

## **PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI ALAT PENGOLAH SAMPAH DENGAN SISTEM ECOBURN INCINERATOR**

M. Hasan Abdullah<sup>1,a</sup>, Ong Andre Wahyu Riyanto<sup>2,b</sup>, Fitriya  
Gemala Dewi<sup>3,c</sup> dan Subaderi Subaderi<sup>4,d</sup>

Program Studi Teknik Industri Universitas Wijaya Putra<sup>1,2,3,4</sup>

Jl. Raya Benowo No. 1-3 Surabaya, Jawa Timur, Indonesia<sup>1,2,3,4</sup>

<sup>a</sup>mhasanabdullah@uwp.ac.id, <sup>b</sup>ongandre@uwp.ac.id, <sup>c</sup>fitriyagemaladewi@uwp.ac.id,  
<sup>d</sup>subaderi@uwp.ac.id

### **Abstrak.**

*Municipal waste* atau sampah yang berasal dari rumah tangga masih menjadi masalah hampir di setiap kota terutama di wilayah padat penduduk. Paradigma lama dalam pengelolaan sampah yakni buang, ambil, angkut ke TPS dan TPA menjadi tidak efektif. Volume sampah yang dihasilkan tidak sebanding dengan sampah yang dapat dikelola. Sampah menjadi terbungkal di TPS atau TPA, bahkan sering terlihat sampah di pinggir jalan atau lahan kosong dan dibuang di sungai. Perlu adanya inovasi teknologi untuk dapat memproses sampah lebih cepat, tidak mencemari lingkungan dan mengganggu kesehatan. Salah satu solusinya adalah melakukan pemusnahan sampah dengan Incenerator. Metode ini mampu mengolah sampah dengan cepat namun masih menimbulkan masalah lain yakni membutuhkan konsumsi energi yang besar, gas buang beracun serta abu hasil pembakaran. Inovasi teknologi yang diusulkan ini bertujuan untuk merancang prototipe incenerator yang aman, efektif dan efisien. Metode dan Teknologi yang dikembangkan ini dapat membakar sampah secara kontinu tanpa bahan bakar dan sudah dilengkapi dengan penyaring asap yang dioperasikan dengan listrik dari solarcell. Abu sisa pembakaran sampah nantinya dijadikan bahan bangunan seperti Paving dan Batako yang mempunyai nilai ekonomi bagi masyarakat agar mendukung sistem economy circular.

**Keywords:** insenerator, sampah, emisi, lingkungan, ekonomi sirkular

### **Abstract.**

*Municipal waste, or household waste, remains a problem in almost every city, especially in densely populated areas. The old paradigm of waste management—throw it away, pick it up, and transport it to the TPS (Terminal Station) or TPA (Final Landfill), is ineffective. The volume of waste generated is disproportionate to the amount of waste that can be managed. Waste is often neglected at TPS or TPA, and it is often seen on roadsides or vacant lots, even dumped in rivers. Technological innovation is needed to process waste more quickly, without polluting the environment and harming health. One solution is to destroy waste using an incinerator. This method can process waste quickly but still poses other problems, such as requiring large energy consumption, toxic exhaust gases, and combustion ash. This proposed technological innovation aims to design a safe, effective, and efficient incinerator prototype. The developed method and technology can burn waste continuously without fuel and is equipped with a smoke filter operated by electricity from solar cells. The ash from the incineration will then be used as building materials such as paving and bricks, which have economic value for the community, supporting a circular economy system.*

**Keywords:** incinerator, waste, emissions, environment, circular economy

## **Pendahuluan**

Sampah dan pengelolaannya saat ini menjadi masalah yang mendesak, terutama di kota-kota besar dan wilayah padat penduduk. Perubahan keseimbangan lingkungan yang merugikan dapat terjadi karena penanganan sampah yang tidak baik. Untuk mengatasi pencemaran, baik terhadap tanah, air maupun udara diperlukan penanganan dan pengendalian terhadap sampah. Penanganan sampah akan menjadi rumit dengan semakin kompleksnya jenis dan komposisi sampah. Penanganan sampah di perkotaan relatif lebih sulit dibanding dengan sampah di desa. Masalah yang sering muncul adalah semakin sulitnya ruang untuk pengolahan sampah dan biaya operasional yang tinggi. Sebagai akibatnya, sebagian besar kota-kota di Indonesia hanya mampu mengumpulkan dan membuang sekitar 60% saja dari seluruh sampah yang dihasilkan. Sebagian lainnya ditangani dan dibuang dengan cara yang tidak saniter dan mencemari [1].

