

DESAIN INSINERATOR TIPE TEP-1

(SKRIPSI)

Oleh :

DHANUR PRAMONO JATI

(2014071033)



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG**

2024

DESAIN INSINERATOR TIPE TEP-1

Oleh :

DHANUR PRAMONO JATI

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar

SARJANA TEKNIK

pada Jurusan Teknik Pertanian

Fakultas Pertanian Universitas Lampung



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG**

2024

ABSTRAK

DESAIN INSINERATOR TIPE TEP-1

Oleh

DHANUR PRAMONO JATI

Permasalahan sampah di Bandar Lampung semakin krusial seiring dengan meningkatnya volume sampah domestik yang mencapai 1.283 ton per hari. Penanganan yang tidak efektif dapat menimbulkan dampak negatif terhadap kesehatan masyarakat dan lingkungan, seperti penyebaran penyakit dan pencemaran. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menguji insinerator skala rumah tangga yang efektif, efisien, aman, dan rendah polusi sebagai solusi alternatif dalam pengelolaan sampah. Insinerator yang dirancang mampu membakar 30 kg sampah dalam waktu 180 menit dengan konsumsi bahan bakar campuran oli dan *pertalite* sebanyak 130 ml. Hasil pengujian menunjukkan efisiensi termal insinerator berkisar antara 70-75%, serta Sisa pembakaran sebesar 14,42% dan sisa abu 11,53%. Efisiensi keseluruhan mencapai 87,37%, menandakan bahwa alat ini dapat memanfaatkan energi yang dihasilkan dari pembakaran dengan optimal. Insinerator ini memiliki performa yang baik dalam berbagai aspek. Dari segi kapasitas alat, insinerator mampu membakar 20 kg sampah, total konsumsi bahan bakar mencapai 53,75 ml dan sisa bahan bakar yaitu 76,25 ml. Dengan perhitungan ini, efisiensi penggunaan bahan bakar dapat dihitung sebagai 2,69 ml/kg. Penggunaan campuran oli dan *pertalite* sebagai bahan bakar memberikan pembakaran yang lebih baik dibandingkan menggunakan oli atau *pertalite* saja secara terpisah.

Kata kunci: insinerator, sampah, oli bekas, desain, pembakaran, rancang bangun

ABSTRACT

DESIGN OF INCINERATOR TYPE TEP-1

By

DHANUR PRAMONO JATI

The escalating domestic waste volume in Bandar Lampung, reaching 1,283 tons per day, has exacerbated the city's waste management challenges. Ineffective waste handling poses significant threats to public health and the environment, such as the spread of diseases and pollution.¹ This research aimed to design and test a household-scale incinerator that is effective, efficient, safe, and low-pollution as an alternative solution for waste management. The designed incinerator was capable of incinerating 30 kg of waste within 180 minutes with a fuel consumption of 130 ml of a mixture of oil and pertalite. Testing results indicated a thermal efficiency ranging from 70-75%, with 14.42% residual combustion and 11.53% residual ash. Overall efficiency reached 87.37%, signifying optimal utilization of the energy generated from combustion. The incinerator exhibited satisfactory performance across various aspects. In terms of capacity, the incinerator could incinerate 20 kg of waste, with a total fuel consumption of 53.75 ml and a fuel residue of 76.25 ml. Based on these calculations, fuel consumption efficiency was determined to be 2.69 ml/kg. The use of a mixture of oil and Peralite as fuel yielded better combustion compared to using oil or pertalite separately.

Keywords; incinerator, rubbish, oil waste, design, combustion, development, yield.

Judul Skripsi

DESAIN INSINERATOR TIPE TEP-1

Nama

Dhanur Pramono Jati

No. Pokok Mahasiswa

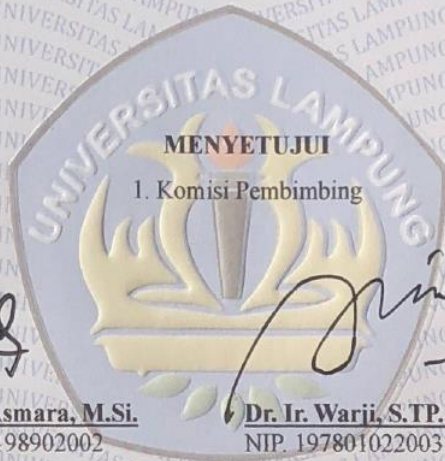
2014071033

Jurusan

Teknik Pertanian

Fakultas

Pertanian



Dr. Ir. Sandi Asmara, M.Si.

NIP.19621010198902002

Dr. Ir. Warji, S.TP., M.Si., IPM.

NIP.197801022003121001

2. Ketua Jurusan Teknik Pertanian

Dr. Ir. Sandi Asmara, M.Si.

NIP.19621010198902002

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : **Dr. Ir. Sandi Asmara, M.Si.**

Sekretaris : **Dr. Ir. Warji, S.TP., M.Si., IPM**

Penguji : **Dr. Ir. Sapto Kuncoro, M.S.**

Bukan Pembimbing

2. Dekan Fakultas Pertanian



Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P

NIP. 196411181989021002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 12 Agustus 2024

PERNYATAAN HASIL KARYA

Saya Dhanur Pramono Jati NPM 2014071033. Dengan ini menyatakan bahwa yang tertulis dalam karya ilmiah ini adalah hasil karya saya yang dibimbing oleh Komisi Pembimbing, 1) **Dr. Ir. Sandi Asmara, M.Si.** dan 2) **Dr. Ir. Warji, S.TP., M.Si., IPM.** berdasarkan pada pengetahuan dan informasi yang telah saya dapatkan. Karya ilmiah ini berisi material yang dibuat sendiri dan hasil rujukan beberapa sumber lain (buku, jurnal, dll) yang telah dipublikasikan sebelumnya atau dengan kata lain bukanlah hasil dari plagiat karya orang lain.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dan dapat dipertanggungjawabkan. Apabila dikemudian hari terdapat kecurangan dalam karya ini, maka saya siap mempertanggungjawabkannya.

Bandar Lampung, Agustus 2024

Penulis



Dhanur Pramono Jati
NPM 2014071033

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Bandar Jaya, Kabupaten Lampung Tengah, pada hari Kamis, 23 Mei 2002. Penulis merupakan anak kedua dari tiga bersaudara, putra Bapak Suherwanto dan Ibu Ahyati Makiyah, adik dari Dhini Prawesti dan kakak dari Dhiza Qyrani Madina Putri. Penulis memulai pendidikan Sekolah Dasar di SDIT Insan Kamil pada tahun 2008. Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri 3 Terbanggi Besar, lulus pada tahun 2017. Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 1 Seputih Agung, lulus pada tahun 2020. Tahun yang sama penulis diterima sebagai mahasiswa di Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung melalui jalur SBMPTN (Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri). Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif berorganisasi di Organisasi Kemahasiswaan, tingkat Fakultas Pertanian sebagai staf ahli Departemen PSDM Badan Eksekutif Mahasiswa (BEM) Fakultas Pertanian, Universitas Lampung periode 2022, sebagai anggota bidang PSDM Persatuan Mahasiswa Teknik Pertanian periode 2022 serta menjabat sebagai Ketua Umum Persatuan Mahasiswa Teknik Pertanian Universitas Lampung periode 2023. Penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) selama 40 hari pada bulan Januari-Februari 2023 di Desa Hujung, Kecamatan Belalau, Kabupaten Lampung Barat. Penulis melaksanakan Praktik Umum (PU) pada tahun 2023 di Balai Penerapan Standar Instrumen Pertanian (BPSIP), Kabupaten Sleman dengan judul “Pembuatan Mie Berbahan Dasar Sayur Bayam Brazil Pada Balai Penerapan Standar Instrumen Pertanian Daerah Istimewa Yogyakarta” selama 30 hari kerja pada bulan Juli-Agustus 2023.

Alhamdulillahirobbil'aalamin

Segala puji bagi Allah SWT, sebagai wujud, kasih sayang, bukti tulus, bentuk rasa bersyukur dari kerja keras dan doa dari setiap yang engkau ucapkan kupersembahkan Skripsi ini

Kepada :

Orangtuaku

(Ayah Suherwanto dan Ibu Ahyati Makiyah)

Mustahil penulis mampu melewati semua masalah yang dilewati selama ini tanpa doa, ridho dan dukungan dari beliau.

Terima kasih ayah ibu, yang telah memberikan motivasi, semangat dan mewariskan sifat pantang menyerah sehingga aku mampu menyelesaikan bangku perkuliahan. Semoga jalan ayah dan ibu selalu disertai keberkahan dan sehat selalu.

