

SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW: COMMIGNITIVE DAN KEMAMPUAN KOMUNIKASI MATEMATIS

Muhammad Rizal Usman^{*1)}, Andi Husniati, Kristiawati²⁾

Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Muhammadiyah Makassar

Email: rizal.usman@unismuh.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hubungan antara teori commognitive dan kemampuan komunikasi matematis siswa di jenjang pendidikan menengah, khususnya SMP dan SMA. Kajian ini dilatarbelakangi oleh pentingnya pemahaman terhadap proses berpikir siswa dalam menyampaikan ide-ide matematis secara verbal, visual, simbolik, dan prosedural. Teori commognitive yang mencakup empat komponen utama word use, visual mediators, narratives, dan routines memberikan kerangka konseptual untuk menelaah dinamika diskursus matematis siswa. Metode yang digunakan adalah Systematic Literature Review (SLR) dengan mengikuti protokol PRISMA. Artikel yang dianalisis berjumlah 26 dan diperoleh dari database Scopus dan Google Scholar, dengan kriteria inklusi mencakup publikasi tahun 2013–2024 yang relevan dengan topik dan konteks peserta didik sekolah menengah. Hasil kajian mengelompokkan temuan ke dalam tiga tema utama: (1) penerapan teori commognitive dalam pembelajaran matematika di sekolah menengah; (2) indikator komunikasi matematis siswa dalam bentuk tertulis, lisan, dan visual; serta (3) keterkaitan antara komponen commognitive dan dimensi komunikasi matematis. Temuan menunjukkan bahwa siswa menunjukkan kecenderungan berbeda dalam mengaktifkan komponen commognitive tergantung pada jenis tugas dan pendekatan penyajian masalah. Namun demikian, integrasi eksplisit antara teori commognitive dan indikator komunikasi matematis masih belum banyak diteliti secara mendalam. Implikasi dari kajian ini menunjukkan urgensi pengembangan instrumen asesmen berbasis diskursus, serta desain soal menantang yang mendorong keterlibatan siswa dalam seluruh aspek berpikir matematis secara komunikatif.

Kata Kunci: teori commognitive, komunikasi matematis, siswa SMP dan SMA, systematic literature review

Abstract

This study aims to analyze the relationship between commognitive theory and students' mathematical communication skills at the secondary education level, specifically in junior and senior high schools. This review is motivated by the importance of understanding students' thinking processes in expressing mathematical ideas verbally, visually, symbolically, and procedurally. Commognitive theory, which comprises four main components word use, visual mediators, narratives, and routines provides a conceptual framework for examining the dynamics of students' mathematical discourse. The method employed is a Systematic Literature Review (SLR) following the PRISMA protocol. A total of 26 articles were analyzed, sourced from the Scopus and Google Scholar databases, with inclusion criteria covering publications from 2013 to 2024 relevant to the topic and the context of secondary school students. The findings were categorized into three major themes: (1) the application of commognitive theory in mathematics instruction at the secondary level; (2) indicators of students' mathematical communication in written, oral, and visual forms; and (3) the interrelation between commognitive components and dimensions of mathematical communication. The review reveals that students exhibit varying tendencies in activating commognitive components depending on the type of task and the mode of problem presentation. Nevertheless, the explicit integration of commognitive theory and mathematical communication indicators has not yet been thoroughly explored. The implications of this review highlight the urgency of developing discourse-based assessment instruments, as well as designing challenging tasks that foster student engagement across all aspects of mathematical thinking and communication.

Keywords: commognitive theory, mathematical communication, junior and senior high school students, systematic literature review

1. PENDAHULUAN

Kemampuan komunikasi matematis merupakan salah satu indikator utama literasi matematika abad ke-21 yang sangat penting dalam konteks pembelajaran bermakna (OECD, 2019). Melalui komunikasi, siswa tidak hanya menyampaikan pemahamannya tentang konsep, tetapi juga menunjukkan cara berpikir, menalar, dan memecahkan masalah secara logis dan sistematis (NCTM, 2000; Yackel & Cobb, 1996). Seiring dengan berkembangnya teori belajar, pendekatan baru dalam menelaah proses berpikir siswa menjadi krusial, salah satunya melalui teori *commognitive*.

