



## Mini Tinjauan Literatur Pemanfaatan Aplikasi Macaulay untuk Berpikir Komputasi Siswa

Roslina Sahara<sup>1</sup>, Yahfizham<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> FITK, Pendidikan Matematika, Universitas Islam Negeri Sumatera Utara, Indonesia

Email : [rosalina.sahara1@gmail.com](mailto:rosalina.sahara1@gmail.com), [Yahfizham@uinsu.ac.id](mailto:Yahfizham@uinsu.ac.id)

**Abstract :** *This study aims to examine the use of Macaulay2 software in improving students' computational thinking skills in mathematics learning, especially in abstract algebra material. Macaulay2 as an open-source Computer Algebra System (CAS) provides a symbolic and algorithmic environment that encourages logical and systematic exploration of mathematical concepts. Literature reviews show that the use of Macaulay2 can strengthen conceptual understanding, train computational thinking, and introduce mathematical programming to students. However, technical challenges, limited Indonesian language teaching materials, and limited educational infrastructure are obstacles that need to be overcome through collaboration between educational stakeholders.*

**Keywords:** *Macaulay2, computational thinking, abstract algebra, mathematics learning, educational technology*

**Abstrak:** Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pemanfaatan perangkat lunak Macaulay2 dalam meningkatkan kemampuan berpikir komputasi siswa pada pembelajaran matematika, khususnya dalam materi aljabar abstrak. Macaulay2 sebagai *Computer Algebra System* (CAS) open-source menyediakan lingkungan simbolik dan algoritmik yang mendorong eksplorasi konsep matematika secara logis dan sistematis. Kajian literatur menunjukkan bahwa penggunaan Macaulay2 dapat memperkuat pemahaman konseptual, melatih berpikir komputasional, serta memperkenalkan pemrograman matematis kepada siswa. Meskipun demikian, tantangan teknis, keterbatasan bahan ajar berbahasa Indonesia, dan keterbatasan infrastruktur pendidikan menjadi hambatan yang perlu diatasi melalui kolaborasi antar pemangku kepentingan pendidikan.

**Kata kunci:** Macaulay2, berpikir komputasi, aljabar abstrak, pembelajaran matematika, teknologi pendidikan

### 1. LATAR BELAKANG

Perkembangan teknologi digital telah membawa perubahan signifikan dalam dunia pendidikan, khususnya dalam pembelajaran matematika. Di era Revolusi Industri 4.0, kemampuan berpikir komputasi (*computational thinking*) menjadi salah satu keterampilan kunci yang harus dimiliki siswa. Berpikir komputasi tidak hanya berfokus pada kemampuan menggunakan komputer, tetapi juga mencakup cara berpikir logis, sistematis, dan efisien dalam memecahkan masalah melalui pendekatan algoritmik. Dalam konteks ini, integrasi perangkat lunak matematis seperti *Macaulay2* menjadi sangat relevan.

*Macaulay2* merupakan sistem perangkat lunak yang dirancang untuk mendukung penelitian dalam aljabar komutatif dan geometri aljabar, serta sangat bermanfaat dalam proses pembelajaran matematika tingkat lanjut. Software ini memungkinkan siswa untuk mengeksplorasi konsep-konsep abstrak secara lebih interaktif dan terstruktur, melalui pendekatan komputasi simbolik dan visualisasi matematis. Hal ini sejalan dengan tuntutan pembelajaran abad ke-21 yang menekankan pada penggunaan teknologi sebagai alat bantu berpikir dan bukan sekadar alat hitung.

Peran siswa sangatlah penting dalam lingkungan sekolah. Siswa merupakan individu yang sedang menempuh pendidikan formal di institusi seperti sekolah dasar, sekolah menengah, atau lembaga pendidikan yang setara. Menurut Sagala (2010), siswa adalah peserta didik yang secara aktif terlibat dalam proses pembelajaran, berinteraksi dengan guru, materi pelajaran, serta lingkungan belajar lainnya guna mencapai tujuan pendidikan. Fokus utama dari proses ini adalah membentuk siswa agar memiliki sikap, keterampilan, dan pengetahuan yang sesuai dengan kurikulum yang berlaku. Selain itu, siswa juga dituntut untuk mampu berpikir secara sistematis. Berdasarkan pandangan Anderson dan Krathwohl (2001) dalam revisi Taksonomi Bloom, berpikir merupakan proses kognitif yang mencakup kemampuan mengingat, memahami, menerapkan, menganalisis, mengevaluasi, hingga menciptakan suatu informasi.

