

**PENGEMBANGAN SISTEM PEMBELAJARAN BERBASIS PROJECT-
BASED LEARNING UNTUK PROYEK IOT SMART TRASH DALAM
MENINGKATKAN KEMAMPUAN *COMPUTATIONAL THINKING* DAN
KOLABORASI SISWA**

TESIS



Oleh
ELISA ROSA
2311995

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN ILMU KOMPUTER
DEPARTEMEN PENDIDIKAN ILMU KOMPUTER
FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA
2025**

Elisa Rosa, 2025

**PENGEMBANGAN SISTEM PEMBELAJARAN BERBASIS PROJECT-BASED LEARNING UNTUK PROYEK
IOT SMART TRASH DALAM MENINGKATKAN KEMAMPUAN *COMPUTATIONAL THINKING* DAN
KOLABORASI SISWA**

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

LEMBAR HAK CIPTA

PENDIDIKAN ILMU KOMPUTER

Oleh

ELISA ROSA

S.Pd Universitas Negeri Padang, 2011

Sebuah Tesis yang diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Pendidikan (M.Pd.) pada Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu
Pengetahuan Alam

© Elisa Rosa 2025

Universitas Pendidikan Indonesia

Mei 2025

Hak Cipta dilindungi undang-undang

Tesis ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian, dengan dicetak ulang,
difoto kopi, atau dengan cara lainnya tanpa izin dari peneliti

Elisa Rosa, 2025

**PENGEMBANGAN SISTEM PEMBELAJARAN BERBASIS PROJECT-BASED LEARNING UNTUK PROYEK
IOT SMART TRASH DALAM MENINGKATKAN KEMAMPUAN COMPUTATIONAL THINKING DAN
KOLABORASI SISWA**

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

LEMBAR PENGESAHAN TESIS

PENGEMBANGAN SISTEM PEMBELAJARAN BERBASIS *PROJECT-BASED LEARNING* UNTUK PROYEK IOT SMART TRASH DALAM MENINGKATKAN KEMAMPUAN *COMPUTATIONAL THINKING* DAN KOLABORASI SISWA

Oleh :

ELISA ROSA – NIM. 2311995

Disetujui dan disahkan Oleh :

Pembimbing 1,



Dr. Muhammad Nursalman, M.T.
NIP. 197909292006041002

Pembimbing 2,



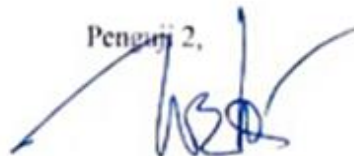
Dr. Rasim, M.T.
NIP. 197407252006041002

Penguji 1,



Prof. Dr. H. Munir, M.IT
NIP. 196603252001121001

Penguji 2,



Dr. Wahyudin, M.T
NIP. 19730424200812001

Mengetahui,

Ketua Program Studi Magister Pendidikan Ilmu
Komputer



Dr. Wahyudin, M.T
NIP. 19730424200812001

Elisa Rosa, 2025

PENGEMBANGAN SISTEM PEMBELAJARAN BERBASIS *PROJECT-BASED LEARNING* UNTUK PROYEK IOT SMART TRASH DALAM MENINGKATKAN KEMAMPUAN *COMPUTATIONAL THINKING* DAN KOLABORASI SISWA

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa Tesis dengan judul "Pengembangan Sistem Pembelajaran Berbasis Project Based Learning Untuk Proyek IoT Smart Trash Dalam Meningkatkan Computational Thinking dan Kolaborasi Siswa" ini beserta seluruh isinya adalah benar-benar karya saya sendiri. Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika ilmu yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Atas pernyataan ini, saya siap menanggung resiko/sanksi apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran etika keilmuan atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya

Kota Bandung, Mei 2025

Elisa Rosa

Elisa Rosa, 2025

**PENGEMBANGAN SISTEM PEMBELAJARAN BERBASIS PROJECT-BASED LEARNING UNTUK PROYEK
IOT SMART TRASH DALAM MENINGKATKAN KEMAMPUAN COMPUTATIONAL THINKING DAN
KOLABORASI SISWA**

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

KATA PENGANTAR

Segala puji penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas limpahan rahmat, petunjuk, kasih sayang, dan keberkahan-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul “Pengembangan Sistem Pembelajaran Berbasis Project Based Learning Untuk Proyek *IoT Smart Trash* Dalam Meningkatkan *Computational Thinking* dan Kolaborasi Siswa” dengan tepat waktu. Shalawat dan salam semoga senantiasa tercurah kepada Nabi Muhammad SAW, keluarga, para sahabat, serta seluruh umat beliau hingga akhir zaman.

Tesis ini disusun sebagai bagian dari pemenuhan persyaratan untuk meraih gelar Magister Pendidikan pada Program Studi Pendidikan Ilmu Komputer, Universitas Pendidikan Indonesia. Selain itu, penyusunan tesis ini bertujuan untuk memberikan deskripsi menyeluruh mengenai proses penelitian, yang mencakup tahapan identifikasi masalah hingga pengembangan sistem pembelajaran berbasis website terintegrasi model project based learning untuk proyek *IoT Smart Trash*, yang ditujukan untuk meningkatkan *Computational Thinking* dan Kolaborasi siswa dalam pembelajaran informatika di tingkat SMA/ SMK Sederajat.

Penulis menyadari bahwa karya ini masih memiliki berbagai kekurangan. Oleh sebab itu, masukan serta saran yang konstruktif sangat diharapkan guna perbaikan di masa mendatang. Akhir kata, penulis berharap tesis ini dapat memberikan kontribusi positif bagi semua pihak yang berkepentingan, khususnya dalam bidang pendidikan, serta menjadi amal jariyah bagi penulis.

