

Pembinaan Intensif *Problem-Solving* Kombinatorika Siswa SMA Menggunakan Modul Berbasis *Worked Examples* sebagai Teknologi Tepat Guna

Nandia Primasari¹, Mila Kurniawaty², Darmajid³, Kwardiniya
 Andawaningtyas⁴, Raqqasyi Rahmatullah Musafir⁵

Universitas Brawiaya, Indonesia^{1,2,3,4,5}

{nandiaprimasari@ub.ac.id¹, darmajid@ub.ac.id², mila_n12@ub.ac.id³,
dina_math@ub.ac.id⁴, rrmusafir@ub.ac.id⁵}

Submission: 2026-08-26

Received: 2026-09-29

Published: 2026-09-30

Keywords: *Keywords:* **Abstract.** *High school students often struggle to solve combinatorics problems because classroom instruction tends to focus on rote memorization of formulas; however, mastering combinatorial reasoning is essential, not least because it is a key component of the Academic Ability Test (TKA) and university entrance selection (SNBT). Addressing this issue, this community service initiative aimed to equip students with problem-solving skills through the implementation of an educational "Appropriate Technology" (TTG) package. This package comprised a student module, a facilitator module featuring step-by-step solutions, pre-and post-test instruments, and intensive coaching on combinatorics. The program was implemented with 29 Grade 11 students at SMA Negeri 1 Krembung, Sidoarjo Regency—a sample selected by the school. Results showed a significant increase in students' average problem-solving scores, rising from 2.07 to 6.21 on a 0–24 scale (Wilcoxon test, $p < 0.001$). Questionnaire results indicated a highly positive reception, with an average score of 3.40 out of 4 (85.0%). These findings confirm that the coaching module package is practical to use and effectively supports the strengthening of students' numeracy skills in the short term. The initiative's outcomes contribute directly to achieving Sustainable Development Goal (SDG) 4, specifically by enhancing learning outcomes and numeracy literacy relevant to upper secondary education.*

Appropriate Educational Technology; Combinatorics; Problem-Solving; Secondary Education; SDG 4.

Katakunci: *Pendidikan Menengah; Pemecahan Masalah; Teknologi Pendidikan Tepat Guna; Kombinatorika; SDG 4.*

Abstrak. Siswa sekolah menengah atas sering kali mengalami kesulitan memecahkan masalah kombinatorika karena pembelajaran di sekolah yang masih berpusat pada hafalan rumus, sedangkan penguasaan kemampuan penalaran kombinatorik diperlukan salah satunya karena menjadi komponen utama dalam Tes Kemampuan Akademik (TKA) dan seleksi masuk perguruan tinggi (SNBT). Dari masalah tersebut, kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini bertujuan untuk membekali siswa dengan keterampilan *problem-solving* melalui penerapan paket Teknologi Tepat Guna (TTG) pendidikan yang terdiri atas modul siswa, modul fasilitator dengan solusi bertahap, instrumen *pretest-post test*, serta pembinaan intensif materi kombinatorika. Pembinaan

tersebut diterapkan kepada 29 siswa kelas XI di SMA Negeri 1 Krembung, Kabupaten Sidoarjo, sebagai sampel yang ditentukan oleh pihak sekolah. Hasilnya, rata-rata skor pemecahan masalah siswa meningkat secara signifikan dari 2,07 menjadi 6,21 pada skala 0-24 (Uji Wilcoxon, $p < 0,001$). Hasil kuesioner menunjukkan penerimaan yang sangat baik dengan rata-rata 3,40 dari 4 (85,0%). Hasil ini mengonfirmasi bahwa paket modul pembinaan tersebut praktis digunakan dan secara efektif mampu mendukung penguatan numerasi siswa dalam jangka pendek. Luaran kegiatan ini berkontribusi langsung pada pemenuhan Sustainable Development Goal (SDG) 4, khususnya penguatan hasil belajar dan literasi numerasi yang relevan untuk pendidikan menengah atas.

1 Pendahuluan

Kemampuan memecahkan masalah (*problem-solving*) merupakan salah satu tujuan krusial dalam pembelajaran matematika (Szabo et al., 2020). Siswa dituntut untuk tidak sekadar mengingat rumus, tetapi harus mampu memahami situasi, memilih strategi, dan mengevaluasi hasil (Sinaga et al., 2023). Salah satu materi esensial di jenjang sekolah menengah yang sangat membutuhkan keterampilan ini adalah kombinatorika (Liu et al., 2025). Materi ini tidak hanya penting untuk ketuntasan kurikulum reguler, tetapi juga mendesak karena menjadi komponen utama dalam Tes Kemampuan Akademik (TKA) dan subtes Penalaran Matematika pada seleksi masuk Perguruan Tinggi (UTBK-SNBT) (Ayana et al., 2025). Soal-soal pada asesmen tersebut umumnya tidak bisa diselesaikan hanya dengan memasukkan angka ke dalam rumus, melainkan menuntut pemodelan masalah, pembagian kasus, dan logika pencacahan yang ketat (Hidajat, 2024). Namun, berbagai studi menunjukkan bahwa kombinatorika justru menjadi salah satu topik dengan tingkat miskonsepsi tertinggi. Siswa kerap mengalami kegagalan konseptual, seperti ketidakmampuan membedakan urutan (permutasi vs kombinasi), kesulitan mendefinisikan batas ruang sampel, hingga jebakan pencacahan ganda atau *double counting* (Fatahillah et al., 2021).

