

# **Evaluation of the Implementation of Environmental, Social, and Governance (ESG) Standards in the Management and Utilization of FABA Waste in the National Energy Industry**

Oleh:

Abubakar Hamada,

Rita Ambarwati

Progam Studi Magister Manajemen  
Universitas Muhammadiyah Sidoarjo

11 Juli, 2025



# Pendahuluan

## 1. Latar Belakang

- Permintaan listrik nasional yang terus meningkat membuat pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) berbahan bakar batubara beroperasi pada kapasitas tinggi. Konsekuensinya, residu pembakaran berupa fly ash dan bottom ash (FABA) bertambah drastis, menembus lebih dari sebelas juta ton per tahun.
- PLTU Asam-Asam menghasilkan 160 ton FABA setiap hari, PLTU Asam-Asam memiliki kewajiban untuk melakukan Pengelolaan FABA tersebut sesuai regulasi PP Nomor 22 Tahun 2021 Tentang PPLH.
- Jika FABA tersebut tidak dikelola dengan baik maka PLTU akan terancam mendapatkan sanksi dari pemerintah, berupa sanksi administratif atau bahkan pencabutan izin operasional pembangkit.

## 2. Alasan Penelitian

- Pemanfaatan FABA di PLTU Asam-Asam secara eksternal hanya 0,52% dari total pemanfaatan pada tahun 2024. Kondisi ini menunjukkan bahwa pemanfaatan FABA secara eksternal yang melibatkan Stakeholder dan masyarakat sekitar masih belum menjadi prioritas utama dan masih membutuhkan optimalisasi.

Table 1. FABA Utilization Statistics at PLTU Asam Asam

| Month     | Internal Utilization (Tons) | Internal Utilization (Tons) |
|-----------|-----------------------------|-----------------------------|
| January   | 5127                        | 0                           |
| February  | 3544,4                      | 0                           |
| March     | 1987,04                     | 0                           |
| April     | 13089,04                    | 0                           |
| May       | 15885,03                    | 0                           |
| June      | 2483,78                     | 0                           |
| July      | 11904,35                    | 0                           |
| August    | 33720                       | 0                           |
| September | 13875                       | 0                           |
| October   | 1500                        | 0                           |
| November  | 830,69                      | 285,74                      |
| December  | 858,91                      | 268,07                      |
| Total     | 104805,2481                 | 553,81                      |

Source: Authors



# Rumusan Masalah & Tujuan Penelitian

## Rumusan Masalah

- Apa faktor utama yang memengaruhi permintaan eksternal terhadap FABA?
- Apa saja peluang dan kendala dalam pengelolaan FABA?
- Bagaimana strategi yang efektif untuk meningkatkan pemanfaatan FABA?

## Tujuan Penelitian

- Menganalisis faktor-faktor yang memengaruhi permintaan eksternal terhadap FABA.
- Mengidentifikasi peluang dan kendala dalam pengelolaan FABA.
- Merumuskan strategi manajemen yang efektif untuk meningkatkan pemanfaatan FABA.



## Relevansi dengan Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs):

Penelitian ini sejalan dengan kebutuhan global untuk mengurangi limbah. Upaya ini mendukung pengelolaan berkelanjutan yang relevan dengan target SDGs dalam aspek sosial (pemberdayaan masyarakat sekitar), lingkungan (mengurangi limbah), dan ekonomi (menghasilkan nilai tambah dari limbah). Studi ini juga diharapkan memacu kesadaran stakeholder dan masyarakat untuk berkontribusi lebih besar terhadap tujuan pembangunan berkelanjutan.



# Literature Review

## 1. Waste Management Performance

- Kinerja pengelolaan limbah yang efektif mendukung keberlanjutan lingkungan dan efisiensi ekonomi, dengan mengoptimalkan limbah sebagai sumber daya.

