

## **BAB IV**

### **HASIL PENELITIAN**

Bab IV merupakan bagian yang memaparkan hasil penelitian, yang meliputi karakteristik khusus program pembelajaran ekologi yang diintegrasikan dengan proyek *citizen science*. Selain itu BAB ini juga akan membahas hasil pengukuran keterampilan pemecahan masalah dan literasi lingkungan calon guru serta literasi keberlanjutan masyarakat dari hasil implementasi program yang telah dikembangkan.

#### **4.1. Karakteristik Program Pembelajaran Ekologi Berbasis *Citizen Science***

Program pembelajaran ekologi berbasis *citizen science* yang berfokus pada isu pencemaran limbah tambang emas di daerah aliran sungai telah disusun berdasarkan temuan dari studi lapangan dan studi pustaka. Program ini dirancang untuk memberikan pengalaman belajar langsung kepada peserta, yang memungkinkan mahasiswa terlibat aktif dalam pengumpulan data, analisis, dan pemantauan kualitas lingkungan secara kolaboratif. Berdasarkan hasil kajian mendalam, program ini tidak hanya membekali peserta dengan pemahaman teoretis, tetapi juga mengembangkan keterampilan ilmiah yang dapat diterapkan dalam konteks nyata. Pendekatan *citizen science* dalam program ini juga memperkuat keterlibatan masyarakat dalam isu lingkungan sekaligus meningkatkan kapasitas masyarakat dalam memahami dan menangani masalah-masalah keberlanjutan, khususnya yang berkaitan dengan dampak lingkungan dari aktivitas penambangan emas. Oleh karena itu, penyusunan program pembelajaran ekologi berbasis *citizen science* pada pencemaran limbah tambang emas di daerah aliran sungai memuat aspek-aspek yang dekat dengan kondisi nyata di sekitar lokasi penelitian seperti konten pembelajaran ekologi yang dipilih sesuai dengan konteks permasalahan di lapangan, kurikulum pembelajaran ekologi dengan capaian pembelajaran yang relevan dengan konteks permasalahan di lapangan, serta desain proyek *citizen science* yang relevan dengan pembelajaran ekologi. Seluruh aspek tersebut didukung dengan literatur yang relevan serta diperoleh dari hasil studi pustaka dan juga analisis kurikulum. Kombinasi ini menjadi elemen

penting dalam menopang terbentuknya karakteristik dari program pembelajaran ekologi berbasis *citizen science* yang sesuai dengan konteks penelitian.

#### 4.1.1 Capaian pembelajaran ekologi berbasis *citizen science* memuat kompetensi yang relevan dengan kegiatan pembelajaran

Capaian pembelajaran ekologi berbasis *citizen science* pada pencemaran limbah tambang emas di daerah aliran sungai dirancang untuk membekali mahasiswa dengan kompetensi holistik yang mencakup kognitif, afektif, psikomotor dan konatif. Kurikulum ini mengintegrasikan pendekatan teoritis dan praktis untuk menciptakan lulusan yang tidak hanya memahami konsep-konsep ekologi secara mendalam, tetapi juga mampu menerapkannya dalam konteks nyata pencemaran lingkungan. Dengan fokus pada penerapan metode ilmiah berbasis bukti, capaian pembelajaran ini melibatkan penguasaan analisis dampak lingkungan, dan kolaborasi dengan masyarakat lokal melalui pendekatan *citizen science*. Pembelajaran ini memastikan mahasiswa mampu berperan sebagai agen perubahan, memberikan solusi berbasis data untuk mitigasi pencemaran, dan mempromosikan keberlanjutan ekosistem serta kesejahteraan masyarakat di sekitar. Adapun sasaran kompetensi yang menjadi bagian capaian pembelajaran dari kurikulum yang disusun, di uraikan pada Tabel 4.1.

**Tabel 4.1** Sasaran Kompetensi yang menjadi bagian Capaian Pembelajaran dari Kurikulum Ekologi Berbasis *Citizen Science*

No	Domain Kompetensi	Sasaran Kompetensi	Gambaran Kegiatan Pembelajaran
1	Pengetahuan	Pemahaman konsep ekologi dan relevansinya dengan pencemaran limbah tambang emas (Sub-CPMK 1 dan Sub-CPMK 2)	<p>Memahami dasar-dasar ekosistem daerah aliran sungai: Mahasiswa menjelaskan struktur, fungsi, dan dinamika ekosistem disekitar aliran sungai, termasuk interaksi antara komponen biotik dan abiotik serta kehidupan sosial masyarakat.</p> <p>Menganalisis dampak limbah tambang: Mahasiswa mengidentifikasi dan menjelaskan dampak pencemaran limbah tambang emas terhadap kualitas air, tanah, dan biodiversitas pada ekosistem sungai.</p> <p>Mengevaluasi ekosistem sungai dari sisi fisik, kimia dan biologi: Peserta mampu memahami dan menggunakan</p>

No	Domain Kompetensi	Sasaran Kompetensi	Gambaran Kegiatan Pembelajaran
			indikator fisika, kimia dan biologi untuk menilai kondisi kesehatan ekosistem sungai.
		Pemahaman multidisipliner dan keberlanjutan (Sub-CPMK 7)	Mengintegrasikan pengetahuan multidisipliner: Mahasiswa menghubungkan konsep-konsep ekologi dengan biologi, biofisika, kimia, bioteknologi, dan ilmu sosial
			Menerapkan prinsip keberlanjutan: Mahasiswa mampu mengidentifikasi solusi yang tidak hanya mengurangi pencemaran, tetapi juga mendukung keberlanjutan ekonomi dan sosial masyarakat setempat.
		Melakukan refleksi dan evaluasi (Sub-CPMK 8)	Mahasiswa mampu merefleksikan proses pembelajaran dan mengevaluasi dampak dari kontribusi mereka terhadap mitigasi pencemaran. Mahasiswa mengevaluasi keberhasilan proyek <i>citizen science</i> yang mereka ikuti, termasuk efektivitas <i>mini-project</i> yang mereka terapkan
2	Keterampilan	Kemampuan pengumpulan dan analisis data lingkungan (Sub-CPMK 3)	Mengumpulkan data lingkungan: Mahasiswa mampu melakukan pengukuran kualitas air sungai dengan menggunakan metode ilmiah sederhana yang valid dan dapat direplikasi. Menganalisis kualitas lingkungan: Mahasiswa mampu menggunakan alat portabel, seperti pH meter, untuk mengukur parameter kualitas lingkungan, dan menginterpretasikan hasilnya.
		Keterampilan pemecahan masalah berbasis data (Sub-CPMK 4, Sub-CPMK 5, Sub-CPMK 6, Sub-CPMK 7, dan Sub-CPMK 8)	Mendiagnosis permasalahan lingkungan: Mahasiswa mampu mengidentifikasi sumber pencemaran, jenis kontaminan (misalnya merkuri atau sianida), dan dampaknya pada ekosistem serta masyarakat lokal. Merumuskan solusi aplikatif: Mahasiswa mampu mengembangkan rekomendasi untuk mitigasi pencemaran, seperti pemulihan ekosistem sungai. Mengembangkan inovasi lokal: Peserta didorong untuk mengeksplorasi solusi inovatif berbasis masyarakat untuk mengatasi pencemaran, seperti revegetasi tepi sungai.
		Penguasaan keterampilan penelitian dan pelaporan (Sub-CPMK 6, Sub-	Merancang dan melaksanakan penelitian lapangan: Mahasiswa mampu merancang penelitian sederhana, melakukan observasi lapangan, dan mengumpulkan data secara sistematis.

No	Domain Kompetensi	Sasaran Kompetensi	Gambaran Kegiatan Pembelajaran
		CPMK 7, dan Sub-CPMK 8)	Menyusun laporan ilmiah: Mahasiswa dapat menyusun laporan ilmiah berdasarkan data yang diperoleh, lengkap dengan analisis, temuan, dan rekomendasi praktis.
3	Sikap	Peningkatan kesadaran dan etika lingkungan (Sub-CPMK 2, Sub-CPMK 4, dan Sub-CPMK 5)	<p>Kesadaran akan pentingnya kelestarian ekosistem sungai: Mahasiswa memiliki kesadaran tinggi tentang pentingnya menjaga kelestarian ekosistem sungai untuk mendukung keanekaragaman hayati dan kesejahteraan manusia.</p> <p>Penguatan etika lingkungan: Mahasiswa mampu menunjukkan tanggung jawab moral dalam mendukung praktik pengelolaan lingkungan yang berkelanjutan.</p> <p>Pemberdayaan komunitas: Mahasiswa termotivasi untuk memberdayakan masyarakat lokal dalam melestarikan ekosistem sungai dan melakukan mitigasi dampak pencemaran.</p>
4	Konatif (Tindakan)	Advokasi dan peran serta sebagai agen perubahan (Sub-CPMK 4, Sub-CPMK 5, dan Sub-CPMK 6)	<p>Peningkatan literasi lingkungan masyarakat: Mahasiswa mampu memberikan edukasi kepada masyarakat tentang dampak pencemaran limbah tambang emas dan cara-cara mitigasinya.</p> <p>Advokasi kebijakan lingkungan: Mahasiswa dapat menggunakan data dari kegiatan <i>citizen science</i> dan juga pengetahuan yang relevan untuk mendorong perubahan kebijakan atau regulasi yang lebih baik terkait kegiatan penambangan emas</p> <p>Menginisiasi inisiatif lokal: Mahasiswa menjadi inisiator dalam pelestarian lingkungan berbasis komunitas.</p>

Capaian pembelajaran kurikulum ekologi berbasis *citizen science* pada pencemaran limbah tambang emas di daerah aliran sungai terletak pada kombinasi harmonis antara penguasaan teoretis, aplikasi praktis, dan pemberdayaan komunitas untuk mengatasi pencemaran dari kegiatan penambangan emas, yang belum ditemukan dalam program pembelajaran ekologi pada umumnya. Capaian ini tidak hanya mencerminkan kebutuhan akademik tetapi juga relevansi dengan tantangan global terkait keberlanjutan lingkungan, sehingga menjadikannya

sangat layak untuk dipromosikan pada pembelajaran yang mengangkat kasus serupa.

#### **4.1.2 Konten pembelajaran ekologi mengacu pada *place based education***

Konten pembelajaran ekologi berbasis *citizen science* pada pencemaran limbah tambang emas di daerah aliran sungai di susun dengan mengacu pada informasi yang telah diperoleh pada kegiatan studi lapangan. Konten tersebut mengacu pada *place based education* yang mengangkat tentang kondisi lingkungan sekitar penelitian sebagai bagian dari pembelajaran. Pemanfaatan pendekatan ini bertujuan untuk memberikan pemahaman teoritis kepada mahasiswa, serta mendorong mereka untuk lebih peduli dan terlibat langsung dalam pelestarian lingkungan sekitar. Pembelajaran yang melibatkan elemen ekosistem, kondisi geografis, sosial, dan ekonomi masyarakat, dalam konten pembelajaran dapat mendorong mahasiswa untuk memahami keterkaitan yang kompleks antara aktivitas manusia, seperti penambangan emas, dengan dampak yang ditimbulkan terhadap kualitas air, keanekaragaman hayati, dan kesejahteraan masyarakat lokal. Melalui pengumpulan data lapangan, mahasiswa juga diarahkan untuk memahami kompleksitas permasalahan, serta melatih kemampuan mereka dalam mengolah dan menganalisis data secara kritis. Data ini kemudian digunakan untuk merumuskan solusi yang relevan, dengan landasan ilmiah yang kuat, dan dapat diterapkan dalam konteks lokal. Gambaran ini menginformasikan bahwa konten pembelajaran ekologi berbasis *citizen science* diperoleh secara mandiri oleh mahasiswa melalui serangkaian kegiatan. Konten-konten pembelajaran tersebut terdiri dari struktur dan fungsi ekosistem, ekologi lanskap, interaksi sosial-ekologi serta keberlanjutan ekosistem. adapun uraiannya disajikan pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Konten Pembelajaran Ekologi berbasis *Citizen science*

No	Konten pembelajaran	Materi yang terkait	Bentuk kegiatan
1	Struktur dan Fungsi Ekosistem	Komponen Ekosistem: Biotik (flora, fauna, mikroorganisme) dan Abiotik (air, tanah, udara).	Membahas elemen utama penyusun ekosistem di sekitar area sungai dan perannya.
		Rantai Makanan dan Jaring-Jaring Makanan	Menganalisis aliran energi dan transfer nutrisi dalam ekosistem sungai
		Fungsi Ekosistem: Aliran energi, siklus nutrisi (karbon, nitrogen, fosfor).	Menguraikan proses ekologis sebagai landasan penting untuk keberlanjutan ekosistem sungai.
		Peran ekosistem sungai: Penyedia air bersih, pengatur banjir, habitat biota.	Menjelaskan manfaat ekosistem sungai bagi kehidupan manusia dan spesies lain.
		Dampak Aktivitas Manusia: Limbah tambang emas dan gangguan struktur ekosistem.	Menganalisis efek pencemaran limbah pada stabilitas ekosistem.
2	Ekologi Lanskap	Komponen Lanskap: Patch, matriks, koridor.	Memberikan pemahaman tentang struktur fisik lanskap dan fungsi ekologisnya.
		Rehabilitasi Lanskap: Strategi revegetasi dan pemulihan konektivitas habitat.	Menguraikan solusi praktis untuk mengurangi fragmentasi akibat aktivitas manusia.
3	Interaksi Sosial-Ekologi	Hubungan Masyarakat dengan Ekosistem Sungai: Ketergantungan dan pengaruh manusia.	Menguraikan interaksi antara masyarakat dan ekosistem sungai dalam konteks pemanfaatan sumber daya alam.
		Dampak Sosial Pencemaran: Kesehatan masyarakat, mata pencaharian tradisional.	Membahas dampak sosial dan kesehatan dari pencemaran limbah tambang emas.
		Kearifan Lokal: Praktik tradisional dalam pengelolaan ekosistem sungai.	Menekankan peran kearifan lokal dalam mendukung keberlanjutan ekosistem.
		Kolaborasi dalam <i>Citizen science</i> : Pelibatan masyarakat dalam pengumpulan data.	Mengintegrasikan masyarakat lokal dalam solusi berbasis bukti untuk mitigasi pencemaran.
4	Keberlanjutan Ekosistem	Prinsip Keberlanjutan: Pemanfaatan sumber daya yang menjaga regenerasi ekosistem.	Menekankan pentingnya pengelolaan ekosistem sungai yang berkelanjutan untuk generasi mendatang.
		Pengelolaan Limbah Berkelanjutan: Biofilter, vegetasi riparian untuk pengolahan limbah.	Menjelaskan metode untuk meminimalkan dampak pencemaran melalui solusi alami.

No	Konten pembelajaran	Materi yang terkait	Bentuk kegiatan
		Indikator Keberlanjutan: Bioindikator, kualitas air, dan diversitas spesies.	Memberikan panduan dan alat evaluasi untuk menilai keberlanjutan ekosistem sungai.
		Restorasi Ekosistem: Revegetasi, pembersihan sungai, pengelolaan sedimentasi.	Memberikan panduan teknis untuk memulihkan ekosistem yang rusak akibat pencemaran.
		Pembangunan Berkelanjutan: <i>Triple bottom line</i> (ekonomi, sosial, lingkungan).	Mengintegrasikan pembangunan ekonomi dan pelestarian lingkungan.
		Advokasi Kebijakan Lingkungan: Peran masyarakat dan akademisi dalam mendorong kebijakan keberlanjutan.	Memberikan contoh keterlibatan masyarakat dalam pengambilan keputusan berbasis keberlanjutan.

Konten pembelajaran ekologi berbasis *citizen science* dirancang untuk mendorong mahasiswa memperoleh pemahaman secara mandiri melalui serangkaian kegiatan yang terstruktur dan aplikatif. Mahasiswa dilibatkan secara aktif dalam kegiatan lapangan untuk memahami dampak pencemaran limbah tambang emas di daerah aliran sungai terhadap ekosistem setempat.

#### 4.1.3 Pembelajaran berorientasi pada observasi lapangan dan pemecahan masalah

Pembelajaran ekologi berbasis *citizen science* menekankan kegiatan observasi lapangan untuk memahami struktur dan fungsi ekosistem secara kontekstual. Mahasiswa diarahkan mengamati berbagai kategori lingkungan seperti pertambangan, perumahan, perkebunan, pertanian, perindustrian, dan sungai serta mengidentifikasi dampak positif dan negatif dari aktivitas manusia. Mahasiswa mencatat kondisi elemen biotik dan abiotik, sekaligus menganalisis keterkaitan antara aktivitas antropogenik dan perubahan pada ekosistem. Visualisasi instruksi dari pengamatan dan pencatatan tersebut disajikan pada bagian LKM, dimana cuplikannya ditampilkan pada Gambar 4.1.

b. Lakukan observasi lingkungan di lokasi anda melakukan pengamatan dengan menggunakan kriteria di bawah ini (lewati jika objek yang diamati tersebut tidak ada).

No	Objek yang diamati	Karakteristik	Dampak Positif	Dampak Negatif	Temuan kebijakan
1	Pertambangan				
2	Perumahan				
3	Perkebunan				
4	Pertanian				
5	Perindustrian				
6	Bendungan/Danau				
7	Sungai				
8	Jalan dan Jembatan				

**Aktivitas 3**

Penggunaan lahan sebagai lingkungan tempat hidup mencakup perencanaan dan optimalisasi dan pemanfaatan lahan, pemanfaatan air, dan pemanfaatan udara. Berdasarkan observasi yang anda lakukan, kemukakan hasil temuan anda dengan merujuk pada uraian dibawah ini!

**a. Pertambangan**

Faktor terbentuknya .....

.....

Komponen/subkomponen yang terlibat .....

.....

Permasalahan yang ditemukan .....

.....

**d. Pertanian**

Faktor terbentuknya .....

.....

Komponen/subkomponen yang terlibat .....

.....

Permasalahan yang ditemukan .....

.....

**e. Perindustrian**

Faktor terbentuknya .....

.....

Komponen/subkomponen yang terlibat .....

.....

Permasalahan yang ditemukan .....

.....

Gambar 4.1: Visualisasi Instruksi Pengamatan dan Pencatatan untuk Berbagai Jenis Lingkungan

Data yang dikumpulkan dari kegiatan pengamatan, digunakan sebagai dasar dalam merumuskan solusi berbasis bukti terhadap masalah lingkungan, seperti pencemaran limbah tambang emas. Pendekatan ini mengintegrasikan teori ekologi dengan konteks geografis dan sosial masyarakat lokal. Mahasiswa tidak hanya belajar mengenali masalah, tetapi juga mengembangkan rekomendasi konservasi berbasis hasil pengamatan. Hasil akhir dari program ini diharapkan mampu menciptakan kesadaran ekologis dalam kerangka literasi lingkungan dan meningkatkan kemampuan mahasiswa dalam menyusun strategi pelestarian lingkungan yang berkelanjutan, dengan melibatkan masyarakat sebagai mitra aktif dalam proses pembelajaran dan konservasi.

**4.1.4 Program pembelajaran memuat keterlibatan masyarakat lokal**

Keterlibatan masyarakat lokal menjadi salah satu karakteristik dalam program pembelajaran ekologi berbasis *citizen science*. Masyarakat lokal memiliki pemahaman yang lebih mendalam mengenai kondisi ekosistem dan masalah lingkungan yang ada di sekitar mereka, seperti dampak pencemaran

limbah tambang emas terhadap kualitas air dan kesehatan ekosistem. Keterlibatan masyarakat dalam program pembelajaran, dapat membantu mahasiswa dalam memperoleh wawasan langsung mengenai konteks sosial-ekologi yang tidak selalu dapat dipahami hanya melalui teori atau observasi jarak jauh. Keterlibatan masyarakat dalam pengumpulan data, analisis, dan pemantauan kualitas lingkungan meningkatkan pengetahuan mereka terhadap lingkungan. Melalui partisipasi aktif dalam proyek-proyek pemantauan kualitas air atau restorasi ekosistem, masyarakat dapat belajar mengenai pentingnya pelestarian lingkungan, serta berlatih untuk mengidentifikasi dan menangani masalah lingkungan secara praktis. Hal ini sangat penting dalam pemberdayaan komunitas yang menjadi bagian integral dari keberlanjutan ekosistem. Masyarakat yang memiliki pemahaman yang lebih baik tentang dampak pencemaran dapat lebih proaktif dalam menerapkan solusi berbasis masyarakat untuk mengurangi dampak negatif tersebut.

Pada kegiatan pembelajaran yang mereka ikuti, masyarakat tidak hanya terlibat dalam pengumpulan data atau pemantauan, tetapi juga dalam merumuskan strategi mitigasi pencemaran yang lebih relevan dan berkelanjutan. Kerjasama antara mahasiswa dan masyarakat memungkinkan pengembangan solusi yang berbasis pada pengetahuan lokal dan pengalaman praktis masyarakat dalam mengelola sumber daya alam. Sebagai contoh, masyarakat lokal bisa memberikan masukan tentang strategi yang sudah diterapkan secara tradisional, serta tantangan yang mereka hadapi terkait pengelolaan limbah tambang emas, yang kemudian dapat dikolaborasikan dengan pengetahuan ilmiah yang dimiliki oleh mahasiswa. Hal ini menciptakan solusi yang lebih holistik dan diterima oleh semua pihak yang terlibat. Gambaran keterlibatan masyarakat pada pembelajaran ekologi berbasis *citizen science* diuraikan pada Tabel 4.3.

**Tabel 4.3 Aktivitas Masyarakat dalam Kegiatan Pembelajaran Ekologi berbasis *Citizen science Project***

Tahapan Kegiatan	Uraian Aktivitas Masyarakat	<i>Output yang Diperoleh</i>
<i>Project Activity 3: Collect Data to Assess the Ecological Status of Rivers</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Masyarakat membantu dalam pengumpulan data lapangan terkait kualitas air dan kondisi ekosistem sungai.</li> <li>- Pengamatan terhadap flora dan fauna yang terpengaruh oleh limbah tambang emas.</li> <li>- Penggunaan alat pengukur kualitas air yang telah dilatih.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pemahaman masyarakat tentang kualitas air dan dampaknya terhadap ekosistem.</li> <li>- Pengetahuan lokal yang diperoleh dalam pengamatan lapangan yang dapat memperkaya data ilmiah.</li> <li>- Keterlibatan masyarakat dalam pengumpulan data meningkatkan rasa tanggung jawab mereka terhadap lingkungan.</li> </ul>
<i>Project Activity 4: Manage the Data (Data Analysis and Synthesis)</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Masyarakat dilibatkan dalam analisis dan sintesis data yang telah dikumpulkan.</li> <li>- Diskusi bersama mahasiswa untuk menginterpretasikan hasil data dan memberikan wawasan terkait faktor-faktor lokal yang mempengaruhi kualitas air.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pemahaman masyarakat meningkat tentang bagaimana data digunakan untuk menilai kondisi lingkungan.</li> <li>- Keterlibatan masyarakat dalam analisis mengarah pada pengembangan kemampuan mereka dalam pemecahan masalah berbasis data.</li> </ul>
<i>Project Activity 5: Mini-project and Dissemination of Product</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Masyarakat bekerja sama dengan mahasiswa dalam melaksanakan <i>mini-project</i> berbasis data untuk mengurangi dampak pencemaran.</li> <li>- Masyarakat membantu menyebarkan hasil <i>mini-project</i> kepada komunitas yang lebih luas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Peningkatan keterampilan masyarakat dalam mengelola dan menerapkan solusi berbasis bukti untuk mitigasi pencemaran.</li> <li>- Masyarakat menjadi agen perubahan yang aktif dalam edukasi lingkungan di komunitas mereka.</li> <li>- Tanggung jawab kolektif dalam menjaga kualitas lingkungan semakin terbangun di kalangan masyarakat.</li> </ul>

Aktivitas yang termuat di dalam rangkaian tahapan proyek memberikan indikasi positif terkait dengan peningkatan pengetahuan, kesadaran lingkungan, pengembangan keterampilan praktis, dan pemberdayaan masyarakat dalam pengelolaan dan pemecahan masalah lingkungan. Keterlibatan masyarakat lokal dalam setiap fase proyek memberikan kesempatan dalam memperkaya data ilmiah, serta memastikan bahwa solusi yang dihasilkan relevan dan dapat diterapkan secara efektif dalam konteks lokal.

#### **4.1.5 Proyek *citizen science* memuat tahapan untuk mengkomodir terbentuknya keterampilan pemecahan masalah, literasi lingkungan dan literasi keberlanjutan**

Implementasi program pembelajaran ekologi berbasis *citizen science* diorganisir melalui berbagai tahapan yang saling terhubung. Mulai dari aktivitas 1 yaitu mempromosikan dan mengorientasi masalah, hingga aktivitas 6 yaitu hasil dari proyek. Tahapan pembelajaran ekologi berbasis *citizen science* memiliki korelasi dengan tahapan pemecahan masalah yang digunakan dalam penelitian ini. Tahapan Pembelajaran merupakan representasi untuk melatih tahapan pemecahan masalah bagi mahasiswa, di mana setiap aktivitas dalam program ini secara langsung mengarah pada pengembangan keterampilan kritis yang diperlukan dalam memecahkan masalah lingkungan. Setiap tahapan dalam pembelajaran berbasis *citizen science* ini mendukung proses pengembangan keterampilan pemecahan masalah yang aplikatif dalam konteks nyata, yang sangat penting dalam mengatasi masalah lingkungan di masyarakat. Uraian korelasi melatih keterampilan pemecahan masalah bagi mahasiswa secara sederhana di susun dalam matriks yang disajikan pada Tabel 4.4.

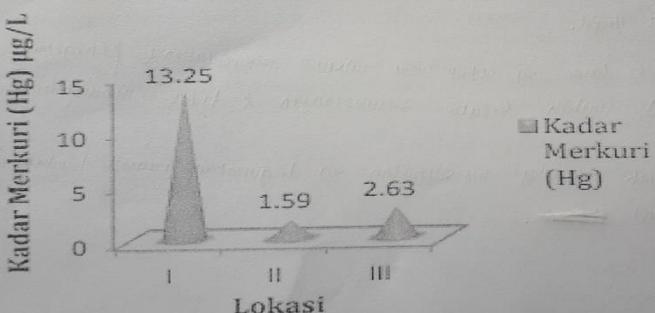
**Tabel 4.4 Hubungan Tahapan Program Pembelajaran dan Tahapan Keterampilan Pemecahan Masalah**

<b>Tahapan Pembelajaran Ekologi Berbasis <i>Citizen Science</i></b>	<b>Tahapan Pemecahan Masalah</b>
<i>Project Activity 1: Promote and Orient Issues</i>	Tahapan 1 (memahami masalah). Pada tahap ini, mahasiswa dan masyarakat memahami isu kerusakan ekosistem sungai akibat penambangan emas, yang merupakan inti dari masalah yang akan dipecahkan.

