

**PERANCANGAN SISTEM PEMBAKARAN/INCINERATOR
UNTUK SAMPAH ORGANIK MENGGUNAKAN BAHAN
BAKAR OLI BEKAS**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik (S.T)
Pada Program Studi Teknik Mesin**



Disusun Oleh :

ZUKRON RIZKI

NPM : 13 331 0654

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM RIAU
PEKANBARU**

2020

PERANCANGAN SISTEM PEMBAKARAN/*INCINERATOR* UNTUK SAMPAH ORGANIK MENGGUNAKAN BAHAN BAKAR OLI BEKAS

Zukron Rizki, Syawal di Eddy Elfiano

Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Riau
Jl. Kaharudin Nasution Km 11 No. 113 Perhentian Marpoyan, Pekanbaru
E-mail : risky14@student.uir.ac.id

ABSTRAK

Sampah merupakan masalah yang hampir dialami seluruh negara tak terkecuali Indonesia. Permasalahan yang dihadapi masyarakat sekarang ini adalah sampah yang meningkat setiap harinya. Tingginya tingkat pertumbuhan penduduk mengakibatkan banyaknya masyarakat yang menghasilkan sampah dari kebutuhan setiap harinya. Baik sampah organik maupun anorganik. *Incinerator* merupakan suatu alat pembakaran dimana digunakan untuk mengolah limbah padat, yaitu untuk mengkonversikan materi padat (sampah) menjadi materi gas, dan abu. Alat pembakar sampah (*incinerator*) yang dirancang memiliki 6 bagian yaitu, ruang pembakaran, alat pembakaran, cerobong asap, lubang udara, sistem penukar panas (dalam bentuk pipa pemanas air), dan ruang pengendapan zat padat. Hasil terbaik unjuk kerja alat pembakar sampah ini temperatur pembakaran yang dihasilkan sebesar 748°C, dengan laju pembakaran sebesar 12.5 kg/ jam. Waktu yang dibutuhkan dalam pembakaran selama 120 menit dengan kondisi sampah yang dibakar 70% sampah organik.

Kata Kunci: Perancangan, Sampah, *Incinerator*

***DESIGN OF FUEL SYSTEM / INCINERATOR FOR ORGANIK WASTE
USING USED OIL FUEL***

Zukron Rizki, Syawaldi Eddy Elfiano

Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Riau
Jl. Kaharudin Nasution Km 11 No. 113 Perhentian Marpoyan, Pekanbaru
E-mail : risky14@student.uir.ac.id

ABSTRACT

Garbage is a problem that is experienced by almost all countries, including Indonesia. The problem faced by society today is that waste is increasing every day. The high rate of population growth has resulted in many people producing waste from their daily needs. Both organic and inorganic waste. An incinerator is a combustion device which is used to treat solid waste, namely to convert solid matter (waste) into gaseous matter and ash. The incinerator which is designed has 6 parts, namely, the combustion chamber, the combustion device, the chimney, the air outlet, the heat exchanger system (in the form of a water heater pipe), and the solids deposition chamber. The best performance result of this waste burner is the resulting combustion temperature of 748oC, with a combustion rate of 12.5 kg / hour. The time required for burning is 120 minutes with 70% of the organic waste burned.

Keywords: Construction, Garbage, Incinerator

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, dengan mengucapkan puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunianya kepada kita semua sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul "PERANCANGAN SISTEM PEMBAKARAN/INCINERATOR UNTUK SAMPAH ORGANIK MENGGUNAKAN BAHAN BAKAR OLI BEKAS"

Dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini penulis mengucapkan rasa terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu dan memberikan waktunya dalam bimbingan untuk menyelesaikan penyusunan tugas akhir ini yakni:

1. Bapak Dr. Eng. Muslim, S.T., M.T selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Riau yang telah memberi izin kepada penulis sehingga tugas akhir ini dapat diselesaikan.
2. Bapak Ir. Syawaldi, M.Sc selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Riau yang juga telah memberikan bimbingan dan pengarahan hingga tugas akhir ini dapat terselesaikan.
3. Bapak Ir. Syawaldi, M.Sc Selaku Pembimbing I tugas akhir di Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Riau yang telah membimbing dengan penuh kesabaran, memberikan petunjuk dan pengarahan dalam penyusunan tugas akhir ini dan Bapak Eddy Elfiano ST.,M.Eng Selaku Pembimbing II tugas akhir di Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Riau yang telah membimbing

dengan penuh kesabaran, memberikan petunjuk dan pengarahan dalam penyusunan tugas akhir ini.

4. Terima kasih juga kepada seluruh Dosen Program Studi Teknik Mesin serta seluruh staf karyawan Fakultas Teknik yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
5. Terima Kasih kepada Ayahanda dan Ibunda, yang selalu mendukung dengan sabar dan penuh dengan kasih sayang kepada penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
6. Terima kasih kepada seluruh teman-teman seperjuangan mesin angkatan 2013 yang selalu menjadi teman terbaik. Terima kasih juga kepada seluruh adik-adik mesin yang selalu mendukung penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
7. Terima kasih kepada sahabat yang selalu menanyakan kapan saya wisuda. Tugas akhir ini saya persembahkan untuk kalian. Terima kasih atas dorongan dan doa-doa yang kalian berikan kepada penulis dalam penyelesaian tugas akhir ini.

Demikianlah yang dapat penulis sampaikan, penulis mengucapkan terimakasih, semoga tulisan ini dapat bermanfaat bagi yang membaca dan memerlukannya.

Pekanbaru, Oktober 2020

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR NOTASI	xi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1.Latar Belakang	1
1.2.Rumusan Masalah.....	3
1.3.Tujuan	4
1.4.Batasan Masalah	4
1.5.Manfaat Rancangan.....	4
1.6.Sistematika Penulisan	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Incinerator	6
2.2 Proses Pembakaran.....	8
2.3 Tahapan proses Insinerasi	11
2.4 Jenis-jenis incinerator	13
2.5 Dasar Perancangan.....	16

2.6 Tahapan Perancangan	17
2.7 Faktor Yang Mempengaruhi Proses Insinerasi	18
2.8 Parameter Uji Kerja Incinerator	19
2.9 Sistem Perpindahan Panas	25

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Konsep Dari Perancangan Alat	30
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian	30
3.3 Diagram Alir Perancangan	31
3.4 Sketsa Perancangan	33
3.5 Pemilihan Bahan	35
3.6 Bahan dan Alat	36
3.7 Langkah Pengerjaan Alat Pembakaran Sampah	42
3.8 Metode Pengambilan Data	44

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Spesifikasi Alat	45
4.2 Analisa Perhitngan Perancangan	45
4.3 Uji Kerja Insinerator Dua Tahap	49
4.4 Sistem Perpindahan Panas	52

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan	54
5.2. Saran	55

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

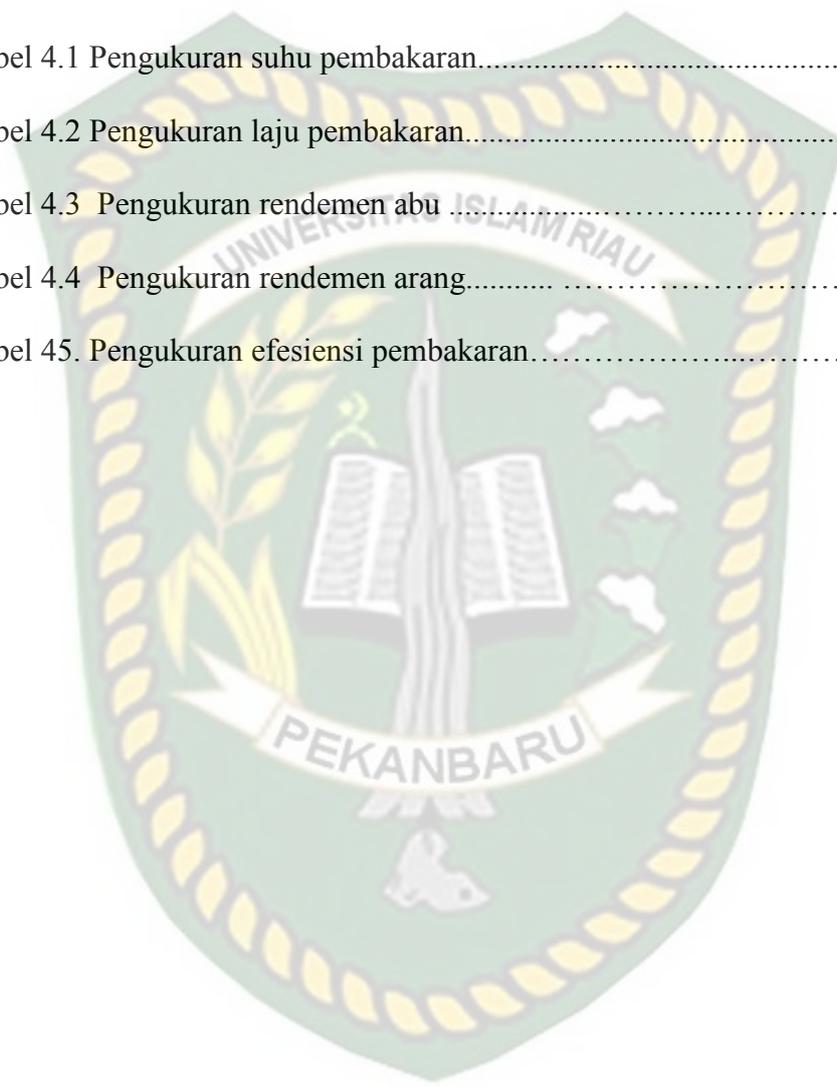


Dokumen ini adalah Arsip Miik :

Perpustakaan Universitas Islam Riau

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Pengukuran suhu pembakaran.....	49
Tabel 4.2 Pengukuran laju pembakaran.....	51
Tabel 4.3 Pengukuran rendemen abu	52
Tabel 4.4 Pengukuran rendemen arang.....	53
Tabel 4.5. Pengukuran efisiensi pembakaran.....	54