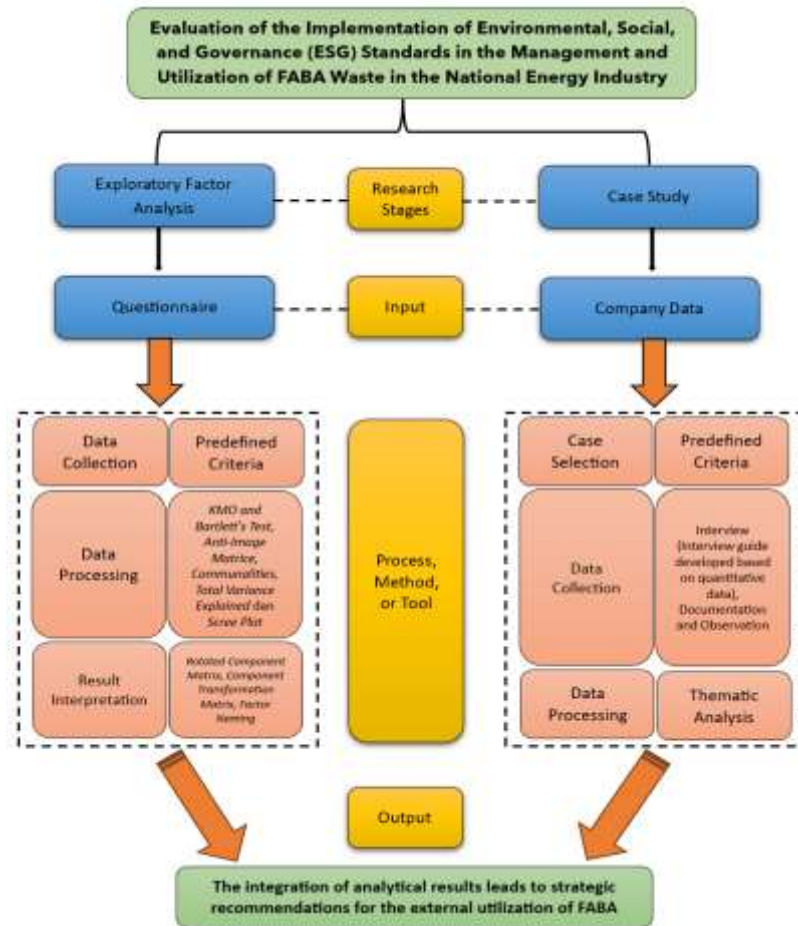
## 2. Circular Economy

- Pendekatan circular economy meningkatkan kinerja pengelolaan limbah melalui daur ulang, pemanfaatan kembali, dan kolaborasi pemangku kepentingan untuk mengurangi limbah serta memperpanjang siklus hidup material secara berkelanjutan.

## 3. FABA

- Fly Ash dan Bottom Ash (FABA) merupakan residu padat hasil pembakaran batubara di pembangkit listrik tenaga uap (PLTU). Fly Ash berbentuk partikel halus Sementara itu Bottom Ash terdiri dari partikel yang lebih besar, kasar. FABA sebagai limbah industri pembakaran batubara memiliki potensi tinggi untuk meningkatkan kinerja pengelolaan limbah melalui pemanfaatannya

# Metode Penelitian



- Pendekatan: Mixed-Method (Sequential Explanatory)
- Kuantitatif: EFA, 115 responden Ring-1
- Kualitatif: Wawancara PLTU & Pemdes
- Instrumen: Kuesioner Likert 5 poin
- Analisis: EFA + coding tematik
- Integrasi hasil → strategi Pemanfaatan FAB



# Hasil Penelitian

Table 3. Results of Validity

| Indicator | Pearson Correlation | R-Tabel | Description |
|-----------|---------------------|---------|-------------|
| I1        | 0,726               | 0,3610  | Valid       |
| I2        | 0,667               |         | Valid       |
| I3        | 0,655               |         | Valid       |
| I4        | 0,892               |         | Valid       |
| I5        | 0,772               |         | Valid       |
| I6        | 0,860               |         | Valid       |
| I7        | 0,793               |         | Valid       |
| I8        | 0,764               |         | Valid       |
| I9        | 0,882               |         | Valid       |
| I10       | 0,831               |         | Valid       |
| I11       | 0,783               |         | Valid       |
| I12       | 0,849               |         | Valid       |
| I13       | 0,722               |         | Valid       |
| I14       | 0,507               |         | Valid       |
| I15       | 0,746               |         | Valid       |
| I16       | 0,548               |         | Valid       |
| I17       | 0,746               |         | Valid       |
| I18       | 0,603               |         | Valid       |

