



Kompetensi Komunimasi Matematis Multimodal Guru SMP di Era Digital

Aliman Nuryadin¹, Jamilah², Sandie³

^{1,2,3}Universitas PGRI Pontianak, Indonesia

E-mail: alimanalif7@gmail.com, jamilah.mtk2002@gmail.com, sandiendie@gmail.com

Article Info	Abstract
Article History Received: 2025-11-05 Revised: 2025-12-19 Published: 2026-01-26 Keywords: <i>Mathematical Communication; Junior High School Teachers; Representation; ICT; Kurikulum Merdeka.</i>	This study is grounded in the growing importance of mathematical communication as a core component of 21st-century learning and a central expectation of the <i>Kurikulum Merdeka</i>. Despite this, junior high school teachers' communication skills continue to exhibit considerable variation and persistent weaknesses across verbal, written, representational, and classroom discussion domains. This research aims to describe the profile of teachers' mathematical communication and identify the developmental needs required to strengthen their competence in the digital era. Using a qualitative descriptive approach, data were collected through classroom observations, semi-structured interviews, and analysis of instructional documents. The sample consisted of purposively selected mathematics teachers from Grades VII to IX. The findings reveal a predominance of one-way communication, limited written reasoning, insufficient use of mathematical representations, and low levels of ICT integration. The analysis highlights a notable gap between teachers' conceptual knowledge of mathematical communication and their actual classroom practice, exacerbated by weak instructional planning and inadequate technological support. These results underscore the need for targeted pedagogical training, enhanced digital literacy, and the development of communication-rich teaching materials. In conclusion, strengthening teachers' communication competence is an essential prerequisite for improving instructional quality and advancing students' numeracy literacy.
Artikel Info	Abstrak
Sejarah Artikel Diterima: 2025-11-05 Direvisi: 2025-12-19 Dipublikasi: 2026-01-16 Kata kunci: <i>Komunikasi Matematis; Guru SMP; Representasi; ICT; Kurikulum Merdeka.</i>	Penelitian ini dilatarbelakangi oleh pentingnya komunikasi matematis sebagai inti pembelajaran abad 21 dan tuntutan Kurikulum Merdeka, namun kemampuan komunikasi guru SMP masih menunjukkan variasi dan kelemahan pada aspek lisan, tertulis, representasional, serta pengelolaan diskusi kelas. Penelitian ini bertujuan mendeskripsikan profil komunikasi matematis guru dan merumuskan kebutuhan pengembangan kompetensinya di era digital. Menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif, data dikumpulkan melalui observasi kelas, wawancara semi-terstruktur, dan analisis dokumen pembelajaran. Sampel terdiri dari guru matematika kelas VII-IX yang dipilih secara purposive. Hasil penelitian menunjukkan dominasi komunikasi satu arah, minimnya penalaran tertulis, keterbatasan representasi, serta rendahnya pemanfaatan ICT. Diskusi memperlihatkan adanya kesenjangan antara pengetahuan guru tentang komunikasi matematis dan praktik aktual di kelas, diperkuat oleh lemahnya perencanaan dan dukungan teknologi. Temuan ini menegaskan perlunya pelatihan pedagogis terarah, penguatan literasi digital, serta pengembangan perangkat ajar berbasis komunikasi. Kesimpulannya, peningkatan kompetensi komunikasi guru merupakan prasyarat penting untuk meningkatkan kualitas pembelajaran dan literasi numerasi siswa.

I. PENDAHULUAN

Kemampuan komunikasi dalam pembelajaran matematika telah lama dipandang sebagai unsur inti yang menentukan keberhasilan proses belajar. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa komunikasi tidak hanya berfungsi sebagai sarana penyampaian informasi, tetapi juga sebagai mekanisme penting untuk membangun pemahaman konseptual, menegosiasikan makna, serta menciptakan interaksi yang memungkinkan siswa mengonstruksi pengetahuan secara aktif.

Gomes et al. (2021) menegaskan bahwa guru yang mampu mengelola komunikasi secara efektif dapat membuka ruang bagi diskusi kelas yang lebih bermakna, mengurangi miskonsepsi, dan meningkatkan kejelasan representasi matematis. Senada dengan itu, Melissa et al. (2023) menemukan bahwa komunikasi matematis yang baik baik lisan, tulisan, maupun simbolik menjadi fondasi bagi guru dalam memandu siswa menjelaskan alasan, memberikan argumentasi, dan menghubungkan konsep

abstrak dengan situasi kontekstual. Lebih jauh lagi, Planas dan Pimm (2024) menunjukkan bahwa perkembangan riset pendidikan matematika global semakin memfokuskan diri pada komunikasi sebagai praktik pedagogis yang bersifat dialogis, kolaboratif, dan berorientasi pada konstruksi makna.

Di tengah tuntutan abad 21, komunikasi matematis memperoleh posisi yang semakin strategis. Kurikulum yang menekankan literasi numerasi, pemecahan masalah, kreativitas, dan kolaborasi menempatkan guru sebagai aktor utama yang harus mampu menyampaikan gagasan secara jelas, merespons argumen siswa, serta memfasilitasi penggunaan berbagai representasi verbal, tulisan, visual, grafik, hingga simbolik. Kurikulum Merdeka memperkuat tuntutan ini dengan mengarahkan pembelajaran pada pemahaman konseptual dan keterampilan berekspresi matematis. Hal ini menunjukkan bahwa komunikasi bukan lagi aktivitas tambahan, tetapi merupakan bagian integral dari kompetensi pedagogis guru yang secara langsung mempengaruhi kualitas interaksi dan kedalaman belajar siswa.

Perkembangan teknologi pendidikan (ICT) semakin memperkaya dimensi komunikasi guru dalam pembelajaran matematika. Arhin et al. (2023) mengungkapkan bahwa penguasaan ICT memungkinkan guru menampilkan visualisasi konsep abstrak secara lebih konkret, memberikan umpan balik cepat, serta memfasilitasi interaksi dua arah antara guru dan siswa. Penelitian Bueno dan Niess (2023) bahkan menunjukkan bahwa ketika ICT dirancang selaras dengan kebutuhan pedagogis menggunakan perspektif TPACK, kemampuan komunikasi guru meningkat karena teknologi membantu menjembatani representasi simbolik, numerik, dan geometris. Selain itu, Mintah et al. (2023) dan Yulianti & Handican (2023) menunjukkan bahwa guru yang memiliki literasi ICT yang baik lebih siap memanfaatkan teknologi untuk memperjelas penjelasan, mengembangkan media berbasis visual, dan memfasilitasi diskusi interaktif di kelas.

Namun, pemanfaatan ICT bukan tanpa tantangan. Escorcía et al. (2023) menemukan bahwa beberapa guru masih kesulitan mengintegrasikan teknologi ke dalam praktik komunikasi matematis, terutama ketika harus menyajikan pemodelan matematika menggunakan perangkat digital. Hambatan lain juga muncul dari aspek kesiapan digital guru. Joshi et al. (2023) mengungkapkan bahwa keterbatasan keterampilan digital dapat mengurangi

kemampuan guru dalam mendorong komunikasi siswa, karena guru tidak optimal memanfaatkan teknologi sebagai sarana dialog. Kibirige (2023) menambahkan bahwa tantangan infrastruktur, kurangnya pelatihan, serta persepsi negatif terhadap penggunaan teknologi semakin memperkuat kesenjangan antara idealitas ICT dalam kurikulum dan realitas praktik pembelajaran.

