





# Community Service Strategies through Education and Innovation in Rare Earth Elements Downstreaming

## Strategi Pengabdian Masyarakat melalui Edukasi dan Inovasi Hilirisasi Rare Earth Elements

Rusmin Saragih<sup>1</sup> , Imeldawaty Gultom<sup>2</sup> , Elisa Ananda Natalia<sup>3\*</sup> , Jonathan Parker<sup>4</sup> , Asep

Sutarman<sup>5</sup> , Paroli<sup>6</sup> 

<sup>1</sup>Department of Information System, STMIK Kaputama, Indonesia

<sup>2</sup>Department of Computerized Accounting, STMIK Kaputama, Indonesia

<sup>3</sup>Faculty of Science and Technology, University of Raharja, Indonesia

<sup>4</sup>Faculty of Economics and Business, Rey Incorporation, United States

<sup>5</sup>Faculty of Economics and Business, University of Muhammadiyah Prof. Dr. HAMKA, Indonesia

<sup>6</sup>Faculty of Economics and Business, Universitas Sebelas April, Indonesia

<sup>1</sup>evitha12014@gmail.com, <sup>2</sup>imeldagultom81@gmail.com, <sup>3\*</sup>elisa.ananda@raharja.info, <sup>4</sup>p.jonparker@rey.zone,

<sup>5</sup>asep\_sutarman@uhamka.ac.id, <sup>6</sup>paroli.feb@unsap.ac.id

\*Penulis Korespondensi

### Article Info

#### Riwayat Artikel:

Penyerahan 03 Agustus, 2025

Revisi 27 Agustus, 2025

Diterima 02 Oktober, 2025

Diterbitkan 12 November, 2025

#### Keywords:

Community Service  
Environmental Education  
REE Downstreaming  
Social Innovation  
Sustainability

#### Kata Kunci:

Pengabdian Masyarakat  
Edukasi Lingkungan  
Hilirisasi REE  
Inovasi Sosial  
Keberlanjutan



### ABSTRAK

Hilirisasi *Rare Earth Elements (REE)* di Indonesia memiliki potensi besar dalam mendukung industrialisasi nasional, namun masih menghadapi tantangan dalam aspek lingkungan dan keterlibatan masyarakat. Masyarakat di wilayah

### ABSTRACT

The downstreaming of **Rare Earth Elements (REE)** in Indonesia has significant potential to support national industrialization but faces challenges in environmental management and community involvement. Communities in REE-producing areas generally lack sufficient understanding of the ecological impacts and economic opportunities related to downstreaming activities. This **community service program aims** to enhance local community capacity through education and innovation in environmental management and sustainable utilization of REE downstreaming potential. The program applied a **qualitative approach** through socialization, counseling, group discussions, and community mentoring in potential REE-producing areas. It was supported by policy analysis and participatory observation to assess community understanding and engagement. **The community service activities resulted** in improved public awareness of environmental impacts and REE waste management. Communities became more active in promoting environmentally friendly practices and initiated simple innovations to support sustainable downstreaming. **The conclusion** of this community service program shows that education and innovation are effective strategies to strengthen community roles as active partners in supporting sustainable REE downstreaming. This approach can serve as a collaborative model between government, industry, and communities to promote environmentally conscious development of strategic natural resources.

*Ini adalah artikel akses terbuka di bawah [CC BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) license.*



penghasil REE umumnya belum memiliki pemahaman memadai mengenai dampak ekologis dan peluang ekonomi yang muncul dari aktivitas hilirisasi. **Kegiatan pengabdian ini bertujuan** untuk meningkatkan kapasitas masyarakat melalui edukasi dan inovasi dalam pengelolaan lingkungan serta pemanfaatan potensi hilirisasi REE secara berkelanjutan. Pengabdian dilaksanakan dengan **pendekatan kualitatif** melalui kegiatan sosialisasi, penyuluhan, diskusi kelompok, serta pendampingan masyarakat di wilayah potensial penghasil REE. Metode ini juga didukung oleh analisis kebijakan dan observasi partisipatif untuk menilai tingkat pemahaman dan keterlibatan masyarakat. **Kegiatan pengabdian menunjukkan** peningkatan pengetahuan masyarakat terkait dampak lingkungan hilirisasi dan pentingnya pengelolaan limbah REE. Masyarakat mulai menunjukkan kesadaran terhadap praktik ramah lingkungan serta terlibat aktif dalam kegiatan inovasi sederhana untuk mendukung keberlanjutan hilirisasi. **Kesimpulan** dari kegiatan pengabdian ini menunjukkan bahwa edukasi dan inovasi merupakan strategi efektif dalam memperkuat peran masyarakat sebagai mitra aktif dalam mendukung hilirisasi REE yang berkelanjutan. Pendekatan ini dapat dijadikan model kolaboratif antara pemerintah, industri, dan masyarakat dalam mewujudkan pembangunan berbasis sumber daya alam strategis yang berwawasan lingkungan.

*Ini adalah artikel akses terbuka di bawah [CC BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) license.*



DOI: <https://doi.org/10.34306/adimas.v5i2.1341>

Ini adalah artikel akses terbuka di bawah CC-BY license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

©Penulis memegang semua hak cipta

## 1. PENDAHULUAN

*Hilirisasi Rare Earth Elements (REE)* menjadi salah satu agenda penting dalam upaya memperkuat kemandirian industri nasional. REE memiliki nilai strategis karena menjadi bahan utama dalam berbagai teknologi modern seperti kendaraan listrik, turbin angin, dan perangkat elektronik. Selain berperan sebagai komponen kunci dalam transformasi energi bersih dan industri berteknologi tinggi, REE juga menjadi indikator kemajuan suatu negara dalam mengelola sumber daya alam berbasis inovasi. Indonesia memiliki potensi sumber daya REE yang besar namun belum termanfaatkan secara optimal [1]. Kondisi ini menunjukkan adanya kesenjangan antara ketersediaan sumber daya alam dan kemampuan pengelolaannya, baik dari sisi teknologi, kebijakan, maupun kesiapan sumber daya manusia di tingkat lokal.

Proses hilirisasi yang bertujuan menambah nilai ekonomi sering kali terkendala oleh kurangnya kesadaran masyarakat terhadap dampak lingkungan dan pentingnya pengelolaan sumber daya yang berkelanjutan [2]. Tantangan tersebut diperparah oleh rendahnya literasi lingkungan dan minimnya inovasi sosial di daerah penghasil REE, sehingga aktivitas industri sering kali berjalan tanpa mempertimbangkan keberlanjutan ekosistem sekitar. Oleh karena itu keterlibatan masyarakat menjadi kunci agar hilirisasi dapat berjalan seimbang antara pertumbuhan ekonomi dan pelestarian lingkungan [3]. Partisipasi aktif masyarakat tidak hanya diperlukan untuk meminimalkan dampak negatif terhadap lingkungan, tetapi juga untuk memastikan manfaat ekonomi dari hilirisasi dapat dirasakan secara merata oleh komunitas lokal. Dalam konteks ini, sinergi antara pemerintah, akademisi, industri, dan masyarakat menjadi elemen penting dalam menciptakan sistem pengelolaan sumber daya yang inklusif dan berkelanjutan.

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini selaras dengan tujuan Pembangunan Berkelanjutan atau *Sustainable Development Goals (SDGs)* khususnya tujuan nomor 12 tentang konsumsi dan produksi yang bertanggung jawab serta tujuan nomor 13 tentang penanganan perubahan iklim [4]. Secara lebih luas, program ini juga berkontribusi terhadap SDGs nomor 7 tentang energi bersih dan terjangkau serta SDGs nomor 9 tentang industri, inovasi, dan infrastruktur. Edukasi kepada masyarakat tentang dampak lingkungan dari hilirisasi REE berperan penting dalam membangun kesadaran kolektif untuk menjaga keberlanjutan ekosistem lokal [5]. Melalui proses edukasi yang terarah, masyarakat memperoleh pengetahuan baru tentang pentingnya pengelolaan limbah, konservasi sumber daya, serta penerapan prinsip ekonomi sirkular yang mampu mengurangi tekanan terhadap lingkungan.