<b>Tahapan Pembelajaran Ekologi Berbasis <i>Citizen Science</i></b>	<b>Tahapan Pemecahan Masalah</b>
<i>Project Activity 2: Focus Group Discussion</i>	Tahapan 2 (mengidentifikasi akar masalah). Diskusi mendalam yang memungkinkan mahasiswa untuk mengidentifikasi penyebab utama kerusakan sungai, seperti aktivitas penambangan ilegal dan dampaknya terhadap ekosistem.
<i>Project Activity 3: Collect Data to Assess the Potential or Ecological Status of Rivers</i>	Tahapan 2 (mengidentifikasi akar masalah). Pengumpulan data lingkungan membantu mengidentifikasi aspek spesifik dari kerusakan ekosistem yang disebabkan oleh penambangan emas, seperti pencemaran air atau kehilangan biodiversitas.
<i>Project Activity 4: Manage the Data (Data Analysis and Synthesis)</i>	Tahapan 3 (merumuskan alternatif solusi). Analisis dan sintesis data memberikan wawasan tentang kondisi ekologi sungai, yang kemudian digunakan untuk merumuskan berbagai solusi untuk mengatasi kerusakan yang teridentifikasi.
<i>Project Activity 5: Mini-project and Dissemination of Product</i>	Tahapan 4 (menetapkan solusi terbaik). Dalam <i>mini-project</i> , mahasiswa mengembangkan solusi berbasis edukasi yang dapat mengurangi dampak negatif penambangan emas, yang kemudian disebarluaskan untuk diterima oleh masyarakat sebagai solusi yang layak.
<i>Project Activity 6: Evaluate the Outcomes of Project</i>	Tahapan 4 (menetapkan solusi terbaik). Evaluasi hasil proyek membantu menilai apakah solusi yang diterapkan efektif dalam mengatasi masalah dan memberikan umpan balik untuk perbaikan atau perubahan solusi di masa mendatang.

Secara keseluruhan, uraian tahapan yang digambarkan pada Tabel 4.4 mengindikasikan terbentuknya keterampilan pemecahan masalah yang aplikatif, keterampilan berpikir kritis, kemampuan dalam merumuskan solusi berbasis data, serta kemampuan untuk berkolaborasi dengan berbagai pihak dalam menyelesaikan masalah lingkungan sebagai bentuk output dari kegiatan pembelajaran yang berkaitan dengan keterampilan pemecahan masalah. Pada rangkaian tahapan mahasiswa dilatih untuk mengidentifikasi dan menganalisis masalah, serta merancang, menerapkan, dan mengevaluasi solusi yang berdampak positif bagi masyarakat dan ekosistem. Keterampilan ini sangat penting dalam konteks pendidikan berbasis lingkungan yang menekankan pada kesadaran ekologis dan keberlanjutan, dan juga memberi mahasiswa pengalaman langsung dalam menangani permasalahan lingkungan yang nyata. Proses pembelajaran ini

memperkuat sikap reflektif mahasiswa dalam mengevaluasi efektivitas tindakan mereka dan menyesuaikannya berdasarkan hasil evaluasi. Selain itu, keterampilan mahasiswa dalam mempresentasikan hasil temuan dapat teridentifikasi melalui lembar jawaban dari penilaian keterampilan pemecahan masalah. Indikasi keberhasilan dari penguatan keterampilan pemecahan masalah ini tervisualisasi dalam Gambar 4.2.

No	Soal	Jawaban
1.	<p>Perhatikan teks informasi dan grafik berikut.</p> <p>Ada satu penelitian tentang kajian logam berat yang dilakukan di daerah aliran sungai Batanghari (segmen sitiung). Sampel yang diambil pada penelitian ini berasal dari 3 titik yang berbeda. Berdasarkan hasil pengujian kandungan logam berat Hg untuk tiga sampel diperoleh informasi bahwa nilai maksimum terdapat pada titik lokasi 1 sebesar 13,25 ppb dimana pada lokasi tersebut terdapat dua lahan akses terbuka yang merupakan tempat strategis untuk melakukan penambangan emas. Di lokasi tersebut juga ditemukan beberapa perahu penambang emas dengan menggunakan mesin yang bersandar di pinggir sungai dan sedang melakukan aktivitas penambangan. Data hasil pengujian sampel disajikan pada diagram berikut.</p> <p>Sumber: <a href="https://doi.org/10.25077/jfu.9.4.510-516.2020">https://doi.org/10.25077/jfu.9.4.510-516.2020</a></p> 	<ol style="list-style-type: none"> <li>Lakukan identifikasi masalah dengan tepat, sesuai dengan fakta yang disajikan</li> <li>Lakukan identifikasi terhadap akar masalah (penyebab dari masalah ini).</li> <li>Uraikan rencana penyelesaian (solusi) dari masalah ini, minimal 2 solusi</li> <li>Memberikan penjelasan tentang kelebihan ataupun kekurangan dari solusi yang telah diuraikan pada point c.</li> </ol>
		<p>a. Ini permasalahan dari teks bentuk di atas adalah tingginya kandungan logam berat merkuri (Hg) di lokasi penelitian, pada lokasi Terutama pada titik lokasi 1 yg mencapai 13,25 ppm. lokasi tsb merupakan area strategis untuk penambangan emas dg adanya dua lahan akses terbuka.</p> <p>b. penambangan Emas sering kali melibatkan penggunaan merkuri, dan penggunaan tsb dapat menyebabkan peningkatan kandungan logam berat, sperti merkuri, di lingkungan.</p> <p>c. - pengawasan ketat dan penegakan hukum - Edukasi &amp; penggantian teknologi</p> <p>d. - pengawasan ketat &amp; penegakan hukum. <del>Kelebihan</del> dapat secara efektif mengurangi aktivitas penambangan ilegal. - keberuangannya memulihkan sumber daya yg cukup besar untuk pengawasan &amp; penegakan hukum terhadap perubahan pembuangan limbah secara sembarangan &amp; tidak mematuhi aturan lingkungan hidup.</p> <p>d. kelebihan dari solusi pertama adalah teknologi bio sorptan yg digunakan rawan lingkungan dan dapat mempercepat proses biodegradasi <del>merusak</del>.</p>

Gambar 4.2: Visualisasi Jawaban Mahasiswa pada Instrumen Keterampilan Pemecahan Masalah

Tahapan pembelajaran ekologi berbasis *citizen science* juga mengakomodir terbentuknya literasi lingkungan pada mahasiswa dan literasi keberlanjutan masyarakat. Pada tahapan pembelajaran ekologi berbasis *citizen science*, literasi lingkungan dapat terbentuk melalui pengenalan konsep dasar ekologi dan isu lingkungan, pada tingkat lokal dan global. Proses terbentuknya literasi lingkungan pada individu mahasiswa diperoleh dalam bentuk kesadaran terhadap isu-isu lingkungan yang relevan dan mendalam melalui pengenalan konsep dasar ekologi dan isu lingkungan pada tingkat lokal dan dampaknya pada tingkat global. Pada tahapan awal, mahasiswa diarahkan untuk mempelajari masalah ekologis, seperti pencemaran sungai akibat limbah tambang emas, serta diberdayakan untuk memahami akar penyebab masalah tersebut, menganalisis dampaknya, dan merumuskan solusi berbasis data. Melalui serangkaian tahapan yang melibatkan pengumpulan dan analisis data lingkungan, mahasiswa mengembangkan keterampilan berpikir dan kemampuan untuk mengidentifikasi, mengevaluasi, dan menerapkan solusi yang berkelanjutan. Proses ini juga mengajarkan mahasiswa untuk membuat keputusan berbasis bukti, yang penting dalam konteks pemecahan masalah lingkungan yang kompleks.

Sementara itu, literasi keberlanjutan pada individu masyarakat terbentuk melalui keterlibatan langsung masyarakat dalam setiap pembelajaran yang dilakukan bersama mahasiswa. Melalui pengenalan masalah lingkungan yang dihadapi, seperti kerusakan ekosistem akibat penambangan ilegal, masyarakat mulai menyadari dampak jangka panjang terhadap lingkungan mereka dan kehidupan sehari-hari. Keterlibatan mereka dalam pengumpulan data, diskusi, dan penerapan solusi berbasis edukasi tidak hanya memperluas pemahaman tentang keberlanjutan tetapi juga memotivasi mereka untuk mengambil tindakan yang berkelanjutan. Masyarakat diajak untuk mengimplementasikan solusi yang dapat mengurangi dampak kerusakan ekosistem, memperkuat keberlanjutan sumber daya alam, dan meningkatkan kualitas hidup mereka. Gambaran hubungan antara tahapan pembelajaran ekologi berbasis *citizen science*, literasi lingkungan bagi mahasiswa, dan literasi keberlanjutan bagi masyarakat, berikut ini disajikan Tabel

4.5 yang menggambarkan kontribusi masing-masing tahapan pembelajaran terhadap terbentuknya literasi tersebut.

**Tabel 4.5 Hubungan Tahapan Pembelajaran dan terbentuknya Literasi Lingkungan serta Literasi Keberlanjutan**

<b>Tahapan Pembelajaran Ekologi Berbasis Citizen Science</b>	<b>Literasi Lingkungan bagi Mahasiswa</b>	<b>Literasi Keberlanjutan bagi Masyarakat</b>
<i>Project Activity 1: Promote and Orient Issues</i>	Mahasiswa mulai memahami masalah lingkungan dengan mendalam, seperti pencemaran sungai akibat penambangan emas. Mereka mengenal isu-isu ekologis dan dampaknya terhadap kehidupan.	-
<i>Project Activity 2: Focus Group Discussion</i>	Mahasiswa dilatih untuk mengidentifikasi akar masalah dan menganalisis faktor penyebab kerusakan lingkungan, memperdalam pemahaman mereka tentang isu-isu lingkungan.	-
<i>Project Activity 3: Collect Data to Assess the Potential or Ecological Status of Rivers</i>	Mahasiswa mengumpulkan data yang membantu mereka memahami kondisi ekosistem sungai. Mereka belajar untuk mengidentifikasi indikator-indikator ekologi dan memahami pentingnya data sebagai dasar untuk mengatasi permasalahan lingkungan.	Masyarakat dilibatkan dalam pengumpulan data lingkungan, yang membantu mereka memahami kondisi sungai dan memberikan mereka alat untuk memantau dan melindungi lingkungan secara aktif.
<i>Project Activity 4: Manage the Data (Data Analysis and Synthesis)</i>	Mahasiswa menganalisis data yang dikumpulkan untuk merumuskan solusi berbasis bukti yang mendukung keberlanjutan ekosistem. Mereka mengembangkan keterampilan dalam pengambilan keputusan berdasarkan data ilmiah.	Masyarakat diberi akses kepada hasil analisis untuk membantu mereka memahami cara-cara berbasis data dalam menjaga keberlanjutan lingkungan mereka. Pemahaman ini memperkuat keterlibatan mereka dalam pengelolaan lingkungan yang berkelanjutan.
<i>Project Activity 5: Mini-project and Dissemination of Product</i>	Mahasiswa merancang solusi berbasis edukasi untuk mengurangi dampak pencemaran. Mereka mengembangkan keterampilan dalam merancang, menerapkan, dan menyebarluaskan solusi yang berkelanjutan.	Masyarakat dilibatkan dalam <i>mini-project</i> , seperti program edukasi lingkungan atau tindakan pengurangan dampak pencemaran. Ini memberikan mereka pengetahuan praktis yang dapat diterapkan dalam kehidupan sehari-hari untuk meningkatkan keberlanjutan.

<b>Tahapan Pembelajaran Ekologi Berbasis Citizen Science</b>	<b>Literasi Lingkungan bagi Mahasiswa</b>	<b>Literasi Keberlanjutan bagi Masyarakat</b>
<i>Project Activity 6: Evaluate the Outcomes of Project</i>	Mahasiswa melakukan evaluasi untuk menilai efektivitas solusi yang diterapkan, memberi umpan balik untuk perbaikan. Mereka belajar untuk menganalisis dampak jangka panjang dari solusi yang diterapkan.	Masyarakat berpartisipasi dalam evaluasi untuk menilai dampak proyek terhadap keberlanjutan lingkungan. Hal ini memperkuat pemahaman mereka tentang pentingnya evaluasi dan refleksi dalam memastikan bahwa solusi yang diterapkan benar-benar berkelanjutan.

Program pembelajaran ekologi berbasis *citizen science* mengakomodir literasi lingkungan bagi mahasiswa dan literasi keberlanjutan bagi masyarakat melalui serangkaian tahapan yang terstruktur dan kolaboratif. Pada tahap awal, mahasiswa diperkenalkan dengan konsep dasar ekologi dan isu lingkungan, seperti pencemaran sungai akibat limbah tambang emas, yang memicu kesadaran mereka terhadap masalah lingkungan lokal dan global. Melalui pengumpulan dan analisis data lingkungan, mahasiswa tidak hanya mengembangkan keterampilan ilmiah, tetapi juga kemampuan berpikir kritis dalam mengidentifikasi akar masalah dan merumuskan solusi berbasis bukti. Proses ini memperkuat literasi lingkungan mereka, terutama dalam memahami kompleksitas masalah ekologis dan pentingnya pengambilan keputusan yang berkelanjutan. Di sisi lain, masyarakat terlibat secara aktif dalam setiap tahapan proyek, mulai dari pengumpulan data hingga penerapan solusi praktis. Keterlibatan ini tidak hanya meningkatkan pemahaman mereka tentang dampak jangka panjang kerusakan lingkungan, tetapi juga memotivasi mereka untuk mengambil tindakan nyata dalam menjaga keberlanjutan sumber daya alam.

#### **4.1.6 Struktur LKM mengakomodir kegiatan proyek *citizen science***

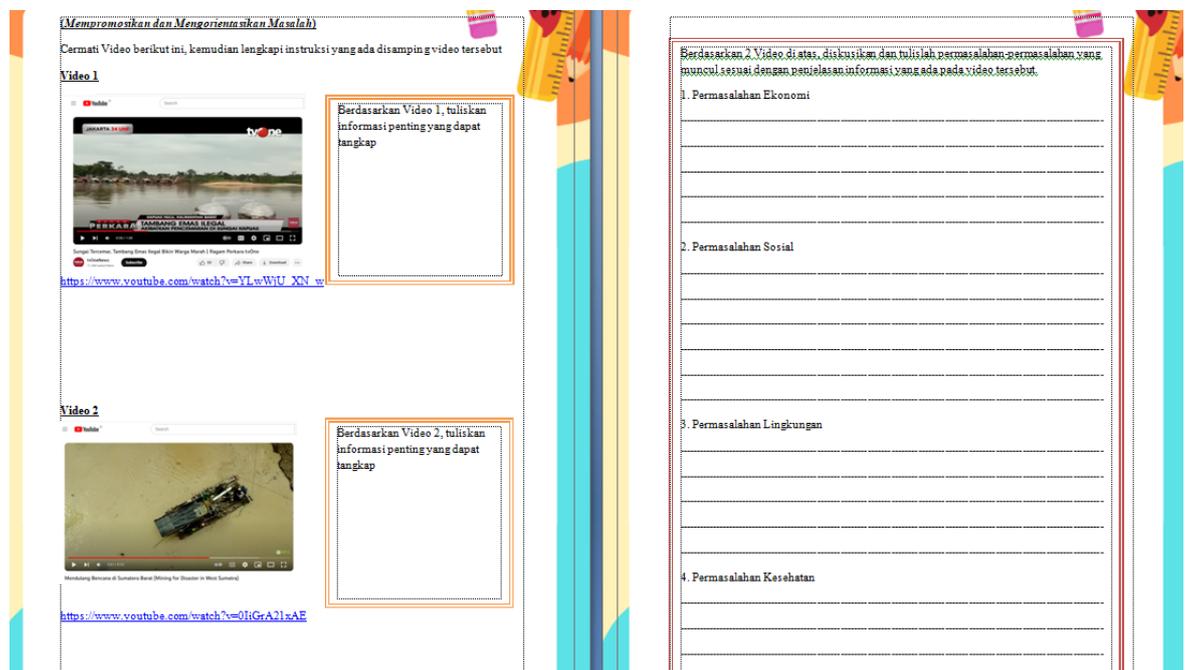
Struktur LKM disusun untuk mengakomodir tahapan kegiatan proyek *citizen science*, sehingga memastikan proses pembelajaran ekologi berlangsung secara terstruktur, terarah, dan efektif. LKM berfungsi sebagai panduan yang

memfasilitasi mahasiswa dalam mengikuti setiap tahapan proyek, mulai dari pengenalan masalah lingkungan, pengumpulan data, analisis, hingga penyusunan solusi berbasis bukti. Melalui LKM, mahasiswa diarahkan untuk memahami konsep-konsep ekologi secara teoritis, serta terlibat langsung dalam kegiatan lapangan yang aplikatif, seperti observasi lingkungan, identifikasi indikator ekologi, dan pemantauan kualitas air. Struktur LKM yang terintegrasi dengan tahapan proyek *citizen science* ini memungkinkan mahasiswa untuk mengembangkan keterampilan ilmiah, berpikir kritis, dan kolaboratif, sekaligus memastikan bahwa setiap tahapan pembelajaran dapat tercapai dengan optimal. Adapun gambaran rangkaian pembelajaran ekologi berbasis *citizen science* yang didukung oleh struktur LKM beserta revisi hasil uji coba terbatas diuraikan sebagai berikut.

### **1. *Promote and orient issues***

#### **a. Uraian kegiatan *project activity 1***

Pada tahapan *Project Activity 1: promote and orient issues*, mahasiswa memulai kegiatan dengan mencermati video sesuai dengan instruksi di dalam LKM. Video tersebut mengangkat isu kerusakan ekosistem sungai Batanghari akibat aktivitas penambangan emas. Tahapan mempromosikan dan mengoreintasikan masalah pada sesi ini dilakukan dengan mengarahkan mahasiswa untuk menuliskannya di dalam LKM terkait informasi-informasi penting yang terdapat dalam video, termasuk dampak penambangan emas terhadap berbagai aspek kehidupan. Setelah menyaksikan video, mahasiswa melanjutkan dengan mendiskusikan berbagai permasalahan yang muncul dari video tersebut. Diskusi difokuskan pada isu-isu yang terkait dengan aspek ekonomi, sosial, lingkungan, dan kesehatan, yang semuanya saling berkaitan dengan kerusakan sungai yang disebabkan oleh penambangan emas. Adapun gambaran instruksi untuk mahasiswa terkait kegiatan mempromosikan dan mengoreintasikan masalah pada LKM disajikan pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3: Visualisasi Instruksi dalam LKM terkait Mempromosikan dan Mengoreintasikan Masalah

**b. Revisi terkait hambatan tentang permasalahan waktu yang dibutuhkan mahasiswa dalam menyusun rencana dan *mini-project***

Implementasi tahapan ini memperhatikan kendala yang dihadapi oleh mahasiswa pada uji coba terbatas khususnya terkait dengan permasalahan waktu yang dibutuhkan mahasiswa dalam menyusun rencana dan *mini-project*. Efektivitas penggunaan waktu dalam tahapan imlementasi pembelajaran, dilakukan dengan mengeliminasi beberapa bagian kegiatan pengamatan video 3 dan 4. Penghapusan kedua video ini bertujuan untuk menghemat waktu yang sebelumnya digunakan untuk materi tambahan yang tidak langsung mendukung tahapan perencanaan *mini-project*. Dengan pengurangan video pengamatan tersebut, waktu yang tersisa dapat dimanfaatkan untuk lebih mendalami penyusunan *mini-project* pada tahapan pertama ini. Sehingga mahasiswa dapat lebih maksimal dalam merancang proyek mereka. Hal ini memungkinkan mahasiswa untuk fokus pada kegiatan yang lebih relevan dan penting dalam

perencanaan *mini-project*, sekaligus meningkatkan kualitas hasil akhir proyek yang akan mereka hasilkan.

Pada tahapan ini juga dilakukan pendampingan dalam proses *brainstorming* terarah yang memfasilitasi mahasiswa untuk mengembangkan ide proyek secara sistematis. Dosen memberikan panduan yang jelas tentang aspek-aspek penting yang harus dipertimbangkan dalam proyek berbasis masyarakat, seperti keterlibatan komunitas lokal, relevansi dengan isu lingkungan, dan pendekatan komunikasi yang tepat. Proses *brainstorming* ini memberikan kesempatan kepada mahasiswa untuk mengembangkan ide-ide mereka dengan arah yang lebih fokus dan terstruktur, sehingga mereka tidak hanya merumuskan proyek secara abstrak, tetapi dapat mengidentifikasi langkah-langkah konkret yang diperlukan untuk mencapai tujuan yang diinginkan.

Selain itu, pembimbingan berkala dengan umpan balik yang spesifik dan berbasis pada perkembangan proyek juga diterapkan. Umpan balik yang diberikan tidak hanya mencakup aspek-aspek teknis, tetapi juga memberikan arahan terkait pengembangan ide dan perbaikan yang perlu dilakukan. Dengan bimbingan ini, mahasiswa dapat lebih memahami langkah-langkah yang perlu diperbaiki untuk mencapai tujuan yang lebih jelas dan aplikatif dalam konteks lingkungan, khususnya terkait pencemaran yang disebabkan oleh aktivitas penambangan emas. Untuk lebih mendukung perancangan *mini-project* yang efektif, mahasiswa juga diberikan kerangka proyek sederhana yang mencakup elemen-elemen utama ide, tujuan, sasaran, alat dan bahan yang digunakan, serta sketsa langkah-langkah yang perlu diambil. Dengan adanya panduan ini, mahasiswa akan lebih mudah memahami struktur dasar proyek dan dapat menyesuaikannya dengan konteks lokal serta masalah yang ada di sekitar mereka, seperti dampak penambangan emas terhadap ekosistem sungai. Akses ke referensi yang relevan seperti artikel ilmiah, studi kasus, dan materi pendukung lainnya juga disediakan untuk memperkaya pengetahuan mahasiswa, sehingga mereka dapat mengembangkan proyek berbasis bukti yang lebih kuat dan relevan.

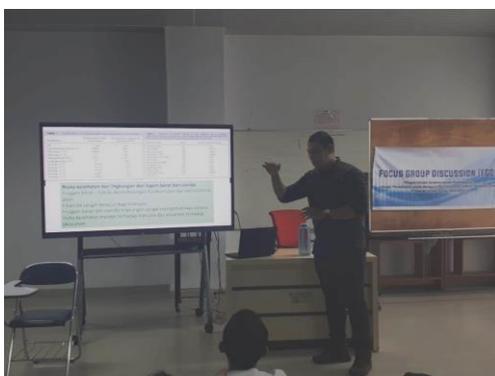
Selanjutnya, kerja sama kelompok juga ditekankan untuk memperkuat proses perancangan *mini-project*. Mahasiswa didorong untuk berbagi ide dan

saling melengkapi keterampilan dalam kelompok, di mana pembagian tugas yang efektif menjadi kunci untuk mencapai hasil yang optimal. Setiap anggota kelompok dapat fokus pada bagian tertentu dari proyek yang sesuai dengan keahlian mereka, seperti pengumpulan data atau analisis. Melalui pendekatan ini, diharapkan mahasiswa dapat menyelesaikan *mini-project* secara kolaboratif, menghasilkan proyek yang berkualitas tinggi, dan memberikan solusi yang aplikatif untuk masalah pencemaran lingkungan, khususnya terkait dengan limbah penambangan emas di daerah aliran sungai.

## **2. Focus Group Discussion**

### **a. Uraian kegiatan *project activity 2***

*Focus Group Discussion* (FGD) memfasilitasi mahasiswa untuk berinteraksi dengan narasumber yang memiliki keahlian di bidang lingkungan, dan berpengalaman dalam penanggulangan dampak penambangan emas terhadap ekosistem. Narasumber akan berbagi pengetahuan dan pengalaman praktis, serta memberikan wawasan tentang pendekatan-pendekatan yang efektif dalam mengatasi masalah lingkungan. Dengan adanya narasumber, mahasiswa tidak hanya mendapatkan informasi teoritis, tetapi juga panduan praktis yang akan memperkaya pemahaman mereka, meningkatkan kualitas diskusi, dan membantu mahasiswa dalam merumuskan solusi yang lebih aplikatif dan realistis untuk proyek mereka. Kegiatan FGD didokumentasikan pada Gambar 4.4, dimana narasumber menjelaskan potensi kerusakan lingkungan yang diakibatkan oleh merkuri dan sianida dari limbah penambangan emas.



Gambar 4.4: Narasumber Menjelaskan Potensi Kerusakan Lingkungan Akibat Merkuri dan Sianida dalam Kegiatan FGD

Kegiatan FGD yang disajikan pada Gambar 4.4 memberikan ilustrasi dimana mahasiswa memiliki kesempatan untuk berdiskusi secara mendalam dengan dengan narasumber yang hadir mengenai permasalahan yang telah mereka identifikasi terkait dengan pencemaran lingkungan, khususnya dampak penambangan emas di daerah aliran sungai. FGD ini bertujuan untuk memperkaya pemahaman mahasiswa tentang kompleksitas masalah yang dihadapi masyarakat, dengan melibatkan berbagai perspektif dan pemikiran dari peserta diskusi. Dalam sesi ini, mahasiswa bekerja sama untuk mengeksplorasi berbagai dimensi masalah, baik dari segi sosial, ekonomi, maupun lingkungan, serta mencari solusi yang sesuai dengan konteks lokal. FGD juga menyelaraskan rumusan masalah yang telah disusun oleh mahasiswa pada tahapan *promote and orient issues* yang kemudian diperdalam sesuai instruksi yang ada di dalam LKM seperti yang terdokumentasi pada cuplikan Gambar 4.5.

**Pertemuan ke 2 (FGD dengan Ahli dan Merencanakan Mini Project)**

Hasil FGD

Tuliskan daftar pertanyaan terkait dengan rumusan masalah anda yang dibahas dalam FGD yang tidak hanya datang dari kelompok anda

Pertanyaan yang terkait dengan rumusan masalah yang dibahas dalam FGD

Tuliskan informasi yang diperoleh dari FGD, terkait erat dengan rumusan masalah anda

Gambar 4.5: Cuplikan LKM yang Menginstruksikan untuk Menghimpun Informasi terkait Rumusan Masalah dari Kegiatan FGD

LKM memfasilitasi fungsi FGD sebagai sarana yang menyediakan bagi mahasiswa untuk memperkuat pemahaman mengenai relevansi masalah yang dihadapi masyarakat dan pentingnya pendekatan berbasis masyarakat dalam mencari solusi, bagian ini telah di arahkan melalui LKM seperti yang disajikan

pada gambar 4.4. Melalui diskusi yang terstruktur dan terarah, mahasiswa dapat menyusun rumusan masalah yang lebih jelas dan komprehensif, yang nantinya akan menjadi dasar bagi perencanaan dan pelaksanaan *mini-project* mereka. Arahan terkait tahapan ini memfasilitasi mahasiswa untuk memfokuskan *mini-project* mereka pada satu kegiatan yang paling relevan dengan tema yang diangkat oleh kelompok masing-masing. LKM juga telah menyediakan lembar untuk menguraikan rencana *mini-project* mahasiswa. Instruksi terkait kegiatan menguraikan rencana *mini-project* di dalam LKM disajikan pada Gambar 4.6.

