

Computational Thinking Siswa dalam Memecahkan Masalah Cryptarithmic

Laras Shita Prastiwi^{1*}, Syekha Vivi Alaiya²

¹SMP Bustanul Makmur, Banyuwangi, Indonesia

²Universitas Negeri Malang, Malang, Indonesia

* Corresponding Author. E-mail: laras@smpbustanulmakmur.sch.id

Abstrak: Penelitian ini bertujuan mengeksplorasi *computational thinking* siswa dalam menyelesaikan masalah matematika berbasis *cryptarithmic* ditinjau dari jenis generalisasi yang dimilikinya. Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan jenis studi kasus jamak. Subjek penelitian dikategorikan menjadi tiga, yaitu (1) S1, siswa yang mampu menentukan nilai angka dan hasil operasi dengan tepat namun tanpa alasan logis, (2) S2, siswa yang mampu menentukan nilai angka dan hasil operasi dengan alasan logis, dan (3) S3, siswa yang tidak mampu menentukan nilai angka secara tepat. Dari setiap kategori dipilih dua subjek menggunakan teknik *purposive sampling*. Instrumen penelitian ini, meliputi peneliti, tes tulis, rubrik indikator, dan rekaman visual. Teknik analisis data kualitatif yang digunakan adalah interaktif. Hasil penelitian menunjukkan tiga karakterisasi *computational thinking* siswa, yaitu (1) siswa yang memenuhi komponen dekomposisi, generalisasi pola dan abstraksi, serta algoritme memiliki generalisasi jauh dan generalisasi faktual, (2) siswa yang memenuhi seluruh komponen *computational thinking* memiliki generalisasi dekat dan generalisasi faktual, serta (3) siswa yang memenuhi komponen dekomposisi memiliki generalisasi jauh dan generalisasi *pre-faktual*. Temuan ini secara praktis memperkuat pemahaman guru tentang karakterisasi *computational thinking* siswa, dan secara teoretis menjadi dasar pengembangan instrumen diagnostik berbasis generalisasi untuk pembelajaran matematika abad ke-21.

Kata Kunci: *computational thinking*, generalisasi jauh, generalisasi dekat, generalisasi faktual, *cryptarithmic*

Abstract: This study aims to explore students' computational thinking in solving cryptarithmic-based mathematical problems in terms of the types of generalizations they demonstrate. A qualitative approach with a multiple case study design was employed. The research subjects were categorized into three groups (1) S1, students who accurately determined numerical values and computation results but without logical reasoning, (2) S2, students who accurately determined numerical values and computation results with logical reasoning, and (3) S3, students who were unable to determine numerical values accurately. Two students from each category were selected using purposive sampling. The research instruments consisted of the researcher, a written test, indicator rubric, and visual recordings. Data were analyzed using an interactive qualitative analysis technique. The findings revealed three characterizations of students' computational thinking, namely (1) students demonstrating decomposition, pattern generalization and abstraction, and algorithmic components showed distant and factual generalizations; (2) students fulfilling all computational thinking components exhibited near and factual generalizations; and (3) students demonstrating only decomposition showed distant and pre-factual generalizations. These findings practically enhance teachers' understanding of students' computational thinking and theoretically provide a basis for developing generalization-based diagnostic instruments for 21st-century mathematics learning.

Keywords: computational thinking, distant generalization, near generalization, factual generalization, cryptarithmic

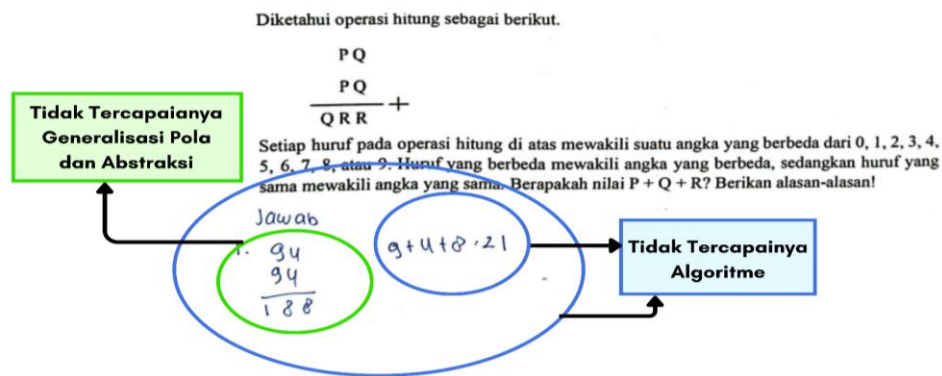
Received: 30 Oktober; Accepted: 10 November; Published: 27 November

Citation: Prastiwi, L.S., & Alaiya, S.V. (2025). Computational Thinking Siswa dalam Memecahkan Masalah Cryptarithmic. *EduMathTec : Jurnal Pendidikan dan Teknologi Pembelajaran Matematika*, 2(2), 16 – 30. <https://doi.org/xxxxxx>.

PENDAHULUAN

Computational thinking merupakan kemampuan berpikir komputasional yang penting pada abad 21, karena dapat membantu individu dalam penyelesaian masalah yang efektif, efisien, dan optimal (Darmawan et al., 2024; Papadakis, 2022). *Computational thinking* memiliki kaitan erat dengan konsep-konsep matematika, termasuk *cryptarithmic* (Shivappa, 2023; W.-R. Wu & Yang, 2022). Dalam penyelesaian masalah berbasis *cryptarithmic*, diperlukan strategi berpikir sistematis untuk menentukan kombinasi angka yang tepat sesuai aturan *cryptarithmic* (Purwasih & Dahlan, 2024). Aturan *cryptarithmic*, meliputi (1) setiap huruf mewakili satu digit yang bersifat unik (tunggal), (2) operasi aritmatika dalam bentuk penjumlahan atau pengurangan benar secara matematis, dan (3) setiap bentuk *cryptarithmic* memiliki solusi yang bersifat unik (tunggal) (Groza, 2021; Hynek & Medková, 2022; Purwasih & Dahlan, 2024; Simon, 2024). Penerapan aturan-aturan tersebut, menuntut keterampilan berpikir yang dapat difasilitasi melalui *computational thinking*. Terdapat empat komponen *computational thinking* yang penting dalam proses penyelesaian masalah berbasis *cryptarithmic*, yaitu (1) dekomposisi, (2) pengenalan pola, (3) generalisasi pola dan abstraksi, serta (4) algoritme (Satrio, 2020).

Pertama, dekomposisi masalah merupakan kemampuan untuk memecahkan masalah kompleks menjadi bagian-bagian kecil yang sederhana untuk memudahkan pemahaman terhadap soal dan penyelesaian masalah (Lee et al., 2023). Kedua, pengenalan pola merupakan pengamatan atau analisis terhadap pola atau syarat yang dapat digunakan untuk menyelesaikan masalah (Yasin & Nusantara, 2023). Ketiga, generalisasi pola dan abstraksi merupakan kemampuan mengeliminasi bagian-bagian yang tidak relevan dalam penyelesaian masalah (Boom et al., 2022). Keempat, algoritme merupakan kemampuan untuk merancang serangkaian langkah secara bertahap untuk menyelesaikan masalah (Rodríguez del Rey et al., 2021). Akan tetapi, pada studi pendahuluan yang dilakukan peneliti, ditemukan adanya siswa yang belum mencapai setiap komponen *computational thinking* tersebut, sehingga selesaian yang ditemukan tidak tepat. Penyelesaian masalah siswa tanpa menggunakan *computational thinking* disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Penyelesaian Masalah Tanpa Melalui *Computational Thinking*