Teori *commognitive*, yang merupakan gabungan dari kata *communication* dan *cognition*, dikembangkan oleh Sfard (2008) sebagai pendekatan untuk memahami proses berpikir matematis melalui lensa komunikasi. Dalam teori ini, berpikir dianggap sebagai bentuk komunikasi dengan objek matematika. Sfard mengidentifikasi empat komponen utama dalam berpikir komognitif: *word use* (penggunaan istilah atau simbol), *visual mediators* (penggunaan gambar, diagram, atau representasi visual), *narratives* (penalaran atau argumen), dan *routines* (langkah atau prosedur dalam menyelesaikan masalah). Melalui komponen ini, aktivitas berpikir siswa dapat dianalisis secara mendalam dari rekaman verbal, tulisan, dan tindakan representasionalnya (Sfard, 2007; Presmeg, 2016).

Kemampuan komunikasi matematis siswa mencakup kemampuan mengungkapkan ide-ide matematis secara tertulis maupun lisan, menyajikan data atau konsep dalam bentuk visual, menggunakan simbol secara tepat, serta menjelaskan langkah-langkah pemecahan masalah secara logis (NCTM, 2000; Sumarmo, 2010). Dalam banyak studi, kemampuan ini diakui sebagai jembatan antara pemahaman konsep dan keberhasilan siswa dalam pemecahan masalah matematis (NCTM, 2000; Kilpatrick et al., 2001). Banyak kajian telah mengeksplorasi aspek komunikasi dalam pembelajaran matematika, baik dari perspektif sosiokultural (Vygotsky, 1978; Cobb et al., 1992) maupun pendekatan diskursif (Sfard, 2001; Morgan, 2020). Namun, hanya sedikit kajian yang secara khusus memetakan hubungan antara teori *commognitive* dan kemampuan komunikasi matematis siswa. Padahal, pendekatan ini sangat potensial untuk menggali proses berpikir terdalam siswa dalam menyampaikan, merepresentasikan, dan memproses ide-ide matematisnya.

Penelitian-penelitian berbasis *commognitive* selama ini lebih banyak difokuskan pada konteks pendidikan tinggi, terutama dalam pembelajaran kalkulus, aljabar abstrak, dan pembuktian (proof) (Kontorovich, 2021; Ioannou, 2012; Karavi et al., 2022). Studi yang menelaah penerapan teori ini dalam konteks pendidikan dasar dan menengah, serta kaitannya dengan aspek komunikasi matematis siswa, masih sangat terbatas, terutama di negara-negara berkembang. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu kajian literatur sistematis yang menghimpun dan menganalisis penelitian-penelitian yang telah mengaitkan teori *commognitive* dengan komunikasi matematis siswa. Kajian ini penting untuk: (1) memetakan sejauh mana hubungan antara kedua konsep telah diteliti, (2) mengidentifikasi tema-tema dominan dan celah (gap) dalam literatur, serta (3) memberikan arah untuk penelitian lanjutan dalam pengembangan asesmen dan intervensi pendidikan matematika berbasis teori *commognitive*.

Dengan menggunakan pendekatan *Systematic Literature Review* (SLR), artikel ini bertujuan untuk menganalisis publikasi-publikasi ilmiah yang membahas integrasi antara teori *commognitive* dan kemampuan komunikasi matematis siswa, baik dari segi pengembangan teori, aplikasi praktis, maupun potensi kontribusinya dalam inovasi pendidikan matematika. Diharapkan, hasil kajian ini dapat

memberikan kontribusi bagi pengembangan kurikulum, desain asesmen, serta strategi pembelajaran yang lebih tepat sasaran.