Kemampuan berpikir komputasi merujuk pada keterampilan dalam memecahkan masalah secara sistematis dengan menggunakan pendekatan yang lazim dalam ilmu komputer. Kemampuan ini mencakup cara berpikir yang logis, analitis, serta efisien dalam merancang solusi yang dapat diterapkan baik oleh manusia maupun oleh mesin, seperti komputer. Wing (2006) menyatakan bahwa berpikir komputasi merupakan proses mental yang melibatkan perumusan masalah serta pengembangan solusi yang dapat dijalankan oleh alat pemroses informasi, seperti komputer. Dalam konteks pendidikan matematika, kemampuan berpikir komputasi ini dapat ditumbuhkan melalui penggunaan perangkat lunak khusus yang dirancang untuk membantu eksplorasi konsep-konsep matematis secara simbolik dan algoritmik.

Namun, pemanfaatan *Macaulay2* dalam lingkungan pendidikan masih belum begitu populer jika dibandingkan dengan perangkat lunak matematika lainnya seperti GeoGebra atau MATLAB. Oleh karena itu, penting dilakukan tinjauan literatur yang menyoroti bagaimana *Macaulay2* dapat digunakan untuk mengembangkan kemampuan berpikir komputasi siswa, terutama dalam pembelajaran aljabar dan struktur matematika abstrak lainnya. Melalui tinjauan ini, diharapkan dapat diperoleh gambaran mengenai potensi dan tantangan implementasi *Macaulay2* dalam dunia pendidikan, sehingga menjadi referensi untuk pengembangan strategi pembelajaran berbasis komputasi yang lebih efektif.

## 2. LANDASAN TEORI

### Berpikir Komputasi dalam Pendidikan Matematika

Berpikir komputasi (computational thinking) merupakan proses berpikir yang digunakan dalam memformulasikan masalah dan solusi yang dapat diungkapkan dalam bentuk instruksi yang dijalankan oleh sistem informasi, termasuk komputer (Wing, 2006). Dalam pendidikan,

berpikir komputasi dianggap sebagai kemampuan dasar abad ke-21 yang penting, sejajar dengan membaca, menulis, dan berhitung. Menurut Grover dan Pea (2013), berpikir komputasi mencakup keterampilan seperti dekomposisi masalah, pengenalan pola, abstraksi, serta desain algoritma.

Dalam konteks pembelajaran matematika, berpikir komputasi mendorong siswa untuk memahami struktur dan keteraturan dalam konsep matematika melalui pendekatan logis dan sistematis. Pembelajaran matematika yang didukung dengan berpikir komputasi memungkinkan siswa tidak hanya memahami konsep, tetapi juga mengembangkan solusi melalui simulasi dan eksplorasi berbasis teknologi.

### **Peran Perangkat Lunak dalam Mendorong Berpikir Komputasi**

Penggunaan perangkat lunak dalam pendidikan matematika berfungsi sebagai alat bantu untuk memperjelas konsep abstrak, mempercepat perhitungan simbolik, dan menyediakan lingkungan eksploratif yang mendukung berpikir algoritmik. Menurut Heid (2005), perangkat lunak matematika seperti Computer Algebra Systems (CAS) berkontribusi terhadap perkembangan pemahaman konsep matematika yang lebih dalam, terutama dalam topik aljabar dan kalkulus. Integrasi teknologi dalam pembelajaran matematika telah menjadi fokus berbagai penelitian

*Macaulay2* termasuk dalam kategori CAS yang dikembangkan untuk kebutuhan aljabar komutatif dan geometri aljabar. Dengan fitur komputasi simbolik dan skrip pemrograman matematika, *Macaulay2* mendorong siswa untuk merancang algoritma sederhana, mengeksplorasi sifat struktur matematika, dan mengembangkan solusi berbasis logika simbolik.