Pada Gambar 1, siswa belum memenuhi indikator komponen dekomposisi. Hal itu karena, siswa tidak menuliskan informasi yang diketahui dari soal, sehingga menimbulkan kesalahan dalam proses penyelesaian masalah. Kemudian, siswa belum memenuhi indikator komponen pengenalan pola, karena tidak menuliskan proses penyelesaian masalah, sedemikian hingga ditemukan nilai $PQ + PQ = QRR$ adalah $94 + 94 = 188$. Padahal, dalam masalah berbasis *cryptarithmic* terdapat syarat atau pola tertentu yang harus ditemukan siswa untuk menyelesaikan masalah. Pada konteks $PQ + PQ = QRR$, selesaian yang tepat adalah $61 + 61 = 122$. Selanjutnya, pada Gambar 1 yang ditandai dengan elips berwarna hijau menunjukkan bahwa siswa tidak dapat mengeliminasi nilai

angka-angka yang tidak relevan, sehingga dihasilkan selesai yang tidak tepat. Lebih lanjut, karena nilai angka yang ditemukan tidak relevan, maka selesai yang dihasilkan salah. Kesalahan tersebut ditandai dengan elips biru pada Gambar 1. Hal itu menunjukkan bahwa siswa belum memenuhi indikator algoritme. Tidak aktifnya kemampuan *computational thinking* siswa dalam penyelesaian masalah mengakibatkan terjadinya miskonsepsi lanjutan dan hasil belajar kurang maksimal (Christopoulos et al., 2025; Li et al., 2023). Maka dari itu, penting untuk dilakukan eksplorasi *computational thinking* siswa dalam menyelesaikan masalah berbasis *cryptarithmic* untuk meminimalisir terjadinya miskonsepsi lanjutan dan rendahnya hasil belajar siswa. Manfaat dari penelitian ini adalah guru dapat mengetahui karakterisasi *computational thinking* dalam memecahkan masalah berbasis *cryptarithmic* ditinjau dari generalisasi yang dimilikinya, sehingga dapat dijadikan sebagai rujukan dalam merancang pembelajaran berbasis *computational thinking*.

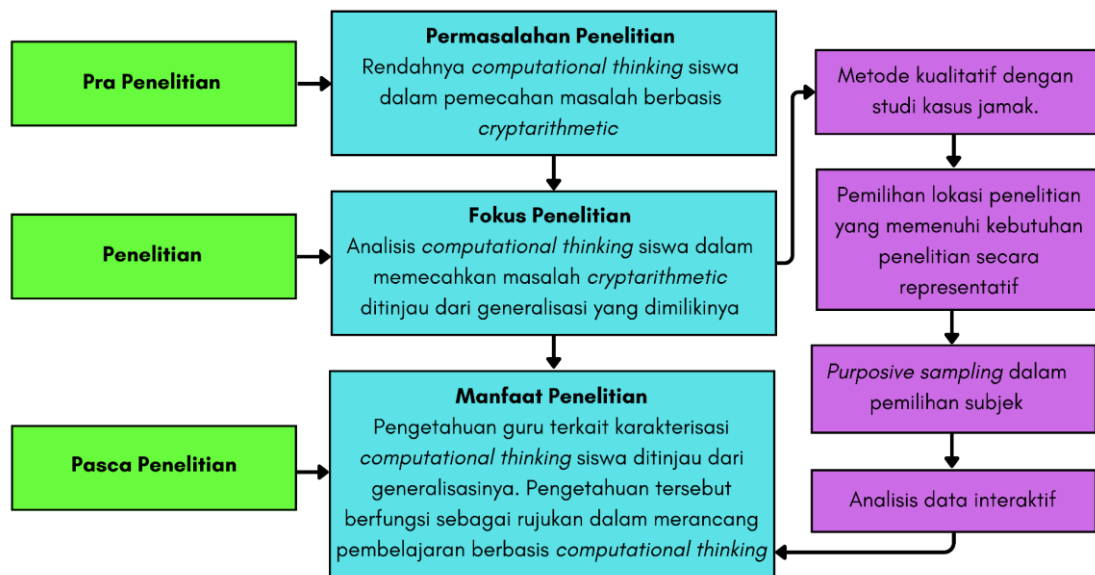
Penelitian-penelitian terdahulu telah dilakukan oleh para ahli di bidang pendidikan matematika untuk perbaikan pembelajaran berbasis *computational thinking*. Pertama, penelitian yang dilakukan oleh Darmawan et al., (2024), bertujuan untuk mengeksplorasi *computational thinking* yang dimiliki calon guru matematika pada materi pola bilangan ditinjau dari generalisasi yang dimilikinya. Temuan penelitian tersebut adalah terdapat tiga jenis karakterisasi calon guru matematika, yaitu (1) generalisasi dekat dalam pemecahan masalah dan generalisasi simbolik dalam penentuan pola umum, (2) generalisasi jauh dalam pemecahan masalah dan generalisasi simbolik dalam penentuan pola umum, serta (3) generalisasi dekat dan generalisasi kontekstual. Kedua, penelitian yang dilakukan oleh Maharani et al., (2021), bertujuan untuk mendeskripsikan karakteristik *computational thinking* calon guru matematika dalam menyelesaikan masalah pola geometri. Temuan penelitian ini adalah tiga tipe pemecahan masalah dari calon guru matematika yaitu, (1) CT substansial menggunakan kolaborasi pengetahuan konseptual dan prosedural dengan tepat, (2) CT nominal menggunakan cara manual dalam menyelesaikan permasalahan, dan (3) CT prosedural hanya menggunakan pengetahuan prosedural. Penelitian ini memiliki perbedaan dengan penelitian-penelitian terdahulu, ditinjau dari segi subjek, lokasi, fokus, dan hasil penelitian. Subjek penelitian ini adalah siswa SMP di Kabupaten Banyuwangi, dengan lokasi penelitian di Kabupaten Banyuwangi. Perbedaan utamanya, yaitu pada penelitian ini berfokus pada pengkajian *computational thinking* siswa dalam menyelesaikan masalah berbasis *cryptarithmic* ditinjau dari generalisasi yang dimilikinya. Karena itu, tujuan penelitian ini adalah mengeksplorasi *computational thinking* siswa dalam menyelesaikan masalah matematika berbasis *cryptarithmic* ditinjau dari jenis generalisasi yang dimilikinya.

METODE

Pada bagian metode dijelaskan terkait desain penelitian, subjek penelitian, instrumen penelitian, prosedur penelitian, dan analisis data.

Desain Penelitian

Desain penelitian ini dirancang untuk menganalisis *computational thinking* siswa dalam memecahkan masalah *cryptarithmic* ditinjau dari generalisasi yang dimilikinya. Metode yang digunakan adalah metode kualitatif dengan studi kasus jamak karena diperlukan analisis *computational thinking* siswa secara komprehensif melalui perbandingan beberapa kasus yang memiliki karakteristik generalisasi berbeda. Gambaran desain penelitian ini disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Desain Penelitian

Pada Gambar 2, rendahnya *computational thinking* siswa dalam pemecahan masalah berbasis *cryptarithmic* menjadi permasalahan penelitian yang urgen untuk diatasi. Karena itu, dilakukan penelitian yang berfokus terhadap analisis pada *computational thinking* siswa. Lebih lanjut, lokasi penelitian ini di SMP Kabupaten Banyuwangi karena memiliki jumlah siswa yang mencukupi kebutuhan penelitian secara representatif, sehingga dapat diambil 6 subjek penelitian untuk dianalisis karakteristik *computational thinking* berdasarkan generalisasi yang dimilikinya.