Masalah teoretis tersebut secara nyata ditemukan pada mitra kegiatan, yaitu SMA Negeri 1 Krembung, Sidoarjo. Berdasarkan observasi dan diskusi dengan guru matematika setempat, siswa kelas XI sering kali kesulitan ketika menghadapi soal nonrutin yang syaratnya sedikit

dimodifikasi. Siswa cenderung hanya mencari kata kunci untuk memilih rumus, kebingungan dalam memilih strategi memecah masalah ke dalam beberapa kasus, dan tidak terbiasa memeriksa kembali kebenaran jawabannya. Kondisi empiris ini terkonfirmasi secara kuat dari hasil diagnosis awal (*pretest*) sebelum intervensi pengabdian dilakukan, di mana siswa hanya mampu mencetak skor rata-rata 2,07 dari skala 24 pada penyelesaian soal kombinatorika menengah. Dari sini, terlihat adanya kesenjangan yang jelas: di satu sisi siswa dituntut memiliki kemampuan *problem-solving* yang tinggi untuk menghadapi seleksi akademik nasional, namun di sisi lain ekosistem pembelajaran yang ada belum membekali mereka dengan strategi prosedural yang memadai untuk lepas dari hafalan rumus mekanis (Estaphan et al., 2025).

Dengan demikian, instrumen yang secara eksplisit mengukur identifikasi masalah, pembentukan beberapa kemungkinan, dan pemeriksaan hasil dibutuhkan untuk memetakan kemampuan tersebut. (Putra et al., 2024) menunjukkan bahwa instrumen berpikir kombinatorik dapat dikembangkan secara valid dan reliabel; mereka juga menemukan bahwa kemampuan mengidentifikasi dapat lebih tinggi daripada kemampuan mempertimbangkan kombinasi alternatif. Perbedaan antarindikator inilah yang seharusnya menjadi dasar pemberian bantuan belajar.

Sebagai solusi atas kesenjangan tersebut, antara lain memberikan intervensi melalui pembinaan intensif menggunakan modul pembelajaran kombinatorika berbasis *worked examples* (Uripno et al., 2024). Teori *worked examples* (contoh terselesaikan) diterapkan secara operasional dalam desain modul dengan cara tidak sekadar memberikan kunci jawaban, melainkan menjabarkan keputusan konseptual di balik setiap langkah matematis (Emden et al., 2026). Riset terkini menunjukkan bahwa *worked examples*, terutama jika dirancang dengan interaksi yang baik, mampu membawa pembelajar melampaui sekadar penyelesaian masalah mekanis; metode ini bertindak sebagai jembatan esensial untuk membangun pemahaman struktural dan keahlian kognitif tingkat lanjut (Ovadiya, 2026).

Di samping itu, integrasi *worked examples* di dalam desain pembelajaran terbukti secara empiris mampu mendongkrak minat dan

motivasi belajar siswa terhadap matematika. Kehadiran panduan penyelesaian yang terurai secara sistematis mengurangi kecemasan siswa saat menghadapi materi yang kompleks, meminimalisasi rasa frustrasi, dan secara efektif menumbuhkan rasa percaya diri sehingga siswa lebih tertarik untuk terlibat aktif (Nur Fadila et al., 2026). Kombinasi antara penguatan fondasi keahlian kognitif dan peningkatan ketertarikan belajar inilah yang menjadikan pendekatan *worked examples* sangat relevan dan rasional untuk diimplementasikan dalam modul pembinaan kombinatorika ini (Islam et al., 2021).

Modul ini dirancang dalam bentuk cetak dan diposisikan sebagai Teknologi Tepat Guna (TTG) pendidikan. Meskipun banyak referensi terbaru menunjukkan keberhasilan e-modul interaktif (Nadila et al., 2023). Esensi keberhasilan tersebut sejatinya bersumber pada desain instruksional dan struktur *scaffolding*-nya, bukan semata-mata pada format digitalnya. Dalam konteks pengabdian, pelatihan pengembangan modul berbasis STEM juga menegaskan pentingnya memberi pendidik sumber daya untuk merancang pengalaman belajar yang relevan dan terstruktur (Permana et al., 2025). Meskipun bentuk digital memiliki kelebihan, modul cetak justru dipertahankan sebagai TTG karena sangat sesuai dengan kondisi infrastruktur mitra: berbiaya rendah, tidak bergantung pada koneksi internet, memfasilitasi corat-coret eksplorasi matematis secara langsung dalam diskusi tatap muka, dan sangat mudah digandakan oleh guru mitra. Selain itu, pemilihan format fisik ini didukung oleh temuan riset mutakhir yang membuktikan bahwa bahan ajar cetak (kertas) terbukti lebih superior dibandingkan format digital dalam mendorong fokus kognitif mendalam (*deep processing*), mengurangi kelelahan visual (*screen fatigue*), serta meminimalisasi distraksi digital siswa (Clinton-Lisell, 2021).

