



# Insineralis (Insinerator Penyaring Karbon Ramah Lingkungan Dengan Ijuk, Karbon Aktif, Cangkang Telur Dan Air Kapur Serta Pemanfaatan Panas Pembakaran Sebagai Sumber Pembangkit Listrik)

Faiz Sakti Hiramshyah\*, Sila Nur Fadhila, Cattleya Arin Tamara

SMP Negeri 1 Boyolali, Jalan Merbabu 37 Boyolali

## Article History:

Received: 18-04-2025

Accepted: 28-05-2025

Published: 11-06-2025

## DOI:

<https://doi.org/10.53697/jid.v4i1.46>

\*Correspondence: Faiz Sakti Hiramshyah

**Citation:** Faiz Sakti Hiramshyah, Sila Nur Fadhila, Cattleya Arin Tamara. (2025). Insineralis (Insinerator Penyaring Karbon Ramah Lingkungan Dengan Ijuk, Karbon Aktif, Cangkang Telur Dan Air Kapur Serta Pemanfaatan Panas Pembakaran Sebagai Sumber Pembangkit Listrik). Vol. 4 No. 1. 19-28

**Abstrak:** Pemanasan global dan penumpukan sampah telah menjadi isu krusial yang menuntut solusi inovatif dan berkelanjutan. Inovasi INSINERALS (Insinerator Penyaring Karbon Ramah Lingkungan dengan Ijuk, Karbon Aktif, Cangkang Telur dan Air Kapur Serta Pemanfaatan Panas Pembakaran sebagai Sumber Pembangkit Listrik) hadir sebagai jawaban atas permasalahan sampah dan kebutuhan energi, sekaligus upaya signifikan untuk mengurangi emisi karbon di udara. Konsep ini secara fundamental mendukung ekonomi sirkular dengan mengubah limbah padat menjadi sumber daya energi dan mengurangi dampak polusi, sehingga menciptakan sistem pengelolaan sampah yang lebih efisien dan bertanggung jawab di tingkat lokal. Melalui survei dan pengujian kinerja menggunakan Xiaomi Air Detector Tester Kualitas Udara CO2 TVOC HCHO 5in1 - XT1, INSINERALS terbukti efektif mengurangi kadar karbon dioksida pada asap hasil pembakaran sampah hingga 55% (dari 5000 ppm menjadi 2246 ppm) berkat sistem penyaring yang inovatif dengan ijuk, karbon aktif, cangkang telur, dan air kapur. Lebih lanjut, inovasi ini mengintegrasikan 12 unit Peltier TEC1-12706 yang memanfaatkan panas sisa pembakaran sampah untuk menghasilkan efek Seebeck. Pengukuran menggunakan digital multimeter HABOTEST HT109L menunjukkan kemampuan pembangkitan listrik AC sebesar 220V yang mampu menyalakan lampu 50 watt. Dengan demikian, INSINERALS tidak hanya menawarkan solusi komprehensif untuk pengelolaan sampah tanpa dampak lingkungan negatif, tetapi juga menyediakan sumber energi alternatif dari limbah. Inovasi ini memiliki potensi besar untuk peningkatan daya saing daerah Boyolali dengan menawarkan model pengelolaan limbah yang efisien, mengurangi ketergantungan energi, serta menumbuhkan kapasitas inovasi teknologi

berbasis keberlanjutan.

**Kata Kunci:** Insinerator Ramah Lingkungan, Pembangkit Listrik Limbah, Ekonomi Sirkular, Inovasi Berkelanjutan, Daya Saing Daerah

