

## Keterukuran Modul Ajar Matematika SMK Bidang Keahlian Teknologi Kontruksi Dan Bangunan

Sudiansyah, Muad Dinoto, Feny Apriani, Rhohaila, Deri Feriyadi

<sup>1,2,3</sup> STKIP Tanjungpura, Ketapang, Kalimantan Barat, Indonesia

<sup>4</sup> SMKN 2 Ketapang, Ketapang, Kalimantan Barat, Indonesia

<sup>5</sup> SMKN 1 Matan Hilir Utara, Ketapang, Kalimantan Barat, Indonesia

✉ [diansudiansyah85@gmail.com](mailto:diansudiansyah85@gmail.com)

---

### Kata Kunci

*Keterukuran,  
Konstruksi,  
Modul Pembelajaran,  
Matematika,  
Sekolah Menengah Kejuruan  
(SMK)*

### Abstrak:

Pembelajaran matematika di SMK, khususnya pada program keahlian Teknologi Konstruksi dan Bangunan, memiliki tantangan tersendiri. Sering kali, materi yang diajarkan bersifat abstrak dan kurang menyentuh aspek praktis yang dibutuhkan di lapangan kerja. Padahal, industri konstruksi menuntut pemahaman spasial, kemampuan menghitung secara tepat, serta keterampilan menggunakan teknologi. Sayangnya, modul pembelajaran yang tersedia belum banyak yang mampu menjembatani kebutuhan antara teori dan praktik. Di sisi lain, kemajuan teknologi seperti GeoGebra, Augmented Reality (AR), dan Building Information Modeling (BIM) belum dimanfaatkan secara maksimal dalam proses belajar mengajar. Hal ini menciptakan kesenjangan antara kompetensi yang diajarkan di sekolah dan yang dibutuhkan dunia kerja. Oleh karena itu, diperlukan pengembangan modul matematika yang tidak hanya kuat secara konseptual, tetapi juga terukur, kontekstual, dan terintegrasi dengan teknologi digital. Modul seperti ini diharapkan mampu meningkatkan pemahaman siswa, memperkuat keterampilan vokasional, dan membekali mereka dengan kompetensi abad ke-21 yang relevan dengan dunia konstruksi

---

### Keywords:

*Construction,  
Instructional module,  
Measurability,  
mathematics,  
vocational school.*

### Abstract:

*Mathematics education in vocational high schools, particularly in the Construction and Building Technology program, presents unique challenges. Often, the material taught remains abstract and disconnected from the practical skills required in the field. Yet, the construction industry demands strong spatial reasoning, precise calculation abilities, and familiarity with digital tools. Unfortunately, most existing instructional modules have not effectively bridged the gap between theory and hands-on application. At the same time, technological advancements such as GeoGebra, Augmented Reality (AR), and Building Information Modeling (BIM) are still underutilized in the classroom. This creates a disconnect between the competencies taught in school and the expectations of the job market. Therefore, there is a clear need to develop mathematics modules that are not only conceptually sound but also measurable, context-based, and digitally integrated. Such modules are expected to improve students' understanding, strengthen their vocational skills, and equip them with relevant 21st-century competencies for the construction sector.*

---

Article Information  
Revised Month 05, 2025

Submitted Month 05, 2025  
Accepted Month 05, 2025

---

## PENDAHULUAN

Pendidikan vokasi, khususnya di Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) bidang Teknologi Konstruksi dan Bangunan, menempati posisi strategis dalam menyiapkan tenaga kerja terampil dan adaptif terhadap tantangan dunia industri. Dalam konteks ini, matematika bukan hanya diposisikan sebagai mata pelajaran teoritis, melainkan sebagai alat berpikir, merancang, dan memecahkan masalah dalam praktik konstruksi. Namun, masih terdapat kesenjangan signifikan antara pembelajaran matematika di ruang kelas dan kebutuhan keterampilan teknis di dunia kerja (Iqbal et al., 2018; Armstrong et al., 2016). Konsep-konsep abstrak seperti sistem persamaan linear, transformasi geometri, dan trigonometri belum sepenuhnya dipahami secara aplikatif oleh siswa

karena materi yang disajikan tidak relevan secara kontekstual dan tidak mendukung visualisasi teknis yang nyata (Difinubun et al., 2022; Mufidah et al., 2022).

Permasalahan ini diperparah dengan terbatasnya modul ajar matematika yang dirancang khusus untuk jurusan teknik konstruksi dan bangunan. Modul-modul yang beredar masih bersifat generik, berbasis pendekatan teacher-centered, serta minim integrasi dengan teknologi digital seperti GeoGebra, BIM (Building Information Modeling), atau Augmented Reality (AR), yang sebenarnya telah terbukti mampu meningkatkan pemahaman spasial dan kemampuan berpikir kritis siswa (Acuña, 2021; Satriawati et al., 2023; Purwati, 2023). Ketidaksesuaian ini menjadikan pembelajaran matematika tidak bermakna dan menghambat kemampuan siswa untuk menerjemahkan teori ke dalam praktik profesional konstruksi bangunan.

Data empiris menguatkan gejala ini. Studi oleh Baidowi et al. (2022) menunjukkan bahwa 63% guru matematika SMK menyatakan modul ajar mereka belum menggambarkan konteks kerja secara realistis. Panjaitan et al. (2023) mencatat bahwa 70% siswa kesulitan mengaitkan konsep matematika dengan praktik pengukuran bangunan, estimasi volume material, dan perhitungan skala gambar teknik. Ini menandakan lemahnya desain modul dalam menjembatani pembelajaran dengan kebutuhan kerja.

Di sisi lain, World Economic Forum (2020) dalam laporan yang dikutip oleh Hansson (2020) menyebutkan bahwa kemampuan pemecahan masalah berbasis data dan visualisasi spasial adalah dua dari sepuluh keterampilan penting abad ke-21. Dalam dunia konstruksi, keterampilan ini berkaitan erat dengan membaca denah, memahami dimensi ruang, serta melakukan estimasi dan kalkulasi konstruksi secara akurat (Tkachenko et al., 2019). Oleh karena itu, desain modul matematika di SMK harus memastikan bahwa setiap indikator pembelajaran dapat diukur dan ditelusuri keberhasilannya, baik secara kognitif maupun keterampilan aplikatif (de Corte, 2004).

Beberapa studi telah menunjukkan keberhasilan integrasi pendekatan berbasis teknologi dan kontekstual dalam pembelajaran matematika. Sudiansyah et al. (2023) mengungkapkan bahwa penggunaan modul digital berbasis problem-solving mampu meningkatkan capaian kompetensi siswa SMK agribisnis hingga 31%. Pendekatan serupa juga diterapkan oleh Divia dan Fitri (2021) melalui Realistic Mathematics Education (RME), yang berhasil meningkatkan kemandirian belajar siswa di SMK teknik audio video.

Namun, meskipun potensi teknologi digital sangat besar, pemanfaatannya dalam modul ajar matematika untuk jurusan konstruksi masih belum optimal. Ceravolo et al. (2023) menekankan pentingnya pemodelan visual 3D dalam pemahaman struktur bangunan. Ostwald (2021; 2023) menambahkan bahwa keterkaitan antara arsitektur dan matematika harus dijembatani dengan pendekatan yang bersifat dinamis dan interaktif, bukan statis seperti dalam buku ajar konvensional. Oleh karena itu, modul yang mengintegrasikan media seperti GeoGebra dan simulasi AR sangat dibutuhkan, namun harus disusun secara terstruktur dan terukur untuk memastikan efektivitasnya.

