

Implementasi Pembelajaran *STEM-CT* Berbantuan *Modular Geometric Motif-Tool (MGM-Tool)* pada Materi Transformasi Geometri di SMK Negeri 3 Tasikmalaya

**Siti Fauziah*¹, Syafa Al Qolbi Al Mujahidah², Vina Delia Gustina³, Yola Fatmasari⁴,
Yuhyin Nupus⁵, Nani Ratnaningsih⁶, Hetty Patmawati⁷**

^{1,2,3,4,5}Program Studi Pendidikan Profesi Guru, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan. Universitas Siliwangi, Jawa Barat, Indonesia

^{6,7}Program Studi Pendidikan Matematika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan. Universitas Siliwangi, Jawa Barat, Indonesia

Email Corresponding Author: sifau.fauziah19@gmail.com.

Info Artikel

Article history:

Kirim: 13/06/2026
Perbaikan: 24/06/2026
Terima: 29/06/2026
Publikasi: 30/06/2026

Kata-kata kunci:

STEM-CT;
Modular Geometric Motif-Tool;
Computational Thinking;
Presisi Geometris;
Studi Kasus.

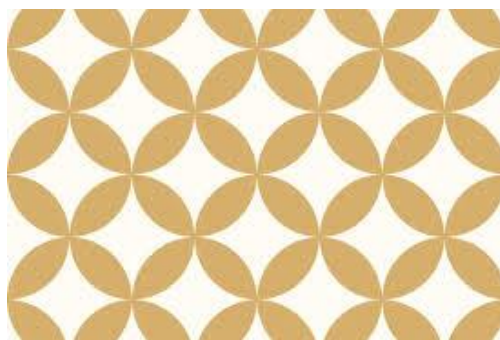
ABSTRAK

Pembelajaran geometri transformasi, khususnya materi translasi dan rotasi di sekolah, sering kali disajikan secara konvensional dan sebatas pada kertas. Keterbatasan visualisasi ini menyebabkan murid kesulitan membayangkan bagaimana aplikasi tersebut digunakan dalam dunia kerja. Di sisi lain, ketika konsep rotasi diintegrasikan dengan pembuatan batik kreatif, muncul hambatan teknis berupa ketidakpresisian sudut pencapan dan ketidakseragaman jarak antar-objek yang membuat motif saling bertumpuk serta tidak simetris. Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan implementasi proyek pembelajaran *Science, Technology, Engineering, and Mathematics* terintegrasi *Computational Thinking (STEM-CT)* berbantuan alat inovatif *Modular Geometric Motif-Tool (MGM-Tool)*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa meskipun terdapat keterbatasan mekanis alat yang memicu deviasi visual pada kain, penggunaan *MGM-Tool* dalam alur proyek terstruktur ini terbukti efektif meningkatkan visualisasi spasial, kemampuan pemecahan masalah teknis, serta berhasil menstimulasi empat fondasi *computational thinking* murid. Implikasi dari penelitian ini menegaskan bahwa pemanfaatan media fisik manipulatif yang murah sangat efektif untuk mendukung penguatan Profil Pelajar Pancasila pada sektor ekonomi kreatif di sekolah kejuruan.

1. PENDAHULUAN

Pembelajaran geometri transformasi merupakan salah satu domain matematika sekolah yang memiliki urgensi tinggi karena berkaitan erat dengan kemampuan penalaran spasial dan visualisasi objek murid. Di tingkat pendidikan menengah kejuruan, penguasaan terhadap konsep transformasi seperti translasi dan rotasi menjadi fondasi penting bagi murid untuk mengembangkan keterampilan teknis dalam berbagai bidang keahlian desain dan manufaktur kreatif. Namun, proses pembelajaran materi translasi dan rotasi geometri masih didominasi oleh pendekatan teoritis yang berpusat pada papan tulis dan pengerjaan soal di atas kertas. Keterbatasan visualisasi ini menyebabkan murid mengalami hambatan belajar dalam mengaitkan formula matematis abstrak dengan fenomena atau produk nyata di lingkungan sekitar mereka (Sari & Wijaya, 2017)

Salah satu upaya strategis untuk menjembatani jurang pemisah antara matematika abstrak dan realitas kehidupan adalah melalui pendekatan etnomatematika yang mengintegrasikan matematika dengan unsur budaya lokal seperti seni pembuatan batik tradisional (Pradhan, 2017). Pola-pola geometris pada kain batik, seperti struktur pada motif Batik Kawung, sejatinya menyimpan konsep transformasi rotasi yang sangat kaya terhadap suatu titik pusat koordinat tertentu (Purnama et al., 2020). Kendati demikian, tantangan besar muncul ketika murid mencoba merekonstruksi atau membuat pola batik secara manual di kelas. Tanpa bantuan media penunjang yang memadai, murid kerap kali gagal menjaga konsistensi jarak antar-elemen motif dan akurasi besar sudut perputaran. Berdasarkan observasi awal, hasil karya visual geometri murid masih banyak yang tumpang tindih dan tidak simetris. Hal ini sejalan dengan temuan Pebianto dan Zanthi (2019) yang menyatakan bahwa tingkat pemahaman matematis abstrak murid di lapangan memang masih tergolong rendah.



Gambar 1. Motif Batik Kawung (Sumber: Ambarrukmo Group, 2026).