Dari sisi konteks jenjang pendidikan, terdapat kesenjangan penelitian terkait kemampuan komunikasi guru matematika di tingkat SMP. Sebagian besar penelitian lebih berfokus pada guru SMA, calon guru, atau konteks pendidikan tinggi. Padahal, SMP merupakan fase penting di mana siswa mulai memasuki konsep-konsep matematika yang lebih abstrak. Temuan Faizah et al. (2022) menunjukkan bahwa komunikasi guru berperan penting dalam membangun zona aksi promosi yang mendorong keberanian siswa mengungkapkan gagasan. Manoharan & Kaur (2023) menunjukkan bahwa banyak guru masih kesulitan menyajikan diagram atau representasi visual secara efektif. Suratno et al. (2023) menegaskan bahwa kemampuan komunikasi tulisan guru turut memengaruhi kemampuan siswa mengekspresikan langkah matematis secara runtut. Sementara itu, Zhang et al. (2024) memperlihatkan bahwa pemahaman guru terhadap miskonsepsi siswa sangat bergantung pada kepekaan komunikasi mereka dalam menafsirkan respons siswa.

Melihat berbagai temuan tersebut, analisis profil kemampuan komunikasi guru matematika SMP menjadi semakin mendesak untuk dilakukan. Pemetaan yang komprehensif tidak hanya membantu mengidentifikasi kekuatan dan kelemahan guru, tetapi juga memberikan landasan bagi pengembangan program pelatihan profesional yang lebih tepat sasaran. Selain itu, pemahaman yang lebih baik tentang kemampuan komunikasi guru akan berkorelasi langsung dengan peningkatan kualitas pembelajaran, penguatan literasi numerasi siswa, serta penyesuaian praktik pembelajaran dengan tuntutan Kurikulum Merdeka dan era digital yang semakin dinamis.

Oleh karena itu, penelitian ini memiliki urgensi yang tinggi. Transformasi pembelajaran matematika di era digital membutuhkan guru yang tidak hanya menguasai materi, tetapi juga mampu berkomunikasi secara efektif, adaptif, dan multimodal. Dengan menganalisis profil kemampuan komunikasi guru matematika SMP, penelitian ini berupaya memberikan kontribusi empiris terhadap pembaruan praktik pedagogis,

penguatan kompetensi profesional, dan peningkatan kualitas pembelajaran matematika secara berkelanjutan. Penelitian ini juga berusaha mengisi kekosongan literatur yang masih jarang memfokuskan diri pada konteks SMP, sehingga hasilnya diharapkan dapat menjadi rujukan penting bagi sekolah, pembuat kebijakan, dan program pendidikan guru dalam menghadapi tuntutan pendidikan abad 21.

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan jenis penelitian deskriptif dengan pendekatan kualitatif untuk menggambarkan secara mendalam profil kemampuan komunikasi guru matematika SMP dalam konteks pembelajaran nyata. Pendekatan ini dipilih karena memungkinkan peneliti memahami praktik komunikasi secara naturalistik baik lisan, tulisan, representasi visual-simbolik, maupun pengelolaan diskursus kelas selaras dengan karakter riset pendidikan matematika kontemporer (Creswell, 2014; Gomes et al., 2021; Planas & Pimm, 2024).

Metode penelitian memadukan observasi mendalam, wawancara semi-terstruktur, studi dokumentasi, serta angket pendukung. Observasi digunakan untuk menangkap praktik komunikasi secara langsung, termasuk penggunaan bahasa tubuh, diagram, serta pola interaksi, sebagaimana direkomendasikan Melissa et al. (2023) dan Suratno et al. (2023). Wawancara semi-terstruktur membantu menggali persepsi dan tantangan guru (Kaya, 2016; Ingram, 2024), sementara dokumentasi meliputi RPP, bahan ajar, dan LKPD digunakan untuk menilai kualitas komunikasi tertulis dan representasi matematis.

Sumber data utama adalah guru matematika kelas VII-IX yang dipilih melalui purposive sampling. Analisis difokuskan pada empat indikator komunikasi matematis berdasarkan standar NCTM dan kajian mutakhir (Umar, 2012; Çelik & Baki, 2023), meliputi komunikasi lisan, tulisan, representasi matematis, dan pengelolaan diskursus, sejalan dengan penelitian Manoharan & Kaur (2023) dan Zhang et al. (2024).

Analisis data dilakukan melalui analisis tematik dengan tahapan reduksi, kategorisasi, dan interpretasi menurut Miles dan Huberman (2014). Proses ini memungkinkan identifikasi pola-pola utama dalam praktik komunikasi guru sekaligus pemaknaan terhadap dinamika kelas. Keabsahan data diperkuat melalui triangulasi teknik dan sumber membandingkan observasi, wawancara, dokumentasi, dan angket serta member checking untuk memastikan interpretasi

peneliti konsisten dengan pengalaman guru (Miles & Huberman, 2014).



Gambar 1. Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian dilaksanakan melalui beberapa tahapan. Pertama, tahap persiapan meliputi penyusunan instrumen berdasarkan standar komunikasi matematis dan validasi instrumen melalui expert judgment oleh dosen pendidikan matematika serta guru senior. Kedua, tahap pelaksanaan lapangan dilakukan dengan menjadwalkan observasi kelas, wawancara, serta pengumpulan dokumen pembelajaran dari guru. Ketiga, tahap pengolahan dan analisis data dilakukan secara simultan dengan proses pengumpulan data untuk menjaga kedekatan interpretasi dengan konteks temuan lapangan. Keempat, tahap penarikan kesimpulan dilakukan setelah seluruh data terintegrasi dan hasil triangulasi menunjukkan konsistensi informasi. Prosedur ini memastikan bahwa penelitian menghasilkan gambaran yang komprehensif, kredibel, dan relevan dengan kebutuhan pengembangan kompetensi komunikasi guru matematika di era digital.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penyusunan instrumen penelitian dilakukan dengan merujuk pada standar komunikasi matematis yang dikembangkan oleh NCTM serta diperkuat oleh temuan-temuan penelitian terbaru mengenai praktik komunikasi guru matematika. Instrumen ini dirancang untuk menangkap profil komunikasi guru secara komprehensif melalui empat aspek utama: komunikasi lisan, komunikasi tulisan, representasi matematis, dan pengelolaan diskusi kelas. Kajian literatur seperti Gomes et al. (2021), Melissa et al. (2023), Planas & Pimm (2024), serta panduan NCTM (Umar, 2012; Çelik & Baki, 2023) menjadi dasar kuat dalam mengembangkan indikator yang relevan, autentik, dan kontekstual terhadap pembelajaran matematika di SMP.

Tabel 1. Instrumen Berdasarkan Standar Komunikasi Matematis

No	Aspek Komunikasi	Indikator Utama	Implementasi Instrumen	Referensi
1	Komunikasi Lisan	Kejelasan, bahasa matematis, pertanyaan penalaran	Observasi kejelasan verbal & interaksi tanya jawab	Gomes et al. (2021); Melissa et al. (2023)
2	Komunikasi Tulisan	Ketepatan simbol, struktur langkah, koherensi argumen	Analisis RPP, LKPD, catatan guru	Umar (2012); Suratno et al. (2023)
3	Representasi Matematis	Diagram, grafik, simbol, koneksi representasi	Observasi visual & pemanfaatan ICT	Çelik & Baki (2023); Manoharan & Kaur (2023)
4	Diskusi Kelas	Partisipasi siswa, argumentasi, dialog	Observasi & wawancara terkait pertanyaan terbuka & scaffolding	Planas & Pimm (2024); Faizah et al. (2022)
5	Pemanfaatan ICT	Visualisasi digital & interaktivitas	Penilaian penggunaan alat/aplikasi digital	Arhin et al. (2023); Bueno & Niess (2023); Mintah et al. (2023)

Hasil analisis menunjukkan bahwa instrumen yang disusun telah merefleksikan standar komunikasi matematis secara komprehensif. Pada aspek komunikasi lisan, indikator dirancang untuk menangkap kejelasan guru dalam menjelaskan konsep dan membangun dialog matematis, sejalan dengan temuan Gomes et al. (2021) dan Melissa et al. (2023). Untuk komunikasi tulisan, instrumen menilai ketepatan simbol, koherensi penalaran, dan kualitas representasi tertulis dalam perangkat ajar, sebagaimana direkomendasikan Umar (2012) dan diperkuat oleh Suratno et al. (2023).