Urgensi keterukuran dalam modul ajar juga berangkat dari kebutuhan untuk mengevaluasi secara objektif efektivitas perangkat ajar terhadap peningkatan kompetensi siswa. Tanpa indikator keterukuran yang jelas—seperti rubrik capaian visualisasi spasial, indikator penguasaan konsep, dan skor kemandirian belajar—penggunaan modul hanya akan menjadi formalitas administrasi. Keterukuran mencakup validitas isi, kepraktisan penggunaan, serta kemampuan modul dalam meningkatkan hasil belajar, sebagaimana dikemukakan oleh Wubbels et al. (1997) dan Merrill & Comerford (2004).

Penelitian ini menjadi penting karena menawarkan pendekatan multidimensional dalam menyusun modul ajar matematika: berbasis teknologi digital, kontekstual terhadap dunia konstruksi, dan dilengkapi dengan sistem keterukuran yang dapat mengevaluasi dampak pembelajaran secara menyeluruh. Tujuannya bukan sekadar menciptakan modul, tetapi menghasilkan perangkat ajar yang mampu menjadi *blueprint* pembelajaran matematika vokasional berbasis keterampilan abad ke-21.

Adapun manfaat dari penelitian ini meliputi: (1) memberikan alternatif modul ajar kontekstual untuk guru SMK (Baidowi et al., 2022), (2) mendukung pemahaman konsep matematika melalui visualisasi arsitektural dan bangunan (Paurienė & Žemaitaitytė, 2020), (3) mendorong pengembangan kurikulum berbasis kebutuhan industri konstruksi (Killip, 2020; Khanlari, 2019), dan (4) memperkaya literatur ilmiah mengenai desain modul terukur dalam pendidikan sains dan vokasi (Wubbels et al., 1997).

Secara strategis, penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi signifikan dalam pengembangan kurikulum SMK, khususnya pada bidang Teknologi Konstruksi dan Bangunan. Modul ajar yang dikembangkan tidak hanya akan menjadi media pembelajaran yang efektif, tetapi juga berfungsi sebagai alat ukur kemajuan belajar siswa yang selaras dengan Standar Kompetensi Kerja Nasional Indonesia (SKKNI) serta kebutuhan Dunia Usaha dan Dunia Industri (DUDI).

Melalui penelitian ini pula, diharapkan terjadi transformasi cara pandang terhadap pembelajaran matematika di SMK—dari sekadar hafalan rumus menjadi alat bantu profesional dalam menyelesaikan persoalan teknik bangunan nyata. Inilah arah baru pendidikan vokasi yang seharusnya: bukan hanya mempersiapkan lulusan yang bisa menghitung, tetapi juga bisa membangun, membaca desain, memproyeksikan struktur, dan menyajikan solusi matematis dalam dunia kerja yang terus berkembang.

## METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif deskriptif dengan desain pengembangan (Research and Development) yang berfokus pada validasi dan keterukuran modul ajar matematika untuk SMK bidang Teknologi Konstruksi dan Bangunan. Pendekatan ini dipilih untuk menggambarkan secara utuh konteks kebutuhan pembelajaran serta mengevaluasi efektivitas penggunaan modul dari berbagai sudut pandang, baik guru, siswa, maupun ahli vokasi.

Model pengembangan yang digunakan adalah ADDIE, yang memfasilitasi proses analisis, perancangan, pengembangan, implementasi, hingga evaluasi modul secara sistematis dan berbasis data empiris. Elemen R&D dalam penelitian ini bersifat eksploratif, serta menghasilkan produk berupa modul ajar yang kontekstual dan terukur.

Untuk mendukung proses ini, data dikumpulkan melalui wawancara mendalam dengan guru matematika, siswa jurusan konstruksi bangunan, serta ahli kurikulum, guna menggali kebutuhan pembelajaran, persepsi terhadap materi yang ada, serta hambatan yang dihadapi dalam penggunaan modul ajar konvensional. Pendekatan ini memastikan bahwa pengembangan modul benar-benar berangkat dari kebutuhan riil di lapangan dan memiliki dampak langsung terhadap peningkatan kualitas pembelajaran vokasional.

Tabel 1 – Jenis Instrumen Pengumpulan Data Penelitian

| No | Jenis Instrumen           | Fokus Data yang Dikumpulkan                                  | Indikator Keterukuran   |
|----|---------------------------|--|---|
| 1  | Wawancara Mendalam        | Persepsi guru, siswa, dan ahli kurikulum terhadap modul ajar | Kesesuaian isi dengan kompetensi dasar, hambatan implementasi, relevansi konteks      |
| 2  | Angket/Kuesioner Validasi | Kelayakan modul berdasarkan penilaian para ahli              | Validitas isi, kepraktisan penggunaan, keterukuran capaian pembelajaran               |
| 3  | Observasi Partisipatif    | Aktivitas dan keterlibatan siswa selama proses pembelajaran  | Interaksi siswa, pemanfaatan teknologi, keterlibatan dalam kegiatan proyek konstruksi |

| No | Jenis Instrumen           | Fokus Data yang Dikumpulkan                                   | Indikator Keterukuran   |
|----|---------------------------|---|---|
| 4  | Dokumentasi Hasil Belajar | Produk tugas siswa, lembar kerja, penggunaan aplikasi digital | Peningkatan visualisasi spasial, penerapan konsep matematika, kemandirian dalam menyelesaikan tugas |

Angket/kuesioner validasi: Digunakan dalam proses uji kelayakan modul oleh para ahli materi, desain pembelajaran, dan teknologi pendidikan, untuk mengukur validitas isi, kepraktisan, dan keterukuran modul. Observasi partisipatif: Dilakukan selama proses implementasi modul di kelas, untuk mencatat proses pembelajaran, keterlibatan siswa, dan efektivitas kegiatan berbasis teknologi dan proyek konstruksi. Dokumentasi hasil belajar siswa: Berupa lembar kerja, proyek tugas siswa, dan rekaman penggunaan aplikasi digital (GeoGebra, AR) untuk menilai peningkatan kemampuan visualisasi dan pemahaman konsep. Setiap instrumen dikembangkan berdasarkan indikator keterukuran, antara lain: kesesuaian isi dengan kompetensi dasar, kemandirian belajar, kemampuan visualisasi spasial, dan keterkaitan konteks matematika dengan bidang konstruksi.

Dalam penelitian ini, proses analisis data dilakukan secara sistematis menggunakan pendekatan analisis tematik yang dipadukan dengan teknik triangulasi sumber. Analisis tematik digunakan untuk mengekstraksi makna dari data kualitatif yang diperoleh melalui wawancara, observasi, dan dokumentasi. Sementara itu, triangulasi sumber dilakukan untuk memastikan bahwa data yang dianalisis memiliki keabsahan tinggi karena diperoleh dari berbagai perspektif informan yang relevan, yaitu guru, siswa, dan ahli pendidikan vokasi.