Dengan memahami hubungan antara industri dan lingkungan masyarakat dapat berperan aktif dalam mengawasi dan berpartisipasi pada kegiatan produksi yang lebih ramah lingkungan [6]. Pendekatan partisipatif ini menjadi strategi efektif untuk memperkuat kapasitas masyarakat dalam menghadapi dinamika global yang menuntut praktik industri hijau dan tangguh terhadap perubahan iklim. Selain meningkatkan literasi lingkungan, pendekatan ini juga berfungsi sebagai wahana pemberdayaan yang memungkinkan masyarakat

bertransformasi dari sekadar penerima manfaat menjadi pelaku utama dalam pengelolaan sumber daya strategis secara berkelanjutan [7]. Dengan demikian, kegiatan pengabdian ini tidak hanya memberikan kontribusi nyata terhadap peningkatan kesejahteraan masyarakat, tetapi juga memperkuat posisi Indonesia dalam mewujudkan pembangunan hijau yang berkeadilan dan berdaya saing global.

Selain aspek lingkungan hilirisasi REE juga berkaitan erat dengan pemberdayaan ekonomi masyarakat lokal [8]. Melalui kegiatan pengabdian masyarakat berbasis edukasi dan inovasi masyarakat di wilayah penghasil REE dapat memahami potensi ekonomi yang muncul dari pengolahan mineral ini tanpa harus bergantung pada eksploitasi sumber daya secara berlebihan [9]. Edukasi yang diberikan dalam bentuk pelatihan dan pendampingan membantu masyarakat mengembangkan keterampilan serta menciptakan inovasi sederhana yang mendukung praktik industri berkelanjutan. Dengan demikian kegiatan ini turut mendukung pencapaian SDGs nomor 8 tentang pekerjaan layak dan pertumbuhan ekonomi serta nomor 9 tentang industri inovasi dan infrastruktur. Selain itu, kegiatan pengabdian ini juga memiliki keterkaitan langsung dengan SDGs lainnya, khususnya Tujuan 7 (Energi Bersih dan Terjangkau) yang mendorong transisi menuju sumber energi ramah lingkungan melalui pemanfaatan REE sebagai komponen utama teknologi energi terbarukan seperti turbin angin dan kendaraan listrik. Program ini juga memperkuat Tujuan 9 (Industri, Inovasi, dan Infrastruktur) dengan mendorong inovasi sosial dan teknologi sederhana berbasis masyarakat untuk mendukung industrialisasi berkelanjutan. Lebih jauh lagi, kegiatan ini sejalan dengan Tujuan 13 (Penanganan Perubahan Iklim) karena berfokus pada edukasi lingkungan dan pengurangan dampak ekologis melalui pengelolaan limbah serta praktik produksi bersih yang berkontribusi pada mitigasi emisi karbon di tingkat lokal [10].

Kegiatan pengabdian ini menegaskan bahwa keberhasilan hilirisasi tidak hanya bergantung pada aspek teknologi dan kebijakan tetapi juga pada partisipasi masyarakat sebagai mitra utama. Edukasi dan inovasi yang diterapkan dalam program pengabdian mampu menumbuhkan tanggung jawab sosial dan kesadaran lingkungan di kalangan masyarakat lokal [11]. Hal ini menjadi langkah konkret untuk mewujudkan hilirisasi REE yang tidak hanya bernilai ekonomi tetapi juga berkeadilan sosial dan ramah lingkungan [12]. Dengan demikian kegiatan ini berkontribusi langsung terhadap terwujudnya tujuan pembangunan berkelanjutan dan memperkuat peran masyarakat dalam menjaga sumber daya alam strategis Indonesia untuk generasi mendatang [13].

Kebaruhan dari kegiatan pengabdian ini terletak pada integrasi antara pendekatan edukatif dan inovatif dalam konteks hilirisasi sumber daya strategis yang berfokus pada REE. Berbeda dengan penelitian terdahulu yang umumnya hanya menyoroti aspek teknis atau kebijakan hilirisasi, program ini menekankan partisipasi aktif masyarakat dalam merancang solusi berbasis potensi lokal melalui inovasi sosial dan edukasi lingkungan. Pendekatan ini menghasilkan model pemberdayaan masyarakat yang adaptif dan dapat direplikasi di wilayah penghasil REE lainnya. Dengan demikian, kontribusi utama kegiatan ini bukan hanya pada peningkatan pengetahuan masyarakat, tetapi juga pada pengembangan kerangka kolaboratif yang menghubungkan aspek sosial, lingkungan, dan ekonomi secara berkelanjutan.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

Bagian ini membahas dasar konseptual yang menjadi landasan dalam kegiatan pengabdian kepada masyarakat terkait hilirisasi REE. Pembahasan meliputi pemahaman mengenai konsep hilirisasi, peran pengabdian masyarakat, pendekatan edukasi lingkungan, pentingnya inovasi sosial, serta kaitannya dengan tujuan pembangunan berkelanjutan atau SDGs [14]. Melalui tinjauan ini diharapkan dapat memberikan pemahaman teoretis yang mendukung implementasi program pengabdian secara efektif dan berkelanjutan.

### 2.1. Konsep Hilirisasi *Rare Earth Elements* (REE)

Hilirisasi *Rare Earth Elements* (REE) merupakan proses untuk meningkatkan nilai tambah dari sumber daya mineral tanah jarang melalui pengolahan dan pemanfaatan yang lebih lanjut. Unsur-unsur REE banyak digunakan dalam teknologi modern seperti kendaraan listrik, turbin angin, panel surya, dan perangkat elektronik [15]. Di Indonesia proses hilirisasi REE menjadi strategi penting untuk mendukung transformasi ekonomi menuju industri berbasis sumber daya alam yang berkelanjutan. Namun pelaksanaannya menghadapi tantangan dalam hal penguasaan teknologi, pengelolaan limbah, serta keterlibatan masyarakat lokal [16]. Oleh karena itu diperlukan pendekatan yang tidak hanya bersifat teknis tetapi juga sosial dan lingkungan agar kegiatan hilirisasi dapat memberikan manfaat nyata bagi masyarakat di sekitar wilayah pertambangan.

## 2.2. Pengabdian kepada Masyarakat sebagai Pilar Pemberdayaan

Pengabdian kepada masyarakat merupakan bentuk implementasi dari tanggung jawab sosial perguruan tinggi untuk memberikan kontribusi nyata bagi kesejahteraan masyarakat. Kegiatan ini tidak hanya berfokus pada transfer pengetahuan tetapi juga pemberdayaan masyarakat agar memiliki kemampuan untuk mandiri dan berinovasi [17]. Dalam konteks hilirisasi REE kegiatan pengabdian diarahkan untuk memperkuat peran masyarakat dalam menjaga keseimbangan antara pemanfaatan sumber daya dan pelestarian lingkungan [18]. Pendekatan partisipatif menjadi penting agar masyarakat tidak hanya menjadi objek tetapi juga subjek dalam proses pembangunan.

## 2.3. Edukasi Lingkungan dalam Pemberdayaan Masyarakat

Edukasi lingkungan berfungsi sebagai sarana untuk meningkatkan pemahaman masyarakat mengenai dampak ekologis dari aktivitas industri serta mendorong perilaku yang lebih bertanggung jawab terhadap lingkungan [19]. Melalui pendidikan berbasis lingkungan masyarakat dapat memahami pentingnya pengelolaan limbah, konservasi sumber daya alam, dan penerapan prinsip ekonomi sirkular. Dalam kegiatan pengabdian edukasi lingkungan menjadi langkah awal untuk membangun kesadaran kolektif agar masyarakat mampu berperan aktif dalam mendukung hilirisasi REE yang berkelanjutan. Program pelatihan, sosialisasi, dan pendampingan menjadi instrumen penting dalam memperkuat kapasitas masyarakat di daerah penghasil REE [20].

