



## Reorientasi capaian pembelajaran matematika Fase E berbasis kompetensi ESD

Intan Wahyuna<sup>1\*</sup>, Nurcholif Diah Sri Lestari<sup>2</sup>, Rahmadina Dwi Orissa<sup>1</sup>, Devid Rezqi Firmansyah<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Mahasiswa Pendidikan Matematika, FKIP, Universitas Jember, Jember

<sup>2</sup> Pendidikan Matematika, FKIP, Universitas Jember, Jember

\*intanwahyuna117@gmail.com

### Abstract

This study aims to analyze and reorient the Mathematics Learning Outcomes (*Capaian Pembelajaran/CP*) of Phase E to align with eight key competencies of Education for Sustainable Development (ESD). Using a modified Krippendorff's content analysis model with three stages, unitizing, coding, and reorienting, supported by a survey of high school students' perceptions in East Java, the study found that current Mathematics CPs remain largely conceptual-procedural and lack explicit sustainability integration. Nevertheless, each domain shows reorientation potential: Number through contexts of energy efficiency and sustainable resource use; Algebra and Functions through mathematical modeling of sustainability issues such as population growth and carbon emissions; Geometry through environmentally responsive spatial design; and Data and Probability through data literacy and ethical reasoning using environmental data. Survey findings indicate students' strong cognitive and affective readiness for contextual and sustainability-oriented mathematics learning. Overall, the study highlights the need to shift mathematics education from learning about sustainability toward learning as and for sustainability, positioning mathematics as a tool for systemic, reflective, and ethical reasoning in addressing real-world sustainability challenges.

**Keywords:** learning outcomes reorientation; sustainable mathematics education; ESD; sustainability competencies; Merdeka Curriculum.

### Abstrak

Penelitian ini bertujuan menganalisis dan merumuskan reorientasi Capaian Pembelajaran (CP) Matematika Fase E agar selaras dengan delapan kompetensi kunci *Education for Sustainable Development* (ESD). Penelitian ini menggunakan pendekatan *content analysis model* Krippendorff yang dimodifikasi dengan tiga tahap utama, yaitu unitisasi, kategorisasi, dan inferensi atau reorientasi, serta didukung oleh survei persepsi siswa sekolah menengah di Jawa Timur. Hasil analisis dokumen menunjukkan bahwa CP Matematika Fase E masih berorientasi pada kompetensi konseptual-prosedural dan belum mengartikulasikan nilai keberlanjutan secara eksplisit. Namun demikian, setiap domain matematika menunjukkan potensi reorientasi yang berbeda. Domain Bilangan melalui konteks efisiensi energi dan penggunaan sumber daya berkelanjutan; Aljabar dan Fungsi melalui pemodelan matematis isu keberlanjutan seperti pertumbuhan populasi dan emisi karbon; Geometri melalui analisis desain ruang atau struktur ramah lingkungan; serta Analisis Data dan Peluang melalui *data literacy* dan *ethical reasoning* melalui interpretasi reflektif terhadap data sosial-lingkungan. Hasil survei menunjukkan bahwa siswa memiliki kesiapan kognitif dan afektif yang tinggi terhadap pembelajaran matematika yang kontekstual dan berorientasi keberlanjutan. Secara keseluruhan, penelitian ini menegaskan

perlunya pergeseran paradigma pembelajaran matematika dari sekadar *learning about sustainability* menuju *learning as and for sustainability*, di mana matematika diposisikan sebagai sarana berpikir sistemik, reflektif, dan etis untuk memahami serta merespons tantangan global secara berkelanjutan.

**Kata Kunci:** reorientasi capaian pembelajaran; pendidikan matematika berkelanjutan; *Education for Sustainable Development*; kompetensi keberlanjutan; Kurikulum Merdeka.

## 1. PENDAHULUAN

Pendidikan memainkan peran yang sangat penting dalam membentuk pemahaman individu terhadap tantangan global dan menumbuhkan praktik-praktik yang berkelanjutan (Malik, 2024). Tantangan tersebut tercermin dari munculnya berbagai isu seperti perubahan iklim, menipisnya sumber daya alam, dan ketimpangan sosial yang menuntut kesiapan individu untuk beradaptasi secara bijak. Pendidikan berfungsi sebagai sarana strategis untuk membekali peserta didik dengan pengetahuan, keterampilan berpikir kritis, dan nilai-nilai etika guna menghadapi kompleksitas permasalahan global secara efektif (Pascual, 2025). Konsep *Education for Sustainable Development* (ESD) kemudian menjadi kerangka yang mengarahkan pendidikan agar mampu menumbuhkan generasi yang sadar lingkungan, adil secara sosial, dan bijak dalam mengambil keputusan berbasis keberlanjutan.

Secara ontologis, matematika dipandang sebagai sistem aktivitas yang melibatkan proses konseptual, simbolik, dan sosial dalam memahami serta mengonstruksi pengetahuan (Godino, dkk., 2024). Pandangan ini dalam konteks pendidikan menunjukkan bahwa matematika tidak hanya berfungsi sebagai alat perhitungan, tetapi juga sebagai sarana untuk membentuk kemampuan berpikir sistematis dan reflektif dalam memecahkan berbagai persoalan kehidupan, serta pengambilan keputusan berbasis data. Melalui kegiatan seperti analisis data, pemodelan matematis, dan penalaran logis, siswa dapat belajar memahami keterkaitan antarfenomena dalam kehidupan nyata, termasuk isu-isu seperti konsumsi energi, perubahan iklim, dan distribusi sumber daya. Aktivitas tersebut menumbuhkan literasi keberlanjutan dan kemampuan berpikir kritis terhadap isu global (Vásquez, dkk., 2023; Helliwell & Ng, 2022; Kurniati, dkk., 2024). Dengan demikian, pembelajaran matematika berpotensi untuk menginternalisasi nilai-nilai keberlanjutan apabila dirancang secara kontekstual, bermakna, dan relevan dengan kehidupan siswa.

Berbagai studi nasional dan internasional telah menyoroti potensi matematika sebagai media untuk mengembangkan *sustainable competencies*. UNESCO (2017) mengidentifikasi delapan kompetensi kunci untuk ESD, yaitu: (1) *systems thinking competence*, (2) *anticipatory competence*, (3) *normative competence*, (4) *strategic competence*, (5) *collaboration competence*, (6) *critical thinking competence*, (7) *self-awareness competence*, dan (8) *integrated problem-solving competence*, yang dapat dikembangkan melalui semua disiplin ilmu termasuk matematika. Secara global, sekitar

40% negara anggota UNESCO melaporkan bahwa keberhasilan terbesar mereka selama *Decade of Education for Sustainable Development* (DESD) adalah mengintegrasikan ESD ke dalam kurikulum formal, sebagaimana dilakukan di Finland, Togo, Mauritius, Jerman, dan Kanada (UNESCO, 2014a). Namun, integrasi prinsip keberlanjutan dalam pembelajaran matematika di Indonesia saat ini masih terbatas pada inisiatif guru dan belum termuat eksplisit dalam kurikulum nasional (Lestari, dkk., 2024). Temuan ini menegaskan perlunya pendekatan kurikulum yang sistematis untuk mengembangkan kompetensi keberlanjutan secara eksplisit, sekaligus menghormati ontologi matematika sebagai ilmu formal yang menekankan fakta, konsep, prosedur, dan praktik.

Meskipun arah kebijakan pendidikan nasional melalui Kurikulum Merdeka 2025 telah menekankan pembelajaran yang fleksibel, kontekstual, dan berpusat pada peserta didik dengan berorientasi pada Profil Pelajar Pancasila (Kemdikdasmen, 2025), hasil telaah terhadap dokumen Capaian Pembelajaran (CP) menunjukkan bahwa kompetensi keberlanjutan belum terintegrasi secara eksplisit dalam mata pelajaran Matematika. Istilah “*sustainable*” atau “berkelanjutan” hanya ditemukan secara terbatas pada CP mata pelajaran seperti Ilmu Pengetahuan Sosial (IPAS) Fase D, Geografi, Prakarya, dan mata pelajaran penjurusan yang ada di jenjang SMK, sedangkan pada CP Matematika belum terdapat indikator yang secara langsung mengarah pada pengembangan *sustainable competencies*. Hal ini menunjukkan perlunya penguatan arah capaian pembelajaran matematika agar tidak hanya berfokus pada penguasaan konseptual-prosedural, tetapi juga mendukung pengembangan kompetensi keberlanjutan yang relevan dengan tuntutan abad ke-21 dan tujuan ESD.