2. METODE PENELITIAN

Kajian ini menggunakan pendekatan *Systematic Literature Review* (SLR) untuk menghimpun, mengevaluasi, dan mensintesis temuan-temuan dari publikasi ilmiah yang membahas hubungan antara teori *commognitive* dan kemampuan komunikasi matematis siswa. Metode ini dipilih karena memungkinkan kajian yang sistematis, transparan, dan dapat direplikasi (Siddaway, Wood, & Hedges, 2019). Strategi pencarian literatur didasarkan pada pedoman Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) yang mencakup empat tahap: identifikasi, penyaringan, kelayakan, dan inklusi (Moher et al., 2009). Proses ini bertujuan menyaring artikel yang benar-benar relevan dengan topik kajian.

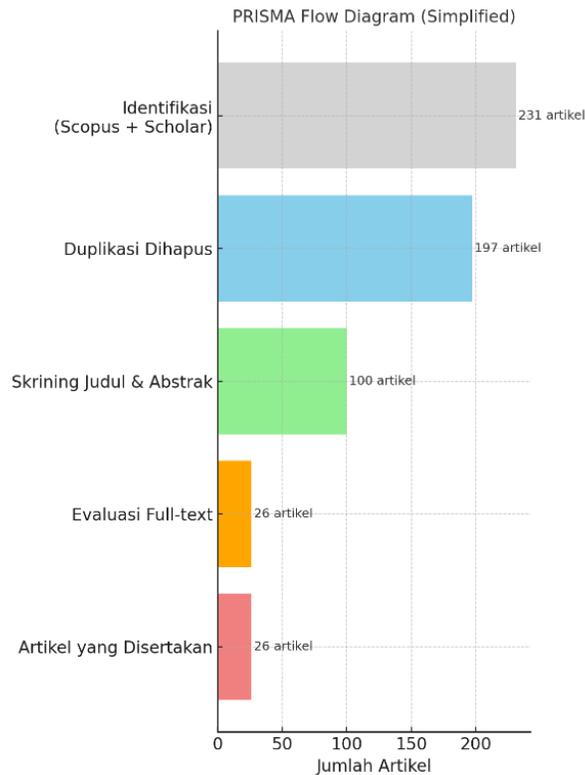
Pencarian dilakukan pada dua basis data utama yaitu Scopus untuk memastikan kualitas dan cakupan internasional publikasi, dan Google Scholar untuk melengkapi dan menjangkau publikasi lain yang relevan (termasuk conference proceedings dan artikel berbahasa Inggris dan/atau bahasa Indonesia dari jurnal internasional dan nasional bereputasi). Kata kunci yang digunakan dalam pencarian meliputi *commognitive mathematics*, *commognitive communication*, *commognitive theory AND mathematical communication*, dan *student mathematical discourse*. Pencarian dilakukan menggunakan operator boolean **AND** dan **OR** untuk memperluas hasil, serta menggunakan filter tahun (2013–2024), bahasa (Inggris), dan tipe dokumen (artikel jurnal dan proceeding ilmiah).

Untuk memastikan relevansi dan kualitas studi yang dianalisis dalam kajian ini, peneliti menetapkan kriteria inklusi dan eksklusi yang jelas. Kriteria ini digunakan pada tahap penyaringan awal hingga akhir, guna memilih artikel yang sesuai dengan fokus penelitian, yaitu eksplorasi gaya berpikir *commognitive* dalam kaitannya dengan kemampuan komunikasi matematis. Rincian kriteria inklusi dan eksklusi disajikan pada Tabel 1 berikut:

Tabel 1. Kriteria Inklusi-Eksklusi

Kriteria Inklusi	Kriteria Eksklusi
Artikel yang membahas teori <i>commognitive</i> dan/atau kemampuan komunikasi matematis	Artikel berbasis opini atau esai yang tidak memiliki landasan metodologi
Penelitian dilakukan pada peserta didik (siswa atau mahasiswa)	Studi yang hanya membahas salah satu konsep (<i>commognitive</i> atau komunikasi matematis) tanpa integrasi
Artikel ditulis dalam bahasa Inggris dan/atau bahasa Indonesia	Duplikasi dari sumber yang sama (dihapus pada tahap screening)
Publikasi antara tahun 2013–2024	Artikel yang tidak tersedia dalam teks lengkap

Berikut ini gambaran umum proses seleksi menggunakan diagram PRISMA (jumlah indikatif).