Di wilayah Surabaya dan Gresik, volume sampah yang masuk ke TPA Benowo tercatat 1600 Ton setiap harinya. Sampah tersebut terdiri dari sampah organik 60% dan anorganik 40%. TPA Benowo dapat menampung volume sampah kurang lebih sebesar 6160 m<sup>3</sup> dari 8800 m<sup>3</sup> sampah yang dihasilkan kota Surabaya setiap harinya [2]. Berbagai program telah dikembangkan pemerintah kota Surabaya dalam upaya penanganan sampah seperti pembangkit listrik di TPA dan penanganan sampah ditingkat RW atau kelurahan seperti bank sampah, komposter dan budidaya Magot. Serta kebijakan lain seperti pembatasan penggunaan tas kresek/plastik. Pembangkit Tenaga Sampah (PLTSa) beroperasi sejak 2015 di area TPA dengan luas 37,4 Hektar. Pembangkit ini hanya mampu mengolah sampah sekitar 1000 ton per hari. Sementara volume sampah yang terkelola di bank sampah hanya sekitar 2 ton per hari. Sampah yang dikelola bank sampah pada umumnya adalah sampah anorganik. Sampah ini dipilah dari rumah dan disetorkan ke bank sampah. Warga mendapat keuntungan dari hasil penjualan sampah [3].

Paradigma lama dalam pengelolaan sampah mengakibatkan sampah tidak semuanya bisa tertangani dengan baik. Pengelolaan sampah saat ini pada umumnya seperti terlihat pada gambar 1. Sampah dikelola dengan cara buang-ambil-kumpul-angkut dan tampung ke TPA. Sampah yang berasal dari rumah tangga masih tercampur antara organik dan anorganik. Sampah juga dihasilkan dari aktifitas lain seperti pasar, tempat wisata dan kuliner. Pada kondisi tertentu sampah tersebut tidak bisa langsung diangkut sehingga menimbulkan bau dan pemandangan yang tidak sedap.



Gambar 1. Proses pengelolaan sampah saat ini

Hal ini diakibatkan karena ketidakseimbangan antara sampah yang dihasilkan dengan proses pengelolaan [4]. Faktor biaya operasional dan semakin sulitnya ruang pantas untuk pembuangan merupakan salah satu permasalahan dalam penanganan sampah. Sebagai akibat biaya operasional

yang tinggi, kebanyakan kota atau wilayah kecamatan dan desa hanya mampu mengumpulkan dan membuang sampah dengan cara yang tidak saniter, boros dan mencemari [5].

Pada wilayah atau pemukiman tertentu, pengelolaan sampah masih belum ada dan belum terjangkau oleh truk pengangkut sampah. Warga melakukan pembakaran sendiri di area pekarangan rumah. Tidak jarang warga membuang sampah di lahan kosong atau tepi jalan, bahkan membuang sampah ke sungai. Seperti tampak pada gambar 2, sampah tidak dikelola dengan baik. Hal ini dapat mengakibatkan pencemaran lingkungan dan sangat berbahaya bagi kesehatan. Sehingga perlu upaya yang masif dan inovatif untuk pengelolaan sampah secara seimbang dan berkelanjutan.



Gambar 2. Pembuangan sampah secara tidak saniter

Sampah dapat mempunyai nilai ekonomis jika dikelola dengan benar. Sampah yang dibakar dengan insenerator menghasilkan abu yang bersifat mengikat. Abu hasil insenerasi ini dapat dimanfaatkan sebagai bahan bangunan [6]. Proses lain yang dapat digunakan adalah dengan cara Pirolisis, namun cara ini memerlukan biaya yang sangat besar dan keterampilan khusus terkait dengan jenis sampah yang ada [7]. Biaya operasional dari proses incenerator nantinya dapat dikurangi dari hasil pengolahan abu menjadi bahan bangunan berupa batako atau paving. Abu dapat menggantikan pasir sebagai media mortar dengan perbandingan tertentu. Bata blok atau paving harus memiliki parameter tertentu agar memenuhi persyaratan diantaranya adalah kuat tekan dan ketahanan aus [8].