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, integrasi pendekatan *Science, Technology, Engineering, and Mathematics* yang dipadukan dengan *Computational Thinking (STEM-CT)* menawarkan sebuah kerangka kerja pembelajaran baru yang solutif. Melalui pembelajaran berbasis proyek *STEM-CT*, murid tidak hanya dituntut memahami rumus matematika, melainkan diajak melakukan rekayasa menggunakan nalar komputasi yang terstruktur. Kebaruan dalam penelitian ini terletak pada pemanfaatan inovasi media pembelajaran manipulatif fisik yang murah, ramah lingkungan, dan presisi tinggi bernama *Modular Geometric Motif-Tool (MGM-Tool)*. Alat ini dirancang menggunakan konsep daur ulang dari modifikasi tabung suntikan ukuran 50 cc yang diintegrasikan secara presisi dengan busur derajat fisik serta mekanisme sumbu pivot berbahan jarum penunjuk koordinat. Dengan antarmuka modular berbasis perekat *velcro*, murid dapat dengan mudah mengganti kepala stempel yang polanya telah didekomposisi secara mandiri di dalam Lembar Kerja Murid (LKM).

Fokus utama dalam penelitian ini adalah mengkaji bagaimana alur implementasi proyek pembelajaran *STEM-CT* berbantuan *MGM-Tool* ini berjalan di ruang kelas dalam mentransformasi pemahaman geometri murid. Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendeskripsikan secara mendalam implementasi proyek *STEM-CT* berbantuan *MGM-Tool* pada materi transformasi geometri translasi dan rotasi di SMK Negeri 3 Tasikmalaya. Penelitian ini secara khusus menguraikan bagaimana alur pengerjaan LKM berbasis berpikir

komputasi mampu menuntun murid dalam merancang algoritma produksi kain batik, menganalisis bagaimana alat *MGM-Tool* membantu meningkatkan tingkat presisi jarak dan sudut visual pada produk kain batik kreatif yang dihasilkan, serta mengidentifikasi kemampuan komunikasi matematis murid selama sesi evaluasi melalui kegiatan presentasi di depan kelas.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menerapkan desain studi kasus dengan pendekatan kualitatif pada murid kelas XI SMK untuk mengeksplorasi secara mendalam implementasi pembelajaran berbasis *STEM-CT* melalui penggunaan alat *MGM-Tool*. Data dikumpulkan selama proses pembelajaran menggunakan empat instrumen utama, yakni Lembar Kerja Murid (LKM), rubrik penilaian penggunaan alat, rubrik penilaian hasil produk, serta rubrik presentasi kelompok, yang kemudian dianalisis secara deskriptif-kualitatif untuk memetakan capaian berpikir komputasi, kualitas hasil karya batik, serta kemampuan murid dalam mengatasi kendala teknis dalam konteks pembelajaran nyata.

Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan desain studi kasus (*case study*). Desain ini dipilih karena fokus penelitian adalah mengeksplorasi secara mendalam proses implementasi pembelajaran berbasis *STEM-Computational Thinking (STEM-CT)* dan efektivitas penggunaan alat *MGM-Tool* dalam mengatasi kendala presisi pada pembelajaran batik di kelas SMK. Pendekatan studi kasus ini memungkinkan peneliti untuk memperoleh gambaran komprehensif mengenai aktivitas murid, dinamika diskusi, serta upaya penyelesaian masalah teknis yang muncul selama proyek berlangsung, sehingga temuan yang dihasilkan bersifat autentik dan kontekstual. Hal ini sependapat dengan Robert K. Yin (Nur'aini, 2020) bahwa karakteristik utama dalam studi kasus ini adalah berfokus pada kasus tunggal atau multikasus yang dipelajari dalam kehidupan nyata, dapat menjelaskan hubungan sebab akibat dengan mengembangkan teori dalam fase desain penelitian yang bergantung pada sumber bukti, dan menghasilkan generalisasi teori.

Populasi dan Sampel

Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh murid kelas XI SMK Negeri 3 Tasikmalaya. Pemilihan sampel dilakukan dengan menggunakan teknik *purposive sampling*, yaitu teknik penentuan sampel dengan pertimbangan atau kriteria tertentu. Subjek penelitian yang dipilih adalah murid kelas XI Tekstil 1 yang sedang melaksanakan proyek pembuatan produk batik kreatif.

Penentuan subjek ini didasarkan pada keterlibatan aktif mereka dalam alur pembelajaran proyek "*Infinite Bio-Cycle*". Dalam pelaksanaannya, murid dibagi ke dalam kelompok-kelompok kecil (terdiri dari 4-5 orang per kelompok) untuk memfasilitasi kolaborasi dan penerapan *Computational Thinking (CT)* dalam desain motif batik. Kelompok tersebut, termasuk kelompok yang diwakili oleh murid, dipilih sebagai unit analisis karena telah mengikuti seluruh tahapan pembelajaran, mulai dari perancangan motif pada LKM, praktik membuat motif dengan menggunakan *MGM-Tool*, hingga presentasi akhir di depan kelas,

sehingga memenuhi kriteria sebagai unit analisis yang valid. Data demografis subjek mencakup murid kelas XI SMK.

Instrumen Penelitian

Data dalam penelitian ini dikumpulkan melalui empat instrumen utama yang dirancang untuk menangkap proses dan hasil belajar murid secara komprehensif, yaitu: (1) Lembar Kerja Murid (LKM) berbasis *STEM-CT* yang digunakan untuk merekam proses berpikir murid dalam merencanakan motif yang akan dibuat; (2) Rubrik Penilaian Produk (Artefak Kain Batik Kreatif) yang digunakan untuk menilai kualitas fisik kain batik, meliputi presisi geometri, presisi jarak, kualitas cetakan, dan kreativitas modifikasi motif sebagai bukti efektivitas *MGM-Tool*; (3) Lembar Observasi dan Rubrik Penilaian Presentasi Kelompok yang digunakan untuk mengukur performa kualitatif murid, kemampuan evaluasi dan refleksi, serta kerja sama tim; dan (4) Lembar Catatan Lapangan atau Protokol Dokumentasi Visual yang digunakan untuk merekam kejadian penting secara kronologis, termasuk diskusi murid, penggunaan alat, presentasi hasil, dan solusi atas kendala teknis di kelas.