Gambar 1. Proses seleksi artikel

Analisis dalam studi ini dilakukan dengan pendekatan sintesis tematik untuk menggali pola-pola konseptual dan temuan empiris dari setiap artikel yang telah terpilih. Setiap artikel dianalisis secara manual melalui proses pengkodean guna mengidentifikasi berbagai aspek penting yang relevan dengan tujuan kajian. Pertama, peneliti menelaah definisi konsep yang digunakan dalam masing-masing artikel, khususnya terkait dengan istilah *commognition* dan kemampuan komunikasi matematis, untuk memahami keseragaman atau variasi interpretasi antar studi. Kedua, dianalisis pula fokus penelitian yang diangkat dalam artikel, apakah lebih menitikberatkan pada pengembangan teori, implementasi praktik pembelajaran, atau pengukuran dan asesmen terkait kedua konsep tersebut. Ketiga, peneliti mengkaji konteks pendidikan yang digunakan dalam studi, meliputi jenjang pendidikan (SMP dan SMA) serta topik matematika yang menjadi subjek pembelajaran, seperti geometri atau aljabar. Terakhir, dianalisis temuan utama dan implikasi dari masing-masing penelitian untuk melihat kontribusi nyata terhadap pengembangan pedagogi matematika berbasis *commognitive*, serta potensi penerapannya dalam konteks kelas yang lebih luas. Pendekatan ini memungkinkan identifikasi tema-tema kunci dan hubungan antara teori, praktik, dan hasil pembelajaran dalam studi-studi sebelumnya.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Kajian ini berhasil mengidentifikasi dan menganalisis 26 artikel yang relevan dengan topik hubungan antara teori commognitive dan kemampuan komunikasi matematis siswa. Berdasarkan analisis tematik terhadap artikel-artikel tersebut, ditemukan tiga tema utama yang saling berkaitan:

a. Penerapan Teori Commognitive dalam Pendidikan Matematika

Sebagian besar studi dalam literatur ini mengaplikasikan teori *commognitive* sebagai lensa untuk menganalisis interaksi siswa dalam belajar matematika, baik dalam bentuk tertulis, verbal, maupun visual. Sfard (2008) memformulasikan empat komponen utama berpikir komognitif, yakni *word use*, *visual mediators*, *narratives*, dan *routines*, yang menjadi dasar banyak penelitian lanjutan. Kontorovich (2021) dan Karavi et al. (2022) menerapkan teori ini untuk menganalisis cara mahasiswa menyusun argumen matematis dalam konteks pembuktian. Sementara itu, Zayyadi et al. (2019) dan Lu et al. (2022) menggunakan kerangka ini untuk memetakan gaya berpikir siswa sekolah menengah saat menyelesaikan masalah geometri atau dalam diskusi kolaboratif.

Temuan dari hasil kajian menunjukkan bahwa komponen *word use* banyak muncul dalam studi yang mengamati kemampuan simbolik dan terminologi matematika (Sfard, 2008). Komponen *visual mediators* dominan dalam studi tentang geometri dan representasi spasial, sebagaimana ditunjukkan dalam kajian oleh Radford (2014) dan Presmeg (2006), yang menekankan pentingnya visualisasi dalam memahami struktur matematika. *Narratives* muncul kuat dalam studi yang melibatkan penjelasan argumentatif, terutama dalam pembuktian dan pemodelan matematika, seperti dijelaskan oleh Arzarello dan Robutti (2008) serta diSessa (2007). Sementara itu, *routines* menjadi fokus dalam studi tentang strategi penyelesaian masalah dan algoritma siswa, sejalan dengan penelitian oleh Lavie, Steiner, dan Sfard (2019) yang menunjukkan bagaimana rutinitas diskursif membentuk cara siswa menyelesaikan persoalan matematika.

