

DINAMIKA KOLABORASI DIGITAL: EKSPLORASI EFEKTIVITAS PEMBELAJARAN BERBASIS *MICRO:BIT* DALAM MENGONSTRUKSI *COMPUTATIONAL THINKING* SISWA MENENGAH PERTAMA DI *CHAROENSUKSA SCHOOL*

Rahmad Kurnia Nasution¹, Mhd. Basri²

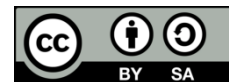
1,2) Prodi Teknologi Informasi, Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Indonesia

Article Info	ABSTRACT
<p>Article history:</p> <p>Received: 15 Januari 2026 Revised: 02 April 2026 Accepted: 09 April 2026</p>	<p style="text-align: center;">Abstrak</p> <p>Riset ini dirancang dengan tujuan menyelami pola interaksi kolaboratif dalam ruang digital serta mengukur dampak pembelajaran dengan basis <i>Micro:bit</i> terhadap pengembangan kemampuan <i>Computational Thinking</i> (CT) pada siswa, khususnya di era transformasi kurikulum berbasis digital. Dengan menerapkan metodologi penelitian kualitatif melalui desain studi kasus yang dilaksanakan di <i>Charoensuksa School</i> di Thailand, partisipan penelitian terdiri dari siswa tingkat menengah pertama, pengajar mata pelajaran informatika, serta pimpinan institusi. Pengumpulan data dilakukan dengan menggabungkan beberapa pendekatan, yaitu percakapan mendalam, pengamatan langsung dalam setting kelas, dan pengolahan respon naratif dari para informan. Melalui penguraian tematis, diungkapkan bahwa karakteristik <i>Micro:bit</i> yang menggabungkan dimensi fisik dan digital menghasilkan respons visual yang cepat, yang terbukti sangat efektif dalam meningkatkan partisipasi emosional dan dorongan intrinsik siswa. Hasil analisis utama menunjukkan bahwa kolaborasi berperan sebagai dukungan berlapis dalam dimensi sosial dan kognitif, dengan menunjukkan bahwa proses tawar-menawar gagasan dan ketegangan intelektual saat mengatasi kesalahan program sebenarnya memperkuat pemahaman terhadap prinsip algoritma serta strategi pemecahan masalah. Studi ini menyimpulkan bahwa penerapan teknologi fisik terbukti efektif dalam memahami pemahaman konkret menuju gagasan abstrak, asalkan didampingi dengan kerangka kerja kolaborasi yang terumuskan dengan baik. Rekomendasi praktis tekanan kebutuhan akan panduan sistematis dalam menangani dan memperbaiki kesalahan program guna meningkatkan pengembangan CT sekaligus mengurangi rasa frustrasi yang timbul dari hambatan teknis.</p> <p>Kata Kunci: Berpikir Komputasi, <i>Micro:bit</i>, Pembelajaran Kolaboratif, Studi Kasus, Pendidikan Informatika</p> <p style="text-align: center;">Abstract</p> <p><i>This research was designed to explore collaborative interaction mechanisms in a digital context and assess the impact of Micro:bit based learning on the development of Computational Thinking (CT) skills during the technology based implementation phase. Using a qualitative case study methodology conducted at Charoensuksa School, Thailand, this research involved seventh grade students, information technology instructors, and institutional leaders as the main data sources. Information was obtained through a combination of data collection strategies, including researched conversations, active observation of the learning process, and open ended responses from respondents. Thematic coding and categorization revealed that the concrete and digital nature of Micro:bit produced immediate visual responses, which were effective in encouraging affective engagement and intrinsic motivation among students. The central finding proves that collaboration functions as a layered maintenance of social and cognitive dimensions, showing that the process of dialogue about ideas and conceptual tensions during program improvement actually deepens understanding of algorithm structures and problem solving strategy analysis. The conclusion is that the productive integration of physical based devices bridges the gap between concrete and abstract mastery, provided it is accompanied by a well defined collaborative architecture. The</i></p>

operational impact of this finding is the development of systematic guidelines for error handling in the computer science learning process to advance CT while reducing technical dissatisfaction.

Keywords: *Computational Thinking, Micro:bit, Collaborative Learning, Case Studies, Informatics Pedagogy*

Djtechno: Jurnal Teknologi Informasi oleh Universitas Dharmawangsa Artikel ini bersifat open access yang didistribusikan di bawah syarat dan ketentuan dengan Lisensi Internasional Creative Commons Attribution NonCommercial ShareAlike 4.0 ([CC-BY-NC-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)).



Corresponding Author:

E-mail : rahmatkurnia0409@gmail.com

1. PENDAHULUAN

Pada masa 4.0, Pemikiran Komputasional (CT) telah berkembang dari sekadar keterampilan teknis menjadi pengetahuan dasar yang penting bagi pelajar abad ke-21 [1]. Perubahan ini menuntut lembaga pendidikan tidak hanya menghasilkan pengguna teknologi, tetapi juga individu yang mampu merancang strategi digital. Strategi tersebut digunakan untuk menyelesaikan masalah kompleks melalui dekomposisi, pengenalan pola, abstraksi, dan algoritma [2]. Dalam konteks global, pembelajaran semakin didukung oleh penggunaan perangkat konkret. Salah satunya adalah BBC *micro:bit* yang mampu menjembatani konsep abstrak pemrograman dengan pengalaman belajar nyata [3].

Permasalahan utama dalam pembelajaran terletak pada strategi implementasi yang belum optimal. Perangkat teknologi modern sering kali belum dimanfaatkan untuk mengembangkan kemampuan berpikir tingkat tinggi, melainkan masih sebatas media hiburan. Di Asia Tenggara, inisiatif “Thailand 4.0” menunjukkan komitmen terhadap penguatan literasi digital dan coding sejak dini [4]. Namun, praktik di lapangan masih menghadapi hambatan, terutama karena dominasi metode *direct instruction*. Akibatnya, siswa cenderung hanya menyalin program tanpa memahami proses berpikir yang mendasarinya, sehingga esensi CT tidak tercapai [5].