### **Metode Pelaksanaan**

Kegiatan perancangan dan implementasi alat pengolah sampah yang diusulkan mempunyai tiga kegiatan utama yaitu:

1. Pembuatan prototipe *insinerator free energy*.

Kegiatan ini meliputi:

- Perancangan dan pembuatan tungku dan pemanas insinerator portabel
- Perancangan dan pembuatan sistem pengendali asap model *wet scrubber* dan *carbon active bed*.
- Perancangan dan pembangunan sumber energi mini PLTS.
- Pengujian dan Validasi.

2. Pembuatan Paving dan Batako dari abu insinerasi.

Pada kegiatan ini akan dilakukan kegiatan pembuatan Paving dan Batako dari campuran Abu.

3. Implementasi dan Pelaporan atau publikasi kegiatan

Kegiatan yang sudah dilakukan akan dibuat laporan atau publikasi sebagai referensi bagi masyarakat dan sebagai bahan kajian untuk pengembangan selanjutnya.

Tahapan dalam pelaksanaan meliputi sosialisasi, pelatihan, penerapan teknologi, pendampingan dan evaluasi. Tim pelaksana dalam kegiatan ini terdiri dari dosen, mahasiswa dan warga sekitar kampus Universitas Wijaya Putra.

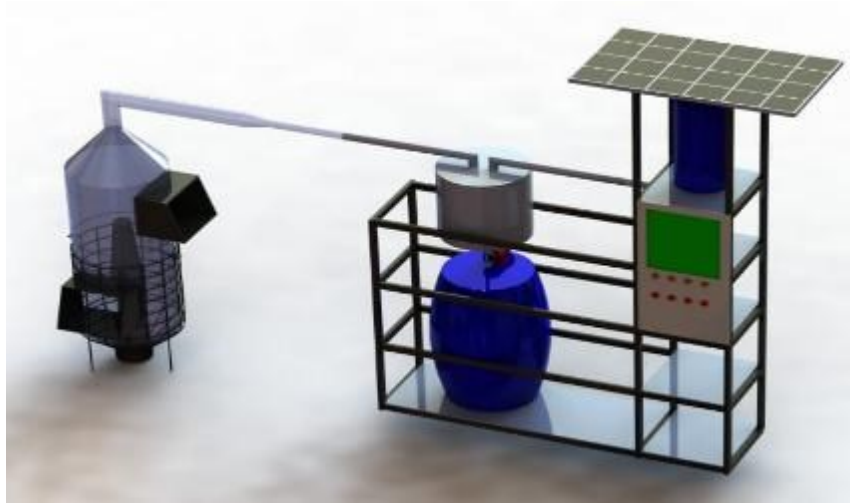
## **Hasil dan Pembahasan**

### **Perancangan alat.**

Spesifikasi teknologi dan sistem yang dirancang adalah sebagai berikut:

1. Tungku insinerator.
  - Ruang pembakar : Drum kapasitas 200 L x 2. Diameter: 59 cm Tinggi: 90 cm
  - Kapasitas pembakaran : 0.5 Ton per jam
  - Bahan Dinding : Carbon steel
  - Pemanas : Kawat Baja Karbon Rendah Dia 10 mm
  - Gasket : Kawat Baja Karbon Rendah Dia 5 mm
2. Pengendali asap.
  - Cerobong : Pipa besi diameter 2 inchi
  - Wet scrubber : 1 unit
  - Carbon active bed : 1 unit
  - Bak air pendingin : 1 unit
3. Pembangkit listrik tenaga surya.
  - Panel surya : 100WP tipe monocrystalline 2 unit
  - Aki : kapasitas 12V 50 AH I unit.
  - Inverter : 500 Watt. Solar charge controller.
  - Panel : MCB AC schneider 3 unit. MCB DC schneider 1 unit. MCB connector single (male+female) 2 set.
  - Kabel : Kabel solar panel ukuran 2 x 2.5, 10 meter. Kabel NYAF 6 mm.
4. Alat cetak paving dan batako.
  - Alat cetak Paving dan Batako : Hand press. Dimensi 32 x 15 x 75 cm