Teknik atau Prosedur Pengumpulan Data

Prosedur pengumpulan data dilakukan selama proses pembelajaran berlangsung melalui observasi langsung dan pendokumentasian visual. Peneliti bertindak sebagai instrumen utama yang mencatat secara sistematis aktivitas murid di lapangan, mulai dari tahap perencanaan pengerjaan motif di LKM hingga presentasi hasil akhir, guna memperoleh data yang autentik terkait efektivitas strategi pembelajaran yang diterapkan.

Teknik Analisis Data

Data yang terkumpul dianalisis menggunakan teknik analisis deskriptif kualitatif. Teknik ini dipilih untuk mengolah data mentah dari rubrik, observasi, dan catatan lapangan menjadi temuan yang bermakna. Analisis dilakukan dengan cara memetakan dan mendeskripsikan tiga aspek utama: (1) Capaian berpikir komputasi murid, (2) Kualitas hasil karya batik, dan (3) Kemampuan murid dalam mengatasi kendala teknis selama penggunaan *MGM-Tool*. Hasil analisis disajikan secara naratif untuk menggambarkan efektivitas strategi pembelajaran yang diterapkan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Bagian ini menyajikan hasil analisis implementasi pembelajaran *STEM-CT* menggunakan bantuan *Modular Geometric Motif-Tool (MGM-Tool)* pada materi transformasi geometri di SMK Negeri 3 Tasikmalaya. Data penelitian diperoleh melalui pembuatan pola batik menggunakan *MGM-Tool*.

Integrasi Dimensi STEM dalam Aktivitas Pembelajaran

Pada proses percetakan pola batik menggunakan *MGM-Tool*, murid mengintegrasikan *STEM* dalam aktivitas pembelajarannya. *STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics)* yang dilakukan di antaranya pada bidang *Science*: murid menganalisis sifat

DOI: <https://doi.org/10.63976/jimat.v7i2.1441>

kohesi dan adhesi tinta pada stempel agar melekat sempurna ke atas kain tanpa mengalami kebocoran. Kohesi adalah kemampuan partikel suatu zat untuk saling tarik-menarik karena jenis partikelnya yang sama. Sedangkan adhesi adalah gaya tarik-menarik antarpartikel yang berbeda jenis (Jualiana et al., 2024). Sifat adhesi dan kohesi memiliki peranan penting dalam menentukan kualitas tinta stempel pada kain. Adhesi membantu tinta melekat kuat pada serat kain, sedangkan kohesi menjaga tinta tetap menyatu sehingga tidak menyebar dan bocor. Dengan memahami kedua sifat tersebut, murid dapat menganalisis faktor-faktor yang memengaruhi hasil cetakan dan menemukan cara menghasilkan cap kain yang rapi, jelas, dan tahan lama.

Pada bidang *Technology* dan *Engineering*, murid mampu merancang kepala stempel secara modular menggunakan *velcro interface* pada penampang silinder tabung suntikan 50 cc dan memanfaatkan mekanisme sumbu pivot (jarum) sebagai jangkar koordinat (0,0). Hasil penelitian menunjukkan bahwa murid pada bidang *Technology* dan *Engineering* mampu merancang kepala stempel modular menggunakan *velcro interface* yang dipasang pada penampang silinder tabung suntikan 50 cc. Desain modular tersebut memungkinkan kepala stempel dilepas dan dipasang kembali dengan mudah sehingga meningkatkan fleksibilitas penggunaan alat pada berbagai variasi motif cetak. Pemanfaatan *velcro* sebagai sistem penghubung terbukti efektif karena memiliki daya rekat yang cukup kuat namun tetap praktis dalam proses pergantian komponen. Selain itu, murid juga berhasil memanfaatkan mekanisme sumbu pivot berupa jarum sebagai jangkar koordinat (0,0) pada pusat penampang lingkaran. Sistem pivot ini berfungsi menjaga kestabilan posisi kepala stempel saat proses pengecapan berlangsung, sehingga tekanan yang diberikan menjadi lebih merata. Dengan adanya titik pusat tersebut, hasil cetakan terlihat lebih presisi dan konsisten dibandingkan dengan penggunaan stempel tanpa sistem poros pengendali.