## 2.4. Inovasi Sosial untuk Keberlanjutan Hilirisasi

Inovasi sosial merupakan pendekatan yang menekankan pada penciptaan solusi kreatif terhadap permasalahan sosial dan lingkungan. Dalam konteks hilirisasi REE inovasi sosial dapat diwujudkan melalui pengembangan teknologi sederhana yang ramah lingkungan, penerapan praktik produksi bersih, serta pembentukan model kolaborasi antara pemerintah, industri, dan masyarakat [21]. Inovasi ini tidak hanya bertujuan meningkatkan efisiensi ekonomi tetapi juga memperkuat kohesi sosial serta memperluas partisipasi masyarakat dalam pembangunan daerah. Dengan adanya inovasi sosial masyarakat dapat menjadi bagian dari solusi dalam mengatasi tantangan hilirisasi REE.

## 3. METODE PELAKSANAAN

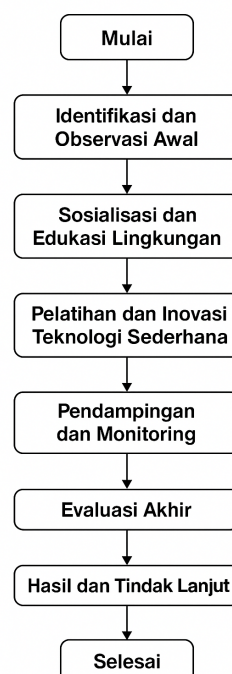
Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini menggunakan metode kualitatif dengan pendekatan partisipatif. Pendekatan ini dipilih karena menekankan pada keterlibatan langsung masyarakat dalam setiap tahapan kegiatan sehingga proses pengabdian tidak hanya menjadi sarana transfer pengetahuan tetapi juga wadah pemberdayaan yang berkelanjutan [22]. Metode ini berfokus pada peningkatan kapasitas masyarakat melalui edukasi dan inovasi yang dapat diterapkan dalam konteks hilirisasi REE di wilayah penghasil sumber daya tersebut [23]. Untuk memperkuat transparansi metodologis, kegiatan pengabdian ini juga didukung oleh proses analisis literatur dan pengolahan data kualitatif yang dilakukan secara sistematis serta berlandaskan pendekatan ilmiah yang terukur. Tahapan analisis dimulai dari proses identifikasi berbagai sumber literatur yang relevan, mencakup publikasi yang membahas secara mendalam mengenai hilirisasi REE, inovasi sosial dalam konteks pembangunan berkelanjutan, serta model-model pemberdayaan masyarakat yang telah diterapkan di wilayah penghasil sumber daya alam strategis.

Setelah proses identifikasi dilakukan, langkah berikutnya adalah seleksi literatur berdasarkan tingkat relevansi topik, kredibilitas sumber, dan kesesuaian konteks penelitian dengan kondisi Indonesia. Hanya publikasi yang berasal dari jurnal terindeks, laporan kebijakan, atau sumber institusional yang kredibel yang dipilih untuk dianalisis lebih lanjut guna menjamin keakuratan dan validitas data. Selanjutnya, dilakukan sintesis tematik untuk menemukan pola keterkaitan antara hasil-hasil empiris di lapangan dengan teori pendukung, sehingga dapat terbentuk pemahaman menyeluruh mengenai hubungan antara aspek sosial, lingkungan, dan ekonomi dalam kegiatan hilirisasi REE. Tahap akhir dari proses analisis ini adalah validasi hasil melalui diskusi kelompok terarah (FGD) yang melibatkan masyarakat lokal dan tim pelaksana pengabdian, bertujuan untuk memastikan kesesuaian temuan dengan realitas di lapangan sekaligus memperkaya interpretasi hasil melalui perspektif partisipatif. Dengan tahapan analisis yang terstruktur ini, kegiatan pengabdian mampu menghasilkan dasar konseptual yang kuat dan kredibel dalam merancang strategi edukasi serta inovasi yang kontekstual dan berkelanjutan.

Pendekatan ini memastikan bahwa setiap langkah pelaksanaan berbasis pada bukti empiris dan teori yang kuat, sekaligus memperkaya dasar konseptual program pengabdian. Pelaksanaan kegiatan dilakukan secara bertahap mulai dari observasi lapangan, sosialisasi, pelatihan, pendampingan, hingga evaluasi hasil.

Setiap tahap dirancang untuk memperkuat pemahaman dan keterampilan masyarakat dalam menjaga keseimbangan antara kegiatan ekonomi dan pelestarian lingkungan [24]. Observasi lapangan dilakukan untuk mengidentifikasi kebutuhan, potensi, dan tantangan di daerah penghasil REE. Setelah itu dilakukan kegiatan edukasi lingkungan, pelatihan pengelolaan limbah, dan inovasi teknologi sederhana yang relevan dengan kebutuhan masyarakat setempat. Selain itu, dalam setiap tahap pelaksanaan, tim pengabdian berupaya melibatkan masyarakat secara aktif agar mereka tidak hanya menjadi penerima manfaat, tetapi juga menjadi pelaku utama dalam proses perubahan. Kegiatan sosialisasi dilakukan dengan pendekatan komunikasi dua arah untuk menumbuhkan rasa memiliki terhadap program yang dijalankan. Pelatihan difokuskan pada peningkatan keterampilan praktis yang dapat diterapkan langsung dalam kegiatan sehari-hari, seperti teknik pengolahan limbah ramah lingkungan, pengelolaan sumber daya lokal secara berkelanjutan, dan pemanfaatan teknologi tepat guna. Tahap pendampingan berperan penting untuk memastikan keberlanjutan kegiatan setelah program selesai. Tim pengabdian terus melakukan pemantauan dan memberikan umpan balik terhadap hasil implementasi di lapangan. Sementara itu, tahap evaluasi dilakukan secara menyeluruh untuk menilai efektivitas metode, tingkat partisipasi masyarakat, serta dampak sosial, ekonomi, dan lingkungan yang dihasilkan. Melalui pendekatan ini, kegiatan pengabdian diharapkan dapat menghasilkan model pemberdayaan masyarakat yang adaptif, inovatif, dan berorientasi pada pembangunan berkelanjutan di wilayah penghasil REE.

Untuk memperjelas tahapan kegiatan pengabdian kepada masyarakat, disajikan diagram alur pelaksanaan kegiatan seperti pada Gambar 1 dimana diagram tersebut menggambarkan hubungan antar tahap kegiatan mulai dari observasi awal hingga evaluasi akhir. Setiap tahap saling berhubungan dan membentuk siklus yang berkelanjutan, sehingga hasil dari satu tahap menjadi dasar bagi pelaksanaan tahap berikutnya. Dengan adanya alur ini, proses pengabdian dapat dijalankan secara sistematis, terukur, dan mudah direplikasi pada wilayah lain yang memiliki karakteristik serupa. Lebih lanjut, diagram alur tersebut berfungsi sebagai panduan operasional bagi tim pelaksana dan mitra masyarakat untuk memastikan setiap tahapan dilaksanakan secara konsisten dan selaras dengan tujuan program. Setiap tahap memiliki indikator capaian yang terukur, baik dari segi peningkatan kapasitas masyarakat, efektivitas penerapan teknologi tepat guna, maupun keberlanjutan kegiatan pasca-program. Dengan adanya kerangka alur yang jelas, proses koordinasi antar pihak menjadi lebih efisien, serta meminimalkan tumpang tindih kegiatan.



Gambar 1. Diagram Alur Pelaksanaan Pengabdian kepada Masyarakat

Gambar 1 menunjukkan bahwa pelaksanaan pengabdian kepada masyarakat mengikuti pola kerja yang berkesinambungan. Setiap tahapan memiliki keterkaitan fungsional yang saling mendukung satu sama lain.