Serta kakak dan adikku

(Dhini Prawesti, A.Md. dan Dhiza Qyrani Madina Putri)

SANWACANA

Puji dan syukur penulis haturkan kepada Allah SWT yang telah memberikan banyak sekali kenikmatan, kesempatan, rahmat, dan hidayah sehingga dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **“DESAIN INSINERATOR TIPE TEP-1”** yang merupakan salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik di Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung. Sholawat serta salam tak henti hentinya penulis haturkan kepada sosok tauladan yakni Nabi Muhammad SAW, yang tentunya kita nantikan syafaatnya di hari kiamat nanti. Dalam menyelesaikan skripsi ini, penulis banyak mendapat masukan, bantuan, dorongan, bimbingan, dan saran dari berbagai pihak. Maka, dengan segala kerendahan penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung;
2. Bapak Dr. Ir. Sandi Asmara, M.Si., selaku Ketua Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung sekaligus Dosen Pembimbing Akademik serta Pembimbing pertama, terima kasih yang sangat dalam dari penulis kepada bapak, karena telah membantu, mengarahkan, membimbing dan menggembleng saya selama masa perkuliahan;
3. Bapak Dr. Ir. Warji, S.TP., M.Si., IPM., selaku Dosen Pembimbing kedua;
4. Bapak Dr. Ir. Sapto Kuncoro, M.S. selaku Dosen Pembahas;
5. Kakakku Dhini Prawesti, A.Md., terima kasih telah membantu peneliti dalam keadaan-keadaan genting. Semoga kebahagiaan dan keberkahan menyertai keluarga kecilmu;
6. Jeny Safitri, S.T., terima kasih atas dukungan, motivasi, apresiasi, doa, momen bahagia dan rasa yang telah engkau berikan kepada peneliti. Serta terima kasih karena selama proses peneliti mengerjakan skripsi, telah siap

sedia menjadi tempat berkeluh kesah, keluh kisah, menuangkan lelah, berbagi rasa dan menjadi alasan peneliti tertawa. Semoga impian baik dan indahmu tercapai. Kebahagiaan, kecantikan, dan kebaikan akan selalu menyertaimu;

7. Prendi, Andika, Naufal, Bima, Ilham, David, Panca, Zaki dan yang tak bisa peneliti sebutkan satu persatu, terima kasih telah menjadi teman, karib, sahabat, bahkan saudara bagi peneliti selama perkuliahan ini. Semoga impian kalian semua tercapai. Semangat berjuang teman-teman;
8. Diri sendiri yang telah *survive* dari banyaknya cobaan, laki-laki tak perlu mengeluh, ini belum apa-apa, selamat menemui dunia yang sesungguhnya setelah ini. Semoga kelak penulis mampu membahagiakan orang-orang yang penulis cintai.;
9. PERMATEP 2023, terima kasih telah menjadi wadah bagi penulis untuk mengembangkan potensi diri;
10. Jajaran pimpinan PERMATEP 2023, terima kasih telah membantu penulis selama menjabat sebagai Ketua Umum;
11. Serta semua pihak yang terlibat dalam proses penulisan skripsi ini.

Dalam penyusunan skripsi ini penulis menyadari masih belum sempurna. Karena itu, kritik dan masukan dari pembaca yang bersifat membangun sangat penulis harapkan. Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih, dan penulis berharap skripsi ini dapat berguna bagi penulis dan pembacanya.

Bandar Lampung, Agustus 2024
Penulis

Dhanur Pramono Jati

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Batasan Masalah.....	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Desain Rancang Bangun	5
2.2 Sampah	6
2.3 Insinerator.....	7
2.3.1. Insinerator Rotary Klin	8
2.3.2. Multiple Hearth Insinerator.....	9
2.3.3. Fluized Bed Insinerator	9
2.4 Proses Pembakaran.....	10
2.5 Faktor Yang Mempengaruhi Proses Insinerasi	12
2.5.1. Komposisi atau Jenis Limbah	12
2.5.2. Waktu Insinerasi.....	12
2.5.3. Temperatur	12
2.5.4. Berat Limbah	12
2.6 Kinerja Insinerator Yang Baik	13
2.7 Oli.....	13
III. METODOLOGI PENELITIAN	14
3.1 Waktu dan Tempat	14
3.2 Alat dan Bahan	14
3.3 Prosedur Penelitian.....	14
3.4 Metode Perancangan	15

3.4.1 Kriteria Desain	16
3.4.2 Rancangan Fungsional	16
3.4.3 Rancangan Struktural.....	18
3.4.4 Uji kinerja	20
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	23
4.1 Alat Insinerator Tipe TEP-1.....	23
4.2. Rancangan Struktural Insinerator Tipe TEP-1	24
4.2.1 Tabung Air.....	24
4.2.2 Pipa Keluaran Api	25
4.2.3 Pipa Masukan Air.....	25
4.2.4 Kaki Kompor	26
4.2.5 Ring Burner Oli.....	26
4.2.6 Pipa Keluaran Uap	27
4.2.7 Burner Oli	27
4.2.8 Penyangga Drum Sampah.....	28
4.2.9 Drum Sampah	28
4.2.10 Pegangan Drum.....	29
4.2.11 Pintu Drum	29
4.2.12 Behel Filter Sisa Pembakaran	30
4.3. Rancangan Fungsional Insinerator Tipe TEP-1.....	31
4.4. Hasil Uji Kinerja Insinerator	32
4.4.1 Pengukuran Suhu	32
4.4.2 Laju Pembakaran (Lp)	33
4.4.3 Sisa Pembakaran	33
4.4.5 Efisiensi Densitas Alat	35
4.5. Analisis Teknis.....	35
4.5.1 Kapasitas Alat	36
4.5.2 Energi Yang Dihemat	37
V. KESIMPULAN	39
5.1 Kesimpulan.....	39
5.2 Saran.....	39
DAFTAR PUSTAKA.....	41
LAMPIRAN.....	44

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
Tabel 3.1. Fungsi bagian insinerator	17
Tabel 3.2. Keterangan komponen insinerator	18
Tabel 3.3. Pengukuran Suhu.....	21
Tabel 4.1. Spesifikasi dimensi drum sampah	28
Tabel 4.2. Spesifikasi pintu drum.....	30

DAFTAR GAMBAR

Gambar		Halaman
	<i>Teks</i>	
Gambar 1. <i>Insinerator rotary klin</i>		9
Gambar 2. Multiple hearth insinerator		10
Gambar 3. Fluized bed insinerator		12
Gambar 4. Sampah yang digunakan.....		15
Gambar 5. Diagram alir perancangan		19
Gambar 6. Mekanisme insinerator		21
Gambar 7. Alat insinerator tipe TEP-1		26
Gambar 8. Tampak dalam tabung air		27
Gambar 9. Pipa keluaran api		28
Gambar 10. Pipa masukan air		28
Gambar 11. Kaki kompor.....		29
Gambar 12. Ring burner oli		29
Gambar 13. Pipa keluaran uap		30
Gambar 14. Burner oli.....		30
Gambar 15. Penyangga drum.....		31
Gambar 16. Drum sampah		32
Gambar 17. Pegangan drum.....		32
Gambar 18. Tiga pintu drum sampah.....		33
Gambar 19. Behel filter Sisa		33
Gambar 20. Grafik pengukuran suhu		34
Gambar 21. Grafik pembakaran 4 kali masukan.....		36
Gambar 22. Grafik sisa pembakaran.....		36
Gambar 23. Sisa pembakaran nanas.....		37
	<i>Lampiran</i>	
Gambar 24. Desain drum pembakaran 4 tampak		48

Gambar 25. Desain kompor pembakaran 3 tampak.....	48
Gambar 26. Desain penyangga drum 3 tampak	49
Gambar 27. Desain burner oli 3 tampak	49
Gambar 28. Proses pengerjaan drum pembakaran.....	50
Gambar 29. Proses pembuatan rangka dalam kompor.....	50
Gambar 30. Proses penggabungan pipa dan rangka dasar	51
Gambar 31. Pengecekan kebocoran pada rangka dalam	51
Gambar 32. Proses pemasangan plat bagian luar	52
Gambar 33. Rangka tampak dalam	52
Gambar 34. Rangka sebelum dipasang pipa	53
Gambar 35. Kompor setelah dipasang penutup tabung	53
Gambar 36. Drum pembakaran.....	54
Gambar 37. Burner oli tampak atas.....	54
Gambar 38. Burner oli tampak samping	55
Gambar 39. Burner oli tampak bawah	55
Gambar 40. Kompor beserta komponen penyangga dan burner oli.....	56
Gambar 41. Proses uji kinerja	56
Gambar 42. Jenis sampah yang dipakai	57
Gambar 43. Proses menimbang berat sampah	57
Gambar 44. Proses sampah baru dimasukkan.....	58
Gambar 45. Api sudah mulai membesar	58
Gambar 46. Tampak luar insinerator.....	59
Gambar 47. Api pembakaran.....	59
Gambar 48. Sisa pembakaran yang dihasilkan dari 20 kg sampah	60
Gambar 49. Penampakan sisa pembakaran dari dalam drum	60

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Permasalahan sampah merupakan isu krusial yang dihadapi masyarakat modern, tak terkecuali di Bandar Lampung. Meningkatnya volume sampah domestik menjadi beban bagi pengelolaan sampah yang berpotensi menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan dan kesehatan masyarakat.

Sampah yang tidak dikelola dengan baik dapat menarik hewan pengerat, serangga, dan mikroorganisme penyebab penyakit, yang dapat menyebar kepada masyarakat terutama di daerah padat penduduk. Selain aspek kesehatan, dampak sosial juga terlihat, di mana lingkungan yang kotor dan tidak terawat dapat menurunkan kualitas hidup masyarakat serta kebersihan lingkungan suatu wilayah

Berdasarkan data BPS tahun 2023, rata-rata timbunan sampah di Bandar Lampung mencapai 1.283 ton per hari. Jumlah ini terus meningkat seiring dengan penambahan penduduk dan pola konsumsi masyarakat. Menurut data BPS, pada tahun 2020 terdapat 323.515 rumah tangga di Bandar Lampung yang rata-rata menghasilkan 4 kg sampah/hari. Sehingga setiap harinya kota Bandar Lampung akan menghasilkan sampah sebesar 1.283 ton.