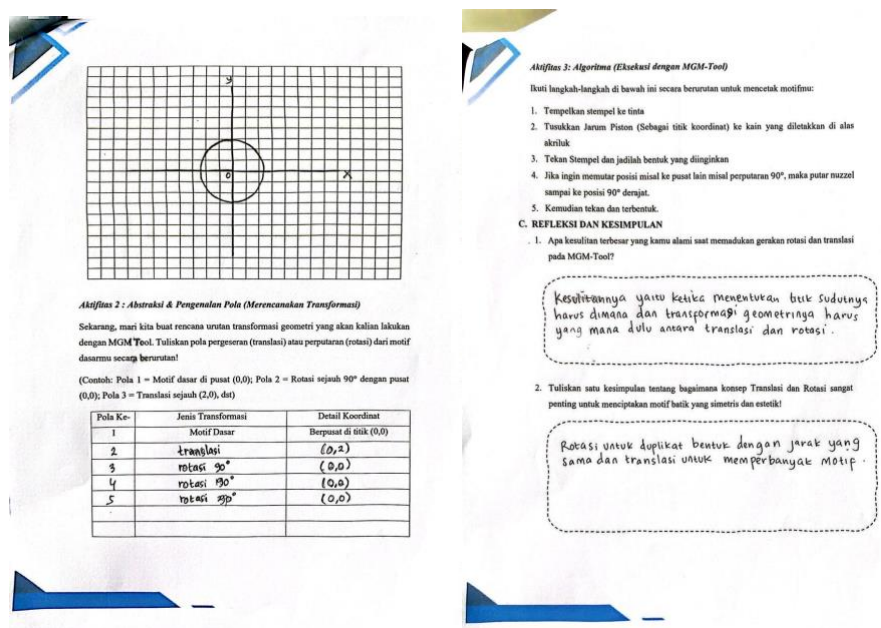
Pada bidang *Mathematics*, murid mampu menerapkan rumus rotasi lingkaran penuh 360° dan mempraktikkan akurasi sudut (90° , 120° , atau 240°) menggunakan parameter busur derajat fisik bawaan alat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada bidang *Mathematics*, murid mampu menerapkan konsep rotasi lingkaran penuh sebesar 360° dalam proses penggunaan alat stempel modular. Murid memahami bahwa satu putaran penuh pada sistem rotasi menghasilkan perpindahan sudut sebesar 360° , sehingga setiap perubahan posisi kepala stempel dapat diatur berdasarkan besar sudut tertentu sesuai kebutuhan pola cetakan. Dalam praktiknya, murid memanfaatkan parameter busur derajat fisik yang terintegrasi pada alat untuk menentukan tingkat akurasi rotasi. Penggunaan penanda sudut tersebut membantu murid melakukan pengaturan posisi pada sudut 90° , 120° , dan 240° secara lebih presisi. Ketepatan sudut yang dihasilkan menunjukkan bahwa murid mampu menghubungkan konsep geometri lingkaran dengan penerapan mekanisme rotasi pada alat rekayasa sederhana. Selain itu, hasil pengamatan menunjukkan bahwa penggunaan busur derajat fisik bawaan alat meningkatkan kemampuan visualisasi matematis murid dalam memahami hubungan antara sudut, titik pusat, dan arah rotasi. Murid dapat menentukan posisi pola cetakan secara sistematis berdasarkan pembagian sudut lingkaran sehingga menghasilkan susunan motif yang lebih simetris dan konsisten.

Analisis Aktivitas LKM Berbasis Computational Thinking

Hasil penelitian menunjukkan bahwa aktivitas dalam LKM berbasis *Computational Thinking (CT)* mampu mendorong murid untuk berpikir sistematis, logis, dan terstruktur dalam menyelesaikan permasalahan pada proses perancangan desain batik geometris menggunakan *MGM-Tool*. *Computational thinking* merupakan pendekatan berpikir sistematis yang digunakan untuk menganalisis serta menyelesaikan masalah kompleks melalui tahapan dekomposisi, abstraksi, pengenalan pola, dan penyusunan algoritma. Kemampuan ini tidak hanya penting dalam bidang ilmu komputer, tetapi juga memiliki peran yang signifikan dalam pembelajaran matematika karena dapat melatih murid untuk berpikir kritis, kreatif, logis, dan terstruktur dalam menyelesaikan berbagai permasalahan (Al-Hafizha et al., 2025). Melalui tahapan kegiatan yang disusun dalam LKM, murid tidak hanya melakukan praktik secara langsung, tetapi juga dilatih untuk menganalisis masalah matematika, menyusun langkah kerja, serta mengevaluasi hasil cetakan yang diperoleh. Didukung oleh penelitian (Damayanti et al., 2020) yang menyatakan bahwa murid antusias pada saat pembelajaran dengan menggunakan alat peraga, di mana setiap murid berdiskusi dengan sungguh-sungguh untuk mengerjakan LKM. Berdasarkan hasil implementasi di lapangan, aktivitas Murid dalam menyelesaikan LKM dan proyek desain batik ini merefleksikan empat fondasi *CT* pada tabel berikut:

Tabel 1. Aktivitas Murid dalam Menyelesaikan LKM dan Merefleksikan Empat Fondasi *CT*

Fondasi <i>Computational Thinking</i>	Kegiatan Murid
Dekomposisi	Murid mampu memecah tugas besar perancangan struktur desain batik menjadi komponen-komponen yang lebih kecil dan sederhana. Murid mengidentifikasi dan mengisolasi satu bentuk motif dasar terlebih dahulu, kemudian memisahkan elemen transformasi sebelum diimplementasikan secara massal pada media cetak.
Pengenalan Pola	Murid mampu mengenali karakteristik keteraturan geometris pada motif batik. Mereka memahami bahwa keindahan visual batik terbentuk dari perulangan motif dasar yang konsisten. Murid juga mengenali pola hubungan matematis: jika menginginkan motif yang sejajar berbaris, maka digunakan pola <i>translasi</i> ; sedangkan jika menginginkan motif yang simetris melingkar, maka digunakan pola <i>rotasi</i> .
Abstraksi	Murid mampu menyederhanakan ide visual batik yang kompleks ke dalam bentuk model matematika di LKM. Mereka mengabaikan detail estetika warna atau kerumitan media sesaat dan memilih untuk fokus pada informasi penting berupa variabel koordinat, seperti menentukan arah pergeseran serta menetapkan titik pusat (0,0) dan besar sudut putar untuk posisi motif selanjutnya.
Algoritma	Murid mampu menyusun instruksi dan langkah kerja logis yang terstruktur untuk mengeksekusi desain mereka. Hal ini terlihat saat murid mengisi tabel perencanaan urutan cetak (misalnya: memetakan langkah dari Pola 1 di titik awal, dilanjutkan dengan Pola 2 dengan rotasi, hingga pola seterusnya), lalu mengeksekusinya menggunakan <i>MGM-Tool</i> secara bertahap, hingga mengomunikasikannya dalam bentuk presentasi kelompok di akhir sesi.