Bandung, Mei 2025

ELISA ROSA
NIM.2311995

Elisa Rosa, 2025

**PENGEMBANGAN SISTEM PEMBELAJARAN BERBASIS PROJECT-BASED LEARNING UNTUK PROYEK
IOT SMART TRASH DALAM MENINGKATKAN KEMAMPUAN COMPUTATIONAL THINKING DAN
KOLABORASI SISWA**

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

UCAPAN TERIMA KASIH

Perjalanan ini dasarnya tidak terlepas dari rahmat yang Allah SWT berikan, motivasi serta dukungan keluarga, bimbingan dan petunjuk yang diberikan oleh semua pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Muhammad Nursalman, M.T. selaku pembimbing pertama yang telah meluangkan waktunya membaca dan membimbing, serta memberikan arahan dengan penuh kesabaran selama proses penulisan tesis ini.
2. Bapak Dr. Rasim, M.T selaku pembimbing kedua yang dengan penuh kesabaran dan ketelitian telah memberikan bimbingan, serta motivasi selama proses penulisan tesis ini.
3. Dr. Wahyudin, M.T Selaku Ketua Program Studi Pendidikan Ilmu Komputer sekaligus Penguji 2, Prof. Munir, M.T Sebagai Penguji 1, dan Ibu Dr. Rani Megasari, S.Kom selaku Dosen Penasehat Akademis beserta seluruh dosen dan staf prodi magister pendidikan ilmu komputer, Fakultas Ilmu Pendidikan Ilmu Pengetahuan Alam dan Matematika, Universitas Pendidikan Indonesia yang telah memberikan bekal ilmu, wawasan, dan pengalaman berharga selama masa studi.
4. Orangtua tercinta, Bapak M.Isa dan Ibu Erlizani yang dengan penuh cinta, doa, kesabaran, serta dukungan tanpa henti telah menjadi sumber kekuatan dan semangat. Segala pengorbanan, nasihat, dan kasih sayang yang diberikan menjadi landasan utama dalam perjalanan hidup dan pendidikan penulis hingga berada di tahap ini. Serta kedua mertua tersayang bapak Awardi dan Ibu Hefniwati yang selalu memberikan kasih sayang dan support untuk penulis.
5. Suami tercinta Yurihefdi Satria, SE yang telah memberi izin, dukungan, pengertian, serta semangat dan doa yang tak pernah henti. Kehadiran dan kesabaranmu menjadi kekuatan yang berarti dalam setiap langkah perjuangan ini. Support tiada henti dan pengertian tiada tara dan selalu

Elisa Rosa, 2025

PENGEMBANGAN SISTEM PEMBELAJARAN BERBASIS PROJECT-BASED LEARNING UNTUK PROYEK IOT SMART TRASH DALAM MENINGKATKAN KEMAMPUAN COMPUTATIONAL THINKING DAN KOLABORASI SISWA

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

melengkapi kekurangan diri ini merupakan berkah luar biasa yang Allah berikan kepadaku memiliki suami seperti mu sayangku...

6. Ketiga malaikat kecil tersayang Luthfi Rasyiid Maulana, Muhammad Syauqi Shafiulla dan Kenzie Al ghifari yang menjadi sumber kebahagiaan, semangat, dan inspirasi terbesar bagi bunda. Kehadiranmu adalah anugerah terindah dalam hidup ini. Terima kasih atas kesabaranmu, senyummu yang tulus, dan kebahagiaan yang selalu kalian hadirkan, yang menjadi motivasi tersendiri bagi bunda untuk terus berjuang dan menyelesaikan pendidikan ini. Semoga keberhasilan ini kelak menjadi teladan dan doa terbaik untuk masa depan jagoan – jagoan bunda.
7. Keluarga besar tercinta baik dari Selatpanjang mau pun Cinggugau Family yang selalu menjadi tempat untuk pulang. Begitu pula buat adikku Isherdi saputra dan istri Ani serta iparku Hendra dan istri Ega, Semoga keberhasilan ini menjadi kebanggaan kita Bersama.
8. Teman seperjuangan Pak rangga, The Dwi, Muthia, Rahmia, Echa, Kak Nia, Teh Nida, terimakasih selalu mendengarkan dan menemani setiap proses perjuangan ini. Semoga kita dapat selesai bersama.
9. Keluarga besar Tugas belajar Pemprov Riau angkatan 2023, semangat terus berjuang semoga silaturahmi ini dapat berlanjut sampai kita kembali mengabdikan di tanah melayu.
10. Kepada seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, penulis menyampaikan terima kasih atas doa dan dukungan yang begitu berharga.

Bandung, Mei 2025

Elisa Rosa

**PENGEMBANGAN SISTEM PEMBELAJARAN BERBASIS PROJECT-BASED
LEARNING UNTUK PROYEK *IOT SMART TRASH* DALAM MENINGKATKAN
KEMAMPUAN *COMPUTATIONAL THINKING* DAN KOLABORASI SISWA**

Oleh
Elisa Rosa – elisarosa@upi.edu
2311995

ABSTRAK

Di tengah tuntutan abad ke-21, siswa diharapkan memiliki kemampuan berpikir komputasional dan kolaborasi. Namun, hasil studi internasional seperti PISA dan studi beberapa literatur menunjukkan kemampuan CT dan pemecahan masalah siswa Indonesia masih rendah, diperparah oleh metode pembelajaran konvensional yang kurang melibatkan siswa secara aktif. Observasi di salah satu SMA di Bandung menemukan pembelajaran Informatika, khususnya algoritma dan pemrograman, masih berpusat pada guru dan kurang mengembangkan CT dan kolaborasi.

Penelitian ini mengembangkan sistem pembelajaran berbasis *Project-Based Learning* melalui proyek *IoT Smart Trash* yang terintegrasi dengan elemen CT dan kolaborasi, bertujuan mendorong keterlibatan aktif siswa dalam menyelesaikan proyek nyata. Metode yang digunakan adalah *research and development (R&D)* dengan model *ADDIE* dan pendekatan *mixed methods (Concurrent Embedded)*. Desain uji coba menggunakan One-Group Pretest-Posttest.

Hasil penelitian menunjukkan adanya peningkatan signifikan dalam kemampuan siswa setelah mengikuti sistem pembelajaran berbasis proyek pada proyek *iot smart trash* yang telah dikembangkan dengan nama *IoTProjectLearn..* Nilai rata-rata pretest sebesar 38,13 meningkat menjadi 78,97 pada posttest, dengan hasil uji paired t-test $t(31) = 11,794$, $p < 0,001$, yang menunjukkan perbedaan signifikan secara statistik. Rata-rata peningkatan skor sebesar 40,84 poin, dan dengan interval kepercayaan 95% antara 33,78 hingga 47,91, hal ini mengindikasikan bahwa peningkatan tersebut sangat meyakinkan dan tidak terjadi secara kebetulan. Nilai N-Gain rata-rata sebesar 0,651 (kategori sedang) juga mendukung efektivitas pembelajaran ini dalam meningkatkan pemahaman siswa

Pada aspek kolaborasi, analisis menggunakan Friedman test dan Wilcoxon signed-rank test menunjukkan peningkatan signifikan selama tiga pertemuan ($p < 0,001$) dengan effect size besar ($r = 0,82-0,95$), menandakan keterlibatan siswa meningkat secara konsisten. Selain itu, uji korelasi Spearman $\rho = 0,664$ menunjukkan adanya hubungan positif yang signifikan antara skor posttest dan rata-rata kolaborasi siswa, yang mengindikasikan bahwa kolaborasi yang baik berkontribusi pada peningkatan kemampuan CT secara menyeluruh. Temuan ini menguatkan bahwa pembelajaran berbasis proyek *IoT Smart Trash* efektif meningkatkan kemampuan CT dan kolaborasi siswa secara signifikan

Kata Kunci: Sistem Pembelajaran *IoT Smart Trash*, *Project Based Learning*, *Computational Thinking (CT)* dan Kolaborasi .