Pelaksanaan kegiatan pengabdian ini melibatkan 29 siswa kelas XI sebagai subjek sasaran. Pemilihan kelompok sasaran ini didasarkan pada tingkat kesiapan akademik siswa dan hasil koordinasi pembagian tugas di lapangan dengan pihak sekolah. Siswa kelas XI dipilih karena mereka telah menerima paparan materi matematika yang lebih kompleks dibandingkan siswa kelas X, sehingga dinilai memiliki fondasi yang relevan untuk diberikan penguatan *problem-solving* kombinatorika

tingkat lanjut. Adapun penetapan kelompok spesifik yang berjumlah 29 orang tersebut merupakan hasil kesepakatan distribusi kelas sasaran dengan tim pengabdian lain yang juga melaksanakan kegiatan secara bersamaan di sekolah mitra. Intervensi yang terfokus pada kelompok ini dirancang untuk membekali mereka strategi prosedural yang memadai dalam menghadapi asesmen akademik.

Kebaruan program pengabdian ini terletak pada integrasi tiga unsur yang biasanya berjalan terpisah: diagnosis cepat masalah kognitif, intervensi pembinaan berbasis *worked examples* yang menonjolkan pemodelan strategi, dan pengemasan seluruh instrumen sebagai paket TTG yang siap direplikasi sekolah. Berdasarkan landasan tersebut, tujuan pelaksanaan pengabdian kepada masyarakat ini adalah untuk: (1) mengintervensi kesulitan belajar dan meningkatkan kemampuan *problem-solving* kombinatorika siswa kelas XI melalui pembinaan intensif berbasis *worked examples*; (2) mengimplementasikan dan menguji penerimaan paket modul cetak sebagai TTG pendidikan yang berkesinambungan bagi mitra; serta (3) mengevaluasi efektivitas intervensi terhadap peningkatan kinerja kognitif empiris siswa melalui instrumen pretest dan *post-test*. Cakupan modul bergerak dari aturan penjumlahan dan perkalian, faktorial, pembentukan bilangan, susunan linear dan siklis, prinsip komplemen, kombinasi, identitas kombinatorial, bilangan Stirling, prinsip injeksi-bijeksi, multiset, hingga stars and bars. Spektrum matematika diskrit sendiri dapat diperluas menuju struktur lain, misalnya konstruksi graf dengan sisi bilangan Fibonacci (Darmajid & Mahanani, 2024). Keluasan ini membantu menempatkan kombinatorika sebagai cara berpikir tentang struktur kemungkinan, bukan daftar formula yang terpisah.

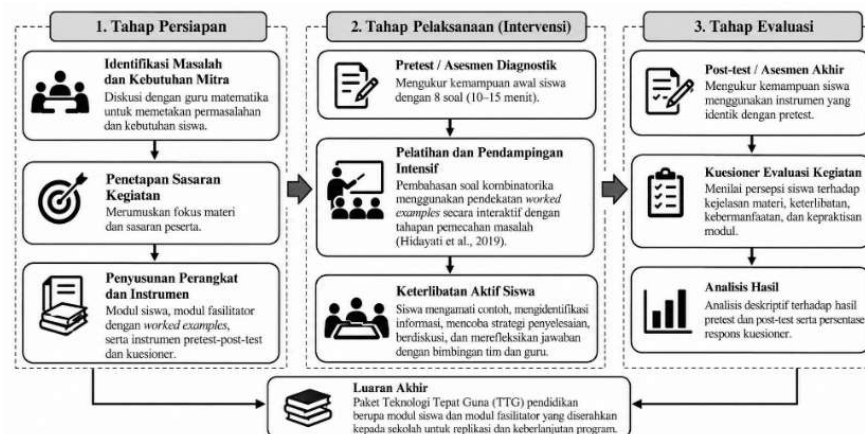
Kegiatan ini secara langsung berkaitan dengan *Sustainable Development Goal* (SDG) 4, yaitu Pendidikan Bermutu. SDG 4 menekankan tersedianya pendidikan yang inklusif dan bermutu serta hasil belajar yang relevan. Dalam konteks kegiatan ini, kaitan yang paling dekat adalah Target 4.1, yang menempatkan hasil belajar yang efektif pada jenjang pendidikan dasar dan menengah sebagai sasaran, serta Target 4.6 yang menekankan pencapaian literasi dan numerasi. Paket TTG juga memungkinkan guru melanjutkan pembinaan setelah kegiatan

selesai. Dengan demikian, luaran program mendukung upaya sekolah memperkaya pengalaman belajar matematika dan memperkuat kualitas proses belajar, terutama pada aspek yang menjadi fokus SDG 4 (Manapeng, 2026).

2 Metode

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini menggunakan pendekatan partisipatif (*Participatory Approach*) yang diwujudkan melalui kegiatan pelatihan dan pendampingan intensif. Pendekatan ini dipilih karena memungkinkan tim pengabdian mengintegrasikan kepakaran akademik dengan kebutuhan nyata mitra, khususnya guru dan siswa, sekaligus mendorong keterlibatan aktif mitra dalam setiap tahapan kegiatan. Dengan demikian, peserta tidak hanya ditempatkan sebagai penerima manfaat, tetapi sebagai subjek yang terlibat dalam proses identifikasi masalah, pelaksanaan pembelajaran, hingga evaluasi kegiatan. Pendekatan tersebut diharapkan dapat membangun *sense of belonging* terhadap program serta meningkatkan peluang keberlanjutan penerapan hasil pengabdian di lingkungan sekolah.