Dampak dari pengolahan sampah ke Tempat Pembuangan Akhir (TPA) yang kurang terorganisasi dengan baik dapat menimbulkan berbagai masalah serius. Pertama, pencemaran lingkungan, di mana limbah yang dibuang sembarangan dapat mencemari tanah dengan bahan kimia berbahaya, serta mencemari sumber air tanah dan permukaan melalui air lindi (*leachate*) yang mengancam kualitas air yang digunakan oleh masyarakat. Kedua, dampak kesehatan muncul akibat sampah yang tidak dikelola dengan baik, menjadi pembakaran bagi hewan pengerat dan serangga yang dapat menyebarkan

penyakit menular, seperti demam berdarah dan leptospirosis. Pembakaran sampah yang tidak teratur juga menghasilkan asap beracun yang mencemari udara, berpotensi menyebabkan masalah pernapasan. Ketiga, dampak sosial terlihat dari penurunan kualitas hidup masyarakat akibat lingkungan yang kotor dan bau, yang juga dapat menurunkan nilai properti dan menciptakan stigma negatif terhadap wilayah tersebut.

Salah satu solusi untuk menangani masalah di atas adalah dengan penanganan minimalis yang terintegrasi. Salah satu inovasi yang bisa dikembangkan adalah penggunaan insinerator skala rumah tangga.

Insinerator merupakan alat pembakar sampah dengan suhu tinggi hingga menghasilkan abu dan gas. Proses pembakaran pada insinerator ini memanfaatkan oli yang dicampur dengan *pertalite*, di mana *pertalite* berfungsi untuk memantik percikan api agar oli dapat terbakar dengan efektif. Ketika oli terbakar, panas yang dihasilkan akan memanaskan tabung yang berisi air, sehingga menghasilkan uap (*steam*) yang keluar melalui *nozzle* di atas *burner* oli. Campuran api hasil pembakaran oli dan uap ini menghasilkan produk seperti karbon dioksida (CO_2) dan uap air (H_2O) yang berkontribusi pada peningkatan efisiensi pembakaran dan memperbesar massa api. Keunggulan alat ini yaitu pembuatannya menggunakan barang bekas, serta portabel.

Adanya insinerator ini diharapkan keberadaan sampah rumah tangga di masyarakat bisa di bakar hingga menjadi abu. Sehingga jika insinerator rumah tangga bisa dikembangkan penggunaannya maka sebagian sampah yang ada bisa tangani hingga mengurangi jumlahnya.

1.2 Rumusan Masalah

Bagaimana desain rancangan, proses merancang dan membuat alat insinerator pembakaran sampah skala rumah tangga yang efektif, efisien, aman, rendah polusi serta mudah ditangani, dikelola dan diperbaiki jika ada kerusakan.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah :

1. Mendesain dan membuat insinerator skala rumah tangga yang mudah ditangani, dikelola dan diperbaiki jika ada kerusakan.
2. Menguji kinerja insinerator hasil rancangan sesuai parameter yang digunakan.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian membuat insinerator pembakaran sampah adalah sebagai berikut :

1. Manfaat bagi Ilmu Pengetahuan, menambah referensi alat pembakar sampah.
2. Manfaat bagi masyarakat, efisiensi dalam pengelolaan sampah. Dalam penggunaannya, insinerator dapat mengolah sampah dengan lebih efisien dibandingkan dengan metode pengelolaan sampah konvensional seperti pembuangan ke TPA.
3. Manfaat bagi lingkungan, dengan mengurangi jumlah sampah yang menumpuk di tempat pembuangan akhir, insinerator dapat membantu mengurangi dampak negatif dari pencemaran tanah.
4. Manfaat bagi pengelola TPA, kontribusi pada pengelolaan sampah yang lebih efektif. Hasil penelitian ini dapat memberikan solusi alternatif dalam pengelolaan sampah yang lebih efektif dan ramah lingkungan di Indonesia.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian pembuatan insinerator pembakaran sampah adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini hanya berfokus pada perancangan dan pembangunan prototipe insinerator yang efektif dalam mengolah sampah rumah tangga.
2. Pengujian terhadap efektivitas dan keamanan insinerator hanya dilakukan dengan menggunakan sampah rumah tangga yang bersifat kering dan belum menggunakan sampah basah seperti buah-buahan.

3. Insinerator direncanakan memiliki kapasitas sebesar 20 kg sampah dalam satu kali pembakaran.
4. Difokuskan pada insinerator berskala rumah tangga.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Desain Insinerator

Rancang menurut Pressman (2007) adalah serangkaian proses penerjemahan hasil analisis sistem ke dalam bahasa pemrograman untuk menggambarkan secara rinci bagaimana komponen sistem diimplementasikan, sedangkan konstruksi adalah bagian aktif dari pembuatan sistem baru atau keseluruhan atau penggantian atau perbaikan sistem yang sudah ada.

Desain teknik adalah seluruh aktivitas untuk membangun dan mendefinisikan solusi bagi masalah yang sebelumnya telah dipecahkan namun dengan cara yang berbeda. Perancang teknik menggunakan kemampuan intelektual untuk mengaplikasikan pengetahuan ilmiah dan memastikan agar produknya sesuai dengan kebutuhan pasar serta spesifikasi disain produk yang disepakati, namun tetap dapat dipabrikasi dengan metode yang optimum. Aktivasi desain tidak dapat dikatakan selesai sebelum hasil akhir produk dapat dipergunakan dengan tingkat performa yang dapat diterima dan dengan metode kerja yang terdefinisi dengan jelas (Fauzan, 2013).

Insinerator adalah alat yang dirancang untuk membakar sampah, terutama limbah yang tidak dapat diurai dengan cara lain, dengan fungsi utama mengurangi volume sampah dan menghasilkan produk sampingan yang lebih kecil, seperti abu dan gas buang yang dapat diolah lebih lanjut. Insinerator terdiri dari beberapa komponen utama, seperti ruang bakar utama, ruang bakar kedua, dan ruang bakar akhir, di mana setiap ruang memiliki fungsi spesifik dalam proses pembakaran. Sistem pembakaran yang umum digunakan melibatkan *burner*, baik primary maupun secondary, untuk memastikan efisiensi dan efektivitas pembakaran.

Parameter penting dalam pembakaran mencakup suhu pembakaran, ketersediaan udara atau oksigen, serta bentuk ruang bakar dan ketebalan dinding incinerator, yang mempengaruhi suhu ruang bakar; ruang bakar berbentuk bulat dapat meningkatkan efisiensi suhu pembakaran. Pengujian percobaan sering dilakukan untuk mengetahui cara kerja insinerator, parameter uji, dan temperatur tertinggi yang dihasilkan, seperti pada sampah plastik kering dan daun kering, yang memberikan data tentang waktu pembakaran dan rendemen sisa pembakaran. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan untuk memodifikasi ruang chamber insinerator dengan melapisi isolator tahan api dan menggunakan cerobong asap dengan dimensi yang lebih besar untuk meningkatkan efisiensi suhu pembakaran dan mengurangi polusi udara (Lasmana, A., dkk, 2021).

2.2 Sampah Rumah Tangga

Sampah merupakan bahan tak terpakai yang dibuang dari hasil kegiatan manusia, maupun dari alam yang sifatnya tidak mempunyai nilai ekonomi. Istilah limbah seperti sampah rumah tangga dan industri yang berupa sampah organik dan juga sampah anorganik maupun sampah B3 (bahan beracun dan berbahaya). penelitian (Ratman & Syafrudin, 2007) dengan menganalisa pengolahan limbah B3 menggunakan insinerator. Metode pengurangan sampah atau limbah dapat dilakukan dengan cara 3R (Reuse, Recycle dan Reduce). Karena dengan cara 3R ialah paling tepat dalam mengatasi pengurangan sampah yang ada di kota maupun suatu wilayah karena dapat mengurangi timbulan sampah sebesar 15- 20% (Nurhayati, 2013).

Sampah rumah tangga adalah limbah yang dihasilkan dari aktivitas sehari-hari di dalam rumah, mencakup berbagai jenis material yang tidak lagi digunakan dan dibuang oleh penghuni rumah. Sampah ini dapat dibedakan menjadi beberapa jenis, yaitu sampah organik, anorganik, dan berbahaya. Sampah organik, seperti sisa makanan dan limbah biologis, dapat terurai secara alami dan biasanya memiliki bau yang menyengat jika dibiarkan terlalu lama; pengelolaannya dapat dilakukan dengan mengolahnya menjadi kompos. Sampah anorganik, yang meliputi kemasan plastik, botol kaca, dan kertas, tidak dapat terurai secara alami dan dapat didaur ulang untuk mengurangi jumlah sampah di tempat pembuangan

akhir. Sementara itu, sampah berbahaya, seperti baterai dan bahan kimia rumah tangga, memerlukan penanganan khusus karena dapat menimbulkan risiko bagi kesehatan manusia dan lingkungan. Sumber sampah rumah tangga berasal dari berbagai bagian rumah, seperti dapur, kamar mandi, ruang tamu, dan kamar tidur.

Menurut Purwanto (2017). Terdapat beberapa kategori dalam pemilahan sampah, yaitu sampah organik, sampah anorganik, sampah B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun), dan sampah medis. Berikut adalah penjelasan singkat mengenai setiap kategori sampah

Sampah organik adalah bahan yang dapat terurai secara alami seperti sisa makanan, daun, dan ranting. Sampah organik dapat diolah menjadi pupuk kompos dan energi alternatif seperti biogas. Sampah organik adalah jenis sampah yang paling banyak di buang oleh masyarakat, dimana sampah organik ini memiliki kandungan air yang tinggi sehingga cepat mengalami pembusukan. Ketika membusuk sampah organik menimbulkan bau busuk yang dapat menyebabkan pencemaran lingkungan dan menjadi sumber penyakit.