Elisa Rosa, 2025

**PENGEMBANGAN SISTEM PEMBELAJARAN BERBASIS PROJECT-BASED LEARNING UNTUK PROYEK
IOT SMART TRASH DALAM MENINGKATKAN KEMAMPUAN COMPUTATIONAL THINKING DAN
KOLABORASI SISWA**

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

DEVELOPMENT OF A PROJECT-BASED LEARNING SYSTEM FOR THE IOT SMART TRASH PROJECT TO ENHANCE STUDENTS' COMPUTATIONAL THINKING AND COLLABORATION SKILLS

By
Elisa Rosa – elisarosa@upi.edu
2311995

ABSTRACT

In the 21st century, students are expected to develop Computational Thinking (CT) and collaboration skills. However, international assessments such as PISA indicate that Indonesian students' CT and problem-solving abilities remain low, exacerbated by conventional teaching methods that limit active student engagement. An observation at a senior high school in Bandung revealed that Informatics instruction, particularly in algorithm and programming elements, remains teacher-centered and insufficiently fosters CT and collaboration.

This study aims to develop a Project-Based Learning system integrated with CT and collaboration elements through an IoT Smart Trash project. The system encourages active student involvement in real-world projects to enhance CT and collaborative skills within Informatics learning. Employing a Research and Development (R&D) approach with the ADDIE model and a Concurrent Embedded mixed methods design, the study utilizes a One-Group Pretest-Posttest.

The results of the study indicate a significant improvement in students' abilities after participating in a project-based learning system through the IoT Smart Trash project, developed under the name IoTProjectLearn. The average pretest score of 38.13 increased to 78.97 on the posttest, with the paired t-test yielding $t(31) = 11.794$, $p < 0.001$, indicating a statistically significant difference. The average score increase of 40.84 points, with a 95% confidence interval ranging from 33.78 to 47.91, suggests that this improvement is substantial and not due to chance. The average N-Gain score of 0.651 (moderate category) further supports the effectiveness of this learning approach in enhancing students' understanding.

In terms of collaboration, analysis using the Friedman test and the Wilcoxon signed-rank test revealed a significant increase across three sessions ($p < 0.001$) with a large effect size ($r = 0.82-0.95$), indicating a consistent improvement in student engagement. Furthermore, the Spearman correlation test ($\rho = 0.664$) showed a significant positive relationship between posttest scores and students' average collaboration scores, indicating that effective collaboration strongly contributes to the enhancement of students' Computational Thinking (CT) skills. These findings reinforce that the IoT Smart Trash project-based learning approach is effective in significantly improving students' Computational Thinking and collaboration skills.

Keywords: *IoT Smart Trash Learning System, Project-Based Learning, Computational Thinking (CT), and Collaboration.*

Elisa Rosa, 2025

PENGEMBANGAN SISTEM PEMBELAJARAN BERBASIS PROJECT-BASED LEARNING UNTUK PROYEK IOT SMART TRASH DALAM MENINGKATKAN KEMAMPUAN COMPUTATIONAL THINKING DAN KOLABORASI SISWA

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PENGESAHAN TESIS.....	ii
LEMBAR HAK CIPTA	iii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TESIS.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
UCAPAN TERIMA KASIH	ii
ABSTRAK	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL.....	ii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2. Rumusan Masalah.....	6
1.3 Tujuan Penelitian	7
1.4 Hipotesis Penelitian	7
1.5 Manfaat/Signifikansi Penelitian.....	8
BAB II KAJIAN PUSTAKA	10
2.1 Peta Literatur.....	10
2.2 Sistem Pembelajaran.....	11
2.3 Project Based Learning	13
2.4 <i>Computational Thinking (CT)</i> atau Berpikir Komputasi	16
2.5 Keterampilan Kolaborasi	19
2.6 IoT Smart Trash	20
2.7 Aplikasi Nomokit.....	23
2.8 Metode Penelitian dan Pengembangan	23
2.8.1 Metode Penelitian.....	23
2.8.2 Metode Pengembangan	24
2.9 Pendekatan Penelitian	26
2.10 Populasi dan Sampel.....	27

Elisa Rosa, 2025

PENGEMBANGAN SISTEM PEMBELAJARAN BERBASIS PROJECT-BASED LEARNING UNTUK PROYEK IOT SMART TRASH DALAM MENINGKATKAN KEMAMPUAN COMPUTATIONAL THINKING DAN KOLABORASI SISWA

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

2.10.1 Populasi	27
2.10.2 Sampel	27
2.11 Teknik Analisis Data	28
2.11.1 Uji Validitas	28
2.11.2 Uji Reliabilitas	28
2.11.3 Uji Normalitas	28
2.11.4 Uji t-test	29
2.11.5 Uji N-gain	29
2.11.6 Skala Pengukuran <i>Rating Scale</i>	30
2.11.7 Uji Korelasi.....	30
2.12 Penelitian Relevan	31
BAB III METODE PENELITIAN.....	34
3.1 Desain Penelitian	34
3.2 Prosedur Penelitian	35
3.3 Prosedur Pengembangan.....	36
3.4 Partisipan dan Tempat Penelitian.....	42
3.4.1 Partisipan	42
3.4.2 Populasi dan Sampel.....	42
3.5 Instrumen Penelitian	42
3.5.1 Instrumen Studi Lapangan.....	43
3.5.2 Instrumen Validasi Ahli Materi dan Media.....	43
3.5.3 Instrumen Validasi Soal CT	45
3.5.4 Instrumen Rubrik Kemampuan Kolaborasi	47
3.6 Analisis Data.....	50
3.6.1 Analisis Instrumen Validasi Materi dan Media.....	50
3.6.2 Analisis Instrumen Soal Test	51
3.6.3 Analisis Hasil <i>Pretest</i> dan <i>Posttest</i>	52
3.6.4 Analisis Observasi Kolaborasi siswa	55
3.6.5 Analisis Observasi Kolaborasi siswa	56
BAB IV HASIL PENELITIAN	57