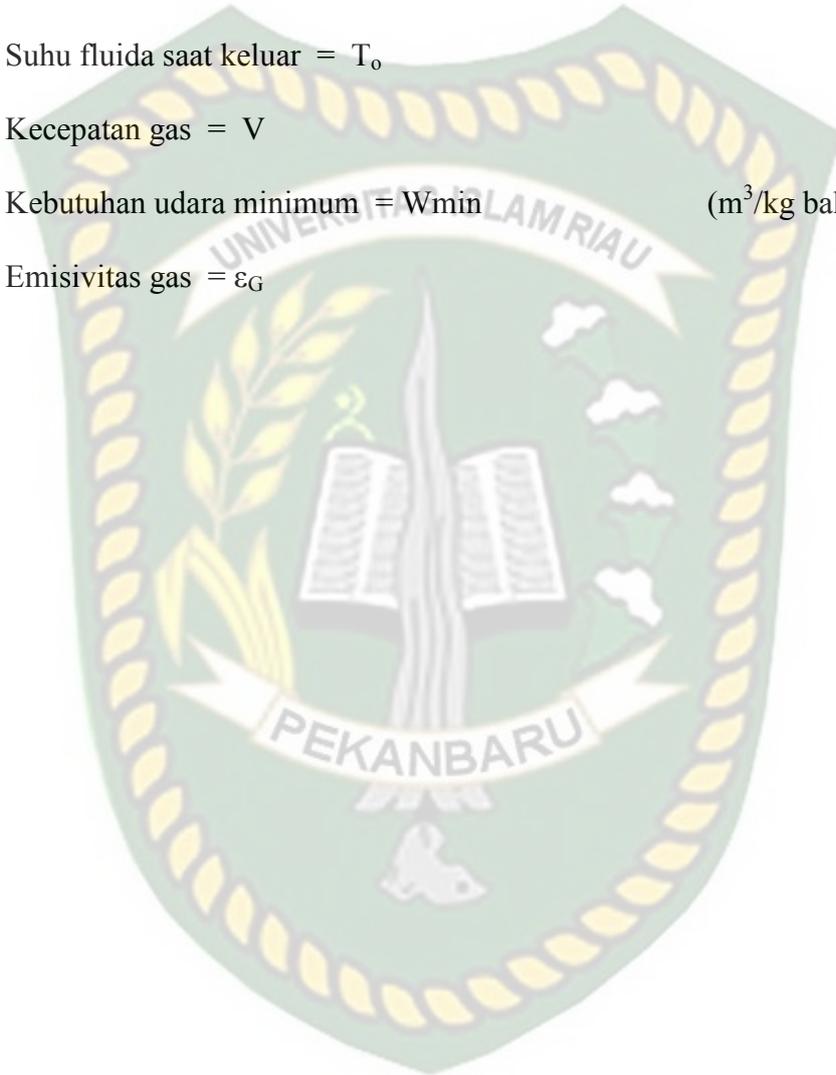
DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Incinerator Rotary Klin.....	13
Gambar 2.2. Multiple Hearth Incinerator	14
Gambar 2.3. Fluidized Bed Incinerator	16
Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian.....	30
Gambar 3.2. Bagian-bagian alat pembakaran sampah	36
Gambar 3.3. Rangka alat sistem pembakaran	36
Gambar 3.4. <i>Blower</i>	37
Gambar 3.5. Burner Oli.....	38
Gambar 3.6. Konstuksi ruang pembakaran	39
Gambar 3.7. Baut dan Mur.....	40
Gambar 3.8. Mesin las listrik	40
Gambar 3.9. Kawat las listrik (<i>elektroda</i>)	41
Gambar 3.10. Gerinda Tangan	41
Gambar 3.11. Stopwacth	42
Gambar 3.12. Pembuatan rangka.....	43
Gambar 3.13. Pemasangan alat	43
Gambar 4.1. Blower	45

DAFTAR NOTASI

SIMBOL		SATUAN
1. Laju massa bahan bakar = \dot{m}		(kg/s)
2. Luas permukaan dinding = A		(m ²)
3. Laju pembakaran = B_{bt}		(kg /jam)
4. Kandungan karbon dalam bahan bakar = C		(%)
5. Diameter Pipa = D		(m)
6. koefisien pindah panas konveksi = h		(Watt/m ² °C)
7. Kandungan hidrogen dalam bahan bakar = H		(%)
8. Tinggi cerobong = H_c		(m)
9. Tekanan udara dalam ruang pembakaran = h_d		(mm.air)
10. Konduktivitas panas = k		(Watt/m °C)
11. Panjang pipa = L		(m)
12. Bobot bahan bakar = m		(kg)
13. Nilai kalor bahan bakar = N_{kl}		(J/kg)
14. Energi panas = q		(Watt)
15. Debit udara perancangan = Q		(m ³ /detik)
16. Debit gas hasil pembakaran pada cerobong = Q_c		(m ³ /detik)
17. Debit udara = Q_{ud}		(m ³ /jam)
18. Waktu pembakaran = t		(kg/jam)
19. Suhu diluar cerobong = T_1		(°C)
20. Suhu didalam cerobong = T_2		(°C)
21. Suhu pemanasan bahan = T_{∞}		(°C)

22. Suhu rata-rata = T_f (°C)
23. Suhu absolut gas = T_G (°C)
- 24 Suhu fluida saat masuk = T_i (°C)
25. Suhu fluida saat keluar = T_o (°C)
26. Kecepatan gas = V (m/detik)
27. Kebutuhan udara minimum = W_{min} (m^3/kg bahan bakar)
28. Emisivitas gas = ϵ_G



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sampah merupakan masalah yang dialami hampir di setiap negara, termasuk Indonesia. Masalah yang dihadapi masyarakat saat ini adalah meningkatnya sampah setiap hari. Akibat laju pertumbuhan penduduk yang tinggi, banyak orang menghasilkan sampah dari kehidupan sehari-hari. Baik sampah organik maupun anorganik. Jika sampah terus berlanjut, itu menjadi masalah yang sangat serius. Puing-puing yang terus menumpuk berbau dan tentu saja membuat bingung penduduk setempat. Sampah berdampak negatif terhadap lingkungan, karena sampah dapat mengakibatkan pencemaran lingkungan, gangguan kebersihan, keamanan, dan kesehatan.

Banyak cara yang bisa dilakukan masyarakat Indonesia untuk membuang sampah, salah satunya dengan membakarnya. Meski demikian, masih banyak masyarakat yang belum memahami bahaya pembakaran sampah. Puing yang dibakar langsung menghasilkan karbon monoksida dan zat beracun lainnya, yang efeknya merusak pernapasan manusia.

Saat ini sedang dikembangkan alat pembakaran sampah yang disebut *incinerator*. Insinerator adalah alat yang menggunakan insinerasi. Metode yang digunakan dalam sistem ini adalah dengan memusnahkan limbah padat (solid matter) dengan cara dibakar. Bahan bakar yang digunakan adalah limbah padat.

Proses insinerator ini dilakukan dengan membakar sampah pada suhu tinggi (600 ° C hingga 1.000 ° C), dan sampah menjadi abu.

Hasil penelitian sebelumnya tentang *mini incinerator* terdiri dari dua ruang bakar. Ruang bakar utama dan ruang bakar tingkat dua. Ruang bakar utama menggunakan burner dan blower sebagai penyuplai udara pada temperatur terkontrol 800 ° C hingga 1.000 ° C, dan ruang bakar level kedua menggunakan *burner* untuk membakar gas yang dihasilkan dari ruang bakar utama. Ini mencapai 1.100 ° C. Ada panel kontrol digital yang berfungsi. Dan ada cerobong siklon di ruang bakar kedua (Kurdi, 2017).

Fungsi *split cell* untuk menangkap partikel karbon, sejalan dengan penelitian yang dilakukan di insinerator cerobong asap dengan kemampuan mengarahkan asap ke ketinggian sehingga tidak berdifusi ke desa dan mengganggu sistem pernafasan. Merupakan komponen yang mengurangi tingkat pencemaran asap, menopang dinding insulasi yaitu struktur pelindung sistem, insinerator, dan menjaga suhu udara di ruang bakar agar tidak mempengaruhi udara luar. Saluran masuk sampah merupakan lubang untuk memasukkan sampah ke dalam ruang bakar. Ruang limbah yaitu ruang bakar limbah, dinding ruang yang merupakan dinding pembakaran bata tahan api setebal 10 cm, lubang debu yang merupakan lubang penampung abu yang terkumpul di dasar ruang bakar, dan api pada saat awal pembakaran. Penyangga udara, yaitu alas struktural, yaitu bagian penyangga struktur, atas dasar penunjang percepatan pembakaran lubang sirkulasi udara. Temperatur pembakaran di ruang bakar *incinerator* adalah 900 ° C sampai 1.100 ° C.

Insinerator mini ini membutuhkan banyak energi karena *burner* selalu menyala pada saat pembakaran. Insinerator dua tahap, sebaliknya, hanya membutuhkan sedikit bahan bakar untuk memulai pembakaran (Kurdi, 2017).

Berdasarkan latar belakang diatas maka penulis membuat tugas akhir dengan judul “**Perancangan Sistem Pembakaran/Incinerator Untuk Sampah Organik Menggunakan Bahan Bakar Oli Bekas**”.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian tugas akhir ini, yaitu:

1. Bagaimana merancang insinerator dua tahap untuk mengatasi pencemaran udara selama pembakaran sampah?
2. Bagaimana prinsip kerja insinerator dua tahap untuk mengurangi pencemaran udara selama pembakaran sampah?
3. Bagaimana mendapatkan hasil dari pengujian alat insinerator dua tahap?
4. Bagaimana hasil kandungan polutan dari pembakaran sampah?

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian tugas akhir ini, yaitu:

1. Untuk Mendapatkan model desain insinerator dua tahap untuk mengatasi pencemaran udara selama pembakaran sampah.
2. Untuk mendapatkan mekanisme alat untuk mengurangi pencemaran udara pada saat pembakaran sampah.
3. Untuk mendapatkan hasil efisiensi uji kerja pada alat pembakaran.

4. Untuk mendapatkan hasil kandungan polutan dari pembakaran sampah.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini terdiri dari :

1. Proses perancangan alat *incinerator* pada pembakaran sampah organik maupun anorganik.
2. Pengujian alat *incinerator* pada limbah padat seperti sampah.

1.5 Manfaat Rancangan

Manfaat dari perancangan mesin peraut daun lidi kelapa sawit ini adalah sebagai berikut:

- a. Mendapat pengalaman dalam merancang alat pembakaran/incinerator untuk sampah anorganik
- b. Terciptanya alat pembakaran sampah ini diharapkan dapat membantu mengurangi limbah sampah pada rumah tangga
- c. Memberikan pengalaman atau pembelajaran kepada masyarakat dan industri menengah kebawah untuk dapat juga membuat alat pembakaran sampah organik secara berkala.