Urgensi reorientasi Capaian Pembelajaran (CP) Matematika muncul dari kebutuhan untuk memperkuat arah pengembangan kompetensi agar selaras dengan nilai-nilai keberlanjutan. Pendidikan memiliki tugas penting untuk mengarahkan kembali (*reoriented*) peserta didik pada realitas lingkungan yang dihadapkan saat ini, dan realitas yang belum dapat diprediksi (UNESCO, 2020). Reorientasi dalam konteks ini dimaknai sebagai proses penyusunan ulang arah dan substansi capaian pembelajaran sehingga tidak hanya menekankan kecakapan matematis formal, tetapi juga menumbuhkan kompetensi keberlanjutan. Melalui reorientasi ini, pembelajaran matematika diharapkan tidak cukup hanya menekankan *learning about sustainability*, tetapi berkontribusi terhadap *learning as and for sustainability*, yaitu pemanfaatan pengetahuan matematis untuk memahami, merefleksikan, dan bertindak atas isu keberlanjutan yang kompleks.

Urgensi tersebut menjadi semakin relevan ketika ditinjau pada jenjang pendidikan menengah atas, khususnya Fase E (kelas X SMA se-derajat), karena fase ini merupakan masa transisi dari berpikir konkret menuju berpikir formal-abstrak, ketika kemampuan analitis dan reflektif siswa mulai berkembang. Berdasarkan dokumen Capaian Pembelajaran Matematika (Kemdikdasmen, 2025), fase ini menuntut penguasaan

konsep yang lebih abstrak dan aplikatif seperti fungsi kuadrat, trigonometri, serta analisis data, yang berpotensi dikontekstualisasikan dengan isu keberlanjutan, misalnya efisiensi energi dan emisi karbon. Selain itu, deskripsi dimensi kompetensi antarjenjang dalam dokumen struktur kurikulum menunjukkan bahwa pada tingkat SMA se-derajat, peserta didik diharapkan mencapai kedewasaan berpikir, mampu mengambil keputusan berbasis bukti, serta memiliki tanggung jawab sosial yang lebih luas. Karakteristik ini sejalan dengan prinsip *Education for Sustainable Development* (ESD) yang menekankan literasi data, berpikir sistem, dan refleksi etis terhadap isu keberlanjutan.

Namun demikian, hingga saat ini belum terdapat kajian yang secara sistematis menganalisis dan memetakan keterkaitan antara Capaian Pembelajaran (CP) Matematika Fase E dengan delapan kompetensi kunci ESD sebagaimana dirumuskan UNESCO (2017). Kajian-kajian sebelumnya umumnya berfokus pada pengembangan bahan ajar atau praktik pembelajaran berbasis ESD di tingkat implementasi kelas, sementara analisis pada level kebijakan kurikulum, khususnya pada rumusan CP Matematika, masih sangat terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini mengisi celah tersebut dengan menganalisis secara eksplisit potensi reorientasi CP Matematika Fase E menuju pengembangan kompetensi keberlanjutan berbasis kerangka ESD.

Berdasarkan hal tersebut, artikel ini bertujuan untuk menganalisis dan merumuskan arah reorientasi Capaian Pembelajaran Matematika Fase E agar sejalan dengan kompetensi keberlanjutan (ESD). Hasil kajian ini diharapkan dapat memberikan dasar konseptual dan praktis bagi pengembangan kurikulum matematika yang tidak hanya menekankan capaian akademik, tetapi juga membentuk peserta didik yang berpikir sistematis, reflektif, dan berkomitmen terhadap keberlanjutan kehidupan.

## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif deskriptif dengan desain *content analysis* (analisis isi dokumen). Desain ini dipilih karena sesuai untuk menelaah, menginterpretasi, dan merekonstruksi makna yang terkandung dalam dokumen kebijakan kurikulum secara sistematis (Bowen, 2009; Krippendorff, 2019). Fokus penelitian ini adalah menganalisis serta mereorientasi arah kompetensi dalam Capaian Pembelajaran (CP) Matematika Fase E agar selaras dengan kompetensi kunci ESD sebagaimana dirumuskan UNESCO (2017).

Sumber utama penelitian berupa dokumen resmi salinan Surat Keputusan Kepala Badan Standar, Kurikulum, dan Asesmen Pendidikan, Kementerian Pendidikan Dasar dan Menengah Nomor 046/H/KR/2025 tentang Capaian Pembelajaran pada Pendidikan Anak Usia Dini, Jenjang Pendidikan Dasar dan Jenjang Pendidikan Menengah. Selain itu, digunakan *Framework ESD: Learning Objectives* yang dipublikasikan UNESCO pada tahun 2017 sebagai kerangka analisis kompetensi keberlanjutan. Sebagai data pendukung, penelitian ini menggunakan survei deskriptif terhadap 50 siswa dari

berbagai sekolah menengah di Jawa Timur untuk memperoleh gambaran empiris mengenai persepsi siswa terhadap relevansi pembelajaran matematika dengan isu keberlanjutan sebagai konfirmasi kontekstual terhadap hasil analisis dokumen. Pendekatan ini sesuai dengan pandangan Creswell (2014), bahwa penggabungan berbagai sumber data dapat memperkaya pemahaman fenomena melalui triangulasi dan konfirmasi konteks empiris.

Data dikumpulkan melalui dua teknik utama, yaitu (1) Studi dokumenter terhadap CP dalam Surat Keputusan BSKAP Nomor 046/H/KR/2025, yang dilakukan dengan membaca, menyeleksi, dan menandai unit-unit makna (*meaning units*) yang relevan dengan indikator kompetensi kunci keberlanjutan dalam *framework Learning Objectives* UNESCO (2017). (2) Survei daring deskriptif menggunakan angket *Google Form* yang berisi pertanyaan terbuka dan tertutup untuk mengetahui pandangan siswa tentang hubungan antara pembelajaran matematika dan isu keberlanjutan.

Analisis data dilakukan dengan model *content analysis* menurut Krippendorff (2019) yang dimodifikasi melalui tiga tahap utama, yaitu unitisasi (*unitizing*), kategorisasi (*coding*), serta inferensi dan reorientasi.

Unitisasi (*unitizing*) dilakukan dengan menetapkan unit analisis sebagai setiap klausa atau kalimat deklaratif tunggal dalam rumusan Capaian Pembelajaran (CP) Matematika Fase E yang secara eksplisit atau implisit menyatakan hasil belajar yang diharapkan dari peserta didik. Pendekatan ini menggunakan konsep *meaning units*, yaitu unit makna yang merepresentasikan satu ide atau kompetensi utama. Penetapan unit analisis pada tingkat klausa/kalimat dipilih karena satu pernyataan CP yang kompleks memuat lebih dari satu potensi kompetensi, misalnya aspek prosedural matematis dan aspek aplikasi atau refleksi kontekstual. Dengan demikian, pemecahan CP ke dalam unit makna memungkinkan pemetaan kompetensi ESD dilakukan secara lebih presisi dan tidak reduktif.

Kategorisasi (*coding*) dilakukan dengan memetakan setiap unit analisis ke dalam satu atau lebih dari delapan kompetensi kunci keberlanjutan (*key competencies for sustainability*) sebagaimana dirumuskan oleh UNESCO (2017). Proses coding didasarkan pada rubrik coding operasional yang dikembangkan dari dimensi konseptual masing-masing kompetensi ESD. Rubrik coding operasional yang digunakan untuk menghubungkan rumusan CP Matematika dengan kompetensi ESD disajikan pada Tabel 1, dan berfungsi sebagai pedoman eksplisit untuk memastikan proses kategorisasi dilakukan secara sistematis, transparan, dan dapat direplikasi.