Sampah anorganik adalah bahan yang tidak dapat terurai secara alami seperti plastik, kaca, dan logam. Sampah anorganik dapat didaur ulang menjadi produk baru atau dibuang ke tempat pembuangan akhir. Sampah anorganik adalah sampah yang tidak diproduksi secara alami oleh makhluk hidup. sampah anorganik memerlukan waktu yang lama atau bahkan tidak dapat terdegradasi secara alami. Beberapa sampah anorganik diantaranya *styrofoam*, plastik, kaleng, dan bahan gelas atau beling. Salah satu pemanfaatan sampah anorganik adalah dengan cara proses daur ulang (*recycle*). Daur ulang merupakan upaya untuk mengolah pembakaran atau benda yang sudah tidak dipakai agar dapat dipakai kembali. Beberapa limbah anorganik yang dapat dimanfaatkan melalui proses daur ulang, misalnya plastik, gelas, logam, dan kertas (Marliani, 2015).

Sampah B3 adalah bahan yang mengandung zat berbahaya dan beracun seperti baterai, lampu neon, dan cat. Sampah B3 harus diolah dengan hati-hati agar tidak mencemari lingkungan.

Sampah medis adalah bahan yang dihasilkan oleh fasilitas kesehatan seperti rumah sakit dan klinik. Sampah medis harus diolah dengan hati-hati karena dapat menimbulkan risiko kesehatan bagi masyarakat.

2.3 Insinerator

Insinerator adalah alat yang digunakan untuk membakar sampah dengan suhu tinggi hingga menghasilkan abu dan gas. Proses pembakaran dilakukan dalam ruang tertutup yang dilengkapi dengan sistem pengendalian polusi udara agar emisi gas buang yang dihasilkan tidak mencemari lingkungan.

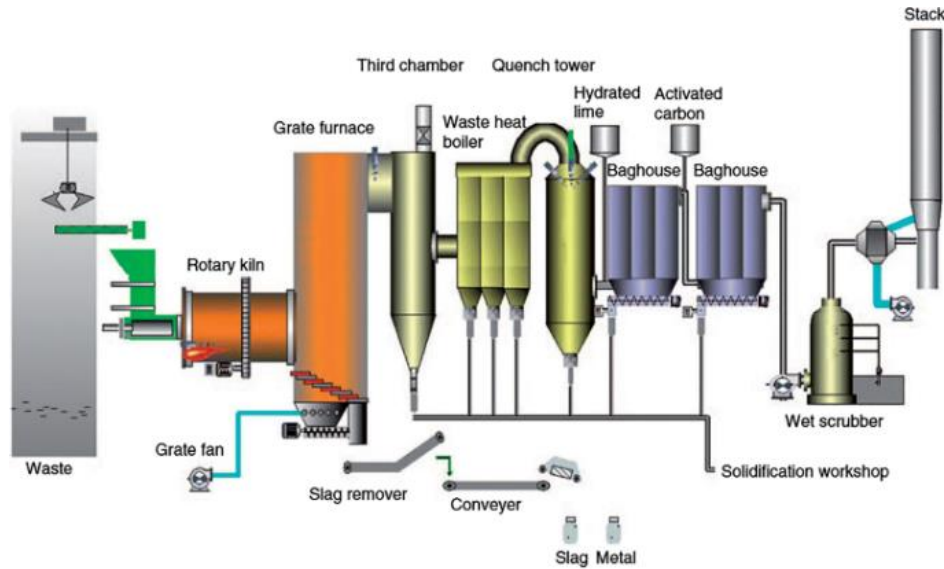
Dalam pengelolaan sampah, insinerator dapat digunakan sebagai salah satu alternatif pengolahan sampah selain dari tempat pembuangan akhir dan daur ulang. Namun, penggunaan insinerator juga memerlukan perhatian khusus dalam hal pengoperasian dan pemeliharaan agar tidak menimbulkan dampak negatif pada lingkungan dan kesehatan manusia. (Rahman *et al*, 2017)

Jenis-jenis insinerator yang paling umum digunakan untuk membakar limbah padat berbahaya adalah *rotary klin*, *multiple hearth*, *fluidized bed*, *open pit*, *single chamber*, *multiple chamber*, *aqueous waste injection*, dan *starved air unit*.

Dari semua jenis insinerator ini, *rotary kiln* memiliki keunggulan yaitu mampu mengolah limbah padat, cair dan gas pada saat yang bersamaan.

2.3.1. Insinerator Rotary Klin

Jenis ini memiliki kandungan air yang tinggi dan cocok untuk membakar limbah dalam jumlah yang cukup. Sistem insinerator ini berputar di *primary chamber* dengan tujuan membakar sampah secara merata. Proses pembakarannya sama dengan tipe statis, dan pembakaran terjadi dua kali di ruang bakar 1 (*primary chamber*) untuk limbah dan di ruang bakar 2 (*secondary chamber*) untuk sisa pembakaran yang tidak tuntas di *primar chamber* (Fadly, 2014).



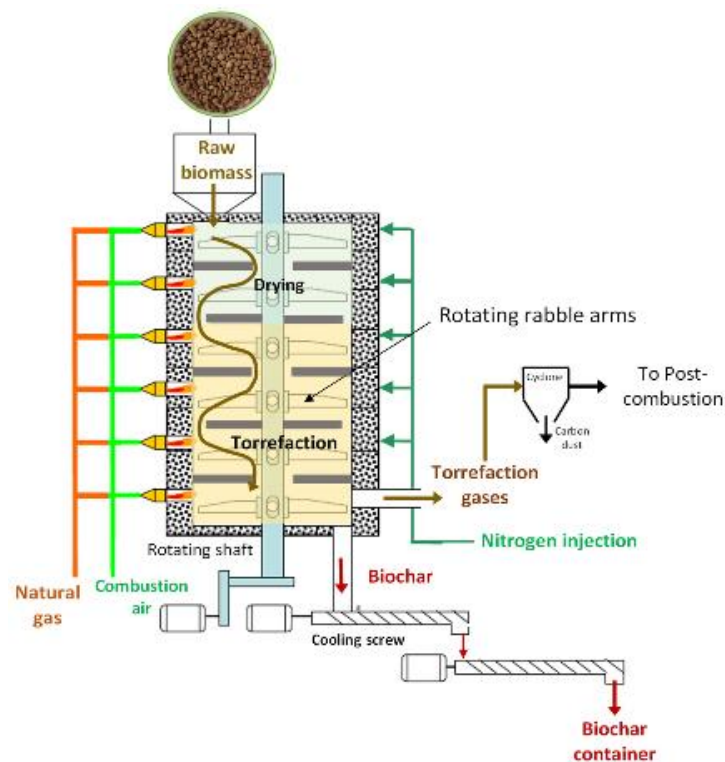
Gambar 1. *Insinerator rotary klin*

Keterangan :

1. *Grate Furnace*: Tempat awal di mana limbah dimasukkan dan dibakar. Proses ini menghasilkan panas yang diperlukan untuk mengolah limbah lebih lanjut.
2. *Rotary Kiln*: Ruang pemrosesan yang berputar, di mana limbah dibakar pada suhu tinggi. Proses ini membantu dalam mengurangi volume limbah dan menghancurkan bahan berbahaya.
3. *Third Chamber*: Ruang tambahan yang memungkinkan pemrosesan lebih lanjut dari gas buang, memastikan bahwa semua bahan berbahaya terdegradasi sebelum dilepaskan ke lingkungan.
4. *Quench Tower*: Menyediakan pendinginan untuk gas buang yang dihasilkan dari pembakaran, membantu mengondensasi uap dan menghilangkan partikel padat.
5. *Waste Heat Boiler*: Menggunakan panas yang dihasilkan selama pembakaran untuk menghasilkan uap, yang dapat digunakan untuk menghasilkan energi.
6. *Baghouse*: Sistem filtrasi yang digunakan untuk menangkap partikel halus dari gas buang sebelum dibuang ke atmosfer.
7. *Activated Carbon*: Digunakan untuk menyerap bahan kimia berbahaya yang mungkin masih ada dalam gas buang, meningkatkan kualitas udara yang dihasilkan.

8. *Wet Scrubber*: Alat yang digunakan untuk menghilangkan polutan dari gas buang dengan cara menyemprotkan air atau larutan kimia.
9. *Hydrated Lime*: Digunakan dalam proses untuk menetralkan asam dan mengikat logam berat, membantu dalam mengurangi pencemaran.
10. *Slag Remover* dan *Conveyor*: Sistem untuk mengeluarkan residu padat (slag) yang dihasilkan dari proses pembakaran dan memindahkannya ke tempat pengolahan lebih lanjut.
11. *Solidification Workshop*: Tempat di mana limbah berbahaya yang telah diproses diubah menjadi bentuk padat untuk pembuangan yang aman.
12. *Stack*: Saluran pembuangan akhir untuk gas yang telah diproses, yang mengeluarkan gas bersih ke atmosfer.