Permasalahan pembelajaran semakin kompleks jika dilihat dari aspek sosial dan psikologis siswa. Berdasarkan pengamatan awal dan kajian pustaka, banyak siswa mengalami rendahnya kepercayaan diri saat mengerjakan tugas pemrograman secara mandiri. Rasa takut gagal ketika program tidak berjalan dengan baik berdampak pada menurunnya motivasi belajar. Kondisi ini menunjukkan adanya hambatan emosional dalam proses pembelajaran. Di sisi lain, aktivitas pengembangan solusi berbasis *Internet of Things* (IoT) sangat menuntut kerja sama tim [6]. Ketidaksesuaian antara pendekatan pembelajaran individual dengan kebutuhan kolaboratif menjadi salah satu kendala utama dalam pembelajaran teknologi [7].

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, pendekatan *collaborative learning* menjadi alternatif yang potensial. Berdasarkan teori konstruktivisme sosial Vygotsky, pembelajaran akan lebih optimal melalui interaksi sosial dalam *Zone of Proximal Development* (ZPD). Dalam penggunaan *micro:bit*, kerja kelompok memungkinkan siswa

saling membantu dalam proses *debugging*. Selain itu, siswa dapat berbagi peran dan tanggung jawab dalam menyelesaikan tugas. Proses ini juga mendorong terbentuknya pemahaman yang lebih mendalam. Namun, efektivitas kolaborasi sangat bergantung pada desain pembelajaran yang mampu mendorong diskusi bermakna, bukan sekadar pembagian tugas teknis [8].

Signifikansi penelitian ini tidak hanya terletak pada peningkatan kemampuan CT, tetapi juga pada aspek sosial dan kultural. Sekolah Charoensuksa dengan latar belakang siswa yang beragam memberikan konteks unik dalam mengkaji interaksi dan argumentasi dalam pembelajaran berbasis teknologi. Keberagaman tersebut juga memungkinkan analisis terhadap proses integrasi ide antar siswa. Studi sebelumnya menunjukkan bahwa pembelajaran kolaboratif dengan *micro:bit* mampu meningkatkan partisipasi siswa. Peningkatan ini termasuk pada siswa perempuan dalam bidang STEM yang selama ini dianggap maskulin. Hal ini menegaskan pentingnya pendekatan pembelajaran yang inklusif dan memberdayakan [9].

Meskipun berbagai penelitian terkait *micro:bit* telah dilakukan, sebagian besar masih berfokus pada pendekatan kuantitatif, seperti perbandingan nilai *pretest* dan *posttest*. Penelitian yang mengkaji aspek kualitatif masih tergolong terbatas. Padahal, aspek seperti pola interaksi siswa dan proses terbentuknya pemahaman melalui diskusi sangat penting untuk diteliti. Selain itu, kajian mengenai bagaimana hambatan psikologis dapat diatasi melalui kerja kelompok juga masih minim. Kesenjangan inilah yang menjadi dasar pentingnya penelitian lebih lanjut [5].

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis secara mendalam efektivitas pembelajaran kolaboratif berbasis *micro:bit* dalam mengembangkan kemampuan *Computational Thinking* (CT) siswa di Sekolah Charoensuksa. Penelitian ini tidak hanya berfokus pada hasil akhir pembelajaran, tetapi juga pada proses interaksi, pertukaran ide, serta pembentukan logika berpikir siswa selama kegiatan berlangsung. Secara teoretis, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan kajian pendidikan ilmu komputer berbasis kolaborasi, khususnya di kawasan Asia Tenggara. Secara praktis, hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi rujukan bagi pendidik dalam merancang pembelajaran komputasi yang lebih humanis, interaktif, dan efektif.

2. METODE PENELITIAN

Dari sudut pandang teoritis, *Computational Thinking* (CT) dipahami sebagai seperangkat strategi pemecahan masalah yang meliputi dekomposisi, pengenalan pola, abstraksi, dan perancangan algoritma. Keempat komponen tersebut menjadi dasar dalam mengembangkan kemampuan berpikir sistematis dan logis dalam menghadapi permasalahan kompleks. Dalam penelitian ini, kemampuan CT peserta didik dioperasionalkan sebagai kapasitas untuk menganalisis permasalahan nyata melalui proses dekomposisi (menguraikan masalah menjadi bagian-bagian kecil), melakukan abstraksi (menyederhanakan informasi penting), menyusun algoritma (langkah-langkah solusi yang terstruktur), serta melakukan evaluasi (pengujian dan perbaikan solusi yang

dihasilkan) [10]. Implementasi keempat aspek ini diwujudkan melalui penggunaan perangkat *micro:bit* sebagai media representasi digital dalam bentuk *script*, blok program, maupun rangkaian instruksi.

Pembelajaran kolaboratif dalam penelitian ini berlandaskan teori konstruktivisme sosial yang menekankan bahwa pengetahuan dibangun melalui interaksi sosial. Dalam konteks pengembangan CT, kolaborasi memungkinkan peserta didik untuk bersama-sama melakukan dekomposisi masalah, mendiskusikan proses abstraksi, merancang algoritma secara kolektif, serta melakukan evaluasi melalui kegiatan *debugging*. Dengan demikian, proses berpikir komputasional tidak berlangsung secara individual, melainkan terbentuk melalui negosiasi makna, pertukaran ide, dan refleksi bersama antaranggota kelompok. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa efektivitas kolaborasi dalam mengembangkan CT dipengaruhi oleh kualitas interaksi, pembagian peran, serta desain tugas yang mendorong diskusi mendalam [10].