b. Karakteristik dan Indikator Kemampuan Komunikasi Matematis

Kemampuan komunikasi matematis diidentifikasi dalam literatur melalui indikator yang beragam, seperti kemampuan menyampaikan ide secara tertulis/lisan, penggunaan representasi visual, pemahaman simbol, dan argumentasi logis (NCTM, 2000; Yackel & Cobb, 1996). Penelitian seperti Morgan (2020), Leong et al. (2020), dan Tyskerud et al. (2022) menekankan bahwa komunikasi bukan hanya produk akhir dari pemahaman, tetapi juga alat penting dalam proses konstruksi pengetahuan matematis. Penelitian yang relevan menunjukkan bahwa komunikasi matematis tidak hanya dapat diukur melalui jawaban akhir siswa, tetapi juga melalui cara siswa menjelaskan, menggambar, dan menyusun langkah-langkah berpikirnya.

Temuan dari hasil kajian ini menunjukkan bahwa komunikasi lisan siswa cenderung lebih spontan dalam penyampaianannya, namun sering kali kurang sistematis dalam struktur dan alur penalarannya (Kazemi & Hintz, 2014). Sementara itu, komunikasi tertulis biasanya lebih lengkap secara bentuk dan narasi, tetapi tidak selalu mencerminkan pemahaman konsep yang mendalam (Morgan, 2014). Di sisi lain, visualisasi dan penggunaan simbol matematika terbukti menjadi jembatan penting yang menghubungkan antara pemahaman konsep abstrak dengan kemampuan siswa dalam mengekspresikan ide-ide matematis secara konkret dan komunikatif (Presmeg, 2006; Radford, 2014).

c. Integrasi Antara Commognitive dan Komunikasi Matematis

Tema utama dari SLR ini terletak pada bagaimana teori commognitive digunakan untuk membingkai atau mengevaluasi kemampuan komunikasi matematis siswa. Studi seperti Ioannou (2012), Presmeg (2016), dan Nathanson et al. (2024) menunjukkan bahwa teori ini memberikan lensa yang sangat detail untuk mengevaluasi diskursus siswa—terutama dalam membedakan komunikasi superfisial vs. komunikatif reflektif. Beberapa artikel menunjukkan bahwa siswa yang aktif secara verbal belum tentu memenuhi seluruh komponen commognitive. Sebaliknya, siswa dengan ekspresi visual yang kuat dapat menunjukkan routines dan narratives yang matang. Dengan demikian, pendekatan commognitive dapat memperkaya pemahaman terhadap dimensi komunikasi matematis yang lebih dalam.

Temuan penting dari kajian ini mengungkap bahwa teori *commognitive* memainkan peran krusial dalam membongkar struktur komunikasi siswa, termasuk mengidentifikasi miskonsepsi yang terselubung dalam penggunaan istilah atau prosedur matematika (Sfard, 2008). Pendekatan ini juga terbukti dapat digunakan sebagai dasar dalam perancangan instrumen asesmen berbasis diskursus, yang tidak hanya mengukur hasil, tetapi juga menelaah proses berpikir matematis siswa secara lebih dalam (Lavie, Steiner, & Sfard, 2019). Selain itu, beberapa studi menunjukkan bahwa intervensi berbasis tugas menantang dapat memicu *commognitive shift* yaitu perubahan dalam gaya berpikir dan cara siswa berkomunikasi secara matematis, dari sekadar reproduktif menuju eksploratif dan reflektif (Tabach & Rasmussen, 2014).

