



REKARTA Academic Publisher

Jln. Darul Hikmah, Geriya Sehati No. 10, Lombok Barat, NTB

Letter of Acceptance

(Nomor: REKARTA-JP3M/IV/10.8.26/966)

Berdasarkan hasil review dan revisi yang telah dilakukan, maka tim redaksi (*editorial team*) **menerima paper** dengan akun berikut:

Authors : Qathrunnada Nada, Aiyub
Paper Title : *Desain Didaktis dalam Pembelajaran Matematika Materi Aljabar di Sekolah Menengah untuk Mengurangi Kecemasan Matematis Peserta Didik*
Department : Program Studi Pendidikan Matematika
University : Universitas Islam Negeri Ar-Raniry

Pada Jurnal dan Periode Terbit:

Journal : **Jurnal Pemikiran dan Penelitian Pendidikan Matematika (JP3M)**
Vol./no. : **Volume 9 nomor 2**
Edisi : **Edisi November 2026**
Urel : <https://journal.rekarta.co.id/index.php/jp3m/index>
ISSN : p-ISSN: 2622-8246
e-ISSN: 2622-7673
Platform : Open Journal System (OJS) / PKP 3
Indexed by : Google Scholar (GS), Portal Garuda (IPI), One Search (Perpusatakaan Nasional), Mendeley, etc

Demikian surat penerimaan ini kami buat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Mataram, 10 Agustus 2026

Editor in Chief of JP3M




Ratu Perwira Negara, M.Pd
ID SINTA 6846441

Desain Didaktis dalam Pembelajaran Matematika Materi Aljabar di Sekolah Menengah untuk Mengurangi Kecemasan Matematis Peserta Didik

Qathrunnada^{1*}, Aiyub²

¹Pendidikan Matematika, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh, Indonesia.

²Pendidikan Matematika, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh, Indonesia.

✉ Author Corresponding: 210205105@student.ar-raniry.ac.id*

Important: When you submit, please complete all author metadata, especially name, affiliation, and email.

ABSTRACT

Kecemasan matematis (*mathematics anxiety*) yaitu rasa cemas, dan takut saat saat beraktivitas matematis merupakan salah satu hambatan ontogenik (hambatan psikologis peserta didik) yang menghambat proses abstraksi, khususnya pada transisi dari penalaran aritmetika (berhitung) menuju aljabar formal. Riset ini bertujuan untuk mendeskripsikan desain didaktis berbasis *Function Machine* (media visual berpola input-proses-output) yang dapat mengurangi kecemasan matematis peserta didik kelas VII pada materi aljabar, serta menganalisis tingkat kecemasannya setelah penerapan desain tersebut. Desain didaktis disusun berdasarkan identifikasi hambatan belajar (*learning obstacle*) sebagai landasan antisipasi didaktis pedagogis, sehingga menjembatani domain kognitif dan afektif peserta didik dalam memahami konsep aljabar. Pendekatan yang digunakan adalah *Didactical Design Research* (DDR) melalui tahapan analisis prospektif, metapedadidaktik, dan retrospektif. Partisipan penelitian melibatkan 25 peserta didik sekolah menengah pertama di Banda Aceh, dengan fokus mendalam pada enam subjek amatan yang dipilih *purposive* dari tiga kategori kecemasan. Pengumpulan data dilakukan melalui instrumen diagnostik hambatan belajar, kuesioner kecemasan matematis, observasi kelas, serta wawancara triangulasi. Temuan riset mengindikasikan bahwa implementasi desain didaktis berbasis *Function Machine* efektif meminimalisir kendala kognitif dan beban afektif peserta didik. Secara deskriptif-kualitatif, intervensi ini berhasil mengeliminasi gejala kelumpuhan berpikir (*cognitive freezing*) dan strategi penghindaran (*avoidance strategy*) yang sebelumnya mendominasi respons peserta didik pada tahap pra-desain. Pasca-pembelajaran, peserta didik menunjukkan eskalasi kepercayaan diri (*self-efficacy*) yang nyata, tubuh terasa lebih rileks saat mengerjakan tugas, serta hilangnya ketegangan somatik. Berdasarkan hasil evaluasi, teramati adanya kemajuan dalam pemahaman kognitif peserta didik mengenai materi aljabar, bersamaan dengan meredanya respons kecemasan matematis pada kelompok subjek fokus sepanjang proses pembelajaran. Mekanisme alur "Input-Proses-Output" terbukti mampu mengonkretkan konsep variabel melalui aktivitas berbasis permainan yang suportif, sehingga merekonstruksi keberanian peserta didik dalam bereksplorasi secara simbolik. Implikasi penelitian ini menegaskan krusialnya integrasi dimensi afektif dalam perancangan materi instruksional guna menciptakan ekosistem pembelajaran yang rendah tekanan (*low-stress environment*).

Keywords: *Function Machine*; Desain Didaktis; Kecemasan Matematis; Aljabar, DDR.



Article History:

Received: DD-MM-20XX

Revised : DD-MM-20XX

Accepted: DD-MM-20XX

Online : DD-MM-20XX

How to Cite (APA style):

Authors. (Year). Title. *Jurnal Pemikiran dan Penelitian Pendidikan Matematika (JP3M)*, v(i), pp-gg.
<https://doi.org/10.36765/jp3m.vXiX.XXXX>



This is an open access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license

1. PENDAHULUAN

Matematika merupakan bidang ilmu fundamental yang berperan penting dalam mengembangkan kemampuan berpikir kritis serta kecakapan penyelesaian masalah kognitif dalam kehidupan sehari-hari (Dina, 2022). Sebagai disiplin ilmu dasar yang terstruktur, matematika berfokus pada eksplorasi pola dan keterkaitan abstrak melalui penalaran deduktif serta penggunaan bahasa simbolik (Siswanto, 2024). Pemahaman yang mendalam terhadap konsep matematika ini membekali peserta didik dengan daya analisis yang krusial dalam mengurai berbagai persoalan di kehidupan nyata (Siswanto, 2024). Berkedudukan sebagai fondasi utama ilmu pengetahuan, pembelajaran matematika memfasilitasi penjenjangan kemampuan berpikir kritis peserta didik guna menghadapi tingkat permasalahan yang lebih kompleks (Rahmaini & Chandra, 2024). Sebagai disiplin ilmu yang mengandalkan presisi bahasa dan akurasi logika, matematika menjadi prasyarat krusial dalam berbagai domain profesional (Dina, 2022). Kompetensi dalam menganalisis dan menginterpretasikan data kini menjadi kebutuhan primer di dunia yang didominasi oleh informasi digital, mulai dari sektor pemerintahan hingga penelitian berbasis data. Selain aspek kognitif, pembelajaran matematika juga melatih ketelitian tinggi terhadap detail, sebuah keterampilan yang bermanfaat luas melampaui konteks akademis.

Namun, realitas didaktis menunjukkan adanya diskoneksi antara urgensi matematika dan persepsi peserta didik. Mata pelajaran matematika kerap dipersepsikan sebagai subjek yang mengintimidasi bagi sebagian besar peserta didik (Andriani & Hamimah Hamimah, 2023). Khususnya pada jenjang Sekolah Menengah Pertama (SMP), kecenderungan ketakutan terhadap matematika memicu rendahnya motivasi belajar serta lemahnya penguasaan konsep dasar peserta didik (Kristanto & Wahyudi, 2024). Hal ini disebabkan oleh proses pembelajaran yang cenderung monoton dan kurang menyenangkan, sehingga interaksi antara guru dan peserta didik tidak mampu menghasilkan umpan balik (*feedback*) yang cepat untuk memperdalam pemahaman materi (Mawardini & Ningsih, 2022). Ketakutan akan kegagalan dan stigma terhadap kesalahan seringkali memicu intimidasi mental yang menghambat performa peserta didik. Secara teoretis, kerangka Brousseau (1997, sebagaimana dikutip dalam Suryadi, 2019) mengklasifikasikan hambatan belajar (*learning obstacle*) ke dalam tiga ranah: hambatan ontogenik, didaktis, dan epistemologis. Dalam perspektif *Didactical Design Research* (DDR), (Suryadi, 2019) merinci hambatan ontogenik menjadi tiga manifestasi, yakni dimensi psikologis, instrumental, dan konseptual. Kecemasan matematis (*math anxiety*), stigma negatif, serta minat belajar yang rendah pada dasarnya menjejawantah sebagai hambatan ontogenik psikologis. Duroux (sebagaimana dikutip dalam Suryadi, 2019) menegaskan bahwa hambatan psikologis tersebut acap kali tereskalasi akibat hambatan didaktis berupa desain maupun intervensi pembelajaran yang tidak tepat, serta hambatan epistemologis yang timbul akibat keterbatasan konteks awal saat konsep aljabar diperkenalkan.

Keterbatasan konteks dan pengalaman negatif sebelumnya dapat memicu stres dan ketidaknyamanan sistemik yang dikenal sebagai kecemasan matematis (*mathematics anxiety*) (Dina, 2022). Tidak seperti kecemasan secara umum, kecemasan matematis berfokus secara spesifik pada situasi yang melibatkan aktivitas matematis, sehingga berdampak langsung

terhadap proses belajar dan capaian akademik peserta didik pada materi tersebut (Syafri et al., 2026). Sejalan dengan temuan Nuraeni dan Munandar, kecemasan matematis ini terwujud sebagai reaksi emosional akibat pengalaman belajar masa lalu yang merugikan, sehingga memicu ketakutan awal yang mengganggu konsentrasi peserta didik selama pembelajaran berlangsung (Nuraeni & Rahman Munandar, 2023). Dalam konteks global, temuan longitudinal Gashaj et al. (2023) membuktikan bahwa tingkat kecemasan matematis dan presensi lingkungan belajar berperan signifikan terhadap capaian prestasi peserta didik, dengan dampak negatif spesifik yang mereduksi ketepatan komputasi serta artikulasi pemecahan masalah. Meskipun rasa takut dalam batas normal dapat menjadi pendorong kinerja, kecemasan yang berlebihan justru berdampak negatif pada kemampuan konsentrasi dan minat belajar peserta didik (Amarulloh et al., 2024). Secara empiris, temuan Yahya (2022) mengonfirmasi bahwa kecemasan matematis memberikan kontribusi negatif sebesar 15,4% terhadap kemampuan pemecahan masalah matematika peserta didik. Hal ini mengindikasikan bahwa semakin tinggi tingkat kecemasan emosional yang dialami peserta didik, semakin besar penurunan performa mereka dalam menyelesaikan tugas matematika, sementara 84,6% variansi kemampuan pemecahan masalah lainnya dipengaruhi oleh faktor kognitif dan instruksional luar. Temuan ini sejalan dengan studi terbaru oleh Sasongko dan Yulindani pada materi bentuk aljabar kelas VII, yang mengungkap bahwa 76% peserta didik mengalami kecemasan matematis tingkat sedang hingga tinggi. Penelitian tersebut mempertegas adanya korelasi negatif yang konsisten, di mana kecemasan matematis mengganggu memori kerja serta konsentrasi peserta didik sehingga menurunkan kemampuan penerapan konsep aljabar dalam pemecahan masalah hingga tersisa 31,4% (Yanti & Syafri, 2026).

Persoalan kecemasan ini menjadi sangat krusial pada materi aljabar, yang merupakan fondasi utama untuk mempelajari struktur, hubungan, dan kuantitas melalui representasi simbolik (Hidayani, 2012). Keterkaitannya secara spesifik dikonfirmasi oleh Firdausi dan Shodikin (2025), yang menemukan bahwa mayoritas peserta didik SMP (57,14%) mengalami tingkat kenyamanan emosional yang rendah saat belajar aljabar, di mana kecemasan tertinggi dipicu oleh kendala manipulasi simbol-simbol aljabar. Hal ini sejalan dengan temuan Suparman et al. (2024) yang mengodekan bahwa karakteristik konten aljabar secara signifikan memicu timbulnya emosi negatif seperti keputusasaan (*hopelessness*) dan kemarahan (*anger*). Bahkan pada tingkat pendidikan tinggi, kecemasan aljabar ini tetap persisten sehingga memerlukan intervensi media instruksional yang adaptif untuk membangkitkan kembali rasa percaya diri peserta didik (Etcuban, 2025).