Penggunaan perangkat BBC *micro:bit* dalam penelitian ini berfungsi sebagai media pembelajaran komputasi fisik yang mendukung implementasi keempat komponen CT. Melalui *micro:bit*, peserta didik dapat mengonstruksi solusi berbasis proyek dengan cara memecah masalah (dekomposisi), menyederhanakan logika program (abstraksi), menyusun alur perintah (algoritma), serta menguji dan memperbaiki kesalahan program (evaluasi). Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa integrasi *micro:bit* dalam pembelajaran mampu meningkatkan keterlibatan siswa, kreativitas, serta kemampuan pemecahan masalah secara kolaboratif [11]. Dalam konteks ini, *micro:bit* tidak hanya berfungsi sebagai alat teknis, tetapi juga sebagai sarana untuk memfasilitasi interaksi dan diskusi bermakna dalam kelompok belajar [3].

Meskipun demikian, sebagian besar penelitian sebelumnya masih berfokus pada pengukuran kuantitatif kemampuan CT, seperti peningkatan skor *pretest* dan *posttest*. Pendekatan tersebut belum sepenuhnya menggambarkan bagaimana proses dekomposisi, abstraksi, algoritma, dan evaluasi terjadi secara nyata dalam interaksi pembelajaran. Beberapa studi menunjukkan bahwa kerja kelompok dapat membantu siswa mengatasi hambatan kognitif dan emosional dalam memahami konsep CT, namun belum banyak yang mengkaji secara mendalam dinamika interaksi tersebut di dalam kelas [12].

Dalam konteks Thailand, penelitian Sukkamart dan Chachiyao menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis masalah yang mengintegrasikan mode daring dan tatap muka efektif dalam meningkatkan kemampuan CT siswa, terutama melalui perancangan tugas yang relevan dan integrasi teknologi. Namun, penelitian tersebut lebih menekankan pada peningkatan nilai CT secara kuantitatif dan belum mengkaji secara mendalam dinamika interaksi, negosiasi pemahaman, serta pola kolaborasi antar siswa. Sementara itu, studi lain di kawasan Asia mengungkap adanya hambatan dalam implementasi CT, seperti kesalahpahaman konsep serta keterbatasan dalam merancang aktivitas kolaboratif yang efektif [13]. Kondisi ini menunjukkan adanya kesenjangan antara pengukuran hasil belajar dan pemahaman proses pembentukan CT dalam konteks sosial pembelajaran. Oleh karena itu, penelitian ini diarahkan untuk mengkaji secara

kualitatif bagaimana komponen CT meliputi dekomposisi, abstraksi, algoritma, dan evaluasi terbentuk melalui interaksi kolaboratif berbasis *micro:bit* di Sekolah Charoensuksa. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya berfokus pada capaian hasil, tetapi juga pada proses sosial, komunikasi, dan kerja sama yang membentuk kemampuan CT siswa dalam konteks pembelajaran yang autentik [3].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini berfokus pada penggalan secara mendalam bagaimana kolaborasi digital terbentuk dan berlangsung dalam kegiatan belajar dengan media *micro:bit*, yang diarahkan untuk membangun pemikiran komputasi (CT) pada siswa kelas 7 di *Charoensuksa School*, Thailand. Informasi penelitian diperoleh dari pengisian kuesioner oleh 17 siswa, wawancara dengan guru mata pelajaran komputer, Ibu Nurul Atikaf dan direktur sekolah, Bapak Arnoon Panjamateekul.

Tabel 1. Statistik Deskriptif Kuesioner

No	Indikator/Pernyataan Kuesioner	Mean	Standar Deviation	Kategori
1	Minat Berkelanjutan – Q10	4.53	0.80	Sangat Tinggi
2	Pemahaman melalui Objek Fisik – Q7	4.47	0.80	Sangat Tinggi
3	Pemahaman Konsep CT – Q3	4.29	1.16	Sangat Tinggi
4	Berpikir Logis & Terstruktur – Q9	4.29	0.99	Sangat Tinggi
5	Kenikmatan Belajar – Q1	4.24	1.15	Sangat Tinggi
6	Daya Tarik Pembelajaran – Q2	4.24	1.15	Sangat Tinggi
7	Motivasi & Keaktifan – Q5	4.18	1.13	Tinggi
8	Kolaborasi dengan Teman – Q4	4.18	1.13	Tinggi
9	Kepercayaan Diri Presentasi – Q8	4.12	0.99	Tinggi
10	Tingkat Kemudahan – Q6	3.65	1.17	Sedang/Tinggi

Temuan utama:

1. Skor tertinggi terdapat pada minat berkelanjutan (Q10, M=4.53).
2. Indikator yang paling rendah adalah persepsi kemudahan (Q6, M=3.65) menandakan *Micro:bit* masih menimbulkan tantangan teknis dan kognitif tertentu bagi siswa.

Tabel 2. Integrasi Temuan Kuantitatif & Kualitatif

Tema Utama	Indikator (rata rata)	Bukti Kualitatif
1. Keterlibatan Emosional & Motivasi	Q1 (4.24), Q2 (4.24), Q5 (4.18)	“ <i>Micro:bit</i> itu keren saat LED nya menyala.” / “Metode ini membuat siswa senang belajar pemrograman.”