Elisa Rosa, 2025

PENGEMBANGAN SISTEM PEMBELAJARAN BERBASIS PROJECT-BASED LEARNING UNTUK PROYEK IOT SMART TRASH DALAM MENINGKATKAN KEMAMPUAN COMPUTATIONAL THINKING DAN KOLABORASI SISWA

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

4.1 Tahap Pendahuluan	57
4.1.1 Studi Literatur	57
4.1.2 Studi Lapangan.....	58
4.2 Tahap Pengembangan Sistem (RQ 1)	66
4.2.1 Tahap Analisis (<i>Analyze</i>).....	67
4.2.2 Tahap Perencanaan (<i>Design</i>).....	76
4.2.3 Tahap Pengembangan (<i>Develop</i>).....	101
4.2.4 Tahap Pelaksanaan (<i>Implementation</i>)	127
4.2.5 Tahap Evaluasi (<i>Evaluation</i>).....	128
4.3 Tahap Implementasi Sistem Pembelajaran.	130
4.3.1 Pemberian Pretest.....	131
4.3.2 Tindakan Pembelajaran	131
4.3.3 Pemberian Posttest	139
4.4 Tahap Evaluasi Sistem Pembelajaran	140
4.4.1 Pengolahan dan Analisis Data Kemampuan CT Siswa (RQ1)..	140
4.4.2 Analisis Peningkatan Kemampuan Kolaborasi siswa (RQ2)....	152
4.4.3 Analisis Korelasi Kemampuan CT dan Kolaborasi (RQ3)	161
BAB V PEMBAHASAN	165
5.1 Tahap Pendahuluan	165
5.2 Tahap Pengembangan Sistem Pembelajaran (RQ 1)	168
5.3 Tahap Impelmentasi	171
5.4 Tahap Evaluasi.....	173
5.4.1 Peningkatan Kemampuan CT Siswa (RQ2).....	173
5.4.2 Peningkatan Kemampuan Kolaborasi Siswa (RQ3)	184
5.4.3 Hubungan Korelasi CT dan kolaborasi siswa (RQ4).....	187
5.4.4 Kelebihan dan Kekurangan sistem pembelajaran	190
BAB VI SIMPULAN dan SARAN.....	191
6.1 Simpulan	191
6.2 Saran	193
DAFTAR PUSTAKA	194

Elisa Rosa, 2025

PENGEMBANGAN SISTEM PEMBELAJARAN BERBASIS PROJECT-BASED LEARNING UNTUK PROYEK IOT SMART TRASH DALAM MENINGKATKAN KEMAMPUAN COMPUTATIONAL THINKING DAN KOLABORASI SISWA

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Peta literature penelitian.....	10
Gambar 2. 2 Varian Metode Kombinasi (mix method).....	27
Gambar 3. 1 One-Group Pretest-Posttest.....	34
Gambar 3. 2 Prosedur Penelitian.....	35
Gambar 3. 3 Prosedur Pengembangan Sistem Pembelajaran.....	37
Gambar 4. 1 Distribusi Nilai Soal Tantangan Bebras	62
Gambar 4. 2 Rancangan Sistem Pembelajaran berbasis project based learning	64
Gambar 4. 3 Hasil Analisis Angket CT Siswa	67
Gambar 4. 4 Analisis Pembelajaran algoritma pemograman	68
Gambar 4. 5 Analisis minat siswa mempelajari IoT Smart Trash.....	68
Gambar 4. 6 Analisis pembelajran kolaborasi.....	69
Gambar 4. 7 Analisis media pembelajaran pembelajran	69
Gambar 4. 8 Use case Diagram Kebutuhan Pengguna	74
Gambar 4. 9 Modul Ajar	78
Gambar 4. 10 Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD).....	80
Gambar 4. 11 Modul Materi.....	81
Gambar 4. 12 Skala Interpretasi Hasil Judgement	84
Gambar 4. 13 Flowchart Halaman Peserta Didik	94
Gambar 4. 14 Login ke sistem	103
Gambar 4. 15 Buat Akun Baru.....	104
Gambar 4. 16 Lupa Pasword.....	104
Gambar 4. 17 halaman Beranda	105
Gambar 4. 18 Kelas.....	105
Gambar 4. 19 Halaman Pretest	106
Gambar 4. 20 Halaman pengerjaan sola pretest.....	106
Gambar 4. 21 Learning Path	107
Gambar 4. 22 Halaman Keseluruhan aktifitas pembelajaran	107
Gambar 4. 23 Halaman Fase Start With Essensial Question	108
Gambar 4. 24 Halaman Fase Design The Project	108

Elisa Rosa, 2025

**PENGEMBANGAN SISTEM PEMBELAJARAN BERBASIS PROJECT-BASED LEARNING UNTUK PROYEK
IOT SMART TRASH DALAM MENINGKATKAN KEMAMPUAN COMPUTATIONAL THINKING DAN
KOLABORASI SISWA**