Aljabar memungkinkan peserta didik mengembangkan pemikiran abstrak dan mengidentifikasi pola yang relevan bagi keberhasilan di bidang STEM. Penguasaan aljabar di tingkat menengah sejatinya menjadi tumpuan penting bagi keberlanjutan studi ke jenjang lebih tinggi; kendati demikian, Klee-Schramm et al. (2026) menggarisbawahi bahwasanya peserta didik di berbagai negara masih dihadapkan pada kendala konseptual secara persisten yang dipicu oleh tingginya kompleksitas materi serta keragaman karakteristik individu. Namun, transisi dari berpikir aritmetika menuju berpikir aljabar yang abstrak seringkali menjadi titik lemah bagi peserta didik. Bukti empiris dari studi Wakhata et al. (2023) mengindikasikan bahwa hambatan peserta didik dalam menyelesaikan pemecahan masalah matematika umumnya bersumber dari kegagalan mengaitkan skema aljabar terdahulu dengan notasi simbolis yang baru, sehingga memicu kekeliruan pemahaman baik secara konseptual maupun prosedural. Kesalahan teknis seperti penulisan simbol operasi dan kekeliruan dalam aturan bilangan positif-negatif sering terjadi akibat kurangnya pemahaman prasyarat (Isfayani, 2023). Penelitian Lestari dan Suryadi (2020) mengonfirmasi bahwa sebanyak 60% peserta didik mengalami hambatan signifikan pada

seluruh aspek operasi hitung aljabar, khususnya dalam membedakan unsur variabel, koefisien, dan konstanta. Fakta ini diperkuat oleh bukti empiris Sea et al. (2025), yang mengungkapkan bahwa hambatan belajar peserta didik kelas VII tidak sekadar mencakup pemahaman konsep elementer, melainkan mencakup ketidakmampuan merumuskan variabel dan mengaplikasikan aturan operasi aljabar dalam pemecahan masalah. Selaras dengan temuan tersebut, Yulianto et al. (2025) menemukan bahwa kendala dominan peserta didik berasal dari kekeliruan sintaksis penulisan simbol serta kegagalan mentranslasikan narasi soal cerita ke dalam formulasi matematika. Dari perspektif yang lebih komprehensif, Oktovia dan Kamilah (2025) menggarisbawahi bahwa tingginya abstraksi serta ketergantungan aljabar pada notasi simbolik menjadi penghambat utama dalam proses pergeseran skema kognitif peserta didik, apabila tidak diimbangi dengan strategi pembelajaran visual dan kontekstual.

Menghadapi tantangan tersebut, diperlukan adaptasi desain pembelajaran yang mampu membangkitkan minat dan keterlibatan aktif peserta didik (Putri et al., 2019). Temuan studi ini mengindikasikan bahwa pengintegrasian media pembelajaran interaktif secara efektif mampu mendongkrak antusiasme belajar peserta didik, meskipun keberhasilannya tetap bergantung pada kesiapan sarana prasarana serta peningkatan kompetensi pendidik (Hadi & Hermawan, 2024). Meskipun demikian, temuan terkini Shimizu (2025) membuktikan bahwa keterlibatan aktif peserta didik (*learning engagement*) bersama penggunaan representasi visual berbasis diagram dapat menjembatani dinamika emosional tersebut, sehingga efektif mereduksi dampak merugikan dari kecemasan matematis terhadap kemampuan pemecahan masalah. Sebagai bentuk pendekatan solutif, diterapkan penggunaan media pembelajaran interaktif *Function Machine* (mesin fungsi). Perangkat ini memuat tiga elemen dasar, yakni bagian input, area pemrosesan (aturan rahasia), serta bagian output. Pada alur penggunaannya, pendidik mengumpulkan data awal melalui saluran input, yang kemudian diproses dalam mekanisme internal yang tersembunyi, hingga menghasilkan luaran berupa data output. Pemanfaatan media manipulatif konseptual seperti *Function Machine* (mesin fungsi) terbukti membantu memvisualisasikan hubungan operasi matematika yang abstrak melalui representasi input, proses, dan output secara konkret (Muthia, 2014). Mekanisme visual dan intuitif ini mempermudah peserta didik dalam memahami struktur hubungan simbolik, sehingga dapat meredakan beban kognitif dan kecemasan saat mentransisikan penalaran aritmatika ke simbol-simbol aljabar. Dalam konteks ini, *Didactical Design Research* (DDR) yang dikembangkan oleh Suryadi (2019) menawarkan sintesis baru untuk merencanakan pembelajaran yang mampu mengantisipasi reaksi peserta didik secara prospektif. Efektivitas DDR dalam memitigasi hambatan belajar matematika telah dibuktikan oleh berbagai penelitian empiris. Pada jenjang sekolah menengah pertama, Meika et al. (2025) mengungkapkan bahwa penyusunan desain didaktis yang didasarkan pada *learning obstacle* peserta didik berhasil meminimalisasi kesulitan operasi hitung aljabar dan pengerjaan soal cerita, sekaligus meningkatkan capaian hasil belajar secara signifikan. Sejalan dengan temuan tersebut, penelitian Ria et al. (2023) mengonfirmasi bahwa perancangan lintasan belajar hipotetis (*Hypothetical Learning Trajectory*) berbasis analisis tahapan DDR tidak hanya mampu mengatasi hambatan epistemologis dan konseptual peserta didik, tetapi juga menumbuhkan keaktifan serta antusiasme selama proses pembelajaran berlangsung. Sebagaimana dijelaskan oleh Paskah et al. (2025), segitiga didaktis memetakan hubungan interaktif antara guru, peserta didik, dan materi pembelajaran. Dalam kerangka ini, pendidik memegang peranan sentral dalam merancang situasi didaktis yang kondusif guna mendorong keterlibatan aktif peserta didik, sehingga proses konstruksi dan internalisasi pengetahuan aljabar dapat berlangsung secara lebih bermakna (Paskah et al., 2025). Merujuk

pada Teori Situasi Didaktis dari Brousseau, proses konstruksi pengetahuan dalam desain ini dikonsepkan menyerupai sebuah permainan melalui tahapan aksi, formulasi, dan validasi. Melalui fase 'adidaktis', peserta didik didorong untuk bertindak dan menemukan solusi tanpa instruksi langsung dari guru, sehingga terjadi proses devolusi yang memfasilitasi hubungan didaktis (HD) antara peserta didik dan materi pelajaran (Suryadi, 2016).

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk (1) mendeskripsikan desain didaktis berbasis *Function Machine* yang dapat mengurangi kecemasan matematis peserta didik kelas VII pada materi aljabar Fase D, dan (2) menganalisis tingkat kecemasan matematis peserta didik kelas VII setelah penerapan desain didaktis tersebut. Identifikasi hambatan belajar (*learning obstacle*) digunakan sebagai landasan analisis prospektif dalam merancang antisipasi didaktis pedagogis yang responsif terhadap sumber kecemasan matematis peserta didik. Fokus utama intervensi ini adalah kemampuan menggeneralisasi pola menjadi notasi variabel serta pemahaman komponen bentuk aljabar melalui perangkat aktivitas yang suportif. Dengan mengintegrasikan intervensi yang berpusat pada masalah matematis tertentu, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi teoritis bagi literatur desain pembelajaran sekaligus manfaat praktis bagi guru dalam menciptakan atmosfer kelas yang rendah kecemasan. Meskipun berbagai penelitian terdahulu telah mengkaji penerapan DDR pada matematika (Meika et al., 2025; Ria et al., 2023), kajian yang secara spesifik merancang desain didaktis untuk mengatasi hambatan epistemologis pada transisi pemikiran aritmatika ke aljabar simbolik masih terbatas. Kebaruan (*novelty*) dari penelitian ini terletak pada pengembangan desain didaktis berbasis *Function Machine* yang memvisualisasikan perubahan input-output pola angka menjadi bentuk aljabar formal. Melalui pendekatan ini, intervensi difokuskan untuk mengikis keterbatasan konteks pemahaman awal (hambatan epistemologis) peserta didik, sehingga dapat mentransformasi persepsi mereka terhadap aljabar dari subjek yang mengintimidasi menjadi pengalaman eksplorasi yang intuitif dan bermakna. Melalui pendekatan ini, diharapkan terjadi transformasi persepsi peserta didik terhadap aljabar dari subjek yang mengintimidasi menjadi pengalaman eksplorasi yang menarik dan meningkatkan kepercayaan diri.

2. METODE PENELITIAN

Untuk mempelajari fenomena didaktis yang muncul selama proses pembelajaran materi aljabar, penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan desain *Didactical Design Research* (DDR). Pemilihan desain ini didasarkan pada kebutuhan untuk mengembangkan materi ajar secara sistematis dengan mengidentifikasi hambatan belajar (*learning obstacles*), khususnya kecemasan matematis peserta didik, untuk mengembangkan intervensi pedagogis antisipatif. Penelitian ini mengacu pada tiga tahapan formal DDR yang dikembangkan oleh Suryadi (Suryadi, 2013a), yaitu analisis prospektif, metapedadidaktik, dan retrospektif. Analisis prospektif dilakukan dengan menilai situasi didaktis sebelum pembelajaran untuk membuat Desain Didaktis Hipotesis (DDH) yang diperkuat oleh Antisipasi Didaktis Pedagogis (ADP). Tahap ADP ini sangat penting untuk memperkirakan berbagai reaksi potensial, strategi, dan hambatan yang dihadapi peserta didik saat mengerjakan tugas matematis. Pada fase metapedadidaktik, desain digunakan di kelas untuk melihat interaksi didaktis *real-time* dan membandingkan reaksi peserta didik terhadap prediksi yang dibuat sebelumnya. Untuk menghasilkan Desain Didaktis Empiris yang lebih relevan dan sah, seluruh rangkaian prosedur ini diakhiri dengan analisis retrospektif yang membandingkan hasil desain hipotesis dengan keadaan nyata (Suryadi, 2016). Secara operasional, ketiga tahapan DDR tersebut dieksplisitkan ke dalam tiga alur aktivitas utama penelitian, yaitu: 1) Tahap Formulasi (*Prospective Analysis*) yang berfokus pada pengidentifikasian *learning obstacle*

awal serta penyusunan DDH berbasis *Function Machine* dan ADP; 2) Tahap Implementasi (*Metapedadidactical Analysis*) yang berfokus pada penerapan DDH di kelas nyata untuk mengamati interaksi didaktis peserta didik secara *real-time*; serta 3) Tahap Evaluasi (*Retrospective Analysis*) yang berfokus pada analisis komparatif antara prediksi ADP dan respons aktual peserta didik guna mengevaluasi efektivitas desain serta menghasilkan Desain Didaktis Empiris. Ketiga tahap ini secara langsung diarahkan untuk mencapai dua tujuan penelitian yang telah dirumuskan. Tahap Formulasi dan Implementasi menghasilkan deskripsi utuh desain didaktis berbasis *Function Machine*, yang menjawab tujuan penelitian pertama; sedangkan Tahap Evaluasi menghasilkan analisis tingkat kecemasan matematis peserta didik pasca-penerapan desain, yang menjawab tujuan penelitian kedua.

Penelitian dilaksanakan pada semester genap tahun akademik 2025/2026 di Madrasah Tsanawiyah Swasta (MTsS) Darul Ihsan, Kabupaten Aceh Besar. Subjek penelitian melibatkan peserta didik putri pada salah satu kelas VII sebagai populasi amatan dalam implementasi desain aljabar, yang dihadiri oleh 26 peserta didik pada pertemuan pertama dan 20 peserta didik pada pertemuan kedua. Untuk mendapatkan kedalaman data, dari populasi amatan tersebut dipilih enam peserta didik sebagai subjek fokus yang ditentukan secara *purposive* berdasarkan tingkatan kecemasan matematis, yaitu masing-masing dua peserta didik mewakili kategori kecemasan tingkat rendah, sedang, dan tinggi. Pemilihan variasi tingkatan ini bertujuan untuk menggali gambaran hambatan belajar (*learning obstacle*) dan respon didaktis secara komprehensif dari berbagai spektrum kondisi psikologis peserta didik. Sebelum memasuki tahap uji coba, kelayakan operasional serta keterterapan desain dimantapkan melalui proses oleh guru pengampu mata pelajaran Matematika. Validasi ini mengevaluasi aspek kelayakan isi (keselarasan alur *Function Machine* dengan CP Fase D), kebahasaan, penyajian, dan kegrafikan, sekaligus menilai kepraktisan teknis penerapan situasi didaktis di kelas. Hasil validasi menunjukkan bahwa desain didaktis berada pada kategori layak digunakan dengan penyempurnaan minor pada redaksi petunjuk LKPD guna memastikan relevansi materi dan kesesuaian konteks belajar peserta didik.