1.6 Sistematika Penulisan

Dalam sistematika penulisan Tugas Akhir terdapat penjelasan bab-bab yang akan di bahas, antara lain:

BAB I PENDAHULUAN.

Latar belakang, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah, manfaat rancangan, sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini berisi tentang tinjauan pustaka dan teori – teori dasar yang berhubungan dengan perancangan.

BAB III METODOLOGI PERANCANGAN

Bahan dan alat, Diagram alir rancangan, sketsa rancangan, Data pengujian, waktu dan tempat.

BAB IV PERANCANGAN DAN PERHITUNGAN

Bab ini berisi tentang uraian perencanaan dan perhitungan gaya serta elemen – elemen mesin yang di butuhkan alat untuk pembakaran sampah

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi tentang kesimpulan dan saran yang di anggap perlu diketahui bagi pihak – pihak yang memerlukan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Insinerator

Insinerator merupakan suatu alat pembakaran dimana digunakan untuk mengolah sampah padat, yaitu untuk mengkonversikan materi padat (sampah) menjadi abu dan materi gas. Insinerasi adalah proses pembakaran pada suhu di atas 800 ° C untuk mengolah limbah padat, mengurangi limbah yang tidak dapat didaur ulang dan mudah terbakar, serta membunuh bakteri, virus, dan bahan kimia beracun (A. Sutoso, 2012).

Secara umum yang dimaksud dengan *incinerator* adalah peralatan yang digunakan dalam proses pembakaran sampah. Alat ini berfungsi mengecilkan morfologi limbah dan lebih praktis sehingga menghasilkan sisa pembakaran yang steril yang dapat langsung dibuang ke tanah. Energi panas dari hasil pembakaran di dalam insinerator dapat digunakan sebagai energi alternatif untuk proses lain seperti pemanasan dan pengeringan.

Dalam mendesain pembakar limbah sampah, ada beberapa pertimbangan yang harus diperhatikan, seperti jumlah udara pembakaran, sisa hasil pembakaran, dan desain insinerator. Ada dua jenis alat *burning*, tipe *continuous* dan tipe *batch*, berdasarkan metode *burning* yang dilakukan oleh alat tersebut. Dalam insinerator tipe kontinyu, limbah sampah diisi secara kontinyu dengan rasio yang konstan. Dalam insinerator tipe *batch*, limbah sampah ditambahkan hingga batas atas dan dibakar bersama (Arif, 2004).

Pada *incinerator* terdapat 2 ruang bakar, yang terdiri dari *Primary Chamber* dan *Secondary Chamber*.

a. Primary Chamber

Fungsinya sebagai tempat pembakaran sampah. Selain pembakaran, juga terjadi reaksi dekomposisi termal karena kondisi pembakaran dirancang sedemikian rupa sehingga jumlah udara untuk reaksi pembakaran lebih sedikit dari yang seharusnya. Dalam reaksi dekomposisi termal, zat organik terurai menjadi karbon monoksida dan metana. Temperatur di dalam ruang utama diatur pada kisaran 600 ° C hingga 800 ° C, dan untuk mencapai suhu tersebut, pemanasan di dalam ruang utama dibantu oleh energi *burner* dan energi pembakaran yang dihasilkan dari limbah itu sendiri. Udara (oksigen) disuplai oleh *blower* dalam jumlah yang terkendali.

Padatan hasil pembakaran di ruang utama dapat berupa karbon dalam bentuk padatan yang tidak terbakar (logam, kaca) dan abu (mineral), atau dalam bentuk arang. Bagaimanapun, arang dapat diminimalkan dengan menyediakan suplai oksigen secara terus menerus selama pembakaran. Sedangkan padatan yang tidak terbakar dapat diminimalisir dengan memilah sampah terlebih dahulu.

b. Secondary Chamber

Gas yang dihasilkan dari pembakaran dan dekomposisi termal berjalan lebih jauh agar tidak mencemari lingkungan. Pembakaran gas-gas ini dapat dilakukan dengan baik jika oksigen (udara) dan gas hasil dekomposisi termal tercampur dengan baik dan didukung oleh waktu retensi yang cukup. Udara untuk pembakaran di *secondary chamber* disuplai oleh *blower* dalam jumlah yang

terkontrol. Selain itu, gas yang terurai secara termal yang bercampur dengan udara dibakar seluruhnya oleh pembakar minyak di *secondary chamber* pada suhu tinggi sekitar 800-1000 ° C. Oleh karena itu, gas yang terurai secara termal (metana, tan, dan hidrokarbon lainnya) terurai menjadi CO₂ dan H₂O.

2.2 Proses Pembakaran

Secara umum proses reaksi pembakaran terjadi dengan dua cara yaitu pembakaran sempurna dan pembakaran tidak sempurna. Pembakaran sempurna adalah proses pembakaran yang terjadi ketika semua karbon bereaksi dengan oksigen menghasilkan CO₂. Pembakaran tidak sempurna, di sisi lain, adalah proses pembakaran yang terjadi ketika bahan bakar tidak terbakar, dan semua proses pembakaran adalah CO₂.

Proses pembakaran yang aktual dipengaruhi 5 faktor, yaitu:

- Pencampuran udara dan bahan dengan baik
- Kebutuhan udara untuk proses pembakaran
- Suhu pembakaran
- Lamanya waktu pembakaran yang berhubungan dengan laju pembakaran
- Berat jenis sampah yang akan dibakar

Pencampuran udara dan bahan bakar yang tepat dalam pembakaran sebenarnya biasanya tidak tercapai, tetapi dilakukan dengan menambahkan udara berlebih. Penambahan udara yang berlebihan harus dilakukan minimal, karena terlalu banyak dapat meningkatkan kehilangan energi selama pembakaran dan meningkatkan emisi Nox.

Proses pembakaran sampah di rumah dilakukan secara bertahap. Tahap awal adalah penguapan air limbah yang tidak terbakar, baik menggunakan panas dari bahan pembakaran di sekitarnya atau menggunakan energi panas yang ditambahkan dari luar. Saat limbah dipanaskan, terjadi pelepasan karbon atau volatil yang diubah menjadi gas yang mudah terbakar. Proses ini disebut gasifikasi. Gas ini kemudian bercampur dengan oksigen, yang dapat menyebabkan reaksi oksidasi. Dalam keadaan ini, jika suhunya cukup tinggi dan berlangsung lama, maka akan diubah seluruhnya (terbakar habis) menjadi uap air dan CO₂, yang akan dilepaskan ke udara.

Jika temperatur pembakaran rendah dan waktu tinggal di ruang bakar cepat, keadaan sebaliknya dapat terjadi, sehingga pembakaran tidak sempurna. Kesempurnaan pembakaran dipengaruhi oleh beberapa variable berikut:

a. Temperatur

Temperatur pembakaran adalah fungsi dari limbah bahan bakar tambahan dan nilai kalor, desain insinerator, suplai udara, dan kontrol pembakaran. Pembakaran sempurna membutuhkan suhu di atas 650 ° C dan memiliki waktu tinggal 1-2 detik, memungkinkan pembakaran sempurna makanan dan limbah rumah tangga. Dibutuhkan suhu yang lebih tinggi sekitar 1000 ° C untuk dapat membakar campuran limbah yang mengandung zat berbahaya seperti limbah medis dengan waktu tinggal minimal 1 detik, menghasilkan kontaminan seperti dioksi, furan, asap dan sejumlah kecil abu.

b. Waktu tinggal

Waktu tinggal yang cukup diperlukan untuk pembakaran sempurna. Ini adalah waktu yang diperlukan untuk memastikan campuran lengkap udara dan bahan bakar untuk reaksi lengkap. Limbah yang terbakar pada temperatur rendah, memiliki nilai kalor rendah, dan memiliki turbulensi gas campuran yang rendah memerlukan waktu tinggal yang lebih lama untuk terbakar sempurna.

c. Turbulensi

Campuran turbulen gas pembakaran dan udara diperlukan untuk memastikan kontak yang baik antara bahan bakar dan udara. Hal ini dapat mengakibatkan suhu tinggi yang menyebabkan pembakaran sempurna. Kecepatan pencampuran tergantung pada desain ruang bakar insinerator dan sistem injeksi udara. Sistem pembakaran dengan sirkulasi udara alami dalam sistem pembakaran terbuka tidak dapat menghasilkan pencampuran yang baik. Demikian pula tumpukan puing yang terlalu tinggi dapat mencegah turbulensi di udara dan campuran gas yang mudah terbakar akibat tersumbatnya saluran di kedua bahan tersebut. Dalam desain insinerator yang mampu melakukan pembakaran sempurna, sistem sirkulasi paksa digunakan untuk menghasilkan turbulensi campuran.

d. Komposisi sampah

Secara umum sifat sampah seperti nilai kalor, kadar air, dan sifat kimia (kandungan C, H, O, N, S, Cl) sampah bergantung pada proses pembakaran dan jenis kontaminan pada gas buang dan abu. Mempengaruhi. Semakin tinggi suhu,

waktu tinggal, dan derajat pencampuran gas-udara, semakin mendekati pembakaran sempurna, dan semakin kecil pengaruh sifat limbah pada tingkat integritas pembakaran.

2.3 Tahapan Proses Insinerasi

Pada proses insinerasi akan berlangsung melalui 3 tahapan, yaitu :

- Pengeringan

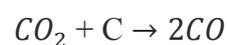
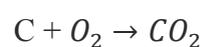
Ini adalah penguapan air pada sampah, khususnya sampah organik dengan kadar air lebih dari 70%. Penguapan air dimulai pada 100 ° C. Pada tahap ini dibutuhkan energi (panas) untuk menjaga suhu di atas 100 ° C.

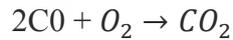
- Pembakaran (*volatile matters*)

Dengan kata lain, karena adanya reaksi antara oksigen dengan unsur kimia yang terkandung dalam limbah, terutama unsur N, S, P, alkali, dsb, maka unsur sisa C16 (karbon) tersebut dikenal sebagai arang. Secara kumulatif, reaksi oksidasi ini menghasilkan panas. Panas diperlukan untuk mencapai suhu reaksi oksidasi, tetapi panas dihasilkan pada akhir reaksi.