Tahap identifikasi berperan dalam menggali permasalahan dan potensi masyarakat, yang kemudian menjadi dasar untuk melaksanakan sosialisasi dan edukasi lingkungan. Hasil dari tahap edukasi dimanfaatkan dalam pelatihan untuk mengembangkan keterampilan praktis yang relevan dengan kebutuhan lokal. Seluruh kegiatan dilaksanakan secara kolaboratif antara tim pengabdian dan masyarakat lokal. Kegiatan ini juga memperhatikan prinsip pembangunan berkelanjutan yang sejalan dengan SDGs terutama pada aspek pekerjaan layak, inovasi industri, dan konsumsi produksi yang bertanggung jawab [25]. Pendekatan kualitatif digunakan untuk memahami perubahan perilaku dan tingkat partisipasi masyarakat secara mendalam berdasarkan hasil observasi, wawancara, serta dokumentasi selama kegiatan berlangsung [26].

Tabel 1 menyajikan tahapan kegiatan yang dilaksanakan dalam program pengabdian kepada masyarakat. Setiap tahapan dirancang secara sistematis untuk memastikan bahwa proses pengabdian berlangsung efektif, terukur, dan berorientasi pada hasil nyata. Rangkaian kegiatan dimulai dari tahap identifikasi kebutuhan hingga evaluasi akhir, yang seluruhnya melibatkan masyarakat secara aktif. Dengan alur kegiatan yang terencana, program pengabdian ini tidak hanya memberikan pengetahuan tetapi juga menumbuhkan kesadaran dan kemandirian masyarakat dalam menjaga lingkungan di sekitar wilayah penghasil REE.

Tabel 1. Diagram Hubungan Hasil Kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat

Tahapan Kegiatan	Tujuan Kegiatan	Bentuk Kegiatan	Hasil yang Diharapkan
Identifikasi dan Observasi Awal	Mengetahui kondisi sosial dan lingkungan masyarakat di sekitar wilayah penghasil REE	Survei lapangan dan wawancara dengan tokoh masyarakat	Peta kebutuhan dan potensi masyarakat
Sosialisasi dan Edukasi Lingkungan	Meningkatkan pengetahuan masyarakat tentang dampak lingkungan hilirisasi REE	Penyuluhan dan diskusi kelompok interaktif	Peningkatan kesadaran lingkungan masyarakat
Pelatihan dan Inovasi Teknologi Sederhana	Memberikan keterampilan dasar dalam pengelolaan limbah dan inovasi ramah lingkungan	Pelatihan daur ulang limbah dan penerapan teknologi tepat guna	Munculnya inovasi lokal dan praktik ramah lingkungan
Pendampingan dan Monitoring	Memastikan keberlanjutan kegiatan dan penerapan hasil pelatihan	Pendampingan rutin dan evaluasi perkembangan masyarakat	Peningkatan partisipasi dan kemandirian masyarakat
Evaluasi Akhir	Menilai keberhasilan program pengabdian dan dampaknya terhadap masyarakat	Pengumpulan data kualitatif melalui wawancara dan dokumentasi	Laporan hasil kegiatan dan rekomendasi tindak lanjut

Berdasarkan Tabel 1 kegiatan pengabdian kepada masyarakat dilaksanakan melalui pendekatan yang menyeluruh dan partisipatif. Setiap tahapan memiliki peran penting dalam memastikan ketercapaian tujuan, mulai dari pengenalan isu lingkungan hingga penerapan inovasi lokal yang mendukung keberlanjutan hilirisasi REE. Proses pendampingan yang dilakukan secara berkelanjutan memungkinkan masyarakat untuk mengembangkan kemampuan adaptif terhadap tantangan lingkungan dan ekonomi di wilayah mereka. Keterlibatan aktif masyarakat dalam setiap tahapan juga menunjukkan bahwa pengabdian ini bukan hanya berorientasi pada penyuluhan tetapi juga pada pemberdayaan. Dengan demikian hasil kegiatan diharapkan dapat memperkuat kapasitas masyarakat lokal untuk menjadi mitra aktif dalam mewujudkan hilirisasi REE yang berkelanjutan dan berwawasan lingkungan.

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pelaksanaan kegiatan pengabdian kepada masyarakat dalam mendukung hilirisasi REE berfokus pada peningkatan kapasitas masyarakat melalui edukasi lingkungan dan inovasi teknologi sederhana [27]. Kegiatan dilakukan di wilayah potensial penghasil REE dengan melibatkan masyarakat lokal sebagai peserta aktif dalam seluruh tahapan program. Hasil yang diperoleh menunjukkan adanya perubahan positif pada tingkat penge-

tahuan, kesadaran, dan partisipasi masyarakat terhadap pengelolaan sumber daya alam secara berkelanjutan [28]. Melalui proses edukasi dan inovasi, masyarakat mulai memahami pentingnya keterlibatan mereka dalam menjaga keseimbangan antara kegiatan ekonomi dan kelestarian lingkungan [29].

#### **4.1. Peningkatan Pengetahuan dan Kesadaran Lingkungan**

Kegiatan sosialisasi dan edukasi lingkungan menjadi langkah awal yang sangat penting dalam membangun kesadaran masyarakat [30]. Sebelum kegiatan dimulai, sebagian besar peserta memiliki pemahaman terbatas mengenai dampak ekologis dari aktivitas hilirisasi REE. Setelah mengikuti kegiatan penyuluhan dan diskusi kelompok, masyarakat mulai memahami keterkaitan antara eksploitasi sumber daya, pencemaran lingkungan, dan keberlanjutan ekonomi lokal [31]. Peningkatan pengetahuan ini terlihat dari antusiasme peserta dalam memberikan tanggapan dan saran selama kegiatan berlangsung. Selain itu, masyarakat juga menunjukkan kesediaan untuk berperan aktif dalam menjaga lingkungan, seperti mengurangi pembuangan limbah dan memanfaatkan kembali bahan bekas menjadi produk berguna.

#### **4.2. Penguatan Keterampilan melalui Inovasi Teknologi Sederhana**

Pelatihan inovasi teknologi sederhana difokuskan pada pengelolaan limbah hasil aktivitas pertambangan dan pengolahan mineral. Tim pengabdian memperkenalkan konsep teknologi tepat guna yang ramah lingkungan, seperti penggunaan alat penyaring limbah sederhana, pengolahan limbah cair menjadi bahan aman, serta pemanfaatan sisa bahan tambang untuk pembuatan produk bernilai ekonomi [32]. Melalui pendekatan praktis ini, masyarakat dapat menerapkan hasil pelatihan secara langsung di lingkungan mereka. Dampak positif mulai terlihat dari munculnya beberapa inisiatif lokal yang mencoba menerapkan metode daur ulang dan pemanfaatan limbah. Inovasi ini tidak hanya menurunkan potensi pencemaran, tetapi juga membuka peluang ekonomi baru bagi masyarakat sekitar.

#### **4.3. Peningkatan Partisipasi dan Kolaborasi Masyarakat**

Partisipasi masyarakat menjadi kunci utama keberhasilan program pengabdian ini. Kegiatan dilakukan dengan melibatkan tokoh masyarakat, kelompok pemuda, dan organisasi lokal untuk memperkuat jejaring sosial di tingkat komunitas [33]. Kolaborasi ini mendorong terbentuknya semangat gotong royong dan rasa memiliki terhadap program pengabdian. Dalam beberapa kegiatan, masyarakat bahkan turut berperan sebagai fasilitator dalam penyuluhan kepada kelompok lain di lingkungannya. Hal ini menunjukkan bahwa kegiatan pengabdian berhasil menumbuhkan kemampuan kepemimpinan dan tanggung jawab sosial [34]. Kolaborasi antara tim pengabdian dan masyarakat juga memperkuat keberlanjutan program, karena setiap tahapan kegiatan dilaksanakan berdasarkan kebutuhan dan aspirasi warga.