Dalam pengumpulan data, peneliti bertindak sebagai instrumen utama yang didukung oleh instrumen pelengkap berupa desain didaktis (LKPD) berbasis *Function Machine*, tes identifikasi hambatan belajar, pedoman wawancara semi-terstruktur, lembar observasi partisipan, serta kuesioner skala kecemasan matematis dan angket respons peserta didik. Teknik pengumpulan data dilakukan secara menyeluruh dengan menggunakan tes tulis untuk mengidentifikasi kendala kognitif pada materi prasyarat aljabar, diikuti dengan wawancara mendalam terhadap enam subjek fokus. Penerapan desain didaktis dilakukan untuk menjembatani hambatan belajar peserta didik, di mana observasi partisipan diterapkan untuk merekam dinamika interaksi selama penggunaan media *Function Machine*, yang didukung oleh dokumentasi berupa foto, dan rekam suara guna memastikan autentisitas data.

Proses pengolahan data diimplementasikan secara sirkular merujuk pada siklus *Didactical Design Research* (DDR), yang mencakup formulasi Desain Didaktis Hipotesis (DDH), observasi aktivitas peserta didik melalui lensa metapedadidaktik, serta sintesis akhir pada fase analisis retrospektif. Keabsahan data penelitian dijamin melalui penerapan triangulasi teknik yang memadukan instrumen angket, observasi, dan wawancara, disertai pengamatan secara komprehensif sepanjang kegiatan pembelajaran. Tahapan *peer debriefing* dioperasionalkan melalui diskusi reflektif berkala bersama dosen pembimbing serta guru mitra guna memvalidasi analisis data, sementara *member check* ditempuh lewat wawancara konfirmasi secara langsung kepada enam subjek utama untuk memastikan keselarasan hasil temuan dengan pengalaman serta respons emosional peserta didik.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Implementasi desain didaktis dalam penelitian ini dilaksanakan melalui tiga fase utama *Didactical Design Research* (DDR): analisis prospektif, analisis metapedadidaktik, dan retrospektif (Suryadi, 2016). Integrasi tahapan ini bertujuan untuk menyelaraskan prediksi instruksional dengan dinamika kognitif dan kondisi afektif peserta didik di kelas, khususnya dalam memitigasi stres akademik dan kecemasan (Sunarsih, 2025).

3.1 Analisis Prospektif

Tahap analisis prospektif difokuskan pada penyusunan Desain Didaktis Hipotesis (DDH) yang secara spesifik dirancang dan Antisipasi Didaktis Pedagogis (ADP) berbasis identifikasi *learning obstacles* aljabar.

a. Profil Kecemasan Matematis Peserta didik

Tingkat kecemasan matematis peserta didik pada tahap awal dijangar melalui angket skala Likert (1-5) yang disusun berdasarkan indikator teoretis Holmes (K. E., & Y. M. R. Lestari, 2017), Hasil pengisian menunjukkan total skor perolehan 1.515 dari batas maksimum 2.600 (ekuivalen dengan 58,27%). Pengkategorian tingkat kecemasan ini diadaptasi dari kriteria interval Azwar (dalam Palayukan et al., 2023) yang membaginya menjadi tiga tingkatan: Rendah ($20,00\% \leq P < 46,67\%$), Sedang ($46,67\% \leq P \leq 73,33\%$), dan Tinggi ($73,33\% < P \leq 100,00\%$). Berdasarkan rentang interval tersebut, capaian 58,27% secara objektif terkonfirmasi berada pada kategori sedang. Secara lebih terperinci, data distribusi frekuensi tingkat kecemasan awal peserta didik menunjukkan bahwa 7 peserta didik (26,92%) berada pada kategori rendah, 16 peserta didik (61,53%) pada kategori sedang, dan 3 peserta didik (11,53%) pada kategori tinggi.

Data kuantitatif ini semata-mata dimanfaatkan sebagai pemetaan latar belakang (*contextual screening*). Guna menjaga kredibilitas data, keabsahan temuan mengenai kecemasan diuji melalui dikonfirmasi secara kualitatif melalui pengamatan langsung terhadap perilaku belajar serta wawancara konfirmasi (*member check*) bersama enam subjek penelitian dan guru mata pelajaran sebelum intervensi diterapkan. Hasil wawancara bersama guru mengonfirmasi fenomena pasifnya peserta didik akibat kecemasan saat memasuki materi aljabar:

Beberapa peserta didik akan jadi lebih banyak diam. Sepertinya mereka merasa ragu atau takut salah, jadi untuk sekedar bertanya pun mereka terlihat agak sungkan... aljabar ini sering dianggap sesuatu yang menakutkan atau bikin cemas bagi anak-anak, jadi saya biasanya tidak langsung masuk ke materi yang berat. (Hasil Wawancara Guru Pra-Penerapan).

Temuan awal ini mengindikasikan adanya resistensi psikologis serta ketegangan yang cukup signifikan pada mayoritas peserta didik saat berhadapan dengan aktivitas pembelajaran matematika, khususnya pada topik aljabar yang bersifat abstrak. Temuan ini selaras dengan penelitian Yani yang menunjukkan bahwa kecemasan matematis kategori sedang cenderung mendominasi peserta didik kelas VII SMP, di mana kondisi emosional tersebut terbukti berhubungan dengan kemampuan pemecahan masalah matematis peserta didik. Studi tersebut mengungkapkan bahwa kecemasan matematis memiliki hubungan negatif signifikan ($r = -0,381$, $p = 0,020$) dengan kemampuan matematis, di mana semakin tinggi kecemasan, semakin rendah kemampuan peserta didik dalam menyelesaikan soal. Konsistensi pola ini mempertegas bahwa beban afektif merupakan faktor kritis yang menginterupsi aktualisasi potensi kognitif, sebagaimana terlihat pada diskoneksi antara hambatan kognitif (11,35%) dan kecemasan moyenne (58,27%) dalam penelitian ini (Yani, 2022).

Guna memperkuat konfirmasi profil afektif tersebut, peneliti juga melakukan pemetaan melalui instrumen tes diagnostik (*pre-test*) pada materi prasyarat. Penerapan tes diagnostik dalam *Didactical Design Research* berperan krusial sebagai alat identifikasi *learning obstacles* pada tahap analitik sebelum desain diimplementasikan sehingga desain didaktis yang dihasilkan dapat dirancang secara lebih tepat sasaran untuk mengatasi hambatan tersebut sebagai bagian dari upaya mengurangi kecemasan matematis peserta didik. Metode ini memungkinkan peneliti untuk mendeteksi hambatan konseptual maupun hambatan yang terkait dengan pengelolaan pembelajaran melalui kombinasi tes tertulis dan wawancara, sehingga desain didaktis yang dihasilkan dapat dirancang secara lebih tepat sasaran untuk mengatasi hambatan tersebut (Ratnaningsih et al., 2025). Berdasarkan evaluasi tes diagnostik (*pre-test*) materi prasyarat yang terdiri dari 5 butir soal, meliputi 3 butir soal komputasi aritmetika dasar dan 2 butir soal aplikatif berbentuk translasi soal cerita ke bentuk simbolik (skala 1–5 dengan skor maksimum ideal 104 per butir), tingkat defisit kognitif dihitung dari akumulasi persentase skor yang hilang (*unachieved score*) pada setiap butir soal. Hasil kalkulasi menunjukkan bahwa rata-rata hambatan murni kognitif peserta didik hanya sebesar 11,35% (dengan tingkat penguasaan materi prasyarat mencapai 88,65%). Meskipun rata-rata hambatan kognitif tergolong rendah, rincian data empiris per butir soal menunjukkan bahwa hambatan terbesar berpusat pada Soal Nomor 5 sebesar 23,08% (skor hilang 24 dari 104) dan Soal Nomor 3 sebesar 16,35% (skor hilang 17 dari 104). Adapun Soal Nomor 1 memiliki hambatan 1,92%, Soal Nomor 2 sebesar 10,58%, dan Soal Nomor 4 sebesar 4,81%.

Meskipun Soal Nomor 4 memiliki tingkat kesalahan komputasi yang rendah, hasil wawancara mendalam bersama peserta didik mengonfirmasi bahwa Soal Nomor 4 (translasi soal cerita) dan Soal Nomor 5 (simbol kotak) merupakan pemicu utama timbulnya perasaan cemas, bingung, dan keputusasaan:

Pada nomor 4 dan 5, Bu. Soalnya agak membingungkan dan sulit. Kami merasa takut dan menyerah saat memikirkan bagaimana cara membuat atau menuliskan jawabannya... Kalau menghitungnya kami bisa, Bu. Jawabannya dapat 7. Tapi kami bingung bagaimana mengubah cerita Budi jadi tulisan matematika... Aneh Bu, kami belum pernah lihat soal pakai kotak di antara angka begitu. Jadinya pusing duluan, takut banget untuk menjawabnya... (Peserta didik A).

Data ini mengindikasikan bahwa peserta didik sebenarnya memiliki kapasitas kognitif prasyarat yang memadai, namun terhambat oleh ketidakseimbangan emosional (*anxiety*) saat mengerjakan soal. Kondisi ini sejalan dengan temuan Fadila (2025) bahwa pembentukan konsep matematika peserta didik SMP sangat dipengaruhi oleh kecemasan matematis yang mereka alami. Temuan ini diperkuat oleh hasil penelitian empiris Sasongko dan Yuliandani (2026) pada materi bentuk aljabar kelas VII, yang mengonfirmasi bahwa mayoritas peserta didik berada pada kategori kecemasan sedang dan kecemasan tersebut berpengaruh negatif signifikan terhadap capaian kognitif. Selain itu, temuan empiris Faizah et al. (2026) memperlihatkan adanya gradasi kemampuan peserta didik dalam mengonstruksi model aljabar, di mana hambatan utama peserta didik berkemampuan sedang hingga rendah justru terletak pada penyusunan narasi verbal dan representasi simbolik yang lemah. Hambatan representasi ini menegaskan perlunya media pembelajaran yang adaptif. Oleh karena itu, diperlukan intervensi didaktis yang mampu meredakan hambatan afektif tersebut. Untuk menelusuri dinamika psikologis ini secara mendalam, analisis dialihkan pada pendekatan kualitatif terhadap enam subjek fokus yang dirangkum dalam Tabel berikut.

Table 1. Matriks Konfirmasi Indikator Kecemasan Matematis Peserta didik

No	Indikator Afektif (Teori)	Kategori & Subjek Fokus	Deskripsi Perilaku dan Respons Emosional Teramati
1	Mood (Rasa tegang, gelisah, cemas, takut, atau gugup)	Tinggi (S-01 & S-02)	Mengalami tekanan rasa takut dinilai/salah (distres evaluatif), rasa cemas saat tampil di depan kelas, dan rasa takut berlebihan menjelang ujian.
		Sedang (S-03 & S-04)	Ketegangan emosional bersifat kondisional; rentan mengalami kegugupan spontan akibat stimulasi langsung dari pendidik.
		Rendah (S-05 & S-06)	Kondisi emosi stabil dan matang; memiliki ketahanan (resistensi) yang kuat terhadap tekanan di kelas.
2	Motorik (Gerakan tubuh, tremor, atau ketergesaan)	Tinggi (S-01 & S-02)	Mengalami kelumpuhan operasional dan hambatan kinestetik akibat hilangnya ketenangan psikologis saat menghadapi tugas.
		Sedang (S-03 & S-04)	Mengalami disorganisasi motorik; ketegangan otot tubuh intensif disertai kecenderungan terburu-buru yang memicu kekeliruan.
		Rendah (S-05 & S-06)	Kontrol gerakan tubuh teratur; eksekusi tugas berlangsung tenang tanpa adanya indikasi ketergesaan fisik maupun tremor.
3	Kognitif (Kendala atensi, konsentrasi, dan keputusan)	Tinggi (S-01 & S-02)	Mengalami kebuntuan berpikir (<i>cognitive freezing</i>) total; konsentrasi terganggu parah, bingung menentukan konsep, dan kehilangan rasa percaya diri.
		Sedang (S-03 & S-04)	Mengalami keraguan konsep (ragu-ragu); sangat ragu dalam menentukan langkah pengerjaan soal.
		Rendah (S-05 & S-06)	Memiliki pikiran yang jernih dan tenang (<i>clear mind</i>); sangat fokus pada instruksi serta mampu mengendalikan diri.
4	Somatik (Gangguan fisik, detak jantung, keringat)	Tinggi (S-01 & S-02)	Reaksi fisik sangat tertekan; ditandai dengan keluhan sesak napas, detak jantung berdebar cepat, dan rasa lelah setelah belajar.
		Sedang (S-03 & S-04)	Reaktivitas fisik bersifat temporer; terjadi hiperhidrosis (keringat berlebih) pada telapak tangan saat situasi ujian tertentu.
		Rendah (S-05 & S-06)	Kondisi fisik rileks dan tenang (bebas dari gejala fisik seperti denyut nadi cepat, mual, atau sesak napas).