Tema Utama	Indikator (rata rata)	Bukti Kualitatif
2. Konstruksi Pemikiran Komputasi	Q3 (4.29), Q9 (4.29)	" <i>Micro:bit</i> membantu berpikir lebih logis memahami sebab akibat."
3. Dinamika Kolaborasi	Q4 (4.18)	"Kami bisa bertukar ide dan memecahkan masalah bersama."
4. Tantangan & Hambatan	Q6 (3.65)	"Kesulitan saat <i>debugging</i> memakan waktu." / "Koneksi kurang stabil."
5. Peran Mediasi Fisik Digital	Q7 (4.47)	"Bisa langsung lihat hasil seperti lampu menyala atau gambar muncul."
6. Minat Berkelanjutan	Q10 (4.53)	"Ingin semakin banyak tahu tentang cara kerja teknologi." / Direktur: "Program ini bisa berkembang sesuai kurikulum teknologi."

Tabel 3. Reduksi Data Wawancara Guru & Kepala Sekolah

Kutipan Verbatim	Coding	Sub Tema	Tema Utama
"Metode ini membuat siswa senang belajar pemrograman."	antusiasme, motivasi, <i>enjoyment</i>	keterlibatan emosional	Keterlibatan Emosional & Motivasi
" <i>Micro:bit</i> itu keren saat LED nya menyala mengikuti perintah."	pengalaman sensorik, <i>curiosity</i> , eksplorasi	pengalaman langsung	Pengalaman Nyata (<i>Tangible Learning</i>)
" <i>Micro:bit</i> membantu berpikir lebih logis menyusun langkah langkah."	<i>logical sequencing, CT development</i>	konstruksi logika	Konstruksi Pemikiran Komputasi
"Kami bisa bertukar ide dan memecahkan masalah bersama."	kolaborasi, diskusi, kerja tim	dinamika kelompok	Kolaborasi
"Ada beberapa kesulitan saat <i>debugging</i> memakan waktu."	hambatan teknis, <i>debugging</i>	tantangan teknis	Tantangan Pembelajaran
"Koneksi kadang tidak stabil."	masalah fasilitas, infrastruktur	kendala operasional	Tantangan Pembelajaran
"Program ini bisa berkembang sesuai kurikulum teknologi."	<i>sustainability</i> , dukungan institusi	visi jangka panjang	Minat & Dukungan Berkelanjutan
"Siswa belajar <i>Micro:bit</i> membuat mereka lebih bertanggung jawab dalam kelompok."	<i>responsibility</i> , <i>role sharing</i>	perilaku positif	Kolaborasi
"Tidak ada tantangan dari sekolah fasilitas lab mendukung."	dukungan sekolah, fasilitas	dukungan organisasi	Dukungan Institusional

Kutipan Verbatim	Coding	Sub Tema	Tema Utama
"Siswa ingin lebih tahu tentang teknologi."	minat masa depan, curiosity	motivasi jangka panjang	Minat Berkelanjutan

A. Keterlibatan Emosional dan Motivasi Belajar Melalui Tangibel Technology

Temuan pertama menunjukkan bahwa penggunaan *micro:bit* dalam pembelajaran berkontribusi besar terhadap peningkatan keterlibatan emosional siswa, yang tampak dari tingginya skor rata rata rasa senang ($M=4.24/5$), ketertarikan terhadap pembelajaran ($M=4.24/5$), serta motivasi untuk aktif terlibat ($M=4.18/5$). Para siswa menyatakan ketertarikan yang kuat pada aspek konkret dan dapat disentuh dari perangkat tersebut, sebagaimana tergambar dalam komentar seorang siswa yang menggambarkan *micro:bit* sebagai sesuatu yang "keren" ketika lampu LED menyala dan merespons perintah yang mereka susun. Ungkapan ini mencerminkan adanya fenomena feedback loop langsung, yaitu kemampuan siswa untuk segera mengamati keluaran dari kode yang mereka buat dalam bentuk tampilan visual fisik (LED menyala, animasi bergerak), yang pada akhirnya menimbulkan rasa puas seketika serta memperkuat motivasi intrinsik mereka dalam belajar [14].

Guru komputer menguatkan temuan tersebut dengan menegaskan bahwa pendekatan ini membuat siswa merasa senang dan lebih tertarik ketika belajar pemrograman. Pernyataan siswa lain juga menonjolkan sisi pengalaman langsung, dengan mengungkapkan bahwa belajar menggunakan *micro:bit* memberikan kesempatan merasakan praktik nyata, bukan sekadar mempelajari teori. Hasil ini selaras dengan gagasan dalam teori pemrograman nyata yang menekankan bahwa interaksi langsung dengan objek fisik dapat meningkatkan partisipasi aktif dan membantu menjembatani konsep konsep abstrak menjadi lebih konkret, terutama bagi peserta didik pada jenjang sekolah menengah pertama [15].

Aspek lain yang menonjol adalah cara siswa melihat kegiatan belajar sebagai wadah untuk menyalurkan ide dan ekspresi kreatif. Seorang siswa menggambarkan bahwa kegiatan dengan *micro:bit* mendorong lahirnya berbagai inovasi baru saat belajar dan berupaya memahaminya, yang menunjukkan bahwa perangkat ini tidak hanya berfungsi sebagai sarana pembelajaran, tetapi juga sebagai media untuk menjalankan *creative agency*. Hal ini krusial karena temuan temuan sebelumnya menunjukkan bahwa model pembelajaran berbasis proyek yang memanfaatkan perangkat fisik dapat menguatkan kreativitas siswa melalui proses eksplorasi, percobaan berulang, dan refleksi yang terus menerus [16].

B. Konstruksi Computational Thinking melalui Pengalaman Pemrograman yang Terstruktur

Siswa memperlihatkan pemahaman yang kuat mengenai peran *micro:bit* dalam membantu pengembangan CT, tercermin dari tingginya skor rata rata terkait penguasaan konsep CT ($M=4.29/5$) dan kemampuan berpikir logis secara terstruktur ($M=4.29/5$).