2.3.2. Multiple Hearth Insinerator



Gambar 2. Multiple hearth insinerator

Keterangan :

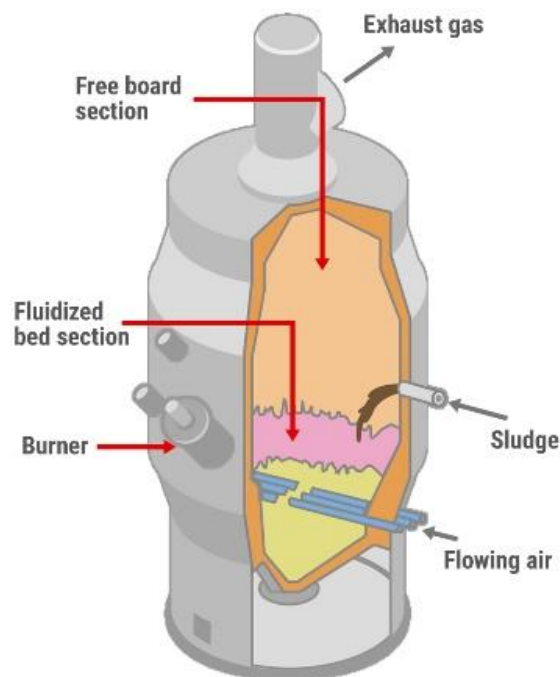
1. *Raw Biomass*: Bahan baku yang digunakan dalam proses ini, biasanya berupa limbah organik dari tanaman atau sumber biomassa lainnya.
2. *Drying*: Proses awal di mana biomassa dikeringkan untuk mengurangi kadar air sebelum masuk ke tahap torrefaksi. Pengurangan kadar air penting untuk efisiensi proses selanjutnya.
3. *Torrefaction*: Proses pemanasan biomassa pada suhu tinggi (biasanya antara 200-300°C) dalam kondisi anaerobik (tanpa oksigen). Selama proses ini, biomassa mengalami dekomposisi termal, menghasilkan gas torrefaksi dan biochar.
4. *Rotating Rabble Arms*: Bagian dari sistem yang berfungsi untuk mengaduk dan menggerakkan biomassa selama proses torrefaksi, memastikan pemanasan yang merata.
5. *Nitrogen Injection*: Nitrogen disuntikkan ke dalam sistem untuk menciptakan atmosfer yang inert, mengurangi risiko pembakaran dan memastikan proses torrefaksi berjalan dengan baik.
6. *Torrefaction Gases*: Gas yang dihasilkan selama proses torrefaksi. Gas ini dapat digunakan untuk menghasilkan energi atau diolah lebih lanjut.
7. *Cooling Screw*: Sistem pendinginan yang digunakan untuk mendinginkan biochar setelah proses torrefaksi, sebelum dipindahkan ke wadah penyimpanan.
8. *Biochar*: Produk akhir dari proses torrefaksi, biochar adalah bahan yang kaya karbon dan dapat digunakan sebagai pupuk, untuk meningkatkan kualitas tanah, dan mengurangi emisi karbon dioksida ke atmosfer.
9. *Biochar Container*: Tempat penyimpanan untuk biochar yang telah diproduksi, siap untuk didistribusikan atau digunakan.
10. *Natural Gas dan Combustion Air*: Sumber energi yang digunakan untuk memanaskan proses torrefaksi, memastikan bahwa suhu yang diperlukan tercapai.

Multiple hearth insinerator, yang telah digunakan sejak pertengahan 1900-an, terdiri dari rangka baja tahan api dengan serangkaian tungku yang disusun secara vertikal, biasanya berjumlah 5-8 tungku, *shaft rabble arms* beserta *rabble teeth*-nya dengan kecepatan putaran 3/4 hingga 2 rpm. Pasokan limbah terus menerus dari atas tungku dan abu dari proses pembakaran dikeluarkan melalui silo. *Burner*

dipasang di sisi dinding tungku tempat terjadinya pembakaran. Udara disuplai dari bawah dan sampah dipasok dari atas (Fadly, 2014).

2.3.3. *Fluized Bed Insinerator*

Fluized bed insinerator adalah Tungku pembakaran yang menggunakan media pengaduk pasir seperti pasir kuarsa atau silika untuk mencampurkan udara dan butiran pair secara merata. Pencampuran yang konstan antara partikel mendorong perpindahan panas yang sangat cepat dan pembakaran sempurna. *Fluized bed insinerator* berbentuk vertikal dan silindris, dengan rangka baja dilapisi dengan bahan tahan api dan termasuk alas pasir (Sunbud) dan distributor untuk *fluidisasi* udara. *Fluized bed insinerator* biasanya tersedia dengan diameter 9-34 ft.



Gambar 3. *Fluized bed insinerator*

Keterangan :

1. Exhaust Gas: Gas buang yang dihasilkan dari proses pembakaran, yang perlu diolah lebih lanjut untuk mengurangi emisi berbahaya sebelum dilepaskan ke atmosfer.

2. Free Board Section: Bagian atas reaktor di mana gas buang dan partikel yang tidak terbakar dapat bergerak. Di sini, gas dapat mengalami pemisahan dari partikel padat.
3. Fluidized Bed Section: Bagian utama reaktor di mana limbah dicampur dengan partikel inert (biasanya pasir atau material lain) dan dihangatkan. Proses ini memungkinkan pembakaran yang efisien dan merata.
4. *Burner*: Sumber panas yang digunakan untuk memulai dan mempertahankan proses pembakaran. *Burner* ini menginjeksikan bahan bakar dan udara untuk menghasilkan nyala api yang diperlukan.
5. Flowing Air: Udara yang mengalir ke dalam reaktor untuk mendukung proses pembakaran. Aliran udara yang tepat sangat penting untuk memastikan pembakaran yang efisien.
6. Sludge: Sisa-sisa padat yang dihasilkan dari proses pembakaran. Biasanya, sludge ini harus dikelola dan diproses lebih lanjut untuk mengurangi dampak lingkungan.

Teknologi pembakaran *fluidized bed insinerator* merupakan salah satu desain alternatif untuk pembakaran limbah padat. Kami berharap pasir akan ditempatkan di distributor dalam bentuk kisi logam yang dilapisi dengan bahan tahan api. *Grid* berisi nosel tiup atau pelat berpori *tuyere* yang memungkinkan udara mengalir kerang bakar untuk memfluidisasi penyebaran dan tumbuh hingga dua kali volume sebelumnya. *Fluidisasi* meningkatkan laju pencampuran dan turbulensi, dan perpindahan panas yang terjadi. Bahan bakar tambahan digunakan selama pemanasan awal untuk memanaskan ekspansi ke suhu operasi sekitar 750-900 °C, memungkinkan pembakaran dipertahankan pada suhu konstan. Beberapa peralatan menggunakan sistem semprotan air untuk mengontrol suhu rang bakar (Fadly, 2014).

2.4 Proses Pembakaran

Proses pembakaran pada insinerator ini memanfaatkan oli yang dicampur dengan *pertalite*. Fungsi *pertalite* adalah untuk memantik percikan api agar oli dapat terbakar. Selanjutnya, oli yang terbakar akan memanaskan tabung air yang berisi

air, sehingga menghasilkan uap (*steam*) yang keluar melalui *nozzle* di atas *burner* oli. Campuran api hasil pembakaran oli dan uap ini menghasilkan senyawa yang mampu memperbesar massa api, seperti karbon dioksida (CO₂) dan uap air (H₂O), yang berkontribusi pada peningkatan efisiensi pembakaran.

Pembakaran di ruang terbuka bisa menyebabkan pembakaran yang tidak terkontrol dan juga bisa mengakibatkan gangguan pada lingkungan sekitar adapun faktor yang mempunyai peranan penting dalam insinerasi ialah temperatur dan lama pembakaran sampah (Latief, 2010). Permasalahan tersebut umumnya sering dilakukan oleh kalangan masyarakat karena merasa terganggu dengan sampah yang tertimbun dan juga memakai tempat. Solusi dalam penanganan sampah tersebut berupa pembakaran dengan menggunakan alat atau instalasi alat pembakar sampah mini insinerator (Margono dan Rahardjo, 2011) melakukan penelitian rancang bangun insinerator untuk tungku pembakaran sampah radio aktif.

Penggunaan alat tersebut dapat mengurangi dampak negatif dari proses pembakaran seperti asap, bau, radiasi dan panas juga upaya pemanfaatan energi panas hasil dari pembakaran sampah tersebut. Suhu yang dapat dihasilkan pada pembakaran insinerator mencapai 500°C - 1000°C sehingga sampah menjadi abu. Dari hasil penelitian sebelumnya mengenai insinerator ini terdapat dua ruang bakar yaitu ruang bakar tingkat kedua dan ruang bakar utama. Ruang bakar utama suhu mencapai 8000°C - 1.0000°C dengan menggunakan uap air. Sedangkan di ruang bakar tingkat kedua suhu mencapai 1100°C. Insinerator ini memerlukan energi besar karena *burner* yang dipakai dalam pengoperasiannya selalu dinyalakan (*steady*) sehingga memakai bahan bakar yang banyak (Kurdi, 2017) juga dari penelitian (Sumingkrat *et al*, 2014) yang mengelola limbah cair dengan limbah padat abu dari hasil pembakaran insinerator.