Source: Authors

# Hasil Penelitian

## KMO and Bartlett's Test

|                                                  |                    |  |          |
|--------------------------------------------------|--------------------|--|----------|
| Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy. |                    |  | .940     |
| Bartlett's Test of Sphericity                    | Approx. Chi-Square |  | 1306.367 |
|                                                  | df                 |  | 153      |
|                                                  | Sig.               |  | <.001    |

Table 4. Results of Anti-Image Matrices

| Indicator | Anti-Image Correlation Value | Reference Value | Description   |
|-----------|------------------------------|-----------------|---------------|
| I1        | 0,903                        | 0,50            | MSA Satisfied |
| I2        | 0,933                        |                 |               |
| I3        | 0,956                        |                 |               |
| I4        | 0,956                        |                 |               |
| I5        | 0,945                        |                 |               |
| I6        | 0,923                        |                 |               |
| I7        | 0,934                        |                 |               |
| I8        | 0,959                        |                 |               |
| I9        | 0,949                        |                 |               |
| I10       | 0,934                        |                 |               |
| I11       | 0,923                        |                 |               |
| I12       | 0,903                        |                 |               |
| I13       | 0,940                        |                 |               |
| I14       | 0,946                        |                 |               |
| I15       | 0,950                        |                 |               |
| I16       | 0,967                        |                 |               |
| I17       | 0,948                        |                 |               |
| I18       | 0,934                        |                 |               |

Source: Authors

## Communalities

|     | Initial | Extraction |
|-----|---------|------------|
| I1  | 1.000   | .545       |
| I2  | 1.000   | .528       |
| I3  | 1.000   | .447       |
| I4  | 1.000   | .713       |
| I5  | 1.000   | .588       |
| I6  | 1.000   | .562       |
| I7  | 1.000   | .648       |
| I8  | 1.000   | .638       |
| I9  | 1.000   | .649       |
| I10 | 1.000   | .663       |
| I11 | 1.000   | .570       |
| I12 | 1.000   | .765       |
| I13 | 1.000   | .618       |
| I14 | 1.000   | .528       |
| I15 | 1.000   | .673       |
| I16 | 1.000   | .439       |
| I17 | 1.000   | .638       |
| I18 | 1.000   | .567       |

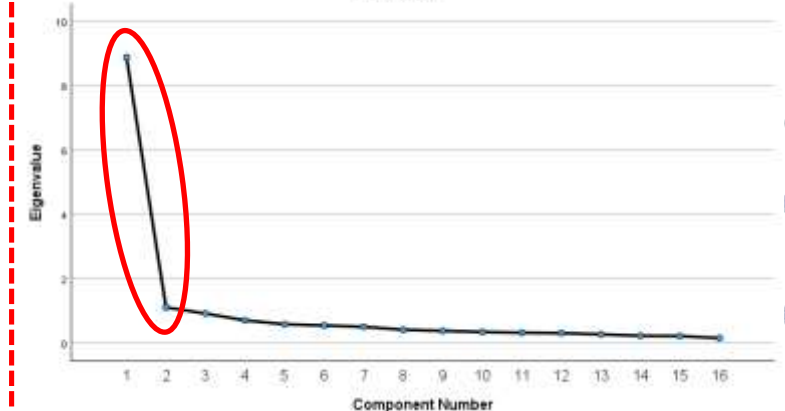
Extraction Method: Principal Component Analysis.