- Pembakaran sempurna (Karbon)

Yaitu, reaksi oksigen dengan karbon (arang) pada temperatur 400-600°C dengan tahapan reaksi sebagai berikut :





Reaksi ini menghasilkan panas kumulatif (pembentukan panas). Reaksi ini menjelaskan mengapa gas CO (karbon monoksida) selalu terbentuk selama pembakaran arang.

- Gas hasil pembakaran

Pembakaran dikenal sebagai proses oksidasi di mana oksigen diberikan sesuai dengan perbandingan udara berlebih dengan massa bahan bakar untuk mendapatkan reaksi pembakaran yang sempurna. Reaksi utama dari proses pembakaran antara karbon dan oksigen membentuk karbon monoksida (CO) dan karbon dioksida (CO₂). Karbon dioksida adalah produk pembakaran suhu rendah. Oksidasi karbon monoksida menjadi karbon dioksida hanya terbentuk dengan adanya jumlah oksigen yang sama. Kandungan CO yang tinggi menunjukkan proses pembakaran yang tidak sempurna, yang harus diminimalkan karena :

- a. CO adalah gas yang mudah terbakar. Kandungan CO yang tinggi mengurangi efisiensi pembakaran.
- b. Dapat menyebabkan gangguan bau.

2.4 Jenis-Jenis *Incinerator*

Jenis-jenis *incinerator* 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.

a. *Incinerator 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 *primary chamber* (Fadly, 2014).

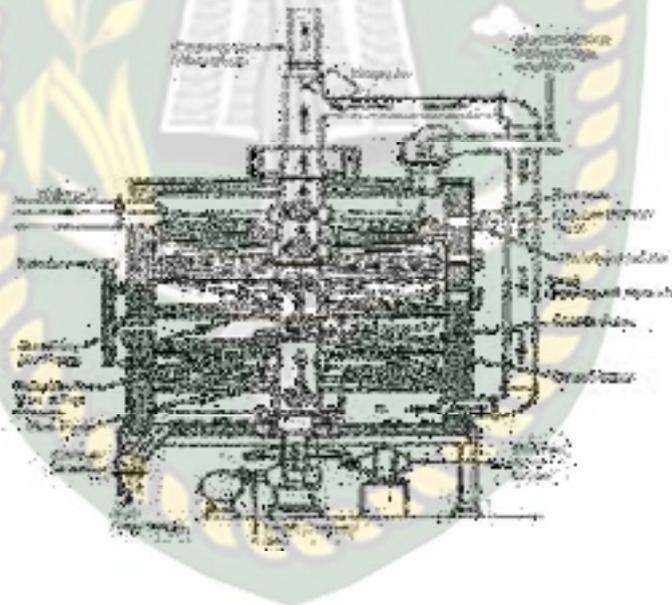


Gambar 2.1. *Incinerator Rotary Klin*

Sumber: (http://www.rotarykilnhk.com/14-Rotary_Kiln)

b. Multiple Hearth Incinerator

Multiple hearth incinerator, 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 teth*-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).



Gambar 2.2. *Multiple Hearth Incinerator*

Sumber: (Fadly, 2014)

c. *Fluized Bed Incinerator*

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

Teknologi pembakaran *fluidized bed incinerator* 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 ke ruang 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 ruang bakar (Fadly, 2014).

tidak dibuat. Sebaliknya pembuat tidak dapat merealisasikan benda teknik tanpa terlebih dahulu dibuat gambar rancangannya.

2.6 Tahapan Perancangan

Para ahli telah menganjurkan banyak teori untuk merancang alat atau mesin untuk hasil yang maksimal. Untuk mendapatkan hasil desain yang memuaskan, Anda biasanya perlu mengikuti langkah-langkah berikut:

1. Menyelidiki dan menemukan masalah yang ada di masyarakat.
2. Tentukan solusi dari masalah utama yang dirangkai dengan melakukan desain awal.
3. Analisis dan pilih solusi yang tepat dengan cara yang menguntungkan.
4. Buat desain detail dari solusi yang dipilih.

Bahkan setelah melalui tahapan dan tahapan desain, sulit untuk mendapatkan hasil yang sempurna pada desain awal. Untuk lebih mengembangkan hasil desain, beberapa hal yang harus diperhatikan adalah hal-hal seperti bagaimana mengatasi kendala yang terjadi dan efek samping yang tidak terjadi. Diharapkan. Kemampuan untuk memenuhi persyaratan penggunaan, menganjurkan mengikuti tahapan desain sebagai berikut :

1. Format desain yang perlu Anda buat. Hal ini terkait dengan desain yang ada, pengalaman mempertimbangkan segala kekurangannya, dan faktor utama yang menentukan bentuk struktur.
2. Tentukan ukuran utama berdasarkan perhitungan kasar.

3. Buat sketsa manual untuk menentukan alternatif berdasarkan fitur yang andal, kegunaan mesin yang efektif, biaya produksi yang rendah, dimensi mesin yang mudah dioperasikan, bentuk yang menarik, dan banyak lagi.
4. Pemilihan material sangat erat kaitannya dengan kehalusan permukaan dan ketahanan abrasi, terutama pada pemilihan bagian gesekan seperti bantalan geser.
5. Cermati desain dengan cermat, lengkapi desain dan uji struktur berdasarkan determinan utama.
6. Setelah mendesain bagian utama, rencanakan elemen dan gambar kerja bengkel dan tentukan ukuran detail tiap elemen.
7. Gambar kerja langkah dan daftar elemen, setelah semua ukuran elemen dilengkapi baru dibuat gambar kerja lengkap dengan daftar elemen. Didalam gambar kerja lengkap hanya diberikan ukuran *assembling* dan ukuran luar setiap elemen diberi nomor sesuai daftar.

2.7 Faktor Yang Mempengaruhi Proses Insinerasi

Ada beberapa hal yang mempengaruhi proses insinerasi, yaitu :

- a. Komposisi atau jenis limbah

Pengolahan limbah klinis diolah dengan komposisi limbah yang sifatnya tidak dibedakan sehingga kondisi setiap pembakaran seragam.

b. Waktu Insinerasi

Waktu berpengaruh terhadap produk yang dihasilkan (reduksi abu), dan semakin lama proses insinerasi maka semakin besar reduksi abu. Oleh karena itu, Anda juga harus menjalankan waktu pengoperasian yang optimal untuk hasil yang optimal.

c. Temperatur

Temperatur sangat berpengaruh, dan semakin tinggi temperatur, semakin tinggi nilai konstanta kecepatan deselerasi, dan semakin cepat pula kecepatan deselerasinya.

d. Berat limbah

Berat sampah dipengaruhi oleh hasil produk sebagai persentase penurunan berat abu.

2.8 Parameter Uji Kerja *Incinerator*

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

a. Pengukuran Suhu

Suhu diukur langsung oleh peneliti. Pengukuran suhu menggunakan termokopel dengan akurasi maksimal 1000 ° C.

N0	Waktu (menit)	Suhu (°C)
1	5	
2	10	
3	15	
...		

Tabel 2.1 Pengukuran Suhu

b. Laju Pembakaran (Bbt)

Parameter yang diukur untuk laju pembakaran adalah massa limbah dan lama pembakaran. Laju pembakaran dihitung dengan membandingkan berat sampah yang dibakar dengan lamanya proses pembakaran. Rumus ini menghitung laju pembakaran.

$$Bbt = \frac{m}{t} \left(\frac{kg}{jam} \right)$$

Keterangan :

Bbt : laju pembakaran

m : massa sampah yang dibakar

t : waktu proses pembakaran

c. Rendemen arang

Rendemen arang digunakan untuk mengetahui kesempurnaan proses pembakaran. Parameter yang diukur untuk menganalisis rendemen arang adalah massa arang hasil pembakaran dan massa limbah yang dibakar. Nilai rendemen arang dihitung dengan perbandingan massa arang dengan massa sampah.

$$\text{Randemen arang (\%)} = \frac{\text{Massa arang}}{\text{Massa sampah}} \times 100\%$$

d. Rendemen Abu

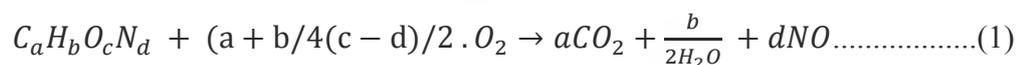
Rendemen abu digunakan untuk menentukan kapasitas proses pembakaran. Parameter yang diukur dengan analisis rendemen abu adalah massa abu hasil pembakaran dan massa sampah. Nilai hasil abu dihitung sebagai persentase rasio massa abu terhadap massa sampah.

$$\text{Rendemen abu (\%)} = \frac{\text{massa abu}}{\text{massa sampah}} \times 100\%$$

2.8.1 Jumlah Udara Pembakaran

Pembakaran sempurna dipengaruhi oleh jumlah udara yang dibutuhkan untuk proses pembakaran di dalam insinerator. Jumlah udara yang dibutuhkan dapat diperkirakan dengan membandingkan kebutuhan udara dan bahan dalam reaksi pembakaran biomassa dan mendekati kandungan karbon dan hidrogen dalam bahan bakar.

Pada reaksi proses pembakaran biomassa secara umum adalah sebagai berikut:



Kebutuhan oksigen untuk proses pembakaran dipengaruhi oleh persentase kandungan karbon dan hidrogen dalam bahan bakar. Jumlah O₂ yang dibutuhkan untuk membakar 1 kg karbon adalah 1,96 m³, sedangkan jumlah O₂ yang

dibutuhkan untuk membakar 1 kg limbah hidrogen adalah 5,85 m³ (Perry dan Chilton, 1973).