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

Gambar 4. 25 Halaman Monitor The Project.....	109
Gambar 4. 26 halaman Form Diskusi	110
Gambar 4. 27 Halaman Fase Asses Outcome	110
Gambar 4. 28 Halaman Fase Evaluasi	111
Gambar 4. 29 Tampilan download LKPD setiap fase.....	112
Gambar 4. 30 Tampilan Unggah Tugas setiap fase.....	112
Gambar 4. 31 Halaman Soal Postest.....	113
Gambar 4. 32 Tampilan download LKPD setiap fase.....	113
Gambar 4. 33 Tampilan halaman Refleksi	114
Gambar 4. 34 Tampilan halaman Buat Akun Guru.....	114
Gambar 4. 35 Tampilan Beranda Guru	115
Gambar 4. 36 Tampilan Halaman Data Siswa	115
Gambar 4. 37 Tampilan Halaman Data Kelompok Belajar	116
Gambar 4. 38 Tampilan Halaman Pelajar	116
Gambar 4. 39 Tampilan Tahapan Pembelajaran Guru	117
Gambar 4. 40 Tampilan Halaman Materi.....	117
Gambar 4. 41 Tampilan Jenis Tugas	118
Gambar 4. 42 Tampilan Daftar Soal Tugas	118
Gambar 4. 43 Tampilan Paket Tes.....	119
Gambar 4. 44 Tampilan Soal Test	119
Gambar 4. 45 Tampilan Pembuatan Link Refleksi	120
Gambar 4. 46 Tampilan Data Jawaban Individu	120
Gambar 4. 47 Tampilan Data Jawaban Tugas Kelompok	121
Gambar 4. 48 Tampilan Data Jawaban Individu Siswa	121
Gambar 4. 49 Tampilan Data Nilai Individu.....	122
Gambar 4. 50 Tampilan Data Diskusi	122
Gambar 4. 51 Visualisasi skala validasi media	127
Gambar 4. 52 statistik deskriptif pretest - posttest.....	141
Gambar 4. 53 Visualisasi Blox Spot rata – rata pretest-postes.....	142
Gambar 4. 54 Uji Paired t-test nilai pretest dan posttest.....	143

Elisa Rosa, 2025

PENGEMBANGAN SISTEM PEMBELAJARAN BERBASIS PROJECT-BASED LEARNING UNTUK PROYEK IOT SMART TRASH DALAM MENINGKATKAN KEMAMPUAN COMPUTATIONAL THINKING DAN KOLABORASI SISWA

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

Gambar 4. 55 Data n_gain siswa dengan kategori	145
Gambar 4. 56 Distribusi kategori n_gain siswa	145
Gambar 4. 57 Hasil Kelompok uji kelompok berdasarkan nilai pretest	147
Gambar 4. 58 Hasil olah R studio nilai rata-rata pretest, posttest dan n-gain	147
Gambar 4. 59 Visualisasi Perbandingan pretest vs posttest per indikator CT	151
Gambar 4. 60 Hasil n_gain setiap indikator CT	152
Gambar 4. 61 Hasil analisis deskriptif statistik kolaborasi	153
Gambar 4. 62 distribusi nilai kolaborasi per pertemuan	154
Gambar 4. 63 Perubahan Skor kolaborasi siswa perpertemuan	156
Gambar 4. 64 Visualisasi Perbandingan Persentase Kolaborasi Per Indikator	161
Gambar 4. 65 Hasil Korelasi Posttest dan Rata –rata skor kolaborasi	163
Gambar 4. 66 Visualisasi Scatter Plot Korelasi Posttest dan rata kolaborasi	163
Gambar 5. 1 Jawaban Siswa dalam serangkaian kegiatan dekomposisi	177
Gambar 5. 2 Tangkapan layar hasil tugas create schedule siswa	177
Gambar 5. 3 Tangkapan layar jawaban siswa tentang pola kerja sistem IoT	179
Gambar 5. 4 Hasil Program di nomokit menggunakan pola if else	180
Gambar 5. 5 Siswa merakit komponen IoT	181
Gambar 5. 6 Saat siswa mulai menyusun blok programming di nomokit	182

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Klasifikasi Validitas.....	28
Tabel 2. 2 Klasifikasi Reliabilitas.	28
Tabel 2. 3 Indeks Korelasi Tabel t.....	29
Tabel 2. 4 Klasifikasi Uji N-Gain.	29
Tabel 2. 5 Klasifikasi Uji Validasi Ahli.....	30
Tabel 3. 1 Instrumen Validasi Materi (LORI) versi 1.5	44
Tabel 3. 2 Instrumen Validasi Media (LORI) versi 1.5	45
Tabel 3. 3 Instrumen Validasi Soal CT.....	46
Tabel 3. 4 Rubrik Penilaian Kolaborasi	47
Tabel 3. 5 Instrumen Penilaian Kolaborasi	50
Tabel 3. 6 Uji Kelayakan Validasi Ahli	51
Tabel 3. 7 Klasifikasi Kriteria Gain	55
Tabel 3. 8 Pedoman Konversi Interval Presentase Menjadi Kategori.....	55
Tabel 4. 1 Hasil Wawancara dengan guru matapelajaran informatika	59
Tabel 4. 2 hasil Observasi Pembelajaran dikelas	61
Tabel 4. 3 Kebutuhan Perangkat Keras Pengguna	75
Tabel 4. 4 Hasil Validasi Ahli Materi	82
Tabel 4. 5 hasil Judgment Instrumen Soal	85
Tabel 4. 6 Hasil Analisis Validitas Konstruk Soal.....	87
Tabel 4. 7 Hasil uji validitas Soal.....	87
Tabel 4. 8 Hasil Uji Reliabilitas Soal Pretest	88
Tabel 4. 9 Hasil Uji Tingkat Kesukaran Soal.....	88
Tabel 4. 10 Tabel Hasil Uji Daya Pembeda Pretest.....	88
Tabel 4. 11 Tabel Keterangan Soal yang digunakan	89
Tabel 4. 12 Pemetaan Soal CT yang digunakan.....	90
Tabel 4. 13 Rekapitulasi Indikator CT pada soal yang digunakan.....	93
Tabel 4. 14 Pemetaan Soal CT yang digunakan.....	95
Tabel 4. 15 Blackbox Testing Akun User Siswa	123

Elisa Rosa, 2025

PENGEMBANGAN SISTEM PEMBELAJARAN BERBASIS PROJECT-BASED LEARNING UNTUK PROYEK IOT SMART TRASH DALAM MENINGKATKAN KEMAMPUAN COMPUTATIONAL THINKING DAN KOLABORASI SISWA

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

Tabel 4. 16 Black Box Testing Guru	124
Tabel 4. 17 Hasil Validasi Ahli Media.....	125
Tabel 4. 18 Rekapitulasi Hasil Validasi Ahli Media.....	127
Tabel 4. 19 Hasil Evaluasi Formatif Sistem Pembelajaran Berbasis PjBL.....	129
Tabel 4. 20 Impelementasi dengan Sistem Pembelajaran IoTProjectLearn.....	132
Tabel 4. 21 Hasil Uji Normalitas.....	143
Tabel 4. 22 Hasil Uji Paired t-Test Nilai Pretest dan Posttest.....	143
Tabel 4. 23 Hasil Uji Indeks N-Gain.....	146
Tabel 4. 24 Rekapitulasi Hasil Uji Statistik Kolaborasi Siswa	155
Tabel 4. 25 Persentase Indikator kolaborasi pertemuan 1	157
Tabel 4. 26 Persentase Indikator kolaborasi pertemuan 2.....	158
Tabel 4. 27 Persentase Indikator kolaborasi pertemuan 3	160