#### **4.4. Dampak terhadap Keberlanjutan Hilirisasi REE**

Kegiatan pengabdian ini memberikan dampak nyata terhadap upaya keberlanjutan hilirisasi REE. Melalui edukasi lingkungan dan inovasi sosial, masyarakat kini memiliki pemahaman yang lebih baik tentang pengelolaan limbah dan pentingnya menjaga keseimbangan ekosistem di sekitar wilayah pertambangan [35]. Program ini tidak hanya meningkatkan kesadaran ekologis, tetapi juga mengubah paradigma masyarakat dari pola pikir eksploitasi menuju pengelolaan sumber daya yang lebih bijaksana dan bertanggung jawab. Edukasi yang diberikan secara berkelanjutan mendorong masyarakat untuk memahami keterkaitan antara kegiatan industri, keberlangsungan ekonomi, serta kelestarian lingkungan, sehingga tumbuh kesadaran bahwa keberhasilan hilirisasi bergantung pada keseimbangan antara manfaat ekonomi dan kesehatan ekosistem. Kegiatan ini juga membantu memperkuat hubungan antara aspek sosial dan lingkungan dalam konteks hilirisasi. Melalui interaksi antara masyarakat, tim pengabdian, dan pemangku kepentingan lokal, terbentuk ekosistem kolaboratif yang mendorong munculnya rasa tanggung jawab bersama terhadap pengelolaan sumber daya alam. Kesadaran masyarakat yang meningkat menjadi fondasi penting bagi pemerintah dan industri untuk melibatkan masyarakat dalam kebijakan pengelolaan sumber daya alam strategis. Dalam praktiknya, masyarakat tidak lagi diposisikan sebagai objek pembangunan, tetapi sebagai mitra sejajar yang memiliki kapasitas dan pengetahuan lokal untuk turut serta dalam proses perencanaan dan pengawasan kegiatan hilirisasi.

Dengan demikian, hasil kegiatan pengabdian ini menunjukkan bahwa pembangunan berkelanjutan tidak hanya dapat dicapai melalui teknologi dan regulasi, tetapi juga melalui partisipasi aktif masyarakat sebagai pelaku utama di tingkat lokal [36]. Perubahan sosial yang terjadi mencerminkan terbentuknya modal sosial baru berupa jaringan kerja, rasa saling percaya, dan nilai-nilai kolektif yang mendorong tindakan pro-lingkungan dalam jangka panjang. Dampak lanjutan yang terlihat adalah munculnya kolaborasi antarkelompok

masyarakat yang saling berbagi pengalaman dan praktik baik dalam menjaga lingkungan [37]. Inisiatif ini berkembang menjadi gerakan komunitas yang berfokus pada inovasi ramah lingkungan, pengelolaan limbah, dan konservasi sumber daya alam secara partisipatif. Upaya ini memperkuat posisi masyarakat sebagai mitra sejajar dalam proses hilirisasi yang berkeadilan sosial dan berwawasan lingkungan [38]. Lebih dari itu, kegiatan ini juga membuka ruang bagi pengembangan model kolaborasi berkelanjutan antara masyarakat, akademisi, dan pelaku industri dalam mengintegrasikan nilai-nilai keberlanjutan ke dalam praktik ekonomi lokal. Dengan meningkatnya kapasitas masyarakat dan terbangunnya kesadaran kolektif, pengabdian ini memberikan kontribusi signifikan terhadap terciptanya sistem hilirisasi REE yang tidak hanya berorientasi pada nilai tambah ekonomi, tetapi juga pada ketahanan sosial dan kelestarian lingkungan bagi generasi mendatang.

Tabel 2. Hasil Kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat

Aspek Kegiatan	Indikator Keberhasilan	Hasil yang Dicapai	Dampak Terhadap Masyarakat
Edukasi Lingkungan	Peningkatan pemahaman masyarakat terhadap hilirisasi REE	85% peserta menunjukkan peningkatan pengetahuan berdasarkan hasil wawancara dan diskusi	Kesadaran masyarakat terhadap lingkungan meningkat dan mulai menerapkan perilaku ramah lingkungan
Pelatihan Inovasi Teknologi Sederhana	Kemampuan masyarakat dalam menerapkan teknologi tepat guna	70% peserta mampu mempraktikkan cara pengelolaan limbah sederhana di lingkungan sekitar	Masyarakat memiliki keterampilan baru yang dapat dimanfaatkan untuk mendukung ekonomi lokal
Pendampingan dan Monitoring	Tingkat partisipasi dan keterlibatan masyarakat selama kegiatan	Masyarakat aktif terlibat dalam setiap tahapan kegiatan dari sosialisasi hingga evaluasi	Terbentuknya kelompok masyarakat mandiri yang berperan dalam pengawasan lingkungan
Kolaborasi Sosial	Keterlibatan lintas kelompok masyarakat dalam pelaksanaan kegiatan	Terjalin kerja sama antar kelompok masyarakat untuk mengembangkan inovasi lokal	Tercipta jejaring sosial yang mendukung keberlanjutan program
Dampak Keberlanjutan	Perubahan perilaku dan pola pikir masyarakat terhadap lingkungan	Masyarakat lebih memahaminya pentingnya keseimbangan antara ekonomi dan ekologi	Terbangunnya kesadaran kolektif untuk menjaga keberlanjutan sumber daya alam strategis

Tabel 2 menunjukkan bahwa kegiatan pengabdian kepada masyarakat memberikan dampak yang signifikan pada peningkatan pengetahuan, keterampilan, dan partisipasi masyarakat dalam konteks pengelolaan sumber daya alam yang berkelanjutan. Peningkatan tersebut tidak hanya tercermin dari hasil kuantitatif berupa peningkatan pemahaman peserta terhadap isu lingkungan, tetapi juga terlihat dari perubahan sikap dan perilaku masyarakat yang mulai menunjukkan kepedulian terhadap praktik ramah lingkungan dalam aktivitas sehari-hari. Melalui kegiatan edukasi dan pelatihan yang dirancang secara partisipatif, masyarakat memperoleh kesempatan untuk memahami secara mendalam pentingnya pengelolaan sumber daya secara bijak, termasuk bagaimana menerapkan prinsip ekonomi sirkular dalam pemanfaatan limbah dan hasil tambang. Proses pembelajaran ini mendorong munculnya kesadaran kolektif bahwa keberlanjutan hilirisasi REE tidak hanya bergantung pada kemampuan teknologi, tetapi juga pada perilaku dan nilai-nilai sosial yang dianut oleh masyarakat di sekitarnya.

Untuk memperjelas keterkaitan antara berbagai hasil kegiatan pengabdian, disajikan diagram hubungan hasil dan dampak program seperti pada Gambar 2. Diagram ini menggambarkan bagaimana setiap aspek hasil kegiatan, mulai dari peningkatan pengetahuan, penguatan keterampilan, hingga kolaborasi masyarakat, saling berinteraksi dan berkontribusi secara dinamis dalam mewujudkan keberlanjutan hilirisasi REE. Setiap komponen dalam diagram tersebut menunjukkan hubungan sebab-akibat yang memperlihatkan bahwa keberhasilan suatu tahap akan memperkuat capaian pada tahap berikutnya, sehingga membentuk siklus pemberdayaan yang berkelanjutan. Hubungan ini menggambarkan bahwa keberhasilan suatu program tidak semata-

mata ditentukan oleh satu faktor tunggal, melainkan merupakan hasil dari perpaduan dan sinergi antara berbagai komponen yang saling berinteraksi serta mendukung satu sama lain. Sinergi tersebut mencakup aspek edukasi yang memperkuat pengetahuan masyarakat, inovasi sosial yang mendorong perubahan positif, serta partisipasi aktif masyarakat yang menjadi kunci dalam menciptakan dampak nyata. Secara keseluruhan, keterpaduan berbagai elemen ini berkontribusi signifikan terhadap penguatan kapasitas lokal dan keberlanjutan pengelolaan sumber daya alam strategis secara berkelanjutan.