Selama proses pembakaran biasanya oksigen diperoleh dari udara bebas, dan oksigen yang terkandung di udara adalah 21% dari total udara bebas. Kebutuhan udara minimum untuk proses pembakaran dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$W_{min} = \frac{100}{21} * (1.96 * C + (5.85 + H)) \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan:

W_{min} = kebutuhan udara minimum (m³/kg bahan bakar)

C = kandungan karbon dalam bahan bakar (%)

H = kandungan hidrogen dalam bahan bakar (%)

Laju pembakaran (Bbt) dapat dihitung dengan membandingkan berat (m) bahan bakar yang akan dibakar dengan waktu pembakaran (t).

$$Bbt = \frac{m}{t} \dots \dots \dots (3)$$

Keterangan :

Bbt = Laju pembakaran (kg/jam)

m = massa bahan bakar (kg)

t = waktu pembakaran (kg/jam)

Jumlah udara yang dibuang untuk pembakaran dapat dihitung dengan mengalikan jumlah minimum udara yang dibutuhkan dengan laju pembakaran.

$$Q_{ud} = W_{min} * Bbt \dots \dots \dots (4)$$

Keterangan :

Q_{ud} = debit udara (m³/ jam)

W_{min} = Kebutuhan udara minimum (m^3/kg bahan bakar)

B_{bt} = Laju pembakaran (kg/jam)

Pembuangan udara pada proses desain pembakaran membutuhkan penambahan udara berlebih sebesar 40% dari total aliran udara yang dibutuhkan secara teoritis (Abdullah et. Al 1998).

$$Q = Q_{ud} (1 + 40\%) \dots \dots \dots (5)$$

Q = debit udara perancangan ($m^3/detik$)

Pembakaran sampah dengan pembakar sampah merupakan jumlah oksigen yang harus masuk ke ruang bakar. Ini karena berpengaruh pada kelengkapan pembakaran. Selain itu, permulaan pembakaran harus mempertimbangkan jenis dan panas yang dibutuhkan untuk memulai pembakaran.

2.8.2 Panas Pembakaran

Besarnya energi panas yang dihasilkan dari proses pembakaran dapat diperkirakan dengan beberapa pendekatan, seperti pendekatan pelepasan kalor dari hasil pembakaran dan pendekatan nilai kalor yang terkandung dalam bahan bakar per massa bahan bakar.

- a. Pendekatan jumlah energi panas pembakaran berdasarkan emisi gas pembakaran didekati dengan sifat radiasi dari gas yang diserap. Gas yang dihasilkan selama proses pembakaran mampu memancarkan atau menyerap panas. Besarnya energi yang dilepaskan atau diserap dapat dihitung dengan rumus berikut (Mc Cabe et. Al. 1999) :

$$q = A\sigma T_G^4 \varepsilon G \dots \dots \dots (6)$$

Keterangan :

q = Energi Panas (Watt)

σ = Tetapan Boltzman ($95.672 * 10^{-8} \text{ watt/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$)

T_G = Suhu absolut gas ($^\circ\text{C}$)

ϵ_G = Emisivitas gas

A = Luas permukaan yang menyerap panas (m^2)

- b. Pendekatan energi panas yang dihasilkan oleh proses pembakaran adalah karena banyaknya panas yang terkandung dalam bahan bakar. Besarnya energi panas yang dihasilkan oleh pembakaran dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$q = \dot{m} * Nkl * \text{Efisiensi pembakaran} \dots \dots \dots (7)$$

Keterangan :

\dot{m} = laju massa bahan bakar (kg/s)

Nkl = Nilai kalor bahan bakar (J/kg)

Energi panas yang dihasilkan oleh pembakar limbah ini dapat digunakan untuk menaikkan suhu air menggunakan alat transfer panas. Dalam penelitian ini pipa besi digunakan sebagai penukar panas.

2.8.3 Penanganan gas hasil pembakaran

Selama proses pembakaran, dihasilkan gas buang (asap) yang mengandung padatan. Hal ini membutuhkan penanganan agar gas buang bersih dan tidak mencemari lingkungan. Gas ini dapat ditangani dengan menambahkan cerobong

asap dan ruang filtrasi padatan ke gas. Luas cerobong asap dapat diperkirakan dengan rumus berikut (Porges dan Porges 1979) :

$$A = \frac{Q_c}{V} \dots\dots\dots(8)$$

Keterangan :

A = Luas lubang cerobong (m^2)

Q_c = Debit gas hasil pembakaran pada cerobong (m^3/s)

V = Kecepatan gas (m/s)

Sedangkan tinggi cerobong dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$h_d = 354h_c \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right) \dots\dots\dots(9)$$

Keterangan :

h_d = Tekanan udara dalam ruang pembakaran (mm.air)

h_c = tinggi cerobong (m)

T_1 = Suhu diluar cerobong ($^{\circ}C$)

T_2 = Suhu didalam cerobong ($^{\circ}C$)

Temperatur untuk pembakar limbah berkisar dari $600^{\circ}C$ hingga $800^{\circ}C$.

Pada suhu pembakaran seperti itu, ruang pengendapan materi padat berkisar dari 400 hingga $500^{\circ}C$. Pada temperatur tersebut, limbah dengan kadar air lebih dari 70% dapat digunakan untuk dikeringkan dan dikirim ke *head exchanger* yang dapat digunakan untuk memanaskan fluida. Beberapa insinerator menggunakan ruang ini untuk membakar padatan yang tersisa.

2.9 Sistem Perpindahan Panas

Perpindahan panas adalah perpindahan energi dari satu medan ke medan lainnya karena suhu kedua medan berubah. Perpindahan panas terjadi dalam tiga cara: konduksi, konveksi, dan radiasi. Perpindahan panas dalam pipa yang dipanaskan secara langsung melalui proses konduksi dan konveksi.

2.9.1 Konduksi

Ketika material mengalir dalam gradien suhu, panas mengalir tanpa pergerakan material. Aliran panas ini disebut konduksi. Secara umum, jumlah panas yang terkonduksi dapat dihitung dengan rumus berikut (Mc Cabe et al,2005) :

$$q = \frac{dT}{dr} \text{Joule} \dots\dots\dots(10)$$

Nilai dT / dr dipengaruhi oleh bentuk bidang tempat terjadinya perpindahan panas. Untuk silinder berlubang, nilainya dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$\frac{dT}{dr} = \frac{1}{\ln \frac{r_o}{r_i}} (T_i - T_o) \dots\dots\dots(11)$$

Dari rumus di atas, jumlah panas yang ditransfer ke bidang silinder atau pipa berlubang adalah sebagai berikut:

$$q = \frac{2\pi kL}{\ln \frac{r_o}{r_i}} (T_i - T_o) \text{joule} \dots\dots\dots(12)$$

Keterangan :

- q = kalor yang dipindahkan (watt)
- ri = jari-jari dalam pipa(m)
- ro = jari-jari luar pipa (m)
- L = panjang pipa (m)

K = konduktivitas panas (watt/m °C)

$(T_i - T_o)$ = perbedaan pipa luar dan pipa dalam (°C)

2.9.2 Konveksi

Ketika partikel pembentuk fluida utama mengalir melintasi permukaan tertentu. Misalnya, antarmuka volume kontrol aliran berisi sejumlah entalpi. Aliran entalpi ini disebut konveksi. Rumus berikut dapat digunakan untuk nilai kalor yang ditransmisikan melalui konveksi (Mc Cabe et al,2005) :

$$q = hA(T_s - T_\infty) \dots \dots \dots (13)$$

Keterangan :

q = kalor yang dipindahkan (watt)

h = koefisien pindah panas knveksi (watt/m² °C)

A = luas permukaan dinding (m²)

$(T_s - T_\infty)$ = perbedaan suhu dinding dengan suhu fluida (°C)

Konveksi dibedakan menjadi konveksi bebas dan konveksi paksa. Konveksi bebas adalah perpindahan panas yang terjadi dimana aliran fluida bergerak di bawah pengaruh gravitasi tanpa dipengaruhi oleh faktor eksternal lainnya. Sebaliknya, konveksi paksa adalah proses perpindahan panas di mana fluida bergerak dengan sengaja dan kecepatan serta emisinya diatur. Konveksi dibedakan menjadi dua jenis berdasarkan jenis alirannya. Yaitu, konveksi laminar dan konveksi turbulen.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Konsep Dari Perancangan Alat

Konsep dari perancangan alat ini adalah untuk membaantu masyarakat yang tinggal didesa maupun diperkotaan agar mampu mengurangi populasi sampah disekitarnya. Dalam studi ini, kami melakukan desain sistem (*batch*) dan melakukan desain fungsional dan struktural sebelum membuat prototipe. Maka dari itu dibuatlah inovasi, yakni sebuah alat pembakar/incinerator untuk sampah supaya dapat mengurangi populasi sampah didesa maupun diperkotaan.

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Islam Riau. Selain itu, pengujian alat akan dilakukan di Lab UIR. Masa penelitian pembuatan pembakar sampah ini selama 2 bulan. Penelitian ini melibatkan pembuatan sketsa dan pembuatan pembakar sampah.

3.3 Diagram Alir Penelitian

Desain ini melakukan desain sistem *batch*. Desain fungsional dan struktural kemudian dilakukan sebelum prototipe.

Diagram alirnya sebagai berikut :



Gambar 3.1 Diagram Alir Perancangan

Dari gambar diagram alir perancangan di atas dapat dijelaskan bahwa penelitian tugas akhir memiliki beberapa tahapan yang harus dilakukan, dan hasil yang diperoleh dengan pembuatan alat ini sesuai dengan yang diharapkan dan sesuai dengan yang diharapkan. Antara lain:

- ✓ Mulai
Yaitu langkah awal dalam pengerjaan sesuai judul
- ✓ Survey
Konsep pembahasan dalam survey ini yaitu, melakukan peninjauan kelengkapan untuk mengangkat dan menganalisa suatu judul yang akan di ambil dalam tugas akhir ini.
- ✓ Data rancangan
Menentukan data-data dalam perancangan pada alat pembakar untuk sampah.
- ✓ Literatur
- ✓ Pengambilan data-data dalam pembuatan tugas ini sesuai dengan permasalahan yang terjadi pada pencemaran lingkungan pada masyarakat didesa maupun diperkotaan, agar bermanfaat guna terciptanya alat pembakar sampah baru.
- ✓ Persiapan bahan
Mempersiapkan bahan yang akan digunakan pada alat.
- ✓ Pengujian I
Pengujian yang akan dilakukan adalah untuk melihat proses pembakaran sampah pada alat pembakar sampah dan menentukan masalah yang terjadi dialat pembakar sampah tersebut.
- ✓ Perbaikan
Melakukan trobosan dalam pengecekan pada alat pembakar sampah.

✓ Pengujian II

Setelah perbaikan dilakukan pengujian I maka dapat dihitung laju pada pembakaran dan sisa dari hasil pembakaran.

✓ Hasil

Suatu proses yang didapat dari hasil di lapangan.

✓ Kesimpulan

Hasil dari pengumpulan data dari pengujian atau pengolahan data yang dilakukan di lapangan dari awal proses pembuatan alat sampai selesai.