Gambar 2. Sampel Hasil Pengisian LKM Murid pada Aktifitas Perencanaan Koordinat Transformasi (Abstraksi & Pengenalan Pola)

Kualitas Produk Kain Batik Kreatif dan Performa Presentasi murid

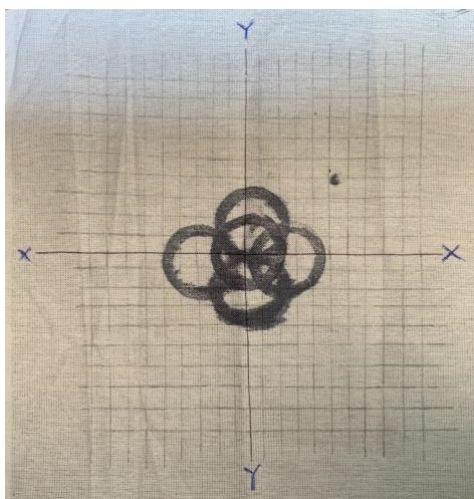
Berdasarkan hasil analisis terhadap artefak kain batik yang dihasilkan oleh murid menggunakan *MGM-Tool*, ditemukan adanya dinamika kualitas produk yang sangat dipengaruhi oleh aspek mekanis alat. Berbeda dengan ekspektasi awal mengenai presisi tinggi, hasil cetakan motif batik secara visual menunjukkan adanya penurunan tingkat kerapian dan konsistensi pola pada beberapa bagian kain. Motif yang dicetak cenderung mengalami pergeseran posisi, bahkan dalam beberapa kasus terjadi tumpang tindih (*overlapping*) antarpola. Akibatnya, keseragaman jarak antarelemen motif tidak terjaga secara konsisten, sehingga tampilan visual batik menjadi kurang simetris dan proporsional.

Ketidakakuratan ini bersumber pada kendala teknis perangkat utama *MGM-Tool*, khususnya pada kondisi jarum pivot yang berfungsi sebagai pusat koordinat. Hasil observasi menunjukkan bahwa penggunaan jarum pivot yang tumpul atau kurang kokoh menyebabkan titik pusat rotasi menjadi tidak stabil selama proses pencetakan manual. Akibatnya, terjadi deviasi sudut saat murid melakukan rotasi pola.

Selain masalah pergeseran koordinat, kendala signifikan juga ditemukan pada kualitas visual cetakan, di mana tinta kerap merembes atau beleber di sekitar tepi motif. Fenomena tinta beleber ini mengindikasikan adanya ketidakstabilan tekanan (*pressure*) saat alat ditekan ke permukaan kain, serta keterbatasan material alat dalam menahan viskositas tinta secara optimal. Tinta yang meluber keluar dari batas pola ini menyamarkan detail geometris dari transformasi matematika yang ingin ditunjukkan, sehingga mengurangi nilai estetika visual artefak secara keseluruhan.

Meskipun kualitas artefak fisik yang dihasilkan belum mencapai tingkat presisi yang optimal, proses pembelajaran berbasis proyek ini tetap memberikan dampak positif yang signifikan terhadap kemampuan kognitif dan reflektif murid. Hal ini terlihat jelas pada sesi presentasi dan pameran produk. Murid menunjukkan rasa percaya diri yang tinggi saat mengomunikasikan konsep matematika yang mendasari pembuatan batik tersebut. Mereka mampu menguraikan hubungan logis antara rotasi sudut, penentuan titik pusat koordinat, dan konsep transformasi geometri secara komunikatif, meskipun hasil cetakan fisiknya mengalami distorsi.

Secara keseluruhan, kegagalan teknis dalam mencapai presisi dan kebersihan cetakan (tinta beleber) tidak serta-merta menghilangkan esensi pembelajaran. Penerapan teknologi sederhana ini justru menjadi media eksperimen yang kaya, di mana murid tidak hanya belajar mempraktikkan teori matematika, tetapi juga melatih ketelitian, keterampilan teknis, dan kemampuan pemecahan masalah (*problem solving*) ketika menghadapi realita bahwa alat yang mereka gunakan memiliki keterbatasan mekanis.



Gambar 3. Sampel Hasil Produk Kain Batik yang Dibuat oleh Murid

Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa implementasi pembelajaran *STEM-CT* berbantuan *Modular Geometric Motif-Tool (MGM-Tool)* pada materi transformasi geometri di SMK Negeri 3 Tasikmalaya mampu meningkatkan keterlibatan aktif murid serta membantu mereka memahami konsep geometri secara lebih kontekstual dan aplikatif. Jannah et al. (2024) menyatakan bahwa implementasi pembelajaran matematika berbasis *STEM* terbukti mampu meningkatkan kemampuan berpikir kritis, kreativitas, dan pemecahan masalah karena murid terlibat dalam aktivitas yang menghubungkan konsep matematika dengan situasi nyata. Kondisi tersebut terlihat pada penelitian ini ketika murid tidak hanya mempelajari konsep transformasi geometri secara teoritis, tetapi juga menerapkannya secara langsung melalui aktivitas perancangan dan percetakan pola batik menggunakan *MGM-Tool*. Temuan ini sejalan dengan pendapat (Oktaviani et al., 2022) yang menyatakan bahwa *STEM* ini membuat murid tidak hanya mengikuti pembelajaran secara teori saja, tetapi juga dapat menggunakan keahliannya dalam mengaplikasikan ide dengan membuat proyek.