## Total Variance Explained

| Component | Initial Eigenvalues |               |              | Extraction Sums of Squared Loadings |               |              | Rotation Sums of Squared Loadings |               |              |
|-----------|---------------------|---------------|--------------|-------------------------------------|---------------|--------------|-----------------------------------|---------------|--------------|
|           | Total               | % of Variance | Cumulative % | Total                               | % of Variance | Cumulative % | Total                             | % of Variance | Cumulative % |
| 1         | 8.890               | 55.561        | 55.561       | 8.890                               | 55.561        | 55.561       | 6.223                             | 38.891        | 38.891       |
| 2         | 1.115               | 6.967         | 62.529       | 1.115                               | 6.967         | 62.529       | 3.782                             | 23.638        | 62.529       |
| 3         | .925                | 5.780         | 68.308       |                                     |               |              |                                   |               |              |
| 4         | .713                | 4.455         | 72.764       |                                     |               |              |                                   |               |              |
| 5         | .592                | 3.701         | 76.464       |                                     |               |              |                                   |               |              |
| 6         | .553                | 3.453         | 79.918       |                                     |               |              |                                   |               |              |
| 7         | .513                | 3.208         | 83.126       |                                     |               |              |                                   |               |              |
| 8         | .420                | 2.627         | 85.753       |                                     |               |              |                                   |               |              |
| 9         | .386                | 2.412         | 88.165       |                                     |               |              |                                   |               |              |
| 10        | .352                | 2.198         | 90.363       |                                     |               |              |                                   |               |              |
| 11        | .328                | 2.053         | 92.416       |                                     |               |              |                                   |               |              |
| 12        | .316                | 1.973         | 94.389       |                                     |               |              |                                   |               |              |
| 13        | .278                | 1.737         | 96.126       |                                     |               |              |                                   |               |              |
| 14        | .234                | 1.480         | 97.587       |                                     |               |              |                                   |               |              |
| 15        | .224                | 1.403         | 98.989       |                                     |               |              |                                   |               |              |
| 16        | .162                | 1.011         | 100.000      |                                     |               |              |                                   |               |              |

Extraction Method: Principal Component Analysis

## Scree Plot



# Hasil Penelitian

Table 6. Rotated Component

| Indicator | Component 1 | Component 2 |
|-----------|-------------|-------------|
| I14       | 0,808       |             |
| I17       | 0,776       |             |
| I1        | 0,732       |             |
| I5        | 0,730       |             |
| I9        | 0,724       |             |
| I8        | 0,697       |             |
| I2        | 0,678       |             |
| I15       | 0,676       |             |
| I18       | 0,664       |             |
| I10       | 0,652       |             |
| I17       | 0,625       |             |
| I14       | 0,614       |             |
| I12       |             | 0,827       |
| I13       |             | 0,738       |
| I11       |             | 0,722       |
| I16       |             | 0,700       |

Source: Authors

Table 7. Results of Exploratory Factor Analysis

| Factor | Indicator                                           |
|--------|-----------------------------------------------------|
| 1      | I4, I7, I1, I5, I9, I8, I2, I15, I18, I10, I17, I14 |
| 2      | I12, I13, I11, I6                                   |

Source: Authors

- **Faktor 1: Infrastruktur & Dukungan**
- **Faktor 2: Promosi & Regulasi**
- **Indikator valid & reliabel (KMO 0,94; Alpha 0,951)**
- **Variansi menjelaskan: 62,5%**
- **Scree Plot mendukung 2 faktor**
- **Rotasi Varimax digunakan**