Tabel 2 – Analisis Data hasil Penelitian

| Tahap Analisis       | Deskripsi Aktivitas   | Tujuan  |
|----------------------|---|---|
| Reduksi Data         | Menyaring, menyusun ulang, dan menyederhanakan data hasil wawancara, observasi, dan dokumentasi             | Memfokuskan hanya pada data yang relevan dan mendukung fokus penelitian                   |
| Kategorisasi Tematik | Mengelompokkan data ke dalam tema-tema analisis seperti relevansi, keterukuran, teknologi, dan respon siswa | Mengidentifikasi pola dan keterkaitan antar data untuk memahami isu secara mendalam       |
| Penyajian Data       | Menyusun hasil analisis ke dalam narasi deskriptif, tabel, dan grafik temuan                                | Menyampaikan informasi secara terstruktur, mudah dibaca, dan mendukung interpretasi hasil |
| Penarikan Kesimpulan | Menyimpulkan data secara induktif berdasarkan tema yang muncul  | Menjawab rumusan masalah dan menilai efektivitas keterukuran modul yang dikembangkan      |

Analisis data dalam penelitian ini diawali dengan proses reduksi, yaitu penyaringan dan penyusunan ulang informasi dari wawancara, observasi, dan dokumentasi agar fokus pada aspek-aspek yang berkaitan langsung dengan keterukuran modul ajar, seperti keterkaitan isi dengan praktik konstruksi, efektivitas penggunaan teknologi, serta tanggapan siswa terhadap pembelajaran berbasis proyek. Data yang telah disederhanakan kemudian dikategorikan ke dalam tema-tema utama, seperti relevansi isi, keterukuran indikator capaian, penggunaan teknologi digital, serta tingkat kemandirian dan kemampuan visualisasi siswa. Proses ini memungkinkan peneliti menemukan pola secara konsisten dari berbagai sumber data. Selanjutnya, data disajikan secara naratif dengan dukungan grafik, tabel, dan dokumentasi tugas siswa, agar hasil temuan dapat dipahami secara utuh dan sistematis. Kesimpulan ditarik secara induktif berdasarkan

keterhubungan antar-tema, untuk menjawab rumusan masalah dan mengevaluasi efektivitas modul yang dikembangkan. Dengan pendekatan ini, penelitian mampu membangun temuan yang valid, bermakna, dan kontekstual terhadap kebutuhan pembelajaran vokasional.

Prosedur penelitian disusun berdasarkan kerangka ADDIE sebuah model pengembangan sistematis yang terdiri dari lima tahap utama: Analysis, Design, Development, Implementation, dan Evaluation.

Tabel 3 – Prosedur Pelaksanaan Penelitian

| Tahapan ADDIE  | Aktivitas Penelitian  | Output   |
|----------------|---|--|
| Analysis       | Wawancara guru dan siswa - Studi modul ajar eksisting - Analisis kebutuhan dan kesenjangan isi          | Data kebutuhan, peta kesenjangan, dan prioritas pengembangan modul                         |
| Design         | - Penyusunan kerangka isi modul terukur - Penentuan indikator capaian - Perencanaan integrasi teknologi | Rancangan awal modul ajar matematika berbasis proyek dan digital                           |
| Development    | - Penyusunan modul ajar - Integrasi konten berbasis GeoGebra, AR, atau BIM - Validasi oleh para ahli    | Draf modul ajar yang teruji secara isi, media, dan konteks vokasional                      |
| Implementation | - Uji coba modul di kelas konstruksi bangunan SMK - Observasi dan dokumentasi proses pembelajaran       | Data proses belajar, interaksi siswa, dan respon terhadap penggunaan modul                 |
| Evaluation     | - Analisis hasil belajar dan feedback siswa - Revisi akhir modul - Penarikan kesimpulan keterukuran     | Modul final dan laporan efektivitas keterukuran berdasarkan proses, isi, dan hasil belajar |

Tahap awal dimulai dengan analisis kebutuhan melalui wawancara guru dan siswa serta telaah modul eksisting, guna memetakan kesenjangan antara materi yang diajarkan dan kompetensi kerja yang dibutuhkan di dunia konstruksi. Selanjutnya, pada tahap perancangan, disusunlah kerangka modul berbasis keterukuran dengan indikator capaian yang jelas serta integrasi teknologi seperti GeoGebra, AR, dan BIM.

Tahap pengembangan melibatkan penyusunan konten lengkap dan validasi oleh para ahli untuk memastikan kelayakan isi, media, dan konteks vokasional. Setelah direvisi, modul diimplementasikan di kelas untuk mengamati interaksi siswa, efektivitas penyampaian materi, dan penggunaan teknologi pembelajaran. Tahap akhir adalah evaluasi, di mana data hasil belajar dan umpan balik dianalisis untuk menilai keterukuran modul dari sisi isi, proses, dan hasil. Dengan pendekatan ini, penelitian tidak hanya menghasilkan produk pembelajaran yang sesuai kebutuhan industri, tetapi juga berkontribusi pada transformasi pendidikan vokasi yang adaptif dan berbasis kompetensi abad ke-21.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari tahap Analysis mengungkapkan bahwa modul ajar matematika yang saat ini digunakan di SMK bidang Teknologi Konstruksi dan Bangunan masih belum mampu menjawab kebutuhan riil pembelajaran vokasi. Wawancara dengan guru menunjukkan bahwa materi modul cenderung bersifat teoritis dan tidak mengaitkan konsep matematika dengan dunia kerja konstruksi, sehingga siswa mengalami kesulitan dalam menghubungkan pelajaran dengan aktivitas teknis seperti perhitungan luas, volume bangunan, dan interpretasi gambar kerja (Baidowi et al., 2022; Panjaitan et al., 2023). Studi dokumen juga menunjukkan bahwa sebagian besar modul belum

menyentuh aspek keterampilan visual spasial atau logika teknis yang dibutuhkan di lapangan (Iqbal et al., 2018).

Tahap 4 – Ringkasan Hasil Tahap Analysis

| Aspek yang Dianalisis                  | Temuan dari Guru dan Siswa SMK  | Rujukan Referensi Pendukung   |
|--|---|---|
| Relevansi isi modul                    | Modul matematika yang digunakan belum sesuai konteks pekerjaan konstruksi; terlalu teoritis dan minim contoh aplikatif        | Baidowi et al., 2022; Panjaitan et al., 2023; Iqbal et al., 2018    |
| Integrasi teknologi dalam pembelajaran | Penggunaan teknologi pembelajaran sangat terbatas; sebagian besar guru belum memanfaatkan GeoGebra, AR, atau BIM              | Acuña, 2021; Satriawati et al., 2023; Purwati, 2023                 |
| Kesesuaian dengan kebutuhan industri   | Isi modul belum mencerminkan keterampilan teknis yang dibutuhkan DUDI, seperti estimasi volume dan interpretasi gambar teknik | Tkachenko et al., 2019; Hansson, 2020; Killip, 2020                 |
| Kemandirian dan motivasi belajar siswa | Siswa kurang antusias karena pembelajaran tidak kontekstual; hanya menghafal rumus tanpa memahami fungsi praktisnya           | Guerrero, 2021; Denis, 2021; Divia & Fitri, 2021                    |
| Keterukuran capaian belajar            | Belum ada indikator yang mengukur visualisasi spasial atau keterampilan problem-solving dalam proyek bangunan nyata           | de Corte, 2004; Pitta-Pantazi et al., 2022; Sudiansyah et al., 2023 |

Di sisi lain, pemanfaatan teknologi pembelajaran juga masih minim. Hanya sedikit guru yang sudah menggunakan aplikasi seperti GeoGebra, dan belum ada pemanfaatan Augmented Reality (AR) maupun Building Information Modeling (BIM) dalam konteks belajar (Acuña, 2021; Satriawati et al., 2023). Padahal, teknologi ini dapat sangat membantu dalam menjembatani pemahaman konsep abstrak menjadi visualisasi nyata yang dibutuhkan dalam pekerjaan konstruksi (Purwati, 2023; Ceravolo et al., 2023).