Pelaksanaan kegiatan melibatkan 29 siswa kelas XI sebagai peserta utama dan guru matematika sebagai mitra pendamping. Seluruh rangkaian kegiatan dilaksanakan melalui tiga tahapan utama yang saling berkesinambungan, yaitu persiapan, pelaksanaan intervensi, dan evaluasi. Alur pelaksanaan pengabdian ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Siklus Tahapan dalam pengabdian kepada masyarakat

Pada tahap persiapan, tim pengabdian terlebih dahulu melakukan koordinasi dengan pihak sekolah dan guru matematika untuk mengidentifikasi permasalahan pembelajaran serta kebutuhan siswa. Proses ini dilakukan untuk memperoleh gambaran mengenai kemampuan awal siswa, khususnya dalam menyelesaikan permasalahan numerasi dan kombinatorika. Hasil identifikasi tersebut menjadi dasar dalam menentukan sasaran kegiatan dan merancang perangkat pembelajaran yang sesuai dengan karakteristik peserta. Tim selanjutnya menyiapkan perangkat Teknologi Tepat Guna (TTG) pendidikan berupa modul siswa, modul fasilitator yang dilengkapi solusi bertahap (*worked examples*), serta instrumen asesmen berupa pretest dan post-test. Instrumen asesmen dirancang untuk mengukur perubahan kemampuan siswa sebelum dan sesudah mengikuti kegiatan pembinaan.

Tahap pelaksanaan diawali dengan pemberian asesmen diagnostik berupa pretest kepada 29 siswa kelas XI. Pretest dilaksanakan selama kurang lebih 10–15 menit menggunakan delapan soal yang dirancang untuk memetakan pemahaman awal siswa terhadap materi yang menjadi fokus kegiatan. Hasil pretest digunakan sebagai gambaran kondisi awal peserta sekaligus sebagai dasar bagi tim pengabdian dalam memberikan pendampingan secara lebih terarah. Setelah asesmen awal selesai, kegiatan dilanjutkan dengan pembinaan intensif melalui pendekatan *worked examples*. Dalam pendekatan ini, siswa tidak hanya diberikan contoh penyelesaian soal, tetapi diarahkan untuk memahami tahapan berpikir yang digunakan dalam memperoleh solusi. Pembahasan dilakukan secara interaktif dengan menggabungkan tahapan pemecahan masalah dan kerangka penyelesaian kombinatorik yang diadaptasi dari Hidayati et al. (2019), yaitu mengidentifikasi informasi yang tersedia, menyeleksi struktur atau strategi penyelesaian yang sesuai, menyimpulkan hasil pencacahan, serta merefleksikan kelengkapan dan ketepatan jawaban. Melalui proses tersebut, siswa didorong untuk memahami prosedur penyelesaian sekaligus alasan di balik setiap langkah yang dilakukan.

Selama proses pembinaan, guru matematika dan tim pengabdian berperan sebagai fasilitator yang memberikan arahan, pertanyaan pemantik, klarifikasi konsep, serta umpan balik terhadap strategi

penyelesaian siswa. Sementara itu, siswa dilibatkan secara aktif melalui kegiatan mengamati contoh, mengidentifikasi informasi pada soal, mencoba strategi penyelesaian, mendiskusikan hasil, dan melakukan refleksi terhadap jawaban. Pola interaksi tersebut dimaksudkan untuk mengurangi pembelajaran yang bersifat prosedural dan mendorong siswa membangun pemahaman melalui proses pemecahan masalah secara bertahap.

Tahap evaluasi dilakukan setelah seluruh rangkaian pembinaan selesai. Siswa diberikan *post-test* menggunakan instrumen yang identik dengan *pretest* untuk memperoleh ukuran perubahan kemampuan setelah mengikuti intervensi. Perbandingan hasil *pretest* dan *post-test* digunakan untuk mengetahui perubahan capaian peserta secara kuantitatif. Selain evaluasi hasil belajar, peserta juga diberikan kuesioner untuk memperoleh informasi mengenai persepsi siswa terhadap kejelasan materi, kemudahan penggunaan modul, keterlibatan selama kegiatan, kebermanfaatan pendampingan, serta kepraktisan perangkat pembelajaran yang digunakan. Data tersebut digunakan sebagai bahan evaluasi terhadap pelaksanaan program sekaligus sebagai dasar penyempurnaan perangkat TTG pendidikan.

Data hasil *pretest* dan *post-test* dianalisis secara deskriptif dengan membandingkan skor sebelum dan sesudah intervensi. Perubahan capaian siswa digunakan sebagai indikator awal keberhasilan kegiatan dalam meningkatkan kemampuan numerasi pada materi yang dilatihkan. Sementara itu, data kuesioner dianalisis berdasarkan persentase respons peserta untuk menggambarkan tingkat kepraktisan dan penerimaan terhadap kegiatan. Hasil analisis selanjutnya digunakan untuk menyusun rekomendasi tindak lanjut dan penyempurnaan modul.

3 Hasil

Keberhasilan program pengabdian kepada masyarakat ini dievaluasi berdasarkan dua indikator capaian utama yang terukur: (1) peningkatan kemampuan kognitif (*problem-solving* kombinatorika) siswa melalui instrumen tes, dan (2) kepraktisan serta penerimaan siswa

terhadap modul Teknologi Tepat Guna (TTG) melalui instrumen kuesioner.