Pembahasan

Kajian literatur ini menunjukkan bahwa teori commognitive telah berkembang menjadi salah satu kerangka teoretis yang kuat dalam menganalisis dinamika berpikir dan komunikasi matematis siswa. Melalui empat komponennya yaitu *word use*, *visual mediators*, *narratives*, dan *routines*. Peneliti dapat mengamati dengan lebih terstruktur bagaimana siswa mengekspresikan dan mengembangkan pemahaman matematis mereka. Temuan ini sejalan dengan pemikiran Sfard (2008), yang menyatakan bahwa berpikir matematis bukan sekadar proses internal, melainkan aktivitas diskursif yang terlihat dari bagaimana siswa berbicara, menulis, dan memvisualisasikan matematika.

Kajian ini juga mengungkap bahwa penggunaan teori commognitive dalam konteks pendidikan matematika dasar dan menengah masih terbatas. Sebagian besar studi yang diidentifikasi berfokus pada pendidikan tinggi, khususnya dalam pembelajaran topik-topik kompleks seperti kalkulus dan pembuktian formal (Kontorovich, 2021; Ioannou, 2012). Studi yang menerapkan teori ini untuk mengamati komunikasi matematis siswa SMP atau SMA masih jarang, padahal justru pada jenjang tersebut kemampuan komunikasi mulai berkembang secara lebih eksplisit. Selain itu, hubungan antara teori commognitive dan kemampuan komunikasi matematis siswa belum sepenuhnya terintegrasi secara konseptual dalam banyak studi. Sebagian besar artikel menempatkan commognitive sebagai alat analisis diskursus tanpa mengaitkannya langsung dengan dimensi-dimensi komunikasi matematis seperti yang digariskan oleh NCTM (2000) yakni kemampuan menyampaikan ide secara verbal, tertulis, visual, serta menjelaskan langkah-langkah penyelesaian secara logis. Hal ini menunjukkan adanya peluang untuk mengembangkan model atau kerangka integratif yang secara eksplisit mengaitkan setiap komponen commognitive dengan indikator komunikasi matematis siswa.

Sintesis literatur menunjukkan bahwa banyak penelitian hanya menganalisis satu atau dua komponen commognitive, seperti *word use* dan *routines*, tanpa memperhatikan keseimbangan keempat komponen utama. Padahal, keseimbangan tersebut sangat penting karena mencerminkan kedalaman berpikir matematis siswa secara menyeluruh. Misalnya, Lu et al. (2022) dalam studinya yang menggunakan tugas terbuka dan soal menantang menemukan bahwa kompleksitas tugas dapat mengaktifkan lebih banyak komponen commognitive secara simultan, bahkan memicu *commognitive shift*, yaitu perubahan signifikan dalam gaya berpikir siswa. Studi lain oleh Zhang dan Li (2021) juga melaporkan bahwa siswa yang diberikan tugas dengan variasi komunikasi matematis menunjukkan peningkatan pemahaman konsep secara signifikan, yang menegaskan pentingnya desain asesmen yang mampu mengeksplorasi spektrum diskursif siswa secara komprehensif. Dalam konteks praktis, penerapan teori commognitive memiliki implikasi yang luas terhadap desain pembelajaran dan evaluasi. Guru dapat memanfaatkan komponen-komponen commognitive sebagai indikator untuk melakukan observasi kelas maupun sebagai rubrik dalam menilai kualitas komunikasi matematis siswa. Di sisi lain, peneliti memiliki peluang untuk mengembangkan instrumen observasi, tugas berbasis diskursus, atau kerangka evaluasi kemampuan komunikasi matematis yang berlandaskan pendekatan commognitive. Namun demikian, perlu diperhatikan adanya keterbatasan metodologis dalam beberapa studi yang dianalisis, terutama ketidakjelasan dalam mendefinisikan serta mengkodekan komponen commognitive, yang berpotensi menimbulkan bias dan inkonsistensi antar penelitian. Selain itu, sebagian besar penelitian masih bersifat eksploratif dan belum banyak yang menerapkan desain longitudinal maupun intervensi guna mengamati perubahan gaya berpikir secara berkelanjutan dari waktu ke waktu.