**Abstract:** Global warming and waste accumulation have become crucial issues that demand innovative and sustainable solutions. The INSINERALS innovation (an eco-friendly carbon-filtering incinerator utilizing ijuk fiber, activated carbon, eggshells, and limewater, as well as harnessing combustion heat as a source of electricity generation) emerges as a response to waste problems and energy needs, while also serving as a significant effort to reduce carbon emissions in the atmosphere. This concept fundamentally supports the circular economy by transforming solid waste into an energy resource and reducing pollution impacts, thereby creating a more efficient and responsible waste management system at the local level. Through surveys and performance testing using the Xiaomi Air Detector CO2 TVOC HCHO 5-in-1 Tester – XT1, INSINERALS has been proven effective in reducing carbon dioxide levels in waste combustion smoke by up to 55% (from 5000 ppm to 2246 ppm), thanks to its innovative filtering system with ijuk fiber, activated carbon, eggshells, and limewater. Furthermore, this innovation integrates 12 Peltier TEC1-12706 units that utilize residual combustion heat to generate the Seebeck effect. Measurements using the HABOTEST HT109L digital multimeter showed the capability of generating AC electricity at 220V, sufficient to power a 50-watt lamp. Thus, INSINERALS not only offers a comprehensive solution for waste management without negative environmental impacts but also provides an alternative energy source from waste. This innovation holds great potential for enhancing the regional competitiveness of Boyolali by offering an efficient waste management model, reducing energy dependence, and fostering innovation capacity in sustainability-based technology.

**Keywords:** Environmentally Friendly Incinerator, Waste-to-Energy Generator, Circular Economy, Sustainable Innovation, Regional Competitiveness

## Pendahuluan

Pemanasan global telah menjadi isu krusial yang mendesak tindakan nyata di seluruh dunia. Kenaikan suhu rata-rata daratan, lautan, dan atmosfer bumi secara bertahap mencapai 1,6 derajat Celcius pada 2024, menurut databoks.katadata.co.id. Berbagai faktor penyebab seperti peningkatan

gas rumah kaca, efek rumah kaca, polusi sampah (terutama plastik yang sulit didaur ulang), borosnya penggunaan listrik, polusi udara akibat asap industri, serta deforestasi dan pembakaran hutan, secara kolektif memperparah krisis ini. Kondisi ini mendesak adanya strategi dan inovasi berkelanjutan yang mampu mengurangi dampak pemanasan global dengan mengedepankan solusi yang relevan secara lokal dan berbasis kearifan setempat (Khoir et al. 2025).

Melihat urgensi tersebut, serta tantangan pengelolaan limbah dan kebutuhan energi di masyarakat, kami menciptakan INSINERALIS (Inovasi Sirkular Pengelolaan Sampah dan Pembangkit Listrik Untuk Daya Saing Boyolali) (Narto and Utari 2023). Inovasi ini dirancang sebagai solusi komprehensif untuk pengelolaan sampah minim asap dan minim emisi karbon dioksida. Prinsip inti dari INSINERALIS sejalan dengan konsep ekonomi sirkular, yaitu mengubah "limbah" menjadi "sumber daya" yang bernilai. Sampah yang biasanya hanya menumpuk dan mencemari lingkungan, kini dapat diolah untuk mengurangi volumenya sekaligus menghasilkan energi listrik, menutup siklus materi dan energi secara lebih efisien (Purba 2015).

Keunggulan INSINERALIS terletak pada kemampuannya untuk tidak hanya mengelola sampah, tetapi juga menghasilkan listrik. Hal ini dimungkinkan melalui pemanfaatan panas yang dihasilkan oleh rumah pembakaran sebagai sumber energi bagi modul Peltier. Ide ini muncul dari pemahaman prinsip kerja Peltier pada pendingin, yang kami balik menjadi konsep pemanfaatan panas sisa untuk menghasilkan energi listrik. Dengan demikian, panas yang biasanya terbuang kini dioptimalkan menjadi sumber energi alternatif (Safrizal 2014).

Harapannya, inovasi INSINERALIS dapat memberikan sumbangsih signifikan bagi masyarakat, khususnya di Boyolali, dalam pengelolaan sampah yang ramah lingkungan dan penyediaan energi alternatif (Ramadhani et al. 2025). Lebih jauh, INSINERALIS berpotensi besar untuk meningkatkan daya saing daerah dengan menghadirkan solusi teknologi lokal yang mampu mengatasi masalah global, mengurangi beban lingkungan, menyediakan kemandirian energi, serta mempromosikan Boyolali sebagai daerah yang berinovasi dalam keberlanjutan dan pengelolaan sumber daya secara efisien (Muchlisinalahuddin and Kesuma 2020).

## Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan research and development (R&D). Sugiyono dalam (Haryati, 2012) berpendapat bahwa, metode R&D merupakan metode yang dipergunakan guna melahirkan produk tertentu. Selain itu, metode ini dapat melakukan pengujian terhadap keektifitasan produk. Borg dan Gall dalam (Rabiah, 2018) menyatakan terdapat sepuluh langkah pada pelaksanaan metode penelitian dan pengembangan, yaitu: (1) need analysis, (2) planning atau perencanaan, (3) developing preliminary form of product, (4) preliminary field testing, (5) revising main product, (6) main field testing, (7) operational product revision, (8) operational field testing, (9) final product revision, dan (10) dissemination and implementation

## Hasil dan Pembahasan

Inovasi INSINERALIS dirancang dengan spesifikasi teknis yang mengintegrasikan tiga fungsi utama: pembakaran sampah efisien, penyaringan emisi karbon, dan pembangkitan listrik. Desain teknis ini mencerminkan pendekatan **inovasi berkelanjutan** dan prinsip **ekonomi sirkular**

melalui pemanfaatan limbah sebagai input dan produksi energi bersih, yang secara kolektif meningkatkan **daya saing daerah** melalui solusi lingkungan dan energi lokal.

### 1. Unit Insinerator Utama:



Gambar 1 : Bak Sampah  
Sumber : Data Primer Penelitian



Gambar 2 : Rumah Pembakaran  
Sumber : Data Primer Penelitian

- a. Struktur: Terbuat dari material yang kokoh seperti plat besi, drum, dan pipa besi yang dirangkai melalui jasa pengelasan, memastikan durabilitas dan keamanan operasional.
- b. Fungsi: Bertindak sebagai ruang pembakaran sampah terkontrol, dirancang untuk mengelola volume sampah rumah tangga, dengan kapasitas teruji mampu mengurangi sampah 3 kg dalam sekali pembakaran.

### 2. Sistem Penyaring Karbon Ramah Lingkungan:



Gambar 3 : Box Filter dan Filter INSINERATOR  
Sumber : Data Primer Penelitian

- a. Kotak filter berukuran Panjang x lebar x tinggi = 40 cm x 20 cm x 20 cm terbagi menjadi 4 sekat berisi filter. Volume masing-masing filter 4000 cm<sup>3</sup>
- b. Komponen Filter: Menggunakan kombinasi material alami dan limbah yang mudah diperoleh.
- c. Ijuk: Berfungsi sebagai filter mekanis dan penangkap partikel besar.
- d. Karbon Aktif: Berperan dalam adsorpsi gas berbahaya dan polutan.
- e. Cangkang Telur: Dimanfaatkan karena kandungan kalsium karbonatnya yang dapat menetralkan asam dan menyerap beberapa polutan.
- f. Air Kapur: Digunakan untuk membantu proses penyerapan dan netralisasi zat-zat berbahaya dalam asap.
- g. Keunggulan: Pemilihan bahan filter ini merupakan perwujudan nyata dari ekonomi sirkular, mengubah limbah organik dan sisa pertanian/rumah tangga menjadi komponen vital dalam

mitigasi polusi. Efektivitasnya terbukti mampu mengurangi kadar karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) hingga 55% (dari 5000 ppm menjadi 2246 ppm) pada asap hasil pembakaran sampah.