Lakukan studi literature dari berbagai sumber untuk menemukan alternative solusi dari masalah. Kemudian rumuskan solusi tersebut dalam bentuk sketsa rencana-rencana *mini project*.

Rencana *mini project* 1

Nama Project:

Tujuan :

Sasaran :

Alat dan bahan yang digunakan:

Estimasi biaya:

Gambar 4.6: Tampilan LKM yang Menginstruksikan Mahasiswa untuk Menguraikan Rencana *Mini-project*

**b. Revisi terkait kendala yang dihadapi mahasiswa dalam merancang *mini-project* sesuai standar program pembelajaran**

Tahapan ini juga dikonsentrasikan untuk mengatasi permasalahan yang dihadapi mahasiswa pada temuan dari hasil uji coba terbatas khususnya pada bagian kendala yang dihadapi mahasiswa dalam merancang *mini-project* sesuai standar program pembelajaran. Penentuan fokus *mini-project* pada tahapan ini dilakukan setelah mahasiswa mendalami berbagai permasalahan lingkungan yang telah dibahas pada tahap sebelumnya, seperti kerusakan ekosistem sungai akibat

penambangan emas. Dalam FGD, mahasiswa melakukan diskusi dengan narasumber untuk memperoleh wawasan dan perspektif tambahan mengenai solusi yang bisa diambil dalam mengatasi masalah tersebut. Diskusi dengan narasumber ini menjadi kunci penting dalam memperkuat dan memperjelas arah masalah dan *mini-project* mereka, serta membantu mahasiswa untuk lebih fokus dalam merancang kegiatan yang praktis dan aplikatif. Narasumber yang memiliki pengetahuan teknis dan pengalaman di lapangan memberi masukan tentang langkah-langkah yang lebih konkret dan relevansi proyek mereka terhadap isu lingkungan yang ada, diantaranya adalah upaya mitigasi pencemaran air, pelestarian biodiversitas atau pemberdayaan ekonomi masyarakat. Dengan bimbingan ini, mahasiswa dapat memastikan bahwa *mini-project* yang mereka pilih bukan hanya sesuai dengan tema besar yang diangkat, tetapi juga dapat memberikan kontribusi yang nyata dalam menyelesaikan masalah lingkungan di daerah aliran sungai yang terdampak penambangan emas.

### ***3. Collect data to assess the potential or ecological status of rivers***

#### **a. Uraian kegiatan *project activity* 3**

Tahapan ini menekankan mahasiswa dan masyarakat untuk fokus pada pengumpulan data yang bertujuan untuk mengidentifikasi akar masalah yang mendasari kerusakan ekosistem di sepanjang aliran sungai yang terdampak oleh aktivitas penambangan emas. Pengumpulan data ini menjadi langkah awal yang sangat penting dalam memahami aspek-aspek spesifik dari kerusakan yang terjadi, seperti pencemaran air yang disebabkan oleh limbah logam berat dari proses penambangan, atau penurunan biodiversitas akibat perubahan habitat alami. LKM telah menyediakan prosedur pengumpulan data yang diuraikan dengan spesifik pada setiap bagian masing-masing. Sebagai contoh Gambar 4.7 menyajikan prosedur untuk melakukan tes Nitrit dengan menggunakan kertas strip tes. Melalui pengukuran parameter lingkungan seperti tingkat pH air, kandungan logam berat, suhu air, kadar oksigen terlarut, kadar nitrat dan nitrit, mahasiswa dapat mengidentifikasi perubahan signifikan dalam kualitas air yang dapat mengganggu keseimbangan ekosistem sungai.

### *Prosedur*

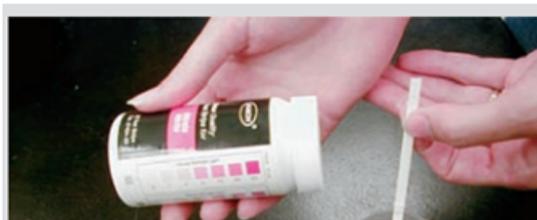
Dua tes dilakukan pada dua *pad* terpisah pada strip tes yang sama. Hapus jumlah strip tes yang diperlukan untuk sampel Anda, letakkan di permukaan yang bersih dan kering, lalu pasang kembali tutupnya. Beri label pada strip tes dengan nomor sampel atau letakkan di atas tisu atau selembar kertas yang sudah diberi label atau nomor. Simpan sisa strip tes pada suhu kamar dengan dalam wadah yang tertutup rapat.

### *Petunjuk Penggunaan Strip*

#### **Test Nitrit**

1. Celupkan strip ke dalam sampel selama 1 detik. Jangan biarkan di dalam air hingga terendam dan jangan kibaskan sisa air dari strip.
2. Pegang strip dengan rata atau letakkan di atas tisu datar yang bersih selama 30 detik. Perhatikan warna tes pad pada bagian yang lebih rendah kemudian bandingkan dengan warna tes kedua.

Catatan: pada tes nitrit ini, pada label botol terdapat gambar strip tes dengan dua pad. Gunakan ini sebagai panduan bagan warna mana yang cocok dengan setiap pad tes tersebut.



Gambar 4.7: Instruksi untuk Melakukan Tes Nitrit dengan Menggunakan Kertas Strip yang terdapat di dalam LKM

Selain itu, mahasiswa dan masyarakat juga akan melakukan survei terhadap keanekaragaman hayati di sekitar aliran sungai untuk melihat dampak hilangnya spesies penting akibat kerusakan lingkungan. Dengan data yang terkumpul, mahasiswa dapat lebih jelas mengidentifikasi akar permasalahan yang menyebabkan degradasi ekosistem sungai dan membuat hubungan yang lebih jelas antara aktivitas penambangan emas dan dampaknya terhadap lingkungan. Visualisasi kegiatan pengumpulan data di lapangan, ditampilkan pada Gambar 4.8. Hasil dari pengumpulan data ini tidak hanya memberikan pemahaman mendalam tentang kondisi ekosistem saat ini, tetapi juga memberikan dasar yang kuat untuk merumuskan solusi yang efektif dan berbasis bukti untuk mengatasi kerusakan yang ada.



Gambar a.  
Mahasiswa dan Masyarakat  
Melakukan Pengukuran Kualitas Air Sungai



Gambar b.  
Mahasiswa Melakukan Pengecekan Kembali  
terhadap Data Hasil Pengukuran yang telah  
Dicatat

Gambar 4.8: Dokumentasi Kegiatan Pengumpulan Data dan Mengukur Status  
Ekologi Sungai

Proses pengumpulan data memiliki peran krusial dalam mendasari pengembangan solusi konkret dalam *mini-project* mahasiswa. Setiap kelompok mahasiswa mengumpulkan data yang relevan, yang kemudian digunakan untuk memahami kondisi ekosistem sungai yang terdampak oleh aktivitas penambangan emas. Data tersebut mencakup berbagai aspek lingkungan, seperti kualitas air, biodiversitas, dan dampak sosial-ekonomi dari pencemaran yang terjadi. Berdasarkan data yang diperoleh, mahasiswa akan merumuskan solusi yang lebih tepat dan aplikatif sesuai dengan permasalahan yang telah mereka identifikasi.

**b. Revisi terkait kendala merumuskan solusi yang komprehensif serta kendala dalam membangun komunikasi dan hubungan emosional**

Kendala yang dihadapi pada saat uji coba program, khususnya terkait dengan merumuskan solusi yang komprehensif pada pencemaran limbah tambang emas di daerah aliran sungai diminimalisir melalui pendampingan khusus. Pendampingan ini bertujuan untuk memberikan arahan dan dukungan kepada mahasiswa agar dapat memahami lebih dalam kompleksitas isu yang mereka hadapi, serta bagaimana mengintegrasikan berbagai dimensi masalah, seperti aspek lingkungan, sosial, dan ekonomi, dalam merumuskan solusi. Pendampingan khusus juga membantu mahasiswa dalam menganalisis data dengan lebih teliti,

Susbiyanto, 2025

**PENGEMBANGAN PROGRAM PEMBELAJARAN EKOLOGI BERBASIS CITIZEN SCIENCE PROJECT TENTANG PENCEMARAN LIMBAH TAMBANG EMAS DI DAERAH ALIRAN SUNGAI UNTUK MENINGKATKAN KETERAMPILAN PEMECAHAN MASALAH DAN LITERASI LINGKUNGAN CALON GURU BIOLOGI SERTA LITERASI KEBERLANJUTAN MASYARAKAT**

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

memastikan bahwa solusi yang dikembangkan tidak hanya bersifat teoritis, tetapi juga realistis dan aplikatif. Pendekatan ini penting untuk memastikan bahwa setiap kelompok dapat merancang *mini-project* yang tidak hanya memenuhi standar akademik, tetapi juga dapat memberikan kontribusi yang signifikan dalam menyelesaikan masalah lingkungan yang dihadapi.

Tahapan ini juga melatih mahasiswa untuk mengumpulkan data lingkungan yang relevan, serta membangun komunikasi yang efektif dan menjalin interaksi yang hangat dengan masyarakat setempat yang terlibat dalam kegiatan program. Salah satu tujuan utama dari strategi ini adalah untuk mengatasi kendala mahasiswa dalam membangun komunikasi dan hubungan emosional yang dihadapi pada saat uji coba program. Interaksi tersebut terlihat pada Gambar 4.9.



Gambar 4.9: Mahasiswa Membimbing Masyarakat yang terlibat untuk Mempraktekkan Pengukuran Kadar Amonia yang Terkandung pada Air Sungai

Melalui strategi ini mahasiswa dilatih untuk mengedepankan empati, mendengarkan kebutuhan dan pengalaman warga, serta berinteraksi secara terbuka dan penuh perhatian, seperti yang terlihat pada Gambar 4.9, dimana mahasiswa mengarahkan masyarakat yang terlibat untuk mempraktekkan

pengukuran kadar amonia pada air sungai dan beberapa mahasiswa lainnya mendokumentasikan prektek pengukuran tersebut. Video dokumentasi tersebut diharapkan dapat digunakan kembali oleh masyarakat saat mereka nanti melakukan pengukuran mandiri. Interaksi seperti ini terlihat hampir disetiap aktivitas pengukuran kualitas air di lapangan. Visualisasi lainnya juga terdokumentasi pada kegiatan mengukur debit air sungai yang dilatihkan mahasiswa kepada masyarakat seperti pada Gambar 4.10.



Gambar 4.10: Mahasiswa Membimbing Masyarakat yang terlibat untuk Mempraktekkan Pengukuran Debit Air Sungai

Beberapa gambaran interaksi dalam kegiatan ini dibangun dengan komunikasi yang ramah dan empatik. Interaksi tersebut telah membentuk hubungan yang kuat antara mahasiswa dengan masyarakat sehingga dapat memperkuat keberlanjutan program, karena masyarakat merasa dihargai dan lebih termotivasi untuk berkolaborasi dalam upaya perbaikan lingkungan. Pendekatan ini juga mengajarkan mahasiswa pentingnya keterlibatan masyarakat dalam proyek berbasis lingkungan, sehingga solusi yang diusulkan dapat diterima dan dilaksanakan dengan baik oleh masyarakat setempat.

#### **4. *Manage the data (data analysis and synthesis)***

Tahapan ke empat mahasiswa melakukan analisis dan sintesis data yang telah dikumpulkan untuk mendapatkan wawasan mendalam tentang kondisi ekologi sungai yang terdampak oleh penambangan emas. Proses ini melibatkan pengolahan data secara sistematis, mulai dari identifikasi pola-pola kerusakan lingkungan hingga pemahaman tentang faktor-faktor yang mempengaruhi kondisi ekosistem sungai. Melalui kegiatan menganalisis data kualitas air, biodiversitas, serta dampak sosial-ekonomi yang tercatat, mahasiswa dapat memperoleh gambaran menyeluruh mengenai tingkat kerusakan dan potensi pemulihan ekosistem sungai.

Hasil dari analisis dan sintesis data ini menjadi dasar untuk merumuskan alternatif solusi yang tepat guna mengatasi masalah kerusakan yang teridentifikasi. Dengan wawasan yang diperoleh, setiap kelompok mahasiswa dapat mengembangkan berbagai solusi berbasis data yang lebih realistis dan berbasis bukti. Solusi ini melibatkan pendekatan multi-aspek, termasuk upaya pemulihan kualitas air, konservasi biodiversitas, serta pemberdayaan ekonomi masyarakat setempat untuk mengurangi dampak negatif penambangan emas. Proses sintesis data juga memberikan peluang bagi mahasiswa untuk mempertimbangkan berbagai perspektif dan alternatif solusi, sehingga dapat memilih pendekatan yang paling efektif dan aplikatif sesuai dengan kondisi lapangan. Dengan demikian, tahapan ini tidak hanya memperkaya pemahaman mahasiswa tentang isu yang dihadapi, tetapi juga memberikan mereka kemampuan untuk merumuskan solusi yang lebih komprehensif dan berbasis data dalam rangka memperbaiki kondisi lingkungan sungai.

Data yang diperoleh pada tahapan ini juga di jadikan dasar dalam penyusunan draft kegiatan *mini-project*. Beranjak dari data yang solid, setiap kelompok mahasiswa dapat mengembangkan solusi konkret yang berbasis pada temuan yang ada di lapangan. LKM telah memfasilitasi proses tersebut dengan menyediakan lembar penyusunan draft kegiatan *mini-project* yang ditampilkan pada Gambar 4.11.

Pilih salah satu mini project yang telah direncanakan sebagai solusi yang tepat terhadap masalah yang ditemukan langsung di lapangan dan tuliskan pada kolom di bawah ini.

*Mini project*

Nama Project:

Tujuan :

Sasaran :

Instrumen yang digunakan

Alat :

Bahan :

Prosedur Kerja

-----

-----

-----

-----

Gambar 4.11: Cuplikan LKM yang memuat Instruksi Penyusunan Draft Kegiatan *Mini-project*

Gambar 4.11 mengarahkan mahasiswa menyusun draft yang memuat tujuan, metodologi, langkah-langkah kegiatan, serta dampak yang diharapkan dari proyek mahasiswa. Draft ini berfungsi sebagai rencana awal yang komprehensif dan siap untuk divalidasi oleh dosen dan narasumber terkait. Proses validasi ini penting untuk memastikan bahwa solusi yang ditawarkan sesuai dengan standar yang diharapkan dan dapat diterapkan secara efektif di lapangan. Setelah draft selesai disusun, mahasiswa melanjutkan ke tahap presentasi untuk memaparkan rencana proyek mereka secara lisan di hadapan dosen dan narasumber. Tahap ini tidak hanya menjadi ajang uji kelayakan ide, tetapi juga sarana untuk mendapatkan masukan yang konstruktif dari pihak yang berkompeten. Proses ini memberikan kesempatan kepada mahasiswa untuk merevisi dan menyempurnakan proyek berdasarkan hasil diskusi dan umpan balik yang diberikan. Visualisasi proses

presentasi *mini-project* yang telah disusun oleh mahasiswa dan proses validasi dari dosen dan narasumber disajikan pada Gambar 4.12.



Gambar a.  
Mahasiswa Mempresentasikan *Mini-project*  
yang telah Dirancang



Gambar b.  
Narasumber dan Dosen Memberikan Saran  
terkait *Mini-project* yang telah  
Dipresentasikan

Gambar 4.12: Presentasi dan Proses Validasi *Mini-project* yang telah Disusun Mahasiswa

## 5. *Mini-project and dissemination of product*

### a. Uraian kegiatan *project activity 5*

Pada tahapan implemmentasi *mini-project* dan diseminasi hasil, mahasiswa mengimplementasikan solusi yang telah mereka rancang dalam *mini-project* mereka. Implementasi ini melibatkan langkah-langkah konkret seperti penyuluhan, pembuatan materi edukatif, atau pengorganisasian kegiatan kampanye untuk meningkatkan kesadaran masyarakat mengenai dampak negatif penambangan emas terhadap lingkungan, khususnya ekosistem sungai seperti yang didokumentasikan pada Gambar 4.13. Selama implementasi, mahasiswa berinteraksi langsung dengan masyarakat untuk memastikan bahwa solusi yang mereka tawarkan diterima dan dapat diterapkan dengan baik di lapangan. Tahapan implemmentasi *mini-project* merupakan bagian dari tahapan mengembangkan solusi berbasis edukasi yang dapat mengurangi dampak negatif penambangan emas terhadap ekosistem sungai. Dalam *mini-project* ini, mahasiswa menerapkan berbagai konsep yang telah mereka pelajari sebelumnya untuk merancang solusi yang tidak hanya teknis, tetapi juga sosial, dengan fokus pada perubahan perilaku

masyarakat. Setelah solusi tersebut diimplementasikan, langkah selanjutnya adalah mendiseminasikan produk *mini-project* kepada masyarakat setempat.

Proses diseminasi produk *mini-project* kepada khalayak yang lebih luas bertujuan untuk memperkenalkan solusi yang telah dikembangkan kepada berbagai pihak, seperti masyarakat, instansi terkait, atau kelompok lain yang dapat mendukung atau memanfaatkan hasil *mini-project*. Proses diseminasi dapat dilakukan melalui berbagai saluran, seperti presentasi, publikasi materi edukasi, atau kegiatan komunitas yang melibatkan diskusi dan pembagian informasi. Dengan diseminasi yang efektif, solusi yang diusulkan dapat diterima oleh masyarakat sebagai langkah yang layak dan bermanfaat dalam mengurangi dampak negatif penambangan emas, serta mendorong terjadinya perubahan perilaku yang lebih ramah lingkungan.

#### **b. Revisi terkait kendala dalam menguasai audiens**

Pada tahapan ini mahasiswa juga dilatih untuk menguasai audiens, saat menerapkan *mini-project* berupa edukasi ataupun penyuluhan yang telah mereka susun. Berbagai strategi dilakukan untuk menghindari terjadinya hambatan yang ditemukan pada uji coba program, khususnya hambatan dalam menguasai audiens (masyarakat) saat menerapkan *mini-project* yang telah mahasiswa susun. Salah satu strategi yang diterapkan adalah penggunaan bahasa yang sederhana serta penyusunan narasi yang mudah dipahami, agar konsep-konsep ilmiah yang disampaikan dapat diterima dengan baik oleh masyarakat. Pendekatan ini bertujuan untuk menyampaikan informasi secara jelas, menghindari penggunaan istilah teknis yang mungkin sulit dipahami oleh masyarakat awam, sehingga mereka lebih mudah memahami inti dari pesan yang disampaikan. Selain itu, strategi kedua adalah menempatkan mahasiswa dengan keterampilan komunikasi yang baik sebagai pemimpin kelompok (seperti yang terlihat pada Gambar 4.13), yang berperan penting dalam memimpin komunikasi dengan masyarakat. Pemimpin kelompok ini tidak hanya membantu anggota kelompok dalam membangun hubungan dengan masyarakat, tetapi juga berperan dalam mengoptimalkan koordinasi dan interaksi antar mahasiswa dan masyarakat, sehingga penyampaian edukasi dapat berjalan dengan lancar.



Gambar a.

Mahasiswa Mempresentasikan tentang *Eco-Enzyme* pada Kegiatan Penyuluhan agar Masyarakat Ikut Bergabung dalam Lokakarya Pelatihan Pembuatan *Eco-Enzyme*



Gambar b.

Narasumber FGD yang terlibat di lapangan memberikan arahan terkait kegiatan penyuluhan yang dilakukan mahasiswa

Gambar 4.13: Impelementasi *Mini-project* dalam Bentuk Kegiatan Penyuluhan

Strategi ketiga adalah mengarahkan mahasiswa untuk menggunakan pendekatan *empathy mapping*, yang memungkinkan mereka untuk memahami kebutuhan, harapan, dan kekhawatiran masyarakat dengan lebih mendalam. Pendekatan ini membantu mahasiswa menyesuaikan materi edukasi dengan konteks dan situasi masyarakat yang menjadi target, sehingga informasi yang diberikan lebih relevan dan mudah diterima.

Terakhir, pendekatan *community immersion* diterapkan untuk memperkuat hubungan emosional antara mahasiswa dan masyarakat. Adanya kegiatan keterlibatan langsung dalam kehidupan masyarakat, mahasiswa dapat membangun kepercayaan dan membentuk hubungan yang lebih kuat, yang pada gilirannya meningkatkan efektivitas dalam penyebaran informasi dan implementasi *mini-project*. Melalui pendekatan ini, mahasiswa tidak hanya memberikan solusi, tetapi juga belajar untuk berempati dan memahami dinamika sosial yang ada di masyarakat. Penerapan strategi ini di bawah bimbingan langsung narasumber dan juga peneliti.

Susbiyanto, 2025

**PENGEMBANGAN PROGRAM PEMBELAJARAN EKOLOGI BERBASIS CITIZEN SCIENCE PROJECT TENTANG PENCEMARAN LIMBAH TAMBANG EMAS DI DAERAH ALIRAN SUNGAI UNTUK MENINGKATKAN KETERAMPILAN PEMECAHAN MASALAH DAN LITERASI LINGKUNGAN CALON GURU BIOLOGI SERTA LITERASI KEBERLANJUTAN MASYARAKAT**

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

### **6. Evaluate the outcomes of project**

Pada tahapan ke enam, mahasiswa melakukan evaluasi untuk menilai efektivitas solusi yang telah diterapkan dalam *mini-project*. Evaluasi ini merupakan langkah penting dalam proses pemecahan masalah karena memungkinkan mahasiswa untuk menilai apakah solusi yang mereka kembangkan berhasil mengatasi permasalahan yang telah diidentifikasi, seperti dampak negatif penambangan emas terhadap ekosistem sungai dan kehidupan masyarakat. Kegiatan menganalisis hasil proyek, mendorong mahasiswa untuk menentukan apakah pendekatan yang digunakan selama implementasi proyek sesuai dengan tujuan yang diinginkan.

Evaluasi juga memberikan kesempatan untuk mengidentifikasi kekuatan dan kelemahan dari solusi yang diterapkan. Jika solusi yang diimplementasikan terbukti efektif, umpan balik yang positif akan memperkuat pendekatan yang telah diambil dan memberikan keyakinan bahwa solusi tersebut layak untuk dipertahankan atau diperluas. Sebaliknya, jika solusi tidak memberikan hasil yang diharapkan, evaluasi akan memberikan informasi penting untuk merumuskan perubahan atau perbaikan dalam pendekatan yang digunakan. Dengan demikian, evaluasi hasil proyek tidak hanya berfungsi sebagai alat untuk menilai keberhasilan, tetapi juga sebagai sarana untuk merumuskan solusi yang lebih baik dan lebih efektif di masa mendatang.

Proses evaluasi ini juga melibatkan refleksi atas seluruh tahapan yang dilalui dalam *mini-project*, termasuk pengumpulan data, analisis, dan diseminasi solusi kepada masyarakat. Umpan balik yang diperoleh dari masyarakat dan pihak terkait lainnya menjadi landasan penting untuk melakukan perbaikan dalam setiap aspek proyek. Dengan demikian, evaluasi hasil proyek merupakan tahap kritis yang membantu mahasiswa untuk terus meningkatkan keterampilan *problem-solving* mereka, serta memastikan bahwa solusi yang mereka tawarkan benar-benar memberikan dampak positif yang berkelanjutan bagi masyarakat dan lingkungan.

## 4.2 Peningkatan Keterampilan Pemecahan Masalah Calon Guru

Peningkatan keterampilan pemecahan masalah dianalisis melalui data pre-test dan post-test dengan pendekatan analisis stacking dan racking pada model Rasch. Analisis stacking digunakan untuk menggabungkan data pre-test dan post-test, sehingga memungkinkan pengukuran yang lebih komprehensif mengenai perubahan kemampuan pemecahan masalah sebelum dan sesudah program diterapkan. Metode stacking memudahkan perbandingan langsung antara data kedua pengujian ini dalam satu skala yang konsisten. Analisis stacking dilakukan untuk melihat tingkat perubahan keterampilan pemecahan masalah mahasiswa sebelum dan sesudah intervensi dengan menggunakan program pembelajaran ekologi berbasis *citizen science*. Hasil Analisis stacking memberi gambaran perubahan keterampilan pemecahan masalah mahasiswa di sajikan pada Tabel 4.6 yang merupakan *output* bagian *person entry*.

**Tabel 4.6 Analisis Person Entry Keterampilan Pemecahan Masalah**

Mahasiswa	Outfit MNSQ		Outfit ZSTD		PT-Measure Corr,		Total Score		Measure		Selisih Nilai Measure
	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	
01P	0,77	1,12	-0,89	0,4	0,53	0,13	21	56	-1,2	4,06	5,3
02P	1,18	0,94	0,72	-0,11	0,18	0,23	22	53	-1,1	3,27	4,3
03P	0,89	0,9	-0,34	-0,26	0,31	0,29	18	53	-1,5	3,27	4,8
04L	0,97	1,39	-0,03	1,17	0,5	0,31	19	44	-1,4	1,62	3
05P	1,8	1,27	2,6	1,02	0,01	-0,11	20	51	-1,3	2,86	4,2
06P	1,06	0,87	0,31	-0,05	0,43	0,21	22	57	-1,1	4,42	5,5
07P	0,54	1,49	-1,35	1,39	0,52	0,21	9	44	-2,53	1,62	4,2
08L	0,96	0,76	-0,05	-0,09	0,39	0,24	25	58	-0,81	4,89	5,7
09P	0,65	1,76	-1,38	1,82	0,64	0,23	16	37	-1,7	0,56	2,3
10P	0,88	1,22	-0,36	0,85	0,44	0,18	15	49	-1,8	2,48	4,3
11P	0,52	1,2	-1,78	0,55	0,68	0	30	56	-0,29	4,06	4,4
12L	0,6	1,26	-1,54	0,83	0,57	0,44	14	44	-1,91	1,62	3,5
13L	0,44	0,64	-2,46	-0,52	0,69	0,46	26	57	-0,71	4,42	5,1
14P	1,02	1,06	0,15	0,3	0,47	0,16	16	54	-1,7	3,51	5,2
15P	0,81	1,55	-0,53	1,4	0,51	0,3	12	39	-2,14	0,84	3
16L	0,73	1,01	-0,91	0,18	0,56	0,12	28	56	-0,51	4,06	4,6
17P	1,67	0,93	2,24	-0,19	0,1	0,2	19	50	-1,4	2,67	4
18L	0,8	1,09	-0,75	0,4	0,58	0,06	18	52	-1,5	3,06	4,6
19P	1,32	0,94	1,11	-0,02	0,14	0,17	27	55	-0,61	3,76	4,4
20P	0,66	0,6	-1,27	-1,45	0,66	0,41	15	46	-1,8	1,96	3,8

Mahasiswa	Outfit MNSQ		Outfit ZSTD		PT-Measure Corr,		Total Score		Measure		Selisih Nilai Measure
	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	
21P	0,32	1,31	-3,06	1,03	0,72	0,25	13	46	-2,02	1,96	4
22P	1,12	0,9	0,52	-0,05	0,27	0,23	20	56	-1,3	4,06	5,4
23P	1,05	1	0,29	0,11	0,65	0,3	17	43	-1,6	1,46	3
24L	1,04	0,83	0,24	-0,61	0,55	0,33	19	50	-1,4	2,67	4
25P	0,66	1,24	-0,99	0,74	0,54	0,21	10	42	-2,4	1,3	3,7
26L	0,86	0,73	-0,44	-0,77	0,07	0,5	17	54	-1,6	3,51	5,1
27P	0,67	1,05	-1,35	0,27	0,8	0,16	22	53	-1,1	3,27	4,4
28L	1,06	0,88	0,31	-0,39	0,66	0,27	24	50	-0,91	2,67	3,6
29L	1,19	1,03	0,76	0,21	0,33	0,14	16	52	-1,7	3,06	4,8
30P	0,75	1,06	-0,95	0,3	0,64	0,1	18	52	-1,5	3,06	4,6
<b>Mean</b>	0,98		-0,04				34,6		0,73		
<b>P, SD</b>	0,31		1,04				16,6		2,31		

Pada Table 4.6 terlihat jelas bahwa terdapat 30 mahasiswa yang mengikuti program ini. Nilai logit setiap mahasiswa berkaitan erat dengan jumlah skor yang mampu dikumpulkan oleh siswa sesuai hasil jawaban yang diberikan. Sebagai contoh mahasiswa dengan simbol 01P mampu mengumpulkan skor penilaian pada saat pre-test sebesar 21 point, dari skor total 60 point. Maka dalam permodelan Rasch nilai 21 poin tersebut diubah dalam fungsi logaritma menjadi -1,2 logit, dan data tersebut disajikan pada bagian *JMLE Measure* (kolom *measure*). Logit sendiri merupakan istilah yang digunakan dalam model Rasch untuk menunjukkan *Logarithm Odd Unit*, sedangkan nilai *JMLE Measure* merupakan ukuran yang terstandarisasi untuk menggambarkan kemampuan mahasiswa yang diuji. Pada analisis model Rasch kemampuan mahasiswa diberi istilah *Logit Value Person* (LVP) (Sumintono & Widiharso, 2013).