### **Macaulay2 dalam Pembelajaran Aljabar Abstrak**

Aljabar abstrak sering kali dianggap sebagai topik yang sulit karena sifatnya yang simbolik dan kurang visual. Penggunaan *Macaulay2* dapat membantu siswa dan mahasiswa dalam memahami konsep seperti ideal, ring, modul, dan struktur lainnya dengan pendekatan eksploratif. Dalam studi oleh Bown et al. (2010), penggunaan *Macaulay2* di kelas aljabar komutatif memberikan hasil yang positif terhadap pemahaman konseptual mahasiswa dan mengembangkan pola berpikir sistematis.

Pemanfaatan *Macaulay2* juga memungkinkan siswa untuk menjalankan perintah-perintah matematis melalui sintaks tertentu, yang pada dasarnya merupakan praktik pemrograman matematis sebuah proses penting dalam penguatan berpikir komputasi.

### 3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan sebuah kajian literatur yang bersifat kualitatif deskriptif, yang bertujuan untuk mengeksplorasi pemanfaatan software *Macaulay2* dalam mendukung kemampuan berpikir komputasi siswa, khususnya dalam pembelajaran matematika yang bersifat abstrak seperti aljabar. Kajian ini dilakukan melalui penelusuran dan analisis berbagai sumber literatur ilmiah yang relevan, baik dari jurnal akademik, buku referensi, prosiding konferensi, maupun dokumentasi resmi pengembang perangkat lunak *Macaulay2*.

Dalam proses pengumpulan data, penulis menggunakan teknik penelusuran literatur dengan bantuan mesin pencari akademik seperti Google Scholar, JSTOR, SpringerLink, dan ResearchGate. Kata kunci yang digunakan dalam pencarian meliputi “*Macaulay2* in education”, “computational thinking in mathematics”, “software for abstract algebra”, dan “symbolic computation in learning”. Fokus pencarian diarahkan pada publikasi yang terbit dalam rentang tahun 2000 hingga 2024 untuk memastikan bahwa informasi yang dikaji relevan dan terkini.

Adapun kriteria literatur yang dijadikan sumber acuan adalah publikasi yang membahas secara langsung atau tidak langsung penerapan *Macaulay2* dalam pembelajaran matematika, pengembangan berpikir komputasi dalam pendidikan, serta penggunaan teknologi informasi dalam mendukung pemahaman konsep-konsep matematika tingkat lanjut. Literatur yang dipilih berasal dari jurnal terindeks dan buku terbitan akademik yang telah melalui proses penelaahan sejawat (peer review), sehingga menjamin validitas dan reliabilitas data yang dikaji.

Teknik analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis isi (content analysis). Melalui pendekatan ini, penulis mengidentifikasi dan mengelompokkan tema-tema penting dari setiap literatur, seperti bentuk penerapan *Macaulay2* dalam pembelajaran, dampaknya terhadap pengembangan berpikir logis dan algoritmik, serta tantangan yang dihadapi dalam proses implementasi. Selanjutnya, hasil temuan dari berbagai literatur dibandingkan dan disintesis untuk mendapatkan gambaran menyeluruh tentang potensi dan keterbatasan pemanfaatan *Macaulay2* dalam konteks pendidikan matematika.

Hasil dari proses ini kemudian digunakan sebagai dasar untuk menyusun rekomendasi bagi para pendidik dan pengembang kurikulum agar lebih optimal dalam memanfaatkan teknologi, khususnya perangkat lunak open source seperti *Macaulay2*, dalam rangka mendorong pembelajaran yang lebih bermakna dan mendorong kemampuan berpikir komputasi siswa.

#### **4. PEMBAHASAN DAN HASIL**

Berdasarkan kajian terhadap berbagai literatur akademik, diperoleh beberapa temuan penting terkait pemanfaatan perangkat lunak Macaulay2 dalam mendukung pengembangan kemampuan berpikir komputasi siswa. Hasil kajian ini dapat diklasifikasikan ke dalam empat fokus utama, yaitu:

1. Peran Macaulay2 dalam mendukung pemahaman konsep aljabar secara konseptual,
2. Kontribusi terhadap pengembangan berpikir komputasi, dan
3. Tantangan implementasi dalam lingkungan pendidikan.
4. Fungsi, kelebihan dan Kekurangan Macaulay

##### **1. Peran Macaulay2 dalam Mendukung Pemahaman Konsep Aljabar oleh Siswa**

Macaulay2 tidak hanya digunakan pada tingkat pendidikan tinggi, tetapi juga memiliki potensi besar untuk dimanfaatkan dalam pengajaran matematika di tingkat sekolah menengah, khususnya pada materi aljabar. Dalam pembelajaran konvensional, siswa sering kali mengalami kesulitan memahami konsep abstrak seperti faktorisasi polinomial, relasi antar variabel, dan struktur dalam sistem persamaan. Penggunaan Macaulay2 dapat menjembatani kesenjangan ini melalui visualisasi hasil dan eksplorasi interaktif terhadap konsep-konsep tersebut.