DAFTAR PUSTAKA

- Alan G. Smith. (2011). *Introduction to Arduino: A Piece of Cake*. CreateSpace Independent Publishing Platform.
- Ananiadou, K., & Claro, M. (2009). 21st Century Skills and Competences for New Millennium Learners in OECD Countries. *OECD Education Working Papers*, (41).
- Angeli, C., Voogt, J., Fluck, A., Webb, M., Cox, M., Malyn-Smith., & Zagami, J. (2016). A K-6 Computational Thinking Curriculum Framework : Implications For Teacher Knowledge. *Educational Technology & Society*. 19 (3): 47–57
- Angeli, C., & Giannakos, M. N. (2020). Computational Thinking Education: Issues and Challenges. *Computers in Human Behavior*, 105, 106185.
- Asnawir. (2002). *Media Pembelajaran*. Jakarta: Ciputat Press.
- Arikunto, S. (2016). *Dasar-dasar Evaluasi Pendidikan*, edisi 2, Jakarta: Bumi aksara
- Atzori, L., Iera, A., & Morabito, G. (2010). The Internet of Things: A survey. *Computer Networks*, 54(15), 2787–2805. <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2010.05.010>
- Barr, V., & Stephenson, C. (2011). Bringing Computational Thinking to K-12: What Is Involved and What Is the Role of the Computer Science Education Community? *ACM Inroads*, 2(1), 48–54.
- Banzi, M., & Shiloh, M. (2020). *Getting Started with Arduino: The Open Source Electronics Prototyping Platform* (4th ed.). Sebastopol, CA: Maker Media.
- Bers, M.U, Gonzalez, C. G., & Torres, M. B. A. (2019). Computers & Education Coding as a playground : Promoting positive learning experiences in childhood classrooms. *Computers & Education*, 138 (3), 130–145. DOI: 10.1016/j.compedu.2019.04.013
- Bers, M. U. (2018). Coding and Computational Thinking in Early Childhood : The Impact of Scratch Jr in Europe. *European Journal of STEAM Education*, 3 (3), 1-13. DOI:10.20897/ejsteme/3868
- Blanco, P. J., Leiva, J. S., Feijoo, R. A., & Buscaglia, G. C. (2010). Black-box decomposition approach for computational hemodynamics: One-dimensional models. *Computational Methods for Applied Mechanical Engineering*, 1385–1405.
- Budiansyah, A. (2020). *Nadiem usung computational thinking jadi kurikulum, apa itu?* Cnbindonesia. <https://www.cnbindonesia.com>. Diakses pada tanggal 11 november 2023
- Bertacchini, F., Macchiaroli, R., Paoletti, G., & Savino, G. (2022). Project-Based Learning for Computational Thinking Development in Secondary Education. *Journal of STEM Education*, 23(4), 85-94.
- Bell, S. (2010). Project-Based Learning for the 21st Century: Skills for the Future. *The Clearing House: A Journal of Educational Strategies, Issues and Ideas*, 83(2), 39–43. <https://doi.org/10.1080/00098650903505415>
- Cansu, F. K., & Cansu, S. K. (2019). An Overview of Computational Thinking. *International Journal of Computer Science Education in Schools*, 3(1), 17–30. <https://doi.org/10.21585/ijcses.v3i1.53>
- Charlton, P., & Avramides, K. (2016). Knowledge construction in computer science and engineering when learning through making. *IEEE Transactions on*

- Learning ...* <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7740937/>
- Clark, A. C., & Ernst, J. V. (2007). *Project-Based Learning in STEM Education: Foundations for Design and Implementation*. International Technology Education Association.
- Creswell, J. W. (2016). *Research Design: Pendekatan Metode Kualitatif, Kuantitatif, dan Campuran*. In *SAGE Publication*.
- Darmo, I. (2017). *Keterampilan Kolaborasi dalam Pembelajaran: Konsep dan Implementasi*. Jakarta: Pustaka Ilmu.
- Diawati, P., Liliarsari, S., Setiabudi, A., & Buchari. (2018). *Model Pembelajaran Berbasis Proyek: Strategi Pembelajaran untuk Meningkatkan Kompetensi Siswa*. Bandung: Universitas Pendidikan Indonesia Press.
- Fatoni, A., & Riyana, C. (2009). *Komponen Sistem Pembelajaran*. Bandung: Alfabeta.
- Fidai, A., Mahmod, R., & Azam, M. (2020). Enhancing Computational Thinking Skills Through Arduino Programming in STEM Education. *Education and Information Technologies*, 25, 1353-1371.
- García-Tudela, P., & Duo-Terr, J. (2024). Computational Thinking and Programming with Arduino in Education: A Systematic Review for Secondary Education. *Computers & Education*, 188, 104649.
- Garay, U., & Quintana, J. (2021). Computational Thinking for Problem Solving: Enhancing Critical and Creative Thinking in Students. *Educational Technology Research and Development*, 69, 1345–1370.
- Grant, M. M. (2002). *Getting a Grip on Project-Based Learning: Theory, Cases, and Recommendations*. Meridian: A Middle School Computer Technologies Journal.
- Greenstein, L. (2012). *Assessing 21st Century Skills: A Guide to Evaluating Mastery and Authentic Learning*. Thousand Oaks, CA: Corwin Press.
- Grover, S., & Pea, R. (2013). Computational Thinking in K-12: A Review of the State of the Field. *Educational Researcher*, 42(1), 38–43. <https://doi.org/10.3102/0013189X12463051>
- Hamzah, B. U. (2013). *Sistem Pembelajaran yang Efektif dan Realibel*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Hsu, T. C., Chang, S. C., & Hung, Y. T. (2018). How to learn and how to teach computational thinking: Suggestions based on a review of the literature. *Computers and Education*, 126(June), 296–310. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.07.004>
- Ilma, S., & Rafiq, S. (2024). Implementasi pembelajaran berbasis proyek dalam meningkatkan keterampilan kolaborasi pada mata kuliah pengembangan media pembelajaran. *Edu Cendikia: Jurnal Ilmiah Kependidikan*, 4(2), 473–478. <https://doi.org/10.47709/educendikia.v4i02.4540>
- Ioannidou, A., Bennett, V., Repenning, A., Koh, H., & Basawapatna, A. (2011). Computational Thinking Patterns. *2011 Annual Meeting of the American Educational Research Association (AERA)*, 2, 15.
- Johnson, D. W., & Johnson, R. T. (2009). An educational psychology success story:

Elisa Rosa, 2025

PENGEMBANGAN SISTEM PEMBELAJARAN BERBASIS PROJECT-BASED LEARNING UNTUK PROYEK IOT SMART TRASH DALAM MENINGKATKAN KEMAMPUAN COMPUTATIONAL THINKING DAN KOLABORASI SISWA

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

- Social interdependence theory and cooperative learning. *Educational Researcher*, 38(5), 365–379. <https://doi.org/10.3102/0013189X09339057>
- Jones, B. F., Rasmussen, C. M., Moffitt, M. C., & Michaelson, L. (2000). *Handbook for Project-Based Learning for Teachers*. Arlington, VA: The George Lucas Educational Foundation.
- Junita, S., & Wardani, R. (2020). Meningkatkan Keterampilan Kolaborasi Peserta Didik melalui Pembelajaran Berbasis Proyek. *Jurnal Pendidikan*, 18(3), 45–52
- Karaahmetoğlu, K., & Korkmaz, Ö. (2019). The effect of project-based arduino educational robot applications on students' computational thinking skills and their perception of basic stem skill levels. *Participatory Educational Research*, 6(2), 1–14. <https://doi.org/10.17275/per.19.8.6.2>
- Kemendikbud. (2013). *Pendekatan Proyek dalam Pembelajaran Kurikulum 2013*. Jakarta: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan.
- Kemendikbudristek. (2023). *Kurikulum Merdeka: Panduan Implementasi di Sekolah*. Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi.
- Kokotsaki, D., Menzies, V., & Wiggins, A. (2016a). Project-based learning: A review of the literature. *Improving Schools*, 19(3), 267–277. <https://doi.org/10.1177/1365480216659733>
- Kumar, A., Gupta, R., & Singh, P. (2019). *IoT-Based Smart Waste Management System: A Step Towards Smart City*. *International Journal of Engineering Research and Technology*, 8(7), 56–62.
- Leavy, A., Dick, L., Meletiou-Mavrotheris, M., & ... (2023). The prevalence and use of emerging technologies in STEAM education: A systematic review of the literature. *Journal of Computer ...* <https://doi.org/10.1111/jcal.12806>
- Lee, T. Y., Mauriello, M. L., Ahn, J., & Bederson, B. B. (2014). CTArcade: Computational thinking with games in school age children. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 2(1), 26–33. <https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2014.06.003>
- Lee, I., Martin, F., Denner, J., Coulter, B., Allan, W., Erickson, J., & Malyn-Smith, J. (2011). Computational Thinking for Youth in Practice. *ACM Inroads*, 2(1), 32–37.
- Lee, C. (2020). *Collaborative Learning in Action: Strategies for Student Engagement and Success*. New York, NY: Routledge.
- Lin, C. J., Lee, H. Y., Wang, W. S., Huang, Y. M., & ... (2024). Enhancing STEM collaboration through reflective strategies in the 6E learning model: insights from voice recognition analysis. *Education and Information ...* <https://doi.org/10.1007/s10639-024-12957-9>
- Maharani, S., Nusantara, T., As'ari, A. R., & Qohar, Abd. (2020). Computational Thinking : Media Pembelajaran CSK (CT-Sheet for Kids) dalam Matematika PAUD. *Jurnal Obsesi : Jurnal Pendidikan Anak Usia Dini*, 5(1), 975–984. <https://doi.org/10.31004/obsesi.v5i1.769>
- Mechelen, M. Van, Smith, R. C., Schaper, M. M., & ... (2023). Emerging technologies in K–12 education: A future HCI research agenda. *ACM*

Elisa Rosa, 2025

PENGEMBANGAN SISTEM PEMBELAJARAN BERBASIS PROJECT-BASED LEARNING UNTUK PROYEK IOT SMART TRASH DALAM MENINGKATKAN KEMAMPUAN COMPUTATIONAL THINKING DAN KOLABORASI SISWA

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

Transactions on <https://doi.org/10.1145/3569897>

- Mona, N., Rachmawati, R. C., & Anshori, M. (2023). Penerapan model project based learning untuk meningkatkan keterampilan kolaborasi dan kreativitas peserta didik. *Jurnal Pendidikan Guru Profesional*, 1(2), 150–167. <https://doi.org/10.26877/jpgp.v1i2.230>
- Mubarokah, H. R., Pambudi, D. S., Lestari, N. D. S., Kurniati, D., & Jatmiko, D. D. H. (2023). Kemampuan Berpikir Komputasi Siswa dalam Menyelesaikan Soal Numerasi Tipe AKM Materi Pola Bilangan. *JNPM (Jurnal Nasional Pendidikan Matematika)*, 7(2), 343. <https://doi.org/10.33603/jnpm.v7i2.8013>
- Mueller, J., Beckett, D., Hennessey, E., and Shodiev, H. (2017). Assessing computational thinking across the curriculum. *Emerging Research, Practice, and Policy on Computational Thinking* (pp. 251–267). Springer.
- Munir. (2011). *Media Pembelajaran Digital*. Bandung: Alfabeta.
- Murawsky, M. (2010). *Collaborative Skills in the Classroom: Building a Community of Learners*. Chicago, IL: Education Press.
- Ng, D. T. K., Lee, M., Tan, R. J. Y., Hu, X., Downie, J. S., & ... (2023). A review of AI teaching and learning from 2000 to 2020. *Education and* <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11491-w>
- Nuryana, Z., & Rosyana, E. (2019). Analisis Kemampuan Pemecahan Masalah Siswa dalam Pembelajaran Matematika. *Jurnal Pendidikan Matematika Indonesia*, 8(2), 15-22.
- OECD. (2019). PISA 2018 Assessment and Analytical Framework. In *OECD Publishing*.
- OECD. (2022). *PISA 2022 Results*. OECD Publishing.
- Pou, R., Martin, R., & Bellamy, J. (2022). Enhancing Computational Thinking Skills Through Project-Based Learning in High School Settings. *Educational Computing Research*, 60(3), 453-475.
- P21. (2019). Partnership for 21st Century Learning A Network of Battelle For Kids Frameworks for 21st Century Learning Definitions. *Framework For 21st Century Learning*, 1–9. https://static.battelleforkids.org/documents/p21/P21_Framework_Definitions_BFK.pdf
- Refvik, T., & Bjerke, C. (2022). Developing Problem-Solving Skills with Computational Thinking: A Longitudinal Study. *Scandinavian Journal of Educational Research*, 66(4), 571-589.
- Rich, P. J., Egan, G., & Ellsworth, J. (2019). A framework for decomposition in computational thinking. *Annual Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education, ITiCSE*, 416–421. <https://doi.org/10.1145/3304221.3319793>
- Rohit, M., Patel, J., & Sharma, K. (2020). Smart Trash System for Waste Management in Smart Cities. *Journal of Environmental Management*, 12(3), 102-110.
- Román-González, M., Pérez-González, J. C., & Jiménez-Fernández, C. (2017). Which cognitive abilities underlie computational thinking? Criterion validity