**Tabel 1.** Rubrik Koding Operasional Kompetensi Kunci ESD (UNESCO, 2017)

No	Kompetensi Kunci ESD	Dimensi Konseptual	Indikator Koding Operasional
1	<i>Systems Thinking</i>	Holistik, interkoneksi	Klausa yang merujuk pada analisis hubungan sebab-akibat, keterkaitan antarvariabel, atau pemodelan sistem yang melibatkan lebih dari satu domain (sosial, ekonomi, lingkungan).
2	<i>Anticipatory</i>	Proyeksi, skenario masa depan	Klausa yang menuntut prediksi, estimasi, atau evaluasi konsekuensi jangka panjang berdasarkan model atau data matematis.
3	<i>Normative</i>	Nilai, etika, keadilan	Klausa yang mengandung pertimbangan nilai, keadilan sosial, atau implikasi etis dari hasil analisis matematis.
4	<i>Strategic</i>	Intervensi, aksi	Klausa yang mengarah pada perancangan solusi, strategi, atau rekomendasi berbasis perhitungan atau pemodelan matematis.
5	<i>Collaboration</i>	Kerja sama, empati	Klausa yang menekankan pemecahan masalah secara kolaboratif, diskusi kelompok, atau pengambilan keputusan bersama.
6	<i>Critical Thinking</i>	Skeptisme, evidensi	Klausa yang menuntut evaluasi asumsi, validitas data, interpretasi grafik/statistik secara kritis dan berbasis bukti.
7	<i>Self-Awareness</i>	Refleksi diri, peran individu	Klausa yang mendorong refleksi peran individu atau kelompok dalam konteks isu keberlanjutan yang dianalisis secara matematis.
8	<i>Integrated Problem-Solving</i>	Sintesis, kompleksitas	Klausa yang menuntut integrasi berbagai konsep matematis untuk menyelesaikan masalah kontekstual yang kompleks dan multidisipliner.

Untuk memastikan objektivitas, sistematisasi, dan replikasi hasil kategorisasi, dilakukan Uji Keandalan Antar-Koder (*Inter-Rater Reliability* - IRR) terhadap rubrik koding. Proses koding melibatkan dua anggota tim peneliti (Penulis 1 dan Penulis 4) yang berperan sebagai koder independen. Sebelum koding, kedua koder melakukan penyelarasan pemahaman (*calibration*) secara intensif mengenai dimensi konseptual dan Indikator Koding Operasional yang disajikan pada Tabel 1. Koding independen dilakukan pada sampel acak sebesar 30% dari total unit analisis, atau seluruh unit jika jumlah unit relatif terbatas, untuk memastikan keandalan antar-koder secara menyeluruh. Konsistensi koding diukur menggunakan koefisien Alpha Krippendorff ( $\alpha$ ) yang merupakan metrik keandalan paling sesuai untuk data kategori dalam *content analysis*. Nilai Alpha Krippendorff yang ditargetkan untuk menyatakan keandalan yang kuat (*acceptable*) dalam penelitian ini adalah  $\alpha \geq 0.80$  (Krippendorff, 2019). Jika nilai awal di bawah ambang batas ini, koder akan melakukan rekonsiliasi dan diskusi untuk menyempurnakan pemahaman indikator sebelum pengodean sampel diulang hingga keandalan tercapai.

Tahap inferensi dan reorientasi dilakukan dengan menafsirkan hasil kategorisasi untuk mengidentifikasi pola dominasi maupun kekosongan kompetensi keberlanjutan dalam CP Matematika Fase E, serta merumuskan arah penguatan kompetensi matematika menuju *sustainability-oriented competencies*.

Data survei digunakan sebagai data pendukung untuk memberikan konfirmasi kontekstual terhadap hasil analisis dokumen dan tidak menjadi dasar penarikan kesimpulan utama penelitian. Survei menggunakan teknik *non-probability sampling* jenis *voluntary response* yang melibatkan 50 siswa sekolah menengah dari berbagai sekolah di Jawa Timur yang berpartisipasi secara sukarela.

Instrumen survei berupa angket daring yang memuat pertanyaan tertutup berskala *Likert* sederhana dan pertanyaan terbuka, yang dirancang untuk menggali persepsi siswa mengenai keterkaitan pembelajaran matematika dengan isu keberlanjutan. Penyusunan butir angket didasarkan pada tujuan penelitian dan konsep dasar *Education for Sustainable Development* (ESD), dengan fokus pada aspek pengalaman belajar, relevansi kontekstual, dan pandangan siswa terhadap pemanfaatan matematika dalam kehidupan nyata. Analisis data survei dilakukan secara deskriptif kualitatif (tabulasi dan interpretasi tematik) dan terpisah dari proses *content analysis*. Hasilnya digunakan sebagai konfirmasi kontekstual terhadap relevansi temuan analisis dokumen dengan persepsi empiris siswa.

Tahapan pelaksanaan penelitian meliputi 5 tahapan utama, yakni (1) Menentukan fokus kajian dan pengumpulan dokumen kurikulum. (2) Menganalisis isi dokumen dengan melakukan pengodean kompetensi CP berdasarkan indikator ESD. (3) Merumuskan arah kompetensi CP Matematika yang sejalan dengan *sustainability competencies*. (4) Membandingkan hasil analisis dengan data survei pendukung. (5) Perumusan hasil analisis dan rekomendasi reorientasi CP.

Langkah analisis ini sejalan dengan panduan UNESCO (2014a; 2017) bahwa implementasi ESD perlu diawali dengan *curriculum review* untuk memastikan keberadaan topik, tujuan belajar, dan praktik pembelajaran yang mencerminkan nilai-nilai keberlanjutan. Dengan demikian, analisis dokumen CP menjadi pendekatan yang tepat untuk menilai sejauh mana kurikulum nasional telah mengakomodasi prinsip *learning for sustainability*.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Hasil Analisis Dokumen Capaian Pembelajaran (CP) Matematika Fase E

Analisis isi terhadap Capaian Pembelajaran (CP) Matematika Fase E (Kemdikdasmen, 2025) dilakukan dengan menggunakan model *content analysis* Krippendorff (2019) yang mencakup tiga tahap utama, yaitu unitisasi, kategorisasi, dan inferensi atau reorientasi.

Tahap pertama, unitisasi, dilakukan dengan memecah setiap pernyataan kompetensi menjadi unit makna (*meaning units*) pada tingkat klausa atau kalimat deklaratif tunggal. Pendekatan ini dipilih karena satu pernyataan CP yang kompleks dapat memuat lebih dari satu potensi kompetensi, misalnya aspek prosedural matematis dan aspek aplikasi atau refleksi kontekstual. Dari dokumen CP, diperoleh 14 klausa yang

menjadi unit analisis, mencakup seluruh domain kompetensi Fase E, yaitu Bilangan, Aljabar dan Fungsi, Geometri, serta Analisis Data dan Peluang.

Setiap klausa merepresentasikan satu ide atau kompetensi utama yang diharapkan dari peserta didik, sehingga memudahkan tahap selanjutnya dalam pemetaan ke delapan kompetensi kunci keberlanjutan (ESD) UNESCO, 2017. Beberapa klausa, khususnya di domain Analisis Data dan Peluang, memiliki kompleksitas tinggi sehingga memiliki potensi untuk dikaitkan dengan lebih dari satu kompetensi ESD. Hal ini mencerminkan bahwa penguasaan kompetensi matematika dapat memberikan peluang untuk integrasi nilai-nilai keberlanjutan secara multidimensi. Tabel 2 di bawah ini menyajikan seluruh unit analisis (klausa) yang diperoleh dari tahap unitisasi. Tabel ini menjadi dasar untuk tahap kategorisasi dan inferensi/reorientasi.