Aspek representasi matematis diformulasikan untuk menilai kemampuan guru menggunakan diagram, grafik, dan model visual, yang menurut Çelik & Baki (2023) serta Manoharan & Kaur (2023) berperan penting dalam menghubungkan konsep abstrak dengan pemahaman siswa. Pengelolaan diskusi kelas juga diakomodasi melalui indikator yang menilai strategi guru memfasilitasi dialog bermakna dan mendorong argumentasi siswa, sesuai dengan kajian Planas & Pimm (2024) dan Faizah et al. (2022).

Penambahan aspek pemanfaatan ICT menjadikan instrumen relevan dengan kebutuhan era digital, merujuk pada Arhin et al. (2023), Bueno & Niess (2023), dan Mintah et al. (2023) yang

menekankan peran teknologi dalam memperkaya komunikasi matematis. Secara keseluruhan, instrumen tersusun sistematis, jelas, dan kontekstual untuk memetakan profil komunikasi guru SMP.

Validasi instrumen melalui expert judgment melibatkan dosen pendidikan matematika dan guru senior, yang menilai kesesuaian substansi, kejelasan redaksi, relevansi konteks, dan keterukuran indikator. Proses ini memastikan instrumen memiliki kelayakan konseptual dan praktis untuk digunakan dalam penelitian lapangan.

Tabel 2. Hasil Validasi Instrumen oleh Para Ahli

No	Aspek Dinilai	Hasil Validasi	Perbaikan Utama	Status
1	Kesesuaian dengan standar NCTM	Sangat sesuai	Indikator representasi dipertegas (visual & simbolik)	Layak
2	Kejelasan indikator lisan & tulisan	Baik	Penyederhanaan istilah	Layak (revisi minor)
3	Keterukuran observasi & wawancara	Baik	Perluas skala penilaian	Layak (revisi minor)
4	Relevansi untuk konteks SMP	Sangat relevan	Tambah contoh situasi kelas	Layak
5	Kepraktisan instrumen	Baik	Sesuaikan waktu observasi	Layak
6	Kelengkapan aspek komunikasi	Sangat lengkap	Tidak perlu perbaikan	Layak
7	Komponen ICT	Cukup	Tambah item penggunaan teknologi sederhana	Layak (revisi minor)

Hasil validasi menunjukkan bahwa instrumen telah memenuhi kriteria kelayakan substantif dan teknis, meskipun beberapa penyesuaian minor diperlukan. Para ahli menilai bahwa struktur instrumen sudah selaras dengan standar komunikasi matematis NCTM dan diperkuat oleh literatur seperti Gomes et al. (2021), Melissa et al. (2023), Planas & Pimm (2024), serta Çelik & Baki (2023). Cakupan aspek dinilai komprehensif meliputi komunikasi lisan, tulisan, representasi matematis, dan pengelolaan diskusi kelas. Catatan perbaikan terutama terkait penyempurnaan terminologi agar lebih jelas, serta penegasan indikator representasi agar mampu menangkap hubungan antara bentuk visual dan simbolik secara lebih eksplisit.

Validator juga menekankan pentingnya memasukkan indikator pemanfaatan teknologi digital, sejalan dengan tuntutan pembelajaran modern dan temuan Arhin et al. (2023), Bueno & Niess (2023), serta Mintah et al. (2023) yang menyoroti peran ICT dalam komunikasi

matematis. Secara keseluruhan, instrumen dinyatakan “layak digunakan” dan dapat diterapkan dalam studi lapangan setelah revisi minor dilakukan.

Tahap revisi dilakukan dengan menyesuaikan catatan para validator untuk memastikan kejelasan indikator, kelengkapan aspek komunikasi, dan keterukuran setiap butir observasi maupun wawancara. Revisi ini memastikan instrumen tidak hanya kuat secara teoretis, tetapi juga aplikatif dalam konteks pembelajaran matematika di SMP.

Tabel 3. Hasil Revisi Instrumen Sebelum Digunakan

No	Komponen	Temuan Ahli	Perbaikan	Hasil Revisi
1	Indikator Representasi	Perlu beda visual simbolik	Tambah sub-indikator	Lebih rinci & mudah diamati
2	Istilah Komunikasi Lisan	Istilah kurang konsisten	Penyederhanaan & penyeragaman	Bahasa lebih jelas
3	Butir Diskusi Kelas	Skala kurang sensitif	Tambah rentang & contoh perilaku	Penilaian lebih objektif
4	Instrumen Wawancara	Kurang menggali pengalaman	Tambah pertanyaan reflektif	Data wawancara lebih mendalam
5	Komponen ICT	ICT belum terakomodasi	Tambah indikator penggunaan aplikasi digital	Relevan dengan era digital
6	Dokumentasi Pembelajaran	Struktur komunikasi belum terlihat	Tambah butir penalaran & simbol	Analisis dokumen lebih akurat
7	Format Observasi	Terlalu padat	Sederhanakan tata letak	Lebih praktis & efisien

Hasil revisi menunjukkan bahwa instrumen telah mengalami penyempurnaan substansial, terutama pada aspek representasi matematis yang kini lebih sensitif dalam menilai kemampuan guru mengelola visual dan simbolik, sejalan dengan penekanan multirepresentasi dalam literatur (Çelik & Baki, 2023; Manoharan & Kaur, 2023). Penyederhanaan istilah pada komunikasi lisan juga meningkatkan konsistensi redaksi dan memudahkan penilai dalam mengamati praktik guru.

Penambahan rentang skala dan contoh perilaku pada indikator pengelolaan diskusi kelas membuat instrumen lebih objektif, sesuai dengan kajian diskursus kelas dalam pembelajaran matematika (Planas & Pimm, 2024; Faizah et al., 2022). Revisi pertanyaan wawancara turut memperdalam kemampuan

instrumen menangkap pengalaman guru terkait tantangan komunikasi matematis.

Selain itu, penambahan komponen ICT sebagai indikator baru menjadi respons langsung terhadap temuan penelitian mutakhir tentang peran teknologi dalam memperkuat komunikasi matematis (Arhin et al., 2023; Bueno & Niess, 2023; Mintah et al., 2023). Pada aspek dokumentasi, revisi memastikan bahwa analisis tidak hanya melihat isi materi, tetapi juga struktur komunikasi tulisan, seperti alur penalaran dan koherensi simbolik. Secara keseluruhan, instrumen hasil revisi menjadi lebih jelas, terstruktur, mudah digunakan, dan relevan dengan kebutuhan pembelajaran digital.

Observasi kelas terstruktur kemudian dilakukan menggunakan instrumen yang telah direvisi dan divalidasi. Observasi ini memungkinkan peneliti menangkap praktik komunikasi guru secara autentik mulai dari kejelasan penjelasan, kemampuan mengelola dialog matematis, hingga efektivitas pemanfaatan representasi visual dan teknologi dalam mendukung komunikasi pembelajaran.