Menariknya, penuturan siswa juga menunjukkan adanya kesadaran metakognitif terhadap cara mereka menjalankan proses berpikir komputasional. Seorang siswa menggambarkan bahwa penggunaan *micro:bit* mendukung mereka untuk berpikir lebih logis karena saat menulis program, mereka belajar menyusun langkah langkah secara berurutan, memahami hubungan sebab akibat, serta menyelesaikan persoalan melalui analisis yang tertata.

Pernyataan tersebut menunjukkan bahwa siswa memahami elemen elemen kunci CT, yaitu dekomposisi (memecah persoalan menjadi bagian bagian kecil), abstraksi (mencari dan mengenali pola), serta algoritma (menyusun urutan langkah yang logis). Temuan ini sejalan dengan hasil penelitian [16]. yang menyimpulkan bahwa kegiatan belajar dengan pemrograman berbasis *micro:bit* dan blok mampu mendukung pemahaman konsep CT secara efektif melalui pengalaman belajar yang konkret, berulang, dan bertahap. Seorang siswa lain menegaskan cara kerja proses ini dengan menyatakan bahwa penggunaan *micro:bit* membuat mereka lebih mudah memahami program melalui kerangka input proses output, yang mengindikasikan bahwa bentuk pemrograman visual membantu mereka membayangkan dan menata alur logika komputasional secara lebih jelas.

Aspek krusial yang perlu digarisbawahi adalah bahwa pemahaman CT tidak muncul begitu saja, melainkan terbentuk melalui proses *debugging* dan bertahap dalam pemrograman. Hal ini tercermin dari pernyataan seorang siswa yang mengungkapkan bahwa penggunaan *micro:bit* membuatnya harus menyusun kode yang sempit untuk menyelesaikan masalah nyata, sehingga logikanya benar benar terpacu untuk bekerja secara runtut. Pilihan kata "harus" dalam kutipan tersebut penting, karena menunjukkan bahwa struktur pemrograman pada *micro:bit* menghadirkan batasan kognitif yang bersifat produktif siswa dituntut untuk berpikir sistematis agar program dapat berjalan dengan benar, sehingga kedisiplinan dalam berpikir komputasional yang terstruktur dapat berkembang melalui praktik yang berulang [17].

C. Dinamika Kolaborasi sebagai *Scaffolding* Sosial Kognitif

Pembelajaran yang bersifat kolaboratif dengan memanfaatkan *micro:bit* menunjukkan tingkat keberhasilan yang tinggi ($M=4.18/5$), meskipun demikian, kajian kualitatif mengungkap dinamika yang jauh lebih rumit daripada sekadar "aktivitas bekerja bersama dalam kelompok." Guru memberikan pengamatan bahwa siswa menampilkan kemampuan menyuarakan gagasan mereka dan bersama sama mengatasi hambatan dengan cara yang penuh inovasi. Pengamatan ini mengisyaratkan bahwa kerja sama dalam konteks ini bukan hanya memfasilitasi pertukaran dan pembentukan pengetahuan bersama melalui berbagai perspektif, melainkan jauh melampaui sekedar distribusi pekerjaan yang bersifat operasional atau teknis semata.

Penuturan siswa menyingkap pemahaman lebih mendalam mengenai cara kolaborasi berperan sebagai alat bantu untuk memperkuat kapasitas berpikir. Seorang siswa menggambarkan bahwa melalui kerja sama mereka dapat saling menukar pandangan, menghadapi tantangan bersama, dan memberikan dukungan ketika program

mengalami gangguan atau kesalahan, sehingga proyek dapat diselesaikan dalam waktu yang lebih singkat dan menghasilkan karya yang lebih inovatif. Pernyataan ini mengungkap tiga peran sentral kolaborasi: pertama, adanya ragam sudut pandang yang dapat dipertukarkan (bertukar ide), kedua, ketersediaan bantuan dalam mengatasi kesalahan pemrograman (saling membantu saat program tidak berjalan), dan ketiga, peningkatan kecepatan dalam penyelesaian tugas (lebih cepat selesai). Temuan ini konsisten dengan kerangka pembelajaran sosial kognitif yang menggarisbawahi bahwa kolaborasi akan berhasil manakala melibatkan saling ketergantungan yang positif dan tanggung jawab bersama di antara anggota kelompok [17] & [10].

Aspek yang menonjol di sini adalah kesadaran siswa terhadap kesulitan yang muncul saat bekerja dalam kelompok. Seorang siswa menggambarkan bahwa ketika bekerja sama, setiap anggota memiliki gagasan berbeda terkadang terjadi perdebatan kecil, misalnya ia ingin memakai blok loop sementara temannya memilih blok if else, namun pada akhirnya mereka berupaya menemukan solusi kompromi yang dirasa paling efektif. Kisah tersebut memperlihatkan bahwa konflik kognitif dalam proses diskusi pemrograman justru berfungsi sebagai titik penting dalam pembelajaran, karena melalui situasi itu siswa berlatih bernegosiasi, menghasilkan berbagai alternatif solusi, dan mengambil keputusan berdasarkan penalaran logis, yang merupakan bagian dari keterampilan CT pada tingkat yang lebih tinggi [18].

Guru juga memvalidasi adanya perubahan dalam perilaku sosial siswa, mencatat bahwa mereka menunjukkan peningkatan dalam hal tanggung jawab dan pemahaman mengenai cara membagi beban kerja di antara anggota kelompok. Observasi ini mengindikasikan bahwa pembelajaran kolaboratif tidak sekadar mengembangkan kapabilitas CT, melainkan juga memperkaya kompetensi interpersonal seperti penetapan peran yang jelas, pertanggungjawaban, serta kecakapan dalam berkomunikasi, yang merupakan keterampilan penting dalam konteks abad ke 21 [14].