Pemaparan empiris pada Tabel 1 menegaskan korelasi linear antara kecemasan matematis dengan intensitas hambatan belajar (*learning obstacles*). Pada kelompok kecemasan tinggi (S-01 & S-02) tekanan emosional memicu kebuntuan berpikir (*cognitive freezing*) dan gangguan fisiologis (detak jantung meningkat dan sesak napas). Kondisi ini menyita kapasitas memori kerja (*working memory*) (Eysenck et al., 2007), sehingga memicu perilaku menghindar (*avoidance behavior*) berupa lembar pengerjaan yang dikosongkan. Perilaku menghindar ini mendominasi sekitar 63% populasi peserta didik yang mengalami kecemasan matematis tingkat tinggi (Hembree, 1990).

Sementara itu, kelompok Kecemasan Sedang (S-03 & S-04) menunjukkan gejala *state anxiety* yang fluktuatif, di mana Dowker et al. (2016) berupa keraguan memilih prosedur pengerjaan serta ketegangan saat berinteraksi dengan guru. Kondisi situasional ini sejalan dengan temuan Carey et al. (2017) bahwa kecemasan social-evaluatif, spontan dapat menurunkan capaian matematika secara instan. Sebaliknya, kelompok Kecemasan Rendah (S-05 & S-06). memiliki pikiran jernih (*clear mind*) dan kondisi fisik rileks, sehingga sumber daya memori kerja dapat mengolah simbol aljabar secara optimal (Namkung et al., 2019). Sinkronisasi pemetaan psikologis ini menjadi dasar pengonstruksian alur pembelajaran *Function Machine* yang adaptif dan rendah tekanan (*low-stress environment*).

Hasil analisis identifikasi Tabel 1 menunjukkan rintangan afektif utama yang memicu hambatan ontogenik peserta didik (Mammarella et al., 2018). Hambatan tersebut beserta konfirmasi wawancara dan solusi antisipasi didaktis melalui *Function Machine* diuraikan sebagai berikut:

1. Hambatan Kognitif berupa Kelumpuhan Berpikir (*Cognitive Freezing*)

- Karakteristik Hambatan & Konfirmasi Wawancara: Munculnya kecemasan antisipatif saat peserta didik dihadapkan pada simbol aljabar formal (x dan y) atau bentuk soal kontekstual secara instan memicu blokade mental (*mental block*). Peserta didik memiliki kemampuan berhitung aritmetika yang memadai, namun mengalami hambatan saat mentranslasikannya ke dalam bentuk simbolik. Hal ini terkonfirmasi dari wawancara bersama peserta didik: "Kalau menghitungnya kami bisa, Bu. Jawabannya dapat, 7. Tapi kami bingung bagaimana mengubah cerita Budi jadi tulisan matematika. Aneh Bu, kami belum pernah lihat soal pakai kotak di antara angka begitu, Jadinya pusing duluan, takut untuk menjawabnya" (Peserta didik A).
- Antisipasi Didaktis: Desain pembelajaran sengaja menunda pengenalan simbol variabel formal pada fase awal melalui pendekatan semi-konkret simulasi permainan "*Function Machine*" untuk menyelidiki pola hubungan masukan (*input*) dan luaran (*output*).

2. Hambatan *Mood* berupa Distres Evaluatif (Suasana Hati berupa Rasa Takut Dinilai/Salah) dan Kendala Interaksi

- Karakteristik Hambatan & Konfirmasi Wawancara: Peserta didik mengalami fluktuasi ketegangan emosional yang bermuara pada rasa takut salah dan kecemasan akan sanksi sosial saat harus merespons pertanyaan spontan guru atau mempresentasikan hasil kerja. Rasa takut akan kegagalan prosedural ini memicu sikap pasif, dan keputusan saat melihat kerumitan soal, sebagaimana terkonfirmasi melalui wawancara: "Pada nomor 4 dan 5, Bu. Soalnya agak membingungkan dan sulit. Kami merasa takut dan menyerah saat memikirkan bagaimana cara membuat atau menuliskan jawabannya" (peserta didik B).
- Antisipasi Didaktis: Implementasi *Function Machine* dioperasikan dalam iklim kelas yang kolaboratif melalui investigasi kelompok. Pendidik mengubah stimulus pertanyaan individu yang kaku menjadi penyelidikan aturan rahasia mesin secara kelompok guna membangun rasa aman psikologis (*psychological safety*).

3. Hambatan Motorik berupa Perilaku Menarik Diri (*Avoidance Behavior*)

- Karakteristik Hambatan & Konfirmasi Wawancara: Manifestasi kecemasan memicu respons motorik defensif, di mana peserta didik melakukan penundaan

(*procrastination*) hingga memilih mengosongkan lembar pengerjaan akibat panik procedural dan ketakutan akan kesalahan. Hal ini terungkap dari penuturan peserta didik saat wawancara konfirmasi: "Tadi sempat mau coba coret-core, tapi pas lihat angkanya enggak nemu maksud yang sesuai, jadi kami hapus lagi. Kami takut salah jawab, jadi mending kami kosongkan dan tunggu nantinya Ibu jelaskan saja daripada pusing" (Peserta didik C).

- Antisipasi Didaktis: Prosedur pengerjaan pada media *Function Machine* dirancang dengan sistem penahapan visual yang runtut dan bergradasi (*Input-Aturan Proses-Output*). Struktur fisik dan visual mekanis yang jelas ini memberikan panduan tindakan yang pasti bagi peserta didik, sehingga mereduksi disorganisasi motorik dan menuntun mereka untuk aktif mencoba melangkah tahap demi tahap.

4. Hambatan Somatik berupa Reaktivitas Fisik Otonom

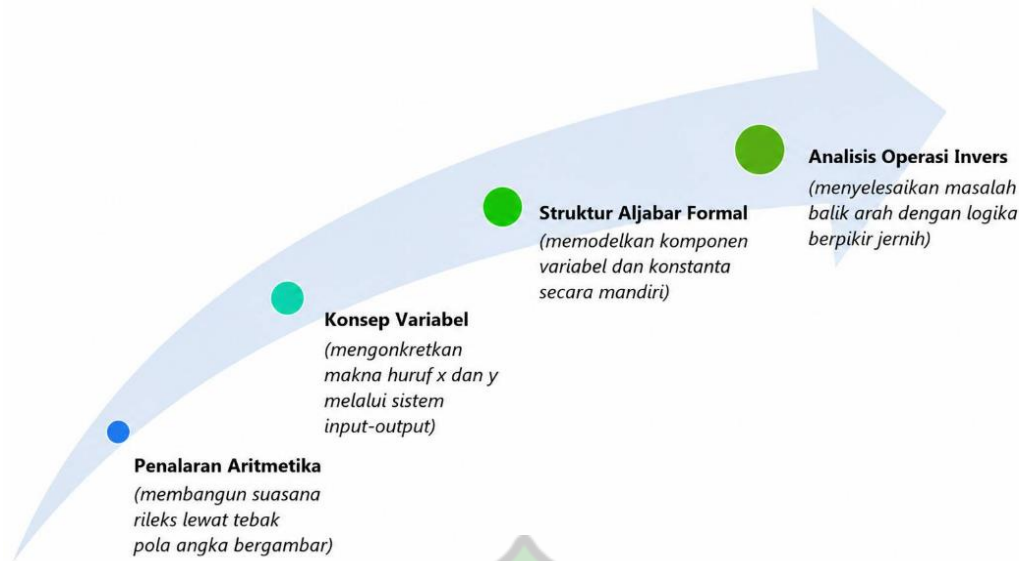
- Karakteristik Hambatan & Konfirmasi Wawancara: Gejala fisik yang tertekan seperti keluhan pusing dan rasa tegang secara nyata menginterupsi kenyamanan belajar peserta didik saat dihadapkan pada abstraksi simbolik. Peserta didik mengonfirmasi bahwa beban emosional dan pusing ini muncul akibat ketidakpastian prosedur pengerjaan:

Pastinya soal yang mudah dan kami ketahui cara jawabnya, Bu... Soal seperti nomor 2 dan 3 kami suka Bu, karena tinggal dihitung tambah atau kali saja tanpa perlu mikir keras maksud soalnya apa. Tapi kalau seperti soal nomor 4 dan 5 kami susah paha (Peserta didik D).

- Antisipasi Didaktis: Mitigasi dilakukan dengan memanfaatkan komponen manipulatif visual dari media *Function Machine*. Aktivitas psikomotorik saat mengoperasikan komponen media ini berfungsi mengalihkan fokus perhatian peserta didik dari kecemasan biologisnya sehingga sistem saraf otonom berangsur rileks secara natural.

b. Desain Didaktis Awal dan *Hypothetical Learning Trajectory* (HLT)

Berdasarkan pemetaan hambatan ontogenik yang telah diidentifikasi, peneliti menyusun *Hypothetical Learning Trajectory* (HLT) berbasis *Function Machine* sebagai pijakan analisis prospektif guna merancang Desain Didaktis Hipotetis (DDH) dalam kerangka *Didactical Design Research* (DDR) (Suryadi, 2019). Kerangka DDR memosisikan HLT sebagai panduan utama pendidik untuk memetakan variasi respons peserta didik yang tereskalasi dari situasi didaktis, sehingga tindakan fasilitasi berbentuk intervensi didaktis maupun pedagogis dapat disiapkan secara presisi. HLT berbasis *Function Machine* ini dikonstruksi berdasarkan tujuan pembelajaran aljabar serta sekuens situasi didaktis yang saling berkesinambungan (Simon, 1995; Suryadi, 2019). Pengembangan HLT ini juga selaras dengan temuan Aiyub et al. (2022) bahwa kendala utama peserta didik pada materi pola bilangan berakar dari ketidakmampuan mengenali regularitas pola dan abstraksi pemodelan. Oleh karena itu, *Function Machine* dimanfaatkan dalam konteks masalah semi-konkret untuk menjembatani transisi dari penalaran aritmetika menuju abstraksi aljabar tanpa memicu kecemasan matematis. Adapun alur pembelajaran yang dirancang secara bergradasi ini direpresentasikan melalui skema berikut:



Gambar 1. Alur Pembelajaran Aljabar Berbasis *Function Machine*

Berdasarkan alur pembelajaran pada Gambar 1 di atas, untuk membangun pemahaman konseptual sekaligus mereduksi kecemasan matematis peserta didik, peneliti menyajikan materi instruksional melalui aktivitas investigasi bergradasi bertajuk "Proyek Pagar Dekoratif Lidi". Rancangan intervensi didaktis ini dikonstruksi secara terencana untuk meredam empat indikator kecemasan matematis yang merujuk pada kerangka teoretis Holmes (Lestari & Yudhanegara, 2017), meliputi dimensi suasana hati *mood*, motorik, kognitif, dan somatik. Pemetaan indikator ini diturunkan secara langsung dari kisi-kisi teoretis baku (*construct validity*) yang kemudian ditriangulasikan secara kualitatif melalui lembar observasi perilaku dan wawancara peserta didik guna menjamin kredibilitas data. Desain didaktis awal tersebut dijabarkan ke dalam fase-fase aktivitas sebagai berikut:

1. Fase 1 (Mencari Aturan Mesin Pagar)

Pada Fase 1, peserta didik diposisikan sebagai "Tim Detektif" yang memecahkan enkripsi aturan mekanis dari data masukan (*input*) dan luaran (*output*) pada mesin pagar milik Pak Irwan, seperti yang dilustrasikan dalam Gambar 2.