Pada hasil analisis yang diperoleh, menunjukkan bahwa nilai rata-rata *infit* dan *outfit* dari *mean square* yang mendekati skor 1 (0,98). Hasil ini memberikan indikasi bahwa pola jawaban yang diberikan oleh mahasiswa memiliki konsistensi yang baik. Analisis perubahan keterampilan pemecahan masalah pada bagian ini dilakukan dengan mengacu pada nilai *measure* (LVP), nilai *mean* dan standar deviasi (P.SD) yang disajikan pada Tabel 4.6. Nilai rata-rata P.SD dan *Mean* digunakan sebagai acuan untuk mengategorikan tingkat kemampuan mahasiswa.

Pengelompokkan tingkat kemampuan dalam analisis ini ditentukan dari dimensi atau jarak antara P.SD dan *Mean* dimana jarak tersebut cenderung sama besar antara satu titik ke titik lainnya. Selain itu juga pengelompokkan tingkat kemampuan dilihat dari persebaran logit mahasiswa pada *wright map* (Rusland *et al.*, 2020). Pola persebaran logit yang mengindikasikan kemampuan mahasiswa dominan berada di bawah +2P.SD dan di atas -2P.SD, sehingga pembagian dapat ditentukan kedalam empat kategori. Adapun pengelompokkan kemampuan mahasiswa ditentukan berdasarkan interval yang ditampilkan pada Tabel 4.7.

**Tabel 4.7 Kategori Keterampilan Pemecahan Masalah Berdasarkan Interval P.SD dan *Mean***

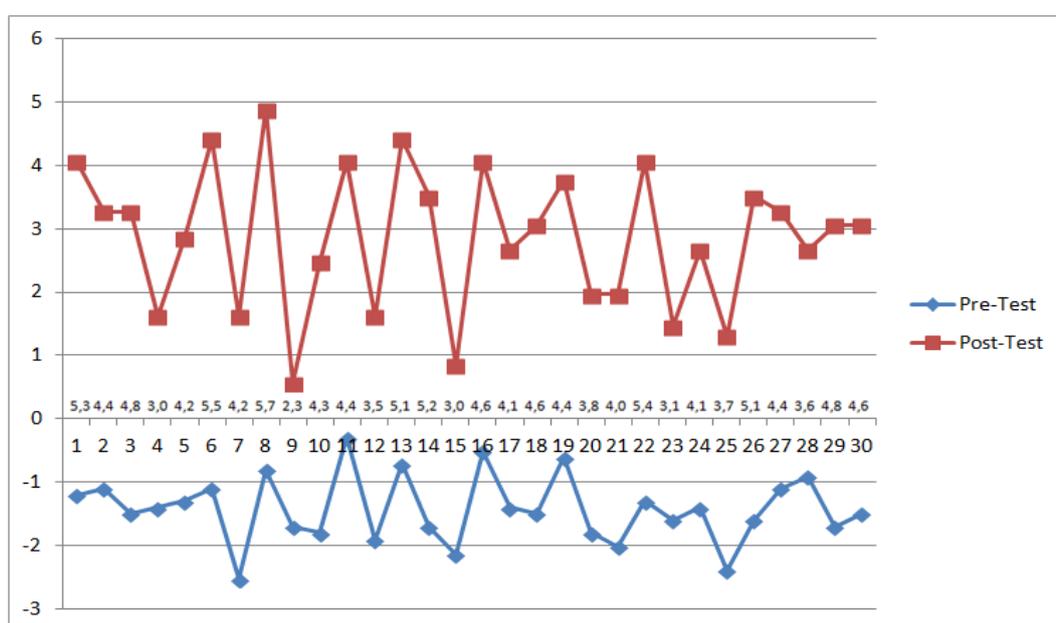
Interval skor LVP	Kategori	Pre-test		Post-test	
		Jumlah mahasiswa	Persentase	Jumlah mahasiswa	Persentase
$LVP > +P.SD$	Kemampuan sangat tinggi	0	0	21	70%
$+P.SD \geq LVP \geq Mean$	Kemampuan tinggi	0	0	8	26,7%
$Mean > LVP \geq -P.SD$	Kemampuan rendah	28	93,3%	1	3,3%
$LVP < -P.SD$	Kemampuan sangat rendah	2	6,7%	0	0

Empat ketegori yang terbentuk akan membantu mempermudah dalam membaca hasil analisis tinggkat kemampuan mahasiswa. Selain itu berdasarkan Tabel 4.7 besarnya perubahan ukuran tingkat keterampilan pemecahan masalah konsisten untuk seluruh mahasiswa dimana pada saat pre-test rata-rata LVP sebesar -1.42 masuk pada kategori rendah dan pada saat post-test nilai rata-rata LVP sebesar 2,87 berada pada kaegori sangat tinggi. Di sisi lain, hasil analisis *person entry* keterampilan pemecahan masalah menunjukkan bahwa seluruh LVP pre-test bernilai negative dan LVP post-test bernilai positif yang menunjukkan adanya peningkatan kemampuan mahasiswa setelah adanya intervensi pembelajaran ekologi berbasis proyek *citizen science*. Indikasi ini memberikan informasi bahwa mahasiswa lebih mudah menemukan solusi yang tepat terhadap studi kasus yang diberikan saat test setelah adanya intervensi pada mahasiswa.

Persentase hasil pre-test dan post-test menunjukkan adanya peningkatan signifikan dalam keterampilan pemecahan masalah mahasiswa setelah mengikuti program pembelajaran berbasis proyek *citizen science* yang berfokus pada isu pencemaran limbah tambang emas di sungai. Sebelum program dimulai, mayoritas mahasiswa, yaitu 93,3%, berada dalam kategori kemampuan pemecahan masalah rendah, sementara 6,7% berada pada kategori sangat rendah. Sebelum adanya intervensi, keterampilan pemecahan mahasiswa pada isu pencemaran limbah tambang emas di sungai, tidak ada mahasiswa yang berada dalam kategori kemampuan tinggi atau sangat tinggi. Hal ini mengindikasikan bahwa sebelum dilakukan intervensi, kemampuan pemecahan masalah mahasiswa terkait isu ekologi masih berada pada tingkat dasar dan memerlukan penguatan keterampilan analitis serta kritis yang lebih mendalam. Setelah intervensi diberikan dan kemudian dilakukan pengukuran melalui post-test, perubahan keterampilan pemecahan mahasiswa sangat mencolok, di mana 70% mahasiswa mencapai kategori kemampuan sangat tinggi, dan 26,7% berada dalam kategori kemampuan tinggi. Hanya 3,3% mahasiswa yang tetap berada dalam kategori kemampuan rendah, dan tidak ada mahasiswa yang berada dalam kategori sangat rendah. Perubahan distribusi ini menunjukkan bahwa sebagian besar mahasiswa berhasil mengalami peningkatan keterampilan pemecahan masalah yang signifikan. Besaran tingkat perubahan keterampilan pemecahan masalah mahasiswa setelah intervensi dapat dilihat pada grafik yang disajikan dalam Gambar 4.14.

Berdasarkan grafik pada Gambar 4.14 mahasiswa dengan kode 09P memperoleh LVP sebesar -1.7 logit pada saat pre-test. Setelah diberi intervensi nilai LVP yang diperoleh dari hasil post-test mahasiswa tersebut sebesar 0,56 logit. Besarannya peningkatan keterampilan pemecahan masalah mahasiswa 09P sebesar 2,3 logit dan nilai tersebut merupakan peningkatan keterampilan pemecahan masalah mahasiswa yang paling bawah. Hal ini menunjukkan adanya variasi kemampuan atau keterbatasan tertentu yang menyebabkan mahasiswa tersebut tidak mengalami peningkatan yang serupa dengan rekan-rekannya. Faktor-faktor yang mungkin mempengaruhi hal ini dapat mencakup keterbatasan

pemahaman awal, kesulitan dalam penguasaan keterampilan analitis, keterlibatan yang kurang optimal, atau hambatan eksternal lainnya yang memengaruhi kemampuan belajar mahasiswa tersebut selama program berlangsung. Secara garis besar, hasil analisis stacking merekomendasikan pentingnya pendekatan yang lebih individual dalam program pembelajaran berbasis proyek untuk memastikan bahwa setiap mahasiswa dapat mencapai hasil optimal sesuai potensinya khususnya, untuk mahasiswa yang mengalami kondisi serupa dengan mahasiswa 09P.



Gambar 4.14: Grafik Tingkat Perubahan Keterampilan Pemecahan Masalah Mahasiswa dari Pre-test ke Post-test

Pada sisi yang lain, analisis racking digunakan untuk mengevaluasi stabilitas dan konsistensi respon dari mahasiswa pada setiap tahapan, khususnya dalam melihat pola perubahan kemampuan mahasiswa terhadap indikator-indikator pemecahan masalah seperti memahami masalah, mengidentifikasi akar masalah, merumuskan alternatif solusi, dan menetapkan solusi terbaik. Hasil analisis racking untuk keterampilan pemecahan masalah mahasiswa menginformasikan bahwa terdapat perubahan kemampuan mahasiswa dalam memberikan jawaban terhadap studi kasus yang diberikan. Hasil ini menunjukkan

adanya peningkatan kemampuan mahasiswa dari pre-test ke post-test yang terlihat dari pergeseran nilai item soal dikolom *measure*. Pada saat pre-test, sebagian besar item soal berada pada nilai logit positif atau diposisi yang lebih tinggi. Indikasi ini menunjukkan bahwa soal-soal tersebut sulit dijawab oleh mahasiswa. Hasil ini mencerminkan keterampilan pemecahan masalah mahasiswa pada saat pre-test masih rendah, khususnya dalam memahami dan menyelesaikan masalah yang disajikan. Namun, setelah mengikuti program pembelajaran, terjadi perubahan signifikan pada saat post-test, dimana sebagian besar item soal bergeser ke nilai logit negatif atau posisi yang lebih rendah. Pergeseran ini menunjukkan bahwa soal-soal tersebut menjadi lebih mudah dijawab oleh mahasiswa setelah intervensi. Nilai logit dari masing-masing item hasil analisis diperoleh dari bagian *item entry* disajikan pada Tabel 4.8

Tabel 4.8 *Item Entry* Hasil Analisis Racking untuk Keterampilan Pemecahan Masalah

<i>Item</i>	<i>Outfit MNSQ</i>		<i>Outfit ZSTD</i>		<i>PT-Measure Corr.</i>		<i>Total Score</i>		<i>Measure</i>		<i>Selisih Nilai Measure</i>
	<i>Pre</i>	<i>Post</i>	<i>Pre</i>	<i>Post</i>	<i>Pre</i>	<i>Post</i>	<i>Pre</i>	<i>Post</i>	<i>Pre</i>	<i>Post</i>	
1a	1,24	0,68	0,95	-1,19	0,41	0,67	19	80	3,32	-3,02	-6,34
1b	0,9	0,86	-0,1	-0,37	0,46	0,45	8	81	4,61	-3,19	-7,8
1c	0,96	0,78	0,01	-1,01	0,47	0,63	10	73	4,31	-2,01	-6,32
1d	1,03	0,66	0,19	-1,47	0,52	0,58	21	68	3,14	-1,38	-4,52
2a	1,21	0,68	0,92	-1,46	0,44	0,6	36	77	1,9	-2,56	-4,46
2b	1,28	0,67	1,23	-1,09	0,39	0,57	31	81	2,3	-3,19	-5,49
2c	1,13	0,6	0,6	-1,48	0,19	0,42	41	57	1,48	-0,07	-1,55
2d	0,54	1,01	-1,78	0,13	0,26	0,76	54	68	0,26	-1,38	-1,64
3a	1,26	1	1,12	0,05	0,23	0,29	36	75	1,9	-2,28	-4,18
3b	0,73	1,02	-1,27	0,17	0,59	0,26	32	75	2,22	-2,28	-4,5
3c	1,13	0,82	0,61	-0,78	0,43	0,63	34	74	2,06	-2,14	-4,2
3d	1,04	1,28	0,23	0,99	0,49	0,66	18	80	3,42	-3,02	-6,44
4a	0,77	1,19	-0,98	0,77	0,53	0,18	37	79	1,82	-2,86	-4,68
4b	0,97	0,68	-0,05	-0,27	0,28	0,31	28	87	2,55	-4,66	-7,21
4c	0,97	0,88	-0,05	-0,36	0,34	0,75	40	63	1,57	-0,77	-2,34
4d	1,33	1,24	1,4	0,71	0,27	0,5	34	83	2,06	-3,56	-5,62
5a	0,98	1,59	0,01	0,82	0,18	-0,03	45	89	1,14	-5,87	-7,01
5b	0,83	2,05	-0,19	1,05	0,27	-0,08	6	89	4,97	-5,87	-10,84

Item	Outfit MNSQ		Outfit ZSTD		PT-Measure Corr.		Total Score		Measure		Selisih Nilai Measure
	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	
5c	1,2	0,72	0,56	-1,25	0,26	0,61	7	70	4,78	-1,63	-6,41
5d	1,47	0,91	1,9	-0,2	0,09	0,65	31	60	2,3	-0,41	-2,71
<i>Mean</i>	1,01		-0,02				51,9		0		
<i>P. SD</i>	0,3		0,92				26,1		2,96		

Nilai *outfit Mean Square* (MNSQ), *outfit Z-Standard* (Z-STD) dan *Point Measure Correlation* (Pt Measure Corr) pada Tabel 4.8 merupakan nilai yang digunakan untuk melihat validitas item dengan menggunakan kriteria yang sama pada BAB III. Hasil analisis validitas item berdasarkan ketiga kriteria nilai tersebut menunjukkan bahwa setiap item pada instrumen, valid dan layak dalam mengukur keterampilan pemecahan mahasiswa. Sedangkan kolom "*Total Score*" memberikan informasi mengenai skor total yang diperoleh mahasiswa untuk masing-masing item soal pada pre-test dan post-test. Setiap item pada instrumen keterampilan pemecahan masalah memiliki skor maksimal 3 dan skor minimal 0, dengan total skor maksimal untuk 20 item adalah 60 point. Perubahan signifikan nilai pre-test dan post-test juga terlihat pada kolom *measure*, dimana nilai *measure* merupakan cerminan dari *score item* yang mampu dijawab oleh mahasiswa. Model Rasch menampilkan nilai *measure* sebagai hasil analisis, di mana nilai *measure* merupakan representasi skor item dari kolom "*Total Score*". Skor tersebut kemudian dikonversi ke dalam skala logaritmik, yang memungkinkan penilaian keterampilan mahasiswa pada skala yang kontinu dan komparatif.

Analisis perubahan keterampilan pemecahan masalah mahasiswa berdasarkan item instrumen dapat dilakukan dengan mengelompokkan nilai *measure* mahasiswa ke dalam beberapa kategori. Penentuan jumlah kategori ini didasarkan pada distribusi item pada pre-test dan post-test. Pengelompokan ini mengacu pada nilai rata-rata dan standar deviasi (P.SD), yang digunakan sebagai titik acuan dalam menentukan batasan setiap kategori. Melihat pola persebaran item, pengelompokan tingkat kemampuan mahasiswa dalam keterampilan

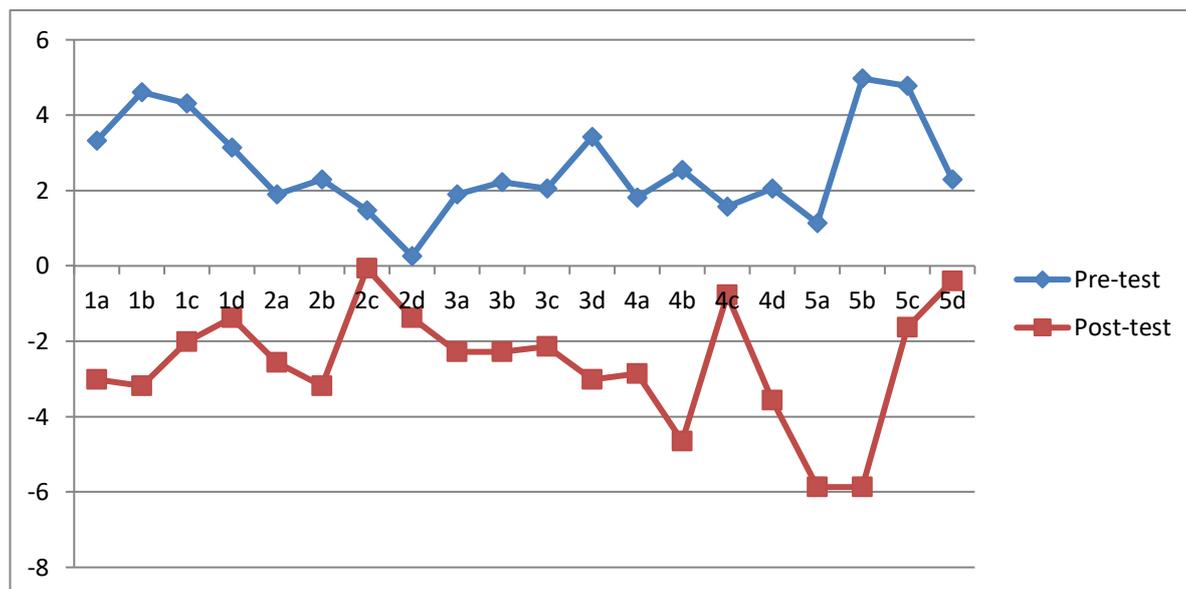
pemecahan masalah dibagi menjadi empat kategori tingkat kesulitan item yang terdiri dari: item yang sangat sulit untuk dikerjakan mahasiswa, item yang sulit untuk dikerjakan mahasiswa, item yang mudah untuk dikerjakan mahasiswa, dan item yang sangat mudah untuk dikerjakan mahasiswa. Penentuan interval skor untuk tiap kategori tingkat kesulitan item diuraikan pada Tabel 4.9 berikut.

**Tabel 4.9 Kategori Tingkat Kesukaran Item Pemecahan Masalah**

Interval skor LVP	Kategori	Pre-test		Post-test	
		Jumlah mahasiswa	Persentase	Jumlah mahasiswa	Persentase
Item > +P.SD	Item yang sangat sulit	7	35%	0	0
+P.SD $\geq$ Item $\geq$ Mean	Item yang sulit	13	56%	0	0
Mean > Item $\geq$ -P.SD	Item yang mudah	0	0	12	60%
Item < -P.SD	Item yang sangat mudah	0	0	8	40%

Berdasarkan Tabel 4.9 Pada tahap pre-test, tidak ada satu pun item yang tergolong mudah atau sangat mudah bagi mahasiswa. Hasil ini mengkonfirmasi bahwa keseluruhan instrumen pemecahan masalah dianggap menantang bagi mahasiswa. Dari total 20 item, sebagian besar, yaitu 13 item (65%), berada dalam kategori "sulit", sementara 7 item lainnya (35%) termasuk dalam kategori "sangat sulit". Tidak adanya item dalam kategori "mudah" dan "sangat mudah". Namun, pada post-test, terjadi perubahan mencolok dalam persepsi kesulitan item oleh mahasiswa, di mana tidak ada lagi item yang tergolong dalam kategori "sulit" atau "sangat sulit". Sebaliknya, sebanyak 12 item (60%) kini termasuk dalam kategori "mudah" dan 8 item (40%) berada dalam kategori "sangat mudah". Perubahan ini menunjukkan peningkatan signifikan dalam keterampilan pemecahan masalah mahasiswa setelah intervensi. Perubahan tingkat kesulitan item ini disajikan secara visual disajikan dalam bentuk grafik pada Gambar 4.15 yang mempermudah interpretasi perbandingan antara pre-test dan post-test.

Grafik pada gambar 4.15 menunjukkan penurunan jumlah item dalam kategori "sulit" dan "sangat sulit" setelah program pembelajaran pembelajaran dilakukan, seiring dengan peningkatan jumlah item dalam kategori "mudah" dan "sangat mudah" pada post-test.



Gambar 4.15: Grafik Tingkat Perubahan Item Pemecahan Masalah Berdasarkan Kemampuan Mahasiswa dari Pre-test ke Post-test

Visualisasi ini menggambarkan secara jelas peningkatan keterampilan pemecahan masalah mahasiswa, di mana grafik memperlihatkan transisi dari item-item yang sebelumnya dianggap sulit menjadi lebih mudah setelah intervensi. Grafik ini secara umum memberikan pemahaman yang lebih intuitif tentang keberhasilan program pembelajaran dalam membantu mahasiswa mengembangkan keterampilan yang diperlukan untuk menjawab soal-soal pemecahan masalah dengan lebih efektif.

### 4.3 Peningkatan Literasi Lingkungan Calon Guru

Analisis data literasi lingkungan mengeksplorasi sejauh mana mahasiswa mampu memahami, mengevaluasi, dan mengambil tindakan terhadap isu-isu lingkungan yang kompleks, terutama yang berkaitan dengan dampak pencemaran limbah tambang emas di daerah aliran sungai. Kajian ini menilai kompetensi mahasiswa dalam beberapa aspek utama, yaitu pengetahuan tentang sistem ekologi, keterampilan berpikir kritis dalam mengevaluasi masalah lingkungan, sikap tanggung jawab terhadap lingkungan, serta perilaku berkelanjutan yang relevan dalam konteks tantangan nyata. Melalui pendekatan partisipatif berbasis *citizen science*, mahasiswa diharapkan tidak hanya memperoleh materi teoretis,

tetapi juga dapat membangun kesadaran moral dan tanggung jawab lingkungan yang kuat.

Keterlibatan praktis mahasiswa dalam proyek *citizen science*, diharapkan dapat membentuk mahasiswa sebagai individu yang tidak hanya memiliki pengetahuan ekologis, tetapi juga motivasi untuk berperan aktif dalam pelestarian lingkungan secara berkelanjutan. Berdasarkan orientasi tersebut, analisis ini dilakukan untuk menilai efektivitas intervensi yang telah dilakukan melalui pembelajaran ekologi berbasis *citizen science* project pada pencemaran limbah tambang emas di daerah aliran sungai. Pengukuran literasi lingkungan dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan dua jenis instrumen yang berbeda, yaitu soal pilihan ganda dan angket. Kombinasi kedua instrumen ini memungkinkan peneliti untuk mendapatkan gambaran yang komprehensif tentang literasi lingkungan mahasiswa, mencakup aspek kognitif, afektif, dan perilaku.

#### **4.3.1 Analisis literasi lingkungan pada soal pilihan ganda**

Soal pilihan ganda dalam penelitian ini dirancang dengan 4 pilihan jawaban pada setiap item, sehingga memungkinkan mahasiswa untuk memilih jawaban yang paling tepat sesuai pemahaman mereka. Instrumen ini dibangun untuk mengukur dua aspek utama dalam literasi lingkungan, yaitu kompetensi pengetahuan tentang sistem ekologi dan keterampilan berpikir kritis dalam mengevaluasi masalah lingkungan. Kompetensi pengetahuan mengenai sistem ekologi diurai menjadi 5 sub-kompetensi, yang mencakup pengetahuan fisik dan sistem ekologi, pengetahuan sistem sosial budaya dan politik terhadap lingkungan, pengetahuan terhadap permasalahan lingkungan, solusi permasalahan lingkungan, peran serta mahasiswa dan masyarakat. Di sisi lain, kompetensi keterampilan berpikir kritis dalam mengevaluasi masalah lingkungan diurai menjadi 4 sub-kompetensi, yaitu mengidentifikasi permasalahan lingkungan, mengevaluasi dan membuat penilaian pribadi tentang masalah lingkungan, menginvestigasi permasalahan lingkungan, menggunakan bukti dan pengetahuan untuk memilih solusi dalam menyelesaikan permasalahan. Struktur soal ini diharapkan mampu mengungkap tingkat literasi lingkungan mahasiswa dengan

komprehensif, mencakup pemahaman konseptual sekaligus kemampuan analisis kritis dalam konteks ekologi. Analisis yang dilakukan pada soal pilihan ganda dilakukan melalui stacking dan racking dari Model Rasch.

Analisis stacking memungkinkan penyajian data literasi lingkungan mahasiswa secara komprehensif. Pola selisih nilai logit antara hasil pre-test dan post-test untuk beberapa mahasiswa ditampilkan pada pada Tabel 4.10. Semakin besar selisih logit yang diperoleh, menunjukkan semakin besar pula peningkatan literasi lingkungan yang dialami mahasiswa tersebut. Sebagai contoh mahasiswa dengan nomor urut 15P, pada saat pre-test memiliki nilai logit rendah yaitu sebesar -3,13 namun setelah intervensi menunjukkan pergeseran logit yang cukup besar yaitu sebesar 2,47 dengan selisih nilai logit sebesar 5,6. Kenaikan ini menunjukkan adanya peningkatan pemahaman dan keterampilan yang substansial. Sebaliknya, mahasiswa lain selisih nilai logit lebih kecil menunjukkan jarak peningkatan yang tidak terlalu besar dimana selisih logit antara pre-test dan post-test mahasiswa relatif kecil. Hasil tersebut menginformasikan bahwa terjadi peningkatan pemahaman mahasiswa yang relatif kecil, contohnya mahasiswa 04L dengan pergeseran tingkat kemampuan sebesar 1,04. Analisis selisih logit ini memungkinkan peneliti untuk mengidentifikasi kelompok mahasiswa yang belum maksimal dalam menguasai literasi lingkungan secara keseluruhan. Adapun informasi lengkap terkait nilai logit yang dihasilkan setiap mahasiswa dapat dilihat melalui *ouput* hasil analisis pada bagian *Person Entry* pada Tabel 4.10.