Subjek Penelitian

Subjek penelitian ini adalah siswa SMP yang memiliki pengalaman belajar pada materi operasi hitung aljabar. Pengalaman belajar subjek pada materi tersebut merupakan syarat cukup untuk memantik pengetahuannya dalam memecahkan masalah *cryptarithmic*, sehingga dapat dilakukan analisis *computational thinking* siswa dalam memecahkan masalah *cryptarithmic*. Subjek penelitian ini dipilih melalui *purposive sampling* dengan pertimbangan subjek terlibat dalam penelitian dan memiliki komunikasi yang baik (Cresswell, 2012). Karakteristik subjek pada penelitian ini disajikan pada Tabel 1.

TABEL 1. Karakteristik Subjek Penelitian

Kategori	Karakteristik	Alasan Pemilihan
S1	Siswa yang dapat menentukan nilai angka secara tepat untuk memenuhi operasi hitung berbasis <i>cryptarithmic</i> , serta dapat menentukan hasil operasi hitung $P + Q + R$ dengan tepat, namun tidak disertai alasan logis.	Terindikasi memenuhi indikator komponen <i>computational thinking</i> , yaitu dekomposisi, generalisasi pola dan abstraksi, serta algoritme. Akan tetapi, belum memenuhi indikator pengenalan pola.
S2	Siswa yang dapat menentukan nilai angka secara tepat untuk memenuhi operasi hitung berbasis <i>cryptarithmic</i> , serta dapat menentukan hasil operasi hitung $P + Q + R$ dengan disertai alasan logis.	Terindikasi memenuhi setiap indikator <i>computational thinking</i> , yaitu dekomposisi, pengenalan pola, generalisasi pola dan abstraksi, serta algoritme.

Kategori	Karakteristik	Alasan Pemilihan
S3	Siswa yang tidak dapat menentukan nilai angka secara tepat untuk memenuhi operasi hitung berbasis <i>cryptarithmic</i> , sehingga hasil operasi $P + Q + R$ tidak tepat.	Terindikasi memenuhi indikator <i>computational thinking</i> , yaitu dekomposisi. Akan tetapi, belum memenuhi indikator, pengenalan pola, generalisasi pola dan abstraksi, serta algoritme.

Pada Tabel 1, kategori subjek penelitian meliputi S1, S2, dan S3. Dari setiap kategori tersebut, dipilih dua subjek untuk mewakili data. Pemilihan subjek didasarkan pada indikasi tertentu yang disajikan pada Tabel 1 kolom Alasan Pemilihan.

Instrumen

Instrumen penelitian ini, meliputi peneliti, tes tulis terkait masalah *cryptarithmic*, rubrik indikator *computational thinking*, alat rekam visual, dan catatan peneliti. instrumen tes tulis dan rubrik indikator *computational thinking* tersebut telah divalidasi oleh dua ahli materi. Instrumen tes tulis yang digunakan dalam penelitian ini disajikan pada Gambar 3.

Diketahui operasi hitung sebagai berikut.

PQ

PQ

QRR

+

Setiap huruf pada operasi hitung di atas mewakili suatu angka yang berbeda dari 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, atau 9. Huruf yang berbeda mewakili angka yang berbeda, sedangkan huruf yang sama mewakili angka yang sama. Berapakah nilai $P + Q + R$? Berikan alasan-alasan!

Gambar 3. Instrumen Tes Tulis

Gambar 3 menyajikan masalah terkait operasi hitung berbasis *cryptarithmic* yang dipecahkan oleh subjek penelitian. Jawaban subjek dalam memecahkan masalah tersebut dianalisis peneliti berdasarkan indikator tertentu untuk menganalisis ketercapaian komponen *computational thinking* siswa dalam pemecahan masalah *cryptarithmic*. Komponen *computational thinking* dan indikator ketercapaiannya disajikan pada Tabel 2.

TABEL 2. Indikator Ketercapaian Komponen Computational Thinking dalam Pemecahan Masalah Cryptarithmic

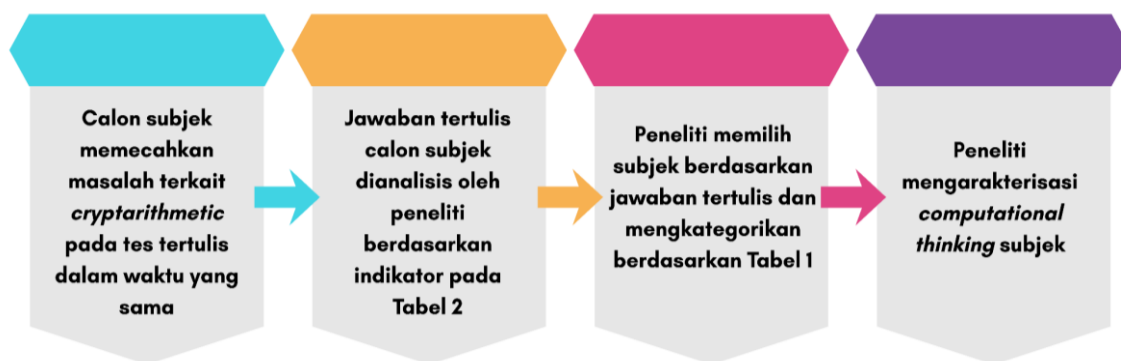
Komponen Computational Thinking	Indikator Ketercapaian Komponen Computational Thinking
Dekomposisi	➤ Subjek dapat memecah masalah kompleks menjadi sederhana, misalnya dapat menuliskan informasi yang diperoleh dari soal, sehingga informasi tersebut dapat digunakan untuk memecahkan masalah.
Pengenalan Pola	➤ Subjek dapat menganalisis pola tertentu, misalnya mengetahui syarat penjumlahan dua bilangan puluhan akan menghasilkan bilangan ratusan.
Generalisasi Pola dan Abstraksi	➤ Subjek dapat mengeliminasi bagian-bagian yang tidak relevan, misalnya mengeliminasi nilai angka yang tidak memenuhi

Komponen <i>Computational Thinking</i>	Indikator Ketercapaian Komponen <i>Computational Thinking</i>
	syarat operasi hitung berbasis <i>cryptarithmic</i> , sehingga didapatkan nilai angka yang memenuhi syarat tersebut.
Algoritme	➤ Subjek dapat menuliskan langkah pemecahan masalah secara runtut, sehingga ditemukan nilai operasi hitung $P + Q + R$ dengan tepat.

Pada Tabel 2, *computational thinking* memiliki empat komponen, yaitu dekomposisi, pengenalan pola, generalisasi pola dan abstraksi, serta algoritme. Keempat komponen tersebut memiliki keterkaitan untuk menstimulasi kemampuan siswa dalam menyelesaikan permasalahan secara sistematis, termasuk pemecahan masalah kompleks menjadi bagian-bagian kecil yang sederhana dan menentukan langkah efektif dalam pemecahan masalah.

Prosedur

Prosedur penelitian ini memuat tahapan-tahapan yang dilakukan peneliti secara sistematis untuk mencapai tujuan penelitian. Prosedur penelitian ini disajikan pada Gambar 4.