Tabel 4. Hasil Observasi Kelas Terstruktur

No	Aspek Observasi	Temuan Utama	Indikator	Catatan Penting
1	Komunikasi Lisan	Penjelasan jelas, namun istilah tidak selalu dijelaskan ulang	Kejelasan, akurasi istilah, pertanyaan	Perlu lebih banyak probing untuk cek pemahaman
2	Komunikasi Tulisan	Langkah penyelesaian runtut, simbol belum dijelaskan secara konsisten	Koherensi, ketepatan simbol	Penjelasan makna simbol harus diperkuat
3	Representasi Matematis	Grafik/diagram digunakan, ICT terbatas	Variasi & kesesuaian representasi	Perlu integrasi visual digital sederhana
4	Diskusi Kelas	Diskusi satu arah; siswa pasif	Ruang argumentasi, dialog	Scaffolding diperlukan untuk meningkatkan partisipasi
5	Pemanfaatan ICT	Hanya menggunakan proyektor; belum ada aplikasi interaktif	Integrasi tools digital	Butuh pelatihan ICT dasar untuk komunikasi konsep

Hasil observasi menunjukkan bahwa guru telah menampilkan kemampuan komunikasi matematis yang cukup baik, terutama dalam kejelasan menjelaskan konsep dan menata langkah penyelesaian secara tertulis. Namun,

konsistensi dalam menjelaskan ulang istilah matematis masih perlu diperkuat agar siswa memahami makna konseptual, bukan hanya simbol. Temuan ini mendukung rekomendasi Gomes et al. (2021) dan Melissa et al. (2023) mengenai pentingnya komunikasi lisan yang eksplisit.

Pada representasi matematis, guru menggunakan diagram dan grafik, tetapi integrasi berbagai bentuk representasi belum optimal. Padahal, kemampuan menghubungkan representasi visual, simbolik, dan verbal merupakan elemen penting dalam komunikasi matematis, sebagaimana ditegaskan Çelik & Baki (2023) dan Manoharan & Kaur (2023).

Pengelolaan diskusi kelas masih cenderung teacher-centered. Walaupun guru memberi kesempatan bertanya, pola interaksi belum mendorong argumentasi siswa. Hal ini sejalan dengan temuan Planas & Pimm (2024) dan Faizah et al. (2022) yang menekankan perlunya pertanyaan terbuka dan scaffolding untuk membangun diskursus matematis. Pemanfaatan ICT masih minimal dan terbatas pada proyektor, padahal penelitian Arhin et al. (2023), Bueno & Niess (2023), dan Mintah et al. (2023) menunjukkan potensi teknologi dalam memperkaya komunikasi dan visualisasi konsep abstrak.

Wawancara guru digunakan untuk menggali pengalaman dan tantangan dalam komunikasi matematis. Pendekatan fleksibel menggabungkan wawancara terstruktur, semi-terstruktur, dan bebas memungkinkan peneliti menangkap praktik, keyakinan, dan alasan pedagogis guru sebagaimana disarankan Kaya (2016) dan Ingram (2024).

Tabel 5. Hasil Wawancara Guru

No	Tema Wawancara	Temuan Utama	Indikator Komunikasi	Catatan Penting
1	Pemahaman komunikasi matematis	Dipahami sebagai penjelasan runtut; aspek dialog & representasi belum terlihat	Lisan & tulisan	Perlu pemahaman bahwa komunikasi bersifat dua arah
2	Praktik komunikasi lisan	Penjelasan jelas, tetapi jarang mengecek pemahaman	Kejelasan verbal, probing	Probing masih minim, sesuai hasil observasi
3	Komunikasi tulisan	Langkah penyelesaian ditulis runtut; alasan/symbol belum konsisten	Penalaran tertulis	Perlu penguatan argumentatif
4	Representasi visual & simbolik	Representasi terbatas; ICT jarang digunakan	Variasi representasi	Sejalan dengan temuan bahwa

			visualisasi masih minim	
5	Diskusi kelas	Diskusi tidak berkembang; siswa pasif/malu	Dialog matematis	Butuh strategi scaffolding diskusi
6	Pemanfaatan ICT	Guru menyadari manfaat ICT tetapi tidak percaya diri menggunakannya	Komunikasi berbasis ICT	Ada gap literasi digital guru
7	Tantangan komunikasi	Variasi kemampuan siswa, waktu terbatas, kurang latihan pertanyaan terbuka	Komunikasi adaptif	Membutuhkan pelatihan pedagogis
8	Kebutuhan pengembangan	Menginginkan pelatihan pertanyaan, scaffolding, dan media visual	Kompetensi profesional	Selaras tuntutan abad 21 & Kurikulum Merdeka

Hasil wawancara menunjukkan bahwa guru memiliki pemahaman dasar yang baik tentang pentingnya komunikasi matematis, namun masih memaknainya sebatas kemampuan menjelaskan materi secara jelas dan runtut. Padahal, literatur seperti Gomes et al. (2021), Melissa et al. (2023), dan Planas & Pimm (2024) menegaskan bahwa komunikasi matematis bukan hanya penjelasan, tetapi juga proses dialogis yang memungkinkan siswa bertanya, menegosiasi makna, dan membangun argumentasi. Hal ini terlihat dari pengakuan guru bahwa probing questions dan fasilitasi diskusi belum dilakukan secara optimal.

Pada komunikasi tulisan, guru percaya diri menyusun langkah penyelesaian, tetapi penguatan penalaran tertulis dan konsistensi simbol masih diperlukan, sesuai temuan Suratno et al. (2023). Representasi matematis juga masih terbatas pada diagram sederhana dan belum memanfaatkan visualisasi dinamis, selaras dengan catatan Çelik & Baki (2023) serta Manoharan & Kaur (2023).

Guru juga menyampaikan kesulitan dalam menciptakan ruang diskusi yang mendorong siswa mengungkapkan ide. Temuan ini menguatkan riset Faizah et al. (2022) dan Planas & Pimm (2024) tentang terbatasnya budaya diskursus matematis di kelas. Minimnya pemanfaatan ICT turut memperlihatkan adanya kesenjangan keterampilan digital, sebagaimana dicatat Arhin et al. (2023), Bueno & Niess (2023), dan Mintah et al. (2023).

Secara keseluruhan, wawancara mengungkap bahwa guru menyadari pentingnya komunikasi matematis, namun membutuhkan pelatihan

reflektif, pendampingan discourse-based teaching, serta peningkatan keterampilan teknologi untuk mendukung komunikasi di era digital.

Studi dokumentasi dilakukan untuk melihat bagaimana guru merepresentasikan komunikasi matematis dalam perangkat pembelajaran seperti RPP, LKPD, dan asesmen. Analisis dokumen ini memberi gambaran mengenai konsistensi, struktur, dan kualitas komunikasi tertulis sebelum diterapkan di kelas, sehingga melengkapi temuan dari observasi dan wawancara secara komprehensif.

Tabel 6. Hasil Studi Dokumentasi (RPP, LKPD, Asesmen)

No	Komponen Dokumen	Temuan Utama	Indikator Komunikasi Matematis	Catatan Penting
1	RPP	Struktur lengkap, komunikasi belum tampak eksplisit	Tujuan komunikasi, alur representasi, pertanyaan	Tambah aktivitas komunikasi & pertanyaan terbuka
2	LKPD	Prosedural, minim penalaran	Penalaran tertulis, koherensi, simbol	Tambah kolom "alasan/penjelasan konsep"
3	Asesmen	Fokus hasil akhir	Argumentasi & komunikasi tulisan	Perlu soal yang mengukur proses/penjelasan
4	Representasi	Visual sederhana & repetitif	Variasi visual-simbolik	Perlu lebih banyak model/diagram alternatif
5	Bahasa Matematis	Notasi & istilah kurang konsisten	Kejelasan istilah, definisi, notasi	Perlu penyeragaman simbol
6	ICT dalam Dokumen	ICT tidak muncul	Representasi digital	Tambahkan opsi media digital sederhana
7	Scaffolding	Panduan komunikasi minim	Dukungan lisan & tulisan	Perlu strategi scaffolding eksplisit

Analisis dokumentasi memperlihatkan bahwa meskipun RPP dan LKPD telah mengikuti format standar, aspek komunikasi matematis belum terintegrasi secara eksplisit. Tujuan pembelajaran dalam RPP masih berorientasi prosedural dan belum menekankan kemampuan siswa untuk menjelaskan, berargumentasi, atau merepresentasikan konsep secara mandiri—kecenderungan yang juga dicatat oleh Melissa et al. (2023) dan Planas & Pimm (2024). Pada LKPD, aktivitas siswa sebagian besar bersifat mekanis tanpa mendorong penalaran tertulis atau konstruksi argumen, sesuai dengan temuan Suratno et al. (2023) dan Çelik & Baki (2023)

mengenai lemahnya dukungan terhadap komunikasi matematika tertulis.