✓ Selesai.

a. Perancangan Alat Pembakar Sampah (*Incinerator*)

Alat pembakar sampah ini harus mampu membakar sampah secara sempurna dan habis yang masuk kedalam alat pembakaran sampah. Pembakaran secara sempurna berkaitan dengan jumlah oksigen masuk dalam ruang pembakaran. Perancangan alat pembakar sampah diawali dengan menentukan parameter-parameter perancangan. Parameter yang harus diketahui yaitu volume ruang pembakaran, jumlah udara yang dibutuhkan dalam pembakaran, jenis sampah yang akan dibakar , serta jumlah sampah yang akan dibakar.

b. Pendekatan Rancangan

Alat pembakar sampah (*Incinerator*) yang dirancang merupakan salah satu sistem pengolahan sampah padat yang terdiri dari kertas, daun kering

,kayu, sisa makanan, plastik dan lain –lain. Proses pembakaran yang diharapkan proses pembakaran sempurna dan pembakaran habis.

Alat yang dirancang mempunyai banyak keuntung yaitu, konstruksi sederhana, bahan konstruksi yang sangat mudah didapat, bentuk dan ukuran tidak memerlukan ruangan yang besar, biaya realtif ringan, dan meminimalisir dampak terhadap lingkungan.

c. Rancangan fungsional

Alat pembakar sampah (*Incinerator*) yang akan dirancang adalah alat pembakar *type batch*. Dalam merancang incinerator hal-hal yang perlu dipertimbangkan adalah jumlah udara yang diperlukan dalam pembakarn, sistem pembakaran awal, jumlah sampah yang akan dibakar. Pada prinsipnya model alat pembakar sampah yang dirancang dapat dibagi menjadi 6 bagian yaitu, ruang pembakaran, alat pembakaran, cerobong asap, lubang udara, sistem penukar panas, dan ruang pengendapan zat padat.

No	Nama bagian	Fungsi
1	Ruang Pembakaran	Tempat terjadinya pembakaran yang dilengkapi dengan sistem pemasukan dan pengeluaran hasil pembakaran. pemasukan melalui samping bagian atas pembakaran dan pengeluaran melalui bagian bawah ruang pembakaran
2	Alat Pembakaran	Alat penyulutan api pertama agar terjadi pembakaran sempurna
3	Cerobong Asap	Tempat pengeluaran asap selama proses pembakaran berlangsung
4	Lubang Udara	Sebagai tempat masuknya udara yang dibutuhkan dalam pembakaran. lubang udara terletak dibagian bawah ruang pembakaran.
5	Sistem Penukar Panas	Sistem pemanfaatan energi panas yang dihasilkan.
6	Ruang Pengendapat Zat Padat Asap	Ruang pengendapatan zat padat asap ini berfungsi untuk membuat asap mengalami siklonisasi sehingga zat-zat padat asap mengalami pengendapan diruangan ini

Tabel : Rancangan Fungsional Alat Pembakar Sampah

3.4 Sketsa Perancangan

Berdasarkan beberapa pilihan dan solusi, serta tuntutan dari calon pengguna dan hasil identifikasi masalah yang digunakan untuk memberikan gambaran bentuk dari alat pembakaran sampah dapat dilihat dari gambar 3.2 :



Gambar 3.2 Bagian-bagian alat pembakaran sampah

Keterangan :

1. Rangka
2. Baut
3. Blower
4. Pipa udara
5. Burner oli
6. Slang menyalurkan bahan bakar
7. Kran oli
8. Jerigen bahan bakar

3.5 Pemilihan Bahan

Penentuan bahan yang tepat untuk kegunaan tertentu pada dasarnya merupakan gabungan dari berbagai sifat, lingkungan dan cara penggunaan sampai dimana sifat dan bahan dapat memenuhi syarat yang telah ditentukan. Beberapa sifat teknis yang harus diperhatikan saat pemilihan bahan.

Elemen-elemen yang terdapat pada alat pembakaran sampah ini tidak terlalu banyak. Pembahasan pemilihan bahan difokuskan pada elemen-elemen yang dikerjakan pada proses pembuatan yang mempengaruhi besar terhadap tingkat keamanan alat dan deformasi bahan yang terjadi.

3.6 Bahan dan Alat

1. Bahan

Bahan-bahan yang digunakan untuk pembuatan alat pembakar sampah yaitu:

a. Rangka

Rangka merupakan suatu komponen yang sangat penting pada alat pembakar sampah . Hal ini dikarenakan rangka merupakan penompang semua komponen yang ada. Berdasarkan pernyataan tersebut maka bahan dasar rangka menggunakan besi plat.



Gambar 3.3 rangka alat sistem pembakaran

b. Blower

Blower merupakan sebuah komponen dari alat pembakaran sampah yang berperan penting dalam proses pembakaran. Blower ini berfungsi untuk menaikkan atau memperbesar tekanan udara atau gas yang dialirkan dalam suatu ruangan tertentu dan juga sebagai pengisapan atau pemvakuman udara atau gas tertentu.



Gambar 3.4 blower

c. Burner oli

Burner oli adalah sebuah peralatan mekanis yang menggabungkan bahan bakar minyak dan oli dengan jumlah udara yang tepat untuk pengapian diruang bakar. Burner oli ini berfungsi untuk mengoptimalkan suatu proses pembakaran. Bahan bakar secara umum bisa dipilih apakah menggunakan gas (LPG) atau solar maupun bensin. Disesuaikan dengan bahan bakar mana yang mudah didapat ditempat incinerator itu berfungsi.



Gambar 3.5 burner oli

d. konstruksi incinerator

konstruksi incinerator adalah merupakan area dimana dilakukan proses pembakaran pada limbah secara langsung. Area ini dilapisi dengan bata tahan api /firebrick dengan kelas Sk-34. Bata api ini tahan hinggann suhu mencapai 1300°C. Selain harus maksimal panas didalam , bagian luar juga perlu dijaga dengan isolasi yang baik.



Gambar 3.7. Baut dan Mur

2. Alat

a. Mesin las Listrik

Mesin las listrik adalah salah satu cara menyambung logam dengan jalan menggunakan nyala busur listrik yang diarahkan ke permukaan logam yang akan disambung. Pada bagian yang terkena busur listrik tersebut akan mencair, demikian juga elektroda yang menghasilkan busur listrik akan mencair pada ujungnya dan merambat terus sampai habis. Logam cair dari elektroda dan dari sebagian benda yang akan disambung tercampur dan mengisi celah dari kedua logam yang akan disambung, kemudian membeku dan tersambunglah kedua logam tersebut. Untuk gambar mesin las listrik dapat dilihat pada gambar 3.9 :



Gambar 3.8 Mesin las listrik

b. Kawat las listrik (*elektroda*)

Fungsi kawat las listrik (*elektroda*) digunakan untuk melakukan pengelasan listrik yang berfungsi sebagai pembakaran yang akan menimbulkan busur nyala. Untuk gambar kawat las listrik dapat dilihat pada gambar 3.10.



Gambar 3.9 Kawat las listrik (*elektroda*)

c. Gerinda

Gerinda adalah sebuah alat yang berfungsi untuk menghaluskan benda kerja setelah dilakukan pemotongan. Gerinda juga berfungsi sebagai alat memotong besi plat. Untuk gambar gerinda dapat dilihat pada gambar 3.10 :



Gambar 3.10 Gerinda Tangan

d. Stopwatch

Pada penelitian ini, stopwatch berfungsi sebagai alat ukur lamanya waktu pengujian. Dalam pengujian ini laju pembakaran dapat ditentukan menggunakan alat ini. Untuk gambar stopwatch dapat dilihat pada gambar 3.11 :



Gambar 3.11. Stopwath

3.7 Langkah Pengerjaan Alat Pembakaran Sampah

Langkah proses pengerjaan alat pembakaran sampah dilakukan dengan 3 pekerjaan yaitu :

1. Membuat sketsa perancangan
2. Menyiapkan bahan
 - a. Besi
 - b. Besi pipa
 - c. Besi pelat untuk cover dan dudukan
 - d. Baut dan mur

3. Alat yang digunakan
 - a. Las listrik
 - b. Mesin bor tangan
 - c. Gerinda tangan
 - d. meteran
4. Pengerjaan
 - a. Membuat kerangka
 - b. Pengelasan pada kerangka
 - c. Pemasangan blower pada kerangka
 - d. Pemasangan pipa burner oli pada blower
 - e. Pengecatan

3.8 Metode Pengambilan data

1. Pengukuran suhu

Metode yang dilakukan untuk mengetahui besarnya suhu pada pembakaran adalah dengan cara metode pendekatan pragmatis. Metode ini yaitu melakukan pengukuran suhu menggunakan alat termokopel dengan ketelitian maksimum 1000 °C.

2. Laju pembakaran (Bbt)

Untuk mengetahui lajunya pembakaran pada alat pembakar sampah juga menggunakan metode pendekatan pragmatis dengan membandingkan massa bobot limbah yang dibakar dengan lamanya proses pembakaran.

3. Sistem perpindahan panas

Dalam metode proses pembakaran terjadi proses sistem perpindahan panas, dimana akan terjadi perpindahan energi dari suatu bidang kebidang lain yang disertai perubahan temperatur pada kedua bidang tersebut. Sistem perpindahan panas dapat terjadi dengan 3 metode, yaitu metode konduksi, konveksi, dan radiasi.