Dengan bantuan Macaulay2, siswa dapat mencoba berbagai input aljabar dan melihat hasil komputasi simboliknya secara langsung. Hal ini memberi pengalaman belajar berbasis eksperimen, di mana siswa dapat membangun pemahaman melalui proses coba-coba yang terarah. Misalnya, dalam mempelajari operasi pada ideal atau menentukan solusi dari sistem persamaan polinomial, siswa bisa mengamati bagaimana perubahan variabel memengaruhi hasil akhir, sehingga memperdalam pemahaman mereka terhadap struktur aljabar yang sebelumnya sulit dibayangkan secara manual.

Selain itu, pendekatan ini juga meningkatkan motivasi belajar karena siswa merasa lebih terlibat aktif dalam proses pembelajaran. Mereka tidak hanya menjadi penerima informasi, tetapi juga penjelajah dan pemecah masalah. Aktivitas eksploratif ini sejalan dengan prinsip pembelajaran berbasis inkuiri dan sangat mendorong keterlibatan kognitif secara lebih mendalam.

##### **2. Kontribusi Macaulay2 terhadap Pengembangan Berpikir Komputasi**

Menurut penelitian oleh Putri et al., (2024) berpikir komputasional melibatkan pemecahan masalah dengan menggunakan pola pikir logis dan sistematis yang mencakup pemilihan dan penggunaan algoritma, representasi data, dekomposisi masalah, abstraksi,

pengenalan pola, dan pengujian hipotesis. Dalam hal ini, Macaulay2 menyediakan lingkungan pemrograman matematis yang memungkinkan siswa berpikir seperti seorang ilmuwan komputer dalam konteks matematika. Kemampuan berpikir komputasional yang berasal dari disiplin ilmu komputer merupakan bentuk pemikiran logis yang memiliki keterkaitan kuat dengan proses pemecahan masalah dalam matematika (Cahdriyana & Richardo, 2017). Karena itu, matematika menjadi salah satu media yang tepat untuk mengembangkan kemampuan ini selain dari ilmu komputer, mengingat pada dasarnya matematika mengajarkan siswa untuk berpikir secara logis, terstruktur, dan strategis.

Penggunaan sintaks dan skrip dalam Macaulay2 melatih siswa untuk menyusun langkah-langkah sistematis dalam menyelesaikan masalah matematika. Misalnya, untuk menentukan basis dari sebuah ideal atau menghitung dimensi dari sebuah variety, siswa harus terlebih dahulu memahami struktur perintah dan logika alur perhitungan. Ini mengembangkan kebiasaan berpikir algoritmik dan sistematis yang menjadi ciri khas berpikir komputasi.

Dalam studi Bown et al. (2010), mahasiswa yang menggunakan Macaulay2 dalam tugas-tugas aljabar menunjukkan pemahaman yang lebih baik terhadap konsep, serta mampu menjelaskan langkah-langkah penyelesaian masalah secara lebih logis dan runtut dibandingkan dengan kelompok yang tidak menggunakan perangkat lunak tersebut. Hal ini menunjukkan bahwa software semacam Macaulay2 dapat memperkaya pengalaman belajar dan memperkuat proses kognitif yang kompleks.

### **3. Tantangan Implementasi Macaulay2 dalam Pembelajaran**

Meskipun potensinya besar, masih terdapat beberapa tantangan dalam implementasi Macaulay2 di lingkungan pendidikan, khususnya pada tingkat menengah. Pertama, Macaulay2 memiliki antarmuka yang lebih teknis dibandingkan software seperti GeoGebra, sehingga menuntut penguasaan dasar pemrograman dari penggunanya. Ini bisa menjadi hambatan bagi siswa atau guru yang belum terbiasa dengan pemrograman atau pendekatan komputasi simbolik.