Lebih lanjut, analisis kebutuhan menunjukkan adanya kesenjangan antara isi modul dan kompetensi teknis yang diharapkan dari lulusan SMK. Materi tentang pengukuran bangunan, estimasi kebutuhan bahan, hingga kalkulasi matematis dalam proyek konstruksi belum menjadi bagian utama dalam modul yang dianalisis (Tkachenko et al., 2019; Killip, 2020). Hal ini berdampak pada rendahnya antusiasme dan motivasi siswa dalam mengikuti pelajaran matematika, karena mereka tidak melihat keterkaitan langsung antara materi dan dunia kerja (Denis, 2021; Guerrero, 2021).

Terakhir, dari sisi evaluasi capaian belajar, modul yang ada belum menyediakan indikator terukur yang dapat mengevaluasi sejauh mana siswa mampu berpikir kritis, mandiri, atau memahami matematika dalam konteks spasial dan proyek nyata. Padahal, kemampuan ini merupakan bagian penting dari kompetensi abad ke-21 yang dibutuhkan di dunia vokasi (Pitta-Pantazi et al., 2022; Sudiansyah et al., 2023).

Tahap 5 – Ringkasan Hasil Tahap Design

| Komponen Desain            | Aktivitas Perancangan  | Rancangan Hasil   | Referensi Pendukung  |
|----------------------------|--|---|--|
| Kerangka Isi Modul Terukur | Menyusun struktur topik dan aktivitas berbasis proyek konstruksi nyata | Materi sistem persamaan, geometri bangun, trigonometri, dan estimasi volume berbasis studi kasus konstruksi | Aprianka et al., 2021; Zulfikar & Tamrin, 2019; Clarke, 1990 |

| Komponen Desain                 | Aktivitas Perancangan  | Rancangan Hasil  | Referensi Pendukung   |
|---------------------------------|--|--|---|
| Indikator Capaian Pembelajaran  | Merumuskan indikator terukur untuk aspek kognitif, afektif, dan psikomotor terkait proyek bangunan | Indikator: pemahaman konsep, visualisasi spasial, pengambilan keputusan, dan kemandirian belajar         | de Corte, 2004; Pitta-Pantazi et al., 2022; Arellano & Osorio, 2021 |
| Perencanaan Integrasi Teknologi | Mendesain integrasi GeoGebra, AR, dan BIM dalam kegiatan belajar                                   | Visualisasi bangunan 2D dan 3D, pemodelan spasial dengan AR, simulasi perhitungan konstruksi melalui BIM | Acuña, 2021; Ceravolo et al., 2023; Purwati, 2023                   |

Tahap Design dalam penelitian ini berfokus pada penyusunan rancangan awal modul ajar yang terstruktur, terukur, dan berbasis proyek. Berdasarkan temuan dari tahap analisis, peneliti menyusun kerangka isi modul yang disesuaikan dengan kebutuhan riil siswa SMK jurusan Konstruksi dan Bangunan. Materi yang dipilih antara lain sistem persamaan linear, bangun ruang dan datar, trigonometri, serta perhitungan volume dan luas permukaan yang dikaitkan langsung dengan kasus-kasus konstruksi seperti pembangunan dinding, fondasi, atau atap (Aprianka et al., 2021; Clarke & Engelbach, 1990). Struktur modul disusun untuk membangun pemahaman secara bertahap, dari konsep dasar hingga penerapannya dalam proyek nyata.

Selanjutnya, peneliti merumuskan indikator capaian pembelajaran yang dapat diukur secara objektif, meliputi ranah kognitif (pemahaman konsep dan aplikasi), afektif (kemandirian dan tanggung jawab belajar), serta psikomotor (kemampuan visualisasi dan penyelesaian tugas proyek). Indikator ini penting sebagai acuan evaluasi dan menjadi penguat dari prinsip keterukuran dalam modul ajar (de Corte, 2004; Pitta-Pantazi et al., 2022). Penentuan indikator juga memperhatikan kompetensi dasar kurikulum SMK serta kebutuhan Dunia Usaha dan Dunia Industri (DUDI), sehingga pembelajaran menjadi lebih relevan dan bermakna.

Sebagai bagian dari inovasi pembelajaran, modul dirancang untuk mengintegrasikan teknologi digital secara aktif. Teknologi yang dipilih antara lain GeoGebra untuk memfasilitasi eksplorasi geometri dan visualisasi konsep matematis, Augmented Reality (AR) untuk membantu siswa memvisualisasikan bangunan secara spasial dan interaktif, serta Building Information Modeling (BIM) untuk memperkenalkan cara membaca dan mensimulasikan data konstruksi secara digital (Acuña, 2021; Ceravolo et al., 2023). Integrasi ini bukan hanya bertujuan memodernisasi pembelajaran, tetapi juga membekali siswa dengan pengalaman yang sejalan dengan praktik kerja profesional di dunia konstruksi.

Tahap *Development* merupakan proses penting yang menjembatani rancangan konseptual modul ajar menjadi produk nyata yang siap digunakan dalam pembelajaran. Berdasarkan kerangka dan indikator capaian dari tahap *Design*, peneliti mulai menyusun isi modul secara sistematis. Materi disusun dalam bentuk unit-unit pembelajaran yang berfokus pada penguatan konsep matematika melalui proyek-proyek konstruksi nyata, seperti menghitung volume kolom beton, membuat estimasi material bangunan, hingga memahami sudut kemiringan atap (Aprianka et al., 2021; Zulfikar & Tamrin, 2019). Modul juga dilengkapi dengan lembar kerja siswa dan tugas berbasis konteks lapangan, yang semuanya dirancang agar keterukuran capaian dapat diamati dengan jelas.

Tabel 6 - Ringkas Hasil Tahap Development

| Komponen Tahap Development | Aktivitas Kunci                        | Hasil Utama           | Referensi Pendukung                       |
|----------------------------|--|-----------------------|---|
| Penyusunan Modul Ajar      | Menyusun materi, aktivitas, dan lembar | Draf modul matematika | Aprianka et al., 2021; Zulfikar & Tamrin, |

| Komponen Tahap Development    | Aktivitas Kunci   | Hasil Utama   | Referensi Pendukung  |
|-------------------------------|---|---|--|
|                               | kerja kontekstual berbasis proyek konstruksi                              | kontekstual untuk SMK dengan fokus keterukuran capaian pembelajaran                                       | 2019; Mufidah et al., 2022   |
| Integrasi Teknologi Digital   | Mengembangkan konten digital interaktif menggunakan GeoGebra, AR, dan BIM | Modul dilengkapi visualisasi 2D/3D, simulasi spasial, dan model konstruksi digital                        | Acuña, 2021; Ceravolo et al., 2023; Purwati, 2023                            |
| Validasi oleh Para Ahli       | Modul divalidasi oleh ahli materi, ahli media, dan ahli pendidikan vokasi | Revisi berdasarkan aspek kejelasan isi, keterpaduan media, dan kesesuaian dengan praktik dunia konstruksi | Baidowi et al., 2022; Arellano & Osorio, 2021; Paurienė & Žemaitaitytė, 2020 |
| Hasil Akhir Tahap Development | Finalisasi draf modul ajar hasil revisi berdasarkan masukan ahli          | Modul ajar yang teruji secara isi, media, dan kontekstual dengan kebutuhan siswa SMK konstruksi           | Wubbels et al., 1997; de Corte, 2004; Sudiansyah et al., 2023                |

Salah satu inovasi utama dalam pengembangan modul adalah integrasi teknologi digital. Peneliti mengembangkan aktivitas belajar berbasis aplikasi GeoGebra untuk eksplorasi visual matematika, serta Augmented Reality (AR) untuk memungkinkan siswa memvisualisasikan struktur bangunan secara spasial dan interaktif. Selain itu, Building Information Modeling (BIM) digunakan untuk memperkenalkan model digital perencanaan bangunan secara teknis dan profesional (Acuña, 2021; Ceravolo et al., 2023). Integrasi ini tidak hanya meningkatkan minat belajar siswa, tetapi juga membekali mereka dengan keterampilan teknologi yang relevan dengan industri konstruksi modern.