ALJABAR NAMA : _____ KELAS : _____

PROJEK PAGAR DEKORATIF LIDI

Fase 1

Kalian adalah Tim Detektif yang bertugas membongkar rahasia terdapat Mesin Pagar milik Pak Irwan. Perhatikan baik-baik data Input dan Output yang kalian kumpulkan. Bicarakan bersama. Pola apa yang tersembunyi di balik angka-angka ini? Pecahkan Aturan Rahasianya, dan kalian adalah pemenangnya!

Soal 1: Mencari Aturan Mesin Pagar

Input (di rumah Pak Irwan)	Output (di rumah Pak Irwan)
1	4
2	7
3	10
4	13
5	16

Pertanyaan: Menemukan Aturan Rahasia

Penyelesaian 1: Temuan Angka Pertambahan Tetap (Fokus pada konstanta)
Coba lihat, setiap kali input bertambah 1, berapa lidi yang selalu bertambah? Angka ini adalah Angka Pengali Rahasia Mesin!

Penyelesaian 2: Uji Perkalian Angka dari Penyelesaian 1 harus dikalikan dengan input (x).
Berapakah hasil perkalian itu untuk input 1, 2, dan 3? (Tuliskan hasilnya di kolom kosong di bawah).

ALJABAR NAMA : _____ KELAS : _____

PROJEK PAGAR DEKORATIF LIDI

Pertanyaan: Menemukan Aturan Rahasia

Penyelesaian 3: Cari Angka Awal (Penyelesaian) (Mencari Konstanta)
Bandingkan hasil perkalianmu di Penyelesaian 2 dengan Output yang selarasmu di Data Mesin (Mesin Output 4 vs Hasil 1). Berapa angka tetap yang harus kamu tambah atau kurang agar hasilnya cocok?

Penyelesaian 4: Aturan Rahasia Lengkap (Formulasi Ekspresi)
Gabungkan Angka Pengali (Penyelesaian 1) dan Angka Penyelesaian (Penyelesaian 3) untuk menemukan Aturan Mesin Pagar secara utuh.
($O = \dots$)

Penyelesaian 5: Buktikan Aturan Gunakan Aturan yang sudah kamu temukan untuk menguji input ke-5.
Berapa jumlah lidi total (Output) jika $n=5$?

Gambar 2. Desain LKPD Fase 1: Proyek Pagar Dekoratif Lidi (Halaman 1 & 2)

Penahapan alur didaktis pada Fase 1 ini diartikulasi secara sistematis melalui lima tahapan penyelidikan untuk mereduksi hambatan psikologis dan kognitif subjek secara bertahap:

- **Penyelidikan 1 (Eksplorasi Koefisien):** Peserta didik diarahkan untuk mendeteksi keteraturan selisih penambahan lidi konstan. Penemuan "Angka Pengali Rahasia" ini bertujuan mengaktivasi *self-efficacy* subjek melalui operasi aritmetika dasar yang akrab.
- **Penyelidikan 2 (Uji Konsistensi):** Peserta didik melakukan pengujian keteraturan pola secara mandiri dengan mengalikan angka pengali terhadap variasi nilai *input* (x). Tahap ini melatih stabilitas prosedural sebelum melangkah ke struktur yang abstrak.
- **Penyelidikan 3 (Eksplorasi Konstanta):** Hambatan konseptual mengenai nilai tetap dimitigasi dengan membandingkan hasil perkalian sementara terhadap data *output* riil. Pencarian angka penyesuai ini menuntun peserta didik memahami esensi konstanta secara intuitif.
- **Penyelidikan 4 (Formulasi Ekspresi Simbolik):** Peserta didik menyintesis komponen koefisien dan konstanta yang telah ditemukan menjadi struktur persamaan aljabar utuh ($0 = \dots$). Strategi ini efektif mencegah *cognitive freezing* karena rumus formal lahir dari konklusi logis pengalaman mereka sendiri.
- **Penyelidikan 5 (Validasi Model):** Peserta didik mengevaluasi kekuatan model aljabar untuk memprediksi luaran dari *input* ke-5 ($x = 5$). Keberhasilan pembuktian ini memberikan penguatan afektif berupa kepuasan intelektual (*intellectual pride*) yang mereduksi kecemasan prosedural.

Melalui stratifikasi lima tahapan pada LKPD ini, lintasan belajar peserta didik dirancang bergerak secara dinamis dari domain aritmetika konkret menuju formalisasi aljabar. Desain mekanis ini memastikan bahwa formasi simbolik tidak diinternalisasi sebagai dogma rumus yang intimidatif, melainkan dikonstruksi secara mandiri melalui pengalaman belajar yang aman secara psikologis.

2. Fase 2 (Memahami Bahasa Aljabar.)

Melanjutkan lintasan belajar tersebut, transisi dari pemodelan induktif menuju pemaknaan struktural yang lebih mendalam diakomodasi pada Fase 2. Pada fase ini, peserta didik ditantang untuk bertindak sebagai "Penerjemah Aljabar Sejati" dengan mengurai makna kontekstual dari simbol formal ($y = 3x + 1$) ke dalam elemen riil pada proyek pagar Pak Irwan, seperti yang diilustrasikan dalam Gambar 3.



Gambar 3. Desain LKPD Fase 2: Proyek Pagar Dekoratif Lidi (Halaman 2 & 3)

Alur didaktis pada Fase 2 ini diartikulasi melalui empat stratifikasi pertanyaan dekonstruktif yang dirancang untuk membangun pemahaman konseptual yang utuh tanpa memicu beban psikologis:

- **Pertanyaan 1 (Dekonstruksi Variabel):** Peserta didik diminta mendefinisikan peran simbol x dan y dalam konteks nyata (jumlah kotak pagar dan total lidi). Aktivitas ini dirancang untuk memitigasi ambiguitas simbolik, sehingga peserta didik menyadari bahwa huruf dalam aljabar bukanlah entitas abstrak yang menakutkan, melainkan representasi dari komponen yang nilainya dapat berubah-ubah.
- **Pertanyaan 2 (Dekonstruksi Koefisien):** Fokus beralih pada pemaknaan angka 3 sebagai koefisien (angka pengali). Melalui pertanyaan ini, daya nalar kritis peserta didik dirangsang untuk menghubungkan simbol numerik dengan pola pertambahan fisik lidi di lapangan, yang berkontribusi pada penguatan stabilitas kognitif subjek.
- **Pertanyaan 3 (Dekonstruksi Konstanta):** Peserta didik mengeksplorasi peran angka 1 sebagai konstanta (angka tunggal). Proses analisis mengapa angka ini bersifat independen (tidak bergantung pada nilai x) membantu peserta didik menginternalisasi struktur dasar aljabar secara logis, bukan sekadar menghafal posisi angka dalam rumus.
- **Pertanyaan 4 (Sifat Operasi & Prinsip Ekuivalensi):** Pada tahap akhir, peserta didik dihadapkan pada skema alternatif $y = 1 + 3x$ untuk menguji validitasnya terhadap model awal. Pertanyaan ini bertujuan melatih fleksibilitas berpikir (*cognitive flexibility*) peserta didik dan mengonfirmasi pemahaman mereka mengenai sifat komutatif, sekaligus mereduksi kecemasan prosedural melalui pembuktian konsistensi matematis.

3. Fase 3 (Analisis Invers)

Pada tahapan ini, konjektur lintasan belajar diarahkan untuk melatih kemampuan berpikir rekonstruktif atau "bekerja mundur". Melalui stimulus naratif di mana total lidi telah ditentukan ($y = 49$), peserta didik ditantang mengurai kembali komponen operasi untuk menemukan nilai masukan awal (x). Ilustrasi instrumen untuk fase ini disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Desain LKPD Fase 3: Proyek Pagar Dekoratif Lidi (Halaman 3 & 4)

Guna mereduksi potensi *cognitive freezing* saat menyelesaikan persamaan linear satu variabel, alur didaktis pada Fase 3 ini distratifikasi ke dalam empat tahapan pertanyaan logis-prosedural:

- **Pertanyaan 1 (Substitusi Persamaan):** Peserta didik dituntun untuk mentransformasikan model matematika awal ($y = 3x + 1$) menjadi bentuk persamaan kondisional yang merepresentasikan ketersediaan bahan baku riil ($49 = 3x + 1$). Langkah ini bertujuan memperkuat kemampuan simbolik peserta didik tanpa memicu penolakan/rasa cemas (*resistensi psikologis*).
- **Pertanyaan 2 (Invers Operasi Penjumlahan):** Hambatan operasional dimitigasi dengan menggunakan analogi mekanis "mesin bergerak mundur". Peserta didik distimulasi untuk membatalkan dampak konstanta (+1) dengan melakukan operasi kebalikan (pengurangan) pada nilai luaran. Proses intuitif ini membantu peserta didik memahami esensi netralisasi ruas secara bermakna tanpa bersandar pada hafalan rumus pindah ruas yang mekanistik.
- **Pertanyaan 3 (Invers Operasi Perkalian):** Setelah memperoleh nilai antara (48), fokus dialihkan pada pembatalan operasi koefisien ($\times 3$). Peserta didik diarahkan untuk mengeksekusi operasi pembagian sebagai inversi dari perkalian. Penahapan struktur ini menjaga stabilitas kognitif peserta didik karena setiap prosedur pembatalan dilandasi oleh logika mekanis mesin fungsi yang konsisten.
- **Pertanyaan 4 (Konklusi Solusi):** Pada tahap final, peserta didik mengonfirmasi hasil akhir untuk menetapkan jumlah maksimal kotak pagar yang dapat dikonstruksi. Keberhasilan memecahkan tantangan operasi inversi ini memberikan penguatan afektif berupa peningkatan efikasi diri (*self-efficacy*) serta mereduksi kecemasan situasional yang sering muncul pada materi persamaan linear.

Secara keseluruhan, integrasi bertahap dari Fase 1 hingga Fase 3 dalam dokumen *Hypothetical Learning Trajectory* (HLT) ini berhasil mentransformasikan pembelajaran aljabar kelas VII menjadi sebuah ekosistem yang adaptif. Melalui alur instruksional berbasis *Function Machine* yang terukur ini, dekonstruksi hambatan ontogenik dapat terlaksana secara simultan dengan penguatan pemahaman konseptual dan penjagaan stabilitas emosional peserta didik.

3.2 Analisis Metapedadidaktik

Analisis metapedadidaktik mengevaluasi pertautan antara Tindakan instruksional pendidik dan respons actual peserta didik (*Actual Learning Trajectory*) terhadap rancangan *Hypothetical Learning Trajectory* (HLT) yang telah disusun (Didi Suryadi, 2013).