Instrumen asesmen juga menunjukkan fokus pada jawaban akhir ketimbang proses berpikir, sehingga kemampuan menjelaskan dan menggunakan bahasa matematis belum terukur secara memadai. Representasi matematis dalam dokumen pun masih terbatas pada diagram dasar, belum mencerminkan variasi representasi yang dianjurkan Manoharan & Kaur (2023). Minimnya penggunaan ICT di dokumen pembelajaran memperkuat temuan Arhin et al. (2023) dan Bueno & Niess (2023) bahwa integrasi teknologi masih rendah pada tahap perencanaan. Secara keseluruhan, dokumentasi menunjukkan perlunya penguatan perencanaan pembelajaran yang lebih menonjolkan argumentasi, representasi, dan komunikasi matematis.

Analisis simultan selama pengumpulan data dilakukan untuk memastikan konsistensi temuan antar-sumber serta mengarahkan fokus penelitian secara adaptif. Melalui proses ini, pola berulang, ketidaksesuaian, atau area yang perlu pendalaman dapat diidentifikasi sejak awal. Pendekatan analisis berkelanjutan ini memungkinkan peneliti menajamkan instrumen, menyesuaikan pertanyaan wawancara, dan memusatkan perhatian pada aspek komunikasi matematis yang paling relevan dalam konteks pembelajaran SMP.

Tabel 7. Hasil Analisis Simultan Selama Pengumpulan Data

No	Temuan Awal	Sumber Data	Interpretasi Sementara	Arah Pendalaman
1	Guru dominan, siswa pasif	Observasi	Komunikasi satu arah; diskursus belum berkembang	Gali strategi diskusi dalam wawancara
2	Representasi terbatas; ICT minim	Observasi, Dokumen	Guru belum terbiasa media digital	Tanya persepsi guru tentang teknologi
3	LKPD & asesmen prosedural	Dokumen	Penalaran tertulis kurang difasilitasi	Analisis lebih rinci tugas siswa
4	Guru paham teori, belum kuasai pertanyaan terbuka	Wawancara	Praktik pedagogis belum matang	Pendalaman terkait pertanyaan tingkat tinggi
5	Gap RPP-praktik	Observasi, RPP	Implementasi tidak konsisten dengan rencana	Telusuri penyebab dalam wawancara lanjutan
6	Guru kesulitan mengelola diskusi	Wawancara	Ada tantangan pedagogis & struktural	Observasi tambahan untuk bukti situasional

Analisis dokumentasi memperlihatkan bahwa meskipun RPP dan LKPD telah mengikuti format standar, aspek komunikasi matematis belum terintegrasi secara eksplisit. Tujuan pembelajaran dalam RPP masih berorientasi prosedural dan belum menekankan kemampuan siswa untuk menjelaskan, berargumentasi, atau merepresentasikan konsep secara mandiri—kecenderungan yang juga dicatat oleh Melissa et al. (2023) dan Planas & Pimm (2024). Pada LKPD, aktivitas siswa sebagian besar bersifat mekanis tanpa mendorong penalaran tertulis atau konstruksi argumen, sesuai dengan temuan Suratno et al. (2023) dan Çelik & Baki (2023) mengenai lemahnya dukungan terhadap komunikasi matematika tertulis.

Instrumen asesmen juga menunjukkan fokus pada jawaban akhir ketimbang proses berpikir, sehingga kemampuan menjelaskan dan menggunakan bahasa matematis belum terukur secara memadai. Representasi matematis dalam dokumen pun masih terbatas pada diagram dasar, belum mencerminkan variasi representasi yang dianjurkan Manoharan & Kaur (2023). Minimnya penggunaan ICT di dokumen pembelajaran memperkuat temuan Arhin et al. (2023) dan Bueno & Niess (2023) bahwa integrasi teknologi masih rendah pada tahap perencanaan. Secara keseluruhan, dokumentasi menunjukkan perlunya penguatan perencanaan pembelajaran yang lebih menonjolkan argumentasi, representasi, dan komunikasi matematis.

Analisis simultan selama pengumpulan data dilakukan untuk memastikan konsistensi temuan antar-sumber serta mengarahkan fokus penelitian secara adaptif. Melalui proses ini, pola berulang, ketidaksesuaian, atau area yang perlu pendalaman dapat diidentifikasi sejak awal. Pendekatan analisis berkelanjutan ini memungkinkan peneliti menajamkan instrumen, menyesuaikan pertanyaan wawancara, dan memusatkan perhatian pada aspek komunikasi matematis yang paling relevan dalam konteks pembelajaran SMP.

Tabel 8. Hasil Identifikasi Tema & Pola

No	Tema Utama	Pola yang Teridentifikasi	Sumber Data	Makna Temuan
1	Dominasi komunikasi lisan	Guru dominan; siswa pasif	Observasi, Wawancara	Komunikasi belum dialogis
2	Keterbatasan representasi	Visual minim; ICT jarang dipakai	Observasi, Dokumen	Multirepresentasi belum dimanfaatkan
3	Minim argumentasi tertulis	LKPD prosedural; asesmen fokus hasil	Dokumen	Komunikasi tertulis kurang berkembang

4	Tantangan diskusi kelas	Diskusi tidak berkembang; siswa enggan	Observasi, Wawancara	Struktur diskursus belum terbentuk
5	Gap RPP-praktik	RPP tidak terimplementasi penuh	Observasi, RPP	Adaptasi tidak sejalan rencana
6	Keterbatasan ICT	Teknologi dipakai minimal	Observasi, Dokumen	Literasi digital guru perlu ditingkatkan
7	Kesadaran guru	Guru paham tetapi bingung praktik	Wawancara	Perlu pelatihan pedagogis komunikasi

Hasil identifikasi tema dan pola menunjukkan bahwa komunikasi matematis guru SMP masih berada pada fase transisi dari pendekatan ekspositori menuju pembelajaran dialogis. Tema pertama yang dominan adalah kuatnya peran komunikasi lisan guru, di mana penjelasan dianggap cukup tanpa diimbangi dialog dua arah atau pertanyaan bernalar tinggi. Pola ini konsisten dengan temuan Gomes et al. (2021) dan Melissa et al. (2023) yang menyoroti kecenderungan guru menguasai penjelasan tetapi belum optimal membuka ruang interaksi matematis.

Tema berikutnya berkaitan dengan representasi dan komunikasi tertulis. LKPD dan asesmen cenderung menekankan prosedur, bukan penalaran atau bentuk representasi alternatif, sehingga kemampuan siswa mengekspresikan gagasan matematis belum berkembang. Kondisi ini sejalan dengan temuan Çelik & Baki (2023), Suratno et al. (2023), dan Manoharan & Kaur (2023) mengenai lemahnya integrasi representasi dan argumentasi dalam perangkat pembelajaran. Tantangan pengelolaan diskusi kelas juga muncul sebagai tema penting. Guru mengakui siswa pasif, namun observasi menunjukkan bahwa struktur diskursus yang mendorong partisipasi belum terbangun, memperkuat temuan Faizah et al. (2022) dan Planas & Pimm (2024). Sementara itu, pemanfaatan ICT dalam komunikasi matematis masih minimal, mencerminkan keterbatasan literasi digital sebagaimana dicatat Arhin et al. (2023) dan Bueno & Niess (2023).