Peningkatan Kemampuan Pemecahan Masalah (Kognitif)

Evaluasi dampak intervensi kognitif dilakukan dengan membandingkan skor *pretest* dan *post-test* dari 29 siswa sasaran yang memiliki data lengkap. Tes terdiri atas delapan soal uraian berskala 0–24 yang kemudian dikonversi ke skala 100. Analisis data menunjukkan adanya peningkatan skor pemecahan masalah pada mayoritas siswa. Rerata skor total meningkat secara signifikan dari 2,07 (SD=2,17) pada *pretest* menjadi 6,21 (SD=4,66) pada *post-test*. Ringkasan statistik deskriptif dan hasil uji hipotesis masing-masing disajikan pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Statistik Deskriptif Hasil *Pretest* dan *Post-test*

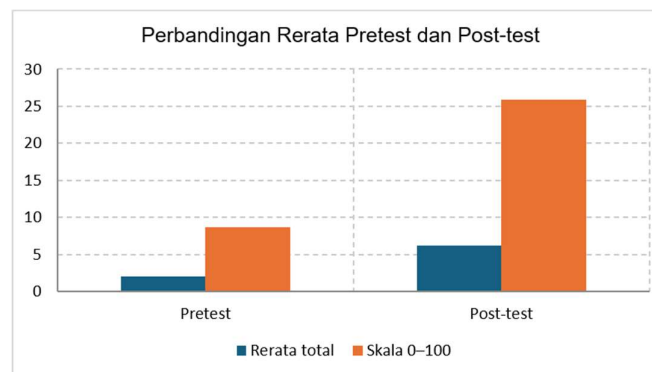
Indikator	Nilai
Jumlah peserta	29
Rerata total pre (0–24)	2,07
SD pre	2,17
Median pre	1,00
Rerata total post (0–24)	6,21
SD post	4,66
Median post	4,00
Rerata kenaikan poin	4,14
Rerata nilai pre (0–100)	8,62
Rerata nilai post (0–100)	25,86
Kenaikan nilai (0–100)	17,24
Peserta meningkat	27
Peserta tetap	2
Peserta menurun	0

Tabel 2. Hasil Uji Hipotesis Perbandingan Hasil *Pretest* dan *Post-test*

Uji Inferensial	Hasil
Shapiro–Wilk selisih	$W = 0,825$; $p = 0,00024$ (tidak normal)
Wilcoxon signed-rank	$W = 0$; $p = 0,00000485$ (dua sisi)
Rank-biserial correlation	1,000 (seluruh selisih nonnol positif)

Cohen dz (pelengkap)	1,181
Interpretasi	Perubahan kinerja segera signifikan; desain satu kelompok dan instrumen identik membatasi inferensi kausal.

Berdasarkan uji normalitas *Shapiro–Wilk*, selisih skor tidak berdistribusi normal ($W=0,825$; $p < 0,001$), sehingga digunakan uji nonparametrik *Wilcoxon signed-rank* dua sisi. Hasil pengujian membuktikan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara skor sebelum dan sesudah pembinaan ($W=0$; $p < 0,001$). Seluruh peserta yang mengalami perubahan skor (27 orang) menunjukkan arah yang positif, tanpa ada satu pun yang mengalami penurunan. Perbandingan rata-rata skor hasil *pretest* dan *post-test* disajikan dalam grafik batang pada Gambar 2.



Gambar 2. Perbandingan rata-rata skor hasil *pretest* dan *post-test*
Penerimaan Siswa dan Kepraktisan Modul TTG

Indikator kedua diukur menggunakan kuesioner yang terdiri atas tujuh aspek dengan skala penilaian 1–4 (Kurang hingga Sangat Baik) untuk mengevaluasi kepraktisan modul cetak berbasis *worked examples* dan pelaksanaan pembinaan. Data yang diperoleh dari 29 responden disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Ringkasan respons kuesioner siswa

Aspek	Rerata (1–4)	Indeks	Kategori
Kesesuaian materi dengan kebutuhan	3,17	79,3%	Baik
Kualitas materi	3,62	90,5%	Sangat baik
Kompetensi narasumber	3,52	87,9%	Sangat baik
Metode penyampaian	3,52	87,9%	Sangat baik
Kesempatan bertanya/berdiskusi	3,07	76,7%	Baik
Ketersediaan bahan ajar/modul	3,38	84,5%	Sangat baik
Manfaat terhadap kompetensi	3,52	87,9%	Sangat baik
Keseluruhan	3,40	85,0%	Sangat baik

Secara agregat, tingkat penerimaan peserta berada pada kategori sangat baik dengan rerata 3,40 dari skala 4 (85,0%). Aspek dengan apresiasi tertinggi adalah kualitas materi (3,62). Meskipun demikian, data juga menunjukkan bahwa aspek "kesempatan bertanya/berdiskusi" memperoleh skor paling rendah (3,07), yang mengindikasikan perlunya penyesuaian alokasi waktu pada implementasi di masa mendatang.

4 Pembahasan

Seluruh 29 peserta memiliki pasangan skor lengkap. Rerata skor total meningkat dari 2,07 ($SD = 2,17$; median=1; jangkauan 0–8) pada *pretest* menjadi 6,21 ($SD = 4,66$; median=4; jangkauan 1–18) pada *post-test*. Pada skala 0–100, perubahan rerata adalah 17,24 poin, dari 8,62 menjadi 25,86. Sebanyak 27 peserta meningkat, dua tetap, dan tidak ada yang menurun.