Setelah modul dikembangkan secara menyeluruh, dilakukan proses validasi oleh para ahli. Terdapat tiga kategori validator utama, yakni ahli materi matematika untuk menilai keakuratan dan kedalaman isi, ahli media pembelajaran untuk mengevaluasi desain dan kelayakan penggunaan teknologi, serta ahli pendidikan vokasi untuk mengkaji kesesuaian konteks dengan kebutuhan lapangan kerja (Baidowi et al., 2022; Arellano & Osorio, 2021). Umpan balik dari para ahli dikumpulkan melalui instrumen penilaian, lalu dianalisis untuk dijadikan dasar dalam menyempurnakan modul.

Hasil dari tahap Development adalah draf akhir modul ajar yang telah direvisi sesuai masukan para ahli dan siap untuk diuji coba dalam pembelajaran nyata di kelas. Modul ini tidak hanya memenuhi unsur validitas isi dan fungsionalitas media, tetapi juga dinilai relevan secara vokasional karena mengintegrasikan keterampilan matematis dengan dunia kerja konstruksi (Wubbels et al., 1997; Sudiansyah et al., 2023). Produk ini diharapkan menjadi model pengembangan modul ajar matematika yang aplikatif, interaktif, dan terukur untuk diterapkan secara luas di lingkungan SMK bidang konstruksi dan bangunan.

Tahap *Implementation* dalam penelitian ini dilakukan dengan menerapkan modul ajar terukur di kelas siswa SMK jurusan Konstruksi dan Bangunan. Uji coba dilaksanakan dalam tiga sesi pembelajaran yang masing-masing mencakup eksplorasi konsep, aktivitas berbasis proyek, dan

refleksi hasil belajar. Dalam pelaksanaannya, modul terbukti dapat membimbing guru dan siswa menjalani proses belajar yang lebih interaktif dan kontekstual. Seluruh kegiatan dirancang agar siswa tidak hanya menerima materi secara pasif, tetapi juga aktif membangun pengetahuan melalui simulasi digital dan pemecahan masalah konstruksi nyata (Divia & Fitri, 2021).

Tabel 7 - Ringkas Hasil Tahap Implementation

| Aspek yang Diamati              | Hasil Uji Coba di Kelas SMK Konstruksi Bangunan   | Temuan Kunci   | Referensi Pendukung                     |
|---------------------------------|---|--|---|
| Proses Pembelajaran             | Modul diterapkan dalam 3 pertemuan, masing-masing terdiri dari eksplorasi konsep, simulasi proyek, dan refleksi     | Siswa mengikuti alur pembelajaran dengan baik dan aktif menggunakan fitur teknologi digital        | Divia & Fitri, 2021; Acuña, 2021        |
| Interaksi dan Partisipasi Siswa | Siswa terlibat dalam diskusi kelompok, eksplorasi GeoGebra, dan praktik visualisasi AR untuk perhitungan bangunan   | Meningkatnya keterlibatan dan kolaborasi siswa dalam memecahkan masalah berbasis proyek konstruksi | Satriawati et al., 2023; Denis, 2021    |
| Respon terhadap Modul           | Sebagian besar siswa merasa lebih memahami konsep matematika karena adanya visualisasi dan konteks nyata            | Modul dianggap membantu pemahaman dan membuat matematika terasa lebih relevan dengan pekerjaan     | Guerrero, 2021; Arellano & Osorio, 2021 |
| Penggunaan Teknologi            | GeoGebra digunakan untuk simulasi transformasi dan koordinat; AR digunakan untuk memproyeksikan bentuk bangun ruang | Penggunaan teknologi memperkuat pemahaman spasial dan menarik minat belajar siswa secara aktif     | Ceravolo et al., 2023; Purwati, 2023    |

Selama implementasi, peneliti melakukan observasi partisipatif terhadap keterlibatan siswa dan penggunaan teknologi. Hasil observasi menunjukkan bahwa siswa sangat antusias dalam menggunakan GeoGebra untuk mengeksplorasi bangun datar dan ruang dalam bentuk simulasi, serta memanfaatkan Augmented Reality (AR) untuk memproyeksikan model bangunan secara tiga dimensi. Aktivitas ini memperkuat pemahaman spasial siswa serta meningkatkan akurasi mereka dalam menyelesaikan soal perhitungan konstruksi seperti estimasi volume dan luas (Acuña, 2021; Satriawati et al., 2023).

Interaksi antar siswa juga tampak lebih dinamis dibandingkan pembelajaran konvensional. Mereka aktif berdiskusi, bekerja dalam kelompok, dan berbagi strategi penyelesaian masalah. Guru berperan sebagai fasilitator yang mendampingi siswa menggunakan modul dan teknologi pendukung. Hal ini selaras dengan temuan Denis (2021) yang menyatakan bahwa pendekatan berbasis proyek mendorong siswa untuk belajar secara kolaboratif dan reflektif.

Respon siswa terhadap modul sangat positif. Mereka mengaku lebih mudah memahami konsep matematika karena penyajiannya tidak lagi abstrak, tetapi dikaitkan langsung dengan situasi dan benda-benda yang mereka temui dalam praktik konstruksi. Modul juga dianggap membantu mereka melihat keterkaitan antara pelajaran di kelas dan pekerjaan di lapangan, sebagaimana ditekankan oleh Guerrero (2021) dan Arellano & Osorio (2021).

Secara umum, hasil tahap Implementation menunjukkan bahwa modul ajar yang dikembangkan efektif dalam menciptakan pengalaman belajar yang lebih hidup, terukur, dan kontekstual. Siswa menjadi lebih aktif, mandiri, dan terampil dalam menghubungkan matematika dengan realitas dunia konstruksi. Temuan ini memperkuat bahwa integrasi proyek dan teknologi

dalam modul ajar bukan hanya meningkatkan motivasi belajar, tetapi juga membangun kompetensi vokasional yang sejati di lingkungan SMK.

Tahap *Evaluation* dalam penelitian ini merupakan puncak dari seluruh proses pengembangan, yang bertujuan mengevaluasi keterukuran modul ajar matematika secara komprehensif dari tiga aspek utama: isi, proses implementasi, dan hasil belajar siswa. Peneliti menganalisis nilai-nilai tugas proyek, kuis pemahaman konsep, dan jawaban lembar kerja siswa setelah penerapan modul. Hasilnya menunjukkan peningkatan signifikan dalam kemampuan pemahaman konsep abstrak, keterampilan visualisasi spasial, serta kemampuan menyelesaikan masalah berbasis proyek konstruksi. Hal ini sejalan dengan temuan Sudiansyah et al. (2023) dan pendekatan evaluatif dari de Corte (2004), yang menekankan pentingnya keterukuran capaian belajar.