### 3. Modul Pembangkit Listrik Termoelektrik:



Sumber: Data Primer Penelitian



Gam

Sumber: Data Primer Penelitian

- a. *Peltier Modules*: Menggunakan 12 unit Peltier TEC1-12706 yang diletakkan pada sisi rumah pembakaran. Modul ini secara inovatif memanfaatkan perbedaan suhu antara panas pembakaran dan udara sekitar untuk menghasilkan energi listrik melalui efek Seebeck.
- b. *Heatsink* besar: Digunakan untuk memaksimalkan perbedaan suhu dan efisiensi modul Peltier.
- c. Aki GHS: Sebagai penampung daya listrik DC yang dihasilkan.
- d. *Inverter DC to AC*, Trafo 5A, IC 3055 dan TIP 41, serta kabel: Komponen-komponen ini berfungsi untuk mengubah arus searah (DC) dari modul Peltier dan aki menjadi arus bolak-balik (AC) siap pakai.
- e. *Kapasitas Output*: Dari pengujian, sistem ini mampu menghasilkan tegangan listrik AC sebesar 220V dan dapat menyalakan lampu 50 watt, menunjukkan potensi sebagai sumber energi alternatif yang substansial untuk kebutuhan dasar.

### 4. Alat Uji dan Pemantauan:

- a. *Xiaomi Air Detector Tester* Kualitas Udara CO<sub>2</sub> TVOC HCHO 5in1 - XT1: Digunakan untuk validasi efektivitas penyaringan emisi CO<sub>2</sub>.
- b. *HABOTEST HT109L Digital Multimeter*: Untuk mengukur hasil tegangan dan kuat arus listrik yang dihasilkan.
- c. *Gas Detector*: Digunakan untuk memantau gas lainnya demi keamanan dan optimalisasi.

Melalui integrasi spesifikasi teknis ini, INSINERALIS tidak hanya menawarkan solusi inovatif untuk masalah limbah dan energi, tetapi juga menunjukkan komitmen Boyolali dalam mengembangkan teknologi yang berkelanjutan, menciptakan nilai dari limbah, dan pada akhirnya meningkatkan daya saing daerah melalui pengelolaan sumber daya yang cerdas dan bertanggung jawab.

## Manfaat Inovasi

Inovasi INSINERALIS memberikan berbagai manfaat multidimensional yang secara langsung mendukung visi penciptaan inovasi berkelanjutan, pengembangan ekonomi sirkular, dan peningkatan daya saing daerah. Manfaat-manfaat ini mencakup aspek lingkungan, ekonomi, dan sosial-kemasyarakatan (Syamsiro et al. 2024):

### 1. Manfaat Lingkungan:

- a. *Reduksi Emisi dan Polusi*: Meminimalkan emisi gas rumah kaca dan polusi udara dari pembakaran sampah melalui sistem penyaring karbon yang efektif, sehingga menciptakan lingkungan yang lebih bersih dan sehat.

- b. Pengurangan Volume Limbah: Secara signifikan mengurangi volume sampah yang dibuang ke TPA (*landfill*), memperpanjang usia TPA dan meminimalkan kebutuhan lahan untuk penimbunan sampah.
- c. Pencegahan Pencemaran: Mengurangi risiko pencemaran tanah dan air akibat penumpukan dan pembusukan sampah, menjaga kualitas lingkungan dan sumber daya alam (Muldiani et al. 2024).

## 2. Manfaat Ekonomi:

Penciptaan Energi dari Limbah: Menghasilkan energi listrik dari panas pembakaran

- a. sampah yang sebelumnya terbuang, mengubah limbah menjadi sumber daya bernilai ekonomi dan mengurangi ketergantungan pada sumber energi konvensional.
- b. Peningkatan Kesejahteraan Komunitas: Mendorong masyarakat untuk mengembangkan program bank sampah di tingkat RT dan RW sebagai bagian dari ekosistem persampahan terintegrasi, yang dapat menciptakan nilai ekonomi tambahan (misalnya, dari sampah yang masih bernilai jual) dan meningkatkan kesejahteraan masyarakat lokal.
- c. Efisiensi Pengelolaan Sumber Daya: Memberikan solusi praktis bagi masyarakat yang kesulitan mengelola sampah secara mandiri, sehingga menghemat biaya dan waktu dalam penanganan limbah di tingkat rumah tangga maupun komunitas (Prasetyadi, Wiharja, and Wahyono 2018).