Distribusi selisih skor tidak normal berdasarkan *Shapiro–Wilk* ($W = 0,825$; $p < 0,001$), sehingga digunakan uji *Wilcoxon signed-rank*. Hasil menunjukkan perbedaan *pretest-post-test* yang signifikan ($W = 0$; $p < 0,001$). Korelasi rank-biserial sebesar 1,00 terjadi karena seluruh selisih tak nol berarah positif; Cohen's d_z sebagai ukuran tambahan adalah 1,18. Ukuran efek yang besar perlu dibaca bersama skor awal yang sangat rendah dan penggunaan instrumen identik.

Pada tingkat butir, kenaikan rerata terbesar terdapat pada butir 1 (+1,52 dari maksimum 3), diikuti butir 2 (+0,93), butir 6 (+0,66), dan butir 3 (+0,55). Butir 7 dan 8 justru berubah negatif masing-masing -0,17 dan -0,10. Pola ini menunjukkan bahwa sesi lebih berhasil memperkuat soal dasar dan menengah daripada masalah lanjut tentang pembagian siklus dan larangan pengulangan. Penurunan kecil pada butir akhir juga mungkin mencerminkan strategi alokasi waktu: setelah sesi, peserta mengerjakan lebih banyak langkah pada butir awal tetapi tidak sampai pada dua butir terakhir.

Walaupun perubahan statistik nyata, rerata *post-test* 6,21 dari 24 (25,86%) menunjukkan bahwa penguasaan absolut masih rendah. Temuan ini konsisten dengan laporan bahwa siswa dapat lebih mudah menganalisis daripada mencipta solusi lengkap pada masalah kombinatorika (Tomar et al., 2024) dan bahwa kesulitan sering muncul pada formulasi serta proses pencacahan. Bagi mitra, hasil per butir lebih berguna daripada label berhasil/gagal: materi dasar dapat dipertahankan, sedangkan butir 7–8 perlu waktu, contoh, dan bantuan bertahap yang lebih

Pembahasan kuesioner perlu dimasukkan karena memberi bukti berbeda dari tes. Tes menilai perubahan kinerja kognitif segera, sedangkan kuesioner menggambarkan penerimaan siswa terhadap proses dan kepraktisan paket. Dari 29 respons, rerata keseluruhan tujuh aspek adalah 3,40 dari 4 atau 85,0%. Nilai ini termasuk kategori sangat baik berdasarkan interval operasional 3,25–4,00. Konsistensi internal tujuh butir berada pada tingkat memadai (Cronbach's $\alpha = 0,772$), tetapi angka tersebut dipakai secara deskriptif karena butir memang mencakup beberapa aspek layanan.

Aspek dengan rerata tertinggi adalah kualitas materi (3,62; 90,5%), disusul kompetensi narasumber, metode penyampaian, dan manfaat terhadap kompetensi yang masing-masing mencapai 3,52 (87,9%). Ketersediaan modul mendapat 3,38 (84,5%). Dua aspek terendah adalah kesesuaian materi dengan kebutuhan (3,17; 79,3%) dan kesempatan bertanya/berdiskusi (3,07; 76,7%). Hasil ini selaras dengan skor *post-test*: materi dianggap berkualitas, tetapi cakupan yang padat dan waktu

diskusi terbatas belum memungkinkan sebagian besar peserta menguasai seluruh butir.

Keberlanjutan, Keterbatasan, dan Rencana Tindak Lanjut

Keberlanjutan TTG bergantung pada adopsi oleh guru, bukan hanya keberadaan file. Langkah minimal setelah kegiatan adalah menyerahkan kedua versi modul, instrumen, kisi-kisi, dan panduan dalam format PDF serta sumber yang dapat diedit. Sekolah perlu menentukan guru penanggung jawab dan lokasi penyimpanan yang mudah diakses (Meccawy, 2022). Penggunaan ulang dapat dilakukan dalam pembelajaran peluang, kelas pengayaan, klub matematika, atau persiapan seleksi akademik. Setiap penggunaan sebaiknya disertai catatan soal yang dipilih, waktu, kesulitan siswa, dan revisi yang dilakukan.

Program memiliki beberapa keterbatasan. Pertama, kegiatan berlangsung satu kali sehingga perubahan jangka panjang belum diketahui. Kedua, instrumen identik berpotensi menghasilkan efek latihan. Ketiga, waktu tes singkat tidak sebanding dengan kompleksitas seluruh butir. Keempat, validitas isi instrumen dan konsistensi antarpemilai belum diuji secara formal. Kelima, dokumentasi foto hanya merekam momen tertentu dan tidak dapat mewakili pengalaman seluruh peserta. Keenam, skor awal yang sangat rendah menimbulkan efek lantai dan membuat perubahan relatif tampak besar meskipun capaian *post-test* masih terbatas.

Perbaikan pertama adalah membuat bentuk A dan B yang paralel. Kedua bentuk perlu mengukur prinsip dan tahap berpikir yang sama, tetapi menggunakan objek serta angka berbeda. Penempatan bentuk dapat diseimbangkan pada kesempatan berbeda untuk mengurangi efek urutan. Perbaikan kedua adalah mengurangi jumlah soal menjadi empat atau lima untuk asesmen 15 menit, atau mempertahankan delapan soal dengan waktu sekurang-kurangnya 45–60 menit. Perbaikan ketiga adalah meminta dua validator menilai isi, bahasa, dan tingkat kesulitan, kemudian melakukan uji coba terbatas sebelum kegiatan berikutnya.