Pada bidang *Science*, murid terlibat aktif dalam menganalisis sifat kohesi dan adhesi tinta pada stempel agar dapat melekat sempurna ke atas kain tanpa mengalami kebocoran. Keterlibatan murid dalam aktivitas investigasi tersebut sejalan dengan karakteristik pembelajaran berbasis proyek yang menempatkan peserta didik sebagai pusat pembelajaran. (Hidayatulloh & Nurjanah, 2024) Menjelaskan bahwa pembelajaran berbasis proyek memberikan kesempatan kepada murid untuk melakukan eksplorasi, observasi, dan evaluasi terhadap permasalahan nyata sehingga pemahaman konsep yang diperoleh menjadi lebih mendalam. Oleh karena itu, analisis terhadap sifat kohesi dan adhesi tidak hanya membantu murid memahami konsep sains, tetapi juga mengaitkannya dengan kualitas produk batik yang dihasilkan. Pemahaman sains ini membantu murid menemukan cara menghasilkan cetakan kain yang rapi, jelas, dan tahan lama. Temuan ini sejalan dengan teori konstruktivistik yang menyatakan bahwa pengetahuan akan jauh lebih bermakna apabila diperoleh melalui pengalaman dan manipulasi objek secara langsung di lapangan (Nuraini et al., 2024).

Keterlibatan aktif murid selama proses pembelajaran juga menunjukkan bahwa pendekatan *STEM-CT* mampu menggeser paradigma pembelajaran dari yang berpusat pada guru (*teacher-centered*) menjadi berpusat pada murid (*student-centered*) (Jannah et al., 2024). Integrasi ini mendorong murid untuk menghubungkan konsep matematika dengan disiplin rekayasa pada bidang *Technology* dan *Engineering*. Desain modular ini terbukti meningkatkan fleksibilitas alat karena komponennya dapat dilepas dan dipasang kembali dengan mudah untuk berbagai variasi motif cetak. Pemanfaatan *velcro* efektif sebagai sistem penghubung karena memiliki daya rekat kuat namun tetap praktis saat proses pergantian komponen dilakukan. Efektivitas rekayasa ini diperkuat oleh keberhasilan murid memanfaatkan mekanisme sumbu pivot berupa jarum sebagai jangkar koordinat (0,0) pada pusat penampang lingkaran. Sistem pivot ini berfungsi menjaga kestabilan posisi kepala stempel saat proses pengecapan berlangsung sehingga tekanan menjadi lebih merata. Kehadiran titik pusat tersebut membuat hasil cetakan terlihat jauh lebih presisi dan konsisten dibandingkan dengan penggunaan stempel konvensional tanpa sistem poros pengendali. Hasil ini mendukung pandangan bahwa integrasi STEM dalam pembelajaran matematika dapat menjembatani konsep abstrak dengan aktivitas rekayasa yang aplikatif dan bermakna bagi murid (Permanasari, 2016).

Pemahaman murid terhadap konsep geometri diwujudkan secara konkret pada bidang *Mathematics*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa murid mampu menerapkan rumus dan konsep rotasi lingkaran penuh sebesar 360° dalam proses penggunaan stempel modular. Murid memahami bahwa satu putaran penuh pada sistem rotasi menghasilkan perpindahan sudut sebesar 360° , sehingga perubahan posisi kepala stempel dapat diatur berdasarkan besar sudut tertentu sesuai kebutuhan pola cetakan. Dalam praktiknya, murid memanfaatkan parameter busur derajat fisik bawaan alat untuk menentukan tingkat akurasi rotasi pada sudut 90° , 120° , dan 240° secara presisi. Ketepatan sudut ini membuktikan bahwa murid mampu menjembatani konsep geometri lingkaran yang abstrak menjadi lebih konkret melalui penerapan mekanisme rotasi pada alat rekayasa sederhana. Penggunaan busur derajat fisik tersebut terbukti meningkatkan kemampuan visualisasi matematis murid dalam memahami hubungan antara sudut, titik pusat, dan arah rotasi, sehingga mereka dapat menentukan posisi pola secara

sistematis demi menghasilkan susunan motif batik yang simetris dan konsisten. Hal ini membuktikan bahwa *MGM-Tool* tidak hanya berfungsi sebagai alat bantu estetika, melainkan sebagai media pembelajaran manipulatif yang mengoptimalkan pengalaman visual dan kinestetik murid (Sundayana, 2016).

Selain dimensi *STEM*, penerapan LKM berbasis *Computational Thinking (CT)* terbukti mampu mendorong murid untuk berpikir secara lebih sistematis, logis, kritis, kreatif, dan terstruktur dalam menyelesaikan masalah perancangan desain batik geometris menggunakan *MGM-Tool*. Pendekatan *CT* membantu murid melakukan analisis masalah matematika, menyusun langkah kerja, serta mengevaluasi hasil cetakan yang diperoleh. Temuan ini mendukung pendapat (Khusna & Saltifa, 2026) yang mengemukakan bahwa *Computational Thinking* memiliki peran signifikan dalam pembelajaran matematika untuk melatih murid berpikir kritis, kreatif, logis, dan terstruktur dalam menyelesaikan berbagai permasalahan. Aktivitas murid dalam LKM ini secara nyata merefleksikan empat fondasi *CT*. Pada tahap dekomposisi, murid berhasil memecah tugas besar desain menjadi komponen kecil dengan mengisolasi satu bentuk motif dasar terlebih dahulu sebelum menerapkan transformasi secara massal. Pada pengenalan pola, murid mengenali keteraturan geometris perulangan motif dan memahami hubungan matematis bahwa pola translasi digunakan untuk motif sejajar berbaris, sedangkan pola rotasi digunakan untuk motif simetris melingkar. Fondasi abstraksi ditunjukkan saat murid menyederhanakan ide visual kompleks dengan mengabaikan detail estetika warna sesaat, lalu memilih fokus pada informasi esensial berupa variabel matematika seperti arah pergeseran, koordinat pusat (0,0), dan besar sudut putar. Terakhir, fondasi algoritma terlihat dari kemampuan murid menyusun instruksi langkah kerja logis yang terstruktur saat mengisi tabel urutan cetak dari titik awal hingga pola seterusnya menggunakan *MGM-Tool*, kemudian mengomunikasikannya melalui presentasi kelompok. Integrasi ini membuktikan bahwa berpikir komputasional merupakan keterampilan fundamental yang membantu individu menyelesaikan masalah secara sistematis dan efisien (Suwanto et al., 2025).