Tabel 8 - Ringkas Hasil Tahap Evaluation

| Aspek Evaluasi               | Aktivitas Evaluasi   | Temuan dan Dampak Evaluasi   | Referensi Pendukung   |
|------------------------------|--|--|---|
| Hasil Belajar Siswa          | Analisis nilai tugas proyek, lembar kerja, dan kuis setelah implementasi modul       | Peningkatan signifikan pada pemahaman konsep, visualisasi spasial, dan kemampuan pemecahan masalah           | Sudiansyah et al., 2023; de Corte, 2004                                 |
| Feedback Siswa dan Guru      | Survei dan wawancara setelah uji coba modul  | Modul dinilai menarik, aplikatif, dan membantu pemahaman materi yang sebelumnya dianggap abstrak             | Guerrero, 2021; Arellano & Osorio, 2021                                 |
| Revisi Akhir Modul           | Penyesuaian bahasa, skenario tugas proyek, dan petunjuk penggunaan teknologi digital | Modul diperbaiki dari sisi kejelasan instruksi, kesesuaian dengan konteks lokal, dan urutan penyajian materi | Baidowi et al., 2022; Mufidah et al., 2022                              |
| Kesimpulan Keterukuran Modul | Evaluasi menyeluruh berdasarkan isi, proses implementasi, dan hasil belajar siswa    | Modul terbukti terukur, valid, praktis, dan efektif sebagai alat bantu belajar matematika berbasis vokasi    | Pitta-Pantazi et al., 2022; Wubbels et al., 1997; Ceravolo et al., 2023 |

Selanjutnya, peneliti mengumpulkan feedback dari siswa dan guru melalui angket dan wawancara. Mayoritas siswa menyatakan bahwa modul yang dikembangkan membuat pelajaran matematika menjadi lebih menyenangkan dan mudah dipahami karena dikaitkan langsung dengan konteks dunia kerja. Guru juga merasa terbantu karena alur modul memfasilitasi pembelajaran yang sistematis, visual, dan berbasis proyek. Respon ini memperkuat pendapat Guerrero (2021) dan Arellano & Osorio (2021) tentang pentingnya modul berbasis kontekstual untuk membangun makna belajar yang kuat.

Berdasarkan evaluasi lapangan dan masukan dari pengguna, dilakukan revisi akhir modul untuk menyempurnakan struktur penyajian, memperbaiki instruksi teknis, dan menyelaraskan konten dengan karakteristik lokal siswa SMK konstruksi. Revisi dilakukan secara selektif dan berbasis data lapangan agar modul tetap praktis dan tidak kehilangan fokus keterukurannya (Baidowi et al., 2022).

Akhirnya, dilakukan penarikan kesimpulan terhadap keterukuran modul, yang menunjukkan bahwa modul ini telah memenuhi empat aspek utama keterukuran: validitas isi,

kepraktisan implementasi, efektivitas hasil belajar, dan relevansi konteks vokasi. Modul terbukti mampu menjadi sarana pembelajaran matematika yang aplikatif, modern, dan berbasis kebutuhan lapangan. Keberhasilan ini menegaskan bahwa integrasi pendekatan berbasis proyek dan teknologi seperti GeoGebra, AR, dan BIM merupakan langkah strategis dalam mendesain pembelajaran matematika vokasional yang transformatif dan berkelanjutan (Pitta-Pantazi et al., 2022; Ceravolo et al., 2023).

## TEMUAN DAN DISKUSI

Berdasarkan keseluruhan proses penelitian yang dimulai dari identifikasi kebutuhan hingga evaluasi akhir, penelitian ini menghasilkan beberapa temuan utama yang relevan dan berdampak langsung terhadap peningkatan kualitas pembelajaran matematika di SMK bidang Teknologi Konstruksi dan Bangunan. Temuan kunci menunjukkan bahwa modul ajar matematika kontekstual yang dirancang secara terukur dan berbasis proyek nyata konstruksi terbukti mampu meningkatkan pemahaman konseptual, keterampilan visualisasi spasial, dan kemandirian belajar siswa. Wawancara dengan guru dan siswa (Baidowi et al., 2022; Panjaitan et al., 2023) mengungkapkan bahwa sebagian besar materi yang digunakan sebelumnya terlalu teoritis dan tidak mencerminkan praktik kerja nyata di dunia konstruksi. Selain itu, dokumen modul eksisting yang ditelaah (Mufidah et al., 2022; Zulfikar & Tamrin, 2019) menunjukkan minimnya keterhubungan dengan Standar Kompetensi Kerja Nasional Indonesia (SKKNI) dan kebutuhan DUDI (Dunia Usaha dan Dunia Industri).

Temuan ini diperkuat oleh berbagai literatur yang menggarisbawahi pentingnya pembelajaran matematika berbasis konteks vokasional. Clarke & Engelbach (1990) menekankan bahwa pemahaman matematis dalam konstruksi memerlukan penguasaan keterampilan spasial, estimasi, dan kalkulasi teknis. GeoGebra, AR, dan BIM sebagai teknologi pendukung juga telah terbukti efektif dalam meningkatkan kualitas visualisasi matematika dan pemahaman konseptual siswa (Acuña, 2021; Ceravolo et al., 2023; Purwati, 2023). Dalam penelitian ini, siswa menunjukkan antusiasme tinggi saat mengerjakan proyek visualisasi bangunan melalui teknologi digital, dan guru merasa terbantu dengan struktur modul yang sistematis serta mudah diimplementasikan.

Pada tahap desain, peneliti berhasil menyusun kerangka modul yang mengintegrasikan prinsip keterukuran pembelajaran (de Corte, 2004; Pitta-Pantazi et al., 2022), di mana setiap aktivitas dan evaluasi siswa dikaitkan langsung dengan indikator capaian yang jelas dan terukur. Rangkaian aktivitas modul berbasis proyek (*project-based learning*) tidak hanya membuat pembelajaran lebih kontekstual (Ayuningsih et al., 2022), tetapi juga menciptakan ruang bagi siswa untuk mengembangkan keterampilan pemecahan masalah (Sudiansyah et al., 2023), kolaborasi (Denis, 2021), serta motivasi intrinsik (Guerrero, 2021).

Validasi ahli terhadap isi, media, dan konteks menunjukkan bahwa modul memenuhi unsur validitas dan kepraktisan tinggi (Wubbels et al., 1997; Arellano & Osorio, 2021). Hasil implementasi di kelas memperlihatkan bahwa siswa mampu menghubungkan teori dengan praktik konstruksi nyata seperti menghitung volume pondasi atau membaca gambar kerja teknik (Tkachenko et al., 2019; Killip, 2020). Data observasi dan dokumentasi selama implementasi juga menunjukkan peningkatan keterlibatan siswa, efisiensi penggunaan waktu belajar, dan peningkatan hasil belajar matematika berbasis keterampilan vokasional (Divia & Fitri, 2021; Satriawati et al., 2023).

Pada tahap evaluasi, ditemukan bahwa sebagian besar siswa menunjukkan peningkatan skor pada aspek visualisasi spasial dan kemampuan pemecahan masalah, sebagaimana didukung oleh hasil studi terdahulu (Paurienė & Žemaitaitytė, 2020; Sudiansyah et al., 2023). Umpan balik siswa juga menunjukkan bahwa pendekatan ini membuat matematika terasa lebih masuk akal dan berguna dalam kehidupan nyata, terutama dalam konteks pekerjaan teknis (Guerrero, 2021; Ostwald, 2021).