**Tabel 4.10 Hasil Analisis *Person Entry* Literasi Lingkungan Mahasiswa**

Mahasiswa	Outfit MNSQ		Outfit ZSTD		PT-Measure Corr.		Total Score		Measure		Selisih Nilai Measure
	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	
01P	0,83	1,11	-0,33	0,52	0,61	0,21	11	38	-1,27	3,58	4,85
02P	1,39	1,9	1,1	0,98	0,53	0	12	38	-1,12	3,58	4,7
03P	1,09	4,19	0,37	2,37	0,33	0,1	5	36	-2,48	2,76	5,24
04L	4,42	1,07	2,79	0,31	0,12	0,35	5	10	-2,48	-1,44	1,04
05P	0,63	0,96	-0,18	0,02	0,38	0,4	4	11	-2,77	-1,27	1,5
06P	0,58	0,35	-2,02	-0,16	0,71	0,23	21	39	0,14	4,34	4,2
07P	0,52	0,41	-0,38	-0,58	0,42	0,46	4	36	-2,77	2,76	5,53
08L	0,62	0,42	-1,48	-0,06	0,67	0,2	25	39	0,69	4,34	3,65
09P	0,48	0,91	-0,07	-0,1	0,29	0,44	2	11	-3,6	-1,27	2,33

Mahasiswa	Outfit MNSQ		Outfit ZSTD		PT-Measure Corr.		Total Score		Measure		Selisih Nilai Measure
	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	
10P	0,63	1,16	-0,43	0,54	0,48	0,29	6	12	-2,23	-1,12	1,11
11P	0,83	0,42	-0,55	-0,06	0,5	0,2	25	39	0,69	4,34	3,65
12L	0,53	0,38	-0,35	-0,63	0,46	0,46	4	36	-2,77	2,76	5,53
13L	0,87	0,2	-0,43	-0,42	0,52	0,3	23	39	0,41	4,34	3,93
14P	0,73	0,64	-0,57	-0,18	0,55	0,44	10	36	-1,44	2,76	4,2
15P	5,37	0,52	2,48	-0,52	0,16	0,48	3	35	-3,13	2,47	5,6
16L	0,68	0,62	-1,46	0,16	0,65	0,15	19	39	-0,13	4,34	4,47
17P	3,23	1,01	2,15	0,37	0,21	0,25	5	37	-2,48	3,11	5,59
18L	0,7	1,18	-0,29	0,73	0,43	0,37	6	16	-2,23	-0,53	1,7
19P	0,84	0,75	-0,66	0,23	0,56	0,24	20	38	0,01	3,58	3,57
20P	0,3	1,33	-0,82	0,89	0,54	0,2	4	11	-2,77	-1,27	1,5
21P	1,86	0,85	1,37	0,21	0,28	0,29	7	37	-2,01	3,11	5,12
22P	1,3	1,09	1	0,53	0,52	0,07	14	39	-0,82	4,34	5,16
23P	0,33	1,28	-0,51	1,11	0,43	0,32	3	17	-3,13	-0,39	2,74
24L	2,32	1,04	1,53	0,23	0,24	0,35	5	13	-2,48	-0,96	1,52
25P	0,63	1,23	-0,32	0,69	0,41	0,2	5	11	-2,48	-1,27	1,21
26L	0,73	0,2	-1,04	-0,42	0,6	0,3	24	39	0,55	4,34	3,79
27P	0,69	4,02	-0,68	1,78	0,56	0,07	10	38	-1,44	3,58	5,02
28L	1,73	0,62	1,44	0,1	0,38	0,23	9	38	-1,62	3,58	5,2
29L	1,67	1,29	1,34	0,64	0,37	0,18	9	38	-1,62	3,58	5,2
30P	0,74	2,86	-0,54	1,4	0,58	0,05	10	38	-1,44	3,58	5,02
<b>Mean</b>	1,19		0,22				20,2		0,29		
<b>P. SD</b>	1,07		0,98				13,9		2,61		

Berdasarkan Tabel 4.10 selisih logit antara pre-test dan post-test mahasiswa 04L, 05P, 09P, 10P, 18L, 20P, 23P, 24L, dan 25P relatif kecil. Perolehan skor mahasiswa dengan kode tersebut menunjukkan peningkatan pemahaman literasi lingkungan setelah mengikuti program pembelajaran. Berdasarkan total skor dan LVP mahasiswa, terlihat bahwa sebagian besar mahasiswa dalam kelompok ini masih berada di bawah rata-rata kelas yaitu 0,29, dengan LVP yang belum mencapai standar yang diharapkan. Peningkatan skor total dan LVP mahasiswa menandakan bahwa intervensi program memberikan dampak positif dalam meningkatkan pemahaman literasi lingkungan, tetapi hasil tersebut juga menunjukkan bahwa mahasiswa masih mengalami kesulitan dalam menguasai beberapa konsep atau keterampilan yang diukur. Jika dibandingkan dengan

mahasiswa lain yang menunjukkan peningkatan signifikan, perbedaan yang mencolok terlihat pada besarnya selisih LVP. Beberapa mahasiswa di luar kelompok ini berhasil mencapai peningkatan selisih LVP yang lebih baik. Besarnya selisih LVP yang diperoleh menunjukkan bahwa mahasiswa mampu memanfaatkan program pembelajaran untuk memperdalam pemahaman mereka dan menguasai kompetensi literasi lingkungan dengan lebih baik. Misalnya, mahasiswa yang berada di atas nilai rata-rata kelas memperlihatkan lompatan signifikan pada skor post-test. Hasil tersebut mencerminkan peningkatan yang substansial dalam kompetensi kritis dan pemahaman ekologi yang relevan.

Perubahan tingkat literasi lingkungan mahasiswa dalam analisis stacking pada bagian ini dapat dikelompokkan menjadi 4 kaktegori. Sama halnya dengan analisis stacking pada keterampilan pemecahan masalah, pengelompokkan tingkat literasi lingkungan mahasiswa mengacu pada nilai standar deviasi (P.SD) dan rata-rata (*mean*) yang digunakan untuk menentukan rentang atau dimensi masing-masing kategori peningkatan (Rusland *et al.*, 2020). Proses ini memungkinkan pemetaan yang lebih terstruktur dari berbagai tingkatan kemampuan berdasarkan jarak antar kategori yang telah ditentukan. Pengelompokkan ini akan memudahkan peneliti untuk mengidentifikasi sejauh mana perkembangan hasil intervensi yang telah diberikan. Uraian kategori pengelompokkan tingkat pemahaman literasi lingkungan mahasiswa ditampilkan pada Tabel 4.11.

**Tabel 4.11 Kategori Pengelompokkan Tingkat Pemahaman Literasi Lingkungan Mahasiswa**

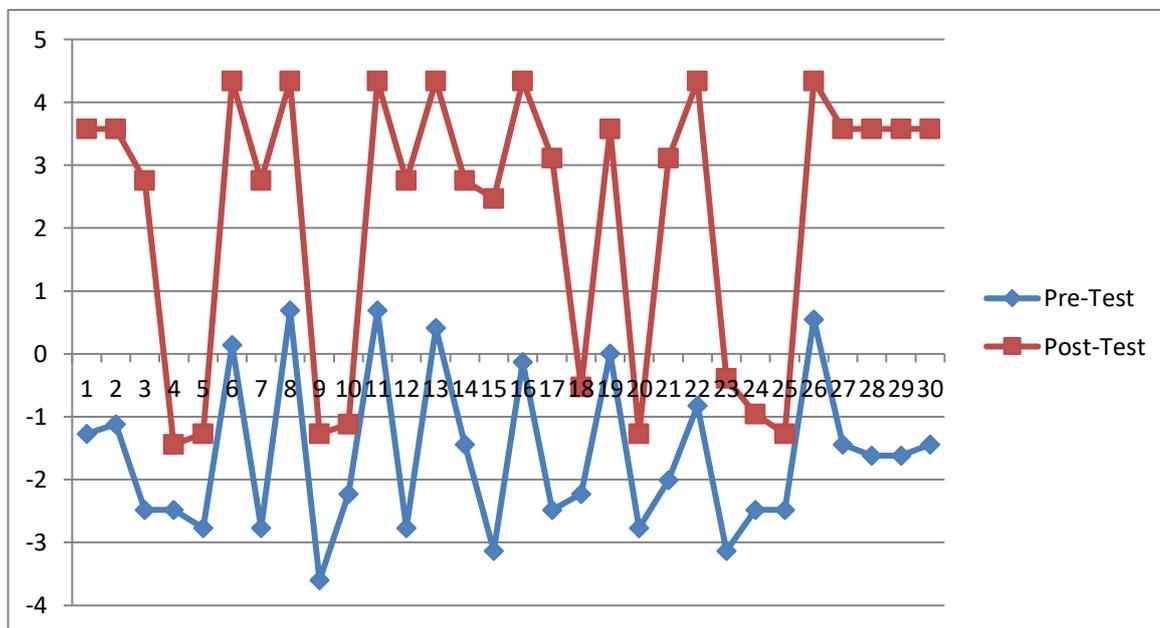
Interval skor LVP	Kategori	Pre-test		Post-test	
		Jumlah mahasiswa	Persentase	Jumlah mahasiswa	Persentase
$LVP > +P.SD$	Kemampuan sangat tinggi	0	0	20	66,7%
$+P.SD \geq LVP \geq Mean$	Kemampuan tinggi	4	13,3%	1	3,3%
$Mean > LVP \geq -P.SD$	Kemampuan rendah	19	63,3%	9	30%
$LVP < -P.SD$	Kemampuan sangat rendah	7	23,3%	0	0

Pengelompokkan mahasiswa pada masing-masing kategori tingkat pemahaman literasi lingkungan, menyajikan informasi bahwa intervensi pembelajaran telah memberikan pengaruh yang signifikan terhadap peningkatan pemahaman mahasiswa. Pada saat pre-test, tidak ada mahasiswa yang mencapai kategori pemahaman sangat tinggi, dan sebagian besar mahasiswa berada di kategori rendah (63,3%) dan sangat rendah (23,3%). Hanya 4 mahasiswa (13,3%) yang berada di kategori tinggi, Hasil penelompokkan pre-test menunjukkan bahwa sebelum intervensi mayoritas mahasiswa memiliki pemahaman literasi lingkungan yang terbatas, kecuali 4 mahasiswa (08L, 11P, 13L, 26L) yang telah dikonfirmasi kesesuaiannya dalam Tabel 4.10.

Setelah intervensi, hasil post-test menunjukkan peningkatan yang mencolok. Sebanyak 20 mahasiswa (66,7%) berhasil mencapai kategori pemahaman sangat tinggi, dan hanya 9 mahasiswa (30%) yang masih berada di kategori rendah. Selain itu, jumlah mahasiswa di kategori tinggi menurun menjadi hanya 1 mahasiswa (3,3%), yang mengindikasikan bahwa sebagian besar mahasiswa dalam kategori ini berhasil naik ke tingkat pemahaman sangat tinggi. Tidak ada lagi mahasiswa yang berada di kategori sangat rendah pada post-test, yang memperlihatkan bahwa intervensi berhasil meningkatkan pemahaman mahasiswa secara signifikan, bahkan di kalangan mahasiswa dengan pemahaman awal yang sangat rendah. Untuk memahami lebih lanjut dampak intervensi pembelajaran terhadap peningkatan literasi lingkungan mahasiswa, hasil analisis ini menyajikan grafik pergeseran tingkat pemahaman sebagai representasi dari data pre-test dan post-test yang disajikan pada Tabel 4.10 sebelumnya. Visualisasi grafik pergeseran tingkat pemahaman mahasiswa disajikan pada Gambar 4.16.

Grafik tersebut memperlihatkan perubahan signifikan dalam tingkat pemahaman mahasiswa setelah mengikuti program pembelajaran, yang mencakup transisi dari kategori sangat rendah, rendah, tinggi, hingga sangat tinggi. Grafik memperlihatkan pola pergeseran mahasiswa dari kategori pemahaman awal mahasiswa menuju kategori yang lebih tinggi, dimana sebagian besar mahasiswa mengalami peningkatan yang substansial. Pergeseran ini mencerminkan efektivitas intervensi dalam meningkatkan pemahaman literasi lingkungan,

terutama di kalangan mahasiswa yang sebelumnya berada pada kategori rendah dan sangat rendah.



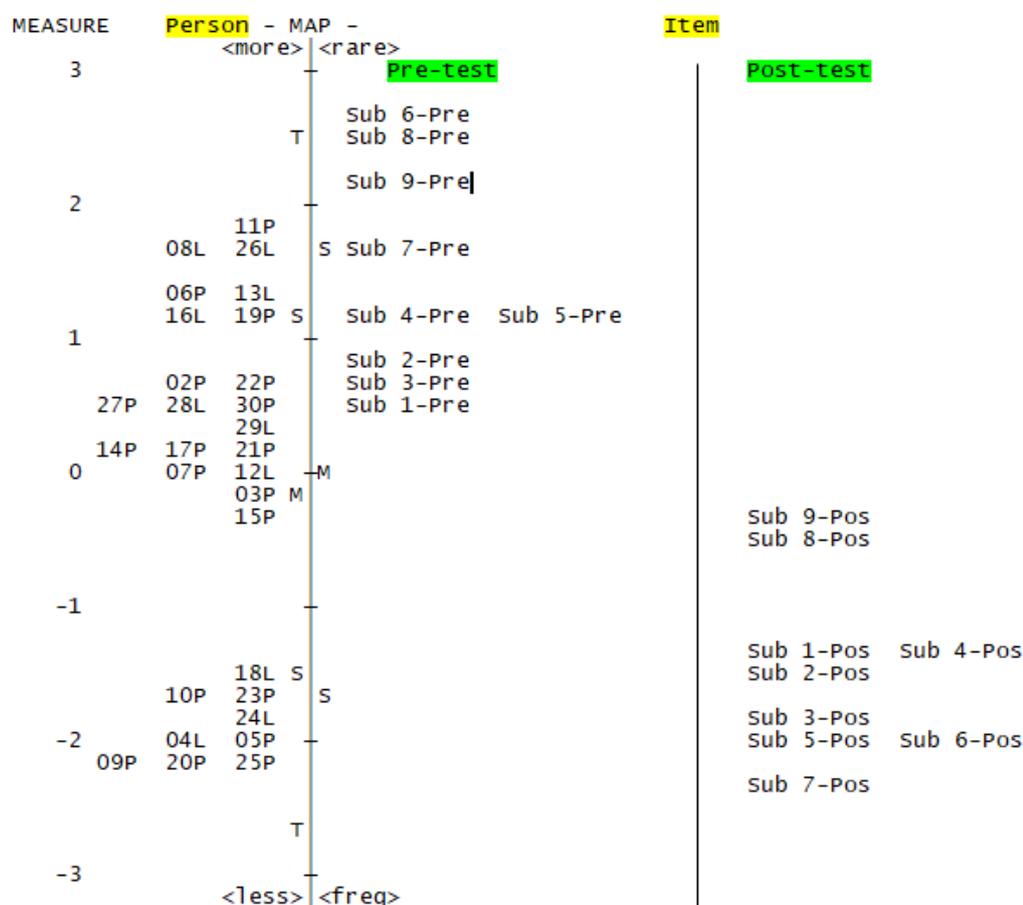
Gambar 4.16: Grafik Pergeseran Tingkat Pemahaman Literasi Lingkungan Mahasiswa dari Pre-test ke Post-test

Berdasarkan grafik dan kategori tingkat pemahaman literasi lingkungan, dapat dilihat pergeseran tingkat pemahaman mahasiswa dari pre-test ke post-test dimana sebagian besar mahasiswa mengalami peningkatan yang positif. Pada awalnya, terdapat 7 mahasiswa yang berada pada kategori sangat rendah yaitu 05P, 07P, 09P, 12L, 15P, 20P, 23P. Setelah intervensi, sebanyak 4 mahasiswa dari kategori ini berhasil naik ke kategori rendah yaitu 05P, 09P, 23P, 20P, dan 1 mahasiswa meningkat ke kategori tinggi yaitu 15P, serta 2 mahasiswa bahkan berhasil mencapai kategori sangat tinggi 07P, 12L. Peningkatan ini menunjukkan bahwa intervensi mampu mengangkat pemahaman mahasiswa dengan tingkat literasi paling rendah ke tingkatan yang lebih baik, bahkan hingga kategori pemahaman yang sangat tinggi.

Selain itu, dari kelompok mahasiswa yang berada kategori rendah pada pre-test yaitu berjumlah 19 mahasiswa, terdapat 5 mahasiswa yang masih tetap berada di kategori rendah setelah post-test yaitu mahasiswa 04L, 10P, 18L, 24L, 25P, dan

14, sedangkan 14 mahasiswa lainnya mengalami peningkatan yang lebih signifikan yaitu 01P, 02P, 03P, 06P, 14P, 16L, 17P, 19P, 21P, 22P, 27P, 28L, 29L, 30P. Jika dilihat dari grafik, kelima mahasiswa yang tidak mengalami perpindahan kategori, tetap mengalami pergeseran tingkat pemahaman literasi lingkungan, namun pergeseran tersebut tidak terlalu besar sehingga menepatkan mereka dalam kategori rendah. Sedangkan peningkatan terbesar terlihat pada pergeseran dari kategori rendah ke kategori sangat tinggi yaitu berjumlah 14 mahasiswa, yang menunjukkan bahwa mahasiswa tersebut memiliki pemahaman awal yang terbatas kemudian berhasil mencapai tingkat pemahaman literasi lingkungan yang jauh lebih baik setelah diberi intervensi. Selain itu 4 mahasiswa berada pada kategori tinggi pada saat pre-test, ikut mengalami pergeseran yang sama ke tingkat pemahaman literasi lingkungan yang jauh lebih baik setelah intervensi. Hasil ini menggambarkan keberhasilan intervensi dalam meningkatkan literasi lingkungan mahasiswa, terutama dalam mengubah pemahaman dari kategori tinggi, rendah dan sangat rendah ke kategori yang sangat tinggi. Pergeseran mayoritas mahasiswa dari kategori rendah ke kategori tinggi, bahkan sangat tinggi mengindikasikan bahwa program intervensi ini memiliki dampak positif yang substansial dan efektif dalam memperkuat literasi lingkungan pada berbagai tingkat pemahaman awal mahasiswa.

Selanjutnya, analisis racking literasi lingkungan pada soal pilihan ganda dilakukan untuk mengidentifikasi tingkat pemahaman mahasiswa secara rinci berdasarkan distribusi jawaban pada setiap sub-kompetensi. Metode ini bertujuan untuk mengurutkan kemampuan mahasiswa berdasarkan penguasaan mereka terhadap sub-kompetensi yang diujikan, terutama dalam hal literasi lingkungan. Visualisasi distribusi kemampuan mahasiswa dalam menjawab soal pilihan ganda pada analisis racking literasi lingkungan disajikan pada hasil analisis *wright map*. Visualisasi *wright map* soal pilihan ganda pada analisis racking literasi lingkungan disajikan pada gambar 4.17.



Gambar 4.17: Wright map Analisis Racking Literasi Lingkungan Mahasiswa untuk Data dari Soal Pilihan Ganda

Keterangan:

- Sub-kompetensi 1 : Pengetahuan fisik dan sistem ekologi
- Sub-kompetensi 2 : Pengetahuan sistem sosial budaya dan politik terhadap lingkungan
- Sub-kompetensi 3 : Pengetahuan terhadap permasalahan lingkungan
- Sub-kompetensi 4 : Solusi permasalahan lingkungan
- Sub-kompetensi 5 : Peran serta mahasiswa dan masyarakat
- Sub-kompetensi 6 : Mengidentifikasi permasalahan lingkungan
- Sub-kompetensi 7 : Mengevaluasi dan membuat penilaian pribadi tentang masalah lingkungan
- Sub-kompetensi 8 : Menginvestigasi permasalahan lingkungan
- Sub-kompetensi 9 : Menggunakan bukti dan pengetahuan untuk memilih solusi dalam menyelesaikan permasalahan

Berdasarkan persebaran yang dihasilkan pada *wright map*, terlihat adanya perubahan dalam distribusi pemahaman mahasiswa terhadap literasi lingkungan sebelum dan setelah intervensi pembelajaran. Pada saat pre-test, distribusi pemahaman mahasiswa terhadap berbagai sub-kompetensi literasi lingkungan

Susbiyanto, 2025

**PENGEMBANGAN PROGRAM PEMBELAJARAN EKOLOGI BERBASIS CITIZEN SCIENCE PROJECT TENTANG PENCEMARAN LIMBAH TAMBANG EMAS DI DAERAH ALIRAN SUNGAI UNTUK MENINGKATKAN KETERAMPILAN PEMECAHAN MASALAH DAN LITERASI LINGKUNGAN CALON GURU BIOLOGI SERTA LITERASI KEBERLANJUTAN MASYARAKAT**

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

menunjukkan bahwa mayoritas mahasiswa mengalami kesulitan dalam menguasai sub-kompetensi 6, sub-kompetensi 8, dan sub-kompetensi 9. Terlihat bahwa tidak ada satu pun mahasiswa yang mampu menguasai ketiga sub-kompetensi ini, yang mengindikasikan bahwa sub-kompetensi tersebut tergolong sangat sulit dan belum dapat dipahami oleh sebagian besar mahasiswa. Sementara itu, sub-kompetensi lain seperti sub-kompetensi 7, sub-kompetensi 4, sub-kompetensi 5, sub-kompetensi 2, sub-kompetensi 3, dan sub-kompetensi 1 masih dapat dikuasai oleh sebagian mahasiswa, meskipun hanya oleh mahasiswa dengan kode 11P, 08L, 26L, 06P, 13L, 16L, dan 19P. Hasil ini menunjukkan bahwa ada kelompok mahasiswa yang lebih mampu menguasai sub-kompetensi literasi lingkungan dibandingkan dengan yang lainnya. Namun, sub-kompetensi seperti sub-kompetensi 3 dan sub-kompetensi 1 hanya dapat dikuasai oleh mahasiswa dengan kode 02P dan 22P, yang menunjukkan bahwa ini adalah sub-kompetensi yang cukup sulit untuk dipahami oleh mahasiswa lainnya. Bahkan, mahasiswa dengan kode 27P, 28L, dan 30P hanya mampu menguasai sub-kompetensi 1, sementara mahasiswa lainnya tidak dapat menguasai hampir semua sub-kompetensi literasi lingkungan yang diuji. Hal ini menunjukkan bahwa pada saat pre-test, terdapat kesenjangan pemahaman yang cukup besar di antara mahasiswa terkait literasi lingkungan.

Setelah intervensi pembelajaran, hasil analisis pada post-test menunjukkan perubahan yang signifikan dalam pemahaman mahasiswa. Pada post-test, seluruh sub-kompetensi literasi lingkungan, termasuk sub-kompetensi 6 dan sub-kompetensi 9, yang sebelumnya sulit dikuasai, kini dapat dijawab dengan baik oleh sebagian besar mahasiswa. Namun, meskipun ada peningkatan pemahaman, sub-kompetensi 6 dan 9 masih tergolong sulit bagi beberapa mahasiswa. Mahasiswa dengan kode 18L, 10P, 23P, 24L, 04L, 05P, 09P, 20P, dan 25P masih mengalami kesulitan dalam menguasai kedua sub-kompetensi ini. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun sebagian besar mahasiswa telah mengalami peningkatan, beberapa mahasiswa masih perlu memperoleh pemahaman yang lebih mendalam terhadap sub-kompetensi tersebut. Perubahan yang lebih positif terlihat pada mayoritas mahasiswa. Sebagian besar mahasiswa dengan kode 11P, 08L, 26L,

06P, 13L, 16L, 19P, 02P, 22P, 27P, 28L, 30P, 29L, 14P, 17P, 21P, 07P, 12L, 03P, dan 15P berhasil menguasai seluruh sub-kompetensi dengan baik. Ini menunjukkan bahwa intervensi pembelajaran yang diterapkan sangat efektif dalam meningkatkan pemahaman mahasiswa terhadap berbagai sub-kompetensi literasi lingkungan. Dengan kata lain, mayoritas mahasiswa yang sebelumnya memiliki pemahaman terbatas kini mampu menguasai hampir seluruh materi yang diuji dalam soal-soal post-test.

#### **4.3.2 Analisis literasi lingkungan pada instrumen angket**

Angket yang digunakan untuk mengumpulkan data literasi lingkungan merupakan instrumen untuk mengukur dua kompetensi utama mahasiswa, yaitu kompetensi sikap tanggung jawab terhadap lingkungan dan kompetensi perilaku berkelanjutan dalam menghadapi tantangan nyata. Kompetensi tersebut diurai kedalam 35 item pernyataan yang valid dan reliabel. Kompetensi sikap tanggung jawab mahasiswa terhadap lingkungan dirinci dalam lima sub-kompetensi, meliputi kepekaan terhadap isu lingkungan, sikap perhatian terhadap lingkungan, asumsi tanggung jawab pribadi, efikasi diri, serta motivasi dan niat untuk bertindak dalam upaya menjaga kelestarian alam. Di sisi lain, kompetensi perilaku berkelanjutan terkait dengan konteks menghadapi tantangan nyata, diuraikan menjadi tiga sub-kompetensi utama, yakni manajemen lingkungan, kemampuan mempengaruhi orang lain, dan tindakan terkait barang yang dikonsumsi. Melalui angket ini, diharapkan dapat diperoleh data tentang komitmen mahasiswa dalam menjaga kelestarian lingkungan dan tindakan konkret yang mahasiswa lakukan untuk mendukung keberlanjutan ekosistem. Analisis data angket literasi lingkungan, juga memanfaatkan teknik analisis yang sama dengan analisis sebelumnya yaitu menggunakan model Rasch dengan teknik analisis stacking dan racking.

Analisis stacking pada penelitian ini dilakukan dengan menelaah distribusi respons terhadap item dari hasil pre-test dan post-test. Melalui distribusi respon item dapat dilihat bagaimana kompetensi sikap tanggung jawab terhadap lingkungan dan perilaku berkelanjutan mahasiswa berkembang seiring intervensi

pembelajaran ekologi berbasis *citizen science*. Pendekatan ini memberikan wawasan komprehensif mengenai efektivitas program dalam meningkatkan kompetensi sikap tanggung jawab dan perilaku berkelanjutan mahasiswa, serta memperlihatkan sejauh mana program pembelajaran ekologi berbasis *citizen science* berhasil mencapai tujuan literasi lingkungan yang diharapkan. Agar memperoleh gambaran yang lebih jelas terkait besaran tingkat perubahan respon mahasiswa sebelum dan setelah intervensi, perlu dianalisis lebih mendalam melalui *output person entry* yang disajikan pada Tabel 4.12 berikut.