BAB IV

PENGOLAHAN DATA

4.1 Spesifikasi alat

1. spesifikasi blower yang digunakan pada alat pembakaran adalah :

Jenis : Blower keong 2 inch

Ukuran : 20 cm x 18 cm x 20 cm

Panjang kabel : 110 cm

Voltase : 220 V -230 V

Frekuensi : 50 Hz

Tenaga masuk : 150 Watt

Rpm : 3000 – 3600 r/min



Gambar 4.1 Blower

4.2 Analisa Perhitngan Perancangan

Pembakar sampah (*incinerator*) yang akan dirancang memiliki 6 bagian yaitu, ruang pembakaran, alat pembakaran, cerobong asap, lubang udara, sistem perpindahan panas dan ruang pengendapan zat padat.

a. Ruang Pembakaran

Dari hasil perancangan tersebut maka ukuran ruang pembakaran adalah 100 x 100 x 150 cm. Dinding ruang pembakaran tersebut dibuat dengan menggunakan bata tahan api dengan ketebalan 10 cm agar ketika ruang pembakaran tersebut dipenuhi oleh sampah bentuk ruang pembakaran tidak mengalami perubahan. Sedangkan bagian lantai dengan ketebalan 5 cm agar tidak mudah terkikis selama proses pembakaran.

$$V = 1.5 \text{ m}^3$$

b. Alat pembakaran

Alat pembakaran ini digunakan sebagai tempat peyulutan api pertama sehingga diharapkan pembakaran dapat terjadi dengan sempurna. Hal tersebut diharapkan dapat menyebabkan pembakaran sempurna yang merata di setiap bagian dari ruang pembakaran. Kasa yang digunakan adalah kasa baja agar tidak mudah rusak pada suhu tinggi selama pembakaran. Kasa pembakaran ini berbentuk tabung dan diletakkan di tengah-tengah ruang pembakaran agar pembakaran awal yang terjadi merata sehingga menyebabkan pembakaran selanjutnya dapat menyebar ke segala arah.

c. Cerobong Asap

Cerobong asap sebagai tempat pengeluaran asap ini terpisah dari bagian ruang pembakaran. Selain itu juga terdapat sekat pemisah antara bagian ruang pembakaran dan cerobong asap hal tersebut dimaksudkan agar terjadi pengendapan material-material berat yang terkandung dalam asap. Cerobong asap

ini dirancang dengan diameter 150 mm dan tinggi 40cm. Hal tersebut dilakukan agar asap yang keluar tidak mengganggu lingkungan sekitar.

d. Lubang Udara

Lubang udara sebagai tempat masuknya oksigen yang dibutuhkan selama pembakaran memiliki peran sentral untuk menghasilkan pembakaran yang sempurna. Lubang udara ini dapat didekati dengan kebutuhan udara selama pembakaran yang dihitung dengan jumlah C sebesar 15-30% dan H sebesar 2-5 %

udara minimum untuk proses pembakaran dapat dihitung melalui persamaan berikut:

$$W_{min} = \frac{100}{21} * ((1.96 * C) + (5.85 + H)) \dots\dots\dots(2)$$

$$W_{min} = \frac{100}{21} * ((1.96 * 0,3) + (5.85 + 0,05)) = 4.1928 \text{ m}^3/\text{kg}$$

Dimana:

Wmin = Kebutuhan udara minimum (m3/kg bahan bakar)

C = Kandungan karbon dalam bahan bakar (15-30 %)

H = Kandungan hidrogen dalam bahan bakar (2-5 %)

Debit udara yang yang dibutuhkan untuk pembakaran dapat dihitung dengan mengalikan jumlah kebutuhan udara minimum dengan laju pembakaran.

$$\begin{aligned}
 Q_{ud} &= W_{min} * B_{bt} = 4,1928 * 6,25 = 52,41 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 &= 0,0145583 \text{ m}^3/\text{detik}
 \end{aligned}$$

$$Q_{ud} = W_{min} \times B_{bt} \dots\dots\dots(4)$$

Qud = Debit udara (52,41 m3/jam)

Wmin = Kebutuhan udara minimum (4,1928 m3/kg bahan bakar)

Debit udara pada proses perancangan untuk pembakaran perlu ditambahkan kelebihan udara sebesar 40% dari total debit udara yang dibutuhkan secara teoritis.

$$Q = Q_{ud}(1 + 40 \%) = 0,0145583 (1 + 0,4) = 0,0203816 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Dimana :

$$Q = Q_{ud} (1+40\%) \dots\dots\dots(5)$$

Q = Debit udara perancangan (0,0203816 m³/detik)

Dengan perhitungan pada Lampiran 5. kecepatan udara sebesar 1.105 m/detik maka dibutuhkan luasan lubang sebesar:

$$A = \frac{Q}{v} = \frac{0,0203816}{1,105} = 0.0184449 \text{ m}^2$$

e. Ruang Pengendapan Zat Padat Asap

Ruang pengendapan zat padat didesain dengan ukuran 100 cm X 100 cm X 150 cm . Ruang pengendapan zat padat asap ini dilengkapi dengan lubang pemasukan asap, cerobong yang masuk ke dalam ruang pengendapan zat padat asap, serta pintu masukan dan pintu pengeluaran bahan untuk memanfaatkan panas yang ada. Cerobong asap masuk ke dalam ruang pengendapan zat padat asap diharapkan dapat membuat *cyclone* pada asap sehingga zat padat asap tidak menuju cerobong namun mengendap pada ruangan ini.

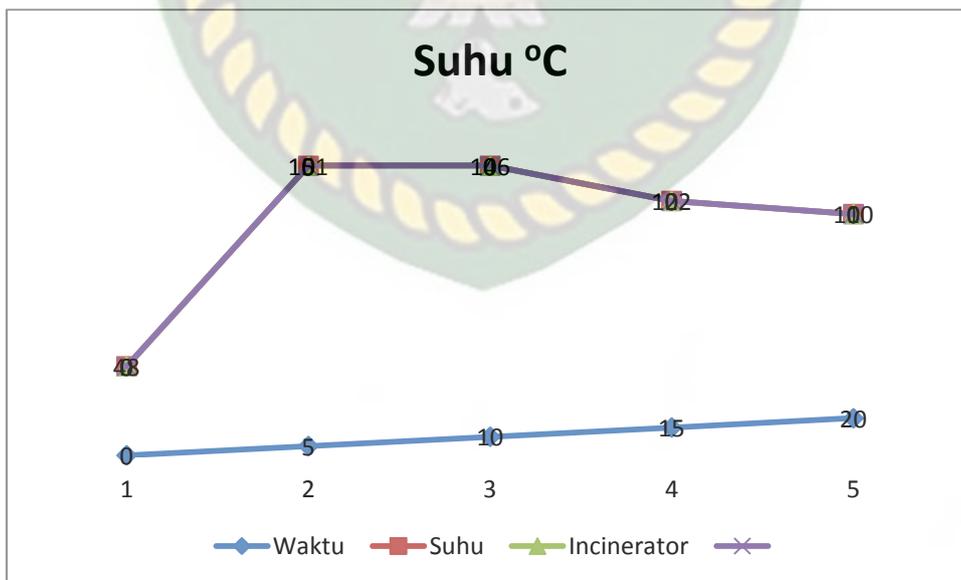
4.3. Uji Kerja Insinerator Dua Tahap

a. Pengukuran Suhu

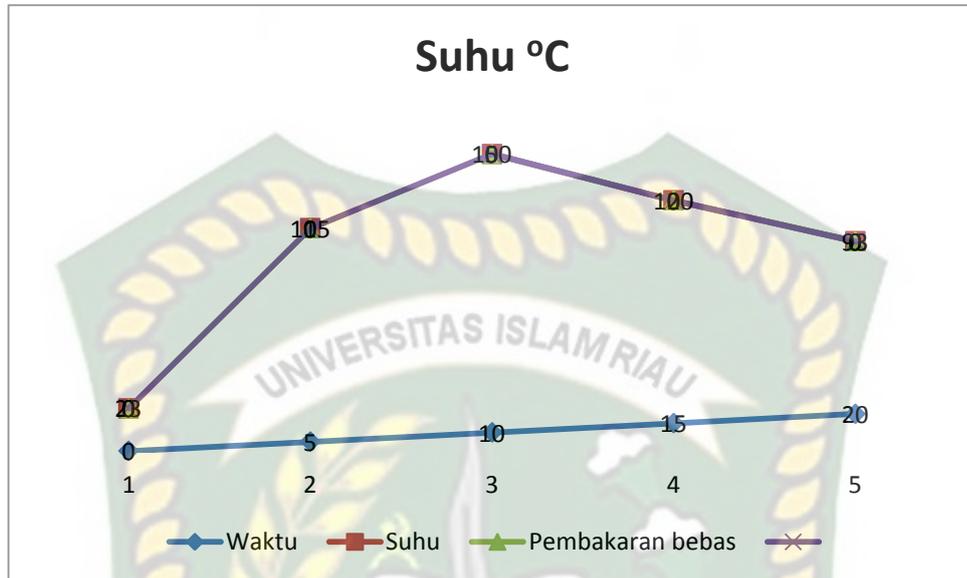
Tabel 4.1 Pengukuran Suhu Pembakaran

No	Waktu (menit)	Insinerator	Pembakaran bebas
		Suhu °C	Suhu °C
1	0	48	23
2	5	151	115
3	10	146	150
4	15	122	120
5	20	110	93

Grafik 4.1 Hubungan antara suhu dan waktu pembakaran pada Insinerator dua tahap



Grafik 4.2 Hubungan antara suhu dengan waktu pembakaran secara bebas



b. Laju Pembakaran

Laju pembakaran (Bbt) dapat dihitung melalui perbandingan bobot bakar yang akan dibakar (m) dengan waktu pembakaran (t). Massa jenis sampah.

Pembakaran pada incinerator dua tahap

Massa sampah organik daun kering (m) = 25 kg

Waktu pembakaran sampah (t) = 120 menit = 2 jam

$$Bbt = \frac{m}{t} \left(\frac{kg}{jam} \right)$$

$$= \frac{25}{2} \text{ kg/jam}$$

$$= 12.5 \text{ kg/jam}$$

Pembakaran secara bebas

Massa sampah organik daun kering (m) = 5

Waktu pembakaran sampah (t) = 30 menit = 0.5 jam

$$\begin{aligned}
 Bbt &= \frac{m}{t} \left(\frac{kg}{jam} \right) \\
 &= \frac{5}{0.5} \text{ kg/jam} = 10 \text{ kg/jam}
 \end{aligned}$$

Tabel 4.1 Laju Pembakaran Sampah

Pembakaran sampah dua tahap		Pembakaran bebas	
Waktu pembakaran (jam)	Laju pembakaran (kg/jam)	Waktu pembakaran (jam)	Laju pembakaran (kg/jam)
2	12.25	0.5	10

c. Rendemen arang

Rendemen arang digunakan untuk mengetahui kesempurnaan proses pembakaran. Parameter yang diukur untuk analisis rendemen arang adalah parameter massa arang yang dihasilkan oleh proses pembakaran dan massa sampah yang dibakar. Nilai rendemen arang dihitung dengan presentase perbandingan massa arang dan massa sampah.

a. Pembakaran pada incinerator

Massa sampah yang dibakar = 25 kg

Massa sisa pembakaran (arang) = 5625 gram = 5.625 kg

$$\begin{aligned}
 \text{Rendemen arang (\%)} &= \frac{\text{massa arang}}{\text{massa sampah}} \times 100\% \\
 &= \frac{5.652}{25} \times 100\% = 22.5 \%
 \end{aligned}$$

b. Pembakaran secara bebas

Massa sampah yang dibakar = 5 kg

Massa sisa pembakaran (arang) = 1125 gram = 1.125 kg

$$\begin{aligned}
 \text{Randemen arang (\%)} &= \frac{\text{massa arang}}{\text{massa sampah}} \times 100\% \\
 &= \frac{1.125}{5} \times 100\% = 22.5 \%
 \end{aligned}$$