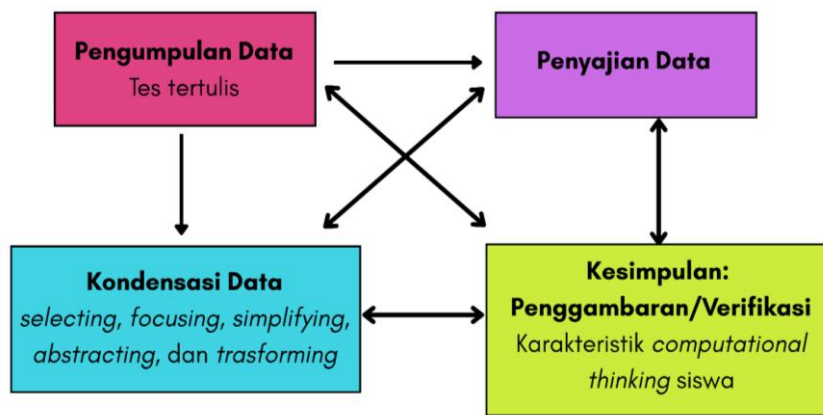


Gambar 4. Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian pada Gambar 4 terdiri atas empat tahapan. Pertama, calon subjek memecahkan masalah operasi hitung berbasis *cryptarithmic* pada tes tertulis dengan jangka waktu yang sama. Kedua, jawaban tertulis subjek dianalisis peneliti berdasarkan indikator pada Tabel 2. Ketiga, peneliti memilih subjek berdasarkan jawaban tes tertulis dan mengkategorikannya sesuai karakteristik subjek pada Tabel 1. Keempat, peneliti mengarakterisasi *computational thinking* subjek. Sumber data penelitian ini adalah enam siswa SMP Kabupaten Banyuwangi yang menjadi subjek penelitian. Sumber data berupa jawaban tes tertulis siswa. Melalui sumber data tersebut, peneliti dapat menganalisis *computational thinking* siswa dalam memecahkan masalah *cryptarithmic*.

Analisis Data

Teknik analisis data kualitatif yang digunakan dalam penelitian ini adalah interaktif (Miles et al., 2014). Teknik analisis data interaktif disajikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Teknik Analisis Data Interaktif

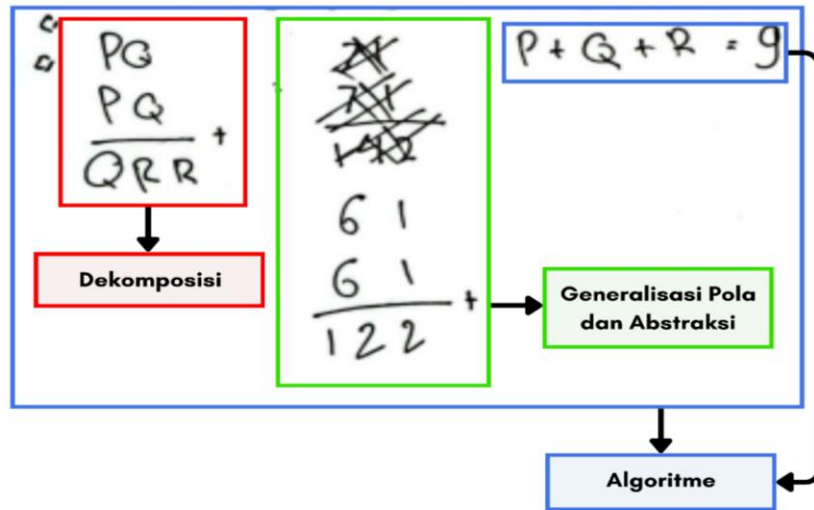
Pada Gambar 5, pengumpulan data dilakukan dengan pemberian tes tertulis kepada calon subjek. Data yang terkumpul, kemudian dianalisis peneliti berdasarkan indikator *computational thinking* pada Tabel 2. Selanjutnya, kondensasi data dipilih dan dipilah sesuai kebutuhan melalui *selecting*, *focusing*, *simplifying*, *abstracting*, dan *transforming*. Pada *selecting*, peneliti melakukan pengkodean, yaitu S1, S2, dan S3 pada jawaban tertulis calon subjek, kemudian mengelompokkannya berdasarkan karakteristik pada Tabel 1. Selanjutnya, pada tahap *focusing*, peneliti menganalisis data berdasarkan indikator ketercapaian *computational thinking* pada Tabel 2 dengan menandai warna tertentu pada jawaban tertulis subjek. Lalu, pada tahap *abstracting*, data yang telah terkumpul direduksi oleh peneliti. Data yang sudah melalui tahapan tersebut, kemudian masuk ke dalam tahap *simplifying* dan *transforming*, yaitu disederhanakan dan ditransformasikan melalui seleksi ketat dan menggolongkan data dalam satu pola yang lebih luas, sehingga didapatkan data terkait S1A, S1B, S2A, S2B, S3A, dan S3B. Peneliti menyajikan data dengan menampilkan jawab tertulis setiap subjek, sehingga tersaji deskripsi karakteristik *computational thinking* siswa. Selanjutnya, peneliti menarik kesimpulan terkait karakteristik *computational thinking* siswa dalam pemecahan masalah berbasis *cryptarithmic* ditinjau dari generalisasi yang dimilikinya.

HASIL

Pada bagian ini disajikan karakteristik *computational thinking* dari setiap subjek dalam memecahkan masalah berbasis *cryptarithmic*. Pada penelitian ini ditemukan tiga jenis karakteristik *computational thinking*. Ketiga jenis karakteristik *computational thinking* 3 dikaji peneliti melalui analisis terhadap jawaban tes tertulis. Hasil analisis peneliti disajikan secara rinci pada bagian di bawah ini.

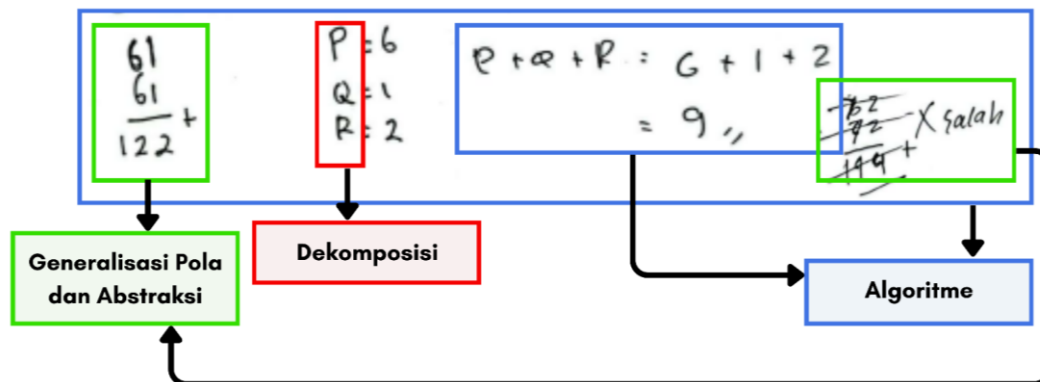
Karakteristik *Computational Thinking* S1

S1A dan S1B terindikasi memenuhi indikator komponen *computational thinking*, yaitu (1) dekomposisi, (2) generalisasi pola dan abstraksi, serta (3) algoritme. Akan tetapi, S1A dan S1B terindikasi belum memenuhi indikator komponen pengenalan pola. Indikasi tersebut diperoleh peneliti dari jawaban tes tertulis S1A dan S1B. Jawaban tes tertulis S1A disajikan pada Gambar 6.



Gambar 6. Jawaban Tertulis S1A

Pada Gambar 6, S1A memenuhi indikator komponen dekomposisi yang ditandai dengan persegi panjang berwarna merah. Hal itu karena, S1A dapat memecahkan masalah kompleks menjadi sederhana dengan menuliskan informasi yang diperoleh dari soal, sehingga memudahkan dalam menyelesaikan masalah. Informasi yang dituliskan S1A terkait masalah berbasis *cryptarithmic*, yaitu $PQ + PQ = QRR$. Informasi tersebut berfungsi sebagai acuan S1A dalam memecahkan masalah, sehingga indikator komponen generalisasi pola dan abstraksi terpenuhi. Generalisasi pola dan abstraksi S1A ditunjukkan pada Gambar 6 yang ditandai dengan persegi panjang berwarna hijau, S1A menemukan bahwa nilai yang memenuhi bentuk *cryptarithmic* $PQ + PQ = QRR$ adalah $61 + 61 = 122$. Nilai tersebut ditemukan S1A setelah mengeliminasi nilai yang tidak memenuhi syarat, yaitu $71 + 71 = 142$. Kemudian S1A dapat menentukan nilai $P + Q + R$ dengan tepat, yaitu 9. Nilai tersebut dihasilkan melalui rangkaian proses penyelesaian masalah secara runtut, sehingga S1A memenuhi indikator komponen algoritme yang ditandai dengan persegi panjang berwarna biru pada Gambar 6. Sementara itu, jawaban tertulis S1B disajikan pada Gambar 7.