Menurut Supriyanto (2007). Dapat diketahui kecepatan udaranya pengaruhnya ke pembakaran oli bekas juga minyak jelantah pada rasio bahan bakar dan udara. Panas hasil dari pembakaran ini energinya dimanfaatkan untuk meleburkan alumunium. Pembakarannya menggunakan air dengan campuran 70% bahan bakar dan 30 % oli bekas. Pada saat pengujiannya, warna api dan panjang api

dilihat lalu diamati secara visual lalu diukur ketika temperatur nyala stabil dan diukur. Energi dari penggunaan oli bekas untuk peleburan aluminium dilihat dari temperatur di tungku peleburan lalu konsumsi dari bahan bakar serta waktu dari aluminium tersebut dapat mencair. (Raharjo, 2009)

2.5 Faktor yang Mempengaruhi Proses Insinerasi

Ada beberapa hal yang mempengaruhi proses insinerasi, yaitu:

2.5.1. Komposisi atau Jenis Limbah

Limbah klinis terdiri dari berbagai macam bahan, seperti plastik, kertas, tekstil, dan peralatan medis. Masing-masing bahan memiliki nilai kalor dan tingkat kesulitan pembakaran yang berbeda. Komposisi bahan yang beragam dalam satu kali proses pembakaran dapat menyebabkan fluktuasi temperatur dan emisi gas buang. Limbah klinis dengan kandungan air yang tinggi membutuhkan waktu dan energi yang lebih banyak untuk dibakar. Hal ini dapat menurunkan efisiensi insinerasi dan meningkatkan emisi gas buang.



Gambar 4. Sampah yang digunakan

Jenis-jenis sampah yang digunakan dalam penelitian ini meliputi kertas kotak nasi, styrofoam, sisa makanan, nanas busuk, plastik, botol bekas minuman, dan tulang ayam.

2.5.2. Waktu Insinerasi

Semakin lama waktu pembakaran, semakin banyak material yang terbakar dan semakin sedikit abu yang dihasilkan. Waktu insinerasi yang optimal harus ditentukan berdasarkan jenis dan komposisi limbah. Insinerasi limbah klinis umumnya dilakukan dalam beberapa tahap pembakaran dengan temperatur yang berbeda. Pengaturan waktu pada setiap tahap pembakaran penting untuk memastikan pembakaran yang sempurna dan meminimalkan emisi gas berbahaya.

2.5.3. Temperatur

Temperatur yang tinggi (minimal 800°C) diperlukan untuk menghancurkan mikroorganisme patogen dan senyawa organik berbahaya dalam limbah klinis. Temperatur yang terlalu rendah dapat menghasilkan pembakaran tidak sempurna dan emisi gas beracun. Fluktuasi temperatur selama proses insinerasi dapat mengganggu proses pembakaran dan menghasilkan emisi gas yang tidak konsisten. Sistem kontrol temperatur yang handal diperlukan untuk menjaga temperatur yang stabil.

2.5.4. Berat Limbah

Jumlah limbah yang dibakar per unit waktu mempengaruhi efisiensi insinerasi dan emisi gas buang. Kapasitas insinerator harus sesuai dengan jumlah limbah yang dihasilkan. Kepadatan limbah mempengaruhi waktu pembakaran dan emisi gas buang. Limbah dengan kepadatan tinggi membutuhkan waktu pembakaran yang lebih lama dan menghasilkan emisi gas buang yang lebih banyak.

2.6 Kinerja Insinerator yang Baik

Parameter kinerja insinerator yang diukur dengan kinerjanya ditentukan berdasarkan analisis kinerja alat. Analisis uji kerja insinerator menurut (Dwi, 2017).

2.7 Oli Bekas

Oli bekas adalah limbah yang dihasilkan dari proses pelumasan mesin, baik dari kendaraan bermotor maupun mesin industri. Oli ini mengandung berbagai zat berbahaya, termasuk logam berat dan senyawa organik yang dapat mencemari lingkungan jika tidak dikelola dengan baik (Hassan *et al.*, 2020). Karakteristik fisik dan kimia oli bekas berbeda dibandingkan dengan oli baru, dengan kandungan energi yang cukup tinggi, mencapai 30.000 - 40.000 kJ/kg, tergantung pada jenis dan tingkat kontaminasi (Sari dan Yulianto, 2021).

Penggunaan oli bekas sebagai bahan bakar insinerator memberikan beberapa keuntungan, antara lain pengurangan limbah dan pemanfaatan sumber energi alternatif yang lebih murah dibandingkan dengan bahan bakar fosil (Pratama *et al.*, 2019). Namun, ada pula kerugian yang perlu diperhatikan, seperti emisi berbahaya yang dihasilkan dari pembakaran dan kemungkinan pembentukan residu berbahaya (Rahman, 2022). Beberapa penelitian telah menunjukkan bahwa dengan pengaturan suhu dan rasio campuran yang tepat, emisi dapat diminimalkan (Wati *et al.*, 2023).

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan pada bulan Maret 2024 – Juni 2024, di Laboratorium Daya Alat Mesin Pertanian, Jurusan Teknik Pertanian, Universitas Lampung, Bandar Lampung.

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan penelitian ini adalah kunci pas, las listrik, gerinda, penggaris siku, *termometer*, karung, dan timbangan, *Excel*, kamera, dan alat tulis.

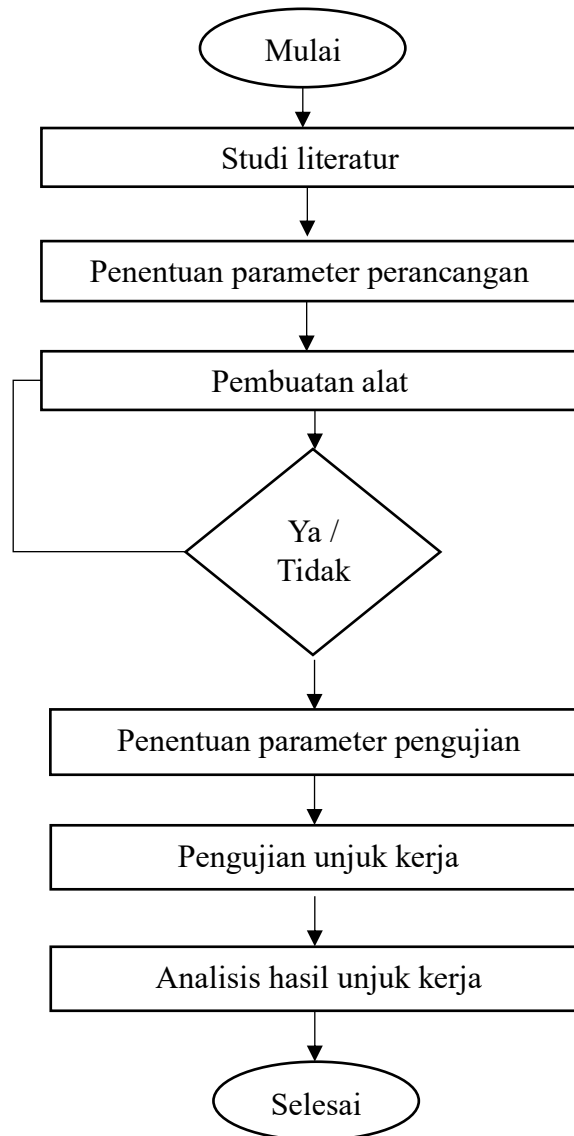
Sedangkan, bahan yang digunakan di antaranya mata potong gerinda ukuran kecil, besi siku, besi pipa berdiameter 1,5 cm, besi silinder 35 cm, besi plat, mur, baut, elektroda, *pertalite*, oli bekas, dan sampah.

3.3 Prosedur Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode deskriptif, yaitu suatu metode untuk menggambarkan dan menganalisis data serta informasi hasil suatu kajian (Sugiono, 2018). Rancangan didesain menggunakan *software* AutoCAD. Setelah itu, mesin diuji kinerjanya dengan melakukan empat pengulangan, di mana setiap pengulangan memasukkan sampah rumah tangga sebanyak 5 kg setiap 5 menit. Selanjutnya, hasil pengujian akan dibahas pada subbab pengujian mesin. Pengamatan dan pengolahan data dilakukan setelah mesin selesai diuji.

3.4 Metode Perancangan

Penelitian ini menggunakan menerapkan kriteria desain, perancangan, perakitan, uji kinerja alat, dan pengolahan data pada hasil pada alat pelaksanaan dilakukan sesuai dengan kinerja mesin hasil rancangan sesuai dengan diagram alir berikut.



Gambar 5. Diagram alir perancangan

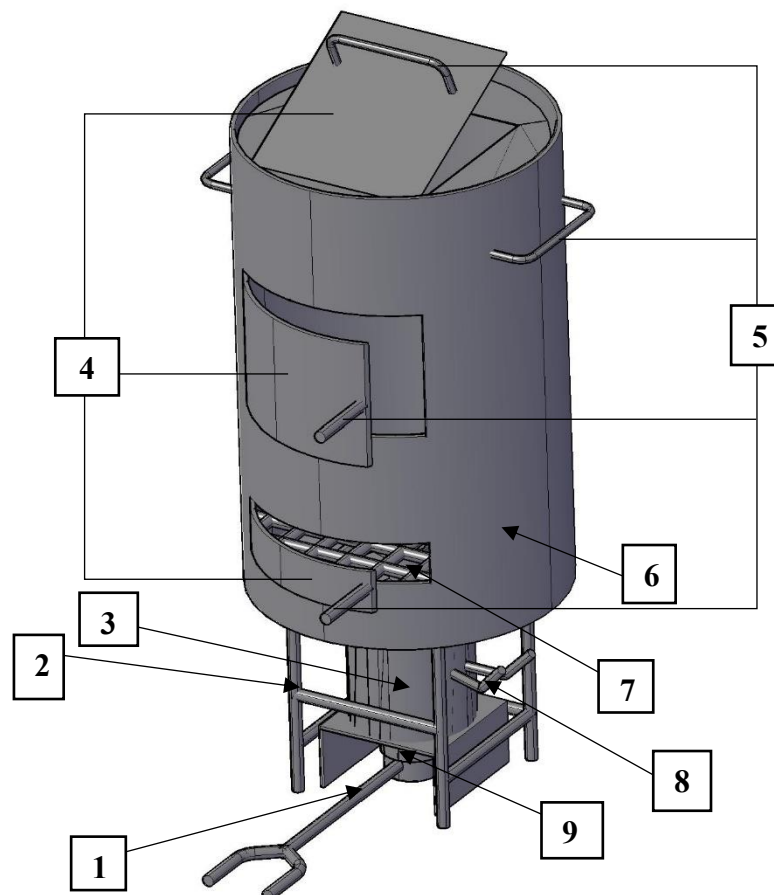
3.4.1 Rancangan Fungsional

Rancangan fungsional menjelaskan tentang fungsi dari masing-masing komponen penyusun insinerator. Sehingga pada rancangan mesin dapat menentukan bahan apa saja yang akan di gunakan agar mesin akan berfungsi secara optimal.