**Tabel 2.** Unit Analisis (Klausa) Capaian Pembelajaran (CP) Matematika Fase E hasil tahap unitisasi

Domain CP	Poin CP	Unit Analisis (Klausa)	Total Klausa
Bilangan	5.1	Menggeneralisasi sifat-sifat bilangan berpangkat (termasuk bilangan pangkat pecahan). Menggunakannya untuk menyelesaikan masalah bilangan berpangkat.	2
Aljabar dan Fungsi	5.2	Menyelesaikan masalah yang berkaitan dengan sistem pertidaksamaan linear dua variabel. Menyelesaikan masalah yang berkaitan dengan persamaan dan fungsi kuadrat (termasuk akar imajiner). Menyelesaikan masalah yang berkaitan dengan persamaan eksponensial (berbasis/bilangan pokok sama). Menyelesaikan masalah yang berkaitan dengan fungsi eksponensial.	4
Geometri	5.3	Mengaplikasikan perbandingan trigonometri (sinus, cosinus, tangen) dari sudut lancip.	1
Analisis Data dan Peluang	5.4	Merepresentasikan dan menginterpretasi data dengan cara menentukan jangkauan kuartil dan interkuartil. Membuat dan menginterpretasi diagram box plot. Menggunakan diagram box plot untuk membandingkan himpunan data. Menentukan dan menggunakan box plot, histogram, dan dot plot sesuai karakteristik data dan kebutuhan. Menggunakan diagram pencar untuk menyelidiki dan menjelaskan hubungan antara dua variabel numerik/kuantitatif (termasuk salah satunya variabel bebas berupa waktu). Mengevaluasi laporan statistika di media berdasarkan tampilan, statistika, dan representasi data, termasuk yang disajikan dalam bentuk matriks. Mengevaluasi laporan statistika yang disajikan dalam bentuk matriks.	7

Setelah tahap unitisasi, setiap klausa hasil belajar dari Capaian Pembelajaran (CP) Matematika Fase E dijadikan unit analisis untuk dikategorikan ke dalam delapan kompetensi kunci ESD (UNESCO, 2017). Oleh sebab jumlah unit analisis yang relatif terbatas (14 klausa), proses koding dilakukan pada seluruh klausa, bukan hanya sampel, sehingga koefisien Alpha Krippendorff dapat dihitung secara menyeluruh untuk menilai keandalan antar-koder. Tahap kategorisasi ini bertujuan untuk: (1) Menentukan kompetensi ESD yang muncul pada setiap klausa CP secara eksplisit atau implisit, (2) Menyediakan dasar untuk menghitung koefisien Alpha Krippendorff sebagai ukuran keandalan antar-koder, dan (3) Mengidentifikasi kesepakatan (*agreement*) dan perbedaan (*disagreement*) untuk rekonsiliasi koding. Tabel 3 berikut merupakan hasil kategorisasi unit analisis CP Matematika Fase E.

**Tabel 3.** Matriks data keandalan

Unit Analisis	5.1.a	5.1.b	5.2.a	5.2.b	5.2.c	5.2.d	5.3.a	5.4.a	5.4.b	5.4.c	5.4.d	5.4.e	5.4.f	5.4.g
Koder 1	1	6	4	6	2	2	4	6	6	1	8	1	6	6
Koder 2	1	8	4	6	2	1	4	6	6	1	8	1	2	6

Berdasarkan matriks data keandalan tersebut, selanjutnya dihitung matriks kebetulan teramati (*observed coincidence matrix*) dan matriks kebetulan harapan (*expected coincidence matrix*) sesuai prosedur Krippendorff (2019). Hasil perhitungan menghasilkan nilai Alpha Krippendorff sebesar  $\alpha = 0,79$ , yang menunjukkan tingkat keandalan antar-koder yang memadai untuk analisis isi dengan kategori nominal. Hal ini mengindikasikan bahwa sebagian besar unit analisis CP Matematika Fase E dikodekan secara konsisten oleh kedua koder ke dalam kompetensi ESD yang sama, meskipun pada beberapa klausa masih ditemukan perbedaan penafsiran.

Perbedaan koding terutama muncul pada klausa-klausa yang memiliki karakteristik multidimensional, yaitu kompetensi yang berpotensi dikaitkan dengan lebih dari satu kompetensi ESD. Temuan ini menunjukkan bahwa sejumlah capaian pembelajaran matematika bersifat terbuka terhadap berbagai orientasi keberlanjutan, tergantung pada sudut pandang interpretatif yang digunakan. Secara keseluruhan, hasil kategorisasi memperlihatkan bahwa kompetensi ESD tertentu, terutama *critical thinking*, *systems thinking*, dan *integrated problem-solving*, muncul lebih dominan dibandingkan kompetensi lainnya. Sebaliknya, kompetensi seperti *normative competence* dan *self-awareness* relatif jarang teridentifikasi secara eksplisit dalam deskripsi CP.

Pola kemunculan kompetensi ESD tersebut menjadi dasar untuk melakukan inferensi terhadap orientasi keberlanjutan dalam CP Matematika Fase E, sekaligus menjadi pijakan dalam merumuskan arah reorientasi pembelajaran matematika yang lebih selaras dengan prinsip *Education for Sustainable Development* (ESD). Hasil inferensi dan usulan reorientasi selanjutnya disajikan pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Hasil Inferensi dan Arah Reorientasi CP Matematika Fase E Berbasis Kompetensi ESD

Domain CP Fase E	Bilangan	Aljabar dan Fungsi	Geometri	Analisis Data dan Peluang
<b>Deskripsi Kompetensi CP</b>	Menggeneralisasi sifat bilangan berpangkat (termasuk pangkat pecahan) dan menggunakananya untuk menyelesaikan masalah.	Menyelesaikan masalah yang berkaitan dengan sistem pertidaksamaan linear dua variabel, fungsi kuadrat, dan fungsi eksponensial.	Mengaplikasikan perbandingan trigonometri (sinus, cosinus, tangen) dari sudut lancip.	Merepresentasikan dan menginterpretasi data (jangkauan, kuartil, <i>box plot</i> , histogram, diagram pencar, evaluasi laporan statistik).
<b>Kompetensi ESD Dominan (Hasil Inferensi)</b>	<i>Critical thinking competence, systems thinking competence, anticipatory competence, normative competence</i>	<i>Systems thinking competence, anticipatory competence, integrated problem-solving competence</i>	<i>Strategic competence, collaboration competence</i>	<i>Critical thinking competence, self-awareness competence, integrated problem-solving competence</i>
<b>Makna Inferensi terhadap Orientasi CP</b>	CP berorientasi pada penguasaan konseptual dan prosedural, dengan potensi refleksi implisit terhadap efisiensi dan penggunaan sumber daya.	CP menunjukkan potensi kuat untuk pemodelan sistem dinamis dan prediksi, meskipun belum diarahkan secara eksplisit pada isu masa depan berkelanjutan.	CP masih dominan teknis-instrumental, dengan keterkaitan keberlanjutan yang bersifat tidak langsung.	CP paling kuat merepresentasikan kompetensi ESD, terutama dalam analisis berbasis bukti dan evaluasi informasi kuantitatif.
<b>Arah Reorientasi Berbasis ESD</b>	Kontekstualisasi soal pada isu keberlanjutan (energi, konsumsi listrik, efisiensi sumber daya) untuk menumbuhkan refleksi nilai dan kesadaran dampak matematis dalam kehidupan nyata.	Reorientasi pembelajaran menuju pemodelan matematis isu keberlanjutan (pertumbuhan populasi, emisi karbon, ketahanan pangan) serta evaluasi implikasi jangka panjang.	Penguatan pembelajaran berbasis proyek (desain bangunan hemat energi, panel surya) untuk menumbuhkan pengambilan keputusan strategis dan kolaboratif.	Penekanan pada interpretasi reflektif data lingkungan dan sosial (polusi, curah hujan, limbah) untuk mendukung pengambilan keputusan berkelanjutan berbasis data.

Hasil inferensi yang disajikan pada Tabel 4 menunjukkan bahwa seluruh domain dalam Capaian Pembelajaran (CP) Matematika Fase E memiliki potensi untuk diarahkan pada pengembangan kompetensi keberlanjutan, meskipun dengan tingkat keterlihatan dan

kekuatan kontribusi yang berbeda-beda. Kompetensi ESD pada umumnya belum terformulasikan secara eksplisit dalam pernyataan CP, melainkan muncul secara implisit melalui tuntutan kognitif, jenis aktivitas matematis, dan orientasi pemecahan masalah yang terkandung di dalamnya.