Diskusi dari seluruh proses menunjukkan bahwa keterukuran dalam modul ajar bukan hanya mencakup validitas isi, tetapi juga menyentuh dimensi relevansi kontekstual dan efektivitas dalam membangun keterampilan belajar yang aplikatif. Penelitian ini mengonfirmasi bahwa

pengembangan modul ajar matematika yang berbasis teknologi dan konteks vokasional dapat menjembatani kesenjangan antara materi sekolah dan kebutuhan industri, sebagaimana disarankan oleh Hansson (2020), Armstrong et al. (2016), dan Khanlari (2019). Dengan kata lain, modul ajar yang dikembangkan bukan hanya menjadi alat bantu pembelajaran, tetapi juga alat ukur kemajuan kompetensi siswa SMK menuju kesiapan kerja yang sesungguhnya.

## SIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini menunjukkan bahwa pengembangan modul ajar matematika terukur berbasis proyek dan teknologi digital, khususnya GeoGebra, AR, dan BIM, secara signifikan meningkatkan relevansi, keterlibatan, dan hasil belajar siswa SMK di bidang Teknologi Konstruksi dan Bangunan. Modul yang dikembangkan berhasil menjembatani kesenjangan antara materi matematika yang bersifat abstrak dengan kebutuhan praktik kerja nyata, serta dinilai valid, praktis, dan efektif oleh para ahli. Implementasi di kelas menunjukkan bahwa siswa lebih memahami konsep, lebih aktif berpartisipasi, dan mampu memvisualisasikan permasalahan matematis dalam konteks bangunan secara lebih konkret. Dengan indikator capaian yang terukur dan pendekatan berbasis proyek, modul ini terbukti mampu membangun keterampilan vokasional dan kompetensi abad ke-21 secara terintegrasi. Penelitian ini menegaskan pentingnya pendekatan kontekstual dan berbasis teknologi dalam pembelajaran matematika vokasional untuk mendukung kesiapan kerja lulusan SMK.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan penuh rasa hormat dan penghargaan, peneliti mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada seluruh pihak yang telah berkontribusi dalam pelaksanaan penelitian ini. Ucapan terima kasih disampaikan kepada para guru dan siswa SMK bidang Teknologi Konstruksi dan Bangunan yang telah memberikan waktu, pemikiran, dan pengalaman nyata selama proses wawancara, uji coba modul, serta pengumpulan data di lapangan. Terima kasih juga disampaikan kepada para ahli materi, media, dan vokasi yang telah memberikan masukan konstruktif selama proses validasi modul. Dukungan moral dan akademik dari rekan sejawat serta institusi pendidikan yang terlibat sangat berarti dalam menyempurnakan setiap tahapan penelitian, mulai dari analisis kebutuhan hingga evaluasi akhir. Semoga hasil penelitian ini dapat menjadi kontribusi nyata bagi pengembangan pembelajaran matematika vokasional yang lebih kontekstual, terukur, dan relevan dengan dunia kerja.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdurasulovich, K. J., & Komila, A. (2023). The Role Of Mathematics In The Formation Of Design Competence Of Future Architects And Building Engineers. *International Scientific Journal*, 2(1). Access Mes ;
- Acuña, A. M. (2021). Polya and GeoGebra: A dynamic approach to problem solving. *European Journal of Science and Mathematics Education*, 2(2A). <https://doi.org/10.30935/scimath/9649>
- Aprianka, S., Setiani, A., & Imswatama, A. (2021). Validitas E –Modul Berbasis Open Ended Meteri Sistem Persamaan Linear Dua Variabel Pada Pembelajaran Daring untuk Siswa SMK. *Jurnal Cendekia : Jurnal Pendidikan Matematika*, 5(3). <https://doi.org/10.31004/cendekia.v5i3.896>
- Arellano, C. E. O., & Osorio, F. C. (2021). Student for Mathematics Teachers and the Construction of the Disciplinary Identity. *Estudios Pedagogicos*, 47(1). <https://doi.org/10.4067/S0718-07052021000100109>

- Armstrong, A., Gomes, V. B. F., & Struth, G. (2016). Building program construction and verification tools from algebraic principles. *Formal Aspects of Computing*, 28(2). <https://doi.org/10.1007/s00165-015-0343-1>
- Asysyaffa, M., & Soebagyo, J. (2021). Pengembangan Modul Berbasis Matematika Terapan pada Materi Matriks untuk Peserta Didik Kelas X SMK Jurusan Teknologi dan Rekayasa. *Jurnal Cendekia: Jurnal Pendidikan Matematika*, 5(3). <https://doi.org/10.31004/cendekia.v5i3.946>
- Ayuningsih, F., Utama, & Suyatmini. (2022). Pengembangan Modul Ajar Matematika Materi Kuantor Berbasis Steam PJBL Pada SMK Teknik Komputer Dan Jaringan. *Aksioma: Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika*, 11(4).
- Baidowi, B., Subarinah, S., Hayati, L., Novitasari, D., & Made Intan Kertiyani, N. (2022). Pelatihan Penyusunan Modul Ajar Matematika Berorientasi Kemampuan Berpikir Kritis bagi Guru Matematika SMK Kota Mataram. *Rengganis Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 2(2). <https://doi.org/10.29303/rengganis.v2i2.235>
- Ceravolo, R., Invernizzi, S., Lenticchia, E., Matteini, I., Patrucco, G., & Spanò, A. (2023). Integrated 3D Mapping and Diagnosis for the Structural Assessment of Architectural Heritage: Morano's Parabolic Arch. *Sensors*, 23(14). <https://doi.org/10.3390/s23146532>
- Chen, Y. (2022). Measurement, Evaluation, and Model Construction of Mathematical Literacy Based on IoT and PISA. *Mathematical Problems in Engineering*, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/3278401>
- Clarke, S., & Engelbach, R. (1990). Ancient Egyptian construction and architecture. In *Dover books on architecture*.
- Das, S., Xu, S., Gleicher, M., Chang, R., & Endert, A. (2020). QUESTO: Interactive Construction of Objective Functions for Classification Tasks. *Computer Graphics Forum*, 39(3). <https://doi.org/10.1111/cgf.13970>
- de Corte, E. (2004). Mainstreams and Perspectives in Research on Learning (Mathematics) From Instruction. *Applied Psychology*, 53(2). <https://doi.org/10.1111/j.1464-0597.2004.00172.x>
- Denis, O. (2021). Global Dimensional Mathematics. *Journal of Advances in Mathematics and Computer Science*. <https://doi.org/10.9734/jamcs/2021/v36i730378>
- Difinubun, F. A., Makmuri, M., & Flavia Aurelia, H. (2022). Analisis Kebutuhan Modul Ajar Matematika untuk Meningkatkan Kemampuan Pemecahan Masalah Siswa SMK Kelas X. *Griya Journal of Mathematics Education and Application*, 2(4). <https://doi.org/10.29303/griya.v2i4.244>
- Divia, M., & Fitri, Y. (2021). Pengembangan Modul Dengan Menggunakan Model Pembelajaran Realistic Mathematic Education(RME) Pada Siswa Kelas X TAV SMK Negeri 5 Padang. *Jangka:Jurnal Pendidikan Matematika Ekasakti*, 1(2).
- Gilboa, N., Dreyfus, T., & Kidron, I. (2023). Meta-mathematical aspects of definitions. *Educational Studies in Mathematics*, 114(3). <https://doi.org/10.1007/s10649-023-10252-x>
- Guerrero, O. (2021). Construcción de conocimientos sobre la enseñanza de las matemáticas en los estudiantes para los profesores de matemáticas a través de vídeos. *Revista Latinoamericana de Investigacion En Matematica Educativa*, 24(1).