Tabel 3.1 Fungsi bagian insinerator

No.	Nama Bagian	Fungsi
1.	Pipa keluaran api	Pipa pengapian pada insinerator berfungsi untuk menyediakan saluran pengapian yang aman dan terkendali untuk memulai proses pembakaran.
2.	Tabung air	Tabung air digunakan untuk memasak air dengan cara memanaskan air di dalam tabung tersebut. Ketika air dipanaskan, uap air akan dihasilkan, dan jika tabung air tersebut terhubung ke tungku atau kompor, uap air yang dihasilkan dapat memperbesar api dengan cara memberikan tambahan oksigen.
3.	<i>Burner</i> oli	Wadah pencampuran oli dengan <i>pertalite</i> untuk menciptakan api pada ruang api
4.	Pipa uap	Untuk membawa uap dengan tekanan tinggi ke bawah insinerator atau ke atas <i>burner</i> oli
5.	Pipa air masuk	Sebagai tempat memasukkan air ke dalam tabung, dan menjaga tinggi air pada dalam tabung.
6.	Ring ruang pembakaran	Untuk menjaga masuknya O_2 dalam ruang pembakaran sehingga pembakaran menjadi sempurna
7.	Nozzle	Tempat keluarnya uap
8.	Drum Pembakaran	Tempat pembakaran sampah

3.4.3 Rancangan Struktural



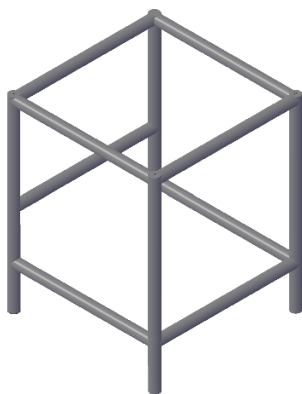
Gambar 6. Mekanisme insinerator

Tabel 3.2 Keterangan komponen insinerator

No.	Komponen	Keterangan
1.	<i>Burner oli</i>	<i>Burner oli</i> berbentuk seperti mangkuk, dengan diameter 10 cm dan tinggi 5 cm. Untuk memaksimalkan penggunaan <i>burner</i> berkapasitas 131 ml, ditambahkan gagang atau tongkat pegangan sepanjang 39 cm serta <i>handgrip</i> berbentuk seperti ujung garpu dengan masing-masing memiliki panjang 17,5 cm. Berbahan dasar besi padat.

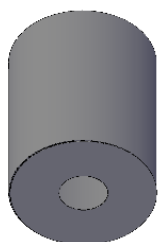


2. Penyangga drum



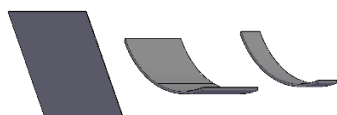
Sebagai penopang drum pembakaran berbahan dasar behel padat. Penyangga ini berbentuk persegi bila dilihat dari atas, dengan masing-masing sisi memiliki panjang 30 cm, penyangga ini memiliki tinggi 39 cm. Lalu di setiap sisi, ditambahkan behel tambahan, guna memperkuat struktur dengan memiliki masing-masing panjang 30 cm.

3. Tabung air



Tabung air berbentuk silinder, dengan diameter 22,5 cm dan tinggi 28 cm dengan ketebalan 1 mm. Bagian dalam ada ruang untuk keluaran api berdiameter 7,5 cm, dan dalam tabung air juga terdapat pipa masukan uap, serta ada dua titik lubang masukan air.

4. Pintu drum

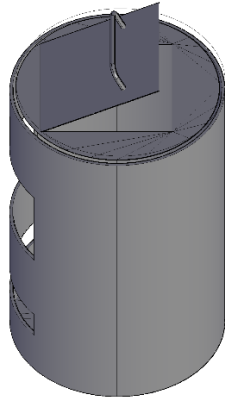


Terdapat tiga pintu pada drum yaitu; pintu atas, pintu badan dan pintu bawah, berbahan dasar plat drum atau kaleng.

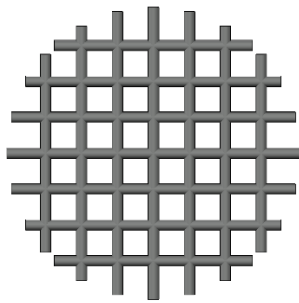
5. Pegangan drum



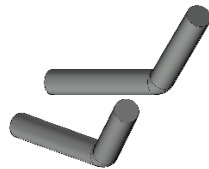
Terdapat empat pintu drum yaitu; pegangan pintu atas, dua pegangan drum, pegangan pintu badan drum dan pegangan pintu bawah drum, berbahan dasar behel besi padat. Pintu atas dibuat pegangan berbentuk u dengan dimensi panjang 15 cm dan tinggi 6 cm, pada pintu bagian badan dan bawah badan juga dibuat gagang berbahan dari behel besi berbentuk lurus dengan ukuran 7 cm.

6. Drum pembakaran

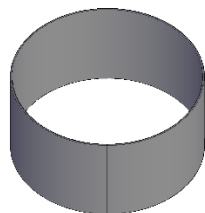
Sebagai tempat pembakaran sampah dan terdapat filter sisa pembakaran di dalamnya, drum pembakaran berbahan dasar kaleng dengan diameter 58,5 cm dan tinggi total 89 cm.

7. Filter pembakaran

Bagian ini terdapat pada dalam drum pembakaran berbahan dasar behel besi padat dengan ukuran 7x7 cm pada lebar kotaknya.

8. Pipa masukan air

Terdapat dua pipa keluaran api dan pada ujung pipa terdapat mur serta baut sebagai penutup pipa. Bagian ini terletak pada bagian luar dari tabung air dengan total panjang 14 cm dengan sudut 45°

9. Ring Ruang Pembakaran

Ring ruang pembakaran adalah komponen yang bertugas sebagai penjaga api, memastikan agar api tetap terkonsentrasi di dalam ruang pembakaran dan mencegahnya dari keluar ke area sekitarnya. Fungsinya adalah untuk menjaga keamanan dan efisiensi proses pembakaran di dalam insinerator.

3.4.4 Uji kinerja

Uji kinerja (*performance testing*) adalah proses pengujian yang digunakan untuk mengevaluasi kinerja dari masing-masing komponen insinerator saat dioperasikan. Tujuan dari uji kinerja adalah untuk mengukur respons masing-masing komponen agar fungsi insinerator yang dibuat sesuai dengan standar yang ditetapkan dari awal.

Dalam pengujian kinerja insinerator ini, parameter-parameter yang diukur meliputi suhu, sisa pembakaran, dan laju pembakaran. Parameter-parameter ini penting untuk mengevaluasi efisiensi dan kinerja insinerator yang telah dibuat.

a. Pengukuran Suhu

Pengukuran suhu dijadikan parameter dalam uji kinerja insinerator karena suhu sangat penting dalam proses pembakaran dan pengolahan sampah. Suhu yang tepat memungkinkan pembakaran yang efektif dan efisien, meminimalkan konsumsi energi dan meningkatkan efisiensi operasional insinerator. Suhu yang optimal memungkinkan terjadinya kesesuaian pembuatan di insinerator, yang dapat digunakan sebagai sumber energi yang lebih efisien. Selain itu, pengukuran suhu membantu memantau kondisi komponen insinerator dan mencegah kerusakan, serta memungkinkan perbaikan dan penyesuaian yang tepat untuk meningkatkan kinerja insinerator secara akurat. Dengan demikian, pengukuran suhu dijadikan parameter penting dalam uji kinerja insinerator untuk memastikan bahwa proses pembakaran berjalan dengan efektif, efisien, dan aman (Dwi, 2020).

Ketika bahan bakar, oksigen, dan sumber panas bertemu, maka terjadi reaksi oksidasi yang menghasilkan panas, cahaya, dan berbagai hasil reaksi kimia lainnya. Proses ini dapat digambarkan dengan reaksi kimia sederhana:

Bahan Bakar Oli + O_2 + Api \rightarrow Asap + Gas + Panas
 Bahan Bakar Oli + O_2 + Api
 \rightarrow Asap + Gas + Api

Dalam kondisi ideal, ketika ketiga unsur ini ada dan berinteraksi, maka akan terjadi pembakaran sempurna yang menghasilkan nyala api yang stabil dan berenergi tinggi (Pusdiklatkar, 2006).