Domain Analisis Data dan Peluang serta Aljabar dan Fungsi tampak sebagai area yang paling strategis untuk integrasi *Education for Sustainable Development* (ESD). Pada kedua domain ini, tuntutan terhadap kemampuan menginterpretasi data, memodelkan hubungan antarvariabel, serta mengevaluasi hasil perhitungan membuka ruang yang luas bagi pengembangan *critical thinking competence*, *systems thinking competence*, *anticipatory competence*, dan *integrated problem-solving competence*. Melalui konteks pembelajaran yang tepat, aktivitas matematis pada domain ini berpotensi mengarahkan peserta didik untuk memahami keterkaitan antarunsur dalam sistem nyata serta mempertimbangkan implikasi jangka panjang dari suatu fenomena, misalnya dalam analisis data lingkungan, dinamika populasi, atau isu energi dan emisi.

Sebaliknya, domain Bilangan serta Geometri dan Trigonometri masih menunjukkan orientasi yang dominan pada penguasaan konseptual dan prosedural. Namun demikian, hasil inferensi memperlihatkan bahwa kedua domain ini tetap memiliki peluang reorientasi menuju kompetensi keberlanjutan melalui pengayaan konteks dan pendekatan pembelajaran. Topik bilangan berpangkat, misalnya, dapat dikaitkan dengan persoalan efisiensi penggunaan sumber daya atau konsumsi energi, sehingga mendorong *critical thinking competence* dan *normative competence* melalui refleksi terhadap nilai dan dampak penggunaan matematika dalam kehidupan sehari-hari. Sementara itu, pembelajaran geometri dan trigonometri dapat diarahkan ke aktivitas berbasis proyek yang melibatkan perancangan atau analisis solusi teknis, sehingga berpotensi menumbuhkan *strategic competence* dan *collaboration competence*.

Secara keseluruhan, hasil analisis ini mengindikasikan bahwa orientasi keberlanjutan dalam CP Matematika Fase E masih berada pada tingkat implisit. Kompetensi ESD belum dirumuskan sebagai capaian pembelajaran yang eksplisit dan terukur, sehingga implementasinya sangat bergantung pada interpretasi dan inisiatif guru dalam merancang konteks, aktivitas, dan penilaian pembelajaran. Kondisi ini menunjukkan adanya kesenjangan antara potensi kurikulum dan aktualisasi pembelajaran berkelanjutan di kelas.

Berdasarkan temuan tersebut, reorientasi CP Matematika Fase E perlu diarahkan pada: (1) penguatan capaian pembelajaran yang menekankan kemampuan berpikir sistem dan antisipatif terhadap isu-isu global, (2) pengembangan kemampuan berpikir kritis dan reflektif dalam penggunaan informasi kuantitatif untuk pengambilan keputusan, serta (3) pemanfaatan konsep matematika sebagai alat untuk merancang dan mengevaluasi solusi kontekstual berbasis keberlanjutan melalui kegiatan pemodelan dan pembelajaran berbasis proyek. Dengan demikian, pembelajaran matematika tidak hanya berfungsi

sebagai sarana penguasaan konsep, tetapi juga sebagai medium untuk membangun kesadaran, refleksi nilai, dan kapasitas tindakan menuju keberlanjutan.

Temuan ini menegaskan perlunya pergeseran orientasi pembelajaran matematika dari sekadar *learning about sustainability* menuju *learning as and for sustainability*, di mana matematika berperan sebagai alat transformatif untuk memahami, merefleksikan, dan merespons tantangan keberlanjutan secara kritis dan bertanggung jawab (UNESCO, 2014a; UNESCO, 2017; Rieckmann, 2018).

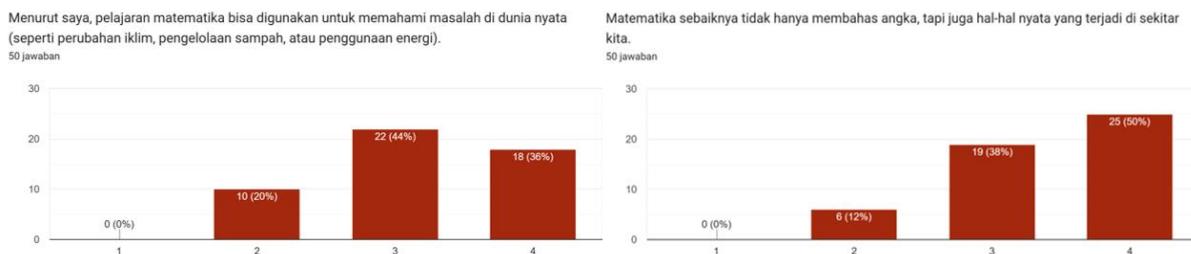
### 3.2 Hasil Survei Persepsi Siswa terhadap Integrasi Isu Keberlanjutan dalam Pembelajaran Matematika

Setelah ditemukan bahwa integrasi nilai keberlanjutan dalam CP Fase E masih belum tereksplisitkan dan bergantung pada inisiatif guru, tahap selanjutnya dilakukan survei persepsi siswa untuk melihat sejauh mana pengalaman belajar mereka mencerminkan integrasi ESD di tingkat pelaksanaan pembelajaran. Survei dilakukan terhadap 50 responden dari jenjang sekolah menengah di wilayah Jawa Timur untuk mengetahui sejauh mana siswa mengenal konsep keberlanjutan serta persepsi mereka terhadap relevansi matematika dalam konteks dunia nyata. Data dikumpulkan melalui kuesioner daring dengan pertanyaan tertutup dan terbuka.



**Gambar 1.** Hasil Survei terhadap Tingkat Kesadaran dan Pengalaman ESD dalam Pelajaran Matematika

Sebagian besar siswa (65,3 %) menyatakan pernah mendengar istilah “pembangunan berkelanjutan”, dan lebih dari setengah (87 %) mengaku pernah atau kadang-kadang membahas topik lingkungan dalam pelajaran matematika, misalnya pengolahan data polusi, penggunaan energi, atau pengelolaan sampah. Namun, frekuensi keterlibatan tersebut belum merata; sebagian responden menyatakan ‘belum pernah’ atau ‘tidak yakin’, yang menandakan bahwa ESD belum menjadi pengalaman belajar yang sistematis di kelas matematika.



**Gambar 2.** Hasil Survei Persepsi Siswa terhadap Relevansi ESD dalam Pembelajaran Matematika

Mayoritas siswa memberikan skor tinggi (rata-rata  $\geq 3$  dari 4) pada pernyataan “matematika bisa digunakan untuk memahami masalah di dunia nyata” dan “pelajaran matematika sebaiknya membahas hal-hal yang terjadi di sekitar kita.”



**Gambar 3.** Hasil Survei terhadap Motivasi Belajar Siswa atas ESD dalam Pembelajaran Matematika

Lebih dari 70 % responden juga menyatakan lebih semangat belajar jika soal matematika dikaitkan dengan konteks kehidupan dan lingkungan. Hal ini menunjukkan adanya motivasi intrinsik terhadap pembelajaran kontekstual, sekaligus peluang besar untuk mengintegrasikan isu keberlanjutan ke dalam materi matematika formal.



**Gambar 4.** Tema Kontekstual yang Diusulkan Siswa

Dari jawaban terbuka, tema yang paling sering muncul meliputi, (1) Energi dan lingkungan, seperti penggunaan listrik, emisi karbon, penghematan air, pengelolaan sampah plastik; (2) Keuangan pribadi dan ekonomi berkelanjutan seperti anggaran rumah tangga, perbandingan harga, investasi sederhana; (3) Analisis data sosial seperti statistik cuaca, data kemiskinan, atau perencanaan ruang ramah lingkungan.

Temuan-temuan dalam survei tersebut dapat diringkas seperti pada tabel 2 berikut.