Berdasarkan temuan kajian ini yang mencakup pemahaman komponen-komponen commognitive, desain asesmen, serta tantangan metodologis yang ada, dapat disimpulkan bahwa integrasi teori commognitive dan komunikasi matematis perlu diperkuat melalui pendekatan yang lebih holistik dan sistematis. Sintesis kritis dari ketiga tema utama ini menegaskan pentingnya pengembangan riset dan praktik pembelajaran matematika yang tidak hanya fokus pada aspek kognitif, tetapi juga aspek komunikatif dan afektif siswa secara terpadu. Oleh karena itu, beberapa rekomendasi berikut diajukan sebagai arahan untuk pengembangan ke depan yang lebih efektif dan aplikatif. Pertama, disarankan untuk memperluas kajian empiris berbasis teori *commognitive* pada jenjang sekolah dasar dan menengah, guna menjangkau populasi siswa yang lebih beragam dan memperkuat generalisasi temuan. Kedua, perlu dilakukan integrasi yang eksplisit antara teori commognitive dan kerangka komunikasi matematis, sehingga dapat dihasilkan alat ukur atau instrumen asesmen yang lebih komprehensif dan mampu menangkap dinamika berpikir serta berkomunikasi siswa dalam konteks matematika. Selain itu, pengembangan instrumen observasi dan rubrik penilaian yang berbasis pada empat komponen *commognitive* yakni *word use*, *visual mediators*, *narratives*, dan *routines* dapat menjadi strategi efektif untuk mengamati praktik diskursif siswa secara langsung di ruang kelas. Disarankan pula agar guru dan peneliti mulai merancang tugas atau soal-soal menantang yang dapat mendorong keterlibatan siswa dalam keempat aspek diskursif tersebut, guna memicu perubahan cara berpikir (*commognitive shift*) yang lebih reflektif dan bermakna. Terakhir, pendekatan metode campuran (*mixed methods*) sangat direkomendasikan untuk digunakan dalam penelitian lanjutan, agar dapat mengungkap keterkaitan antara gaya komunikasi matematis siswa dan performa mereka dalam menyelesaikan masalah secara lebih utuh, kontekstual, dan autentik.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil kajian literatur terhadap 26 artikel yang dianalisis secara sistematis, dapat disimpulkan bahwa teori *commognitive* menawarkan kerangka konseptual yang kaya dalam memahami dinamika berpikir dan komunikasi matematis siswa. Empat komponen utama dalam teori ini yaitu *word use*, *visual mediators*, *narratives*, dan *routines* yang memberikan pendekatan baru untuk mengevaluasi kualitas dan kedalaman proses berpikir siswa, bukan hanya dari hasil akhir, tetapi juga dari bagaimana ide-ide matematis dibangun, disampaikan, dan direpresentasikan. Namun demikian, integrasi eksplisit antara teori *commognitive* dan indikator kemampuan komunikasi matematis masih relatif terbatas, khususnya dalam konteks pendidikan dasar dan menengah. Sebagian besar penelitian yang ada berfokus pada tingkat perguruan tinggi dan belum sepenuhnya menghubungkan komponen *commognitive* dengan dimensi komunikasi matematis yang diakui secara internasional.