**Tabel 4.12 Hasil Analisis *Person Entry* Analisis Stacking Angket Literasi Lingkungan Mahasiswa**

Mahasiswa	Outfit MNSQ		Outfit ZSTD		PT-Measure Corr.		Total Score		Measure		Selisih Nilai Measure
	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	
01P	0,77	0,59	-0,89	-0,53	0,50	0,38	110	135	1,08	3,54	2,46
02P	1,03	0,75	0,19	-0,39	0,47	0,31	108	132	0,97	2,98	2,01
03P	1,11	0,69	0,56	-0,76	0,48	0,41	97	128	0,40	2,46	2,06
04L	1,07	0,79	0,36	-0,65	0,66	0,50	96	119	0,35	1,66	1,31
05P	1,52	0,68	2,04	-0,80	0,52	0,41	96	128	0,35	2,46	2,11
06P	1,22	0,87	0,85	-0,03	0,41	0,28	113	134	1,26	3,33	2,07
07P	0,58	1,24	-2,21	0,88	0,59	0,43	91	115	0,12	1,38	1,26
08L	1,47	0,72	1,58	-0,27	0,29	0,33	115	135	1,38	3,54	2,16
09P	0,79	1,21	-0,97	0,81	0,62	0,45	91	112	0,12	1,20	1,08
10P	1,17	0,82	0,78	-0,44	0,42	0,38	96	125	0,35	2,15	1,8
11P	1,02	1,14	0,18	0,42	0,63	0,14	119	135	1,66	3,54	1,88
12L	0,50	0,79	-2,72	-0,66	0,76	0,51	93	118	0,21	1,59	1,38
13L	0,73	0,77	-1,00	-0,17	0,64	0,26	113	135	1,26	3,54	2,28
14P	1,11	0,59	0,53	-0,81	0,39	0,49	101	132	0,60	2,98	2,38
15P	0,70	0,93	-1,49	-0,18	0,78	0,51	81	113	-0,34	1,26	1,6
16L	0,84	0,82	-0,55	-0,13	0,66	0,27	111	134	1,14	3,33	2,19
17P	1,85	0,78	3,01	-0,58	0,43	0,37	99	125	0,50	2,15	1,65
18L	0,75	0,88	-1,09	-0,19	0,61	0,34	98	127	0,45	2,35	1,9
19P	1,51	0,77	1,82	-0,35	0,48	0,32	108	132	0,97	2,98	2,01
20P	0,79	0,51	-0,91	-1,81	0,68	0,57	95	121	0,31	1,81	1,5
21P	0,63	0,74	-1,80	-0,87	0,47	0,54	95	119	0,31	1,66	1,35
22P	1,65	0,69	2,31	-0,46	0,43	0,35	104	133	0,75	3,14	2,39
23P	1,64	0,80	2,52	-0,70	0,53	0,52	90	114	0,07	1,32	1,25
24L	0,93	1,04	-0,25	0,24	0,75	0,30	94	123	0,26	1,97	1,71
25P	0,82	0,97	-0,81	-0,01	0,72	0,47	82	112	-0,30	1,20	1,5

26L	0,96	0,73	-0,08	-0,44	0,19	0,36	102	132	0,65	2,98	2,33
27P	1,06	0,61	0,35	-0,90	0,70	0,50	101	130	0,60	2,70	2,1
28L	1,51	0,74	1,95	-0,56	0,67	0,45	100	129	0,55	2,57	2,02
29L	1,49	0,71	1,90	-0,73	0,40	0,45	100	127	0,55	2,35	1,8
30P	0,90	0,67	-0,37	-0,70	0,60	0,48	100	130	0,55	2,70	2,15
<b>Mean</b>	0,94		-0,1					113		1,5	
<b>P. SD</b>	0,31		1,13					15,5		1,13	

Berdasarkan data pada Tabel *person entry*, mahasiswa dengan kode 01P, 02P, 03P, 05P, 08L, 13L, 14P, 18L, 19P, 22P, 26L, 27P, 28L, 29L, dan 30P menunjukkan selisih nilai *measure* yang cukup tinggi antara hasil pre-test dan post-test. Selisih nilai *measure* untuk mahasiswa dalam kelompok ini berkisar antara 2,01 hingga 2,46, yang menunjukkan adanya peningkatan signifikan dalam literasi lingkungan mereka setelah intervensi. Sebaliknya, mahasiswa dengan kode 07P, 09P, 15P, 23P, dan 25P menunjukkan selisih nilai *measure* yang jauh lebih kecil, dengan nilai selisih berkisar antara 1,08 hingga 1,26. Peningkatan yang terbatas ini menunjukkan bahwa, meskipun terdapat sedikit peningkatan setelah intervensi, perubahan literasi lingkungan mereka tidak sekuat yang terlihat pada kelompok pertama. Bagian yang cukup menarik dari respon mahasiswa secara umum pada angket literasi lingkungan yaitu nilai *mean measure* lebih besar dari pada nilai *P.SD measure*. Hasil ini menginformasikan bahwa pola persebaran LVP mahasiswa terfokus atau menyempit di sekitar nilai rata-rata (*mean*). Indikasi tersebut menunjukkan bahwa mahasiswa memberikan respon yang relatif sama dalam studi ini, sehingga mereka memiliki tingkat literasi lingkungan yang lebih homogen setelah intervensi.

Hasil lainnya yang juga mencolok yaitu LVP mayoritas mahasiswa pada saat pre-test berada di bawah nilai rata-rata (*mean*), namun hampir seluruh mahasiswa memberikan respons persetujuan yang positif terhadap item-item dalam angket literasi lingkungan. Hanya satu mahasiswa, yaitu mahasiswa dengan kode 15P dan 25P, yang memiliki LVP *measure* negatif pada hasil pre-test. LVP negatif ini menunjukkan bahwa mahasiswa tersebut memberikan respons persetujuan yang rendah terhadap pernyataan-pernyataan dalam angket. Meskipun

LVP minusnya sendiri cukup dekat dengan nol, hasil ini mengindikasikan bahwa persetujuannya tidak terlalu jauh berbeda dari mahasiswa lainnya. Jadi secara umum, data pada Tabel 4.12 menunjukkan bahwa pada saat pre-test, mayoritas mahasiswa sudah memiliki sikap dan pemahaman awal yang cukup positif terhadap literasi lingkungan, dengan kecenderungan untuk menyetujui pernyataan-pernyataan dalam angket.

Pada saat post-test, terdapat peningkatan yang signifikan, di mana sebanyak 25 mahasiswa memperoleh nilai di atas rata-rata (*mean*). Hasil analisis pada bagian ini memberikan gambaran bahwa respons persetujuan mahasiswa telah meningkat dan berada di atas tingkat rata-rata persetujuan. Temuan yang diperoleh dari Tabel 4.12 analisis stacking, dapat diinterpretasikan bahwa 25 mahasiswa tersebut telah menunjukkan peningkatan dalam literasi lingkungan, dengan sikap dan perilaku yang lebih baik serta lebih mendukung keberlanjutan lingkungan setelah intervensi. Tingginya jumlah mahasiswa dengan nilai di atas *mean* ini mencerminkan bahwa sebagian besar mahasiswa memberi respon positif terhadap pernyataan yang ada dalam angket, sehingga dapat diasumsikan bahwa tampaknya program intervensi berhasil memperkuat sikap dan komitmen mahasiswa terhadap isu-isu literasi lingkungan.

Untuk mendapatkan informasi yang jelas tentang peningkatan literasi lingkungan mahasiswa, perlu dilakukan pengkategorisasian yang mengacu pada nilai *mean* dan standar deviasi ( $P \cdot SD$ ) dari LVP. Pengkategorisasian ini dikelompokkan ke dalam empat bagian dimana nilai *mean* digunakan sebagai titik tengah sedangkan batas bawah adalah nilai  $P \cdot SD$  dan batas atasnya adalah  $2PSD$ . Penentuan ini ditinjau dari persebaran LVP pre-test dan post-test mahasiswa yang telah ditampilkan pada *wright map*. Adapun uraian uraian kategori untuk pengelompokkan pada analisis ini ditampilkan pada Tabel 4.13.

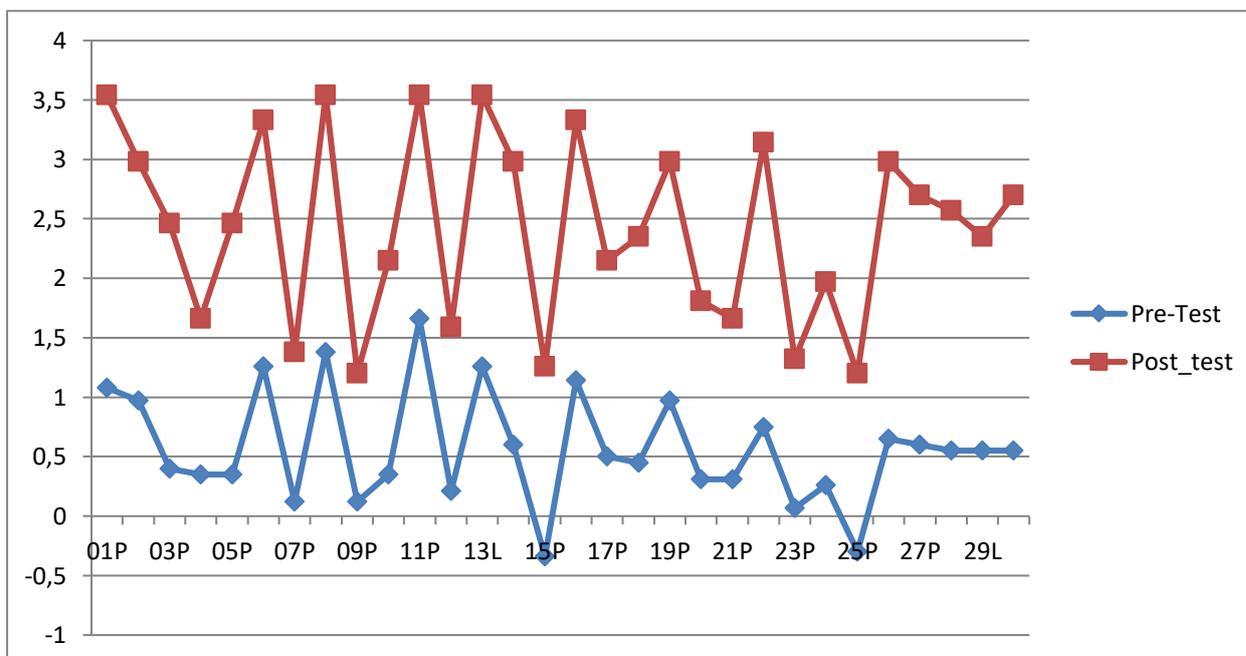
**Tabel 4.13 Pengelompokan Tingkat Literasi Lingkungan Mahasiswa**

Interval skor LVP	Kategori	Pre-test		Post-test	
		Jumlah mahasiswa	Persentase	Jumlah mahasiswa	Persentase
$LVP > +2P.SD$	Kemampuan sangat tinggi	0	0	18	60%
$+2P.SD \geq LVP \geq Mean$	Kemampuan tinggi	1	3,3%	7	23,33%
$Mean > LVP \geq P.SD$	Kemampuan rendah	4	13,3%	5	16,67%
$LVP < P.SD$	Kemampuan sangat rendah	25	83,4%	0	0

Tabel 4.13 menginformasikan perubahan yang signifikan dalam tingkat pemahaman literasi lingkungan mahasiswa antara pre-test dan post-test. Pada saat pre-test, sebagian besar mahasiswa berada dalam kategori pemahaman literasi lingkungan yang sangat rendah, dengan persentase sebesar 83,3% (25 mahasiswa). Hanya sebagian kecil yang berada di kategori rendah, yaitu 13,3% (4 mahasiswa), dan satu mahasiswa berada di kategori tinggi (3,3%). Tidak ada mahasiswa yang mencapai kategori sangat tinggi pada pre-test, yang mengindikasikan bahwa pemahaman awal mahasiswa mengenai literasi lingkungan secara umum masih rendah sebelum mengikuti intervensi pembelajaran. Namun setelah intervensi diberikan, terjadi peningkatan yang cukup drastis. Pada post-test, 60% mahasiswa (18 orang) berhasil mencapai kategori sangat tinggi, sementara 23,3% (7 mahasiswa) berada di kategori tinggi. Hasil ini menunjukkan bahwa mayoritas mahasiswa mampu meningkatkan literasi lingkungan mereka secara signifikan. Sementara itu, kategori rendah menurun menjadi 16,67% (5 mahasiswa), dan tidak ada lagi mahasiswa yang berada di kategori sangat rendah. Agar pergeseran tingkat pemahaman literasi lingkungan mahasiswa dapat dilihat dengan jelas, hasil analisis LVP pre-test dan post-test pada Tabel 4.12 di sajikan dalam bentuk grafik berikut ini.

Berdasarkan grafik pergeseran tingkat pemahaman literasi lingkungan mahasiswa, terlihat adanya peningkatan signifikan antara hasil pre-test dan post-test, dengan perubahan yang mencolok pada distribusi mahasiswa di berbagai

kategori. Pertama, sebanyak 5 mahasiswa, yaitu mahasiswa dengan kode 07P, 09P, 15P, 23P, dan 25P, mengalami pergeseran dari kategori sangat rendah ke kategori rendah.



Gambar 4.18: Grafik Pergeseran Tingkat Pemahaman Literasi Lingkungan Mahasiswa dari pre-test ke post-test

Meskipun peningkatan ini menunjukkan adanya pengaruh positif dari program intervensi, tingkat perubahan yang mereka alami masih berada di bawah rata-rata. Hasil ini menunjukkan bahwa pemahaman mereka tentang literasi lingkungan meningkat namun masih pada tingkat yang terbatas. Selanjutnya, sebanyak 7 mahasiswa, yaitu 04L, 10P, 12L, 17P, 20P, 21P, dan 24L, berpindah dari kategori sangat rendah ke kategori tinggi. Pergeseran ini mengindikasikan bahwa program intervensi cukup efektif dalam meningkatkan pemahaman mereka hingga ke tingkat yang lebih tinggi dari rata-rata, sehingga hasil tersebut menunjukkan adanya respons positif terhadap program yang telah berhasil memperkuat literasi lingkungan mereka secara signifikan.

Pergeseran terbesar terjadi pada 13 mahasiswa, dengan kode 01P, 02P, 03P, 05P, 14P, 18L, 19P, 22P, 26L, 27P, 28L, 29L, dan 30P, yang mengalami peningkatan signifikan dari kategori sangat rendah ke kategori sangat tinggi.

Pergeseran ini mencerminkan peningkatan pemahaman yang luar biasa, di mana mahasiswa-mahasiswa ini mencapai tingkat literasi lingkungan yang paling tinggi setelah mengikuti program. Hasil ini menunjukkan bahwa mahasiswa-mahasiswa tersebut telah berhasil menginternalisasi konsep literasi lingkungan dengan sangat baik. Disisi lainnya, ada 4 mahasiswa, yaitu 06P, 08L, 13L, dan 16L, yang berpindah dari kategori rendah ke kategori sangat tinggi. Meskipun awalnya berada dikategori rendah, namun mereka mampu mencapai tingkat pemahaman yang sangat mendalam setelah intervensi, yang menunjukkan keberhasilan program dalam meningkatkan literasi lingkungan secara substansial bagi mahasiswa yang awalnya memiliki pemahaman dasar. Terakhir, mahasiswa 11P menunjukkan pergeseran dari kategori tinggi ke sangat tinggi, mengindikasikan bahwa meskipun mahasiswa tersebut telah memiliki pemahaman literasi lingkungan yang baik sejak awal, intervensi yang dilakukan tetap memberi pengaruh dalam meningkatkan pemahaman mahasiswa 11P hingga ke tingkat tertinggi. Secara keseluruhan, grafik ini mengilustrasikan bahwa program intervensi berbasis *citizen science* berhasil dalam meningkatkan pemahaman literasi lingkungan dikalangan mahasiswa, terutama bagi mahasiswa yang sebelumnya berada dalam kategori pemahaman rendah dan sangat rendah. Peningkatan pemahaman mahasiswa menuju kategori yang lebih tinggi pada saat post-test menunjukkan efektivitas program dalam memperkuat sikap tanggung jawab terhadap lingkungan serta kompetensi perilaku berkelanjutan dalam menghadapi tantangan nyata secara lebih mendalam.

Analisis selanjutnya adalah analisis raking, yang dilakukan untuk mengevaluasi dua kompetensi utama yaitu kompetensi sikap tanggung jawab terhadap lingkungan dan kompetensi perilaku berkelanjutan dalam menghadapi tantangan nyata. Tingkat persetujuan mahasiswa terhadap setiap item pernyataan yang termuat di dalam masing-masing sub-kompetensi pada angket menjadi fokus utama yang akan dianalisis pada bagian ini. Item-item pernyataan yang memperoleh beragam respon, baik pada tahap pre-test maupun post-test, dianalisis berkelompok sesuai sub-kompetensinya agar mendapatkan gambaran pola persetujuan yang telah diberikan oleh mahasiswa.

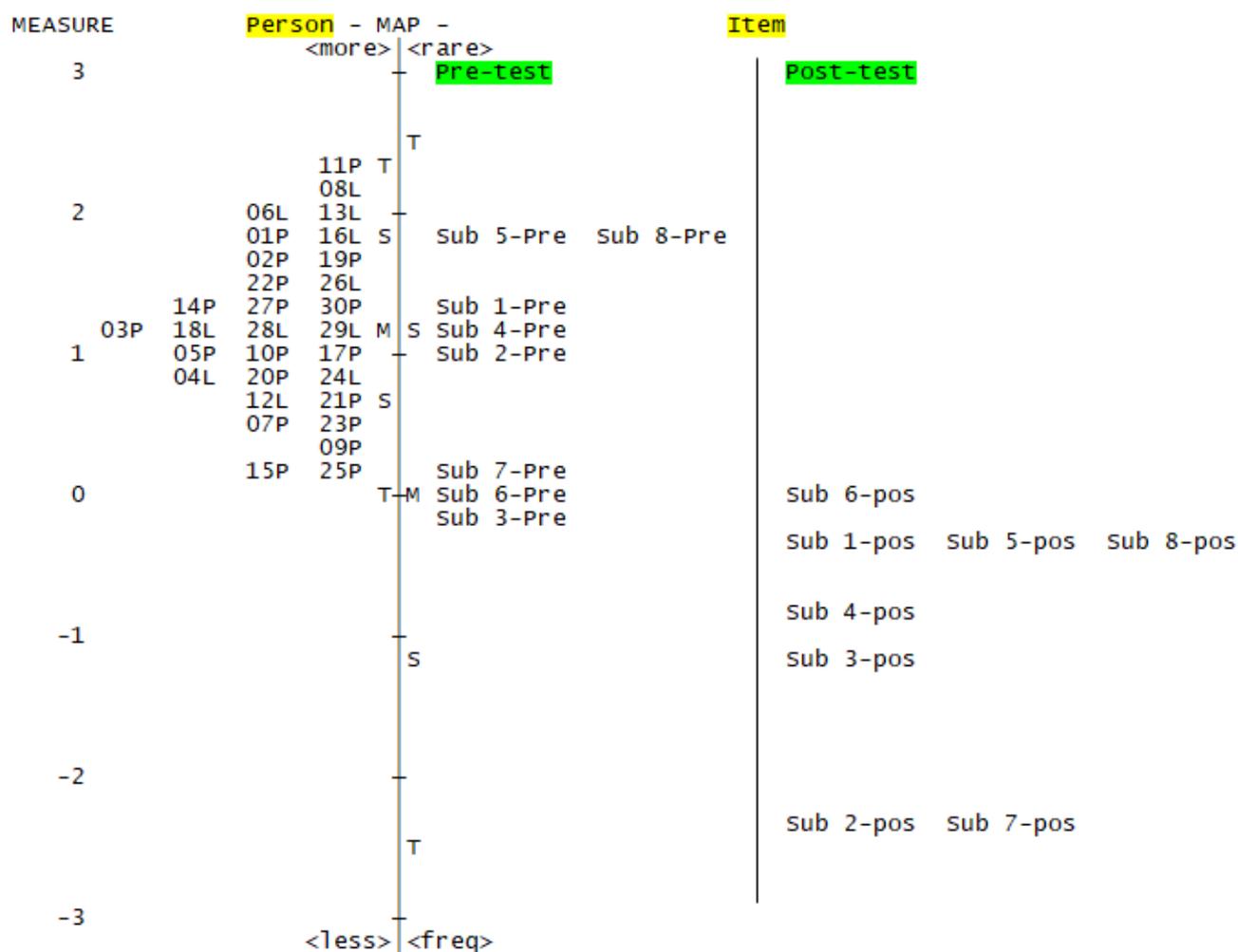
Sub-kompetensi yang memiliki tingkat persetujuan rendah dianggap sebagai sub-kompetensi yang lebih sulit atau tidak sesuai dengan persepsi mahasiswa untuk disetujui. Sebaliknya, sub-kompetensi dengan persetujuan tinggi menunjukkan pernyataan yang sesuai dengan persepsi dan pengetahuan mahasiswa sehingga lebih mudah untuk disetujui. Tingkat persetujuan mahasiswa akan memberikan gambaran mengenai aspek literasi lingkungan yang telah dikuasai sehingga memudahkan peneliti dalam mengevaluasi efektivitas intervensi dalam merangsang perubahan sikap dan perilaku berkelanjutan.

Tingkat persetujuan mahasiswa dapat digambarkan dalam peta *wright map* yang tersusun dalam peringkat tertentu sesuai dengan nilai logit yang diperoleh. Gambaran peringkat dari sub-kompetensi yang ada di dalam *wright map* dapat digunakan untuk mengidentifikasi butir-butir yang menunjukkan peningkatan atau penurunan dalam tingkat persetujuan responden, sehingga memberikan wawasan komprehensif terhadap dinamika literasi lingkungan yang dicapai oleh mahasiswa sepanjang penelitian. Adapun *wright map* hasil analisis racking untuk angket literasi lingkungan disajikan pada Gambar 4.19.

Berdasarkan pola persebaran yang disajikan pada *wright map*, terlihat jelas bahwa pada saat pre-test, menunjukkan adanya variasi yang cukup besar. Sebagian mahasiswa, yang terdiri dari mahasiswa dengan kode 11P, 08L, 06L, 13L, 01P, dan 16L, memberikan persetujuan yang tinggi terhadap seluruh pernyataan di semua sub-kompetensi. Ini menunjukkan bahwa mereka memiliki pemahaman yang lebih baik atau lebih setuju dengan pernyataan yang terkait dengan sub-kompetensi literasi lingkungan.

Namun, sub-kompetensi 5, 8, 1, dan 4 ditemukan berada dalam kategori sangat sulit. Berdasarkan analisis, sub-kompetensi ini memiliki tingkat persetujuan yang rendah dari sebagian besar mahasiswa, kecuali mahasiswa dengan kode 11P, 08L, 06L, 13L, 01P, dan 16L yang dapat memberikan persetujuan yang tinggi pada seluruh pernyataan dalam sub-kompetensi ini. Meskipun demikian, ada beberapa mahasiswa lain seperti 02P, 19P, 22P, 26L, 14P, 27P, 30P, 03P, 18L, 28L, dan 29L yang juga menunjukkan tingkat persetujuan yang tinggi terhadap sub-kompetensi ini, meskipun mereka tidak

memberikan persetujuan sebanyak kelompok pertama. Hal ini menunjukkan adanya kesenjangan pemahaman antar kelompok mahasiswa terhadap sub-kompetensi ini.



Gambar 4.19: Wright Map Analisis Racking Data Angket Literasi Lingkungan Mahasiswa

Keterangan:

- Sub-kompetensi 1 : Kepekaan terhadap isu lingkungan
- Sub-kompetensi 2 : Sikap perhatian terhadap lingkungan
- Sub-kompetensi 3 : Asumsi tanggung jawab pribadi
- Sub-kompetensi 4 : Efikasi diri
- Sub-kompetensi 5 : Motivasi dan niat untuk bertindak dalam upaya menjaga kelestarian alam
- Sub-kompetensi 6 : Manajemen lingkungan
- Sub-kompetensi 7 : Kemampuan mempengaruhi orang lain
- Sub-kompetensi 8 : Tindakan terkait barang yang dikonsumsi.

Susbiyanto, 2025

**PENGEMBANGAN PROGRAM PEMBELAJARAN EKOLOGI BERBASIS CITIZEN SCIENCE PROJECT TENTANG PENCEMARAN LIMBAH TAMBANG EMAS DI DAERAH ALIRAN SUNGAI UNTUK MENINGKATKAN KETERAMPILAN PEMECAHAN MASALAH DAN LITERASI LINGKUNGAN CALON GURU BIOLOGI SERTA LITERASI KEBERLANJUTAN MASYARAKAT**

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

Di sisi lain, sub-kompetensi 2, 7, dan 6 berada dalam kategori sulit, yang berarti bahwa sebagian besar mahasiswa memberikan persetujuan terhadap pernyataan yang ada, meskipun ada beberapa mahasiswa yang tidak memberikan persetujuan, seperti mahasiswa dengan kode 04L, 20P, 24L, 12L, 21P, 07P, 23P, 09P, 15P, 25P untuk sub-kompetensi 2. Sub-kompetensi 3, 6, dan 7 mendapatkan persetujuan hampir seluruh mahasiswa, meskipun tetap terdapat beberapa yang memberikan persetujuan yang lebih rendah. Hal ini menunjukkan bahwa sebagian besar mahasiswa sudah cukup menguasai dan setuju dengan pernyataan yang ada pada sub-kompetensi tersebut.

#### **4.4 Peningkatan Literasi Keberlanjutan Masyarakat**

Pengukuran literasi keberlanjutan masyarakat dalam penelitian ini dilakukan menggunakan instrumen angket yang disusun untuk mengevaluasi berbagai dimensi literasi keberlanjutan. Angket ini terdiri dari 50 item pernyataan yang mengukur tiga dimensi utama, yaitu kecerdasan ekologis berbasis pengetahuan keberlanjutan, keterampilan berbasis pengetahuan, pola pikir yang membangun kemampuan adaptasi sosial, perilaku serta tindakan keberlanjutan. Item pernyataan yang digunakan pada angket merupakan item yang telah valid dan reliabel, sehingga memastikan bahwa instrumen ini mampu mengukur literasi keberlanjutan secara konsisten dan akurat.