**Tabel 5.** Temuan Utama dan Implikasi Awal Survei

Aspek yang Disurvei	Temuan Utama	Implikasi Awal
Kesadaran keberlanjutan	Sebagian besar siswa (65,3%) telah mengenal istilah pembangunan berkelanjutan.	Kesadaran awal ini menunjukkan potensi penerimaan konsep ESD di pelajaran matematika tanpa resistensi konseptual.
Pengalaman kontekstual di kelas	87% responden pernah atau kadang membahas topik lingkungan (seperti energi, polusi, dan sampah) dalam pelajaran matematika.	Menunjukkan adanya inisiatif guru, tetapi belum menjadi praktik sistematis di kurikulum. Perlu dukungan struktural agar integrasi ESD konsisten.
Persepsi relevansi matematika terhadap isu nyata	Sebagian besar siswa memberi skor $\geq 3$ (dari skala 4) pada pernyataan bahwa matematika relevan untuk memahami persoalan dunia nyata.	Mengonfirmasi bahwa siswa melihat matematika sebagai sarana berpikir analitis dan reflektif untuk memahami keberlanjutan.
Motivasi belajar berbasis konteks	>70% siswa lebih termotivasi jika soal matematika dikaitkan dengan isu lingkungan atau kehidupan sehari-hari.	Pembelajaran kontekstual berpotensi meningkatkan keterlibatan dan sikap positif terhadap matematika.
Tema yang diusulkan siswa	Tema paling sering muncul diantaranya (1) energi & lingkungan, (2) keuangan pribadi & ekonomi berkelanjutan, (3) analisis data sosial.	Menunjukkan arah konkret integrasi ESD di topik-topik matematika seperti fungsi eksponensial, peluang, dan statistika.

Secara umum, hasil survei menunjukkan bahwa siswa memiliki kesiapan kognitif dan afektif untuk pembelajaran matematika yang berorientasi pada keberlanjutan. Mereka sudah memahami istilah dasar “pembangunan berkelanjutan”, memiliki pengalaman kontekstual terbatas namun bermakna, dan menunjukkan motivasi tinggi terhadap pembelajaran yang dekat dengan kehidupan nyata.

Temuan ini memperkuat hasil analisis dokumen CP Fase E yang sebelumnya menunjukkan bahwa capaian pembelajaran matematika masih bersifat konseptual-prosedural. Dengan demikian, reorientasi CP perlu diarahkan pada penguatan *learning outcomes* yang mencakup (1) Kemampuan berpikir sistemik dan antisipatif terhadap perubahan sosial-lingkungan, (2) Kemampuan berpikir kritis dan pengambilan keputusan berbasis bukti kuantitatif, dan (3) Kesadaran nilai dan tanggung jawab sosial dalam penerapan konsep matematis.

Kecenderungan siswa untuk mengaitkan matematika dengan isu energi, keuangan, dan sosial juga sejalan dengan pandangan UNESCO (2014a) bahwa ESD harus menjadi bagian integral dari mata pelajaran inti, termasuk matematika, bukan sekadar tambahan tematik. Dengan demikian, hasil survei ini tidak hanya menggambarkan persepsi siswa, tetapi juga memberi dasar empiris untuk mereorientasi pembelajaran

matematika menuju *learning as and for sustainability*, sebagaimana ditekankan dalam *Education for Sustainable Development Goals: Learning Objectives* (UNESCO, 2017).

### 3.3 Pembahasan

Hasil analisis dokumen CP Matematika Fase E menunjukkan dominasi orientasi konseptual–prosedural, sementara integrasi keberlanjutan masih bersifat implisit dan bergantung pada interpretasi pengguna kurikulum. Temuan ini sejalan dengan literatur pendidikan matematika yang menyoroti kebutuhan untuk mere definisi peran matematika dalam konteks pembelajaran abad ke-21, khususnya dalam kaitannya dengan isu keberlanjutan (Tesfamicael & Enge, 2024). Pendekatan konvensional yang menitikberatkan pada penguasaan prosedur saja dianggap kurang mampu menjawab tantangan kompleks di luar ruang kelas, sehingga diperlukan reorientasi yang menjadikan keberlanjutan sebagai bagian esensial dari proses pembelajaran.

Dalam kerangka *Realistic Mathematics Education* (RME), pembelajaran matematika dimulai dari masalah nyata yang relevan dengan kehidupan sehari-hari siswa. RME menekankan keterkaitan antara matematika dan konteks kehidupan nyata sehingga siswa dapat mengembangkan pemahaman lebih mendalam dan berpikir reflektif terhadap fenomena kontekstual (Widad & Hadi, 2025). Temuan studi literatur menunjukkan bahwa pendekatan RME secara konsisten meningkatkan kemampuan siswa dalam berpikir reflektif, mengkomunikasikan ide matematis, dan memahami konsep melalui konteks yang dekat dengan kehidupan mereka (Sumarna, dkk., 2025). Pendekatan ini mendukung proses pembelajaran yang bukan hanya berorientasi pada penguasaan prosedur, tetapi juga pada kemampuan untuk mengaitkan matematika dengan isu nyata, seperti isu lingkungan atau sosial.

Integrasi aspek keberlanjutan melalui konteks nyata dalam RME berperan sebagai mekanisme pembelajaran yang memungkinkan siswa melihat matematika sebagai alat berpikir kritis dan reflektif, bukan hanya alat hitung. Dengan konteks masalah dunia nyata seperti analisis data polusi atau model pertumbuhan populasi, siswa tidak hanya menerapkan prosedur matematika tetapi juga mengevaluasi implikasi sosial-lingkungan dari hasil hitungannya. Hal ini menunjukkan bahwa reorientasi CP ke arah *learning as* dan *learning for sustainability* mampu memperluas peran matematika dari sekadar pengetahuan teknis menjadi alat pemahaman dan penilaian terhadap fenomena berkelanjutan (Makramalla, 2025).

Perubahan orientasi ini menjadi penting karena *learning about sustainability* cenderung hanya memperkenalkan siswa pada istilah atau konsep keberlanjutan tanpa menempatkan mereka dalam pengalaman pembelajaran yang menuntut refleksi dan aksi. Sebaliknya, *learning as sustainability* menempatkan konteks keberlanjutan sebagai medium pembelajaran inti, dan *learning for sustainability* mempersiapkan siswa untuk bertindak pada isu keberlanjutan dengan menggunakan alat berpikir matematis yang

telah mereka kuasai. Relasi ini ditegaskan dalam literatur yang menggarisbawahi bahwa pendidikan matematika yang integratif terhadap isu keberlanjutan memungkinkan siswa mengembangkan kompetensi yang relevan secara sosial, ekologis, dan kultural (Tesfamicael & Enge, 2024).

Selain itu, hasil survei persepsi siswa menunjukkan bahwa mayoritas peserta didik lebih termotivasi belajar matematika ketika materi dikaitkan dengan fenomena nyata di sekitar mereka. Temuan ini memberikan bukti empiris bahwa siswa tidak hanya siap menerima konteks keberlanjutan secara kognitif, tetapi juga afektif, yang merupakan prasyarat penting bagi pembelajaran *learning as* dan *learning for sustainability*. Hasil ini konsisten dengan temuan penelitian RME yang menunjukkan bahwa konteks nyata dapat meningkatkan keterlibatan siswa dalam pembelajaran matematika (Sumarna, dkk., 2025).

Integrasi aspek keberlanjutan dalam CP juga memiliki implikasi bagi pembentukan *ethical mathematical reasoning*, yaitu kemampuan siswa untuk mengevaluasi data dan model matematis dalam konteks sosial-lingkungan secara kritis dan bertanggung jawab. Penggunaan konteks nyata dalam pembelajaran matematika berpotensi menjadikan matematika sebagai suatu alat untuk menilai informasi kuantitatif dalam konteks keberlanjutan secara etis. Ketika siswa diminta mengevaluasi data statistik tentang polusi udara atau memodelkan dinamika populasi, mereka tidak hanya menerapkan rumus statistik atau fungsi aljabar, tetapi juga menimbang implikasi hasil tersebut terhadap komunitas dan lingkungan. Konsep ini tercermin dalam penelitian yang menunjukkan bahwa RME memfasilitasi keterampilan berpikir kritis yang mencakup analisis, evaluasi, dan inferensi, yang merupakan kompetensi penting dalam pendidikan keberlanjutan (Toruan, dkk., 2024).