Gambar 2. Diagram Alur Pelaksanaan Keberlanjutan Hilirisasi REE dan Pemberdayaan Masyarakat

Gambar 2 menunjukkan bahwa peningkatan pengetahuan dan kesadaran lingkungan menjadi fondasi utama yang mendorong masyarakat untuk berperan aktif dalam pengelolaan sumber daya secara berkelanjutan. Melalui proses edukasi, masyarakat memperoleh pemahaman yang kemudian diwujudkan dalam bentuk inovasi dan keterampilan praktis pada tahap pelatihan. Hasil dari proses ini memperkuat partisipasi dan kolaborasi antaranggota masyarakat, yang pada akhirnya menghasilkan dampak positif terhadap keberlanjutan hilirisasi REE. Secara keseluruhan, diagram ini menegaskan bahwa pendekatan berbasis edukasi dan inovasi mampu menciptakan efek berantai yang memperkuat kemandirian, tanggung jawab sosial, dan kesadaran ekologis masyarakat di wilayah penghasil REE. Selain itu, peningkatan kapasitas individu ini juga memperlihatkan bagaimana proses pembelajaran yang inklusif dapat mengubah pola pikir masyarakat dari sekadar penerima informasi menjadi penggerak perubahan yang aktif dalam menciptakan praktik industri hijau di tingkat lokal.

Selain memberikan dampak langsung terhadap masyarakat, kegiatan ini juga menumbuhkan kesadaran kolektif bahwa proses hilirisasi tidak semata-mata kegiatan ekonomi, tetapi juga bagian dari tanggung jawab sosial untuk melindungi ekosistem. Kegiatan edukasi yang disampaikan dengan pendekatan partisipatif membuat masyarakat lebih mudah memahami keterkaitan antara pengelolaan lingkungan, kesehatan, dan kesejahteraan [39]. Hal ini memperlihatkan bahwa program pengabdian tidak hanya memperkuat aspek pengetahuan teknis, tetapi juga membentuk karakter peduli lingkungan yang menjadi modal sosial penting dalam pembangunan berkelanjutan. Masyarakat mulai mengembangkan kebiasaan baru seperti pengelolaan limbah rumah tangga, pemanfaatan kembali bahan bekas, dan penghematan energi, yang semuanya mencerminkan transformasi perilaku positif [40]. Perubahan perilaku ini menjadi indikator keberhasilan pengabdian dalam menanamkan nilai keberlanjutan sebagai bagian dari budaya masyarakat sehari-hari.

Lebih jauh lagi, hasil kegiatan menunjukkan adanya peluang keberlanjutan program di masa mendatang. Kelompok masyarakat yang telah dibentuk selama kegiatan pengabdian menunjukkan kemampuan untuk menjadi agen perubahan di lingkungannya. Mereka berperan dalam menyebarkan pengetahuan kepada warga lain dan menjaga konsistensi pelaksanaan praktik ramah lingkungan [41]. Selain itu, potensi inovasi yang muncul dari masyarakat dapat menjadi dasar pengembangan program lanjutan yang lebih luas, baik dalam bentuk kolaborasi lintas daerah maupun kemitraan dengan institusi pendidikan dan industri hijau. Hal ini membuka kemungkinan terbentuknya ekosistem inovasi sosial yang berkelanjutan, di mana masyarakat tidak hanya menjadi pelaku lokal, tetapi juga bagian dari jaringan pengetahuan nasional dalam pengelolaan sumber daya

strategis. Dengan demikian, kegiatan pengabdian ini tidak hanya menghasilkan manfaat jangka pendek tetapi juga membangun fondasi sosial, ekonomi, dan ekologis bagi keberlanjutan hilirisasi REE di Indonesia.

## 5. IMPLIKASI MANAJERIAL

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat yang berfokus pada edukasi dan inovasi hilirisasi REE memiliki implikasi strategis bagi penguatan tata kelola pembangunan berkelanjutan di tingkat lokal. Dari sisi manajerial, kegiatan ini menunjukkan bahwa pendekatan kolaboratif antara perguruan tinggi dan masyarakat mampu mempercepat proses transfer pengetahuan dan memperkuat kapasitas sumber daya manusia. Dengan melibatkan masyarakat secara langsung, kegiatan pengabdian ini juga membantu meningkatkan efektivitas implementasi kebijakan lingkungan dan industri yang berorientasi pada prinsip keberlanjutan. Implikasi lainnya adalah perlunya dukungan kelembagaan yang kuat untuk menjamin keberlanjutan program pasca kegiatan pengabdian. Manajemen pelaksanaan kegiatan perlu dirancang tidak hanya dalam bentuk jangka pendek, tetapi juga diarahkan pada pembentukan sistem pendampingan berkelanjutan. Hal ini dapat dilakukan dengan membentuk kelompok masyarakat binaan yang memiliki fungsi sebagai pusat pembelajaran dan inovasi di tingkat lokal. Dengan demikian, kegiatan pengabdian tidak berhenti pada tahap penyuluhan, tetapi berkembang menjadi model pemberdayaan masyarakat yang berkelanjutan dan mampu memberikan manfaat ekonomi, sosial, serta lingkungan dalam jangka panjang.

Selain itu, hasil kegiatan ini juga memberikan pelajaran penting bagi pengelolaan proyek pengabdian berbasis sumber daya alam. Manajer program dan pengambil kebijakan perlu memastikan bahwa setiap kegiatan diintegrasikan dengan prinsip tanggung jawab sosial dan pelestarian lingkungan. Kegiatan serupa dapat direplikasi di wilayah lain dengan karakteristik sumber daya yang berbeda melalui adaptasi strategi yang kontekstual. Implikasi manajerial ini diharapkan menjadi acuan bagi perguruan tinggi, lembaga riset, dan organisasi sosial dalam mengembangkan pola pengabdian masyarakat yang lebih produktif, inklusif, dan berorientasi pada pencapaian SDGs.

## 6. KESIMPULAN

Hasil dari kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini menunjukkan bahwa pendekatan berbasis edukasi dan inovasi mampu meningkatkan kesadaran, keterampilan, dan partisipasi masyarakat dalam mendukung hilirisasi REE yang berkelanjutan. Program ini berhasil menciptakan perubahan perilaku positif di tingkat komunitas, memperkuat kapasitas masyarakat dalam pengelolaan sumber daya alam, serta mendorong terbentuknya sinergi sosial untuk menjaga keseimbangan antara aspek ekonomi dan lingkungan. Peningkatan kemampuan masyarakat dalam menerapkan teknologi sederhana dan praktik ramah lingkungan menjadi bukti bahwa transfer pengetahuan dapat berjalan efektif melalui metode partisipatif.


Novelty dari kegiatan pengabdian ini terletak pada integrasi antara pendekatan edukatif dan inovatif dalam konteks hilirisasi sumber daya strategis. Berbeda dari pengabdian konvensional yang berfokus pada pelatihan teknis, program ini menekankan kolaborasi masyarakat dalam merancang solusi berbasis potensi lokal. Kegiatan ini juga memperkenalkan konsep inovasi sosial dalam pengelolaan limbah mineral yang sebelumnya belum banyak dikembangkan dalam konteks pengabdian masyarakat. Dengan demikian, kegiatan ini tidak hanya menghasilkan peningkatan kapasitas individu tetapi juga membangun struktur sosial baru yang mendukung keberlanjutan hilirisasi REE di tingkat lokal.