D. Hambatan Teknis dan Heterogenitas Kemampuan sebagai Tantangan Pedagogis

Kendati respons dari siswa pada umumnya bersifat positif, data yang terkumpul juga mengekspos tantangan substansial dalam pelaksanaan pembelajaran ini. Skor yang menggambarkan tingkat kesulitan ($M=3.65/5$, dengan item yang dibalik) mengisyaratkan bahwa sejumlah siswa menghadapi hambatan yang cukup berat dalam pembelajaran. Guru mengidentifikasi tantangan pokok yang muncul, yakni keharusan memperhatikan perbedaan latar belakang pengetahuan dan tingkat kemampuan teknis yang dimiliki setiap siswa. Identifikasi ini menekankan isu penting tentang pembelajaran yang disesuaikan dengan kebutuhan individu bagaimana menciptakan desain pembelajaran yang mampu mengakomodasi dan mengatasi keragaman tingkat kemampuan yang ada dalam satu ruang kelas [16].

Siswa mengungkapkan frustrasi ketika menghadapi proses pencarian dan perbaikan kesalahan dalam program (*debugging*). Seorang siswa menjelaskan bahwa kesulitan utama yang dialaminya adalah ketika program tidak menghasilkan output sesuai ekspektasi, karena terkadang terdapat kesalahan halus pada bagian kode atau

kesalahan pada hubungan antar komponen fisik, yang memerlukan waktu cukup lama untuk melacak sumber masalah dan melakukan koreksi. Penuturan ini mengungkap dua kategori kesalahan yang dialami: pertama, kesalahan dalam logika pemrograman, dan kedua, kesalahan teknis pada koneksi perangkat keras (*hardware*). Siswa lain juga mengungkapkan pengalaman serupa terkait tantangan dalam membuat program yang berfungsi dengan optimal.

Temuan ini signifikan karena mengungkap kontradiksi dalam pendekatan pedagogis: proses *debugging* merupakan komponen kritis dalam pembelajaran CT (karena memungkinkan siswa melatih pemikiran sistematis, melakukan uji coba terhadap solusi, dan mengekstrak pembelajaran dari kegagalan), akan tetapi sekaligus menjadi penyebab ketidakpuasan yang berpotensi melemahkan semangat belajar. Penelitian yang dilakukan oleh [19] menunjukkan bahwa *debugging* yang dilakukan secara kolaboratif dapat menjadi lingkungan pembelajaran yang sangat kaya untuk refleksi konseptual, asalkan disertai dengan dukungan metodis dari guru yang sesuai. Dalam situasi spesifik di *Charoensuksa School*, hasil penelitian ini mengindikasikan kebutuhan akan mekanisme dukungan yang lebih terstruktur dan jelas, seperti panduan sistematis dalam *debugging* atau daftar periksa masalah umum yang dapat memandu siswa dalam mengidentifikasi dan mengatasi kesalahan secara terencana dan logis [19].

Hambatan teknis lainnya yang dihadapi adalah persoalan stabilitas jaringan dan konektivitas: beberapa siswa melaporkan bahwa koneksi tidak selalu konsisten, dan ada pengalaman di mana jaringan terputus secara mendadak saat mereka sedang mengerjakan tugas menggunakan *micro:bit*. Situasi ini mengungkapkan bahwa infrastruktur teknologi mencakup aspek seperti koneksi kabel USB, keandalan platform coding daring, dan stabilitas jaringan internet memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kelancaran dan kontinuitas proses pembelajaran, sehingga aspek ini memerlukan perhatian khusus dalam upaya pengembangan dan penyempurnaan implementasi pembelajaran jangka panjang.

E. Peran Mediasi Artefak Fisik Digital dalam Konstruksi Makna

Salah satu penemuan yang paling berbobot adalah cara *micro:bit* sebagai perangkat yang menggabungkan elemen fisik dan digital berfungsi untuk memfasilitasi pembentukan pemahaman. Skor yang mencerminkan tingkat keberhasilan pembelajaran ($M=4.47/5$ —nilai tertinggi di antara seluruh parameter yang diukur) mengisyaratkan bahwa sifat konkret dan nyata dari *micro:bit* terbukti sangat ampuh dalam mendukung proses belajar. Siswa mendeskripsikan pengalamannya dengan mengatakan bahwa mereka dapat langsung mengamati keluaran dari program yang telah mereka susun, dalam bentuk visual seperti lampu yang menyala atau tampilan yang muncul pada layar perangkat.

Ungkapan tersebut mengekspos mekanisme pembelajaran yang fundamental: kognisi yang terinternalisasi melalui pengalaman fisik—pemahaman yang terbentuk ketika individu berinteraksi langsung dengan benda-benda nyata dan konkret. Ketika siswa menekan tombol pada perangkat dan menyaksikan LED yang berpendar, proses

pembelajaran mereka melampaui sekadar penguasaan aturan dan tata bahasa pemrograman; mereka secara langsung mengalami dan merasakan hubungan akibat musabab melalui sensori mereka. Pola pembelajaran ini konsisten dengan perspektif konstruktivisme yang dikemukakan oleh Piaget, yang menekankan peranan penting pengalaman sensorik dan konkret dalam pembentukan konsep konsep abstrak, khususnya bagi kelompok usia remaja muda yang masih berada di fase peralihan antara pola berpikir operasional konkret dan operasional formal [15].

Seorang siswa lain mengungkapkan bahwa penggunaan *micro:bit* membuat pelaksanaan tugas menjadi lebih mudah dan tidak berbelit belit, yang mengisyaratkan bahwa cara visual untuk menyusun kode berbasis blok (MakeCode) berhasil mengurangi beban kognitif dibandingkan apabila harus menggunakan bahasa pemrograman dengan sintaksis tekstual yang kompleks. Penelitian yang dilakukan oleh [16] memvalidasi bahwa perpaduan antara pemrograman yang berbasis blok dengan komputasi yang bersifat fisik menciptakan suatu pintu masuk yang tidak terlalu menantang, yang memungkinkan siswa untuk berkonsentrasi pada aspek logika komputasional tanpa perlu khawatir menghadapi kerumitan yang melekat pada aturan sintaksis.