Implikasi dari kajian ini menyoroti pentingnya pengembangan model asesmen dan instrumen pembelajaran yang mampu menggali secara mendalam cara siswa berkomunikasi secara matematis melalui lensa *commognitive*. Diperlukan pendekatan desain soal yang menantang yang mampu memicu aktivasi keempat komponen gaya berpikir *komognitif*. Selain itu, pendidik dan peneliti didorong untuk mengembangkan kerangka kerja yang secara eksplisit menghubungkan antara aktivitas diskursif siswa dan indikator komunikasi matematis yang terukur. Kajian ini juga membuka peluang untuk penelitian lanjutan dengan pendekatan campuran (*mixed methods*), serta pengembangan instrumen observasi dan rubrik evaluasi yang berbasis teori *commognitive* untuk diterapkan dalam kelas matematika di berbagai jenjang pendidikan.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Arzarello, F., & Robutti, O. (2008). Framing the teaching of mathematics: Features and integration of dynamic tools. *ZDM*, 40, 143–154.
- Ioannou, M. (2012). Analyzing university students' mathematical discourse: A *commognitive* perspective. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 43, 591–609.
- Karavi, A., & Harel, G. (2022). *Commognitive* analyses of university students' argumentation in proof construction. *Journal of Mathematical Behavior*, 65, 100934.
- Kilpatrick, J., Swafford, J., & Findell, B. (2001). *Adding it up: Helping children learn mathematics*. National Academy Press.
- Kontorovich, I. (2021). A *commognitive* analysis of university students' proof practices. *International Journal of Research in Undergraduate Mathematics Education*, 7, 234–255.
- Lavie, I., Steiner, S., & Sfard, A. (2019). Routines we live by: From ritual to exploration. *Educational Studies in Mathematics*, 101, 153–176.
- Leong, Y. H., et al. (2020). Understanding mathematical discourse in classrooms: *Commognitive* analysis of teacher-student interactions. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 18, 123–142.
- Lu, L., et al. (2022). *Commognitive* responsibility shifts in collaborative problem solving. *ZDM Mathematics Education*, 54, 899–913.

- Moher, D., et al. (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement. *PLoS Medicine*, 6, e1000097.
- Morgan, C. (2014). Improving the quality of mathematics teaching through effective lesson design. Routledge.
- Morgan, C. (2020). Language and assessment in mathematics education. *Mathematics Education Research Journal*, 32, 275–292.
- NCTM. (2000). Principles and standards for school mathematics. National Council of Teachers of Mathematics.
- Nathanson, R., et al. (2024). Mathematical discourse and reasoning: A commognitive perspective. *Mathematics Teaching Research Journal*, 16(1), 1–18.
- OECD. (2019). PISA 2018 Assessment and Analytical Framework. OECD Publishing.
- Presmeg, N. (2006). Research on visualization in learning and teaching mathematics. In Handbook of Research on the Psychology of Mathematics Education (pp. 205–235).
- Presmeg, N. (2016). The role of semiotics and commognition in mathematics education research. *Educational Studies in Mathematics*, 91, 247–265.
- Radford, L. (2014). Arithmetical algebraic thinking, the didactic transposition, and the elaboration of meanings. *Journal of Mathematical Behavior*, 33, 44–62.
- Sfard, A. (2007). When the rules of discourse change, but nobody tells you: Making sense of mathematics learning from a commognitive standpoint. *Journal of the Learning Sciences*, 16, 565–613.
- Sfard, A. (2008). Thinking as communicating: Human development, the growth of discourses, and mathematizing. Cambridge University Press.
- Siddaway, A. P., Wood, A. M., & Hedges, L. V. (2019). How to do a systematic review: A best practice guide for conducting and reporting narrative reviews, meta-analyses, and meta-syntheses. *Annual Review of Psychology*, 70, 747–770.
- Sumarmo, U. (2010). *Karakteristik dan pembelajaran matematika untuk meningkatkan kemampuan berpikir dan disposisi matematis siswa*. FMIPA UPI.
- Tabach, M., & Rasmussen, C. (2014). Commognitive analysis of mathematical activities in small groups. *Educational Studies in Mathematics*, 86, 1–21.
- Tyskerud, Y., et al. (2022). Teachers' reflective discourse in mathematics. *Teaching and Teacher Education*, 108, 103542.
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Harvard University Press.
- Yackel, E., & Cobb, P. (1996). Sociomathematical norms, argumentation, and autonomy in mathematics. *Journal for Research in Mathematics Education*, 27, 458–477.
- Zayyadi, M., et al. (2019). Commognitive analysis of middle school students' thinking in solving geometry problems. *Infinity Journal*, 8, 45–54.