# Hasil Penelitian

| Open Coding                                                                 | Axial Coding                                   | Selective Coding (Element) |
|-----------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|----------------------------|
| Biaya produksi awal tinggi; butuh subsidi bahan baku dan alat sederhana     | Hambatan Modal Awal dan Biaya Produksi         | Dukungan Ekonomi           |
| Insentif non-tunai dibutuhkan seperti cetakan paving, truk, pelatihan       | Bentuk Insentif Produktif                      | Dukungan Ekonomi           |
| Belum ada subsidi langsung dari pemerintah/PLN untuk usaha FABA             | Ketiadaan Skema Insentif Formal                | Dukungan Ekonomi           |
| Perlu akses ke hibah mikro untuk memulai usaha kecil                        | Akses terhadap Pembiayaan Mikro                | Dukungan Ekonomi           |
| Harga produk FABA lebih murah tapi belum diminati karena tampilan           | Kesenjangan Nilai Ekonomi dan Estetika Produk  | Dukungan Ekonomi           |
| Infrastruktur PLTU memadai; desa tidak punya alat, jalan, gudang            | Ketimpangan Infrastruktur                      | Infrastruktur              |
| PLTU siap teknologi dan alat berat; desa perlu alat sederhana dan pelatihan | Kesiapan Fasilitas Industri vs Kebutuhan Lokal | Infrastruktur              |
| PLTU gunakan MOU; UMKM desa terhambat izin lingkungan dan administrasi      | Perbedaan Prosedur Legalitas                   | Regulasi dan Perizinan     |
| Perlu "layanan satu pintu" untuk bantu izin usaha kecil                     | Kompleksitas Legal UMKM                        | Regulasi dan Perizinan     |
| Sosialisasi masyarakat belum merata; industri sudah paham                   | Ketimpangan Akses Informasi                    | Sosialisasi                |
| Strategi promosi desa masih pasif, tergantung undangan                      | Kelemahan Strategi Informasi Lokal             | Sosialisasi                |
| Forum koordinatif sudah ada tapi belum mendorong transformasi ekonomi       | Skala dan Arah Kolaborasi                      | Kolaborasi Multipihak      |
| Sinergi perlu penggerak utama dan biaya operasional untuk eksekusi          | Kebutuhan Inisiatif Kolaboratif                | Kolaborasi Multipihak      |
| Pemerintah desa siap memimpin usaha jika difasilitasi alat dan pelatihan    | Kesiapan Pemerintah Lokal sebagai Aktor Utama  | Kolaborasi Multipihak      |

| Element          | Responden | Kutipan Wawancara                                                                      |
|------------------|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| Dukungan Ekonomi | RT1       | Produk FABA lebih terjangkau tapi terkendala pada aspek estetika produk.               |
| Dukungan Ekonomi | RT2       | Biaya produksi awal tinggi; warga sulit memulai tanpa bantuan alat dan bahan.          |
| Dukungan Ekonomi | RT2       | Subsidi keuangan belum pernah diterima, padahal potensi usaha besar.                   |
| Dukungan Ekonomi | RT2       | Pelaku lokal butuh akses ke hibah mikro atau CSR untuk memulai usaha kecil.            |
| Dukungan Ekonomi | RT1       | PLTU menyediakan FABA secara gratis, tapi masyarakat terkendala transportasi.          |
| Dukungan Ekonomi | RT2       | Insentif non-tunai seperti cetakan paving, truk dan pelatihan lebih dibutuhkan.        |
| Dukungan Ekonomi | RT2       | Hambatan utama adalah pembiayaan awal untuk alat dan bahan pendukung produksi.         |
| Dukungan Ekonomi | RT2       | Pasar lokal potensial, tapi daya beli rendah dan persepsi kualitas FABA masih negatif. |

Hasil analisis kualitatif ini memperlihatkan bahwa tantangan utama dalam pemanfaatan FABA bukan hanya pada kesiapan teknologi, melainkan pada ketimpangan akses ekonomi, infrastruktur, dan tata kelola. Kategori dukungan ekonomi muncul sebagai tema dominan yang berakar pada permasalahan struktural, seperti ketiadaan subsidi alat, kebutuhan pelatihan, dan minimnya skema pembiayaan mikro. Temuan ini menyoroti bahwa keberlanjutan proyek pemanfaatan FABA sangat tergantung pada hadirnya intervensi ekonomi yang kontekstual dan tepat sasaran. Lebih lanjut, wawancara memperkuat bahwa masyarakat desa memiliki kemauan tinggi untuk berpartisipasi, namun terkendala oleh keterbatasan akses pada modal, teknologi, dan pasar. Hal ini mencerminkan adanya gap antara semangat lokal dengan dukungan sistemik yang dibutuhkan.