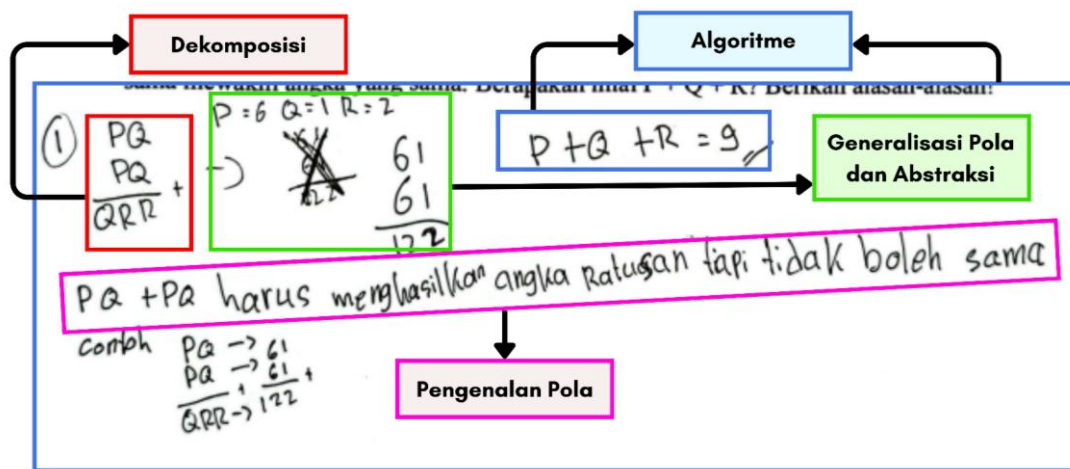
Gambar 7. Jawaban Tertulis S1B

Pada Gambar 7, S1B memenuhi indikator komponen dekomposisi yang ditandai dengan persegi panjang berwarna merah. Hal itu karena, S1B dapat memecahkan masalah kompleks menjadi sederhana dengan menuliskan informasi yang diperoleh dari soal, sehingga memudahkan proses penyelesaian masalah. Informasi yang dituliskan S1B terkait huruf pada *cryptarithmic*, yaitu P, Q, dan R. S1B mencari nilai angka yang mewakili huruf tersebut dengan melakukan eliminasi nilai yang tidak memenuhi syarat bentuk

cryptarithmic $PQ + PQ = QRR$, seperti $72 + 72 = 144$. Setelah dilakukan eliminasi, S1B menemukan nilai yang memenuhi syarat, yaitu $61 + 61 = 122$. Kemampuan S1B dalam melakukan eliminasi nilai tersebut menunjukkan bahwa S1B memenuhi indikator komponen generalisasi pola dan abstraksi yang ditandai dengan persegi panjang berwarna hijau pada Gambar 7. Lebih lanjut, S1B memenuhi indikator komponen algoritme yang ditandai dengan persegi panjang berwarna biru pada Gambar 7. Hal itu karena, S1B dapat menentukan nilai $P + Q + R$ dengan tepat, yaitu $6 + 1 + 2 = 9$ yang dihasilkan melalui rangkaian proses penyelesaian masalah secara runtut.

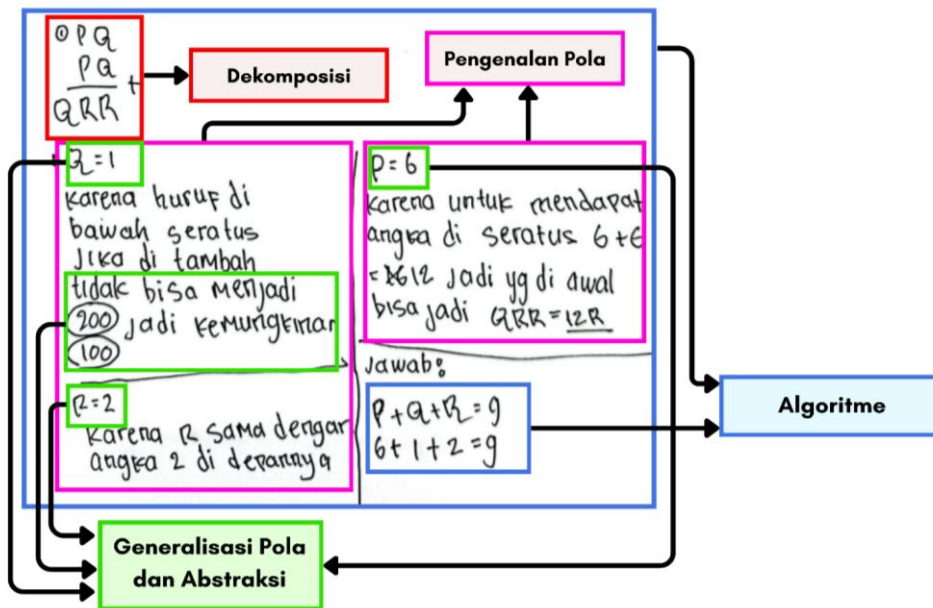
Karakteristik *Computational Thinking* S2

S2 terindikasi memenuhi setiap indikator komponen *computational thinking*, yaitu dekomposisi, pengenalan pola, generalisasi pola dan abstraksi, serta algoritme. Indikasi tersebut diperoleh peneliti dari jawaban tes tertulis S2A dan S2B. Jawaban tes tertulis S2A disajikan pada Gambar 8.



Gambar 8. Jawaban Tertulis S2A

Pada Gambar 8, S2A memenuhi indikator komponen dekomposisi yang ditandai dengan persegi panjang berwarna merah. Hal itu karena, S2A dapat memecahkan masalah kompleks menjadi sederhana dengan menuliskan informasi yang diperoleh dari soal, yaitu $PQ + PQ = QRR$. Informasi tersebut digunakan S2A untuk menganalisis pola tertentu yang ditunjukkan pada persegi panjang berwarna ungu pada Gambar 8. Pola yang ditemukan S2A, yaitu penjumlahan $PQ + PQ$ harus menghasilkan angka ratusan, tetapi angka yang mewakili setiap huruf tidak boleh sama. Kemampuan S2A dalam menentukan pola tersebut menunjukkan bahwa S2A memenuhi indikator komponen pengenalan pola. Kemudian, S2A dapat mengeliminasi nilai angka yang tidak relevan dengan bentuk *cryptarithmic* $PQ + PQ = QRR$ berdasarkan syarat yang telah ditemukan. Eliminasi yang dilakukan S2A ditandai dengan persegi panjang berwarna hijau pada Gambar 8, sehingga ditemukan nilai yang memenuhi syarat, yaitu $61 + 61 = 122$. Karena itu, S2A memenuhi indikator komponen generalisasi pola dan abstraksi. Selanjutnya, S2A dapat menentukan nilai penjumlahan $P + Q + R$ dengan tepat, yaitu 9. Nilai tersebut dihasilkan S2A melalui rangkaian proses penyelesaian masalah secara runtut yang ditandai dengan persegi panjang berwarna biru pada Gambar 8. Kemampuan S2A dalam menentukan nilai $P + Q + R$ dengan tepat dan runtut menunjukkan bahwa S2A memenuhi indikator komponen algoritme. Sementara itu, jawaban tertulis S2B disajikan pada Gambar 9.