Perbaikan pedagogis diarahkan pada *fading* dan *self-explanation*. Contoh lengkap dapat diikuti contoh dengan langkah yang sengaja

dikosongkan, lalu soal mandiri. Pertanyaan seperti “mengapa dua kasus ini saling lepas?”, “di mana kemungkinan dihitung dua kali?”, dan “apakah rotasi dianggap berbeda?” perlu dicetak sebagai *prompt* di modul siswa. Dengan cara ini, modul tidak hanya memberi banyak soal, tetapi membentuk kebiasaan refleksi. Ngu dan Phan (2022) menekankan perlunya menghubungkan *worked examples* dengan struktur masalah; prinsip tersebut dapat diwujudkan melalui anotasi yang menamai keputusan pada setiap langkah (Ahmed et al., 2025).

Sebagai luaran TTG pendidikan, paket ini mendukung SDG 4, terutama Target 4.1 dan 4.6, melalui penyediaan pengalaman belajar tambahan yang berfokus pada hasil belajar matematika, numerasi, dan *problem-solving*. Namun, satu sesi belum menghasilkan penguasaan komprehensif; rerata *post-test* masih 25,86% dan dua butir lanjut menunjukkan penurunan kecil. Karena tes identik diberikan dalam interval pendek tanpa kelompok pembandingan, hasil tidak boleh ditafsirkan sebagai bukti kausal atau retensi. Implementasi berikutnya perlu memperlambat tempo, memperluas diskusi, menggunakan tes paralel, dan menambahkan tes tunda agar kontribusi terhadap penguatan kemampuan siswa dapat dinilai lebih kuat.

Secara kelembagaan, kolaborasi dapat dilanjutkan melalui pelatihan singkat bagi guru matematika untuk menggunakan dan menyunting paket. Guru mitra memiliki pengetahuan langsung tentang kemampuan siswa, alokasi waktu, dan kalender sekolah; tim universitas menyediakan penguatan materi dan analisis instrumen. *Co-design* semacam ini membuat TTG lebih kontekstual. Siklus penggunaan, umpan balik, revisi, dan penggunaan ulang juga menghasilkan bukti kepraktisan yang lebih kuat daripada satu kali implementasi.

5 Kesimpulan

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini berhasil mengimplementasikan paket Teknologi Tepat Guna (TTG) pendidikan berupa modul *problem-solving* berbasis *worked examples* dan instrumen evaluasi kepada 29 siswa kelas XI SMA Negeri 1 Krembung. Hasil evaluasi menunjukkan adanya peningkatan kinerja kognitif yang signifikan, di

mana rerata skor pemecahan masalah siswa meningkat dari 2,07 menjadi 6,21 pada skala 0–24 (Uji Wilcoxon, $p < 0,001$), disertai tingkat penerimaan peserta yang sangat baik mencapai 85,0% (rerata 3,40 dari 4). Meskipun demikian, capaian *post-test* yang berada pada angka 25,86% menegaskan bahwa intervensi pembinaan singkat satu kali sesi belum menghasilkan penguasaan materi kombinatorika yang komprehensif. Oleh karena itu, direkomendasikan agar sekolah dan tim pengabdian selanjutnya memperlambat tempo penyampaian, menyediakan alokasi waktu diskusi yang lebih luas, menerapkan bentuk tes yang paralel (Bentuk A dan B), serta menambahkan tes tunda (*delayed test*) untuk mengukur retensi pemahaman siswa secara jangka panjang.

6 Pengakuan

Tim menyampaikan terima kasih umumnya kepada SMA Negeri 1 Krembung, Sidoarjo, dan khususnya kepada Ibu Siwi Kuntarsih, S.Pd., M.Pd selaku Kepala Sekolah, atas kerja sama, fasilitas, dan partisipasi siswa dalam kegiatan ini. Apresiasi juga disampaikan kepada Departemen Matematika, Fakultas Sains, Teknologi, dan Matematika, Universitas Brawijaya, serta Dana Internal FSTeM 2026 atas dukungan terhadap pelaksanaan program.

7 Referensi

- Ahmed, S. K., Mohammed, R. A., Nashwan, A. J., Ibrahim, R. H., Abdalla, A. Q., M. Ameen, B. M., & Khedhir, R. M. (2025). Using thematic analysis in qualitative research. *Journal of Medicine, Surgery, and Public Health*, 6, 100198. <https://doi.org/10.1016/j.glmedi.2025.100198>
- Ayana, R. S., Nordiningsih, M., Sari, T. N., Dakir, D., & Baehaqi, L. (2025). Analysis of Academic Ability Test (TKA) Policy at SMAN 1 and SMAN 2 Palangka Raya. *Tadrib: Jurnal Pendidikan Agama Islam*, 11(2), 500–506. <https://doi.org/10.19109/tadrib.v11i2.32567>
- Clinton-Lisell, V. (2021). Stop multitasking and just read: Meta-analyses of multitasking's effects on reading performance and reading time.

Journal of Research in Reading, 44(4), 787–816.
<https://doi.org/10.1111/1467-9817.12372>

Emden, M., Sumfleth, E., & Schüßler, K. (2026). Beyond Problem Solving: Designing Concept-Building Worked Examples for Chemistry Education. *The Electronic Journal for Research in Science & Mathematics Education*, 30(2), 165–192.