Reorientasi CP yang diusulkan merupakan langkah strategis untuk menjembatani gap antara potensi konseptual yang ditemukan dalam dokumen kurikulum dan kebutuhan pembelajaran di kelas yang nyata. Dengan menegaskan konteks keberlanjutan dalam capaian pembelajaran, CP tidak hanya memuat rumusan kompetensi matematika tetapi juga memfasilitasi perkembangan kompetensi berpikir kritis, pemodelan sistem, dan evaluasi reflektif terhadap isu kehidupan nyata. Hal ini sejalan dengan argumen pedagogis yang menekankan bahwa pembelajaran matematika harus adaptif terhadap tantangan global dan mendukung pengembangan *sustainable skills* generasi masa depan (Lestari, dkk., 2024).

Dengan demikian, mekanisme reorientasi ini tidak hanya penting secara teoritis tetapi juga operasional, karena mampu memperkuat *learning outcomes* yang tidak hanya berfokus pada prosedur matematika, tetapi juga pada kemampuan siswa untuk mentransfer pengetahuan dan keterampilan matematis ke konteks keberlanjutan nyata. Reorientasi ini pada akhirnya akan menghasilkan naskah CP yang lebih kaya secara

konten dan bermakna secara pedagogis untuk pendidikan matematika yang berorientasi pada keberlanjutan. Sintesis dari seluruh proses analisis sebelumnya, menghasilkan naskah akhir Capaian Pembelajaran (CP) Matematika Fase E yang telah direorientasikan terhadap prinsip ESD. Naskah ini mempertahankan format dan struktur kurikulum resmi, namun dengan perumusan ulang deskripsi capaian agar menampilkan dimensi keberlanjutan.

**Tabel 6.** Capaian Pembelajaran Fase E (Reorientasi ESD)

Domain Capaian Pembelajaran	Capaian Pembelajaran Fase E	Capaian Pembelajaran Fase E (Reorientasi ESD)
Pada akhir Fase E, murid memiliki kemampuan sebagai berikut.		
5.1 Bilangan	Menggeneralisasi sifat-sifat bilangan berpangkat (termasuk bilangan pangkat pecahan), dan menggunakan untuk menyelesaikan masalah.	Menggeneralisasi sifat-sifat bilangan berpangkat (termasuk bilangan pangkat pecahan) dan menggunakan untuk menyelesaikan masalah kontekstual yang berkaitan dengan efisiensi energi, konversi daya listrik, atau perhitungan konsumsi sumber daya secara berkelanjutan.
5.2 Aljabar dan Fungsi	Menyelesaikan masalah yang berkaitan dengan sistem pertidaksamaan linear dua variabel; menyelesaikan masalah yang berkaitan dengan persamaan dan fungsi kuadrat (termasuk akar imajiner), serta persamaan eksponensial (berbasis/ bilangan pokok sama) dan fungsi eksponensial.	Menyelesaikan masalah yang berkaitan dengan sistem pertidaksamaan linear dua variabel untuk menganalisis keterbatasan sumber daya, optimasi produksi, dan distribusi berkeadilan dalam konteks sosial-ekonomi berkelanjutan; Menyelesaikan masalah yang berkaitan dengan persamaan dan fungsi kuadrat (termasuk akar imajiner) serta persamaan eksponensial (berbasis/ bilangan pokok yang sama) dan fungsi eksponensial untuk memodelkan fenomena keberlanjutan, seperti pertumbuhan populasi, laju emisi karbon, atau dinamika ketahanan pangan, serta menafsirkan hasil model dalam konteks masa depan berkelanjutan.
5.3 Geometri dan Pengukuran	Mengaplikasikan perbandingan trigonometri (sinus, cosinus, tangen) dari sudut lancip.	Mengaplikasikan perbandingan trigonometri (sinus, cosinus, tangen) dari sudut lancip untuk menganalisis desain bangunan, tata ruang, atau struktur yang ramah lingkungan dan efisien energi melalui perhitungan sudut dan luas optimal.
5.4 Analisis Data dan	Merepresentasikan dan menginterpretasi data dengan cara	Merepresentasikan dan menginterpretasi data dengan cara

Domain Capaian Pembelajaran Peluang	Capaian Pembelajaran Fase E	Capaian Pembelajaran Fase E (Reorientasi ESD)
	menentukan jangkauan kuartil dan interkuartil; membuat dan menginterpretasi diagram <i>box plot</i> dan menggunakan untuk membandingkan himpunan data; menentukan dan menggunakan dari <i>box plot</i> , histogram dan <i>dot plot</i> sesuai dengan natur (karakteristik) data dan kebutuhan; menggunakan diagram pencar untuk menyelidiki dan menjelaskan hubungan antara dua variabel numerik/kuantitatif (termasuk salah satunya variabel bebas berupa waktu); serta mengevaluasi laporan statistika di media berdasarkan tampilan, statistika dan representasi data, termasuk yang disajikan dalam bentuk matriks.	menentukan jangkauan kuartil dan interkuartil untuk mengidentifikasi sebaran data sosial, ekonomi, dan lingkungan; membuat dan menginterpretasi diagram <i>box plot</i> dan menggunakan untuk membandingkan himpunan data yang berkaitan dengan keberlanjutan; menentukan dan menggunakan <i>box plot</i> , histogram, dan <i>dot plot</i> sesuai dengan natur data dan kebutuhan analisis keberlanjutan; menggunakan diagram pencar untuk menyelidiki dan menjelaskan hubungan antara dua variabel kuantitatif yang merepresentasikan fenomena sosial, ekonomi, atau lingkungan; serta mengevaluasi laporan statistika di media berdasarkan tampilan, statistika, dan representasi data, termasuk yang disajikan dalam bentuk matriks, dengan mempertimbangkan keandalan, keakuratan, dan tanggung jawab etis dalam penggunaan data keberlanjutan.

Secara keseluruhan, naskah reorientasi ini mempertahankan kerangka konseptual Kurikulum Merdeka, namun memperkaya setiap capaian dengan konteks keberlanjutan yang relevan dan berorientasi tindakan. Reorientasi ini sejalan dengan pandangan UNESCO (2022) bahwa krisis ekologis global menuntut kurikulum yang mendasar mengubah posisi manusia dalam dunia, serta menempatkan pembelajaran sebagai wahana untuk menumbuhkan tanggung jawab ekologis dan kesadaran hidup selaras dengan bumi yang tengah menghadapi dampak kerusakan akibat aktivitas manusia.

Selain itu, kurikulum masa depan perlu dipahami bukan sekadar susunan mata pelajaran, tetapi sebagai proses kolektif penciptaan pengetahuan dan masa depan baru melalui pendekatan interdisipliner dan interkultural. Dalam konteks ini, pembelajaran matematika berperan strategis dalam mengembangkan literasi multipel, termasuk literasi matematis, ilmiah, dan ekologis, yang memungkinkan peserta didik menilai data, memahami keterkaitan sistem, serta mengambil keputusan berbasis bukti untuk keberlanjutan kehidupan (UNESCO, 2022).

Dengan demikian, hasil reorientasi CP Matematika Fase E tidak hanya memperluas ranah kognitif, tetapi juga menumbuhkan kesadaran reflektif dan etis terhadap dampak

sosial-ekologis dari penggunaan pengetahuan matematis, sejalan dengan visi kurikulum masa depan yang diusulkan UNESCO.

#### 4. SIMPULAN

Penelitian ini menyimpulkan bahwa Capaian Pembelajaran (CP) Matematika Fase E dalam Kurikulum Merdeka memiliki potensi besar untuk diarahkan pada pengembangan kompetensi keberlanjutan, namun nilai-nilai *Education for Sustainable Development* (ESD) masih terartikulasikan secara implisit dan belum terformulasikan secara eksplisit dalam rumusan capaian pembelajaran. Temuan ini diperoleh melalui analisis isi dokumen CP serta diperkuat oleh hasil survei persepsi siswa yang menunjukkan kesiapan kognitif dan afektif terhadap pembelajaran matematika berbasis konteks keberlanjutan.