Implementasi desain didaktis ini dilaksanakan pada 25 siswi kelas VII MTsS Darul Ihsan, Kabupaten Aceh Besar. Intervensi didaktis diselenggarakan selama dua kali pertemuan dengan alokasi waktu masing-masing pertemuan sebesar 2 JP (2×40 menit) pada rentang bulan Februari hingga April 2026 menggunakan LKPD berbasis permainan *Function Machine* bertema "Proyek Pagar Dekoratif Lidi" dalam tiga fase penalaran bergradasi. Situasi adidaktis dirancang melalui desain didaktis berupa media *Function Machine* dan narasi konteks "detektif" untuk memicu analisis pola aljabar. Dalam situasi ini, peserta didik berperan aktif sebagai pemecah masalah (*problem solver*) yang mengeksplorasi aturan aljabar secara intuitif, peneliti bertindak sebagai pengajar utama yang mengarahkan alur interaksi dan devokasi situasi didaktis, sedangkan guru mitra berperan sebagai observer yang mengamati respons belajar peserta didik serta memberikan bimbingan terbatas jika terjadi hambatan teknis, sebagaimana didokumentasikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Kolaborasi Peserta didik saat Menjalankan Peran sebagai "Detektif" untuk Memecahkan Teka-Teki Aljabar

Pada **Fase 1 (Eksplorasi Induktif)** yang berfokus pada pencarian aturan mesin, antusiasme subjek mendominasi jalannya aktivitas, meskipun pada fase awal muncul sedikit keengganan/rasa takut (resistensi psikologis) akibat anggapan kesulitan materi aljabar yang selama ini dianggap intimidatif. Subjek dengan tingkat kecemasan tinggi cenderung menampilkan keraguan mekanis saat berhadapan dengan tabel data. Menanggapi fenomena ini, tindakan metapedadidaktis yang dilakukan berupa pemberian stimulasi lisan singkat yang bersifat mengarahkan. Karena desain aktivitas pada fase ini dirancang adaptif dengan basis aritmetika yang kuat, intervensi minimal tersebut secara instan mampu memulihkan stabilitas kognitif peserta didik. Peserta didik dengan cepat keluar dari kelompokan berpikir (*cognitive freezing*), sehingga motivasi intrinsik peserta didik mengalami eskalasi dan mereka secara sistematis mampu melewati fase identifikasi pola hingga mencapai tahap formalisasi simbolik tanpa tekanan emosional yang berlebihan.

Konflik kognitif mulai terakselerasi saat memasuki **Fase 2 (Pemaknaan Komponen)**, di mana peserta didik dituntut mengurai arti konseptual dari simbol variabel, koefisien, dan konstanta. Dalam observasi mendalam, teridentifikasi adanya *unexpected response* di mana subjek cenderung menerapkan pola pikir yang terlampau kompleks pada stimulasi yang bersifat fundamental. Fenomena ini berakar pada stigma negatif bahwa matematika senantiasa bersifat eksklusif dan rumit, sehingga menghambat peserta didik untuk melihat solusi yang logis dan sederhana. Kondisi ini berpotensi memicu ketegangan psikologis dan sikap defensif dalam kelompok. Guna memitigasi hambatan afektif tersebut, peneliti mengintervensi dengan melakukan regulasi emosional kelas, dimana peserta didik diinstruksikan untuk bersikap rileks

dan dibebaskan menggunakan bahasa sehari-hari dalam menarasikan pemahaman mereka tanpa harus memikirkan istilah yang terlalu tinggi. Guna memitigasi hal tersebut, peneliti mengimplementasikan *scaffolding* berupa penguatan penalaran logis serta stabilisasi keamanan psikologis melalui apresiasi afektif tanpa justifikasi negatif. Pendekatan ini krusial untuk mengeliminasi hambatan epistemologis dan ketakutan akan bereksresi matematis. Penghapusan tuntutan formalitas bahasa ini terbukti efektif menciptakan ruang aman psikologis (*psychological safety*), sehingga peserta didik langsung paham dan mampu menuangkan makna komponen aljabar sesuai dengan apa yang mereka tangkap secara intuitif dari visualisasi mesin.

Tantangan tertinggi muncul pada **Fase 3 (Analisis Invers)**, di mana peserta didik harus melakukan operasi kebalikan untuk memecahkan persamaan linear. Peneliti memprediksi fase ini akan memicu lonjakan kecemasan prosedural yang ekstrem. Dinamika di lapangan menjadi lebih kompleks akibat adanya keterbatasan waktu yang mulai menipis menjelang akhir jam pelajaran. Menghadapi situasi krusial ini, pendidik mengambil tindakan adaptif dengan memberikan peringatan dini agar peserta didik meningkatkan kehati-hatian prosedural, disertai penjelasan taktis yang padat mengenai analogi "mesin berjalan mundur". Meskipun durasi penjelasan sangat terbatas, fondasi pemahaman yang telah dibangun kokoh pada fase-fase sebelumnya membuat daya tahan belajar subjek tetap terjaga secara optimal. Bukti artefak pembelajaran dari keberhasilan fase ini disajikan pada Gambar 6.

PROYEK PAGAR DEKORATIF LIDI

Pertanyaan : Analisis Invers

- 1 Tuliskan Aturan Mesin Pagar ($y = 3x + 1$) menjadi sebuah persamaan yang menunjukkan total lidi yang tersedia (49).
 $y = 3x + 1 = 49$
- 2 Coba perhatikan Aturan Mesinnya. Tadi kan mesin menambah 1 di akhir proses. Nah, supaya kita bisa tahu angka aslinya, ayo kita jalankan mesinnya mundur. Kalau mesinnya maju ditambah 1, berarti kalau mundur 49-nya harus diapakan? (Tuliskan caranya ya).
 kalo mundur 49 dikurangi satu (1) $49 - 1 = 48$
- 3 Sekarang, Input x dikali 3. Langkah apa yang harus kamu lakukan pada 48 untuk membatalkan perkalian ini? (Tuliskan hasil akhirnya).
 $48 : 3 = 16$
- 4 Jadi, berapa banyak kotak pagar yang dapat dibuat Pak Irwan dari 49 lidi?
 16 Kotak Pagar !!

Gambar 6. Sampel Jawaban Fase 3 Kelompok 5 pada Tahap Analisis Invers yang Menunjukkan Keberhasilan Formalisasi dan Prosedur Aljabar.

Representasi konkret dari kematangan abstraksi tersebut tercermin pada hasil kerja peserta didik dalam menyelesaikan Fase 3 (Analisis Invers). Berdasarkan bukti pada Gambar 6, peserta didik mampu mentransformasikan aturan mesin menjadi persamaan linear satu variabel dan mengeksekusi operasi invers untuk menemukan solusi dari permasalahan kontekstual "Proyek Pagar Dekoratif Lidi". Kemampuan peserta didik dalam mengidentifikasi bahwa "menjalankan mesin mundur" berarti membalikkan operasi penjumlahan menjadi pengurangan ($49 - 1 = 48$) serta perkalian menjadi pembagian ($48 : 3 = 16$) mengonfirmasi bahwa hambatan epistemologis pada konsep dasar aljabar telah teratasi melalui bantuan visual alur mesin.

Lebih lanjut, keberhasilan mekanis ini secara simultan mereduksi hambatan ontogenik psikologis yang sebelumnya memicu kecemasan antisipatif dan kelompokan berpikir (*cognitive freezing*) pada peserta didik. Teratasinya hambatan ontogenik ini ditandai dengan hilangnya perilaku menarik diri (*avoidance behavior*) dan tumbuhnya kesiapan mental subjek untuk

mengeksekusi prosedur abstrak secara tenang, meskipun di bawah tekanan keterbatasan waktu. Keberhasilan transisi dari domain aritmetika menuju representasi aljabar formal ini membuktikan bahwa intervensi melalui *Function Machine* mampu memitigasi kecemasan matematis sekaligus mengonstruksi kepercayaan diri subjek dalam melakukan pemodelan simbolik di dalam sebuah ekosistem pembelajaran rendah tekanan (*low-stress environment*).

Melalui refleksi kritis pada fase terminasi pembelajaran, peneliti menyimpulkan bahwa reorientasi peran pendidik sebagai fasilitator afektif sekaligus pemandu taktis memegang peranan krusial dalam keberhasilan implementasi desain ini. Dekonstruksi instruksional yang meminimalisasi tuntutan formalitas linguistik pada tahapan awal terbukti efektif mengikis dinding pertahanan psikologis peserta didik yang umumnya cenderung kaku. Secara menyeluruh, hasil analisis metapedadidaktis ini membuktikan bahwa lintasan belajar aktual (*Actual Learning Trajectory*) peserta didik pada tingkat madrasah tsanawiyah secara konsisten bergerak beriringan dengan konjektur teoritis yang telah diprediksikan dalam HLT, yang sekaligus menandai kesiapan subjek riset untuk memasuki tahapan evaluasi retrospektif.

3.3 Analisis Retrospektif dan Rekomendasi Revisi Desain

Analisis retrospektif dalam penelitian ini dilakukan dengan menyintesis konjektur pada desain didaktis awal (*Hypothetical Learning Trajectory*) terhadap realitas metapedadidaktik yang teramati selama proses intervensi di lapangan. Fokus utama tahapan ini bukan sekedar mengevaluasi capaian kognitif, melainkan membedah sejauh mana implementasi media *Function Machine* mampu memitigasi hambatan ontogenik-afektif berupa kecemasan matematis (*mathematics anxiety*) yang selama ini menjadi dinding penghalang peserta didik dalam memahami abstraksi aljabar. Landasan teoretis analisis ini merujuk pada *Theory of Didactical Situations* (TDS), guna melihat bagaimana ekosistem belajar yang rendah tekanan (*low-stress environment*) berhasil merekonstruksi kondisi psikologis subjek (Brousseau, 2002).

a. Analisis Pergeseran Afektif dan Reduksi Kecemasan Matematis

Kontribusi desain didaktis terhadap kondisi psikologis peserta didik, dianalisis perubahan melalui triangulasi indikator kecemasan sebelum dan setelah proses intervensi. Dinamika transisi beban psikologis subjek focus tersebut disajikan pada Tabel 2.

Table 2. Matriks Deskriptif Pergeseran Indikator Afektif Subjek Fokus Pasca-Intervensi

Subjek	Kategori Awal	Gejala Dominan (Sebelum DDR)	Dinamika Respons Aktual (Sesudah DDR)	Kategori Akhir
S-01	Tinggi	<i>Cognitive freezing</i> , pasif, ketegangan motorik, dan cemas berlebih pada formalisasi rumus.	Kecemasan interaktif kelas menurun; motorik lebih rileks; konsentrasi membaik; gejala somatik mulai terkendali.	Rendah
S-02	Tinggi	Perilaku menghindar (<i>avoidance</i>), rasa takut dinilai/salah (<i>distres evaluative</i>), dan ketegangan fisik (somatik) yang kuat.	Rasa percaya diri mengalami eskalasi radikal; tubuh sangat rileks; konsentrasi dan pengambilan keputusan optimal.	Rendah
S-03	Sedang	Ketegangan emosional kondisional dan ambivalensi konseptual (ragu-ragu).	Dimensi <i>mood</i> dan motorik cenderung stabil (konstan); kapasitas pengambilan keputusan kognitif meningkat baik.	Sedang
S-04	Sedang	Disorganisasi motorik, ketergesaan fisik, dan reaktivitas fisik temporer.	Mengalami tekanan akibat keterbatasan waktu (<i>time constraint</i>); ketegangan fisik muncul kembali; fokus kognitif terinterupsi di fase akhir.	Sedang
S-05	Rendah	Emosi stabil-matang, kontrol gerakan teratur, dan sistem saraf otonom rileks.	Ketahanan terhadap tekanan emosional sangat baik; kontrol Gerakan teratur; fokus kognitif dan kenyamanan somatik sangat prima.	Rendah
S-06	Rendah	Percaya diri tinggi, adaptif terhadap instruksi non-konvensional.	Ketenangan emosional menguat; kontrol kinestetik sangat baik; fokus atensi dan regulasi diri berada pada level tertinggi.	Rendah

Data kualitatif pada Tabel 2 menunjukkan perubahan respons afektif yang bervariasi sesuai kemampuan awal subjek. Perubahan paling baik terlihat pada subjek ber-kecemasan awal tinggi (S-01 dan S-02), yang ditandai dengan berkurangnya ketegangan fisik (somatik-motorik), meningkatnya kepercayaan diri, serta hilangnya kebuntuan berpikir (*cognitive freezing*). Sebaliknya, *unexpected response* muncul pada subjek ber-kecemasan sedang (S-04), yang kembali yang kembali mengalami ketegangan akibat keterbatasan waktu (*time constraint*) di akhir sesi. Temuan menjadi dasar penting untuk merevisi waktu pengerjaan pada LKPD, guna menjaga rasa aman psikologis (*psychological safety*) peserta didik. Sementara itu, subjek ber-kecemasan rendah (S-05 dan S-06), konsisten menunjukkan kondisi emosional yang stabil dan antusias. Perubahan respons afektif positif berupa meredanya kecemasan ini tampak beriringan dengan berkembangnya pemahaman konsep aljabar peserta didik. Meredanya tekanan emosional membuka kembali akses kognitif peserta didik dari kondisi *cognitive freezing*, yang secara empiris terrefleksi dari capaian rata-rata nilai kognitif subjek fokus yang mengalami peningkatan (*gain*) sebesar 11,87 poin (tumbuh 19,78% dibandingkan nilai *pre-test*).