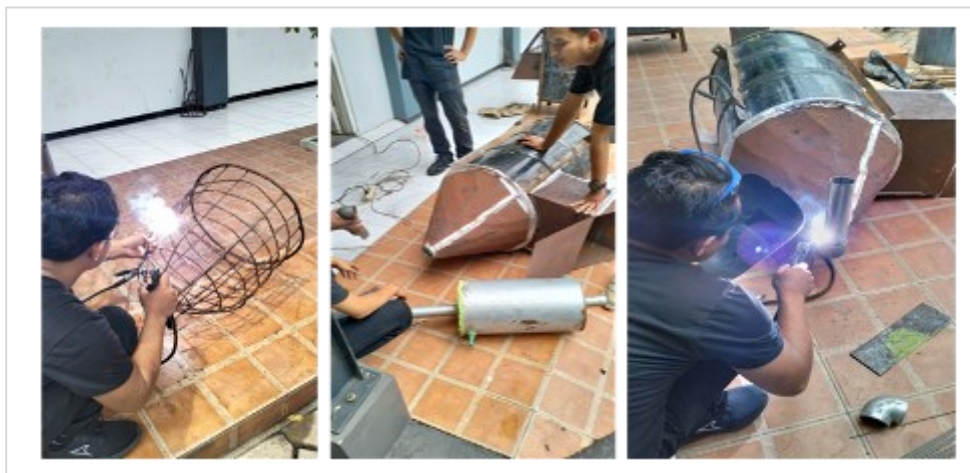
Inovasi teknologi yang dirancang ini adalah teknologi untuk pengolahan sampah rumah tangga. Sampah dari rumah tangga yang masih tercampur baik organik maupun anorganik dapat langsung diolah dengan Insinerator. Abu hasil pembakaran kemudian diolah menjadi Paving dan Batako untuk bahan bangunan dan fasilitas umum. Teknologi Insinerator pengolahan sampah yang dirancang ini dapat membakar sampah tanpa menggunakan listrik, oli atau gas sebagai pemanas. Ruang pembakar terbuat dari drum bekas, dirancang bongkar-pasang atau portable sehingga mudah untuk dilakukan perbaikan atau pemindahan. Asap yang dikeluarkan dari cerobong sudah direduksi dengan filter khusus untuk mengurangi partikel yang berbahaya. Sistem penyaringan asap dan debu dari cerobong menggunakan karbon aktif dan wet scrubber yang dioperasikan dengan listrik dari tenaga surya. Insinerator ini dirancang minimalis sesuai kebutuhan untuk mengolah sampah sekitar 1 m<sup>3</sup> per jam. Insinerator ini tidak membutuhkan area yang luas dan hanya membutuhkan satu orang saja untuk mengoperasikannya. Inovasi ini juga memberikan pelatihan dan pendampingan pada masyarakat bagaimana mengolah abu hasil pembakaran sebagai bahan Paving dan Batako. Perancangan dan pembuatan alat dilakukan di Laboratorium Manufaktur Fakultas Teknik Universitas Wijaya Putra, jalan Raya Benowo 1-3 Surabaya. Berikut adalah hasil rancangan alat pembakar sampah dengan pengendali asap dan pengukur emisi udara.



Gambar 3. Model Eco Burner: Insenerator Sampah

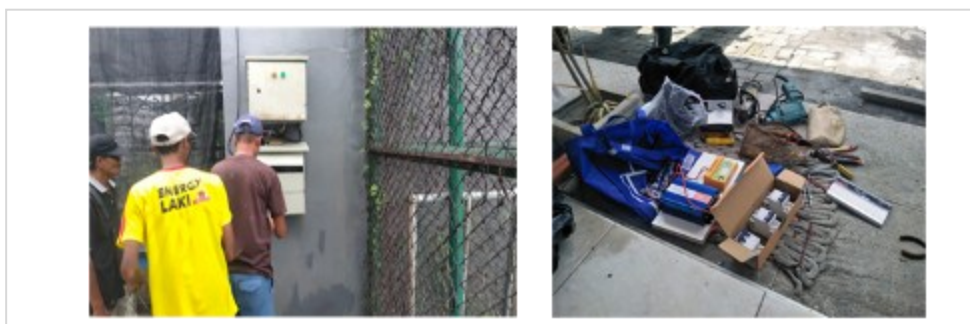
**Perakitan Alat.**

Seluruh komponen dibuat dan dirakit di bengkel Laboratorium Manufaktur Universitas Wijaya Putra. Pembuatan dan perakitan dilakukan oleh mahasiswa Teknik Industri dengan bimbingan dosen. Sistem pereduksi emisi gas buang insenerator menggunakan tiga tahapan yaitu; kondensor, *wet scrubber* dan bed *carbon active*. Untuk komponen PLTS dan sensor emisi dirakit secara terpisah pada Laboratorium Otomasi Teknik Industri.



Gambar 4. Proses perakitan Insenerator

PLTS mini dirancang untuk dapat memenuhi tenaga listrik dari pompa pendingin dan *wet scrubber*. Komponen PLTS dirakit dan dipasang pada tempat atau titik di mana Insenerator ditempatkan.