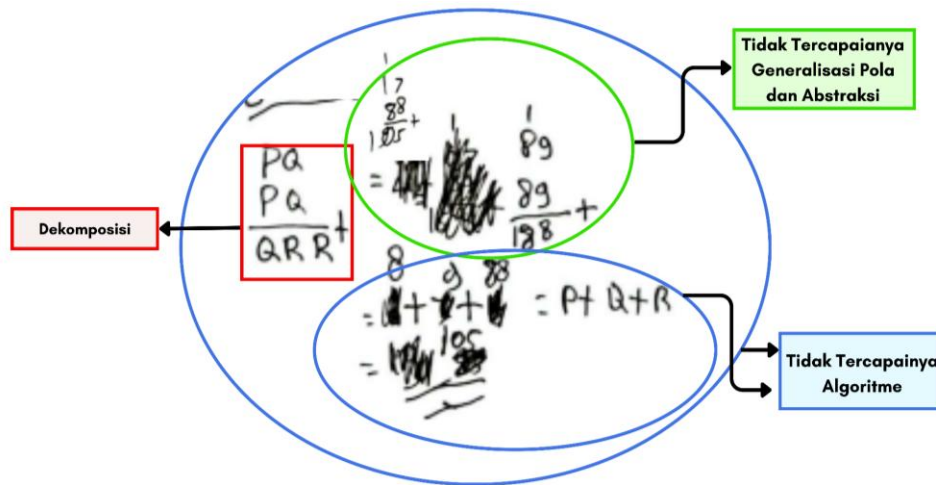


Gambar 9. Jawaban Tertulis S2B

Pada Gambar 9, S2B memenuhi indikator komponen dekomposisi yang ditandai dengan persegi panjang berwarna merah. Hal itu, karena S2B dapat menuliskan informasi yang diperoleh dari soal untuk memudahkan penyelesaian masalah, yaitu $PQ + PQ = QRR$. Informasi tersebut digunakan S2B untuk menganalisis pola tertentu yang ditunjukkan pada persegi panjang berwarna ungu pada Gambar 9. Pola yang ditemukan S2B, yaitu (1) nilai Q diperoleh dari asumsi bahwa penjumlahan dua bilangan puluhan di bawah seratus tidak akan menghasilkan 200, melainkan 100, (2) nilai R diperoleh dari penjumlahan dua huruf yang sama, yaitu $Q + Q$, dan (3) nilai P sebagai puluhan diperoleh dari asumsi bahwa untuk mendapatkan hasil penjumlahan pada interval $100 \leq x < 200$, maka angka yang mungkin memenuhi adalah $P \geq 5$, sehingga S2B menemukan nilai $P = 6$. Kemampuan dalam menganalisis pola tersebut menunjukkan bahwa S2B memenuhi indikator pengenalan pola. Selanjutnya, S2B memenuhi indikator generalisasi pola dan abstraksi yang ditunjukkan pada persegi panjang berwarna hijau pada Gambar 9. Hal itu karena, S2B melakukan eliminasi bagian yang tidak relevan dengan penyelesaian masalah, seperti mengeliminasi kemungkinan hasil penjumlah dua bilangan puluhan bernilai lebih dari atau sama dengan 200. Melalui proses eliminasi tersebut S2B dapat menentukan nilai P , Q , dan R dengan tepat, yaitu $P = 6$, $Q = 1$, dan $R = 2$. Lebih lanjut, S2B dapat menentukan nilai penjumlahan $P + Q + R$ dengan tepat, yaitu $6 + 1 + 2 = 9$ melalui rangkaian proses penyelesaian masalah secara sistematis yang ditandai dengan persegi panjang berwarna biru pada Gambar 9. Karena itu, S2B memenuhi indikator algoritme.

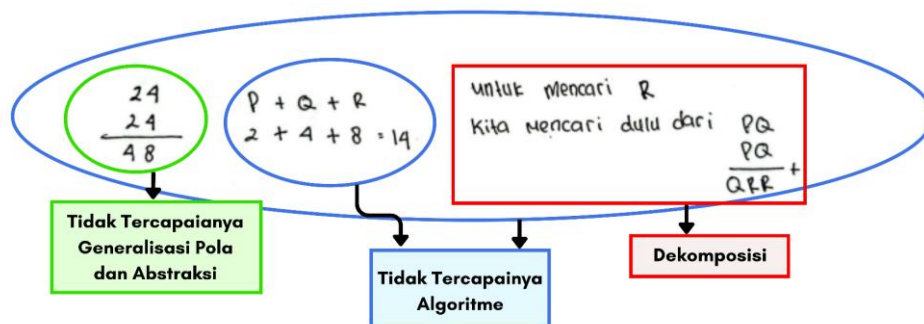
Karakteristik Computational Thinking S3

S3 terindikasi memenuhi indikator komponen dekomposisi pada *computational thinking*. Indikasi tersebut diperoleh peneliti dari jawaban tes tertulis S3A dan S3B. Jawaban tertulis S3A disajikan pada Gambar 10.



Gambar 10. Jawaban Tertulis S3A

Pada Gambar 10, S3A memenuhi indikator komponen dekomposisi yang ditandai dengan persegi panjang berwarna merah. Hal itu karena, S3A dapat menuliskan informasi yang diperoleh dari soal untuk menyelesaikan masalah, yaitu bentuk *cryptarithmic* $PQ + PQ = QRR$. Akan tetapi, S3A tidak mencapai indikator generalisasi pola dan abstraksi karena tidak dapat menemukan nilai P, Q, dan R dengan tepat setelah melakukan serangkaian eliminasi yang ditandai dengan elips berwarna hijau pada Gambar 10. Lebih lanjut, S3A juga tidak mencapai indikator algoritme karena melakukan kesalahan dalam langkah penyelesaian masalah sedemikian hingga hasil penjumlahan $P + Q + R$. Kesalahan tersebut ditandai dengan elips berwarna biru pada Gambar 10. Sementara itu, jawaban tertulis S3B disajikan pada Gambar 11.



Gambar 11. Jawaban Tertulis S3B

Pada Gambar 11, S3B memenuhi indikator komponen dekomposisi yang ditandai dengan persegi panjang berwarna merah. Hal itu karena, S3A dapat menuliskan informasi yang diperoleh dari soal untuk menyelesaikan masalah, yaitu asumsi bahwa untuk menentukan nilai R, maka harus mencari nilai $PQ + PQ = QRR$ terlebih dahulu. Akan tetapi, S3B tidak mencapai indikator generalisasi pola dan abstraksi karena tidak dapat menemukan nilai P, Q, dan R dengan tepat setelah melakukan serangkaian eliminasi yang ditandai dengan elips berwarna hijau pada Gambar 11. Lebih lanjut, S3B juga tidak mencapai indikator algoritme karena melakukan kesalahan dalam langkah penyelesaian masalah, sehingga nilai $P + Q + R$ tidak tepat. Kesalahan tersebut disajikan pada Gambar 11 ditandai dengan elips berwarna biru.

DISKUSI

Temuan penelitian ini, meliputi (1) generalisasi jauh dan generalisasi faktual dalam proses penyelesaian masalah, (2) generalisasi dekat dan generalisasi faktual dalam proses

penyelesaian masalah, serta (3) generalisasi jauh dan generalisasi pre-faktual dalam proses penyelesaian masalah.