Estaphan, S., Kramer, D., & Witchel, H. J. (2025). Navigating the frontier of AI-assisted student assignments: Challenges, skills, and solutions. *Advances in Physiology Education*, 49(3), 633–639.
<https://doi.org/10.1152/advan.00253.2024>

Fatahillah, A., Liyandri, V. A., & Monalisa, L. A. (2021). Senior High School Students' Higher Order Thinking Skills in Solving Combinatorics Problems. *Jurnal Pendidikan Matematika*, 16(1), 89–102.
<https://doi.org/10.22342/jpm.16.1.15121.89-102>

Hidajat, F. A. (2024). *Buku Ajar: Pengembangan Asesmen Kinerja dan Evaluasi Pembelajaran Untuk Konstruksi Berpikir Kreatif Matematika*. CV Eureka Media Aksara.

Islam, S., Azizah, N., Qomariyah, R., Fitria, A., Hamidah, N., & Masrufah, M. (2021). PKM Pendampingan Speaking Skill dengan Metode TROPIG di Wilayah Al Hasyimiyah Pondok Pesantren Nurul Jadid. *GUYUB: Journal of Community Engagement*, 2(2), 202–210.
<https://doi.org/10.33650/guyub.v2i2.2170>

Liu, J., Lin, X., Bayer, J., Dillies, Y., Jiang, W., Liang, X., Soletskyi, R., Wang, H., Xie, Y., Xiong, B., Yang, Z., Zhang, J., Zhi, L., Li, J., & Liu, Z. (2025). *CombiBench: Benchmarking LLM Capability for Combinatorial Mathematics* (arXiv:2505.03171). arXiv.
<https://doi.org/10.48550/arXiv.2505.03171>

Manapeng, C. C. (2026). Narratives of Monitoring, Evaluation, and Technical Assistance in Multigrade Classrooms of Educational Leaders and Teachers in Sagada District. *Journal of Education, Learning, and Management*, 3(2), 119–127.
<https://doi.org/10.69739/jelm.v3i2.1927>

- Meccawy, M. (2022). Creating an Immersive XR Learning Experience: A Roadmap for Educators. *Electronics*, 11(21), 3547. <https://doi.org/10.3390/electronics11213547>
- Nadila, D., Mandailina, V., Mahsup, Mehmood, S., Abdillah, & Syaharuddin. (2023). Improved Problem-Solving Skills Using Mathematics Module. *Mosharafa: Jurnal Pendidikan Matematika*, 12(2), 405–418. <https://doi.org/10.31980/mosharafa.v12i2.798>
- Nur Fadila, R., Mahmudi, A., & Rosnawati, R. (2026). Improving Students' Interest in Mathematics Learning through Problem-Based Learning with Worked Examples and Interactive Quizzes on SPLDV. *Jurnal Inovasi Matematika*, 8(1), 15–32. <https://doi.org/10.35438/inomatika.v8i1.551>
- Ovadiya, T. (2026). Beyond Problem-Solving: Interactive Worked Examples as Pathways to Dual Teacher Expertise. *Journal of Intelligence*, 14(9), 203. <https://doi.org/10.3390/jintelligence14090203>
- Permana, H., Bakri, F., Mulyati, D., Mutoharoh, M., Primasari, N., & Sabrina, P. M. (2025). Empowering Science Teachers through STEM-Based Teaching Module Development Training. *Mitra Teras: Jurnal Terapan Pengabdian Masyarakat*, 4(1), 59–66. <https://doi.org/10.58797/teras.0401.06>
- Putra, Putra, E. D., Slamin, S., Department of Computer Science, University of Jember, Jember, Indonesia, Kristiana, A. I., Department of Math. Education Postgraduate, University of Jember, Jember, Indonesia, Suwito, A., & Department of Math. Education Postgraduate, University of Jember, Jember, Indonesia. (2024). Development of Combinatorial Thinking Ability Questions for Students. *International Journal of Current Science Research and Review*, 07(09). <https://doi.org/10.47191/ijcsrr/V7-i9-58>
- Sinaga, B., Sitorus, J., & Situmeang, T. (2023). The influence of students' problem-solving understanding and results of students' mathematics learning. *Frontiers in Education*, 8, 1088556. <https://doi.org/10.3389/feduc.2023.1088556>

- Szabo, Z. K., Körtesi, P., Guncaga, J., Szabo, D., & Neag, R. (2020). Examples of Problem-Solving Strategies in Mathematics Education Supporting the Sustainability of 21st-Century Skills. *Sustainability*, 12(23), 10113. <https://doi.org/10.3390/su122310113>
- Tomar, V., Bansal, M., & Singh, P. (2024). Metaheuristic Algorithms for Optimization: A Brief Review. *Engineering Proceedings*, 59(1), 238. <https://doi.org/10.3390/engproc2023059238>
- Uripto, G., Yulianti, R., Nurfaiz, E., & Islami, I. F. (2024). Berpikir Kombinatorik: Relevansi AI dengan Model Pembelajaran Matematika. *Jurnal Teladan: Jurnal Ilmu Pendidikan dan Pembelajaran*, 9(2), 77–86. <https://doi.org/10.55719/jt.v9i2.1510>