Elisa Rosa, 2025

PENGEMBANGAN SISTEM PEMBELAJARAN BERBASIS PROJECT-BASED LEARNING UNTUK PROYEK IOT SMART TRASH DALAM MENINGKATKAN KEMAMPUAN COMPUTATIONAL THINKING DAN KOLABORASI SISWA

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

- of the Computational Thinking Test. *Computers in Human Behavior*, 72, 678–691. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.08.047>
- Rossi, P. H., & Breidle, S. R. (1966). *Communication Media in Education*. New York: McGraw-Hill.
- Saad, A., & Zainudin, S. (2024). A review of teaching and learning approach in implementing Project-Based Learning (PBL) with Computational Thinking (CT). *Interactive Learning Environments*. <https://doi.org/10.1080/10494820.2024.2328280>
- Sanjaya, W. (2008). *Media Pengajaran dalam Proses Pembelajaran*. Jakarta: Kencana Prenada Media Group
- Sanjaya, W. (2015). *Strategi Pembelajaran: Berorientasi Standar Proses Pendidikan*. Jakarta: Kencana Prenada Media Group.
- Salamanca Garay, I. J. & Badilla Quintana, M. G. (2021). From computational thinking to creative thinking. an analysis of their relationship in high school students. *Icono* 14, 19(2), 261-285.
- Sari, T., Prasetyo, Z. K., & Setiyo, D. (2017). *Implementasi Pembelajaran Berbasis Proyek untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis*. *Jurnal Pendidikan*, 15(2), 32-38.
- Selby, C., Dorling, M., & Woollard, J. (2015). Computational Thinking: A Guide for Teachers. *Computing at School*.
- Shin, J., Jeong, Y., & Choi, Y. (2021). Effects of Project-Based Learning on Computational Thinking Development. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 19(6), 1291–1310.
- Shin, N., Bowers, J., Krajcik, J., & Damelin, D. (2021). Promoting computational thinking through project-based learning. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, 3(1).<http://doi.org/10.1186/s43031-021-00033-y>
- Sudjana. (2005). *Metoda Statistik*. Bandung: PT. Tarsito Bandung.
- Sugiyono. (2013). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif Dan R & D* (19 Ed.). Alfabeta, Cv.
- Sumaryo, M., Rahayu, W., & Saputra, A. (2023). Implementasi Aplikasi Nomokit Berbasis Block Programming untuk Pembelajaran Pemrograman Dasar. *Jurnal Teknologi Pendidikan Indonesia*, 12(2), 123-134.
- Thobroni, M., & Mustofa, A. (2013). *Pembelajaran Kolaboratif: Cara Meningkatkan Interaksi dan Motivasi Siswa*. Yogyakarta: Ar-Ruzz Media.
- Thomas, J., Condliffe, B., & Quint, J. (2000). Whatever Form a Project Takes , It Must Meet These Criteria To Be Gold Standard Pbl . *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 22(1), 1–18.
- Trilling, B., & Fadel, C. (2009). *21st Century Skills: Learning for Life in Our Times*. Jossey-Bass.
- van Laar, E., van Deursen, A. J., van Dijk, J. A., & de Haan, J. (2017). The Relation Between 21st-Century Skills and Digital Skills: A Systematic Literature Review. *Computers in Human Behavior*, 72, 577–588.

- Walukow, J., Mandalika, K., & Rumengan, N. (2022). Computational Thinking dalam Kurikulum Merdeka: Studi Penerapan pada Mata Pelajaran Informatika. *Jurnal Pendidikan Teknologi Informasi*, 10(2), 50-64.
- Warsono, H. (2013). *Pembelajaran Aktif: Teori dan Praktik*. Bandung: Remaja Rosdakarya.
- Weng, X., Cui, Z., Ng, O. L., Jong, M. S. Y., & Chiu, T. K. F. (2022). Characterizing students' 4C skills development during problem-based digital making. *Journal of Science* <https://doi.org/10.1007/s10956-022-09961-4>
- Wing, J. M. (2006). Computational Thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33–35.
- Wing, J. M. (2008). Computational thinking and thinking about computing. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 366(1881), 3717–3725. <https://doi.org/10.1098/rsta.2008.0118>
- Wulandari, N., Bagas, A., & Nugraha, A. (2024). Analisis Sistematis Kemampuan Pemecahan Masalah Siswa Indonesia. *Jurnal Pendidikan Matematika dan Sains Indonesia*, 16(1), 23–34.
- Woolfolk, A. (2007). *Educational Psychology* (10th ed.). Boston, MA: Pearson Education.
- Yang, X., Wang, J., & Zhou, M. (2023). Project-Based Learning: Promoting Computational Thinking and Collaboration in High Schools. *Educational Technology & Society*, 26(1), 88-102.
- Yuningsih, Y., Yamtinah, S., & Atmojo, I. R. W. (2025). Efektivitas penerapan model PjBL berbantuan media Chromebook dan motivasi belajar terhadap kemampuan berpikir kritis peserta didik. *JP2M (Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran Matematika)*, 11(1), 705–716. <https://doi.org/10.29100/jp2m.v11i1.7642>
- Zhang, T., et al. (2024). The Efficacy of Project-Based Learning in Enhancing Computational Thinking Among Students: A Meta-Analysis of 31 Experiments and Quasi-Experiments. *Educational Research Review*, 37, 100398.