Tema terakhir menggarisbawahi adanya kesenjangan antara kesadaran guru akan pentingnya komunikasi matematis dan kemampuan mereka menerjemahkannya ke dalam strategi operasional. Kondisi ini menegaskan perlunya pelatihan yang fokus pada teknik bertanya, desain LKPD yang mendorong argumentasi, pengelolaan diskusi, serta pemanfaatan teknologi secara pedagogis.

Interpretasi berbasis konteks lapangan menunjukkan bahwa dinamika komunikasi matematis sangat dipengaruhi oleh budaya sekolah, karakteristik siswa, serta kompetensi pedagogis dan digital guru. Dengan menempatkan temuan dalam konteks nyata pembelajaran, makna data menjadi lebih komprehensif, realistis, dan relevan bagi pengembangan praktik komunikasi matematis di sekolah.

Tabel 9. Hasil Interpretasi Berbasis Konteks Lapangan

No	Temuan Lapangan	Konteks yang Mempengaruhi	Interpretasi Kontekstual	Implikasi Pembelajaran
1	Guru dominan, siswa pasif	Budaya ketuntasan materi	Fokus pada hasil, bukan proses dialogis	Perlu pergeseran ke diskursus matematis
2	Representasi terbatas	Minim media visual & pelatihan ICT	Guru memakai representasi dasar	Perlu pelatihan ICT & multirepresentasi
3	LKPD prosedural	LKPD dari buku paket	Guru belum terbiasa desain berbasis alasan	Perlu LKPD berbasis argumentasi tertulis
4	Diskusi kelas tidak berkembang	Siswa kurang percaya diri	Siswa tidak terbiasa memberi alasan	Perlu scaffolding dan pertanyaan terbuka
5	ICT jarang digunakan	Sarana & literasi digital rendah	ICT dianggap pelengkap, bukan alat utama	Perlu integrasi ICT sederhana & efektif
6	RPP ≠ praktik	Tekanan waktu & adaptasi kelas	Guru memilih cara cepat	Perlu RPP realistis & kontekstual
	Guru paham teori tapi bingung praktik	Minim pelatihan praktik	Ada gap antara teori & implementasi	Perlu microteaching dan pendampingan

Interpretasi berbasis konteks lapangan menunjukkan bahwa praktik komunikasi matematis guru SMP sangat dipengaruhi oleh budaya sekolah, keterbatasan fasilitas, dan karakteristik siswa. Dominasi komunikasi lisan guru mencerminkan orientasi sekolah yang lebih menekankan ketuntasan materi daripada dialog konseptual—sejalan dengan analisis Planas & Pimm (2024) tentang sulitnya membangun komunikasi dialogis dalam pembelajaran yang berorientasi hasil. Keterbatasan representasi dan penggunaan ICT juga dapat dipahami sebagai dampak rendahnya literasi digital serta keterbatasan media visual, mengonfirmasi temuan Arhin et al. (2023) dan Bueno & Niess (2023). Sementara itu, LKPD dan asesmen yang

berorientasi prosedural berkaitan dengan ketergantungan pada buku paket dan minimnya pelatihan desain perangkat berbasis penalaran, seperti dicatat Suratno et al. (2023).

Pasifnya diskusi kelas tidak hanya bersumber dari strategi guru, tetapi juga dari budaya belajar siswa yang cenderung takut salah. Kondisi ini mendukung rekomendasi Faizah et al. (2022) tentang perlunya scaffolding dialogis untuk membangun keberanian siswa. Selain itu, perbedaan antara RPP dan praktik lapangan memperlihatkan dinamika kelas yang kompleks, termasuk tekanan waktu dan heterogenitas kemampuan siswa. Secara keseluruhan, konteks lapangan menegaskan bahwa penguatan komunikasi matematis harus disertai pelatihan terarah, pendampingan praktik, peningkatan perangkat ajar, dan penguatan literasi digital.

Integrasi data melalui triangulasi sumber dan metode dilakukan dengan membandingkan temuan dari observasi, wawancara, dan dokumentasi. Pendekatan ini memperkuat kredibilitas hasil, mengungkap konsistensi dan perbedaan antar-sumber, serta memberi gambaran komprehensif tentang kemampuan komunikasi matematis guru dari tahap perencanaan, pelaksanaan, hingga refleksi pembelajaran

Tabel 10. Hasil Triangulasi Sumber & Metode

No	Aspek Komunikasi	Observasi	Wawancara	Dokumen	Integrasi Temuan
1	Komunikasi lisan	Guru dominan; siswa pasif	Guru merasa penjelasan sudah cukup	Tidak ada strategi lisan di RPP	Ada kesenjangan antara persepsi guru dan kebutuhan komunikasi dialogis
2	Komunikasi tertulis	Siswa jarang menulis alasan	Guru belum fokus pada argumentasi	LKPD prosedural	Komunikasi tertulis belum menjadi prioritas
3	Representasi matematis	Visual minim & repetitif	Guru kurang mampu membuat visual variatif	Hanya grafik sederhana	Representasi terbatas; butuh pelatihan intensif
4	Diskusi kelas	Diskusi satu arah	Guru menyebut siswa pasif	RPP tidak memuat skenario diskusi	Diskusi tidak berkembang karena desain & strategi tidak terstruktur

5	Pemanfaatan ICT	ICT hampir tidak digunakan	Guru belum mahir & fasilitas minim	Tidak ada integrasi ICT	ICT belum berfungsi sebagai alat komunikasi matematis
6	Kesesuaian RPP-praktik	Praktik tidak sesuai rencana	Guru menyesuaikan kondisi kelas	RPP ideal namun tidak realistis	Gap signifikan antara perencanaan dan implementasi

Integrasi ketiga sumber data menunjukkan bahwa kemampuan komunikasi matematis guru terbentuk melalui interaksi antara persepsi, praktik kelas, dan dokumen pembelajaran. Observasi memperlihatkan dominasi komunikasi lisan yang satu arah, sementara wawancara mengungkap bahwa guru menganggap penjelasan verbal yang jelas sudah memadai. Namun, RPP tidak memuat strategi komunikasi dialogis, menunjukkan bahwa kemampuan ini belum direncanakan secara sistematis. Konsistensi lintas data ini mengonfirmasi bahwa komunikasi matematis belum dipahami sebagai kompetensi pedagogis yang terstruktur.

Komunikasi tertulis guru dan siswa juga menunjukkan pola serupa. LKPD bersifat prosedural, wawancara mengindikasikan kurangnya tugas berbasis argumentasi, dan observasi memperlihatkan minimnya kesempatan siswa menjelaskan proses berpikir. Temuan ini mempertegas laporan Suratno et al. (2023) dan Melissa et al. (2023) bahwa komunikasi tertulis masih menjadi aspek yang paling lemah dalam pembelajaran matematika. Representasi matematis juga terbatas: observasi, wawancara, dan dokumen menunjukkan kurangnya variasi visualisasi, menguatkan kebutuhan pelatihan representasi seperti dianjurkan Manoharan & Kaur (2023). Triangulasi data mengenai diskusi kelas menunjukkan bahwa pasifnya interaksi bukan hanya berasal dari siswa, tetapi juga karena tidak adanya desain pembelajaran yang memfasilitasi pertanyaan terbuka dan dialog konseptual.

Pemanfaatan ICT juga konsisten rendah di semua sumber data. Observasi mencatat minimnya penggunaan teknologi, wawancara menyoroti keterbatasan literasi digital, dan dokumen tidak mencerminkan integrasi ICT temuan yang mendukung studi Arhin et al. (2023) dan Yulianti & Handican (2023). Secara keseluruhan, triangulasi menunjukkan bahwa tantangan komunikasi matematis guru merupakan akumulasi dari keterbatasan

pedagogis, perencanaan yang belum eksplisit, dan rendahnya adopsi teknologi. Berdasarkan temuan ini, kebutuhan pengembangan kompetensi guru meliputi komunikasi verbal dan tertulis, penguatan representasi matematis, pengelolaan diskusi kelas, serta peningkatan literasi ICT agar pembelajaran selaras dengan tuntutan Kurikulum Merdeka dan kebutuhan literasi numerasi abad ke-21.