## 3. Manfaat Sosial:

- a. Solusi Permasalahan Lokal: Menyediakan solusi nyata dan terjangkau bagi masyarakat dalam mengatasi masalah sampah di lingkungan mereka, meningkatkan kualitas hidup dan kenyamanan.
- b. Peningkatan Kesadaran Lingkungan: Menumbuhkan kesadaran masyarakat akan bahaya pemanasan global dan pentingnya pengelolaan sampah yang bertanggung jawab.
- c. Mendorong Budaya Inovasi: Menumbuhkan keinginan dan kapasitas masyarakat, khususnya generasi muda, untuk menciptakan ide-ide kreatif dan inovasi berbasis ilmu pengetahuan dalam pengelolaan sampah dan pemanfaatan energi alternatif, yang akan menjadi modal SDM Boyolali di masa depan.
- d. Citra Daerah Progresif: Memposisikan Boyolali sebagai daerah yang aktif dan progresif dalam mengatasi masalah lingkungan dan energi melalui inovasi berbasis teknologi, yang secara tidak langsung meningkatkan daya tarik dan daya saing daerah.

## Keunggulan dan Perbedaan Dibanding Temuan Sejenis

Inovasi INSINERALSIS dirancang dengan serangkaian keunggulan dan kebaruan yang signifikan, membedakannya dari insinerator konvensional maupun solusi pengelolaan sampah sejenis. Keunggulan ini tidak hanya berfokus pada aspek teknis, tetapi juga pada kontribusinya terhadap inovasi berkelanjutan, pengembangan ekonomi sirkular, dan peningkatan daya saing daerah. Berikut adalah beberapa keunggulan utama yang membedakan INSINERALSIS (JABBAR n.d.):

1. Sistem Pembakaran dan Filtrasi Emisi yang Ramah Lingkungan (Rafidah and Abidin 2025):
  - a. Minim Emisi Karbon dan Polutan: INSINERALSIS memiliki ventilasi pembakaran yang optimal dan sistem filter berlapis yang teruji mampu meminimalkan asap dan mengurangi emisi karbon dioksida secara signifikan (hingga 55%). Hal ini menjadikannya solusi pembakaran sampah yang jauh lebih ramah lingkungan dibandingkan metode tradisional atau insinerator sederhana

yang seringkali menghasilkan polusi tinggi.

- b. Filtrasi Berbasis Bahan Alami/Limbah: Penggunaan ijuk, karbon aktif, cangkang telur, dan air kapur sebagai komponen filter menunjukkan pendekatan inovatif dan keberlanjutan. Ini adalah perbedaan kunci yang mengoptimalkan pemanfaatan limbah dan bahan lokal, sekaligus memastikan emisi yang lebih bersih.

## 2. Integrasi Ekonomi Sirkular dan Pemanfaatan Sumber Daya:

- a. Pemanfaatan Bahan Baku Murah dan Lokal: Desain INSINERALSIS menggunakan sebagian besar barang bekas atau bahan yang mudah dicari dan murah, seperti drum dan plat besi bekas, serta bahan filter berbasis limbah organik. Pendekatan ini secara langsung merealisasikan prinsip ekonomi sirkular dan menekan biaya produksi, sehingga alat menjadi lebih terjangkau.
- b. Zero Waste dan Nilai Tambah Abu: Inovasi ini tidak hanya mengelola sampah padat, tetapi juga mengubah hasil pembakaran. Abu yang dihasilkan dari proses INSINERALSIS sangat halus dan mampu dimanfaatkan kembali sebagai bahan dasar pembuatan batako, menciptakan siklus material yang hampir tertutup (zero waste) dan memberikan nilai tambah ekonomi dari sisa pembakaran.

## 3. Peningkatan Energi Alternatif dan Peningkatan Daya Saing Daerah:

- a. Energi Listrik dari Limbah: INSINERALSIS memiliki kemampuan unik untuk menghasilkan listrik hanya dengan membakar sampah melalui modul Peltier. Ini adalah nilai tambah signifikan yang tidak ditemukan pada insinerator biasa. Energi listrik gratis ini dapat meningkatkan kemandirian energi dan mengurangi beban biaya listrik bagi masyarakat atau komunitas.
- b. Investasi Awal Murah dengan Keberlangsungan Tinggi: Dengan biaya pembuatan yang relatif murah dan konstruksi yang kuat menjamin keberlangsungan alat yang lama, INSINERALSIS menawarkan solusi jangka panjang yang ekonomis untuk pengelolaan limbah dan energi. Ini menjadikan investasi dalam teknologi ini sangat efisien, yang secara langsung berkontribusi pada peningkatan daya saing daerah melalui solusi infrastruktur lingkungan yang hemat biaya dan berkelanjutan.