Generalisasi Jauh dan Generalisasi Faktual dalam Proses Penyelesaian Masalah

Karakteristik *computational thinking* S1A dan S1B yang memenuhi indikator komponen dekomposisi, generalisasi pola dan abstraksi, serta algoritme, tanpa memenuhi indikator komponen pengenalan pola, menunjukkan bahwa S1A dan S1B memiliki generalisasi jauh dalam penyelesaian masalah. Hal itu karena, S1A dan S1B menggunakan cara coba-coba untuk menemukan nilai yang memenuhi syarat *cryptarithmic*, tanpa menunjukkan pengetahuannya terkait penemuan pola umum. Temuan ini sejalan dengan penelitian yang menunjukkan bahwa ketika siswa belum mampu mengenali pola, maka cenderung menggunakan strategi coba-coba, sehingga siswa melakukan generalisasi jauh dari pola dasar (Angeli & Giannakos, 2020; Chan et al., 2021; T.-T. Wu et al., 2024; Ye et al., 2023). Lebih lanjut, dalam penyelesaian masalah berbasis *cryptarithmic*, S1A dan S1B juga memiliki generalisasi faktual. Hal itu karena, S1A dan S1B dapat memberikan contoh konkret dari penjumlahan bilangan yang memenuhi bentuk $PQ + PQ = QRR$, sedemikian hingga ditemukan nilai angka yang tepat. Temuan ini sejalan dengan penelitian Zambak & Magiera (2020), bahwa pemberian contoh konkret merupakan strategi untuk membangun generalisasi.

Generalisasi Dekat dan Generalisasi Faktual dalam Proses Penyelesaian Masalah

Karakteristik *computational thinking* S2A dan S2B yang memenuhi setiap indikator komponen, yaitu dekomposisi, pengenalan pola, generalisasi pola dan abstraksi, serta algoritme, menunjukkan bahwa S2A dan S2B memiliki generalisasi dekat dalam proses penyelesaian masalah. Hal itu karena, S2A dan S2B menuliskan pola untuk penyelesaian masalah dalam bentuk syarat. Syarat tersebut dituliskan dalam bentuk kalimat yang digunakan sebagai acuan dalam penyelesaian masalah. Temuan ini sejalan dengan penelitian Chua (2013), bahwa siswa melakukan generalisasi dengan menuliskan pola penyelesaian dalam bentuk kalimat yang digunakan sebagai acuan dalam pemecahan masalah. Penelitian terkait generalisasi pola menunjukkan bahwa representasi pola secara eksplisit dalam bentuk verbal merespresentasikan terjadinya generalisasi dekat (Rivera, 2010). Lebih lanjut, penulisan syarat dalam bentuk kalimat yang digunakan acuan dalam penyelesaian masalah tersebut menunjukkan bahwa S2A dan S2B memiliki generalisasi faktual. Temuan ini sejalan dengan penelitian Naraswari et al., (2023) yang menemukan bahwa siswa melakukan generalisasi dengan menuliskan aturan berdasarkan data konkret dari permasalahan. Penelitian tersebut menegaskan bahwa kemampuan mengekspresikan pola dalam bentuk pernyataan tertulis mencerminkan tahap awal generalisasi, yaitu menghubungkan contoh faktual dengan aturan umum. Karena itu, tindakan S2A dan S2B dalam menuliskan syarat sebagai acuan penyelesaian masalah menunjukkan kemampuan untuk mengonstruksi pengetahuan dari fakta konkret menuju bentuk generalisasi yang masih bersifat faktual.

Generalisasi Jauh dan Generalisasi Pre-Faktual dalam Proses Penyelesaian Masalah

Karakteristik *computational thinking* S3A dan S3B yang memenuhi indikator komponen dekomposisi, namun tidak memenuhi indikator komponen pengenalan pola, generalisasi pola dan abstraksi, serta algoritme, menunjukkan bahwa S3A dan S3B memiliki generalisasi jauh. Hal itu karena, S3A dan S3B menggunakan cara coba-coba untuk menemukan nilai yang memenuhi syarat *cryptarithmic*, tanpa menunjukkan pengetahuannya terkait penemuan pola umum. Temuan ini sejalan dengan penelitian Trigo (2024) yang menyebutkan bahwa ketika komponen penting *computational thinking* meliputi pengenalan pola, generalisasi pola dan abstraksi, serta algoritme belum dicapai

siswa, maka strategi penyelesaian masalahnya bersifat eksploratif atau coba-coba. Akibatnya, selesaian yang ditemukan S3A dan S3B tidak valid. Tidak validnya selesaian tersebut, menunjukkan bahwa S3A dan S3B belum mencapai generalisasi faktual pada teori Radford (Radford & Peirce, 2006). Akan tetapi, jika dikaji berdasarkan usaha yang dilakukan untuk menemukan nilai yang memenuhi bentuk *cryptarithmic* dengan memberikan contoh konkret berupa penjumlahan dua bilangan puluhan, sehingga dihasilkan bilangan ratusan, maka S3A dan S3B memiliki generalisasi pre-faktual. Hal itu karena, S3A dan S3B belum mampu menemukan nilai yang tepat, meskipun sudah memberikan contoh konkret. Temuan ini sejalan dengan penelitian Kinnear et al., (2025) & Valenta et al., 2024, yang menegaskan bahwa ketika siswa menyediakan contoh konkret melalui strategi eksplorasi atau coba-coba, tanpa disertai pengenalan pola, abstraksi atau algoritme, maka generalisasi yang terbentuk cenderung tetap pada tahap contoh kasus dan belum mencapai bentuk aturan umum.

KESIMPULAN

Penelitian ini menemukan tiga karakteristik *computational thinking* siswa dalam menyelesaikan masalah matematika berbasis *cryptarithmic*. Pertama, siswa yang memenuhi indikator komponen dekomposisi, generalisasi pola dan abstraksi, serta algoritme memiliki generalisasi jauh dan generalisasi faktual dalam proses penyelesaian masalah. Kedua, siswa yang memenuhi setiap indikator *computational thinking*, meliputi dekomposisi, pengenalan pola, generalisasi pola dan abstraksi, serta algoritme memiliki generalisasi dekat dan generalisasi faktual dalam proses penyelesaian masalah. Ketiga, siswa yang memenuhi indikator komponen dekomposisi memiliki generalisasi jauh dan generalisasi pre-faktual dalam proses penyelesaian masalah. Temuan ini secara praktis memperkuat pemahaman guru tentang karakterisasi *computational thinking* siswa, dan secara teoretis menjadi dasar pengembangan instrumen diagnostik berbasis generalisasi untuk pembelajaran matematika abad ke-21. Keterbatasan penelitian ini adalah peneliti belum melakukan analisis terkait faktor eksternal yang memengaruhi munculnya ketercapaian komponen *computational thinking* pada siswa, seperti pengaruh strategi pembelajaran guru. Karena itu, saran untuk penelitian selanjutnya adalah para peneliti dapat mengelaborasi kajian terkait karakterisasi *computational thinking* siswa dengan mempertimbangkan faktor eksternal yang memengaruhi ketercapaian komponen tertentu pada *computational thinking*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti berterima kasih kepada guru SMP di Kabupaten Banyuwangi yang terlibat dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Angeli, C., & Giannakos, M. (2020). Computational Thinking Education: Issues and Challenges. In *Computers in Human Behavior* (Vol. 105, p. 106185). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2019.106185>
- Boom, K.-D., Bower, M., Siemon, J., & Arguel, A. (2022). Relationships Between Computational Thinking and The Quality of Computer Programs. *Education And Information Technologies*, 27(6), 8289–8310. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-10921-z>
- Chan, S.-W., Looi, C.-K., Ho, W. K., Huang, W., Seow, P., & Wu, L. (2021). Learning Number Patterns Through Computational Thinking Activities: A Rasch Model Analysis. *Heliyon*, 7(9). [https://www.cell.com/heliyon/fulltext/S2405-8440\(21\)02025-9](https://www.cell.com/heliyon/fulltext/S2405-8440(21)02025-9)
- Christopoulos, A., Mystakidis, S., Stylios, C., & Tsoulos, I. G. (2025). Unplugged Gamification in Education: Developing Computational Thinking Skills Through Embodied