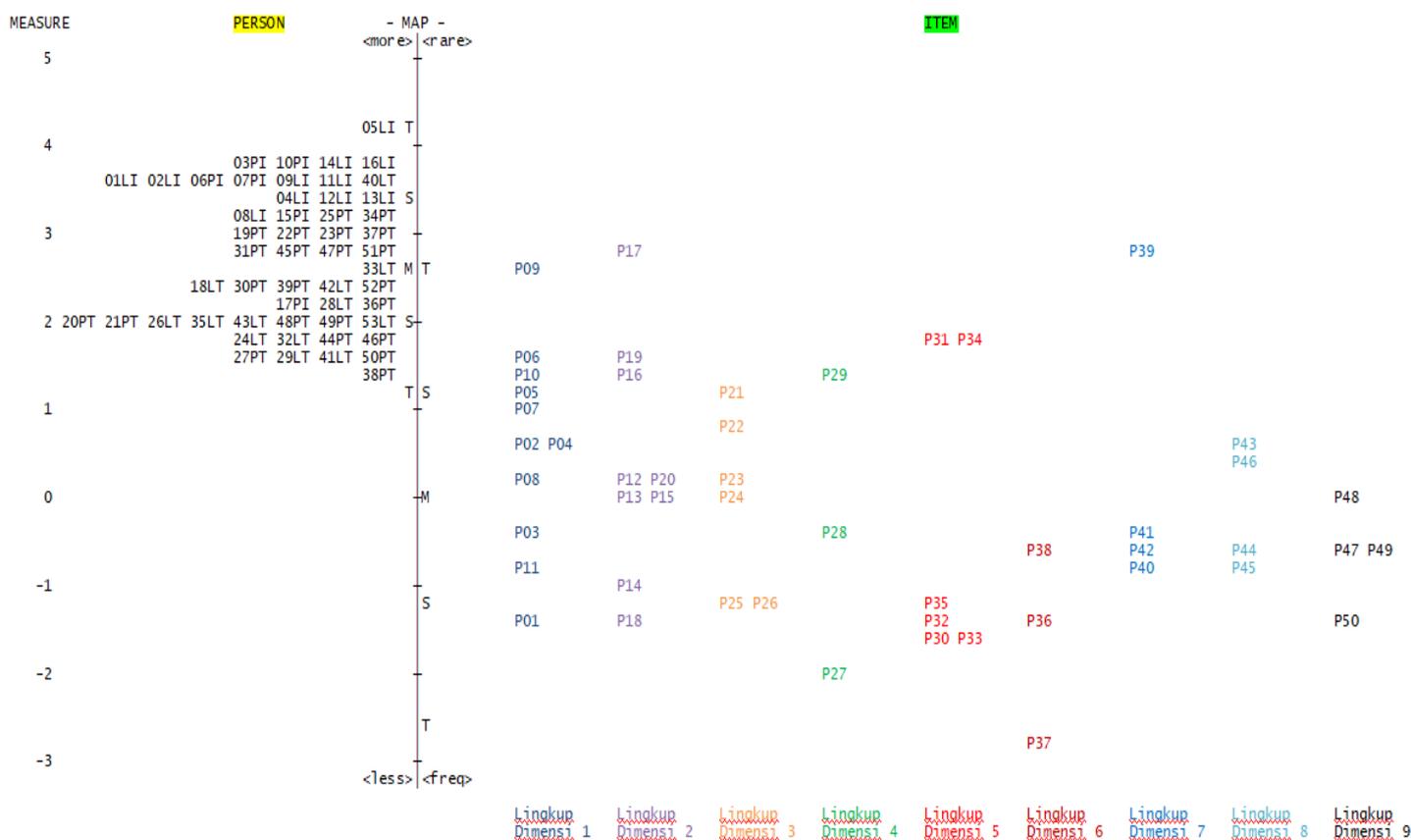
Analisis data literasi keberlanjutan masyarakat dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan analisis statistik model Rasch. Analisis dilakukan tidak hanya mencakup penilaian terhadap efek pembelajaran terhadap pemahaman keberlanjutan pada tingkat individu, tetapi juga menilai sejauh mana partisipasi kolektif dapat meningkatkan literasi keberlanjutan masyarakat secara keseluruhan. Partisipasi kolektif ini dipandang sebagai elemen kunci untuk mendorong masyarakat agar lebih aktif dalam mendukung pelestarian lingkungan dan menyelaraskan tindakan mereka dengan pilar utama keberlanjutan dalam kerangka tujuan pembangunan berkelanjutan (SDGs).

Respons masyarakat dianalisis dengan menelaah persebaran tiap item dalam visualisasi *wright map*. Hubungan antara tingkat kemampuan masyarakat dan tingkat kesulitan setiap item pernyataan dalam angket literasi keberlanjutan telah tersusun di dalam visualisasi tersebut. Gambaran yang tampil di dalam *wright map* menunjukkan bagaimana kemampuan masyarakat, yang diwakili oleh tingkat kemampuan individu, sejalan dengan tingkat kesulitan setiap item dalam angket. Persebaran pada respon masyarakat dan item pada *wright map* memungkinkan identifikasi apakah suatu item pernyataan berada dalam rentang yang sesuai dengan kemampuan mayoritas responden atau apakah terdapat item yang terlalu mudah atau terlalu sulit, yang dapat memengaruhi efektivitas pengukuran. Adapun visualisasi *wright map* hasil analisis disajikan pada Gambar 4.20.

Dimensi yang diukur dalam angket literasi keberlanjutan masyarakat diuraikan menjadi beberapa lingkup dimensi sesuai teori pembelajaran sosial dan teori perubahan perilaku yang telah dijelaskan pada Tabel 2.5. Dimensi kecerdasan ekologis yang berbasis pada pengetahuan keberlanjutan, dibagi menjadi empat lingkup dimensi yaitu lingkup dimensi 1 yang mencakup isu kemanusiaan dan ekosistem berkelanjutan. Lingkup dimensi 2 yang mengacu pada sistem global dan lokal yang dibangun oleh manusia untuk menjawab kebutuhan masyarakat. Lingkup dimensi 3 berfokus pada transisi menuju keberlanjutan, termasuk adaptasi terhadap perubahan lingkungan dan sosial. Lingkup dimensi 4 yang menekankan peran individu dan kolektif dalam menciptakan serta mempertahankan perubahan sistem dan perilaku yang mendukung keberlanjutan.

Dimensi keterampilan yang berbasis pada pengetahuan, dirinci menjadi tiga lingkup dimensi untuk mengukur kapasitas praktis masyarakat dalam mendukung keberlanjutan yang meliputi: Lingkup dimensi 5 yaitu mencakup keterampilan pribadi. Lingkup dimensi 6 yaitu menilai kemampuan bekerja dalam tim untuk mencapai tujuan keberlanjutan melalui kolaborasi dan solidaritas. Lingkup dimensi 7 yang terkait dengan melibatkan kemampuan berpikir dan bertindak secara sistemis, termasuk memahami dinamika sistem sosial-ekologis. Sedangkan Dimensi pola pikir yang membangun kemampuan adaptasi sosial dan perilaku

serta tindakan keberlanjutan, difokuskan pada dua lingkup dimensi yang meliputi: Lingkup dimensi 8 yaitu mencerminkan kepedulian terhadap keberlanjutan, Lingkup dimensi 9 berfokus pada efikasi diri terhadap keberlanjutan, yaitu keyakinan individu dalam mengambil tindakan yang mendukung keberlanjutan, baik secara pribadi maupun kolektif.



Gambar 4.20: Wright Map Analisis Data Literasi Keberlanjutan Masyarakat

Keterangan:

- Kode Angka pada sisi *person* adalah urutan responden
- Kode Angka pada sisi *item* adalah urutan pernyataan
- Hurf I pada sisi *person*, simbol bahwa responden ikut dalam kegiatan pembelajaran (subjek)
- Hurf T pada sisi *person*, simbol bahwa responden sebagai partisipan yang menjadi target proyek (objek)
- Hurf P atau L pada sisi *person* menunjukkan gender, dimana P = Perempuan, L = Laki-Laki
- Huruf P pada sisi *item* merupakan simbol dari pernyataan

Susbiyanto, 2025

PENGEMBANGAN PROGRAM PEMBELAJARAN EKOLOGI BERBASIS CITIZEN SCIENCE PROJECT TENTANG PENCEMARAN LIMBAH TAMBANG EMAS DI DAERAH ALIRAN SUNGAI UNTUK MENINGKATKAN KETERAMPILAN PEMECAHAN MASALAH DAN LITERASI LINGKUNGAN CALON GURU BIOLOGI SERTA LITERASI KEBERLANJUTAN MASYARAKAT

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

Persebaran item pernyataan dalam angket literasi keberlanjutan yang di tampilkan dalam *wright map*. Sebagian besar terkonsentrasi diantara +1 P.SD dan -1 P.SD. Persebaran ini mencerminkan bahwa mayoritas pernyataan dalam angket memiliki tingkat kesulitan yang seimbang dan sesuai dengan kemampuan rata-rata responden sehingga lebih mudah untuk mendapat persetujuan. Pola ini menunjukkan bahwa angket dirancang untuk mengukur literasi keberlanjutan secara proporsional terhadap tingkat kemampuan mayoritas masyarakat. Persebaran item dalam rentang  $\pm 1$  P.SD dari *mean* mengindikasikan bahwa sebagian besar item memiliki tingkat kesulitan yang dapat dijangkau oleh responden dengan kemampuan literasi keberlanjutan rata-rata. Item seperti P08, P13, dan P22 berada dalam rentang ini, yang mencerminkan bahwa sebagian besar responden mampu memberikan respons yang sesuai pada item-item tersebut. Di sisi lain, item yang terletak pada rentang -1 P.SD hingga -2 P.SD, menunjukkan bahwa item lebih mudah untuk mendapatkan persetujuan dari responden. Item seperti P01, P27, dan P37 yang berada jauh di bawah *mean* memiliki tingkat kesulitan yang rendah, sehingga mudah untuk mendapat persetujuan oleh hampir seluruh responden. Sebaliknya, item seperti P09, P17, dan P39 yang berada jauh di atas *mean* menunjukkan tingkat kesulitan yang tinggi, sehingga hanya disetujui oleh responden dengan kemampuan literasi keberlanjutan yang lebih baik. Pola persebaran ini mengindikasikan bahwa angket literasi keberlanjutan masyarakat memiliki cakupan tingkat kesulitan yang luas. Sebagian besar item terdistribusi secara baik di sekitar *mean*, sehingga memungkinkan instrumen ini untuk mengukur kemampuan responden dengan literasi keberlanjutan rata-rata secara efektif. Selain itu, keberadaan item yang berada di luar rentang  $\pm 1$  P.SD memberikan kemampuan instrumen untuk mengidentifikasi responden dengan kemampuan yang sangat rendah atau sangat tinggi. Dengan demikian, pola ini memastikan bahwa instrumen tidak hanya representatif bagi mayoritas populasi, tetapi juga mampu menjangkau kelompok dengan kemampuan ekstrem, baik pada tingkat dasar maupun tingkat lanjut dalam literasi keberlanjutan. Adapun nilai *Logit Value Item* (LVI) untuk masing-masing item pernyataan disajikan pada Tabel 4.14.

Tabel 4.14 Nilai Logit Value Item dari Output Item Entry

ITEM	OUTFIT		PTMEASUR- AL	TOTAL SCORE	TOTAL COUNT	JMLE MEASURE	Rata- rata JMLE Measure	Lingkup Dimensi
	MNSQ	ZSTD	CORR.					
P1	0,86	-0,36	0,32	202	53	-1,49	0,57	1
P2	1,09	0,51	0,47	177	53	0,65		
P3	1,29	1,54	-0,01	192	53	-0,47		
P4	1,75	3,39	0,2	178	53	0,58		
P5	0,85	-0,65	0,47	170	53	1,12		
P6	0,75	-1,13	0,55	164	53	1,51		
P7	0,9	-0,42	0,55	173	53	0,92		
P8	0,84	-0,97	0,37	183	53	0,23		
P9	0,61	-1,98	0,73	142	53	2,65		
P10	0,87	-0,51	0,56	167	53	1,32		
P11	1,33	1,5	-0,05	195	53	-0,74		
P12	1,05	0,34	0,12	184	53	0,15	0,41	2
P13	0,85	-0,89	0,39	186	53	0		
P14	1,29	1,26	0,04	197	53	-0,93		
P15	1,07	0,49	0,13	186	53	0		
P16	0,65	-1,7	0,4	166	53	1,38		
P17	0,53	-2,53	0,8	140	53	2,73		
P18	1,99	2,72	-0,29	201	53	-1,36		
P19	0,42	-3,15	0,54	163	53	1,57		
P20	1,08	0,5	0,12	184	53	0,15		
P21	1,3	1,29	0,6	168	53	1,25	-0,02	3
P22	1	0,06	0,48	174	53	0,86		
P23	0,85	-0,86	0,37	184	53	0,15		
P24	0,55	-3,2	0,75	185	53	0,08		
P25	1,37	1,28	0,04	200	53	-1,24		
P26	1,01	0,14	0,22	200	53	-1,24		
P27	0,94	-0,01	0,22	205	53	-1,93	-0,27	4
P28	1,09	0,58	0,17	190	53	-0,31		
P29	0,93	-0,24	0,41	165	53	1,44		
P30	1,03	0,21	0,21	203	53	-1,62	-0,35	5
P31	0,3	-4,15	0,33	158	53	1,86		
P32	1,41	1,34	0,03	201	53	-1,36		
P33	0,99	0,09	0,19	203	53	-1,62		
P34	0,89	-0,39	0,72	158	53	1,86		
P35	1	0,09	0,26	200	53	-1,24		
P36	1,19	0,7	0,12	201	53	-1,36	-1,6	6
P37	0,6	-0,44	0,26	209	53	-2,89		

ITEM	OUTFIT		PTMEASUR- AL	TOTAL SCORE	TOTAL COUNT	JMLE MEASURE	Rata- rata JMLE Measure	Lingkup Dimensi
	MNSQ	ZSTD	CORR.					
P38	0,91	-0,45	0,36	193	53	-0,56	0,25	7
P39	1,76	3	0,88	137	53	2,86		
P40	0,79	-0,96	0,44	196	53	-0,83		
P41	1,03	0,22	0,19	192	53	-0,47		
P42	1,04	0,27	0,18	193	53	-0,56		
P43	0,86	-0,74	0,24	179	53	0,51	-0,11	8
P44	0,81	-0,97	0,43	194	53	-0,65		
P45	0,88	-0,54	0,36	195	53	-0,74		
P46	1,02	0,15	0,23	180	53	0,44		
P47	1,09	0,5	0,21	193	53	-0,56	-0,67	9
P48	0,97	-0,14	0,28	187	53	-0,07		
P49	1,21	1,09	0,04	193	53	-0,56		
P50	1,56	1,6	-0,05	202	53	-1,49		
<b>MEAN</b>	1,01	-0,05		183,8	53	0		
<b>P.SD</b>	0,32	1,44		17,4	0	1,28		

Pada sisi *person* di dalam *wright map*, menampilkan hubungan antara kemampuan responden dalam memberikan persetujuan terhadap item-item pernyataan. Hubungan tersebut mencerminkan interaksi antara tingkat kemampuan literasi keberlanjutan responden dengan tingkat kesulitan item yang diukur oleh instrumen. Konfirmasi hubungan tersebut diperkuat dari hasil analisis pada Tabel 4.14 dan Tabel 4.15, dimana rata-rata tingkat kesulitan item berada pada *mean* logit 0, sedangkan rata-rata kemampuan responden berada pada nilai *mean* logit 2,69. Hal ini menunjukkan bahwa sebagian besar responden memiliki kemampuan yang cukup tinggi untuk menyetujui sebagian besar item, terutama item dengan tingkat kesulitan rendah hingga menengah, yang tersebar di sekitar atau di bawah *mean* item (0 logit). Fakta lain menunjukkan bahwa nilai *mean person* berada setingkat atau sama dengan 2P.SD dari nilai item. Gambaran ini memberikan informasi bahwa persebaran kemampuan responden memiliki jarak standar deviasi yang lebih besar dibandingkan persebaran tingkat kesulitan item. Hasil analisis ini mencerminkan bahwa mayoritas responden memiliki

kemampuan yang cukup untuk memberikan persetujuan pada sebagian besar item pernyataan, termasuk item dengan tingkat kesulitan sedang hingga tinggi.

Responden dengan kemampuan di atas *mean person* (2,69 logit) cenderung mampu menyetujui hampir seluruh item, termasuk item dengan tingkat kesulitan tinggi, seperti P31, P34, dan P39. Sebaliknya, responden yang berada di bawah *mean person* (2,69 logit), seperti 18LT, 30PT, dan 39PT, mengalami kesulitan untuk memberikan persetujuan pada item dengan tingkat kesulitan sedang hingga tinggi, seperti P09, P17, dan P39. Persebaran kemampuan responden yang terkonsentrasi pada logit 1 hingga 4 menunjukkan bahwa mayoritas responden berada pada tingkat kemampuan literasi keberlanjutan menengah hingga tinggi. Di sisi lain, persebaran item yang lebih luas, yaitu dalam rentang logit -3 hingga +3, menunjukkan bahwa instrumen dirancang untuk mengukur berbagai tingkat kesulitan, dari konsep yang sangat mudah hingga refleksi kritis dan tindakan yang lebih kompleks. Hubungan ini mengindikasikan bahwa meskipun sebagian besar responden mampu menyetujui item-item yang lebih mudah, hanya responden dengan kemampuan tinggi yang dapat menyetujui item dengan tingkat kesulitan lebih ekstrem di atas *mean* item. Sebaliknya, responden dengan kemampuan rendah lebih banyak menyetujui item dengan tingkat kesulitan rendah, seperti item P01, P03, dan P11, yang berada di bawah *mean* item. Keseluruhan pola ini menunjukkan bahwa tingkat kemampuan responden berbanding lurus dengan tingkat kesulitan item yang dapat mereka setujui. Adapun nilai *Logit Value Person* (LVP) untuk masing-masing responden disajikan pada Tabel 4.15.

**Tabel 4.15 Nilai Logit Value Person dari Hasil Analisis Person Entry**

ITEM	OUTFIT		PTMEASUR-AL	TOTAL SCORE	TOTAL COUNT	JMLE MEASURE
	MNSQ	ZSTD	CORR.			
01LI	0,88	-0,3	0,56	183	50	3,5
02LI	1,23	0,8	0,37	183	50	3,5
03PI	1,58	1,48	0,19	186	50	3,84
04LI	1,29	1,02	0,25	182	50	3,4
05LI	1,05	0,26	0,44	189	50	4,24
06PI	1,01	0,13	0,47	184	50	3,61
07PI	1,05	0,25	0,42	183	50	3,5
08LI	0,99	0,04	0,4	179	50	3,1

ITEM	OUTFIT		PTMEASUR-AL	TOTAL SCORE	TOTAL COUNT	JMLE MEASURE
	MNSQ	ZSTD	CORR.			
09LI	0,92	-0,14	0,46	184	50	3,61
10PI	1,23	0,7	0,36	186	50	3,84
11LI	1,07	0,33	0,38	184	50	3,61
12LI	1	0,09	0,45	182	50	3,4
13LI	1,48	1,54	0,16	182	50	3,4
14LI	1,3	0,91	0,29	185	50	3,73
15PI	1,11	0,5	0,31	179	50	3,1
16LI	1,31	0,9	0,27	186	50	3,84
17PI	0,94	-0,22	0,52	167	50	2,12
18LT	0,86	-0,63	0,59	170	50	2,34
19PT	0,86	-0,5	0,49	178	50	3,01
20PT	0,77	-1,17	0,7	165	50	1,98
21PT	1,03	0,23	0,64	164	50	1,91
22PT	0,79	-0,82	0,56	178	50	3,01
23PT	0,97	-0,03	0,5	178	50	3,01
24LT	0,86	-0,63	0,68	161	50	1,71
25PT	0,79	-0,78	0,57	179	50	3,1
26LT	0,96	-0,13	0,73	166	50	2,05
27PT	1,12	0,62	0,61	160	50	1,65
28LT	1,07	0,4	0,6	168	50	2,2
29LT	0,95	-0,18	0,69	159	50	1,58
30PT	0,81	-0,86	0,7	172	50	2,5
31PT	1,01	0,14	0,4	175	50	2,74
32LT	0,91	-0,38	0,58	163	50	1,85
33LT	1	0,05	0,41	174	50	2,66
34PT	1,41	1,45	0,29	180	50	3,2
35LT	0,76	-1,23	0,75	165	50	1,98
36PT	0,75	-1,25	0,64	168	50	2,2
37PT	1,38	1,44	0,28	178	50	3,01
38PT	0,62	-2,08	0,82	157	50	1,46
39PT	1	0,05	0,34	170	50	2,34
40LT	1,08	0,35	0,51	183	50	3,5
41LT	0,85	-0,72	0,8	160	50	1,65
42LT	0,96	-0,1	0,41	171	50	2,42
43LT	1,06	0,34	0,66	166	50	2,05
44PT	0,92	-0,35	0,78	161	50	1,71
45PT	0,89	-0,43	0,49	175	50	2,74
46PT	0,57	-2,46	0,82	161	50	1,71
47PT	0,93	-0,24	0,52	176	50	2,83

ITEM	OUTFIT		PTMEASUR-AL	TOTAL SCORE	TOTAL COUNT	JMLE MEASURE
	MNSQ	ZSTD	CORR.			
48PT	0,86	-0,67	0,79	166	50	2,05
49PT	1,04	0,25	0,7	166	50	2,05
50PT	0,97	-0,06	0,77	160	50	1,65
51PT	1,18	0,8	0,39	176	50	2,83
52PT	0,99	0,02	0,69	170	50	2,34
53LT	1,05	0,33	0,64	165	50	1,98
MEAN	1,01	-0,02		173,4	50	2,69
P.SD	0,2	0,8		9	0	0,75

Keterangan:

- Kode Angka pada sisi person adalah urutan responden
- Hurf I pada sisi person, simbol bahwa responden ikut dalam kegiatan pembelajaran (subjek)
- Hurf T pada sisi *person*, simbol bahwa responden sebagai partisipan yang menjadi target proyek
- Hurf P atau L pada sisi *person* menunjukkan gender, dimana P = Perempuan, L = Laki-Laki

Untuk memudahkan analisis kemampuan responden dalam memberikan persetujuan terhadap item-item pernyataan, serta memahami item mana yang lebih mudah mendapatkan persetujuan, dilakukan pengelompokkan berdasarkan nilai *mean* dan P.SD dari masing-masing analisis, baik *person* (responden) maupun item. Pengelompokkan dengan menggunakan pendekatan berbasis *mean* dan P.SD dapat memberikan struktur yang jelas dalam menganalisis hubungan antara kemampuan responden dan kesulitan item. Selain mempermudah interpretasi data, pengelompokkan ini juga membantu mengidentifikasi lingkup dimensi yang direspon dengan mudah atau sulit mendapat respon sesuai dengan kemampuan rata-rata responden atau dalam memberikan informasi kelompok responden yang berada pada kategori rendah hingga sangat rendah. Dengan cara ini, analisis menjadi lebih terarah dan memberikan wawasan strategis untuk intervensi yang lebih efektif. Penentuan interval skor ataupun interval nilai logit mengacu pada persebaran nilai logit dari masing-masing data yang dianalisis pada *wright map*. Persebaran nilai logit yang tergambar pada *wright map* yang mengacu pada nilai *mean* dan P.SD membagi kategori item dan *person* kedalam 5 kelompok. Penentuan interval skor untuk mengelompokkan item pernyataan yang sesuai

Susbiyanto, 2025

PENGEMBANGAN PROGRAM PEMBELAJARAN EKOLOGI BERBASIS CITIZEN SCIENCE PROJECT TENTANG PENCEMARAN LIMBAH TAMBANG EMAS DI DAERAH ALIRAN SUNGAI UNTUK MENINGKATKAN KETERAMPILAN PEMECAHAN MASALAH DAN LITERASI LINGKUNGAN CALON GURU BIOLOGI SERTA LITERASI KEBERLANJUTAN MASYARAKAT

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

dengan nilai *mean* yaitu 0 logit dan nilai P.SD yaitu sebesar 1,28. diuraikan pada Tabel 4.16.

**Tabel 4.16 Kategori Tingkat Kesulitan Item untuk Memperoleh Persetujuan Responden**

<b>Interval skor</b>	<b>Kategori item dalam mendapatkan persetujuan</b>
Nilai logit > +2P.SD	Item yang sangat sulit mendapat persetujuan
+2P.SD ≥ Nilai logit ≥ +1P.SD	Item yang sulit mendapat persetujuan
+1P.SD > Nilai logit ≥ <i>Mean</i>	Item yang moderat mendapat persetujuan
<i>Mean</i> > Nilai logit ≥ -1P.SD	Item yang mudah mendapat persetujuan
Nilai logit < -1P.SD	Item yang sangat mudah mendapat persetujuan

Sedangkan kriteria yang digunakan untuk melakukan pengelompokkan responden sedikit berbeda dengan pengelompokkan item. Perbedaan ini disebabkan oleh *mean* hasil analisa data pada bagian responden lebih besar dari nilai P.SD, dimana nilai *mean* sebesar 2,69 logit sedangkan nilai P.SD sebesar 0,75. Besarnya nilai *mean* dari nilai P.SD menginformasikan bahwa pola persebaran persetujuan responden terfokus atau menyempit di sekitar nilai rata-rata (*mean*). Indikasi ini menunjukkan bahwa responden memberikan respon yang relatif sama dalam studi ini, sehingga diasumsikan bahwa responden memiliki tingkat literasi lingkungan yang lebih homogen setelah intervensi. Sesuai dengan gambaran *wright map*, diman nilai T yang berada di atas nilai *mean* merupakan penjumlahan nilai *mean* dengan 2P.SD, sehingga nilai T tersebut adalah sebesar 4,19. Sedangkan nilai S yang berada di atas nilai *mean* merupakan penjumlahan nilai *mean* dengan 1P.SD sehingga nilainya adalah 3,44. Sedangkan nilai S di bawah nilai *mean* merupakan pengurangan nilai *mean* dengan 1P.SD sehingga nilainya adalah 1,94. Sedangkan nilai 1P.SD merupakan nilai terbawah dari persebaran nilai logit responden. Adapun uraian kategori untuk pengelompokkan kemampuan responden dalam memberikan persetujuan pada analisi ini ditampilkan pada Tabel 4.17.

**Tabel 4.17 Kategori Tingkat Kemampuan Responden dalam Memberikan Persetujuan**

Interval skor	Kategori kemampuan responden dalam memberikan persetujuan
Nilai logit > 3,44	Responden yang memberikan persetujuan sangat tinggi
$3,44 \geq \text{Nilai logit} \geq \text{Mean}$	Responden yang memberikan persetujuan tinggi
$\text{Mean} > \text{Nilai logit} \geq 1,94$	Responden yang memberikan persetujuan moderat
$1,94 > \text{Nilai logit} \geq 1P.SD$	Responden yang memberikan persetujuan rendah
Nilai logit < 1P.SD	Responden yang memberikan persetujuan sangat rendah

Berdasarkan pengkategorian yang telah ditentukan serta nilai *measure* dari item pada Tabel 4.14 dan juga nilai *measure* reponden yang terdapat dan Tabel 4.15, maka dapat dikelompokkan tingkat kesulitan item dalam memperoleh persetujuan responden dan tingkat kemampuan responden dalam memberikan persetujuan yang disusun dalam bentuk persentase pada Tabel 4.18 berikut.