F. Minat Berkelanjutan dan Visi Institusional

Temuan yang paling menggembirakan adalah keterusan minat siswa terhadap *micro:bit* ($M=4.53/5$ skor paling tinggi di seluruh pengukuran). Seorang siswa mengekspresikan bahwa dengan *micro:bit* mereka dapat belajar sambil menjalankan eksperimen secara langsung, dan hal ini membangkitkan rasa ingin tahu yang semakin mendalam mengenai mekanisme pemrograman serta perkembangan teknologi kontemporer. Narasi ini mengindikasikan bahwa pengalaman yang memuaskan dengan *micro:bit* memicu pertumbuhan minat suatu pergeseran dari minat yang hanya dipicu oleh situasi sesaat menuju minat yang lebih persisten dan tahan lama dalam jangka waktu yang lebih panjang [20].

Arnoon Panjamateekul selaku Kepala sekolah mengartikulasikan aspirasi lembaga dengan menyatakan bahwa program ini dapat terus maju sejalan dengan kerangka kurikulum berbasis teknologi, dan membantu institusi pendidikan mencapai kemajuan melalui integrasi teknologi. Pernyataan tersebut mencerminkan pandangan bahwa inisiatif *micro:bit* tidak sekadar merupakan kegiatan coba coba dengan jangka waktu terbatas, melainkan bagian integral dari proses perubahan cara mengajar yang berkelanjutan, yang selaras dengan visi pembangunan Thailand 4.0. Meskipun demikian, kepala sekolah juga mengidentifikasi tantangan yang signifikan: meskipun secara teknis tidak ada hambatan serius, terdapat kesenjangan dalam komunikasi dengan keluarga siswa banyak orang tua yang belum memahami apa yang dipelajari anak anak mereka mengenai *micro:bit*, dan situasi ini berpotensi mengganggu keberlanjutan program dalam jangka panjang.

4. SIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa penggabungan teknologi fisik digital (teknologi nyata) melalui perangkat *micro:bit* dengan strategi pembelajaran kolaboratif berperan penting dalam membentuk kemampuan Computational Thinking (CT) siswa sekolah menengah di *Charoensuksa School*. Bukti empiris mengindikasikan bahwa *micro:bit* tidak hanya berfungsi sebagai perangkat teknis, tetapi juga sebagai artefak mediasi yang menghubungkan logika pemrograman yang abstrak dengan pengalaman belajar yang konkret dan dapat dirasakan langsung. Umpan balik visual yang muncul seketika (immediate feedback) terbukti menjadi elemen kunci yang menguatkan motivasi intrinsik dan keterlibatan emosional, sehingga menggeser pandangan siswa terhadap pemrograman dari sesuatu yang menakutkan menjadi wadah eksplorasi yang kreatif.

Dari sisi teoritis, penelitian ini memperkaya diskursus konstruktivisme sosial dengan menegaskan bahwa CT tidak berkembang dalam proses berpikir yang terisolasi, melainkan melalui proses tawar-menawar makna di dalam interaksi sosial. Pola kolaborasi yang muncul termasuk perbedaan pandangan dan ketegangan intelektual saat menyusun logika program berfungsi sebagai scaffolding alami yang membantu pendalaman pemahaman mengenai algoritma dan dekomposisi masalah. Dengan demikian, penelitian ini menegaskan bahwa keberhasilan teknologi pendidikan sangat ditentukan oleh bagaimana pola interaksi sosial di sekelilingnya dirancang dan difasilitasi.

Secara praktis, temuan ini menegaskan perlunya perubahan pendekatan mengajar dari model instruksi langsung menuju peran guru sebagai fasilitator dengan struktur yang jelas. Guru perlu memaknai proses *debugging* sebagai momen belajar yang sangat penting, yang memerlukan dukungan emosional dan intelektual agar kekecewaan siswa tidak menghambat perkembangan CT mereka. Selain itu, hasil penelitian merekomendasikan agar kurikulum informatika di tingkat menengah tidak semata menekankan penguasaan sintaksis kode, tetapi juga memasukkan protokol kolaborasi yang terencana untuk memaksimalkan pertukaran dan aliran pengetahuan antar siswa.

Untuk agenda penelitian di masa mendatang, disarankan perluasan kajian melalui studi longitudinal guna menelaah sejauh mana keterampilan CT yang dibangun lewat pembelajaran berbasis *micro:bit* dapat bertahan dalam jangka panjang. Selain itu, penting untuk mengeksplorasi bagaimana model pembelajaran ini dapat dimodifikasi bagi sekolah dengan keterbatasan sarana teknologi, serta melakukan studi perbandingan lintas budaya di negara-negara ASEAN untuk memahami bagaimana nilai dan norma lokal memengaruhi dinamika kolaborasi digital di kalangan siswa.

REFERENCES

- [1] M. Shahin, C. Gonsalvez, J. Whittle, C. Chen, L. Li, And X. Xia, "How Secondary School Girls Perceive Computational Thinking Practices Through Collaborative Programming With The Micro : Bit," 2021.
- [2] L. Sati *Et Al.*, "Transformasi Digital Dalam Pendidikan: Sebuah Tinjauan Dalam Perspektif Filosofis," *Sindoro Cendikia Pendidik.*, Vol. 2, No. 4, 2023, Doi: <https://doi.org/10.9644/Sindoro.V2i4.1668>.