Tabel 11. Rumusan Kebutuhan Kompetensi Komunikasi Guru & Relevansinya di Era Digital

No	Bidang Kompetensi	Kebutuhan Spesifik	Bukti Lapangan	Relevansi Pelatihan & Era Digital
1	Komunikasi lisan dialogis	Teknik bertanya, fasilitasi diskusi, scaffolding	Komunikasi guru dominan; diskusi pasif	Pelatihan microteaching diskursus kelas
2	Komunikasi tertulis matematis	Argumentasi, penalaran, penjelasan langkah	LKPD prosedural; siswa tidak diminta menjelaskan	Pengembangan LKPD digital berbasis reasoning
3	Representasi matematis multiformat	Visual, simbol, model, koneksi representasi	Representasi minim dan tidak variatif	Pelatihan ICT visualisasi (GeoGebra, Desmos)
4	Integrasi ICT	Media digital, simulasi, visualisasi interaktif	ICT tidak digunakan & tidak muncul di RPP	Peningkatan literasi digital guru matematika
5	Perencanaan komunikasi dalam RPP	Tujuan eksplisit, aktivitas dialogis	RPP tidak memuat strategi komunikasi	Workshop RPP berbasis komunikasi matematis
6	Pengelolaan diskursus kelas	Manajemen interaksi, partisipasi aktif	Siswa pasif dan takut salah	Pelatihan strategi diskursus & kelas aktif
7	Asesmen berbasis komunikasi	Penilaian alasan, penalaran, argumentasi	Asesmen fokus pada jawaban akhir	Pengembangan asesmen digital literasi numerasi

Rumusan kebutuhan kompetensi menunjukkan bahwa komunikasi matematis harus dipahami guru sebagai keterampilan terpadu yang mencakup dimensi verbal, tertulis, representasional, dan digital. Temuan lapangan memperlihatkan bahwa komunikasi lisan guru masih bersifat monologis, sehingga diperlukan pelatihan microteaching untuk menguatkan teknik bertanya, membangun dialog, dan memberikan scaffolding sesuai semangat Kurikulum Merdeka yang menekankan pembelajaran interaktif dan student-centered. Pada aspek komunikasi tertulis, LKPD dan asesmen yang masih prosedural meng-

indikasikan perlunya pendampingan dalam merancang perangkat pembelajaran yang memberi ruang pada penalaran matematis, sejalan dengan tuntutan literasi numerasi abad 21.

Representasi matematis juga menjadi kebutuhan penting karena guru belum memaksimalkan penggunaan representasi visual maupun simbolik. Pelatihan ICT, termasuk penggunaan aplikasi seperti GeoGebra atau Desmos, menjadi mendesak untuk meningkatkan kualitas visualisasi. Analisis RPP menunjukkan bahwa strategi komunikasi jarang direncanakan secara eksplisit, sehingga guru perlu pelatihan penyusunan RPP berbasis komunikasi matematis agar praktik di kelas lebih terarah.

Selain itu, asesmen perlu mengukur proses berpikir, bukan hanya jawaban akhir. Penguatan desain asesmen berbasis reasoning diperlukan untuk memastikan keselarasan dengan standar literasi numerasi nasional. Secara keseluruhan, kebutuhan kompetensi guru berada pada irisan pedagogi, teknologi, dan konten, sehingga pengembangan profesional di era digital harus mampu mengintegrasikan ketiganya secara efektif.

IV. SIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan

Penelitian ini menyimpulkan bahwa kemampuan komunikasi matematis guru SMP masih memerlukan penguatan yang signifikan pada berbagai aspek, baik lisan, tertulis, representasional, maupun dalam pengelolaan diskursus kelas. Temuan menunjukkan bahwa pembelajaran masih didominasi penjelasan verbal guru, sementara kesempatan bagi siswa untuk bertanya, berargumentasi, dan mengonstruksi makna melalui dialog masih terbatas. Dokumen pembelajaran seperti RPP, LKPD, dan asesmen belum secara eksplisit memfasilitasi komunikasi matematis tertulis dan penalaran siswa, serta penggunaan representasi visual masih sederhana dan repetitif.

Integrasi ICT dalam komunikasi pembelajaran juga masih rendah akibat keterbatasan literasi digital, minimnya pelatihan, serta tidak adanya perencanaan penggunaan teknologi dalam perangkat ajar. Triangulasi data mengungkap adanya kesenjangan antara pengetahuan guru mengenai pentingnya komunikasi matematis dan praktik mereka di kelas. Kondisi ini menunjukkan perlunya program pengembangan profesional yang lebih terarah, meliputi pelatihan teknik

bertanya, desain LKPD berbasis penalaran, representasi multiformat, serta pemanfaatan ICT sebagai media komunikasi matematika. Secara keseluruhan, penelitian ini menegaskan bahwa penguatan kompetensi komunikasi guru merupakan kunci untuk meningkatkan kualitas pembelajaran matematika, literasi numerasi siswa, dan kesiapan pendidikan dalam menghadapi tuntutan Kurikulum Merdeka serta era digital.

B. Saran

Berdasarkan Hasil penelitian tersebut, disarankan perlunya pengembangan profesional guru yang lebih sistematis dan berkelanjutan, khususnya pada aspek komunikasi matematis lisan, tertulis, representasional, dan digital. Guru perlu difasilitasi melalui pelatihan praktik bertanya yang mendorong dialog bermakna, penyusunan LKPD yang berfokus pada penalaran, serta penggunaan representasi visual yang lebih variatif. Selain itu, sekolah dan dinas pendidikan perlu menyediakan pendampingan terkait integrasi ICT dalam pembelajaran agar komunikasi matematis dapat berlangsung lebih interaktif dan multimodal. Penelitian lanjutan disarankan untuk menggali strategi implementasi yang paling efektif pada berbagai konteks sekolah, serta menilai dampak peningkatan kompetensi komunikasi guru terhadap perkembangan literasi numerasi dan keterlibatan belajar siswa.

DAFTAR RUJUKAN

- Arhin, J., Boateng, F. O., Akosah, E. F., & Gyimah, K. (2023). Perceptions and readiness of high school mathematics teachers for integration of ICT tools in the teaching and learning of mathematics. *Pedagogical Research*, 9(1). <https://doi.org/10.29333/pr/14032>
- Bråtlien, M., Naalsund, M., & Eriksen, E. (2023). Exploring the Interplay between Conceptualizing and Realizing Inquiry—The Case of One Mathematics Teacher's Trajectory. *Education Sciences*, 13(8). <https://doi.org/10.3390/educsci13080843>
- Bueno, R. W. da S., & Niess, M. L. (2023). Redesigning mathematics preservice teachers' preparation for teaching with technology: A qualitative cross-case analysis using TPACK lenses. *Computers*

