Aszahra, Z. Z., Rosyadi, A. A. P., & In'am, A. (2024). Kemampuan Koneksi Matematis dalam Menyelesaikan Masalah Matematika. *Prismatika: Jurnal Pendidikan Dan Riset Matematika*, 7(1), 14–28.
- Baiduri, Putri, O. R. U., & Alfani, I. (2020). Mathematical Connection Process of Students with High Mathematics Ability in Solving PISA Problems. *European Journal of Educational Research*, 9(4), 1527–1537. <https://doi.org/10.12973/EU-JER.9.4.1527>
- Beiting-Parrish, M., Verkuilen, J., McCluskey, S., Everson, H., & Wladis, C. (2021). *Multiple Answer Multiple Choice Items: A Problematic Item Type?* 347–357. https://doi.org/10.1007/978-3-030-74772-5_31
- Betts, J., Muntean, W., Kim, D., & Kao, S. (2022). Evaluating Different Scoring Methods for Multiple Response Items Providing Partial Credit. *Educational and Psychological Measurement*, 82(1), 151–176. <https://doi.org/10.1177/0013164421994636>
- Bo, E., Lewis, C., & Budescu, D. (2015). An Option-Based Partial Credit Item Response Model. *Springer Proceedings in Mathematics and Statistics*, 89, 45–72.

- https://doi.org/10.1007/978-3-319-07503-7_4
- Donoghue, J. R. (1994). An Empirical Examination of the IRT Information of Polytomously Scored Reading Items Under the Generalized Partial Credit Model. *Journal of Educational Measurement*, 31(4), 295–311. <https://doi.org/10.1111/j.1745-3984.1994.tb00448.x>
- Ferrão, M. E., Costa, P. M., & Oliveira, P. N. (2015). Generalized Partial Credit Item Response Model: Linking scales in the assessment of learning. *Journal of Interdisciplinary Mathematics*, 18(4), 339–354. <https://doi.org/10.1080/09720502.2014.932119>
- Goyal, K., & Kumar, S. (2021). Financial literacy: A systematic review and bibliometric analysis. *International Journal of Consumer Studies*. <https://doi.org/10.1111/ijcs.12605>
- Grabarnik, G. Y., & Yaskolko, S. (2019). Automated Partial Credit for STEM classes. *2019 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*, 1–5. <https://doi.org/10.1109/FIE43999.2019.9028473>
- Hatisaru, V. (2024). Mathematical connections – a Growing Construct. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 55(3), 585–589. <https://doi.org/10.1080/0020739X.2023.2283346>
- Henry, M., Heryanto, N., Isnain, M., Setyo Nugroho, K., & Pardamean, B. (2024). *Automatic Multiple Choice Question Generation: A Systematic Literature Review*. <https://doi.org/10.1109/ICITDA64560.2024.10810102>
- Hidayati, K., Budiyono, & Sugiman. (2019). Using Alignment Index and Polytomous Item Response Theory on Statistics Essay Test. *Eurasian Journal of Educational Research*, 79, 115–132. <https://doi.org/10.14689/ejer.2019.79.6>
- Jiao, H., Liu, J., Haynie, K., Woo, A., & Gorham, J. (2012). *Comparison Between Dichotomous and Polytomous Scoring of Innovative Items in a Large-Scale Computerized Adaptive Test*. <https://doi.org/10.1177/0013164411422903>
- Lord, J., & Assistant, C. (2022). The Benefits of Writing Machine-Graded Final Exams to be Capable of More Nuanced Feedback in Large Foundational Mechanics Courses. *ASEE 2022 Annual Conference*, 1–12.
- May, T. A., Koskey, K. L. K., Bostic, J. D., Stone, G. E., Kruse, L. M., & Matney, G. (2023). Examining How Using Dichotomous and Partial Credit Scoring Models Influence Sixth-Grade Mathematical Problem-Solving Assessment Outcomes. *School Science and Mathematics*, 123(2), 54–67. <https://doi.org/10.1111/ssm.12570>