Untuk penelitian atau pengabdian selanjutnya, diperlukan pengembangan model kolaborasi yang lebih luas antara masyarakat, akademisi, dan pelaku industri agar dampak kegiatan semakin komprehensif. Kajian mendalam mengenai efektivitas inovasi sosial yang diterapkan masyarakat juga penting dilakukan untuk menilai sejauh mana perubahan perilaku yang dihasilkan dapat bertahan dan beradaptasi dalam jangka panjang. Evaluasi ini perlu mencakup aspek sosial, ekonomi, dan lingkungan agar dapat memberikan gambaran menyeluruh mengenai keberlanjutan dampak program pengabdian. Selain itu, program lanjutan dapat diarahkan pada penguatan jejaring komunitas dan pengembangan teknologi tepat guna yang mampu menjawab kebutuhan lokal, sekaligus dapat diadaptasi di berbagai daerah penghasil REE di Indonesia. Pendekatan kolaboratif antara akademisi, industri, dan masyarakat juga dapat memperkaya proses pengembangan teknologi tersebut, sehingga hasil inovasi tidak hanya relevan secara teknis, tetapi juga memiliki nilai sosial yang tinggi. Dengan langkah tersebut, kegiatan pengabdian di masa depan diharapkan mampu menjadi motor penggerak utama dalam mewujudkan pembangunan berkelanjutan berbasis sumber daya alam strategis yang inklusif, mandiri, dan berdaya saing global.


## 7. DEKLARASI


### 7.1. Tentang Penulis


Rusmin Saragih (RS)  <https://orcid.org/0000-0002-6591-5143>

Imeldawaty Gultom (IG)  <https://orcid.org/0009-0005-6784-5133>

Elisa Ananda Natalia (EA)  <https://orcid.org/0009-0005-4863-3557>

Jonathan Parker (JP)  <https://orcid.org/0009-0000-8585-3245>

Asep Sutarman (AS)  <https://orcid.org/0009-0002-1029-7963>

Paroli (PA)  <https://orcid.org/0009-0001-1458-847X>

### 7.2. Kontribusi Penulis

Konseptualisasi: RS dan EA; Metodologi: PA; Perangkat Lunak: IG; Validasi: AS dan RS; Analisis Formal: PA dan RS; Investigasi: EA; Sumber Daya: RS; Kurasi Data: AS; Penulisan Draf Asli Persiapan: IG dan EA; Penulisan Tinjauan dan Penyuntingan: JP dan AS; Visualisasi: RS. Semua penulis, RS, IG, EA, JP, AS dan PA yang telah membaca dan menyetujui versi naskah yang diterbitkan.

### 7.3. Pernyataan Ketersediaan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini dapat diperoleh dengan mengajukan permintaan kepada penulis yang bersangkutan.

### 7.4. Pendanaan

Penulis menyatakan bahwa tidak ada sumber pendanaan yang diterima untuk mendukung kegiatan pengabdian, proses penulisan, ataupun publikasi artikel ini.

### 7.5. Deklarasi Konflik Kepentingan

Penulis menegaskan bahwa tidak terdapat konflik kepentingan, baik yang bersifat finansial maupun personal, yang dapat memengaruhi hasil atau isi dari penelitian yang disajikan dalam makalah ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. E. Puspita, I. Syafri, Y. A. Sendjaja, and N. Ramzis, "Potensi, kebijakan dan pemanfaatan logam tanah jarang (Itj) menuju net zero emission (nze) di indonesia," *Jurnal Locus Penelitian dan Pengabdian*, vol. 4, no. 5, pp. 2240–2255, 2025.
- [2] S. Ilyah, Z. Akbar, and D. Lawasa, "Pengabdian masyarakat mengenai edukasi pencegahan covid-19 di desa panumbangan cianjur," *ADI Pengabdian Kepada Masyarakat*, vol. 3, no. 1, pp. 74–80, 2022.
- [3] A. Baskoro, "Esg dan tata kelola hilirisasi critical minerals: Mampukah infrastruktur hukum indonesia menjamin keberlanjutan dan keadilan?" *Jurnal Rechts Vinding: Media Pembinaan Hukum Nasional*, vol. 14, no. 1, 2025.
- [4] Badan Pusat Statistik. (2024) Analisis lingkungan hidup berkelanjutan: Perubahan iklim di indonesia 2023. Diakses pada Oktober 2025. [Online]. Available: <https://www.bps.go.id/id/publication/2024/12/20/00241d0a55a18996ec4da2f0/analisi>
- [5] R. D. Destiani and A. N. Muftidah, "Era baru ekonomi digital: Studi komprehensif tentang teknologi dan pasar," *ADI Bisnis Digital Interdisiplin Jurnal*, vol. 5, no. 1, pp. 47–50, 2024.
- [6] A. E. A. Abdullah, N. Malikhah, S. N. Lailiyah, and M. I. Anshori, "Eco-leadership: Peran pemimpin dalam mewujudkan ekonomi berkelanjutan dan ramah lingkungan," *Jurnal Riset Rumpun Ilmu Ekonomi*, vol. 4, no. 1, pp. 308–320, 2025.
- [7] S. N. Utami *et al.*, "Penguatan kapasitas umkm rambak kulit sapi desa sringin kecamatan jumantono kabupaten karanganyar dalam upaya pencapaian sustainable development goals (sdgs) desa," *Jurnal Komunitas: Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat*, vol. 7, no. 2, pp. 302–308, 2025.
- [8] R. Sivaraman, M.-H. Lin, M. I. C. Vargas, S. I. S. Al-Hawary, U. Rahardja, F. A. H. Al-Khafaji, E. V. Golubtsova, and L. Li, "Multi-objective hybrid system development: To increase the performance of diesel/photovoltaic/wind/battery system." *Mathematical Modelling of Engineering Problems*, vol. 11, no. 3, 2024.