- [3] E. Papadaki, "The Bbc Micro : Bit In Primary Schools : A Systematic Review On Computational Thinking , Creativity , And Pedagogical Strategies Results," *Adv. Mob. Learn. Educ. Res.*, Vol. 5, No. 2, Pp. 1611–1620, 2025, Doi: 10.25082/Amler.2025.02.015.
- [4] N. T. Ratchanok Preechasil, "Implementation Of Educational Technology In Thailand : A Comprehensive Study On Its Impact And Challenges," *Int. J. Educ. Digit. Learn.*, Vol. 2023, No. 1, Pp. 38–48, 2023, Doi: <https://doi.org/10.47353/ijedl.V2i1.265>.
- [5] G. Brandhofer, "The Micro : Bit And Computational Thinking . Evaluation Results Of A Computational Project.," Vol. 2021, No. Ml, Pp. 57–64, 2021.
- [6] J. Jama And A. Y. Saputra, "Effect Of Collaborative Programming On Students Achievement Learning Object-Oriented Programming Course," *Int. J. Inf. Educ. Technol.*, Vol. 13, No. 5, Pp. 792–800, 2023, Doi: 10.18178/Ijiet.2023.13.5.1869.
- [7] A. Rofiudin, L. A. Prasetya, And D. D. Prasetya, "Pembelajaran Kolaboratif Di Smk : Peran Kerja Sama Siswa Dalam Meningkatkan Keterampilan Soft Skills," *J. Educ. Res.*, Vol. 5, No. 4, Pp. 4444–4455, 2024, Doi: <https://doi.org/10.37985/Jer.V5i4.672>.
- [8] Y. Kim And J. City, "The Effects Of Algorithm-Based Software Education Using Micro : Bit On Elementary School Students ' Creativity," Vol. 20, No. 5, Pp. 5805–5813, 2021, Doi: 10.17051/Ilkonline.2021.05.654.
- [9] M. Tyrén, C. Heath, And E. Eriksson, "Considerations And Technical Pitfalls For Teaching Computational Thinking With Bbc Micro : Bit Considerations And Technical Pitfalls For Teaching Computational Thinking With Bbc Micro : Bit," Pp. 81–86, 2018.
- [10] X. Lai, J. Ye, And G. K. W. Wong, "Effectiveness Of Collaboration In Developing Computational Thinking Skills: A Systematic Review Of Social Cognitive Factors," *J. Comput. Assist. Learn.*, Vol. 39, No. 5, Pp. 1418–1435, 2023, Doi: <https://doi.org/10.1111/jcal.12845>.
- [11] D. Stanojević, A. Rosić, B. Randelović, And Ž. Stanković, "Micro: Bit As A Tool For Improvement Of Education," *Int. J. Manag. Sci. Bus. Adm.*, Vol. 7, No. 2, Pp. 14–19, 2021, Doi: 10.18775/Ijmsba.1849-5664-5419.2014.72.1002.
- [12] Ting-Ting Wu, Andik Asmara, Yueh-Min Huang, And Intan Permata Hapsari, "Identification Of Problem-Solving Techniques In Computational Thinking Studies: Systematic Literature Review," *Sage Open*, Vol. 14, No. 2, P. 21582440241249896, Apr. 2024, Doi: 10.1177/21582440241249897.
- [13] A. Sukkamart, W. Chachiyo, M. Chachiyo, P. Pimdee, S. Moto, And P. Tansiri, "Enhancing Computational Thinking Skills In Thai Middle School Students Through Problem-Based Blended Learning Approaches," *Cogent Educ.*, 2024.
- [14] M. G. Funk, J. M. Cascalho, A. I. Santos, And A. B. Mendes, "Educational Robotics And Tangible Devices For Promoting Computational Thinking," Vol. 8, No. November, Pp. 1–8, 2021, Doi: 10.3389/Frobt.2021.713416.
- [15] J. Yu, P. Garg, D. Synn, And H. Oh, "Tangible-Makecode : Bridging Physical Coding Blocks With A Web-Based Programming Interface For Collaborative And Extensible Learning," 2025, Doi: 10.1145/3706598.3713260.
- [16] O. Kastner-Hauler, K. Tengler, B. Sabitzer, Z. Lavicza, And O. Kastner-Hauler, "Combined Effects Of Block-Based Programming And Physical Computing On Primary Students ' Computational Thinking Skills," Vol. 13, No. June, Pp. 1–12, 2022, Doi: 10.3389/Fpsyg.2022.875382.
- [17] R. Esperanza, "Improving Grade 7 Learners ' Problem-Solving Skills Through Collaborative Coding In Scratch Programming With The Use Of Chromebooks," Vol. Ix, No. 2454, Pp.

- 7381–7401, 2025, Doi: 10.47772/Ijriss.
- [18] J. Tan, L. Wu, And S. Ma, “Collaborative Dialogue Patterns Of Pair Programming And Their Impact On Programming Self-Efficacy And Coding Performance,” *Br. J. Educ. Technol.*, Vol. 55, No. 3, Pp. 1060–1081, May 2024, Doi: <https://doi.org/10.1111/Bjet.13412>.
- [19] D. Deliema, M. Dahn, V. J. Flood, D. Abrahamson, N. Enyedy, And F. F. Steen, “Debugging As A Context For Collaborative Reflection On Problem-Solving Processes,” In *Deeper Learning, Communicative Competence, And Critical Thinking: Innovative, Research-Based Strategies For Development In 21st Century Classrooms*, E. Manolo, Ed., New York: Routledge, 2020, Ch. 12.
- [20] H. Jeong, “Supporting Interest Development In Gifted Software Education Through Computational Thinking And Project-Based Learning,” *Comput. Educ. Open*, Vol. 9, P. 100282, 2025, Doi: <https://doi.org/10.1016/J.Caeo.2025.100282>.