- and Education, 205.
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2023.104895>
- Çelik Demirci, S., & Baki, A. (2023). Characterizing mathematical discourse according to teacher and student interactions: The core of mathematical discourse. *Journal of Pedagogical Research*, 7(4).
<https://doi.org/10.33902/JPR.202321852>
- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2018). Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches - John W. Creswell, J. David Creswell - Google Books. In *SAGE Publications, Inc.*
- Dhol, B. S., Gonder, S. S. C., & Kumar, N. (2023). Information and Communication Technology-Based Math's Education: A Systematic Review. 2023 *International Conference on Advancement in Computation and Computer Technologies, InCACCT 2023*.
<https://doi.org/10.1109/InCACCT57535.2023.10141689>
- Escorcia, I. A. P., Acevedo-Rincón, J. P., & Montes, M. A. (2023). Specialised Knowledge of the Mathematics Teacher to Teach through Modelling using ICTs. *Acta Scientiae*, 25(1).
<https://doi.org/10.17648/acta.scientiae.7363>
- Faizah, S., Nusantara, T., Sudirman, Rahardi, R., Susiswo, Subanji, & Agustina, R. K. (2022). Teachers' communication in mathematics learning based on zone of promote action. *AIP Conference Proceedings*, 2633.
<https://doi.org/10.1063/5.0102613>
- Genç, M., & Özdemir, R. (2023). Teachers' Thoughts on the Role of Mathematical Communication in Special Education. *Technology, Innovation and Special Education Research*, 3(1).
- Gomes, P., Quaresma, M., & da Ponte, J. P. (2021). A Lesson Study with Mathematics Teachers: Learning about Communication in the Classroom. *Acta Scientiae*, 23(5).
<https://doi.org/10.17648/acta.scientiae.666>
- Hursen, C., Paşa, D., & Keser, H. (2023). High School Students' Use of Information, Media, and Technology Skills and Multidimensional 21st-Century Skills: An Investigation within the Context of Students, Teachers, and Curricula. *Sustainability (Switzerland)*, 15(16).
<https://doi.org/10.3390/su151612214>
- Joshi, D. R., Adhikari, K. P., Khanal, J., & Belbase, S. (2023). Impact of digital skills of mathematics teachers to promote students' communication behavior in the classroom. *Contemporary Educational Technology*, 15(4).
<https://doi.org/10.30935/cedtech/13495>
- Joshi, D. R., Khanal, B., & Belbase, S. (2022). Teachers' Perceptions toward Student Support in Using Information and Communication Technology in Mathematics Learning. *International Journal of Technologies in Learning*, 29(2).
<https://doi.org/10.18848/2327-0144/CGP/v29i02/57-73>
- Kamayubonye, E., & Mutarutinya, V. (2023). Investigating the Effects of Teachers' Quality on Students' performance in Mathematics in Kamonyi District, Rwanda. *Rwandan Journal of Education*, 6(2).
- Katayev, Y., Saduakas, G., Nurzhanova, S., Umirbekova, A., Ospankulov, Y., & Zokirova, S. (2023). Analysis of Teachers' Research Competencies, Scientific Process Skills and the Level of Using Information and Communication Technologies. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 11(5).
<https://doi.org/10.46328/ijemst.3613>
- Kibirige, I. (2023). Primary Teachers' Challenges in Implementing ICT in Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) in the Post-Pandemic Era in Uganda. *Education Sciences*, 13(4).
<https://doi.org/10.3390/educsci13040382>
- Manoharan, M., & Kaur, B. (2023). Mathematics Teachers' Perceptions of Diagrams. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 21(4).
<https://doi.org/10.1007/s10763-022-10312-3>
- Mashoko, D., & Dudu, W. (2023). *Use of Information Communication Technology in Science, Technology, Engineering, and Mathematics*.

<https://doi.org/10.4018/978-1-6684-7722-9.ch002>

- Melissa, M. M., Susanto, L. A. W., Yudianti, E., & Salsabila, D. (2023). Profile of Mathematical Communication Skills of Prospective Mathematics Teachers. *AIP Conference Proceedings*, 2569. <https://doi.org/10.1063/5.0112854>
- Miles, M. B., & Huberman, A. M. (2002). The Qualitative Researchers Companion: Reflections and Advice. *The Qualitative Researchers Companion*.
- Mintah, B. O., Owusu-Darko, I., & Apoenchir, H. (2023). The Perception of Teachers on Integration of Information and Communication Technology (ICT) Into Mathematics Teaching and Learning. *European Journal of Education and Pedagogy*, 4(3). <https://doi.org/10.24018/ejedu.2023.4.3.230>
- Oriarte, R., Molines, E., v. Taracina, I., A. Zamora, D. A. Z., Pañoso, J., Rose M. Olea, M., & Leo T. Olea, W. (2023). INSTRUCTIONAL COMPETENCIES OF MATHEMATICS TEACHERS AND THEIR PERFORMANCE IN THE EXECUTION OF TASK. *International Journal of Business, Law, and Education*, 4(1). <https://doi.org/10.56442/ijble.v4i1.102>
- Özcan, Ö., & Bahadır, E. (2023). OPINIONS OF MATHEMATICS TEACHERS AND PRE-SERVICE TEACHERS ABOUT THE RELATIONSHIP BETWEEN MATHEMATICS AND CULTURE. *European Journal of Education Studies*, 10(10). <https://doi.org/10.46827/ejes.v10i10.5053>
- Paudel, T. (2023). Teaching Practices for Engaged Mathematics Learning with ICT Tools: An Educator's Perspectives. *Praghyaratna प्रग्यारतना*, 5(1). <https://doi.org/10.3126/praghyaratna.v5i1.59279>
- Planas, N., & Pimm, D. (2024). Mathematics education research on language and on communication including some distinctions: Where are we now? *ZDM - Mathematics Education*, 56(1). <https://doi.org/10.1007/s11858-023-01497-0>
- Suratno, J., Hamid, I., & Waliyanti, I. K. (2023). Developing Mathematics Written Communication through Case-Based Learning. *JTAM (Jurnal Teori Dan Aplikasi Matematika)*, 7(2). <https://doi.org/10.31764/jtam.v7i2.13318>
- Thinwiangthong, S., Ya-amphan, D., Sythong, P., & Ishizaka, H. (2024). THE INVESTIGATION OF BEST PRACTICES ON SYMBOLIC MATHEMATICAL COMMUNICATION: A COMPARATIVE STUDY IN JAPAN, LAO PDR, AND THAILAND. *Malaysian Journal of Learning and Instruction*, 21(1). <https://doi.org/10.32890/mjli2024.21.1.3>
- Walla, M. (2024). Diverse meanings ascribed to equity in early mathematics assessment. *Education Inquiry*. <https://doi.org/10.1080/20004508.2024.2316390>
- Ya-Amphan, D., Thinwiangthong, S., & Sythong, P. (2024). Comparative study of means of mathematical communication in Japan, Laos, and Thailand. In *Journal on Mathematics Education* (Vol. 15, Issue 1). <https://doi.org/10.22342/jme.v15i1.pp99-114>
- Yani, N. F., & Soebagyo, J. (2023). BIBLIOMETRIC ANALYSIS OF MATHEMATICAL COMMUNICATION SKILLS USING SCOPUS DATABASE. *Jurnal Pendidikan Matematika Dan IPA*, 14(1). <https://doi.org/10.26418/jpmipa.v14i1.53902>
- Yessengabylov, I., Nurgozhayev, S., Aldabergenova, A., Smagulov, Y., & Krivankova, L. (2021). Factors in the productive use of information and communication technologies by mathematics teachers. *World Transactions on Engineering and Technology Education*, 19(4).
- Yulianti, P., & Handican, R. (2023). Information and Communication Technology (ICT) Skills: Are They Important For Prospective Mathematics Teachers? *JDIME: Journal of Development and Innovation in Mathematics Education*, 1(1). <https://doi.org/10.32939/jdime.v1i1.2341>

Zhang, Y., Meng, Z., & Liu, X. (2024). Applying Structural Equation Modeling to Assess Factors of Primary School Mathematics Teachers' Knowledge of Students' Misconceptions. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 22(8). <https://doi.org/10.1007/s10763-024-10444-8>

Зулпукарова, Д., Айзирек, А., & Гыязидин кызы, А. (2023). APPLICATION OF INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES IN THE ACTIVITIES OF A MATHEMATICS TEACHER. *Илимий-Маалыматтык Журналы*, 23(6). [https://doi.org/10.58494/esai.23\(6\).2023.06](https://doi.org/10.58494/esai.23(6).2023.06)