Di sisi lain, hasil penelitian terhadap artefak kain batik yang dihasilkan menunjukkan adanya dinamika kualitas produk yang sangat dipengaruhi oleh aspek mekanis alat. Berbeda dengan ekspektasi awal mengenai presisi yang tinggi, hasil cetakan secara visual menunjukkan penurunan tingkat kerapian dan konsistensi pola, seperti terjadinya pergeseran posisi dan tumpang tindih (*overlapping*) antarpola pada beberapa bagian kain. Akibatnya, keseragaman jarak antarelemen motif tidak terjaga sehingga visual batik menjadi kurang simetris dan proporsional. Ketidakakuratan ini bersumber pada kendala teknis *MGM-Tool*, di mana penggunaan jarum pivot yang tumpul atau kurang kokoh menyebabkan titik pusat rotasi menjadi tidak stabil dan memicu deviasi sudut saat pencetakan manual berlangsung. Kendala signifikan juga ditemukan pada kualitas visual cetakan akibat tinta yang kerap merembes atau beleber di sekitar tepi motif. Fenomena tinta beleber ini mengindikasikan adanya ketidakstabilan tekanan (*pressure*) saat alat ditekan ke permukaan kain, serta keterbatasan material alat dalam menahan viskositas tinta secara optimal. Rembesan tinta tersebut pada akhirnya menyamarkan detail geometris dari transformasi matematika yang ingin ditunjukkan dan mengurangi nilai estetika visual artefak secara keseluruhan.

Meskipun kualitas artefak fisik belum mencapai tingkat presisi yang optimal akibat keterbatasan mekanis alat, kegagalan teknis tersebut tidak serta-merta menghilangkan esensi pembelajaran. Proses pembelajaran berbasis proyek ini tetap memberikan dampak positif yang signifikan terhadap kemampuan kognitif dan reflektif peserta didik, terutama pada sesi presentasi dan pameran produk. Murid menunjukkan rasa percaya diri yang tinggi saat mengomunikasikan konsep matematika yang mendasari pembuatan batik tersebut. Mereka mampu menguraikan hubungan logis antara rotasi sudut, penentuan titik pusat koordinat, dan konsep transformasi geometri secara komunikatif meskipun hasil cetakan fisiknya mengalami distorsi. Penerapan teknologi sederhana ini justru menjadi media eksperimen yang kaya (*meaningful learning*), di mana murid tidak hanya mempraktikkan teori matematika secara pasif, tetapi juga melatih ketelitian, keterampilan teknis, dan kemampuan pemecahan masalah (*problem solving*) ketika menghadapi realita keterbatasan mekanis alat di lapangan (Ariyanti, 2017).

Kebaruan (*novelty*) dari penelitian ini terletak pada pengembangan *MGM-Tool* berbasis *Modular Stamp Head* berbantuan sistem *velcro* dan mekanisasi poros jarum pivot fisik. Ketika penelitian-penelitian terdahulu mengenai transformasi geometri umumnya berfokus pada penggunaan alat peraga visual statis atau beralih sepenuhnya ke media digital, penelitian ini justru mengintegrasikan media fisik interaktif manipulatif, pendekatan *STEM-CT*, serta aktivitas kebudayaan berupa perancangan motif batik dalam satu kesatuan pembelajaran yang utuh. Pemanfaatan material sederhana seperti tabung suntikan 50 cc dan jarum sebagai pengendali sumbu koordinat menunjukkan bahwa pembelajaran matematika di jenjang SMK dapat dikembangkan secara inovatif, ekonomis, sekaligus melatih keterampilan berpikir tingkat tinggi yang dibutuhkan pada abad ke-21.

4. KESIMPULAN

Implementasi proyek pembelajaran *STEM-CT* berbantuan *Modular Geometric Motif-Tool (MGM-Tool)* pada materi transformasi geometri rotasi di kelas XI Tekstil 1 SMK Negeri 3 Tasikmalaya berhasil mentransformasi pembelajaran geometri dari pendekatan konvensional menjadi pengalaman belajar kontekstual berbasis produksi seni batik. LKM berbasis *Computational Thinking* terbukti mampu menuntun murid berpikir sistematis melalui empat fondasi berpikir komputasi, yaitu dekomposisi motif, abstraksi putaran, pengenalan pola tekanan, dan penyusunan algoritma, sehingga murid tidak hanya menghafal rumus, tetapi juga mampu memahami proses produksi secara terstruktur dan bermakna. *MGM-Tool* sebagai media manipulatif fisik berbahan *upcycled material* juga terbukti efektif dalam membantu murid menjaga akurasi sudut rotasi dan konsistensi jarak antar-motif melalui mekanisme pivot dan busur derajat terintegrasi yang memberikan umpan balik geometris secara langsung dan terukur. Selain itu, kegiatan presentasi kelompok berhasil mengembangkan kemampuan komunikasi matematis, evaluasi diri, serta kolaborasi murid dalam merefleksikan hasil karya dan keputusan desain yang dibuat.