Kedua, literatur dan panduan penggunaan Macaulay2 masih didominasi oleh bahasa Inggris dan umumnya ditujukan untuk tingkat universitas. Hal ini menyebabkan kurangnya bahan ajar atau modul pembelajaran Macaulay2 yang ramah siswa sekolah menengah, sehingga perlu adanya adaptasi dan pengembangan kurikulum yang sesuai.

Ketiga, integrasi teknologi ini masih bergantung pada kesiapan infrastruktur sekolah, termasuk ketersediaan perangkat komputer, jaringan internet, serta pelatihan guru dalam mengoperasikan dan memanfaatkan software ini secara efektif.

#### 4. Fungsi, kelebihan dan Kekurangan Macaulay

Macaulay2 berfungsi sebagai *Computer Algebra System (CAS)* yang dirancang khusus untuk kebutuhan riset dan pembelajaran dalam aljabar komutatif serta geometri aljabar. Dalam konteks pendidikan, fungsinya mencakup tiga aspek utama. Pertama, sebagai alat bantu untuk menyelesaikan persoalan simbolik yang kompleks, seperti perhitungan ideal, modul, dan variety dalam struktur aljabar. Kedua, sebagai media untuk mengenalkan pemrograman matematis kepada siswa dan mahasiswa, yang memperkuat keterampilan algoritmik. Ketiga, Macaulay2 dapat digunakan untuk membantu visualisasi struktur-struktur matematika abstrak, sehingga mempermudah proses pemahaman terhadap materi yang sulit dijelaskan secara verbal atau konvensional.

Salah satu keunggulan utama Macaulay2 adalah kemampuannya dalam menangani operasi-operasi simbolik yang kompleks secara efisien dan akurat. Software ini menyediakan lingkungan komputasi matematis yang kuat dan fleksibel, memungkinkan pengguna untuk menulis skrip atau program sendiri guna memecahkan masalah matematika tingkat lanjut. Selain itu, karena Macaulay2 merupakan perangkat lunak open-source, pengguna dapat mengaksesnya secara gratis tanpa perlu lisensi berbayar, berbeda dengan perangkat lunak komersial seperti MATLAB atau Mathematica.

Kelebihan lainnya adalah adanya dokumentasi resmi yang cukup lengkap dan basis komunitas akademik yang aktif, yang memudahkan pengguna baru untuk mempelajari fungsi-fungsi dasar. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa penggunaan Macaulay2 dapat mendorong eksplorasi mandiri, meningkatkan motivasi belajar siswa, serta melatih pola berpikir logis dan sistematis yang sesuai dengan karakteristik berpikir komputasi.

Meskipun memiliki banyak keunggulan, Macaulay2 juga memiliki beberapa keterbatasan yang perlu diperhatikan, khususnya dalam konteks pendidikan menengah. Antarmuka pengguna yang berbasis teks (*command-line interface*) sering kali menjadi tantangan tersendiri bagi siswa yang belum terbiasa dengan bahasa pemrograman. Tidak seperti GeoGebra yang menyediakan tampilan grafis yang lebih intuitif, Macaulay2 mengandalkan input dan perintah berbasis kode, yang memerlukan pemahaman tentang sintaks dan logika pemrograman.

Selain itu, sebagian besar dokumentasi dan referensi Macaulay2 tersedia dalam bahasa Inggris dan ditujukan untuk kalangan akademik tingkat lanjut, seperti mahasiswa S1 dan S2 dalam bidang matematika. Hal ini menyulitkan guru dan siswa di tingkat sekolah menengah dalam mengakses dan memahami materi yang relevan. Keterbatasan infrastruktur di beberapa

sekolah, seperti minimnya akses terhadap komputer atau koneksi internet, juga menjadi hambatan dalam penerapan Macaulay2 secara luas

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### • Kesimpulan

Berdasarkan hasil kajian literatur, dapat disimpulkan bahwa Macaulay2 merupakan perangkat lunak yang sangat potensial dalam mendukung pengembangan kemampuan berpikir komputasi siswa, terutama dalam pembelajaran matematika yang bersifat abstrak seperti aljabar. Penggunaan Macaulay2 mampu membantu siswa memahami konsep-konsep aljabar secara lebih mendalam melalui pendekatan simbolik dan eksploratif. Selain itu, interaksi dengan sintaks dan pemrograman matematika di dalam Macaulay2 turut melatih siswa dalam menyusun algoritma, berpikir logis, serta mengembangkan solusi sistematis terhadap masalah matematika yang kompleks.