- Gameplay. *The Journal of Educational Research*, 1–14. <https://doi.org/10.1080/00220671.2025.2517266>
- Chua, B. L. (2013). *Pattern Generalisation in Secondary School Mathematics: Students' Strategies, Justifications and Beliefs and The Influence of Task Features*. <https://discovery.ucl.ac.uk/id/eprint/10018268/>
- Cresswell, K. M. (2012). *Implementation and Adoption of The First National Electronic Health Record: A Qualitative Exploration of The Perspectives of Key Stakeholders in Selected English Care Settings Drawing on Sociotechnical Principles*. <https://era.ed.ac.uk/handle/1842/6519>
- Darmawan, P., Rofiki, I., Mutia, T., Slamet, S., Nugroho, C. M. R., Dewi, V. M., Pramudya, S. S., & Alaiya, S. V. (2024). Eksplorasi Computational Thinking Calon Guru Matematika dalam Menyelesaikan Soal Pola Bilangan. *Jurnal Pendidikan MIPA*, 14(4), 1049–1059. <https://doi.org/10.37630/jpm.v14i4.2049>
- Groza, A. (2021). Practical Puzzles. In *Modelling Puzzles in First Order Logic* (pp. 47–74). Springer. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-030-62547-4>
- Hynek, J., & Medková, J. (2022). Logic Programming and Reasoning Puzzles. *2022 31st Annual Conference of the European Association for Education in Electrical and Information Engineering (EAEEIE)*, 1–6. 10.1109/EAEEIE54893.2022.9820010
- Kinnear, G., Iannone, P., & Davies, B. (2025). Student Approaches to Generating Mathematical Examples: Comparing E-Assessment and Paper-Based Tasks. *Educational Studies in Mathematics*, 119(2), 179–201. <https://doi.org/10.1007/s10649-024-10361-1>
- Lee, J., Joswick, C., & Pole, K. (2023). Classroom Play and Activities to Support Computational Thinking Development in Early Childhood. *Early Childhood Education Journal*, 51(3), 457–468. <https://doi.org/10.1007/s10643-022-01319-0>
- Li, W., Liu, C.-Y., & Tseng, J. C. R. (2023). Effects of The Interaction Between Metacognition Teaching and Students' Learning Achievement on Students' Computational Thinking, Critical Thinking, and Metacognition in Collaborative Programming Learning. *Education and Information Technologies*, 28(10), 12919–12943. <https://doi.org/10.1007/s10639-023-11671-2>
- Maharani, S., Agustina, Z. F., & Kholid, M. N. (2021). Exploring The Prospective Mathematics Teachers Computational Thinking in Solving Pattern Geometry Problem. *Al-Ishlah: Jurnal Pendidikan*, 13(3), 1756–1767. <https://doi.org/10.35445/alishlah.v13i3.1181>
- Miles, M. B., Huberman, A. M., & Saldana, J. (2014). *Qualitative Data Analysis: A Methods Sourcebook*. <https://cir.nii.ac.jp/crid/197002348484333791>
- Naraswari, T. P., Kusmayadi, T. A., & Fitriana, L. (2023). Students' Mathematical Generalization in Solving Numeracy Problems. *Jurnal Penelitian Dan Pengembangan Pendidikan*, 7(3), 533–542. <https://doi.org/10.23887/jppp.v7i3.66888>
- Papadakis, S. (2022). Apps to Promote Computational Thinking and Coding Skills to Young Age Children: A Pedagogical Challenge for The 21st Century Learners. *Educational Process: International Journal (EDUPIJ)*, 11(1), 7–13. <https://www.cceol.com/search/article-detail?id=1046773>
- Purwasih, R., & Dahlan, J. A. (2024). How Do You Solve Number Pattern Problems through Mathematical Semiotics Analysis and Computational Thinking?. *Journal on Mathematics Education*, 15(2), 403–430. <http://doi.org/10.22342/jme.v15i2.pp403-430>
- Radford, L., & Peirce, C. S. (2006). Algebraic thinking and the generalization of patterns: A semiotic perspective. *Proceedings of the 28th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education, North American Chapter*, 1, 2–21.
- Rivera, F. D. (2010). Visual Templates in Pattern Generalization Activity. *Educational Studies in Mathematics*, 73(3), 297–328. <https://doi.org/10.1007/s10649-009-9222-0>
- Rodríguez del Rey, Y. A., Cawanga Cambinda, I. N., Deco, C., Bender, C., Avello-Martínez, R., & Villalba-Condori, K. O. (2021). Developing Computational Thinking with A Module of Solved Problems. *Computer Applications in Engineering Education*, 29(3), 506–516.

<https://doi.org/10.1002/cae.22214>

- Santos-Trigo, M. (2024). Problem Solving in Mathematics Education: Tracing Its Foundations and Current Research-Practice Trends. *ZDM–Mathematics Education*, 56(2), 211–222. <https://doi.org/10.1007/s11858-024-01578-8>
- Shivappa, N. (2023). A Survey on Classic Examples of Constraint Satisfaction Problems with Solutions and Applications. *2023 3rd International Conference on Smart Generation Computing, Communication and Networking (SMART GENCON)*, 1–7. DOI: 10.1109/SMARTGENCON60755.2023.10442726
- Simon, H. A. (2024). Identifying Basic Abilities Underlying Intelligent Performance of Complex Tasks. In *The nature of intelligence* (pp. 65–98). Routledge. <https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.4324/9781032646527-7/identifying-basic-abilities-underlying-intelligent-performance-complex-tasks-herbert-simon>
- Valenta, A., Rø, K., & Klock, S. I. (2024). A Framework for Reasoning in School Mathematics: Analyzing The Development of Mathematical Claims. *Educational Studies in Mathematics*, 116(1), 91–111. <https://doi.org/10.1007/s10649-024-10309-5>
- Wu, T.-T., Asmara, A., Huang, Y.-M., & Permata Hapsari, I. (2024). Identification of Problem-Solving Techniques in Computational Thinking Studies: Systematic Literature Review. *Sage Open*, 14(2). <https://doi.org/10.1177/21582440241249897>
- Wu, W.-R., & Yang, K.-L. (2022). The Relationships Between Computational and Mathematical Thinking: A Review Study on Tasks. *Cogent Education*, 9(1), 2098929. <https://doi.org/10.1080/2331186X.2022.2098929>
- Yasin, M., & Nusantara, T. (2023). Characteristics of Pattern Recognition to Solve Mathematics Problems in Computational Thinking. *AIP Conference Proceedings*, 2569(1). <https://doi.org/10.1063/5.0112171>
- Ye, H., Liang, B., Ng, O.-L., & Chai, C. S. (2023). Integration of Computational Thinking in K-12 Mathematics Education: A Systematic Review on CT-Based Mathematics Instruction and Student Learning. *International Journal of STEM Education*, 10(1), 3. <https://doi.org/10.1186/s40594-023-00396-w>
- Zambak, V. S., & Magiera, M. T. (2020). Supporting Grades 1–8 Pre-Service Teachers' Argumentation Skills: Constructing Mathematical Arguments in Situations That Facilitate Analyzing Cases. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 51(8), 1196–1223. <https://doi.org/10.1080/0020739X.2020.1762938>

PROFIL

Laras Shita Prastiwi adalah guru matematika di SMP Bustanul Makmur, Kabupaten Banyuwangi. Beliau merupakan mitra penelitian Departemen Matematika, Universitas Negeri Malang. Beliau menekuni kajian penelitian berpikir matematis yang berfokus pada berpikir kritis.

Syekha Vivi Alaiya adalah praktisi di bidang pendidikan matematika. Beliau aktif dalam beberapa proyek penelitian khususnya di bidang Pendidikan Matematika yang berafiliasi dengan Universitas Negeri Malang.