## Uji Inovasi

### 1. Uji Kualitatif Filter

Pada uji kualitatif filter, kami mengubah urutan filter untuk mendapatkan asap yang minim.

Tabel 1 : Hasil Uji Kualitatif Filter

Percobaan	Urutan Filter	Asap		Keterangan
		Jumlah	Warna	
1.	Cangkang telur-ijuk-arang air kapur	Banyak	Hitam	Kurang efektif
2.	Ijuk-cangkang telur-arang air kapur	Sedikit	Putih tipis	Lebih efektif

Sumber : Hasil Uji Langsung

### 2. Uji Kuantitatif Filter

Filter yang digunakan meliputi cangkang telur, ijuk daun aren, arang, dan air kapur. Adanya filter dapat mengurangi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) hampir 55%, ditunjukkan dengan angka pada alat ukur emisi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) 5000 *ppm* sebelum filter dan berkurang menjadi 2246 *ppm* setelah melewati filter.

Tabel 2 : Hasil Uji Kuantitatif Filter

Kandungan	Sebelum Filter	Sesudah Filter
Karbon Dioksida (CO <sub>2</sub> )	5000 ppm	2246 ppm
HCHO	1,939 mg/m <sup>3</sup>	0,721 mg/m <sup>3</sup>
TVOC	5,995 mg/m <sup>3</sup>	1,718 mg/m <sup>3</sup>

Sumber : Hasil Uji Langsung

### 3. Uji Kuantitatif Peltier

Tabel 3 : Hasil Uji Kuantitatif Peltier (Lilin)

No.	t (s)	Suhu T1 (°C)	Suhu T2 (°C)	Perbedaan Suhu (°C)	Tegangan (V)
1.	0	20	20	0	0
2.	60	34,8	40	5,2	0,09
3.	90	44	58	14	0,623
4.	120	50,6	70,3	19,7	0,77
5.	150	68	88,7	20,7	0,877
6.	180	75	99,7	24,7	1,061
7.	210	95,5	123	27,5	1,238
8.	240	109,8	139,2	29,4	1,628

Sumber : Data Primer Penelitian

Tabel 4 : Hasil Uji Kuantitatif Peltier (8 peltier, Rumah Pembakaran)

No.	t (s)	Suhu T1 (°C)	Suhu T2 (°C)	Perbedaan Suhu (°C)	Tegangan (V)
1.	0	20	20	0	0
2.	60	37	44,2	7,2	0,12
3.	90	58,6	67	5,4	0,1
4.	120	79	94	15	0,77
5.	150	110	135,6	25,6	1,9

6.	180	164,5	235,2	70,7	4,6
7.	210	378	489,2	111,2	6,8
8.	240	592	825	233	9,7

Sumber : Data Primer Penelitian

## Penerapan Inovasi

Inovasi INSINERALIS telah diujicobakan dan diterapkan secara awal untuk membuktikan kelayakan serta potensi dampaknya dalam mengelola sampah dan menghasilkan energi listrik. Penerapan ini tidak hanya berfungsi sebagai validasi teknis, tetapi juga sebagai model konkret bagaimana inovasi berkelanjutan dapat diimplementasikan untuk mendukung ekonomi sirkular dan peningkatan daya saing daerah.