Kontribusi penelitian ini menegaskan bahwa pemanfaatan media manipulatif fisik berbasis bahan daur ulang yang murah dan ramah lingkungan dapat menjadi solusi inovatif dalam menciptakan pengalaman belajar *STEM-CT* yang autentik di sekolah kejuruan, sekaligus

DOI: <https://doi.org/10.63976/jimat.v7i2.1441>

memperkaya literatur mengenai integrasi etnomatematika, *project-based learning*, dan penguatan Profil Pelajar Pancasila dalam konteks pendidikan vokasional Indonesia. Namun, penelitian ini masih memiliki keterbatasan karena hanya dilaksanakan dalam satu siklus proyek pada satu kelas XI Tekstil, sehingga generalisasi temuan perlu dilakukan secara hati-hati. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya direkomendasikan untuk memperluas subjek penelitian ke berbagai kompetensi keahlian dan konteks sekolah kejuruan, mengembangkan mekanisme pengunci sudut *MGM-Tool* yang lebih stabil, menerapkan desain eksperimen dengan kelompok kontrol atau pendekatan *mixed-method*, serta mengembangkan variasi modul proyek untuk materi transformasi geometri lainnya seperti translasi, refleksi, dan dilatasi agar dampak pendekatan ini terhadap pemahaman konseptual dan kemampuan berpikir komputasi murid dapat dikaji secara lebih komprehensif.

REFERENSI

- Al-Hafizha, A., Rohati, & Pasaribu, F. T. (2025). *PEngembangan E-Lkpd Berbasis Problem Based Learning Untuk Meningkatkan Computational Thinking Siswa Kelas X*. 4(2), 755–766.
- Ariyanti, M. (2017). Perbandingan Keefektifan Model Project-Based Learning dan Problem-Based Learning ditinjau Dari ketercapaian Tujuan Pembelajaran. *Jurnal Pendidikan Matematika Dan Sains*, 5(1), 1–10. <https://doi.org/10.21831/jpms.v5i1.13469>
- Damayanti, T., Tita Rosita, N., & Koswara, U. (2020). Penerapan Model Learning Cycle 5E Berbantuan Alat Peraga Dalam Upaya Meningkatkan Kemampuan Koneksi Matematis. *Symmetry: Pasundan Journal of Research in Mathematics Learning and Education*, 5(volume 5), 44–58. <https://doi.org/10.23969/symmetry.v5i1.2924>
- Hidayatulloh, N. F., & Nurjanah, N. (2024). Analisis Kemampuan Literasi Matematis Melalui Discovery Learning Dengan Pendekatan Rme. *PHI: Jurnal Pendidikan Matematika*, 8(2), 331. <https://doi.org/10.33087/phi.v8i2.408>
- Jannah, G. F., Syarifah, K. I., Robicha, N., Rasilah, R., Tinggi, S., Dan, K., Pendidikan, I., & Ulama, N. (2024). *Cendikia Cendikia*. 2(10), 415–422.
- Jualiana, E. P., Arnandha, Y., & Rakhmawati, A. (2024). Pengujian Kuat Rekat Sambungan Kayu Menggunakan Cyanoacrylate Adhesive dengan Pengisi Serbuk Soda Kue, Serbuk Sketsa, Serbuk Kopi dan Serbuk Kayu. *RekaRacana: Jurnal Teknil Sipil*, 10(2), 124. <https://doi.org/10.26760/rekaracana.v10i2.124>
- Khusna, H., & Saltifa, P. (2026). *Integrasi Computational Thinking dalam Pembelajaran Matematika SMP – SMA : Systematic Literature Review*. 8(1), 13–26.
- Nur'aini, R. D. (2020). Penerapan Metode Studi Kasus Yin Dalam Penelitian Arsitektur Dan Perilaku. *INERSIA: LNformasi Dan Ekspose Hasil Riset Teknik Sipil Dan Arsitektur*, 16(1), 92–104. <https://doi.org/10.21831/inersia.v16i1.31319>
- Nuraini, N., Yuliana, R., Tisnasari, S., & Setiawan, S. (2024). Implementasi Keterampilan Abad 21 Melalui Pembelajaran Berbasis Proyek Di Sdn 1 Sukaraja. *Jurnal Pendidikan Dasar*, 12(1), 97–113. <https://doi.org/10.46368/jpd.v12i1.1538>
- Oktaviani, C., Muliaman, A., & Listiani, E. (2022). Implementasi Model PjBL Berbasis STEM Terhadap Kreativitas Siswa pada Materi Larutan Elektrolit dan Nonelektrolit di MAN Kota Lhokseumawe. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 2022(12), 42–50.
- Pebianto, A., & Sylviana Zanthi, L. (2019). Analisis Kemampuan Pemahaman Matematis

DOI: <https://doi.org/10.63976/jimat.v7i2.1441>

- Siswa MA. *Journal on Education*, 1(3), 48–51.
- Permanasari, A. (2016). STEM Education: Inovasi dalam Pembelajaran Sains [Innovation In Science Learning]. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Sains VI*, 23–34.
- Purnama, R., Utami, C., & Prihatiningtyas, N. C. (2020). Ekplorasi Etnomatematika DEksplorasi Etnomatematika dalam Motif Tenun Kain Lunggi Sambas Kalimantan Barat dan Implikasinya terhadap Pembelajaran Matematika dalam Motif Tenun kain Lunggi Sambas kalimantan Barat Dan Implikasinya Terhadap Pembelajaran. *Variabel*, 3(1), 36. <https://doi.org/10.26737/var.v3i1.1307>
- Sari, R. H. N., & Wijaya, A. (2017). Mathematical literacy of senior high school students in Yogyakarta. *Jurnal Riset Pendidikan Matematika*, 4(1), 100–107. <https://doi.org/10.21831/jrpm.v4i1.10649>
- Sundayana, R. (2016). *Media dan Alat Peraga dalam Pembelajaran Matematika* (3rd ed.). Alfabeta.
- Suwanto, S., Siagian, M. D., Purba, B. P., Siahaan, C. K. M. S., Tambunan, C., Amanda, D., & Perangin-angin, T. D. (2025). Analisis computational thinking pada pembelajaran matematika dengan mengintegrasikan algoritma pemrograman. *Jurnal Inovasi Pembelajaran Matematika: PowerMathEdu*, 4(1), 175–186. <https://doi.org/10.31980/pme.v4i1.2648>