Gambar 5. Proses perakitan komponen PLTS

**Pengujian dan Implementasi Alat.**

Alat pembakar sampah yang sudah selesai dirakit selanjutnya dilakukan pengujian untuk memastikan komponen atau sistem berfungsi dengan baik. Sampah anorganik dan organik yang berasal dari TPS sekitar kampus dimasukkan ke dalam ruang bakar insenerator. Kemudian dilakukan pemanasan awal pada besi pemanas yang berada pada bagian bawah. Pemanasan menggunakan sampah kering seperti kertas, daun, atau ranting kering. Besi pemanas ini kemudian memanaskan sampah dan membakar sampah kering maupun basah. Sampah pada tumpukan atas yang semula basah, akan mengering dan terbakar. Pembakaran dimulai dari bawah tungku dan sampah di atas akan turun dan ikut terbakar. Sistem ini mampu membakar sampah menjadi abu secara bertahap dan kontinyu.



Gambar 6. Proses pembakaran sampah organik dan anorganik

### **Pembuatan Batako dan Paving dengan Campuran Abu Insenerator.**

Untuk membuat Paving dan Batako yang sesuai dengan persyaratan mutu, maka perlu diperhatikan peralatan dan cara yang benar. Alat cetak didesain secara manual agar mudah dalam penggunaan dan perawatan. Cetakan terbuat dari pelat besi dengan tutup yang bisa dilepas saat proses pencetakan. Dimensi cetakan telah disesuaikan dengan standar yang ada. Berikut bahan, peralatan serta proses pembuatan Paving dan Batako yang diterapkan pada mitra:

1) Bahan:

- Semen, Pasir, Abu, Air

2) Alat:

- Pengayak Pasir
- Sekop atau Cangkul
- Timba kecil
- Cetakan Paving / Batako dan Penumbuk

3) Proses:

Menyiapkan semua bahan dan alat. Ayak Pasir dan Abu ditempat terpisah untuk memisahkan kerikil atau sisa pembakaran sampah yang tidak sempurna. Campurkan Semen:Pasir:Abu:Air dengan perbandingan masing-masing 1:1:2:1 (volume) dengan menggunakan Timba kecil. Lakukan pengadukan sehingga semua bahan tercampur. Isikan campuran ke cetakan Paving sampai penuh dan lakukan pemadatan dengan alat tumbuk. Lakukan pengisian lagi hingga tidak ada ruang kosong pada cetakan. Siapkan area kosong yang rata dan terhindar dari sinar matahari secara langsung dan hujan untuk menjemur Paving hasil cetakan. Paving bisa digunakan setelah dilakukan penjemuran sampai dengan 28 hari. Untuk pembuatan Batako gunakan perbandingan Semen:Pasir:Abu:Air dengan perbandingan masing-masing 1:1:4:1,5.



Gambar 7. Alat Cetak Paving dan Batako

Pembuatan Paving dan Batako dilakukan bersama dengan mahasiswa dan mitra warga. Warga sangat antusias dalam mengikuti program pengabdian masyarakat yang dilakukan Dosen bersama Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Wijaya Putra.



Gambar 8. Pelatihan proses pembuatan paving dan batako: (a) Pengadukan campuran. (b) Pencetakan. (c) Penjemuran hasil cetakan Paving dan Batako.

Program ini sangat diharapkan masyarakat agar terus berlanjut. Fakultas Teknik bersama Tim Dosen dan Mahasiswa terus berupaya untuk menyempurnakan Teknologi Tepat Guna (TTG) pengolah sampah agar dapat digunakan secara mudah dan dapat diduplikasi sesuai kebutuhan masyarakat. Melalui visi techno-sociopreneur, Fakultas Teknik UWP senantiasa melakukan penelitian dan inovasi serta pengembangan teknologi untuk kebutuhan masyarakat. Dengan demikian, keberadaan kampus akan semakin berdampak pada masyarakat.