# Pembahasan

1. **Faktor-faktor permintaan eksternal terhadap pemanfaatan FABA, Penelitian ini menggunakan Exploratory Factor Analysis (EFA) dan menemukan dua faktor utama yang memengaruhi permintaan eksternal terhadap FABA: Infrastruktur dan Dukungan Meliputi kesiapan fisik, edukasi, forum kolaboratif, akses pasar, perizinan, dan sinergi multipihak yang memungkinkan pemanfaatan FABA secara sistemik. Promosi dan Regulasi Meliputi strategi promosi, komitmen kebijakan, konektivitas PLTU–UMKM, dan pelatihan teknis. Faktor ini menekankan pentingnya tata kelola dan koordinasi lintas sektor. Kedua faktor menunjukkan bahwa strategi FABA harus menyatu antara dukungan teknis-infrastruktur dan kebijakan yang progresif, serta kolaborasi aktif antar pemangku kepentingan.**
2. **Peluang dan Tantangan dalam pengelolaan FABA, Hasil wawancara mendalam mengungkap bahwa hambatan utama pemanfaatan FABA bersifat sistemik, bukan sekadar teknis. Lima tantangan utama di tingkat lokal meliputi 1. Infrastruktur (Kekurangan alat sederhana, ruang penyimpanan, dan jalur distribusi di desa). 2. Regulasi & Perizinan (Prosedur rumit, minim pendampingan teknis bagi pelaku UMKM). 3. Sosialisasi (Informasi manfaat FABA belum menyebar merata, strategi komunikasi masih pasif). 4. Kolaborasi (Belum terbentuk sistem kerja sama lintas aktor yang kuat). Dukungan Ekonomi (Biaya awal tinggi, keterbatasan akses modal, minimnya insentif seperti subsidi dan pelatihan.) Kesimpulan: Dukungan ekonomi dan kelembagaan harus menjadi prioritas strategi untuk mendorong pemanfaatan FABA secara berkelanjutan.**

# Pembahasan

## 3. Strategi Pemanfaatan FABA

Strategi dirancang berbasis temuan kuantitatif dan kualitatif, dengan pendekatan ESG yang adaptif terhadap kondisi lokal. Fokus utama strategi ini adalah mengatasi hambatan ekonomi dan struktural melalui lima langkah:

- **Infrastruktur Desa**  
Pengadaan gudang komunal, jalur logistik ringan, dan alat angkut melalui skema CSR.
- **Pemberdayaan Masyarakat**  
Pelatihan teknis dan manajerial, Tim Inisiatif Desa, modul pelatihan oleh tenaga ahli dan akademisi.
- **Promosi & Edukasi**  
Media visual (infografis/video), proyek percontohan FABA, dan pelibatan tokoh lokal.
- **Legalitas & Tata Kelola**  
Penyusunan SOP teknis (Permen LHK No. 19/2021), pendampingan UMKM, MoU lintas sektor.
- **Kelembagaan Berbasis BUMDes**  
BUMDes sebagai simpul distribusi, mitra usaha, dan penggerak rantai nilai FABA.

**Tujuan Akhir:** Membangun sistem FABA yang inklusif mempertimbangkan partisipasi penuh, aksesibilitas, dan manfaat yang adil, berbasis komunitas, dan dapat direplikasi secara nasional.

# Kesimpulan

Penelitian ini menyimpulkan bahwa integrasi prinsip Environmental, Social, dan Governance (ESG) memainkan peran kunci dalam mendorong pemanfaatan limbah Fly Ash dan Bottom Ash (FABA) secara berkelanjutan, khususnya di PLTU Asam-Asam.

Melalui pendekatan kuantitatif, ditemukan dua faktor dominan yang membentuk dasar strategi pengelolaan, yakni "Infrastruktur dan Dukungan Pemanfaatan FABA" serta "Promosi dan Regulasi FABA". Di sisi lain, pendekatan kualitatif berhasil mengungkap lima tantangan utama, yaitu ketimpangan infrastruktur, regulasi yang kompleks, lemahnya strategi sosialisasi, terbatasnya dukungan ekonomi, serta belum sinergisnya kolaborasi antar aktor.