Integrasi data wawancara mendalam bersama peserta didik dan guru mitra semakin memperkuat bukti keberhasilan intervensi didaktis ini. Alur permainan *Function Machine* bertema "detektif angka" berbasis Input-Proses-Output terbukti mampu mendongkrak keterlibatan belajar (*learning engagement*) serta mengurangi kecemasan peserta didik terhadap simbol aljabar, sebagaimana diungkapkan oleh salah satu peserta didik:

Awalnya agak susah karena belum pernah belajar gini, tapi lama-lama jadi paham dan sangat membantu pas tau dan sadar kalau ternyata nilai input (x) dan output (y) itu dekat sama kehidupan sehari-hari... Tetap agak menakutkan, tapi karena sambil main game jadi enggak sebebegitu menakutkan lagi (S-01).

Dampak positif ini juga terkonfirmasi melalui pengamatan profesional guru mitra mata pelajaran matematika. Guru menilai bahwa penggunaan media ini berhasil mengubah dinamika kelas secara signifikan dari pasif menjadi lebih interaktif, sekaligus menjembatani transisi berpikir peserta didik dari aritmetika menuju aljabar formal:

Peserta didik jadi hampir semua aktif dan banyak yang bisa lancar menjawab soal pada LKPD. Pada penerapan, peserta didik tidak banyak bertanya lagi tentang simbol karena sudah mulai memahami dan lebih akrab... Banyak peserta didik yang merasa bahwa matematika jadi tidak semenakutkan biasanya (Guru Mitra).

Dari hasil konfirmasi tersebut, diketahui bahwa alur *Function Machine* "detektif angka" berbasis '*Input-Proses-Output*' terbukti mampu mendongkrak keterlibatan belajar (*learning engagement*) serta menjembatani pemahaman simbolik x dan y . Hal ini membuat rasa takut mereka terhadap simbol-simbol matematika menjadi berkurang. Guru mitra mengonfirmasi adanya perubahan perilaku kelas yang signifikan, di mana peserta didik yang semula pasif menjadi lebih berani mencoba dan bertanya tanpa rasa takut salah. Kondisi ini mengindikasikan terciptanya lingkungan belajar minim tekanan (*low-stress environment*), sebagaimana terrefleksi dari penuturan peserta didik yang merasa tersuportir untuk tidak takut salah ("...ibu banyak nasihatkan kami untuk jangan takut ngejawab") serta persepsi kecemasan yang mereda ("...karena sambil main game jadi enggak sebebegitu menakutkan lagi"). Pembentukan suasana belajar yang aman secara psikologis ini secara langsung menjaga daya tahan belajar (*learning endurance*) peserta didik sehingga mereka tidak mudah menyerah saat mengurai soal aljabar yang rumit, sekaligus memfasilitasi transisi skema berpikir dari aritmetika menuju aljabar formal.

b. Rekomendasi Revisi Desain

Berdasarkan analisis retrospektif, dirumuskan dua rekomendasi penyempurnaan desain didaktis revisi (*revisited design*). Pertama, pada Fase 2 (Memahami Komponen), peserta didik peserta didik berkemampuan sedang masih ragu memisahkan konstanta dan variabel pada soal cerita. Rasa tidak percaya diri ini muncul karena peserta didik bingung memisahkan mana angka yang dipengaruhi variabel x dan mana yang berdiri sendiri. Rekomendasi perbaikan dilakukan dengan memperkuat narasi LKPD melalui contoh konkret perbandingan 'biaya tetap' dan 'biaya variabel' pada proyek pagar lidi. Kedua, pada Fase 3 (Analisis Invers), peserta didik mengalami kecemasan prosedural saat mentransformasikan perkalian berulang menjadi simbol aljabar formal (misal: '*input* dikali 3' menjadi $3x$). Berbeda dengan operasi penjumlahan yang lebih mudah dipahami secara santai, hubungan perkalian cenderung memicu kebingungan psikologis dan menurunkan rasa percaya diri peserta didik saat harus melakukan pemodelan simbolik.

Revisi dilakukan dengan memperkuat visualisasi alur mundur pada media *Function Machine* untuk mempermudah pemodelan simbolik secara bertahap. Dengan adanya

perbaikan pada beberapa fase tersebut, diharapkan desain pembelajaran aljabar awal ini dapat berkembang menjadi desain empiris yang ramah terhadap tingkat kecemasan peserta didik (*low-stress environment*) serta dapat diterapkan secara berkelanjutan oleh para pendidik di masa depan. Penyempurnaan berbasis masalah kontekstual ini sejalan dengan Aiyub et al. (2024) yang menegaskan pentingnya mengawali pembelajaran aljabar dari masalah nyata sebelum masuk ke bentuk simbolis formal.

4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil implementasi dan analisis retrospektif yang telah dilakukan, penelitian ini menjawab kedua tujuan yang dirumuskan. Pertama, menjawab rumusan masalah mengenai desain didaktis yang dapat mengurangi kecemasan matematis peserta didik pada materi aljabar, penelitian ini menghasilkan desain berbasis *Function Machine* berbasis *Theory of Didactical Situations* (TDS) yang disusun dalam tiga fase bergradasi, mengikuti kerangka *Didactical Design Research* (DDR) dan *Theory of Didactical Situations* (TDS): Fase 1 mengajak peserta didik menemukan pola secara induktif melalui aktivitas "Tim Detektif" berbasis aritmetika yang sudah dikuasai; Fase 2 mengurai makna variabel, koefisien, dan konstanta secara kontekstual tanpa tuntutan bahasa formal; dan Fase 3 melatih peserta didik melakukan operasi invers untuk memecahkan persamaan linear satu variabel. Ketiga fase ini secara khusus dirancang untuk mengatasi empat dimensi hambatan ontogenik-afektif yang teridentifikasi di awal penelitian, yaitu *mood*, motorik, kognitif, dan somatik melalui penundaan simbol formal, iklim investigasi kelompok, penahapan visual yang runtut, dan aktivitas manipulatif yang mengalihkan fokus dari kecemasan biologis.

Kedua, menjawab rumusan masalah mengenai kondisi kecemasan matematis peserta didik setelah penerapan desain didaktis, ditemukan bahwa kecemasan matematis peserta didik yang pada tahap awal berada pada kategori sedang ditandai gejala *cognitive freezing*, *avoidance behavior*, dan ketegangan somatik, khususnya pada subjek berkecemasan tinggi yang mengalami pergeseran ke arah yang lebih kondusif setelah intervensi. Subjek dengan kecemasan awal tinggi (S-01 dan S-02) menunjukkan perubahan paling terlihat, yaitu turun ke kategori rendah. Perilaku menarik diri pada kedua subjek ini menghilang, digantikan dengan kepercayaan diri (*self-efficacy*) yang lebih baik dan kondisi fisik yang lebih nyaman saat mengerjakan tugas. Sementara itu, subjek dengan kecemasan sedang menunjukkan perubahan yang naik turun. Salah satu subjek, yaitu S-04, bahkan sempat kembali tegang karena waktu pengerjaan yang terbatas, ini menunjukkan bahwa faktor situasional seperti keterbatasan waktu masih perlu diperhatikan pada desain berikutnya. Secara umum, peserta didik sudah tidak lagi menganggap simbol aljabar sebagai sesuatu yang menakutkan. Hal ini mengindikasikan bahwa iklim pembelajaran yang suportif tampak berkontribusi dalam mereduksi hambatan ontogenik-afektif peserta didik dalam konteks penelitian ini.

Berdasarkan keterbatasan yang ditemukan selama proses intervensi, rekomendasi untuk studi masa mendatang mencakup dua aspek utama. Secara metodologis, diperlukan penyelarasan indikator secara konsisten pada instrumen evaluasi afektif guna menjamin ketepatan perbandingan data psikologis peserta didik secara berkelanjutan. Secara praktis, pengembangan desain didaktis berikutnya perlu memperkuat visualisasi mekanis pada fase pemodelan perkalian variabel, guna memastikan stabilitas emosional peserta didik berkemampuan sedang tetap terjaga dengan baik saat menghadapi peningkatan kompleksitas materi matematika. Penyempurnaan desain empiris ini diharapkan dapat menjadi rujukan bagi para pendidik dalam

menciptakan atmosfer pembelajaran matematika yang lebih manusiawi, inklusif, dan ramah terhadap peserta didik dengan tingkat kecemasan tinggi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyatakan apresiasi setinggi-tingginya kepada Bapak Dr. Aiyub, S.Ag., M.Pd., yang bertindak selaku dosen pembimbing atas curahan ide, arahan strategis, dan evaluasi kritisnya selama perancangan desain didaktis ini. Rasa terima kasih juga penulis haturkan kepada Ibu Khairina, M.Pd., selaku dosen wali, atas motivasi dan pendampingan akademisnya selama masa studi penulis di Universitas Islam Negeri (UIN) Ar-Raniry Banda Aceh. Selain itu, penulis sangat berterima kasih kepada keluarga besar MTsS Darul Ihsan, secara khusus kepada Ibu Nurfadhliah, yang telah memberikan fasilitas serta bimbingan teknis secara langsung selama proses pengumpulan data di lapangan.

Penghormatan dan doa tulus penulis persembahkan untuk almarhum ayahanda Saiful Yahya serta ibunda tercinta, Fithriyani, yang bersama seluruh keluarga besar senantiasa memberikan dukungan emosional, pengorbanan, dan kekuatan spiritual yang menjadi pilar utama penyelesaian karya ini. Terakhir, penulis menyampaikan terima kasih kepada rekan-rekan mahapeserta didik serta seluruh pihak yang terlibat dalam bantuan teknis maupun diskusi kolaboratif hingga riset ini berhasil dituntaskan dengan optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Aiyub, A., Suryadi, D., Fatimah, S., & Kusnandi, K. (2022). Investigation of the Critical Thinking Process in Solving Non-Routine Mathematical Problems. *European Online Journal of Natural and Social Sciences*, 11(4), 1212–1233. <http://www.european-science.com>
- Aiyub, A., Suryadi, D., Fatimah, S., Kusnandi, K., & Abidin, Z. (2024). Investigation of Students' Mathematical Thinking Processes in Solving Non-routine Number Pattern Problems: A Hermeneutics Phenomenological Study. *Mathematics Teaching Research Journal*, 16(1), 54–78.
- Amarulloh, S. I., Setia, G., Firmansyah, D., & Matematika, P. (2024). Profil Kecemasan Matematis Peserta Didik SMA Negeri Ditinjau Berdasarkan Kelas Peminatan di Kota Tasikmalaya. *Jurnal Kongruen*, 3(2), 200–207. <https://jurnal.unsil.ac.id/index.php/kongruen>
- Andriani, A., & Hamimah Hamimah. (2023). Analisis Tingkat Kecemasan Siswa Pada Pembelajaran Matematika Kelas X Di MAS YMPI Tanjungbalai Tahun Pembelajaran 2022/2023. *Student Scientific Creativity Journal (SSCJ)*, 1(3), 28–47.
- Brousseau, G. (2002). Didactical Problems with Decimals. In *Theory of Didactical Situations in Mathematics* (Vol. 19, pp. 149–222). Kluwer Academic Publishers. https://doi.org/10.1007/0-306-47211-2_10
- Carey, E., Hill, F., Devine, A., & Szucs, D. (2017). The modified abbreviated math anxiety scale: A valid and reliable instrument for use with children. *Frontiers in Psychology*, 8. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00011>
- Dina, A. S. (2022). Literature Review: Faktor Kecemasan Matematika Siswa dan Upaya Mengatasinya. *J-PiMat : Jurnal Pendidikan Matematika*, 4(1), 443–450. <https://doi.org/10.31932/j-pimat.v4i1.1595>
- Dowker, A., Sarkar, A., & Looi, C. Y. (2016). Mathematics anxiety: What have we learned in 60 years? *Frontiers in Psychology*, 7(APR), 508. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.00508>
- Etcuban, J. O. (2025). The use of Chat GPT in Addressing Algebra Anxiety and Promoting Confidence. *International Electronic Journal of Mathematics Education*, 20(2). <https://doi.org/10.29333/iejme/16008>
- Eysenck, M. W., Derakshan, N., Santos, R., & Calvo, M. G. (2007). Anxiety and cognitive performance: Attentional control theory. In *Emotion* (Vol. 7, Number 2, pp. 336–353). <https://doi.org/10.1037/1528-3542.7.2.336>