### 1. Penerapan Awal dan Uji Coba di Lingkungan Terbatas:

- a. Edukasi dan Sosialisasi Komprehensif: Tahap awal penerapan melibatkan sosialisasi intensif kepada masyarakat (lingkup sekolah dan komunitas terdekat) mengenai bahaya penumpukan sampah dan polusi udara, serta pentingnya solusi pengelolaan limbah yang bertanggung jawab. Selain itu, manfaat konkret dari inovasi INSINERALIS dalam mengatasi pencemaran lingkungan dan menghasilkan energi alternatif juga disosialisasikan.
- b. Uji Coba Fungsional dan Validasi Hasil: Dilakukan uji coba langsung pemanfaatan panas yang dihasilkan dari pembakaran sampah menggunakan unit INSINERALIS untuk menghidupkan lampu. Hasil uji coba ini membuktikan kapabilitas alat dalam mengonversi limbah menjadi energi listrik yang dapat digunakan, sebagaimana diverifikasi oleh alat ukur dan detektor kualitas udara

### 2. Kontribusi Penerapan:

- a. Model Ekonomi Sirkular Skala Mikro: Penerapan INSINERALIS, bahkan dalam skala kecil, menunjukkan siklus lengkap dari limbah (sampah) yang diubah menjadi sumber daya (energi listrik dan abu yang dapat dimanfaatkan), serta mengurangi emisi. Ini adalah contoh nyata bagaimana prinsip ekonomi sirkular dapat diwujudkan di tingkat komunitas atau rumah tangga.
- b. Peningkatan Kesadaran dan Kapasitas Lokal: Melalui sosialisasi dan demonstrasi langsung, penerapan inovasi ini secara efektif meningkatkan kesadaran masyarakat tentang masalah lingkungan dan solusi yang ada. Hal ini juga menumbuhkan membentuk sumber daya manusia yang lebih berdaya saing di bidang keberlanjutan.
- c. Dukungan terhadap Daya Saing Daerah: Keberhasilan penerapan INSINERALIS di tingkat awal dapat menjadi model percontohan bagi pengelolaan sampah dan energi terdesentralisasi di Boyolali. Hal ini menunjukkan kemampuan daerah dalam menghasilkan inovasi teknologi yang relevan, mengurangi beban infrastruktur pengelolaan limbah konvensional, serta berpotensi menciptakan kemandirian energi pada skala lokal, yang semuanya berkontribusi pada peningkatan daya saing daerah secara menyeluruh.
- d. Peluang Implementasi Lebih Luas: Penerapan awal ini menjadi dasar kuat untuk mengidentifikasi potensi pengembangan dan adopsi INSINERALIS oleh komunitas RT/RW, pusat daur ulang kecil, atau bahkan fasilitas publik di Boyolali, sehingga memperluas dampak positifnya terhadap lingkungan dan ekonomi daerah.

### Anggaran Biaya Produksi

Pada pembuatan inovasi, dibutuhkan anggaran biaya dengan rincian sebagai berikut:

1.	Modal tetap	Plat besi	Rp1.600.000
		Drum	Rp300.000
		Pipa besi	Rp300.000
		Jasa las	Rp500.000
		Gas detector	Rp372.000
		Peltier	Rp545.000
		Multimeter	Rp90.000
		Inverter DC to AC	Rp150.000
		Travo 5A	Rp130.000
		Box besar	Rp25.000
		Heatsink besar	Rp75.000
		Kabel	Rp10.000
		IC 3055 dan TIP 41	Rp35.000
		Aki GHS	Rp140.000
	<b>Jumlah</b>		<b>Rp4.272.000</b>
2.	Modal berjalan	Cangkang telur	Rp50.000
		Ijuk daun aren	Rp60.000
		Arang	Rp10.000
		Kapur tohor	Rp15.000
		<b>Jumlah</b>	<b>Rp135.000</b>

Tabel 5 : Anggaran Biaya Produksi

Sumber : Data Primer Penelitian

### Simpulan

INSINERALSIS merupakan inovasi berkelanjutan yang menggabungkan pengelolaan sampah ramah lingkungan dengan pembangkit energi listrik melalui prinsip ekonomi sirkular. Dengan memanfaatkan panas dari pembakaran sampah dan mengubahnya menjadi energi menggunakan modul Peltier, INSINERALSIS tidak hanya mengurangi volume sampah dan emisi karbon, tetapi juga menyediakan alternatif energi bersih. Inovasi ini diharapkan mampu menjawab tantangan pemanasan global sekaligus meningkatkan daya saing Boyolali melalui solusi teknologi lokal yang efisien, mandiri, dan berorientasi pada keberlanjutan.