Integrasi Macaulay2 dalam pembelajaran juga sejalan dengan kebutuhan pendidikan abad ke-21 yang menekankan literasi teknologi dan kemampuan berpikir tingkat tinggi. Dengan demikian, Macaulay2 bukan hanya berfungsi sebagai alat bantu hitung, melainkan juga sebagai sarana untuk memperkaya pengalaman belajar dan mengembangkan keterampilan berpikir komputasional secara aplikatif.

Namun demikian, implementasi Macaulay2 di lingkungan pendidikan masih menghadapi sejumlah tantangan, seperti keterbatasan akses, kurangnya sumber belajar berbahasa Indonesia, serta kebutuhan pelatihan bagi guru dan siswa. Hal ini menunjukkan perlunya strategi pengembangan dan pendampingan yang terstruktur agar pemanfaatan perangkat lunak ini dapat berjalan secara optimal dan berkelanjutan.

### • Saran

- ✓ Pengembangan Modul Pembelajaran Adaptif. Diperlukan pengembangan modul atau bahan ajar Macaulay2 yang disesuaikan dengan tingkat pemahaman siswa sekolah menengah. Modul ini hendaknya disusun secara bertahap, mulai dari pengenalan dasar antarmuka hingga penerapan konsep-konsep aljabar dalam bentuk komputasi simbolik.
- ✓ Pelatihan Guru dan Pendidik. Diperlukan pelatihan khusus bagi guru matematika mengenai penggunaan Macaulay2 sebagai alat bantu pembelajaran. Pelatihan ini tidak hanya mencakup aspek teknis, tetapi juga pedagogis, agar guru dapat merancang kegiatan pembelajaran yang bermakna dan relevan.

- ✓ Pengintegrasian ke dalam Kurikulum. Institusi pendidikan dapat mempertimbangkan integrasi Macaulay2 ke dalam kurikulum pembelajaran matematika, khususnya dalam mata pelajaran yang menekankan aljabar, struktur matematika, atau pemrograman matematis.

## 6. DAFTAR REFERENSI

- Anderson, L. W., & Krathwohl, D. R. (2001). *A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives*. New York: Longman.
- Bown, R., Eisenbud, D., & Schreyer, F.-O. (2010). Using Macaulay2 for Teaching Abstract Algebra. *Mathematics and Computer Education*, 44(2), 131–145.
- Cahdriyana, R. A., & Richardo, R. (2017). Berpikir Komputasi Dalam Pembelajaran Matematika Rima. *LITERASI*, 6(1), 50-56. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-52691-113>
- Decker, W., Greuel, G.-M., Pfister, G., & Schönemann, H. (2017). Teaching Abstract Mathematics with the Help of CAS: The Role of Macaulay2 in Algebraic Geometry Courses. *Communications in Computer Algebra*, 51(4), 131–136.
- Grover, S., & Pea, R. (2013). Computational Thinking in K–12: A Review of the State of the Field. *Educational Researcher*, 42(1), 38–43.
- Mei, V. N., Hotma, S., & Pulungan, S. (2024). Software matematika Sagemath sebagai media belajar untuk mengetahui kemampuan komputasi siswa. *Jurnal Pendidikan Matematika dan Sains*, 3, 1–12.
- Putri, I. A., Tanjung, M. S., & Siregar, R. (2024). *Studi literatur pentingnya berpikir komputasional dalam meningkatkan kemampuan pemecahan masalah matematis peserta didik*. *Bilangan: Jurnal Ilmiah Matematika, Kebumian dan Angkasa*, 2(2), 23–33.
- Ramadhani, R., Umam, R., Abdurrahman, A., & Syazali, M. (2019). The effect of flipped problem-based learning model on junior high school students' mathematical critical thinking skills. *Jurnal Pendidikan Matematika*, 13(1), 1–10.
- Sagala, S. (2010). *Konsep dan Makna Pembelajaran*. Bandung: Alfabeta.
- Wing, J. M. (2006). "Computational Thinking." *Communications of the ACM*, 49(3), 33–35. DOI: 10.1145/1118178.1118215