- Fadila, K. (2025). Analisis Kecemasan Matematis Terhadap Kemampuan Mengkonstruksi Pengetahuan Matematika Siswa SMP. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Matematika*, 10(1), 43–55. <https://doi.org/10.26877/jipmat.v10i1.1873>
- Faizah, H., Ria Wantika, R., & Syukron Maftuh, M. (2026). Analisis Kemampuan Representasi Matematis Siswa Melalui Media Interaktif Ditinjau dari Tingkat Kemampuan Matematis. *WAHANA Pedagogika: Jurnal Ilmiah Pendidikan Dan Pembelajaran*, 08(1), 19–34.
- Femy Sasongko, D., & Putri Yuliandani, A. (2026). Pengaruh Kecemasan Matematika Terhadap Hasil Belajar Matematika Ranah Kognitif pada Materi Bentuk Aljabar Siswa Kelas VII. *Galois: Jurnal Penelitian Pendidikan Matematika*, 5(1), 28–39. <http://urj.uin-malang.ac.id/index.php/gjppm>
- Firdausi, S. S., & Shodikin, A. (2025). Emotional Experiences of Junior High School Students In Algebra: A Phenomenological Study of Mathematical Anxiety. *Al Khawarizmi: Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran Matematika*, 9(2), 105–116. <https://jurnal.ar-raniry.ac.id/index.php/alkhawarizmi>
- Gashaj, V., Thaqi, Q., Mast, F. W., & Roebers, C. M. (2023). Foundations for future math achievement: Early numeracy, home learning environment, and the absence of math anxiety. *Trends in Neuroscience and Education*, 33. <https://doi.org/10.1016/j.tine.2023.100217>
- Hadi, S., & Hermawan, A. (2024). Implementasi Media Pembelajaran Interaktif Taktis Meningkatkan Efektivitas Pembelajaran. *Jurnal Simki Pedagogia*, 7(2), 436–447. <https://jiped.org/index.php/JSP>
- Hembree, R. (1990). The Nature, Effects, and Relief of Mathematics Anxiety. *Journal for Research in Mathematics Education*, 21(1), 33–46. <https://doi.org/10.5951/jresmetheduc.21.1.0033>
- Hidayani, N. (2012). *Bentuk Aljabar* (T. NP, Ed.). PT Balai Pustaka (Persero).
- Isfayani, E. (2023). *Analisis Kesulitan Belajar Matematika Materi Bentuk Aljabar Pada Siswa SMP Kelas VII* (Vol. 3, Number 1).
- Klee-Schramm, I., Peters, A., & Rott, B. (2026). Algebra Education for Secondary Students with Difficulties: A Review of the Literature From 2019 to 2023. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 24(5), 55. <https://doi.org/10.1007/s10763-026-10676-w>
- Kristanto, M. V. A., & Wahyudi, M. N. A. (2024). Edutainment: Strategi Mencegah Persepsi Menakutkan Pada Pembelajaran Matematika Sejak Dini (Sebuah Kajian Pustaka). *Indonesian Journal of Learning and Instructional Innovation*, 2(1), 52–60. <https://doi.org/https://doi.org/10.20961/ijolii.v2i01.1615>
- Lestari, D. E., & Suryadi, D. D. (2020). Analisis Kesulitan Operasi Hitung Bentuk Aljabar. *Journal for Research in Mathematics Learning* p, 3(3), 247–258.
- Lestari, K. E., & Y. M. R. (2017). *Penelitian Pendidikan Matematika* (Anna, Ed.; 2nd ed.). PT Refika Aditama.
- Mammarella, I. C., Donolato, E., Caviola, S., & Giofrè, D. (2018). Anxiety profiles and protective factors: A latent profile analysis in children. *Personality and Individual Differences*, 124, 201–208. <https://doi.org/10.1016/j.paid.2017.12.017>
- Mawardini, I. D., & Ningsih, S. S. (2022). Pembelajaran Matematika Kelas IV Madrasah Ibtidaiyah Masa Pandemi Covid – 19. *Jurnal Basicedu*, 6(2), 2681–2686. <https://doi.org/10.31004/basicedu.v6i2.2426>
- Meika, I., Suciwati Sartika, N., & Sujana, A. (2025). Desain E-Didaktis Aljabar untuk Mengatasi Learning Obstacle Siswa MTs. *SJME (Supremum Journal of Mathematics Education)*, 09(01), 103–115.
- Muthia, S. (2014). Penerapan Model Pembelajaran Langsung Berbantuan Alat Peraga Mesin Fungsi untuk Meningkatkan Pemahaman Siswa Kelas XI IPA Pada Materi Komposisi Dua Fungsi di SMAN 3 Palu. *Jurnal Elektronik Pendidikan Matematika Tadulako*, 1(2), 225.
- Namkung, J. M., Peng, P., & Lin, X. (2019). The Relation Between Mathematics Anxiety and Mathematics Performance Among School-Aged Students: A Meta-Analysis. *Review of Educational Research*, 89(3), 459–496. <https://doi.org/10.3102/0034654319843494>

- Nuraeni, R., & Rahman Munandar, D. (2023). Analisis Kecemasan Matematis Siswa SMP Terhadap Hasil Belajar Matematika. *Jurnal Didactical Mathematics*, 5(2), 361–368. <https://ejournal.unma.ac.id/index.php/dm>
- Oktovia, D., & Kamilah, W. N. (2025). Analisis Kesulitan Belajar Siswa Sma Pada Materi Aljabar Dalam Matematika. *JRMST/ Jurnal Riset Matematika Dan Sains Terapan*, 5(1), 9–15.
- Palayukan, H., Toding Lembang, S., & Boro Tondok, S. (2023). Analisis Kecemasan Siswa Kelas VII SMP Kristen dalam Belajar Matematika. *Prosiding Universitas Kristen Indonesia Toraja*, 174–180.
- Paskah, H. F., Sagala, H. Y., Sitorus, S., Sarah, M., Purba, P., Cricencia, H., & Pasaribu, A. (2025). Teori Situasi Didaktis dalam Pembelajaran Struktur Aljabar: Upaya Pemahaman Bermakna. *As-Salam: Journal Islamic Social Sciences and Humanities*, 3(1), 135–147. <https://ejournal.as-salam.org/index.php/assalam>
- Putri, B. B. A., Muslim, A., & Bintaro, T. Y. (2019). Analisis Faktor Rendahnya Minat Belajar Matematika Siswa Kelas V Di Sd Negeri 4 Gumiwang. *Jurnal Educatio FKIP UNMA*, 5(2), 68–74. <https://doi.org/10.31949/educatio.v5i2.14>
- Rahmaini, N., & Chandra, S. O. (2024). Pentingnya Berpikir Kritis Dalam Pembelajaran Matematika. *Maret 2024 Journal of Mathematics Education and Application*, 4(1). <https://mathjournal.unram.ac.id/index.php/Griya/indexGriya>
- Ratnaningsih, N., Astuti, W., & Prabawati, M. N. (2025). Desain Didaktis untuk Mengatasi Learning Obstacle pada Materi Garis dan Sudut. *Afore: Jurnal Pendidikan Matematika*, 4(2), 39–50.
- Ria, A. M., Lusiana, L., & Fuadiah, N. F. (2023). Desain Didaktis Materi Limit Fungsi Aljabar pada Pembelajaran Matematika SMA. *Jurnal Cendekia : Jurnal Pendidikan Matematika*, 7(1), 862–873. <https://doi.org/10.31004/cendekia.v7i1.2189>
- Sea, E. A., Leton, S. I., & Suni, B. (2025). Analisis Kesulitan Matematika Materi Bentuk Aljabar Kelas VII Di SMP Katolik St. Agustinus Adisucipto Kupang. *Jurnal Ilmiah Matematika (JIMAT)*, 6(2), 843–852. <https://doi.org/10.63976/jimat.v6i2.1174>
- Shimizu, Y. (2025). Learning engagement as moderator between self-efficacy, math anxiety, use of diagrams, and complex plane problem-solving. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 21(2). <https://doi.org/10.29333/EJMSTE/15956>
- Simon, M. A. (1995). Reconstructing Mathematics Pedagogy from a Constructivist Perspective. *Journal for Research in Mathematics Education*, 26(2), 114–145.
- Siswanto, E. (2024). Kemampuan Pemecahan Masalah pada Pembelajaran Matematika: Systematic Literature Review. *Jurnal Riset Pembelajaran Matematika Sekolah*, 8.
- Sunarsih, S., Judijanto, L., Haryono, P., Suwandi, W., Aktar, S., & Rusli, R. (2025). *Psikologi Pendidikan: Teori dan Penerapan pada Praktik Pengajaran* (E. Riandt, Ed.; Cetakan Pertama). PT. Green Pustaka Indonesia.
- Suparman, S., Juandi, D., & Turmudi, T. (2024). Islamic Students' Achievement Emotions in Attending Algebra Class: Differences of Gender, Algebraic Content, Teaching Method, and Teacher Knowledge. *Islamic Guidance and Counseling Journal*, 7(2). <https://doi.org/10.25217/0020247500400>
- Suryadi, D. (2013). *Didactical Design Research (DDR) dalam Pengembangan Pembelajaran Matematika*. 1, 12.
- Suryadi, D. (2013). Didactical Design Research (DDR) to Improve the Teaching of Mathematics. *Far East Journal of Mathematical Education*, 10(1), 91–107. <https://doi.org/10.17654/0973563113006>
- Suryadi, D. (2016). *Monograf Didactical Design Research (DDR)*. v–156.
- Suryadi, D. (2019). *Penelitian Desain Didaktis (DDR) dan Implementasinya*. 1–122.
- Syafti, O., Rahman, A., Nisa, K., Murni Adel, A., Shafira Maharani, D., & Pesisir Selatan, S. (2026). Pengaruh Kecemasan Matematika Terhadap Hasil Belajar Matematika Siswa pada Materi Aljabar di Sekolah Menengah Pertama Kabupaten Pesisir Selatan. *Urnal Kepemimpinan Dan Pengurusan Sekolah*, 11(3), 1807–1815. <https://doi.org/10.34125/jkps.v11i3.2599>

- Wakhata, R., Balimuttajjo, S., & Mutarutinya, V. (2023). *Building on Students' Prior Mathematical Thinking: Exploring Students' Reasoning Interpretation of Preconceptions in Learning Mathematics* (Vol. 15, Number 1).
- Yahya, Amran. (2022). Kecemasan Matematika terhadap Kemampuan Pemecahan Masalah Matematika Siswa Kelas XI. *Plusminus: Jurnal Pendidikan Matematika*, 2(3), 471–482. <https://doi.org/10.31980/plusminus.v2i3.1908>
- Yani, N. K. N. (2022). *Pengaruh Kecemasan Matematika Terhadap Kemampuan Pemecahan Masalah Matematis Siswa (Studi pada Siswa Kelas VII SMP Negeri 1 Seputih Raman Semester Ganjil Tahun Pelajaran 2021/2022)*. <http://digilib.unila.ac.id/id/eprint/57871>
- Yanti, N. F., & Syafri, F. S. (2026). Deskripsi Kecemasan Matematis dan Dampaknya pada Kemampuan Pemahaman Konsep Aljabar Siswa SMP Negeri 11 Bengkulu Tengah. *PHI: Jurnal Pendidikan Matematika*, 10(1), 99. <https://doi.org/10.33087/phi.v10i1.601>
- Yulianto, R., Noeruddin, A., & Hidayat, T. (2025). Analisis Kesulitan Belajar Matematika Bentuk Aljabar pada Siswa Kelas VII SMP. *In Prosiding Seminar Nasional Pendidikan FPMIPA*, 3(1), 287–294.