Hasil inferensi menunjukkan bahwa setiap domain matematika memiliki karakteristik dan peluang reorientasi yang berbeda. Domain Bilangan berpotensi mengembangkan *ethical reasoning* dan *systems thinking* melalui konteks efisiensi energi dan penggunaan sumber daya. Domain Aljabar dan Fungsi membuka ruang bagi penguatan *anticipatory* dan *integrated problem-solving competence* melalui pemodelan fenomena keberlanjutan seperti pertumbuhan populasi dan emisi karbon. Domain Geometri dan Trigonometri berpotensi menumbuhkan *strategic* dan *collaboration competence* melalui aktivitas berbasis proyek dan desain kontekstual. Sementara itu, domain Analisis Data dan Peluang muncul sebagai area paling strategis dalam mengembangkan *data literacy*, *critical thinking*, dan *self-awareness competence* melalui interpretasi reflektif terhadap data sosial dan lingkungan.

Dengan demikian, hasil penelitian ini menegaskan pentingnya reorientasi pembelajaran matematika dari sekadar *learning about sustainability* menuju *learning as* dan *learning for sustainability*, di mana konteks nyata, pemodelan matematis, dan analisis data berperan sebagai mekanisme utama pembelajaran. Reorientasi ini menempatkan matematika tidak hanya sebagai sarana penguasaan konsep, tetapi sebagai alat berpikir kritis, reflektif, dan etis dalam merespons tantangan keberlanjutan. Secara keseluruhan, sintesis hasil analisis menghasilkan naskah CP Matematika Fase E yang tetap selaras dengan kerangka Kurikulum Merdeka, namun lebih eksplisit mengintegrasikan prinsip ESD sebagai dasar pengembangan pembelajaran matematika yang transformatif dan berorientasi masa depan.

#### 5. REKOMENDASI

Rumusan hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar bagi: (a) Penyusunan indikator pembelajaran kontekstual yang mendukung *learning as and for sustainability*, sehingga capaian pembelajaran matematika tidak hanya berfokus pada aspek konseptual, tetapi juga membangun kesadaran sosial dan ekologis peserta didik. (b) Pengembangan asesmen autentik yang menilai kemampuan reflektif, analitis, dan etis

peserta didik dalam memecahkan masalah nyata berbasis konteks keberlanjutan. (c) Penyusunan bahan ajar dan proyek matematis kontekstual yang mengintegrasikan isu energi, lingkungan, ekonomi, dan sosial secara lintas topik matematika untuk menumbuhkan kolaborasi dan berpikir sistemik.

Dengan demikian, hasil reorientasi ini tidak hanya memperkuat kesesuaian CP Matematika Fase E dengan arah global pendidikan berkelanjutan, tetapi juga menghadirkan kurikulum yang lebih adaptif terhadap tantangan masa depan, tanpa meninggalkan karakteristik akademik dan struktural matematika itu sendiri. Sebagai tindak lanjut, penelitian selanjutnya dapat difokuskan pada uji implementasi reorientasi CP dalam konteks pembelajaran nyata untuk menilai efektivitasnya terhadap peningkatan kompetensi keberlanjutan siswa, serta pengembangan panduan praktis bagi guru dalam mengintegrasikan prinsip *Education for Sustainable Development* (ESD) ke dalam aktivitas belajar mengajar di kelas.

## 6. REFERENSI

- Bowen, G.A. (2009). Document Analysis as a Qualitative Research Method. *Qualitative Research Journal*. <https://doi.org/10.3316/QRJ0902027>
- Cresswell, J. W. & Cresswell, J.D. (2018). *Fifth Edition Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*. Los Angeles: SAGE.
- Godino, J. D., Batanero, C., Burgos, M., & Wilhelmi, M. R. (2024). Understanding the onto-semiotic approach in mathematics education through the lens of the cultural historical activity theory. *ZDM – Mathematics Education*. <https://doi.org/10.1007/s11858-024-01590-y>
- Helliwell, T. & Oi-Lam Ng (2022) Imagining possibilities: innovating mathematics (teacher) education for sustainable futures. *Research in Mathematics Education*. <https://doi.org/10.1080/14794802.2022.2079553>
- JDIH KEMDIKDASMEN. (2025). SK BSKAP NOMOR 046/H/KR/2025. Tentang Capaian Pembelajaran pada Pendidikan Anak Usia Dini, Jenjang Pendidikan Dasar, dan Jenjang Pendidikan Menengah.
- Krippendorf, K. (2019). *Fourth Edition Content Analysis: An Introduction to Its Methodology*. California: SAGE Publications, Inc.
- Kurniati, D., Wahyuna, I., Dwi, D., Sepeng, P., & Osman, S. (2024). Development of Numeracy Problems Based on Education for Sustainable Development (ESD) to Measure Critical Thinking Ability. *TEM Journal*. <https://doi.org/10.18421/TEM133-19>
- Lestari, S. A. P., Nurapriani, F., & Kusumaningrum, D. S. (2024). Integrating Sustainable Development Principles in Learning Mathematics to Stimulate Sustainable Skills in Future Generations. *Jurnal Rekayasa Sistem Industri*. <https://doi.org/10.26593/jrsi.v13i1.7167.1-10>
- Lina, S. I., Johar, R., & Anwar. (2025). The role of mathematics education in shaping sustainable futures: A systematic literature review. *Jurnal Elemen*. <https://doi.org/10.29408/jel.v11i3.29706>
- Makramalla, M., Coles, A., Roux, K., & Wagner, D. (2025). Mathematics education for sustainable futures: a strengths-based survey of the field to invite further research action. *Educational Studies in Mathematics*. <https://doi.org/10.1007/s10649-025-10389-x>

- Malik, F. (2024). The Role of Education in Promoting Environmental Awareness and Sustainable Practise. *Frontiers in Environmental Science and Sustainability* (Vol. 1(2), pp. 242 – 254).
- Pascual, R., Liu, P., Baldonado, J., Pascual, A. G., & Mina, G. (2025). The Role Of Education In Promoting Sustainability And Social Responsibility. *International Journal of Environmental Sciences*. <https://doi.org/10.64252/xx0wjk25>
- Rieckmann, M., Shephard, K., & Barth, M. (2018). Seeking sustainability competence and capability in the ESD and HESD literature: an international philosophical hermeneutic analysis. *Environmental Education Research*. <https://doi.org/10.1080/13504622.2018.1490947>
- Sumarna, M. S., Nindiasari, H., Pujiastuti, H., & Yuhana, Y. (2025). Systematic Literature Review: Penerapan Realistic Mathematics Education Meningkatkan Kemampuan Komunikasi dan Pemahaman Konsep Matematis Siswa. *Edukasiana: Jurnal Inovasi Pendidikan*, 4(3), 946–956. <https://doi.org/10.56916/ejip.v4i3.1606>
- Tesfamicael, S. A., & Enge, O. (2024). Revitalizing Sustainability in Mathematics Education: The Case of the New Norwegian Curriculum. *Education Sciences*, 14(2), 174. <https://doi.org/10.3390/educsci14020174>
- Toruan, H.L., Simamora, R.E., & Rahayu, S.W. (2024). Efektivitas *Realistic Mathematics Education* Terhadap Berpikir Kritis Matematis Siswa Kelas VII Sekolah Menengah Pertama. *EDU-MAT: Jurnal Pendidikan Matematika*, 12(2). <https://dx.doi.org/10.20527/edumat.v12i2.19875>
- UNESCO. (2014a). *Shaping the Future We Want: UN Decade of Education for Sustainable Development (2005-2014) Final Report*. Luxembourg.
- UNESCO. (2017). *Education for Sustainable Development Goals: Learning Objectives*. Paris. <https://doi.org/10.54675/CGBA9153>
- UNESCO. (2020). *Education for Sustainable Development Goals: A roadmap*. Paris. <https://doi.org/10.54675/YFRE1448>
- UNESCO. (2021). *Reimagining Our Futures Together: A new social contract for education*. Paris. <https://doi.org/10.54675/ASRB4722>
- Vásquez, C., Alsina, Á., Seckel, M. J., & García-Alonso., I. (2023). Integrating sustainability in mathematics education and statistics education: A systematic review. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*. <https://doi.org/10.29333/ejmste/13809>