- Morris, W., Holmes, L., Choi, J. S., & Crossley, S. (2025). Automated Scoring of Constructed Response Items in Math Assessment Using Large Language Models. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 35(2), 559–586. <https://doi.org/10.1007/s40593-024-00418-w>
- Mullis, I. V. S., Martin, M. O., Foy, P., Kelly, D. L., & Fishbein, B. (2020). *TIMSS 2019 International Results in Mathematics and Science*.
- Muñiz, J., & Menéndez, F. (2011). The Answer-until-Correct Item Format Revisited. In *Methodology: European Journal of Research Methods for the Behavioral and Social Sciences* (Vol. 7, Issue 3, pp. 103–110). Hogrefe Publishing. <https://doi.org/10.1027/1614-2241/a000028>
- Nurwahid, M., Ashar, S., & Awantagusnik, A. (2025). Pembelajaran Realistic Mathematics Education (RME) Berbasis Literasi Numerasi: Strategi dan Tantangan. *Consistan: Jurnal Tadris Matematika*, 3(01), 22–38. <https://doi.org/10.35897/consistan.v3i01.1842>
- OECD. (2019). *PISA 2018 Results What Students Know and Can Do? Vol. I*.
- Penfield, R. D. (2004). The Impact of Model Misfit on Partial Credit Model Parameter Estimates. In *Journal of Applied Measurement* (Vol. 5, Issue 2, pp. 115–128). Richard M Smith.
- Persson, R. A. X. (2023). Theoretical Evaluation of Partial Credit Scoring of The Multiple-Choice Test Item. *Metron*, 81(2), 143–161. <https://doi.org/10.1007/s40300-022-00237-w>
- Putri, H. E., Nuraeni, F., Rosalia, E., Haftani, D. A., & Pratama, N. (2024). Development of Mathematical Connection Ability Instruments for Elementary School Students. *International Conference on Mathematics and Science Education*, 482–492. <https://doi.org/10.18502/kss.v9i8.15585>
- Schneid, S. D., Armour, C., & Brandl, K. (2025). Beyond Right or Wrong: How Partial Credit Scoring on Multiple-Choice Questions Improves Student Performance and Assessment Perceptions. *British Pharmacological Society*, 1–7. <https://doi.org/10.1002/bcp.70127>
- Schreurs, D. G., Trate, J. M., Srinivasan, S., Teichert, M. A., Luxford, C. J., L.Schneider, J., & Murphy, K. L. (2024). Investigation into The Intersection between Response Process Validity and Answer-until- Correct Validity: Development of The Repeated Attempt Processing Issue Detection (RAPID) Method. *Royal Society of Chemistry*, 25, 560–576. <https://doi.org/10.1039/d3rp00204g>
- Shaban, S., Regmi, D., AlMahmoud, T., ElZubeir, M., Branicki, F., &

- Govender, R. (2020). Using an Enhancement-Focused Framework Model to Improve the Quality of High-Stakes Assessments. *International Journal of Assessment and Evaluation*, 27(1), 27–43. <https://doi.org/10.18848/2327-7920/CGP/v27i01/27-43>
- Siddiqui, N. I., Bhavsar, V. H., Bhavsar, A. V., & Bose, S. (2016). Contemplation on Marking Scheme for Type X Multiple Choice Questions, and An Illustration of A Practically Applicable Scheme. *Indian Journal of Pharmacology*, 48(2), 114–121. <https://doi.org/10.4103/0253-7613.178836>
- Slepkov, A. D., & Godfrey, A. T. K. (2016). Partial Credit in Answer-until-Correct Multiple-Choice Test Formats. *Applied Measurement in Education*.
- Slepkov, A. D., Vreugdenhil, A. J., & Shiell, R. C. (2016). Score Increase and Partial-Credit Validity When Administering Multiple-Choice Tests Using an Answer-Until-Correct Format. *Journal of Chemical Education*, 93(11), 1839–1846. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.6b00028>
- Susuoroka, G. (2023). Mathematics Learning and Individual Differences in Primary And Secondary Schools. In *Trends in Primary and Secondary School Mathematics Education* (pp. 73–84). Katapuno-Prints.
- Sutiarso, S., Rosidin, U., & Sulistiawan, A. (2022). Developing Assessment Instrument Using Polytomous Response in Mathematics. *European Journal of Educational Research*, 11(3), 1441–1462. <https://doi.org/10.12973/eu-jer.11.3.1441>
- Williams, M., Wood, E., Arslantas, F., & MacNeil, S. (2021). Examining chemistry students' perceptions toward multiple-choice assessment tools that vary in feedback and partial credit. *Canadian Journal of Chemistry*, 99, 933–941. <https://doi.org/10.1139/cjc-2020-0398>
- Wongwiwatthanakit, S., Popovich, N. G., & Bennett, D. E. (2000). Articles Assessing Pharmacy Student Knowledge on Multiple-Choice Examinations Using Partial-Credit Scoring of Combined-Response Multiple-Choice Items. *American Journal of Pharmaceutical Education*, 64, 1–10. [https://doi.org/10.1016/S0002-9459\(26\)00780-1](https://doi.org/10.1016/S0002-9459(26)00780-1)
- Zainudin, M., Subali, B., & Jailani. (2020). Capability Estimation of Student's Higher Order Thinking in Mathematics by Using Polytomous. *Universal Journal Of Educational Research*, 8(3), 895–903. <https://doi.org/10.13189/ujer.2020.080321>
- Zhai, X., & Li, M. (2021). Validating a Partial-

Credit Scoring Approach for Multiple-Choice Science Items: An Application of Fundamental Ideas in Science. *International Journal of Science Education*, 43(10), 1640–1666. <https://doi.org/10.1080/09500693.2021.1923856>