Implikasi dari temuan ini menunjukkan bahwa untuk meningkatkan tingkat pemanfaatan eksternal FABA, diperlukan strategi intervensi yang tidak hanya bersifat teknokratis yang sangat berfokus pada aspek teknis, rasional, dan efisiensi, tetapi juga mengedepankan pendekatan sosial dan kelembagaan. Rekomendasi strategis yang ditawarkan tidak hanya berkontribusi pada pengurangan dampak lingkungan, tetapi juga membuka ruang bagi pertumbuhan ekonomi lokal, pemberdayaan masyarakat, serta tata kelola berbasis kolaborasi lintas sektor.

Dengan menjadikan hambatan ekonomi sebagai fokus utama, strategi ini mampu menjawab akar permasalahan yang sering dihadapi masyarakat dalam memulai usaha pemanfaatan limbah industri.

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan utama terhadap analisis regulasi yang dilakukan sebatas pada tinjauan dokumen serta wawancara terbatas, sehingga ada kemungkinan bahwa aspek regulasi mikro atau regulasi lokal belum sepenuhnya terungkap dalam penelitian ini.

Berdasarkan keterbatasan tersebut, maka disarankan beberapa poin penting untuk penelitian berikutnya. Pertama, melakukan pendekatan penelitian terhadap beberapa jenis PLTU dengan karakteristik geografis dan sosial ekonomi yang beragam untuk mengeksplorasi efektivitas beragam strategi ESG. Kedua, menambahkan analisis mengenai dampak regulasi terhadap penerapan prinsip ESG dan pemanfaatan FABA, serta mengeksplorasi secara komprehensif terkait hambatan administratif yang dihadapi di tingkat daerah.