## Daftar Pustaka

- Achmad, R. (2004). *Kimia lingkungan*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Jabbar, I. (n.d.). Rancang bangun incinerator sederhana limbah rumah tangga menggunakan filter karbon aktif dan air.
- Khoir, U. M., Wahyuni, A. T., Putri, A. D., Vembry, A., Kartikaningsih, H., Salsabila, S. P., Nugroho, D. A., Ikhsan, M. F., Izzadin, M. R., & Sahida, D. M. (2025). Pengelolaan sampah anorganik melalui alat pembakar sampah alternatif untuk mewujudkan lingkungan sehat. *Prosiding Seminar Nasional Program Pengabdian Masyarakat*, 8.
- Kreith, F. (1997). *Prinsip-prinsip perpindahan panas*. Surabaya: Erlangga.
- Lasmana, A. (2021). Rancang bangun alat pembakar sampah (incinerator). *Jurnal ...*, 2(1), 35–40.
- Muchlisinalahuddin, M., & Kesuma, D. S. (2020). Tempat pembakaran sampah organik ramah lingkungan. *Rang Teknik Journal*, 3(1), 131–138.
- Muldiani, R. F., Supriyanti, Y., Gantina, T. M., Koesoemah, N. H., & Pratama, D. (2024). Penerapan teknologi filter asap untuk penanganan gas buang insinerator pada pengolahan sampah. *Qardhul Hasan: Media Pengabdian Kepada Masyarakat*, 10(2), 117–124.
- Narto, A., & Utari, R. (2023). Implementasi alat pembakar sampah menggunakan smart portable incinerator dalam penanggulangan sampah dari pengoperasian kapal. *Jurnal Sains dan Teknologi Maritim*, 24(1), 49–60.
- Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 13 Tahun 2012 tentang Pedoman Pelaksanaan Reduce, Reuse, dan Recycle melalui Bank Sampah.
- Prasetiyadi, P., Wiharja, W., & Wahyono, S. (2018). Teknologi penanganan emisi gas dari insinerator sampah kota. *Jurnal Rekayasa Lingkungan*, 11(2).
- Purba, J. D. (2015). Rancang bangun tangki pembilasan insinerator sampah ramah lingkungan terhadap efektivitas kadar partikulat gas buang.
- Rafidah, F., & Abidin, K. (2025). Analisis gas buang insinerator dengan filter arang aktif berbasis limbah organik. *Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika*, 13(1).
- Ramadhani, Y. K. I., Muslim, M. I., Rosadi, A. H., & Fadillah, N. A. (2025). Menuju lingkungan bersih dan masyarakat berdaya melalui pengelolaan sampah berbasis incinerator di desa. *Jejak Publisher*.
- Safrizal. (2014). Distributed generation pembangkit listrik tenaga sampah kota (PLTSA) tipe incinerator solusi listrik alternatif kota Medan. In *Seminar Nasional Teknologi dan Informatika 2014*. Muria Kudus University.
- Sasmita, A. (2011). *Kajian model emisi karbon dioksida dari kegiatan transportasi di Kota Surabaya (Laporan Tesis)*. Program Magister Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Sri Subekti, P. B. (2020). Pembakar sampah rendah emisi dengan air sebagai filtrasi. *Jurnal ...*, 6(2), 1–10.
- Sudarman. (2010). Meminimalkan daya dukung sampah terhadap pemanasan global. *Profesional*, 8(1).
- Syamsiro, M., Setyono, P., Hariyanti, K., & Sutanto, G. (2024). Kajian teknologi alternatif pengolahan sampah padat perkotaan menjadi energi terbarukan ramah lingkungan. *J-Proteksion: Jurnal Kajian Ilmiah dan Teknologi Teknik Mesin*, 9(1), 19–30.