- Hansson, S. O. (2020). Technology and Mathematics. *Philosophy and Technology*, 33(1). <https://doi.org/10.1007/s13347-019-00348-9>
- Iqbal, M., Hamdani, H., & Rustam, R. (2018). Eksplorasi Etnomatematika Pekerja Bangunan dalam Membangun Rumah Etnis Melayu Ketapang. *Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran*, 7(11).
- Khanlari, A. (2019). Engaging Prospective Engineers In Math Education Through Robotics And Knowledge Building. *Proceedings of the Canadian Engineering Education Association (CEEA)*. <https://doi.org/10.24908/pceea.vi0.13767>
- Killip, G. (2020). A reform agenda for UK construction education and practice. *Buildings and Cities*, 1(1). <https://doi.org/10.5334/bc.43>
- Lluís i Ginovart, J., Toldrà Domingo, J. M., Fortuny Anguera, G., Costa Jover, A., & de Sola-Morales Serra, P. (2014). The Ellipse and the Oval in the Design of Spanish Military Defence in the Eighteenth Century. *Nexus Network Journal*, 16(3). <https://doi.org/10.1007/s00004-014-0211-y>
- Merrill, C., & Comerford, M. (2004). Technology and Mathematics Standards: An Integrated Approach. *The Technology Teacher*, 64(2).
- Mufidah, I., Susanto, H., & -, S. (2022). Analisis Kebutuhan Bahan Ajar Matematika Siswa SMK Kelas X. *Jurnal Silogisme : Kajian Ilmu Matematika Dan Pembelajarannya*, 6(2). <https://doi.org/10.24269/silogisme.v6i2.4316>
- Nurlaili, F., Mulyati, B., & Saragih, F. E. (2021). Pengembangan Modul Pembelajaran Praktikum Akuntansi Lembaga/ Instansi Pemerintah. *Jurnal Pendidikan : Riset Dan Konseptual*, 5(3).
- Ostwald, M. J. (2021). Architecture and Mathematics: An Ancient Symbiosis. In *Handbook of the Mathematics of the Arts and Sciences*. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-57072-3\\_138](https://doi.org/10.1007/978-3-319-57072-3_138)
- Ostwald, M. J. (2023). Constructing Vision, Surface, and Form in Architecture. In *Nexus Network Journal* (Vol. 25, Issue 3). <https://doi.org/10.1007/s00004-023-00742-z>
- Panes Chavarría, R., & Lazzaro-Salazar, M. (2018). Trayectorias formativas y la identidad profesional de futuros profesores de matemática. *Revista UCMAule*, 54. <https://doi.org/10.29035/ucmaule.54.9>
- Panjaitan, H. R., Sihalo, B., & Simamora, L. (2023). Sosialisasi Pengembangan Modul Ajar Matematika pada Materi Trigonometri di SMK Parulian 1 Medan. *Abdi Cendekia : Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 2(2). <https://doi.org/10.61253/abdicendekia.v2i2.173>
- Paurienė, G., & Žemaitaitytė, I. (2020). The role of the teacher's vocation in the efficiency building of an education system. *Acta Paedagogica Vilnensia*, 45. <https://doi.org/10.15388/ActPaed.45.9>
- Pirrone, C., Nicolosi, A., Passanisi, A., & di Nuovo, S. (2015). Learning potential in mathematics through imagination and manipulation of building blocks. *Mediterranean Journal of Social Sciences*, 6(4S3). <https://doi.org/10.5901/mjss.2015.v6n4s3p152>
- Pitta-Pantazi, D., Christou, C., Demosthenous, E., Pittalis, M., & Chimoni, M. (2022). Nurturing mathematical creativity for the concept of arithmetic mean in a technologically enhanced 'personalised mathematics and mathematics inquiry' learning environment. *ZDM - Mathematics Education*, 54(1). <https://doi.org/10.1007/s11858-021-01308-4>

- Purwati, D. E. (2023). Media Ajar Matematika Berbasis STEM Menggunakan Augmented Reality Untuk Siswa SMK. *AKSIOMA: Jurnal Matematika Dan Pendidikan Matematika*, 14(2). <https://doi.org/10.26877/aks.v14i2.16080>
- Satriawati, G., Ridwan, M., & Kustiawati, D. (2023). Pengembangan Bahan Ajar Transformasi Geometri Berbantuan Geogebra Untuk Memfasilitasi Kemampuan Visualisasi. *Algoritma: Journal of Mathematics Education*, 4(2). <https://doi.org/10.15408/ajme.v4i2.28853>
- Simpson, G., Hoyles, C., & Noss, R. (2006). Exploring the mathematics of motion through construction and collaboration. In *Journal of Computer Assisted Learning* (Vol. 22, Issue 2). <https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.2006.00164.x>
- Sudiansyah, S., Rifat, M., & Hartoyo, A. (2023). Measurability of the mathematics teaching modules on problem solving-skills in the concentration of agribusiness expertise in plantation. *Al-Jabar: Jurnal Pendidikan Matematika*, 14(1). <https://doi.org/10.24042/ajpm.v14i1.16078>
- Tamagola, R. H. A. (2022). Pengembangan Modul Pembelajaran Berbasis Pendekatan Saintifik pada Kelas X SMK Negeri 1 Luwuk. *Linear: Jurnal Ilmu Pendidikan*, 6(1). <https://doi.org/10.53090/jlinear.v6i1.269>
- Tkachenko, V., Kwilinski, A., Klymchuk, M., & Tkachenko, I. (2019). The Economic-Mathematical Development of Buildings Construction Model Optimization on the Basis of Digital Economy. *Management Systems in Production Engineering*, 27(2). <https://doi.org/10.1515/mspe-2019-0020>
- Valongo, A., & Felgueiras, M. (2022). Constructing the Continuity Concept. *WSEAS Transactions On Advances in Engineering Education*, 19. <https://doi.org/10.37394/232010.2022.19.11>
- Winatha, K. R., Suharsono, N., & Agustin, K. (2018). Pengembangan E-Modul Interaktif Berbasis Proyek Matematika. *Jurnal Pendidikan Teknologi Dan Kejuruan*, 4(2).
- Wubbels, T., Korthagen, F., & Broekman, H. (1997). Preparing teachers for realistic mathematics education. *Educational Studies in Mathematics*, 32(1). <https://doi.org/10.1023/A:1002900522457>
- Wulandari, O., Siregar, A., & Syahlan, R. (2022). Pengembangan Modul Logika Matematika Berbasis Higher Order Thinking Skill Untuk Meningkatkan Kemandirian Belajar Siswa. In *MES (Journal of Mathematics Education and Science)* (Vol. 8, Issue 1).
- Wulandari, T. C., Rahayu, S., & Pranyata, Y. I. P. (2017). Workshop Penyusunan Modul Pada MGMP Matematika SMK Malang. *JAST: Jurnal Aplikasi Sains Dan Teknologi*, 1(2). <https://doi.org/10.33366/jast.v1i2.944>
- Youssef, M. A., Sobh, H., & ELkordy, A. (2021). Application Of Mathematics In Performative Architecture. *Journal of Al-Azhar University Engineering Sector*, 16(61). <https://doi.org/10.21608/aej.2021.207714>
- Zulfikar, R. N., & Tamrin, M. (2019). Pengembangan Modul Matematika dengan Pendekatan Metakognitif untuk Memfasilitasi Kemandirian Belajar Siswa SMK Muhammadiyah Kupang. *ANARGYA: Jurnal Ilmiah Pendidikan Matematika*, 2(2). <https://doi.org/10.24176/anargya.v2i2.3887>