- [9] J. Juanda, R. J. Riansyah, A. Arsadi, and L. Bethany, "Towards entrepreneurial campus sustainability: Integrating artificial intelligence for resource allocation in business management," *Aptisi Transactions on Technopreneurship (ATT)*, vol. 6, no. 3, pp. 314–323, 2024.
- [10] V. O. Olanrewaju, B. A. Gyamfi, I. Ozsahin, and T. S. Adebayo, "Achieving sdgs 7, 8, and 13: balancing policy uncertainty with renewable energy demand," *Environmental Sciences Europe*, vol. 37, no. 1, p. 97, 2025.
- [11] D. Bennet, L. Maria, Y. P. A. Sanjaya, and A. R. A. Zahra, "Blockchain technology: Revolutionizing transactions in the digital age," *ADI Journal on Recent Innovation*, vol. 5, no. 2, pp. 192–199, 2024.
- [12] E. B. Setiawan, "Prinsip konstitusi ekonomi dalam hilirisasi nikel untuk mewujudkan pengelolaan sumber daya alam yang berkelanjutan," *Jurnal Rechts Vinding: Media Pembinaan Hukum Nasional*, vol. 14, no. 1, 2025.
- [13] G. Silva, G. Godwin, and O. Jayanagara, "The impact of ai on personalized learning and educational analytics," *International Transactions on Education Technology (ITEE)*, vol. 3, no. 1, pp. 36–46, 2024.
- [14] D. Ekawati, N. L. S. Adnyani, N. P. S. W. Widyantari, and K. Susiani, "Mengintegrasikan perspektif sdgs (tujuan pembangunan berkelanjutan) dalam pembelajaran ilmu pengetahuan sosial untuk membangun kepedulian dan rasa tanggung jawab sosial," *JPGI (Jurnal Penelitian Guru Indonesia)*, vol. 10, no. 1, pp. 56–61, 2025.
- [15] R. Azhari and A. N. Salsabila, "Transforming pt pertamina with cybersecurity, file security, and essential items," *International Journal of Cyber and IT Service Management*, vol. 3, no. 2, pp. 160–167, 2023.
- [16] D. F. Sahl and I. G. S. M. Djati, "Aspek teknologi, politik kebijakan, dan ekonomi dalam kebijakan hilirisasi sumber daya nikel indonesia pada tahun 2020," *Jurnal Teknologi Sumberdaya Mineral*, vol. 6, no. 1, pp. 21–31, 2025.
- [17] O. Candra, A. Chammam, U. Rahardja, A. A. Ramirez-Coronel, A. A. Al-Jaleel, I. H. Al-Kharsan, I. Muda, G. B. Derakhshani, and M. M. Rezai, "Optimal participation of the renewable energy in microgrids with load management strategy," *Rigas Tehniskas Universitates Zinatniskie Raksti*, vol. 27, no. 1, pp. 56–66, 2023.
- [18] M. Marwa, E. Fitri, M. Fikri, S. Sestika, R. V. Bintang, and H. Nopianti, "Pemberdayaan anak pesisir bengkulu dalam pemanfaatan sumber daya alam (cemara laut) melalui edukasi kearifan lokal di sdn 57 kota bengkulu," *Jompa Abdi: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, vol. 4, no. 2, pp. 77–84, 2025.
- [19] L. K. Choi, P. A. Sunarya, and M. Fakhrezzy, "Blockchain technology as authenticated system for smart universities," *IAIC Transactions on Sustainable Digital Innovation (ITSIDI)*, vol. 4, no. 1, pp. 57–61, 2022.
- [20] K. F. Khoirin, E. Erlina, S. Siswati, J. Julia, and D. Mashitah, "Kewirausahaan untuk kepemudaan: Pelatihan pengelolaan limbah tempurung kelapa dalam meningkatkan pendapatan pemuda desa," *KHIDMAH: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, vol. 1, no. 1, pp. 7–10, 2024.
- [21] A. L. Arifin *et al.*, "Hilirisasi pangan guna mewujudkan ketahanan ekonomi," *Jurnal Pendidikan Ekonomi Akuntansi dan Kewirausahaan (JPEAKU)*, vol. 5, no. 1, pp. 19–27, 2025.
- [22] M. Ajeng, A. Kirei, and K. Amanda, "Blockchain technology application for information system security in education," *Blockchain Frontier Technology*, vol. 3, no. 1, pp. 26–31, 2023.
- [23] F. Nurrisa, D. Hermina *et al.*, "Pendekatan kualitatif dalam penelitian: Strategi, tahapan, dan analisis data," *Jurnal Teknologi Pendidikan Dan Pembelajaran— E-ISSN: 3026-6629*, vol. 2, no. 3, pp. 793–800, 2025.
- [24] M. Kamal and W. Sejati, "Peningkatan kesadaran dan pencegahan penyalahgunaan narkoba di masyarakat desa citepuseun: Peran sosialisasi dan kesadaran komunitas," *ADI Pengabdian Kepada Masyarakat*, vol. 4, no. 1, pp. 18–22, 2023.
- [25] D. Partini, A. Asrul, and E. T. Masbaitubun, "Implementasi tujuan pembangunan berkelanjutan (sdgs) di desa warbal, kei kecil barat, maluku tenggara," *Jurnal Geografi*, vol. 21, no. 1, pp. 60–70, 2025.
- [26] A. Muhtadibillah, B. Rawat, B. M. Sentosa *et al.*, "Motivasi organisasi dalam mengadopsi teknologi blockchain: Suatu tinjauan literatur dan analisis kualitatif," *Jurnal MENTARI: Manajemen, Pendidikan dan Teknologi Informasi*, vol. 2, no. 2, pp. 188–196, 2024.
- [27] R. K. Dev, S. N. Yadav, N. Magar, S. Ghimire, M. Koirala, R. Giri, A. K. Das, S. K. Shah, R. L. Gardas, and A. Bhattarai, "Recovery of rare earth elements (rees) from different sources of e-waste and their potential applications: A focused review," *Geological Journal*, 2025.
- [28] M.-H. Lin, R. Sivaraman, Z. Nan, U. Rahardja, I. Muda, F. S. Fahim, B. S. Bashar, L. Li, and I. Husein, "Capacity optimization design of hybrid energy power generation system." *Mathematical Modelling of*

- Engineering Problems*, vol. 10, no. 4, 2023.
- [29] R. Rinwanti, K. N. Izzaty, Y. Pujiastuti, R. Yuliana, and A. N. Wahyuni, "Optimalisasi bank sampah sebagai upaya pemberdayaan ekonomi dan pelestarian lingkungan," *Jurnal Pengabdian Masyarakat Bhinneka*, vol. 3, no. 4, pp. 361–367, 2025.
- [30] M. F. Nur and A. Siregar, "Exploring the use of cluster analysis in market segmentation for targeted advertising," *IAIC Transactions on Sustainable Digital Innovation (ITSDI)*, vol. 5, no. 2, pp. 158–168, 2024.
- [31] M. Listari, S. Anisa *et al.*, "Dampak eksploitasi sumber daya alam terhadap ekonomi lokal dan lingkungan: Studi kasus pertambangan migas di kabupaten siak, riau," *Jurnal Pendidikan Sosial dan Humaniora*, vol. 4, no. 3, pp. 5384–5387, 2025.
- [32] N. K. D. Sabrina, D. Pramana, and T. M. Kusuma, "Implementation of golang and reactjs in the covid-19 vaccination reservation system," *ADI Journal on Recent Innovation*, vol. 5, no. 1, pp. 1–12, 2023.
- [33] R. S. Nuryana, D. C. Jatnika, and F. P. Firsanty, "Efektivitas sosialisasi sebagai pendekatan partisipatif dalam program sosial: Tinjauan sistematis literatur," *Share: Social Work Journal*, vol. 15, no. 1, pp. 35–47, 2025.
- [34] S. Watini, Q. Aini, U. Rahardja, N. P. L. Santoso, and D. Apriliasari, "Class dojolms in the interactive learning of paud educators in the disruption era 4.0," *Journal of Innovation in Educational and Cultural Research*, vol. 3, no. 2, pp. 215–225, 2022.
- [35] M. Taufiqurrohman, M. Yusuf *et al.*, "Pemanfaatan energi terbarukan dalam pengolahan daur ulang limbah," *Jurnal MENTARI: Manajemen, Pendidikan dan Teknologi Informasi*, vol. 1, no. 1, pp. 46–57, 2022.
- [36] I. K. Hadi, F. Silitonga, S. U. Adi, S. M. Raindra *et al.*, "Strategi pengelolaan sumber daya nasional guna membangun pertahanan negara yang tangguh," *JURNAL MAHATVAVIRYA*, vol. 12, no. 1, pp. 8–20, 2025.
- [37] S. Dendra, "Pemberdayaan masyarakat dalam meningkatkan produktivitas pertanian berkelanjutan: Aset based community development kampung cipulus desa mandalasari kecamatan cikancung kabupaten bandung," Ph.D. dissertation, Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati Bandung, 2025.
- [38] F. I. Kartikasari, "Strategi regulasi untuk mendorong hilirisasi pertambangan yang berwawasan lingkungan regulatory strategies to promote environmentally sustainable mining downstream," *Jurnal Rechts Vinding: Media Pembinaan Hukum Nasional*, vol. 14, no. 1, 2025.
- [39] S. Manyullei, N. Nasrah, W. Wahiduddin, K. N. Jatsmah, M. E. Arifin, and A. Rafika, "Edukasi pengelolaan sampah rumah tangga sebagai upaya meningkatkan kesadaran lingkungan masyarakat desa wanio, kabupaten sidrap," *Jurnal Altifani Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat*, vol. 5, no. 5, pp. 737–748, 2025.
- [40] R. A. Permana, R. Anindita, Z. Zainol, A. Quinn *et al.*, "Analisis metode dan teknologi untuk perlindungan data dan informasi dari ancaman siber: Analysis of methods and technologies for data and information protection against cyber threats," *Jurnal MENTARI: Manajemen, Pendidikan dan Teknologi Informasi*, vol. 3, no. 2, pp. 137–146, 2025.
- [41] C. Astriyani, A. Nudita, A. R. Yazid, F. R. Agustian, and R. Rismawati, "Peran pengabdian masyarakat dalam peningkatan kesadaran lingkungan di wilayah jababeka," *Jurnal Akselerasi Merdeka Belajar dalam Pengabdian Orientasi Masyarakat (AMPOEN): Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat*, vol. 2, no. 3, pp. 1407–1413, 2025.