Tabel 3.3 Pengukuran Suhu

No	Waktu (Menit)	Suhu (°C)
1.	0	...
2.	5	...
3.	10	...
4.	15	...

b. Laju Pembakaran

Parameter yang diukur untuk laju pembakaran adalah massa limbah dan lama pembakaran. Laju pembakaran dihitung dengan merata-rata 4 kali pengulangan pada 4 kali masukan, masing-masing masukan sebanyak 5 kg lalu membandingkan berat sampah yang dibakar dengan lamanya proses pembakaran. Rumus ini menghitung laju pembakaran (Almu dkk., 2014).

$$Lp = \frac{m}{t} \left(\frac{kg}{jam} \right) \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan

Lp : laju pembakaran (kg/jam)

m : massa sampah yang dibakar (kg)

t : waktu proses pembakaran (jam)

c. Sisa Pembakaran

Sisa pembakaran digunakan untuk mengetahui kesempurnaan proses pembakaran. Parameter yang diukur untuk menganalisis Sisa pembakaran adalah massa sisa hasil pembakaran dan massa limbah yang dibakar. Nilai Sisa pembakaran dihitung dengan perbandingan massa Sisa dengan massa sampah (Pane dan Hamzah, 2018).

$$Sisa\ pembakaran\ (\%) = \frac{massa\ sisa\ pembakaran}{massa\ sampah} \times 100\% \dots\dots\dots(2)$$

V. KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan pada penelitian ini adalah:

1. Insinerator ini memiliki performa yang baik dalam berbagai aspek. Dari segi kapasitas alat, insinerator mampu membakar 20 kg sampah, total konsumsi bahan bakar mencapai 53,75 ml dan sisa bahan bakar yaitu 76,25 ml. Dengan perhitungan ini, efisiensi penggunaan bahan bakar dapat dihitung sebagai 2,69 ml/kg. Penggunaan campuran oli dan *pertalite* sebagai bahan bakar memberikan pembakaran yang lebih baik dibandingkan menggunakan oli atau *pertalite* saja secara terpisah. Waktu pembakaran untuk 20 kg sampah adalah 66 menit, menunjukkan bahwa insinerator ini mampu mengolah sampah dalam jumlah besar meskipun dengan kecepatan yang relatif lambat.
2. Segi kinerja insinerator, laju suhu mengalami fluktuasi namun masih dalam batas normal dan tidak mengganggu kinerja. Kapasitas pembakaran 18,18 kg/jam dan konsumsi bahan bakar 2,69 ml/kg, efisiensi termal insinerator ini sekitar 85-90%. Angka ini cukup baik, menunjukkan bahwa insinerator memanfaatkan energi bahan bakar secara optimal untuk membakar sampah, meskipun ada ruang untuk peningkatan efisiensi..

5.2 Saran

Saran pada penelitian selanjutnya adalah:

1. Melakukan kajian lebih lanjut untuk mengoptimalkan desain insinerator, seperti modifikasi memperbesar dimensi drum pembakaran.

2. Mengevaluasi dan memperbaiki sistem kontrol suhu dan aliran udara untuk menjaga stabilitas proses pembakaran.
3. Melakukan uji kinerja insinerator dengan berbagai jenis dan komposisi sampah, seperti sampah organik, plastik, kertas, dan lain-lain. Hal ini akan membantu mengidentifikasi kelebihan dan kekurangan insinerator dalam membakar berbagai jenis sampah.
4. Melakukan analisis biaya operasional dan pemeliharaan insinerator untuk menilai kelayakan ekonominya.

DAFTAR PUSTAKA

- Arinih, C. 2019. Efisiensi Pembakaran Sampah Organik Dan Analisis Kualitas Limbah Yang Dihasilkan Alat Pembakar Sampah Tanpa Asap. *Jurnal Teknik Lingkungan*. Vol. 01, No. 01.
- Asri, S. K., & Julisman, I. 2022. Pengaruh citra merek dan kualitas produk Philips terhadap minat beli konsumen pada Yogya Grand Majalengka. *Jurnal Impresi Indonesia (JII)*, 1(3), 1-10.
- Badan Pusat Statistik. (2023). *Timbulan Sampah Menurut Provinsi di Indonesia*. Diakses dari <https://sipsn.menlhk.go.id/>
- Badan Pusat Statistik Kota Bandar Lampung. (2023). *Timbulan Sampah di Kota Bandar Lampung*. Diakses dari <https://bandarlampungkota.bps.go.id/>
- Badan Pusat Statistik. (2020). *Statistik Indonesia 2020*. Diakses dari <https://www.bps.go.id/>
- Badan Pusat Statistik Kota Bandar Lampung. (2020). *Jumlah Rumah Tangga di Kota Bandar Lampung*. Diakses dari <https://bandarlampungkota.bps.go.id/>
- Badan Standardisasi Nasional, SNI 19-2454-2002 Tata Cara Teknik Operasional Pengelolaan Sampah Perkotaan
- Damanhuri, Enri. Padi, Tri. 2016. *Pengelolaan Sampah Terpadu*. Bandung:ITB
- Dwi Mardhia, N. T. 2020. *Pendampingan Pengolahan Sampah Menggunakan Alat Pembakar Sampah Tanpa Asap*. Vol. 3 No. 4, 233-239.
- Eka, P., dan Prakoso, B. 2015. Insinerator. *Jurnal Ilmu Teknologi Lingkungan*, 1, 6-27.

- Ekawandani, N., dan Kusuma, A. A. 2018. *Pengomposan sampah organik (kubis dan kulit pisang) dengan menggunakan EM4*. Politeknik TEDC Bandung.
- Erna H., M. H. 2012. Pengaruh Temperatur Pembakaran Dan Penambahan Abu Terhadap Kualitas Batu Bata. *Jurnal Neutrino*.
- Firmansyah, M. I. R., & Junaidi, M. 2021. *Rancang Bangun Cerobong Dengan Sistem Air Pollution Control Pada Incinerator Pltsa*. Vol. 16, No. 3, 345-352.
- Hassan, M., Ali, A., & Rahman, S. 2020. *Environmental Impact of Used Oil Disposal: A Review*. *Journal of Environmental Management*, 250, 109-117.
- Hermansyah, M. S. 2017. Rancang Bangun Insinerator Dua Tahap. *Jft*. No.1, Vol. 4, 38-48.
- Junaidi, K., Kurniawan, & Lasmana. 2021. Analisis Laju Aliran Udara Dan Laju Aliran Massa Bahan Bakar Terhadap Beban Pembakaran Sampah Pada Incinerator Berbahan Bakar Limbah Oli. Vol. 5, No. 1, 2021: 17-23.
- Kahfi, A. 2017. Tinjauan Terhadap Pengelolaan Sampah. Universitas Islam Negeri (UIN) Alauddin Makassar.
- Lasmana, A., Junaidi, & Kurniawan, E. 2021. Rancang Bangun Alat Pembakar Sampah (Incinerator) Dengan *Burner* Oli Bekas. *JTRAIN: Jurnal Teknologi Rekayasa Teknik Mesin*, 2(1), 35-40.
- Margono, dan Rahardjo, H. P. 2011. Rancang Bangun Prototipe Tungku Pembakar Sampah Radioaktif. *Jurnal Perangkat Nuklir* Vol 5, 1-8.
- Nurhayati, I., dan Triastuti, S. A. 2011. Pengolahan Sampah Medis Jarum RS. DR. Sutomo Surabaya Dengan Incenerator Modifikasi. *WAKTU*, 9(1), 25-33.
- Pratama, R., Setiawan, A., dan Hidayati, N. 2019. *Utilization of Waste Oil as an Alternative Fuel in Incinerators*. *Waste Management Journal*, 45, 123-130.
- Putri, M., Fikri, M., dan Hermawan, K. 2015. *Studi Terhadap Faktor-faktor yang Mempengaruhi Pemusnahan Limbah Medis Menggunakan Incinerator*

- Statis RSUD Dr.R Soetijono Blora Jawa Tengah. Ilmu Kesehatan Lingkungan*, 2(1), 23-29.
- Raharjo, W. P. 2009. Pemanfaatan Oli Bekas Dengan Pencampuran Minyak Tanah Sebagai Bahan Bakar Pada Automizing *Burner*. *Publikasi Ilmiah*. 10; 2; 2.
- Rahman, F. (2022). *Emission Analysis of Incinerators Using Waste Oil*. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(3), 2345-2356.
- Rhohman, Fatkur dan M. Muslimin Ilham. 2019. *Analisa dan Evaluasi Rancang Bangun Insinerator Sederhana dalam Mengelola Sampah Rumah Tangga*. Universitas Nusantara PGRI Kediri. Kediri
- Rudi Hartono. 2008. *Penanganan dan Pengolahan Sampah*. Bogor : TPS
- Sari, D., dan Yulianto, A. 2021. *Characterization of Used Oil as Alternative Fuel*. *International Journal of Renewable Energy Research*, 11(2), 1025-1032.
- Subekti, S., dan Budi, P. 2020. Pembakar Sampah Rendah Emisi Dengan Air Sebagai Filtrasi. Vol 6 No 2, 1-10.
- Sugiyono. 2018. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Suprihatin, dan Hasti. 2018. *Efektifitas Insinerator Untuk Pembakaran Sampah Medis di RSUD Kota ABC*. Institut Teknologi Pembangunan Surabaya. Surabaya.
- Wati, R., Sari, M., dan Nurhidayati, D. 2023. *Optimization of Used Oil Combustion in Incinerators*. *Journal of Cleaner Production*, 350, 131-140.