# Referensi

- [1] I. S. Mir, P. P. S. Cheema, and S. P. Singh, "Implementation analysis of solid waste management in Ludhiana city of Punjab," *Environ. Challenges*, vol. 2, p. 100023, 2021.
- [2] D. A. A. Besari et al., "Characterization and mode of occurrence of rare earth elements and yttrium in fly and bottom ash from coal-fired power plants in Java, Indonesia," *Int. J. Coal Sci. Technol.*, vol. 9, p. 20, 2022.
- [3] N. Petronijevic et al., "Analysis of the mechanism of acid mine drainage neutralization using fly ash as an alternative material: A case study of the extremely acidic Lake Robule in Eastern Serbia," *Water*, vol. 14, p. 3244, 2022.
- [4] O. Marinina et al., "Recycling of coal fly ash as an example of an efficient circular economy: A stakeholder approach," *Energies*, vol. 14, p. 3597, 2021.
- [5] A. Mousa, "Utilization of coal bottom ash from thermal power plants as a cement replacement for building: A promising sustainable practice," *J. Build. Eng.*, vol. 74, p. 106885, 2023.
- [6] Á. Vega-Zamanillo et al., "Use of Bottom Ash from a Thermal Power Plant and Lime to Improve Soils in Subgrades and Road Embankments," *Appl. Sci.*, vol. 14, p. 3197, 2024.
- [7] A. K. Awasthi et al., "Zero waste approach towards a sustainable waste management," *Resour. Environ. Sustain.*, vol. 3, p. 100014, 2021.
- [8] A. K. Ram and S. Mohanty, "State of the art review on physiochemical and engineering characteristics of fly ash and its applications," *Int. J. Coal Sci. Technol.*, vol. 9, p. 9, 2022.
- [9] Bazrbachi, A., Sidique, S.F., Adam, S.U., & Ismail, N.W. (2023). Assessing the Measurement Model for Source-Separating Waste for Recycling under a Proposed Smart Waste Management Scheme in Shah Alam, Malaysia. *Recycling*, 8(58).
- [10] Coskun, S. (2022). Zero Waste Management Behavior: Conceptualization, Scale Development and Validation—A Case Study in Turkey. *Sustainability*, 14(12654).
- [11] Ayçin, E., & Kaya, S.K. (2021). Towards the Circular Economy: Analysis of Barriers to Implementation of Turkey's Zero Waste Management Using the Fuzzy DEMATEL Method. *Waste Management & Research*, 39(2), 1-12.
- [12] Jebaranjitham, J.N., Christyraj, J.D.S., Prasannan, A., Rajagopalan, K., & Chelladurai, K.S. (2022). Current Scenario of Solid Waste Management Techniques and Challenges in COVID-19: A Review. *Heliyon*, 8(e09855).
- [13] Debrah, J.K., Vidal, D.G., & Dinis, M.A.P. (2021). Raising Awareness on Solid Waste Management through Formal Education for Sustainability: A Developing Countries Evidence Review. *Recycling*, 6(6).
- [14] van Langen, S.K., Vassillo, C., Ghisellini, P., Restaino, D., Passaro, R., & Ulgiati, S. (2021). Promoting Circular Economy Transition: A Study about Perceptions and Awareness by Different Stakeholders Groups. *Journal of Cleaner Production*, 316(128166).
- [15] Ambarwati, R. et al. (2024). A Multi-Method Study of Risk Assessment and Human Risk Control for Power Plant Business Continuity in Indonesia. *Results in Engineering*, 21(101863).
- [16] Zorpas, A.A. (2020). Strategy Development in the Framework of Waste Management. *Science of the Total Environment*, 716(137088).
- [17] Hirpe, L., & Yeom, C. (2021). Municipal Solid Waste Management Policies, Practices, and Challenges in Ethiopia: A Systematic Review. *Sustainability*, 13(11241).
- [18] Kurniawan, T.A., Liang, X., O'Callaghan, E., Goh, H., Othman, M.H.D., Avtar, R., & Kusworo, T.D. (2022). Transformation of Solid Waste Management in China: Moving towards Sustainability through Digitalization-Based Circular Economy. *Sustainability*, 14(2374).
- [19] Ambarwati, R., Yuliasri, D., & Sulistiyowati, W. (2022). Human Resource Risk Control Through COVID-19 Risk Assessment in Indonesian Manufacturing. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 74, 104665. [6] Á. Vega-Zamanillo et al., "Use of Bottom Ash from a Thermal Power Plant and Lime to Improve Soils in Subgrades and Road Embankments," *Appl. Sci.*, vol. 14, p. 3197, 2024.
- [20] R. Ambarwati, S. Thamrin, dan S. Hidayat, "The Strategies of West Java's Regional Energy Management: To Support National Energy Security," *Int. J. Energy Econ. Policy*, vol. 10, no. 6, pp. 376–382, 2020
- [21] S. S. Alterary dan N. H. Marei, "Fly ash properties, characterization, and applications: A review," *J. King Saud Univ. Sci.*, vol. 33, 2021.
- [22] G. Li et al., "Fly Ash Application as Supplementary Cementitious Material: A Review," *Materials*, vol. 15, no. 2664, 2022.
- [23] L. Hirpe dan C. Yeom, "Municipal Solid Waste Management Policies, Practices, and Challenges in Ethiopia: A Systematic Review," *Sustainability*, vol. 13, no. 11241, 2021.
- [24] H. T. B. M. Petrus et al., "Circular Economy of Coal Fly Ash and Silica Geothermal for Green Geopolymer: Characteristic and Kinetic Study," *Gels*, vol. 8, no. 233, 2022.
- [25] H. Tariq et al., "Mechanical Performance of Polymeric ARGF-Based Fly Ash-Concrete Composites," *Polymers*, vol. 14, no. 1774, 2022.
- [26] A. Mlonka-Medrała, "Recent Findings on Fly Ash-Derived Zeolites Synthesis and Utilization According to the Circular Economy Concept," *Energies*, vol. 16, no. 6593, 2023.
- [27] A. Q. Vilakazi et al., "The Recycling of Coal Fly Ash: A Review on Sustainable Developments and Economic Considerations," *Sustainability*, vol. 14, no. 1958, 2022.



# Bukti Submit