### **Kesimpulan**

Dari kegiatan pengabdian yang dilakukan ada beberapa hal yang menjadi perhatian serta masukan untuk keberlanjutan, diantaranya:

1. Efektifitas alat pembakar (insenerator).

Sampah hasil luaran dari aktifitas rumah tangga menjadi permasalahan yang serius karena menjadi penyuplai sampah terbesar. Terjadinya penumpukan (*bottle neck*) pada rantai pengelolaan sampah diakibatkan karena ketidakseimbangan antara *supply* dan *demand* di tempat pengolahan atau pembuangan akhir. Ketidakseimbangan ini dapat diatasi dengan melakukan pengolahan sampah dari hulu, yaitu ditingkat RT atau RW. Selain dapat mengurangi sampah yang masuk ke TPA program ini dapat menghilangkan potensi pencemaran akibat sampah yang tidak tertangani dan mengurangi biaya distribusi sampah dari rumah tangga ke tempat pembuangan akhir. Metode “Eco Burner: Pengolah Sampah Self Burning Ramah Lingkungan”

ini mampu mengolah sampah dengan efektif dan efisien serta berdampak pada penguatan *circular economy*.

2. Potensi penggunaan abu insenerator. Abu atau residu hasil pembakaran dapat digunakan sebagai media campuran dalam pembuatan Paving dan Batako. Namun, masih perlu ditingkatkan kualitasnya.

### **Saran**

Program ini tidak akan berjalan efektif dan berkelanjutan tanpa peran aktif dari Mitra dan Pendampingan dari Tim. Pendampingan akan dilakukan oleh Tim meliputi:

1. Perencanaan sumber daya manusia. Melalui diskusi, Tim memberikan gambaran terkait kebutuhan SDM untuk mengolah sampah. Mulai dari pengambilan, pemilahan, pembakaran dan pengolahan residu. Hasilnya, mitra mempunyai organisasi sendiri terkait pengolahan sampah terpadu misalnya di tingkat RW.
2. Pengoperasian dan pemeliharaan alat. Tim memberikan pelatihan dan pendampingan agar mitra mempunyai kemampuan untuk mengoperasikan dan memelihara alat secara benar. Tim juga menyediakan Buku Panduan atau SOP terkait pengoperasian dan pemeliharaan alat.
3. Pemantauan efektifitas dan kualitas alat. Tim memberikan pendampingan terkait cara melakukan pembacaan parameter gas buang serta batasan baku mutu yang telah ditetapkan. Dari informasi pembacaan sensor alat, mitra dapat melakukan tindakan perbaikan jika hasil pembacaan kandungan gas tersebut keluar atau melebihi ambang batas yang ditetapkan.
4. Perencanaan pengembangan. Melalui analisis dampak dan efektifitas kegiatan yang berjalan, Tim bersama dengan Mitra baru melakukann perencanaan pembuatan dan penempatan alat di beberapa titik atau wilayah lain. Perencanaan ini akan melibatkan pemerintah kota Surabaya melalui Dinas Lingkungan Hidup atau mitra dari DUDI (Dunia Usaha Dunia Industri) melalui CSR.

### **Daftar Pustaka**

- [1] E. M. Wigayanti und Muljadi, „Pembuatan Batako dari Abu Hasil Insinerasi Sampah Domestik dan Karakteristiknya,“ *Ecolab*, pp. 59-66, 2008.
- [2] A. Nurjanna und M. Ali, „Persebaran Air Lindi TPA Benowo Terhadap Kualitas Air Tambak,“ *Envirous*, pp. 74-80, 2021.
- [3] M. H. Abdullah und N. Widhiyanta, „Pengelolaan dan Pengembangan Bank Sampah Berbasis Kemanfaatan dan Teknologi Informasi,“ in *s Konferensi Nasional Pengabdian Kepada Masyarakat dan Corporate Social Responsibility*, Surabaya, 2019.
- [4] B. Dwiyanto, „Metode Penigkatan Partisipasi masyarakat dan Penguatan Sinergi dan Pengelolaan Sampah Perkotaan,“ *Jurnal Ekonomi Pembangunan*, p. 2, 2011.
- [5] T. S. Daniel, P. Hasan und S. Vonny, *Pemanfaatan Sampah Kota dan Peran Pemulung Sampah*, Bandung: PPLH ITB, 1985.
- [6] Pribadiyo, *Abu Insenerator dan Aplikasinya untuk Bahan Bangunan*, Surabaya: Universitas Airlangga, 1991.
- [7] Q. Rachmawati und W. Herumurti, „Pengolahan Sampah Secara Pirolisis dengan Variasi Rasio Komposisi Sampah dan Jenis Plastik,“ *Jurnal Teknik ITS*, p. 27–29, 2015.
- [8] LIPI, *Suatu tinjauan terhadap kuat tekan dan ketahanan aus pada bata blok*, Jakarta: Seri Teknologi Indonesia, 1997.