**Tabel 4.18 Persentase Responden dan Item Pernyataan pada Masing-masing Kategori**

Persentase Tingkat Kesulitan Item dalam Memperoleh Persetujuan Responden		
Kategori item dalam mendapatkan persetujuan	Jumlah Item	Persentase
Item yang sangat sulit mendapat persetujuan	3	6%
Item yang sulit mendapat persetujuan	7	14%
Item yang moderat mendapat persetujuan	15	30%
Item yang mudah mendapat persetujuan	16	32%
Item yang sangat mudah mendapat persetujuan	9	18%
Persentase Tingkat Kemampuan Responden dalam Memberikan Persetujuan		
Kategori tingkat kemampuan responden dalam memberikan persetujuan	Jumlah Responden	Persentase
Responden yang memberikan persetujuan sangat tinggi	11	20,75%
Responden yang memberikan persetujuan tinggi	17	32,08%
Responden yang memberikan persetujuan moderat	15	28,30%
Responden yang memberikan persetujuan rendah	10	18,87%
Responden yang memberikan persetujuan sangat rendah	0	0%

Tingkat kemampuan responden dalam memberikan persetujuan bervariasi mulai dari level sangat tinggi hingga level rendah. Kemampuan responden dalam memberikan persetujuan tidak ada yang menyentuh pada level yang sangat rendah. Secara umum persebaran responden dalam memberikan persetujuan berada di atas standar deviasi ( $P.SD$ ), yang mengindikasikan bahwa terdapat kelompok responden dengan kemampuan literasi keberlanjutan yang jauh di atas rata-rata populasi. Kelompok ini memiliki nilai logit yang lebih tinggi dari *mean* ditambah  $1P.SD$ , yang mencerminkan kemampuan responden dalam memberikan persetujuan yang tinggi pada sebagian besar item, termasuk item dengan tingkat kesulitan tinggi. Responden dalam kategori ini tidak hanya mampu memahami pernyataan dasar, tetapi juga memiliki kapasitas untuk menyetujui item yang menuntut refleksi kritis, pemahaman sistemik, dan internalisasi konsep keberlanjutan yang lebih kompleks. Item seperti P31, P34, dan P39, yang memiliki tingkat kesulitan tinggi, dapat dengan mudah disetujui oleh responden dalam kelompok ini, yang menegaskan tingkat pemahaman dan kesadaran keberlanjutan mereka yang tinggi. Responden dalam kelompok ini meliputi responden 01LI, 02LI, 03PI, 05LI, 06PI, 07PI, 09LI, 10PI, 11LI, 14LI, dan 16LI yang merupakan responden yang memberikan persetujuan sangat tinggi, serta responden 04LI, 08LI, 12LI, 13LI, 15PI, 19PT, 22PT, 23PT, 25PT, 31PT, 33LT, 34PT, 37PT, 40LT, 45PT, 47PT, 51PT yang memberikan persetujuan tinggi.

Responden yang memberikan persetujuan moderat adalah responden yang memiliki kemampuan literasi keberlanjutan yang berada di sekitar rata-rata populasi. Kelompok ini memiliki kemampuan yang cukup untuk menyetujui item-item dengan tingkat kesulitan rendah hingga menengah, tetapi mungkin menghadapi tantangan dalam menyetujui item dengan tingkat kesulitan tinggi, seperti item yang membutuhkan refleksi kritis atau pemahaman sistemik terhadap konsep keberlanjutan. Responden dalam kategori ini menunjukkan tingkat pemahaman dan kesadaran yang wajar terhadap isu keberlanjutan, namun belum sepenuhnya mencapai tingkat internalisasi yang mendalam. Mereka lebih cenderung menyetujui item-item yang bersifat praktis dan langsung, serta item-item yang dekat dengan pengalaman responden, sementara item yang menuntut

keterlibatan aktif atau pemahaman teoretis yang lebih tinggi, memungkinkan responden pada kelompok ini lebih sulit untuk memberi persetujuan. Responden yang masuk pada kategori ini meliputi responden 17PI, 18LT, 20PT, 26LT, 28LT, 30PT, 35LT, 36PT, 39PT, 42LT, 43LT, 48PT, 49PT, 52PT, 53LT.

Responden yang memberikan persetujuan rendah adalah mereka yang memiliki nilai logit di bawah *mean*,  $-P.SD$ . Kriteria tersebut mencerminkan kemampuan literasi keberlanjutan yang berada di bawah rata-rata populasi. Kelompok ini mengalami kesulitan dalam menyetujui item-item pernyataan, terutama yang memiliki tingkat kesulitan tinggi, seperti item yang membutuhkan pemahaman sistemik, refleksi kritis, atau internalisasi konsep-konsep keberlanjutan yang kompleks. Responden dengan persetujuan rendah cenderung hanya mampu menyetujui item-item moderat dan item-item yang mudah atau item yang berkaitan langsung dengan pengalaman responden, seperti isu keberlanjutan yang bersifat konkret dan praktis. Contohnya, responden dengan logit rendah mungkin kesulitan menyetujui pernyataan yang menuntut mereka untuk memahami hubungan antara deforestasi dan perubahan iklim atau pentingnya solidaritas sosial dalam mendukung keberlanjutan masyarakat. Responden dalam kelompok ini meliputi responden 21PT, 24LT, 27PT, 29LT, 32LT, 38PT, 41LT, 44PT, 46PT, 50PT.

Berdasarkan persebaran item-item pernyataan pada *wright map*, item yang sangat sulit mendapatkan persetujuan adalah item dengan nilai logit di atas  $+2P.SD$  (2,56 logit), seperti P17, P39, dan P9, sedangkan item yang sulit mendapatkan persetujuan memiliki nilai logit di rentang  $+1P.SD$  hingga  $+2P.SD$  (1,28 hingga 2,56 logit), yang meliputi P6, P10, P16, P19, P29, P31, dan P34. Item-item dalam kedua kategori ini mencerminkan tingkat kesulitan tinggi dan membutuhkan pemahaman mendalam, refleksi kritis, serta internalisasi konsep keberlanjutan yang kompleks. Item yang sangat sulit, seperti P09, P17, dan P39, berkaitan dengan isu keberlanjutan yang bersifat sistemik, menuntut responden untuk memiliki pengetahuan yang tinggi dalam memahami makna dari pernyataan serta hubungan antara berbagai aspek sosial, ekonomi, dan lingkungan, termasuk dalam menginternalisasi pentingnya tindakan kolektif atau perubahan perilaku

yang signifikan. Responden yang memiliki pengetahuan di bawah rata-rata cenderung mengalami kesulitan untuk menyetujui pernyataan-pernyataan ini. Sementara itu, item yang sulit, seperti P10, P16 dan P19, menguji kemampuan responden untuk menghubungkan konsep keberlanjutan dengan aksi nyata atau refleksi tentang dampak jangka panjang dari tindakan manusia terhadap lingkungan dan masyarakat. Keberadaan kategori item yang sangat sulit dan item yang sulit mendapatkan persetujuan dapat digunakan untuk menentukan responden dengan tingkat literasi keberlanjutan yang tinggi, yakni mereka yang berada di atas rata-rata kemampuan (*mean*, +P.SD), yang mampu memberikan persetujuan dengan mudah. Selain itu, persebaran item sulit juga menunjukkan bahwa instrumen pengukuran mencakup dimensi literasi keberlanjutan yang mendalam, meskipun kelompok responden dengan kemampuan rendah mungkin memerlukan dukungan lebih untuk memahami dan menyetujui pernyataan-pernyataan tersebut.

Item yang berada pada kategori moderat untuk mendapat persetujuan merupakan item dengan tingkat kesulitan yang berada pada rentang logit antara *mean* (0 logit) hingga +1P.SD (1,28 logit). Item-item dalam kategori ini, seperti P2, P4, P5, P7, P8, P12, P13, P15, P20, P21, P22, P23, P24, P43, dan P46 memiliki tingkat kesulitan yang cukup seimbang dan sesuai dengan kemampuan rata-rata responden. Item yang berada pada kategori moderat mencerminkan pernyataan yang membutuhkan pemahaman literasi keberlanjutan pada tingkat menengah, di mana responden harus mampu mengaitkan isu-isu keberlanjutan yang umum dengan pemikiran atau pengalaman praktis responden. Item moderat umumnya menuntut responden untuk menunjukkan tingkat pemahaman yang tidak terlalu dasar tetapi juga tidak terlalu kompleks, sehingga mayoritas responden, terutama mereka yang berada di sekitar *mean* responden yaitu 2,69 logit mampu memberikan persetujuan yang tinggi. Misalnya, item seperti P22 dan P23 mengharuskan responden untuk memahami konsep keberlanjutan dalam konteks praktis atau lokal, yang dapat dengan mudah diakses oleh responden dengan kemampuan literasi keberlanjutan rata-rata. Keberadaan item moderat penting untuk memastikan bahwa instrumen pengukuran dapat menilai

kemampuan responden dengan lebih akurat di sekitar populasi mayoritas. Item-item ini juga memberikan gambaran yang representatif tentang tingkat pemahaman keberlanjutan yang dimiliki oleh sebagian besar responden dalam populasi yang diukur.

Item yang mudah mendapat persetujuan adalah item dengan tingkat kesulitan yang berada pada rentang logit antara *mean* (0 logit) hingga  $-1P.SD$  ( $-1,28$  logit), yang meliputi P3, P11, P14, P25, P26, P28, P35, P38, P40, P41, P42, P44, P45, P47, P48, dan P49. Sementara itu, item yang sangat mudah mendapat persetujuan adalah item dengan tingkat kesulitan lebih rendah dari  $-1P.SD$  ( $-1,28$  logit), yang meliputi P1, P18, P27, P30, P32, P33, P36, P37, dan P50. Item-item dalam kedua kategori ini memiliki karakteristik mudah untuk disetujui oleh sebagian besar responden, bahkan oleh responden dengan kemampuan literasi keberlanjutan yang rendah.

Item mudah dan sangat mudah umumnya mencakup pernyataan-pernyataan yang bersifat dasar atau berkaitan langsung dengan pengalaman sehari-hari responden, sehingga lebih mudah dipahami dan diterima oleh mayoritas populasi. Sebagai contoh, P3 dan P33 berisi konsep keberlanjutan yang sudah umum diketahui atau secara intuitif diterima oleh responden, seperti pentingnya menjaga area kritis agar tidak terjadi bencana atau memanfaatkan potensi desa untuk peningkatan ekonomi masyarakat. Keberadaan item mudah dan sangat mudah penting untuk memastikan bahwa instrumen pengukuran dapat mencakup responden dengan kemampuan literasi keberlanjutan yang rendah. Indikasinya adalah bahwa responden dengan logit kemampuan lebih rendah dari *mean* masih dapat menyetujui item dalam kategori ini, sehingga item tersebut berfungsi untuk membedakan kelompok dengan kemampuan sangat rendah dari kelompok yang tidak memiliki kemampuan sama sekali. Selain itu, item ini berfungsi sebagai dasar dalam mengukur tingkat literasi keberlanjutan pada populasi yang luas dan memberikan landasan yang kuat untuk analisis kemampuan yang lebih kompleks.

#### **4.5 Keunggulan dan Keterbatasan Perkuliahan Ekologi berbasis *Citizen science***

Perkuliahan ekologi berbasis *citizen science* merupakan pendekatan inovatif yang mengintegrasikan partisipasi aktif masyarakat dalam penelitian ilmiah, sekaligus memberikan pemahaman yang lebih mendalam mengenai isu-isu lingkungan. Dalam konteks ini, mahasiswa dan masyarakat terlibat langsung dalam pengumpulan data, pemantauan lingkungan, serta pengambilan keputusan yang berfokus pada keberlanjutan ekosistem. Pendekatan ini tidak hanya memperkaya pengalaman belajar mahasiswa, tetapi juga memberdayakan masyarakat untuk menjadi aktor utama dalam pengelolaan dan pelestarian lingkungan. Meskipun memiliki banyak keunggulan, perkuliahan ini juga menghadapi berbagai keterbatasan. Bagian ini akan menguraikan keunggulan dan keterbatasan perkuliahan ekologi berbasis *citizen science project* berdasarkan temuan yang telah dilakukan dalam penelitian ini.

##### **4.5.1 Keunggulan perkuliahan ekologi berbasis *citizen science***

Perkuliahan ekologi berbasis *citizen science* menawarkan sejumlah keunggulan yang signifikan, baik bagi mahasiswa, masyarakat, maupun lingkungan. Salah satu keunggulan utama adalah pemberdayaan masyarakat yang terlibat, di mana mereka tidak hanya menjadi subjek yang menerima informasi, tetapi juga berperan aktif dalam praktek pengumpulan data dan pemantauan lingkungan. Melalui keterlibatan langsung ini, masyarakat memperoleh pemahaman yang lebih mendalam mengenai masalah lingkungan yang mereka hadapi, seperti polusi, deforestasi, atau pencemaran sungai, serta pentingnya upaya konservasi untuk menjaga keberlanjutan ekosistem mereka. Keunggulan lainnya adalah pengembangan keterampilan praktis bagi mahasiswa, yang dapat mengaplikasikan teori ekologi yang mereka pelajari di kelas dalam konteks dunia nyata. Hal ini memperkaya pengalaman belajar mereka dengan memberikan kesempatan untuk bekerja langsung dengan data lapangan, serta berkolaborasi dengan masyarakat. Keunggulan terakhir yang tidak kalah penting adalah penguatan kolaborasi antara akademisi dan masyarakat yang membuka peluang terciptanya solusi yang lebih inklusif dan berbasis bukti ilmiah. Berbagai

keunggulan perkuliahan ekologi berbasis *citizen science* diuraikan pada bagian berikut ini.

### **1. Pemberdayaan masyarakat dalam konservasi lingkungan**

Pemberdayaan masyarakat dalam konservasi lingkungan mengedepankan partisipasi aktif dari masyarakat dalam setiap aspek pengelolaan dan perlindungan lingkungan. Dalam konteks ini, masyarakat tidak hanya menjadi penerima manfaat dari hasil penelitian lingkungan, tetapi juga berperan sebagai aktor utama yang terlibat dalam praktek pengumpulan data, pemantauan kualitas lingkungan, serta pengambilan keputusan. Hal ini menciptakan hubungan yang lebih aktif antara masyarakat dengan isu-isu lingkungan yang mereka hadapi, memungkinkan mereka untuk memiliki suara dalam keputusan yang berdampak langsung pada kehidupan mereka. Sebagai contoh, dalam proyek berbasis *citizen science*, masyarakat dilibatkan dalam praktek pengumpulan data ilmiah mengenai kualitas air, keanekaragaman hayati, atau pencemaran udara, yang biasanya dilakukan oleh para ahli. Partisipasi mereka memastikan bahwa data yang dikumpulkan bersifat lokal, relevan, dan dapat menggambarkan kondisi nyata di lapangan. Selain itu, masyarakat juga dilibatkan dalam pemantauan berkelanjutan terhadap perubahan lingkungan, seperti dampak dari penambangan, perubahan penggunaan lahan, atau polusi. Proses ini tidak hanya memberi masyarakat kontrol lebih besar terhadap keadaan lingkungan mereka, tetapi juga memperkuat rasa tanggung jawab kolektif untuk menjaga ekosistem yang ada.

### **2. Pendidikan lingkungan untuk masyarakat**

Salah satu aspek penting dalam pemberdayaan masyarakat melalui konservasi lingkungan adalah pendidikan lingkungan yang diperoleh oleh masyarakat. Melalui proyek-proyek yang melibatkan partisipasi aktif mereka, masyarakat memperoleh pengetahuan yang lebih mendalam mengenai ekosistem lokal, dampak kegiatan manusia, dan cara-cara untuk menjaga keberlanjutan lingkungan. Pendidikan lingkungan ini memungkinkan masyarakat untuk memahami bagaimana tindakan mereka, seperti kegiatan pertanian, penambangan, atau polusi industri, yang dapat mempengaruhi keseimbangan alam dan kualitas hidup mereka di masa depan. Misalnya, dalam konteks pencemaran sungai akibat

penambangan emas, masyarakat yang terlibat dalam proyek *citizen science* akan belajar tentang efek jangka panjang dari logam berat, seperti merkuri, terhadap kualitas air dan kesehatan ekosistem sungai. Selain itu, mereka juga diberi pemahaman mengenai metode untuk memitigasi kerusakan lingkungan, seperti pengelolaan limbah yang lebih baik atau penerapan teknik pertanian ramah lingkungan. Dengan pengetahuan ini, masyarakat tidak hanya menjadi lebih sadar akan pentingnya menjaga lingkungan mereka, tetapi juga lebih siap untuk mengambil tindakan yang lebih bijaksana dan berbasis ilmiah dalam keseharian mereka. Pendidikan lingkungan ini juga mengarahkan pada perubahan perilaku yang lebih berkelanjutan, di mana masyarakat tidak hanya mengandalkan penelitian eksternal, tetapi juga aktif dalam mencari solusi yang lebih ramah lingkungan dalam kehidupan mereka sehari-hari. Melalui proses pendidikan, masyarakat memperoleh kemampuan untuk beradaptasi dengan tantangan lingkungan yang dihadapi serta mempengaruhi kebijakan lingkungan yang lebih adil dan efektif, yang pada akhirnya berkontribusi pada pelestarian dan keberlanjutan ekosistem mereka.

### **3. Peningkatan kesadaran dan kepedulian lingkungan melalui kolaborasi**

Salah satu keunggulan terbesar dari integrasi *citizen science* dalam perkuliahan ekologi adalah peningkatan kesadaran dan kepedulian terhadap isu lingkungan yang dialami oleh mahasiswa dan masyarakat melalui kolaborasi. Ketika mereka terlibat langsung dalam praktek kegiatan pengamatan dan pemantauan kondisi lingkungan, mereka menjadi lebih sadar akan pentingnya menjaga keberlanjutan alam dan dampak negatif yang dapat ditimbulkan dari aktivitas manusia terhadap ekosistem. Proses partisipasi ini memberikan wawasan yang lebih nyata mengenai isu-isu lingkungan lokal, seperti polusi, deforestasi, atau kerusakan habitat, yang mungkin sebelumnya kurang dipahami atau diperhatikan. Selain itu, *citizen science* tidak hanya menyampaikan pengetahuan kepada para peserta, tetapi juga berpotensi mengubah perilaku mereka dalam hal pengelolaan sumber daya alam, konservasi, dan pengurangan polusi. Dengan memahami secara langsung bagaimana aktivitas manusia mempengaruhi kualitas

lingkungan, para peserta yaitu mahasiswa dan masyarakat cenderung menjadi lebih sadar dan berhati-hati dalam pengambilan keputusan sehari-hari yang dapat memengaruhi alam, seperti dalam pemanfaatan sumber daya, atau cara mereka berinteraksi dengan lingkungan. Lebih jauh lagi, keterlibatan aktif dalam praktek pengumpulan data membuka kesempatan bagi masyarakat untuk terlibat dalam pengambilan keputusan yang berkaitan dengan kebijakan lingkungan. Pada gilirannya dapat mempengaruhi kebijakan pemerintah atau lembaga lingkungan dalam merumuskan tindakan pelestarian yang lebih efektif dan berbasis pada kondisi nyata di lapangan.

#### **4. Menerapkan langsung teori pada praktik lapangan**

Keuntungan yang diperoleh dari perkuliahan ekologi berbasis *citizen science* adalah kesempatan bagi mahasiswa untuk langsung mengaplikasikan teori yang mereka pelajari di kelas ke dalam situasi nyata di lapangan. Pengalaman ini sangat penting dalam memperkuat pemahaman mereka mengenai berbagai konsep ekologi, seperti keseimbangan ekosistem, interaksi spesies, dan dampak perubahan lingkungan. Selama perkuliahan, mahasiswa tidak hanya mendapatkan pemahaman teoritis tentang bagaimana ekosistem berfungsi, tetapi mereka juga diberi kesempatan untuk mengamati dan menganalisis kondisi ekosistem yang ada di lapangan. Pengalaman ini memungkinkan mahasiswa untuk melihat dengan langsung bagaimana teori-teori tersebut diterapkan dan relevansinya dalam konteks kehidupan nyata. Pengalaman lapangan ini mengharuskan mahasiswa untuk terlibat dalam kegiatan nyata yang melibatkan pengumpulan data, analisis hasil, serta pemecahan masalah yang berkaitan dengan isu-isu lingkungan, seperti polusi, kerusakan habitat, atau keberagaman hayati. Proses ini mengajarkan mereka keterampilan praktis yang sangat dibutuhkan dalam dunia profesional, seperti pengambilan keputusan berbasis data dan kemampuan untuk merumuskan solusi yang tepat. Selain itu, dengan pembelajaran kontekstual yang dilaksanakan dalam proyek langsung yang terkait dengan masalah lingkungan nyata, mahasiswa bisa melihat secara langsung bagaimana konsep-konsep ekologi berfungsi di dunia nyata. Pengalaman ini memperkaya wawasan mereka, memberikan pemahaman yang lebih dalam tentang tantangan ekologi yang kompleks, dan memungkinkan

mereka untuk lebih siap menghadapi masalah lingkungan yang dinamis dan berubah-ubah. Dengan demikian, perkuliahan ekologi berbasis *citizen science* tidak hanya memberikan ilmu pengetahuan, tetapi juga mempersiapkan mahasiswa untuk menjadi agen perubahan yang mampu menerapkan pengetahuan ilmiah untuk mengatasi permasalahan lingkungan secara langsung.

#### **4.5.2 Keterbatasan perkuliahan ekologi berbasis *citizen science project***

Meskipun perkuliahan ekologi berbasis *citizen science project* menawarkan berbagai keunggulan, terdapat beberapa keterbatasan yang perlu diperhatikan agar implementasinya dapat lebih efektif dan berkelanjutan. Kendala utama adalah keterbatasan pengetahuan dan keterampilan masyarakat menjadi salah satu hambatan. Meskipun masyarakat dilibatkan dalam pengumpulan data dan pemantauan lingkungan, tidak semua peserta memiliki pengetahuan atau keterampilan teknis yang diperlukan untuk melakukan tugas ini dengan akurat dan efektif. Tanpa pelatihan yang cukup, kualitas data yang dihasilkan dapat bervariasi, dan hal ini bisa mempengaruhi validitas data yang dikumpulkan. Komitmen masyarakat juga menjadi tantangan tersendiri, karena keberhasilan proyek berbasis *citizen science* sangat bergantung pada partisipasi aktif masyarakat dalam jangka panjang. Dalam banyak kasus, masyarakat mungkin terlibat pada awal proyek, tetapi komitmen mereka bisa menurun seiring waktu karena faktor-faktor seperti kurangnya insentif, kebosanan, atau tuntutan pekerjaan dan kehidupan sehari-hari.

#### **4.6. Uraian Hasil Penelitian yang Menjawab Pertanyaan Rumusan Masalah**

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari penelitian ini, terungkap bahwa pengembangan program pembelajaran ekologi berbasis *citizen science project* tentang pencemaran limbah tambang emas di daerah aliran sungai yang digunakan untuk meningkatkan keterampilan pemecahan masalah dan literasi lingkungan calon guru serta literasi keberlanjutan masyarakat dapat dilakukan melalui pendekatan yang sistematis, dan kontekstual. Program ini dikembangkan berdasarkan hasil studi lapangan, studi pustaka, serta analisis kurikulum, dan

dirancang dalam bentuk serangkaian tahapan proyek yang merepresentasikan tahapan pemecahan masalah dan pembentukan literasi lingkungan yang aplikatif. Karakteristik program meliputi: capaian pembelajaran yang mencakup kompetensi kognitif, afektif, psikomotor, dan konatif; konten pembelajaran berbasis *place-based education* yang dikontekstualisasikan dari kondisi riil pencemaran di DAS; aktivitas pembelajaran yang berbasis observasi lapangan dan pemecahan masalah nyata; struktur kegiatan proyek yang terarah melalui Lembar Kerja Mahasiswa (LKM); dan keterlibatan aktif masyarakat lokal pada setiap tahap pembelajaran. Keseluruhan karakteristik tersebut mendukung proses pembelajaran ekologi yang tidak hanya fokus pada transfer pengetahuan, tetapi juga pembentukan kepekaan ekologis, keterampilan berpikir tingkat tinggi, dan pemberdayaan komunitas.

Program ini secara eksplisit dirancang untuk meningkatkan keterampilan pemecahan masalah calon guru biologi. Melalui tahapan *project activity* seperti identifikasi masalah, diskusi kelompok terfokus, pengumpulan dan analisis data kualitas air, serta penyusunan *mini-project* berbasis data, mahasiswa dilatih untuk memahami permasalahan lingkungan secara mendalam, menemukan akar penyebab, dan merancang solusi berbasis bukti yang relevan dengan konteks lokal. Hasil analisis Rasch terhadap data pre-test dan post-test menunjukkan peningkatan signifikan dalam logit keterampilan mahasiswa, dari mayoritas berkategori rendah pada awal program menjadi dominan dalam kategori sangat tinggi setelah intervensi. Hal ini menunjukkan bahwa pendekatan berbasis proyek yang dikembangkan mampu memfasilitasi mahasiswa dalam menerapkan keterampilan berpikir kritis, reflektif, dan kolaboratif dalam menyelesaikan masalah lingkungan yang kompleks.

Selain itu, program ini juga diarahkan untuk meningkatkan literasi lingkungan calon guru biologi, yaitu kemampuan mahasiswa dalam memahami konsep-konsep ekologi, mengevaluasi isu pencemaran, serta mengambil sikap dan tindakan nyata untuk pelestarian lingkungan. Melalui pengamatan langsung terhadap ekosistem sungai yang tercemar, praktik pengukuran kualitas air, diskusi dengan narasumber ahli, dan refleksi terhadap dampak kegiatan manusia terhadap ekosistem, mahasiswa tidak hanya memperoleh pemahaman konseptual, tetapi

juga menginternalisasi nilai-nilai kepedulian dan tanggung jawab lingkungan. Literasi ini terwujud dalam kemampuan mereka untuk merancang solusi edukatif, menyampaikan informasi kepada masyarakat, serta menyusun rekomendasi solusi yang berbasis pada data dan kolaborasi.

Lebih jauh, program ini berdampak pada peningkatan literasi keberlanjutan masyarakat yang ikut serta dalam kegiatan pembelajaran. Masyarakat lokal dilibatkan secara aktif dalam pengumpulan data, interpretasi hasil, dan pelaksanaan *mini-project*, yang tidak hanya meningkatkan kesadaran mereka terhadap dampak pencemaran, tetapi juga membekali mereka dengan keterampilan praktis untuk memantau dan memulihkan kondisi lingkungan. Melalui pendekatan *co-created citizen science*, masyarakat tidak sekadar menjadi objek edukasi, melainkan subjek pembelajar yang kritis dan reflektif. Literasi keberlanjutan masyarakat terbangun melalui pengalaman langsung yang memungkinkan mereka memahami keterkaitan antara aktivitas tambang, kerusakan lingkungan, dan kesejahteraan hidup, sekaligus mendorong mereka untuk mengambil bagian dalam upaya mitigasi dan advokasi lingkungan.