Tabel 42 pengukuran rendemen arang

Sisa pembakaran dua tahap		Sisa pembakaran bebas	
Sisa pembakaran (arang) (kg)	Randemen arang (%)	Sisa pembakaran (arang) (kg)	Randemen arang (%)
5.625	22,5	1.125	22,5

d. Rendemen abu

Rendemen abu digunakan untuk mengetahui kesempurnaan proses pembakaran. Parameter yang diukur analisis rendemen abu adalah massa abu hasil pembakaran dan massa sampah. Nilai rendemen abu dihitung dengan presentase perbandingan massa abu dan massa sampah.

a. Pembakaran pada incinerator

Massa sampah yang dibakar = 25 kg

Massa abu = 5625 gram = 5.625 kg

$$\begin{aligned}
 \text{Rendemen abu (\%)} &= \frac{\text{massa abu}}{\text{massa sampah}} \times 100\% \\
 &= \frac{5.625}{25} \times 100\% = 22.5 \%
 \end{aligned}$$

b. Pembakaran secara bebas

Massa sampah yang dibakar = 5 kg

Massa abu = 375 gram = 0.375 kg

$$\begin{aligned}
 \text{Rendemen abu (\%)} &= \frac{\text{massa abu}}{\text{massa sampah}} \times 100\% \\
 &= \frac{0.375}{5} \times 100\% = 7.5 \%
 \end{aligned}$$

Tabel 4.3 pengukuran rendemen abu

Sisa pembakaran dua tahap		Sisa pembakaran bebas	
Sisa pembakaran (abu) (kg)	Rendemen abu (%)	Sisa pembakaran abu (kg)	Sisa rendemen abu(%)
5.625	22.5	0,375	7,5

e. Efisiensi alat

Analisis efisiensi alat dilakukan untuk mengetahui seberapa besar perentase alat untuk mengurangi limbah. Berikut hasilnya:

a. Pembakaran pada incinerator dua tahap

Rendemen arang (A) :

Rendemen abu (B) :

$$\begin{aligned}
 \text{Efisiensi alat insinerator (\%)} &= 100 \% - (A (\%) + B (\%)) \\
 &= 100 \% - (22.5 (\%) + 22.5 (\%)) \\
 &= 55 \%
 \end{aligned}$$

b. Pembakaran secara bebas

Rendemen arang (A) :

Rendemen abu (B) :

$$\begin{aligned}\text{Efisiensi alat insinerator (\%)} &= 100 \% - (A (\%) + B (\%)) \\ &= 100 \% - (22.5 (\%) + 7.5 (\%)) \\ &= 70 \%\end{aligned}$$

Tabel 4.5 Pengukuran efisiensi pembakaran

Pembakaran sampah dua tahap tahap	Pembakaran sampah bebas
Efisiensi (%)	Efisiensi (%)
55	70

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

1. Alat pembakar sampah (*incinerator*) yang dirancang memiliki 6 bagian yaitu, ruang pembakaran, alat pembakaran, cerobong asap, lubang udara, sistem penukar panas, dan ruang pengendapan zat padat.
2. Berdasarkan uji unjuk kerja terhadap alat yang dirancang diperoleh data bahwa lama pembakaran yang terjadi dipengaruhi oleh jumlah sampah, jenis sampah yang dibakar dan kadar air sampah yang dibakar.
3. Hasil terbaik unjuk kerja alat pembakar sampah ini temperatur pembakaran yang dihasilkan sebesar 748 °C, dengan laju pembakaran sebesar 12.5 kg/ jam. Waktu yang dibutuhkan dalam pembakaran selama 120 menit dengan kondisi sampah yang dibakar 70% sampah organik.

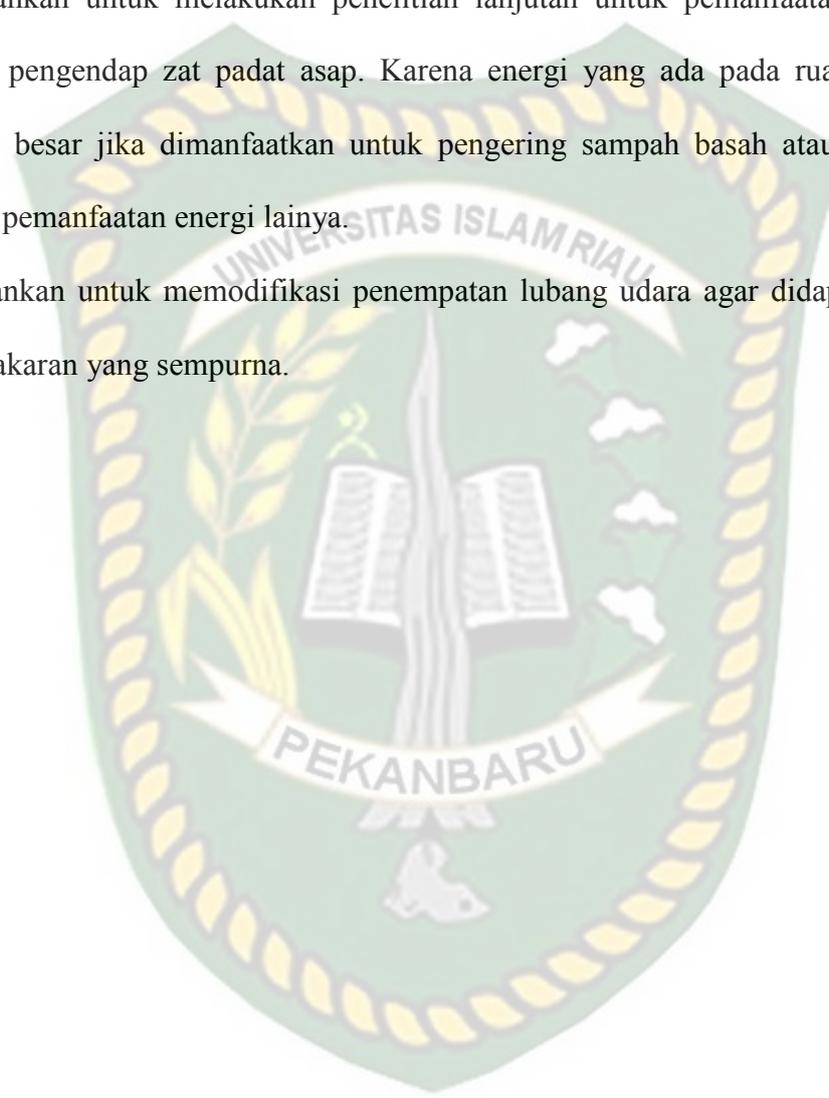
5.2 Saran

Dari hasil perancangan alat pembakar sampah (*incinerator*) dan pengujian uji unjuk kerja alat tersebut disarankan beberapa hal spaling anebagai berikut:

1. Disarankan untuk memodifikasi alat khususnya untuk memperoleh sistem pindah panas yang optimum pada pipa pemanas air, sehingga dapat dimanfaatkan untuk pasterurisasi atau sterilisasi.
2. Perancangan tutup untuk proses pemasukan dan proses pembuangan abu dan rang hasil pembakaran tidak benar-benar rata. Disarankan untuk dilakukan penelitian

lanjutan mengenai perancangan tutup untuk proses pemasukan bahan dan pengeluaran bahan.

3. Disarankan untuk melakukan penelitian lanjutan untuk pemanfaatan energi di ruang pengendap zat padat asap. Karena energi yang ada pada ruang tersebut cukup besar jika dimanfaatkan untuk pengering sampah basah atau digunakan untuk pemanfaatan energi lainnya.
4. Disarankan untuk memodifikasi penempatan lubang udara agar didapatkan hasil pembakaran yang sempurna.



DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah et al. 1998. Energi Listrik Pertanian. JICA. Bogor
- Anonim. 2009. Bakar Sampah Langgar UU di Manado. <http://matanews.com/2009/10/12/bakar-sampah-langgar-uu-di-manado/>(23 Agustus 2011 7:26)
- Anonim. 2010. *Technical Document for Batch Waste Incineration*. <http://www.ec.gc.ca/gdd-mw/default.asp?lang=En&n=8A09EA04-1>(23 Agustus 2011, 7:37)
- Anonim. *incinerator*. <http://www.e-steamboilers.com/en/incinerator.asp> (23 Agustus 2011,8:24)
- Fadly, NT. 2014. *Incenerator*. eprints.polsri.ac.id. Diakses pada 12 Januari 2016.
- Jamaluddin. 2015. *Jangan Membakar Sampah*. bbpp-batangkaluku.com. Diakses pada 12 Januari 2016
- Lutfi, Ahmad. 2004. Pencemaran Lingkungan. Surabaya: Direktorat Jendral Pendidikan Dasar dan Menengah.
- Maxpell. 2017. *Insinerator* Maxpell. <https://depokbebassampah.wordpress.com/acuan/incenerator/> (diakses pada tanggal 22 Maret 2017).
- Yasin Kurdi, moch. 2017. *Insinerator Mini*. <https://depokbebassampah.wordpress.com/acuan/incenerator/> (diakses pada tanggal 22 Maret 2017).
- Y Yang dkk. 1999. *Analysis of Gas Flow and Mixing in a Rotary Kiln Waste Incinerator*. Department of Raw Materials Processing: Australia
- Budiman Arif.2001.Modifikasi Desain dan Uji Unjuk Kerja Alat Pembakar Sampah (*Incinerator*) Tipe *Batch*.Skripsi. Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB.

- Çengel Yunus A. 2003.*Heat Transfer.2nd edition*.McGraw-Hill.New York,
Çengel Yunus A, Boles Michael A.2002.*Thermodynamics an
Engineering Approach. 4th edition*. McGraw-Hill NY
- Lienhard IV John H, Lienhard V John H.2011.*A Heat Transfer
Textbook*.Philogiston Press.Massachucetts.
- McCabe Warren L et al.2005.*Unit Operations of Chemical Engineering.7th
edition*, McGraw -Hill.Singapore
- Pichel John.2005.*Waste Management Practices Municipal,Hazardous, and
Industries*.CRC Press. New York