

**PERANCANGAN INCINERATOR PORTABEL UNTUK AREA  
PEMUKIMAN**

**Skripsi**

**Untuk memenuhi sebagian persyaratan dalam mencapai derajat sarjana S1 pada  
Jurusan Teknik Mesin Universitas Sultan Ageng Tirtayasa**



Disusun oleh :

**Farhan Insani Pratama**

**3331170068**

**JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA  
CILEGON – BANTEN  
2023**

## TUGASAKHIR

### Perancangan Incinerator Portable Untuk Area Pemukiman

Dipersiapkan dan disusun Oleh :

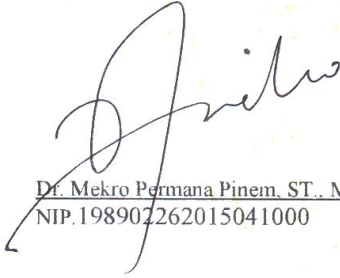
**Farhan Insani Pratama**  
3331170068

telah dipertahankan di depan Dewan Penguji  
pada tanggal, 14 Desember 2023

**Pembimbing Utama**

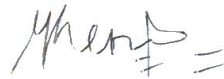


Dr. Eng. Agung Sudrajad, ST., M.Eng.  
NIP.197505152014041001



Dr. Mekro Permana Pinem, ST., MT.  
NIP.198902262015041000

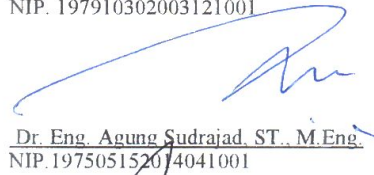
**Anggota Dewan Penguji**



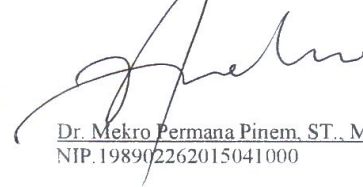
Dr. Ir. Ni Ketut Caturwati, MT.  
NIP.196706022001122001



Yusvardi Yusuf, ST., MT.  
NIP. 197910302003121001



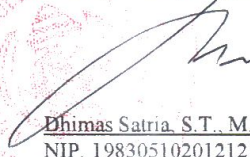
Dr. Eng. Agung Sudrajad, ST., M.Eng.  
NIP.197505152014041001



Dr. Mekro Permana Pinem, ST., MT.  
NIP.198902262015041000

**Tugas Akhir ini sudah diterima sebagai salah satu persyaratan  
untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik**

Tanggal: 28 Februari 2024  
Ketua Jurusan Teknik Mesin UNTIRTA



Dhimas Satria, S.T., M.Eng.  
NIP. 198305102012121006

## PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang Bertanda tangan dibawah ini,

Nama : Farhan Insani Pratama

NPM : 3331170068

Judul : Perancangan Incinerator Portabel Untuk Area Pemukiman

Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Universitas Sultan Ageng Tirtayasa,

### MENYATAKAN

Bahwa skripsi ini hasil karya Sendiri dan tidak ada duplikat dengan karya orang lain, kecuali untuk yang telah disebutkan sumbernya.

Cilegon, Desember 2023



Farhan Insani Pratama  
NPM. 3331170068

## **ABSTRAK**

### **Perancangan Incinerator Portabel Untuk Area Pemukiman**

Disusun Oleh:

**Farhan Insani Pratama**

**Nim.3331170068**

Pengolahan sampah Kampus Universitas Sultan Ageng Tirtayasa yang masih tergantung pada TPA Kota menjadi latar belakang pembuatan *incinerator* untuk pengolahan sampah, Skripsi bertujuan pada pembuatan *incinerator* menjadi alat pengolahan sampah pada Kampus. Hasil penelitian ini memberikan wawasan krusial untuk meningkatkan efisiensi pembakaran dan pengurangan emisi gas buang, menjadikan *incinerator* lebih ramah lingkungan dan efisien. Sampah tempat Pengolahan sampah yang tersedia dengan luas 1 m<sup>3</sup>. dimensi *incinerator* 800 mm x 800 mm x 1000 mm Hasil uji pembakaran berlangsung selama 57 menit sampai sampah terbakar baik dan menjadi abu. Dari 25 kg sampah yang dibakar massa sampah yang tersisa adalah 4.10 kg. Pembangunan *incinerator* membutuhkan anggaran sebesar Rp9,373,200.00. Dengan rancangan dan *incinerator* yang telah dibuat diharapkan menjadi solusi pengolahan sampah kampus.

**Kata Kunci :** *Incinerator*, Pengelolaan Sampah Kampus, Rancangan, Efisien

## **ABSTRACT**

### **Design of Portable Incinerator for Residential Areas**

Written by:

**Farhan Insani Pratama**

**Nim.3331170068**

The waste management at Sultan Ageng Tirtayasa University's campus relies on the city landfill as its background for the construction of an incinerator for waste management. The objective of this research is to create an incinerator as a waste processing tool on the campus. The research results provide crucial insights into improving combustion efficiency and reducing emissions, making the incinerator more environmentally friendly and efficient. The available waste processing area has a size of 1 m<sup>3</sup>. The dimensions of the incinerator are 800mm x 800 mm x 1000 mm. The combustion test lasted for 57 minutes until the waste was burned completely, leaving 4.10 kg of residue from the 25 kg of waste burned. The construction of the incinerator required a budget of Rp 9,373,200.00. With the designed and constructed incinerator, it is hoped to become a solution for campus waste management.

**Keywords :** Incinerator, Campus Waste Management, Designed, Efficient

## KATA PENGANTAR

Puji Syukur Kehadirat Allah Subhanahu wa Ta'ala yang telah melimpahkan rahmat dan karunianya sehingga Penulis dapat menyelesaikan Laporan tugas akhir dengan judul “Perancangan Incinerator Portabel Untuk Area Pemukiman”. Penulisan laporan ini bertujuan sebagai salah satu syarat menyelesaikan program Sarjana Stara-1 pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. juga diharapkan tulisan Laporan ini dapat berguna bagi masyarakat. Dalam penyelesaian banyak menerima bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, pada kata pengantar ini penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Dhimas Satria S.T, M. Eng., Selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
2. Bapak Dr.Eng. Agung Sudrajad, S.T, M. Eng., Selaku Dosen Pembimbing 1 Tugas Akhir.
3. Bapak Dr. Mekro Permana Pinem, S.T., M.T Selaku Dosen Pembimbing 2 Tugas Akhir.
4. Bapak Iman Saefullah S.T, M. Eng Selaku Pembimbing Akademik Jurusan Teknik Mesin Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
5. Ibu Miftahul Jannah, M, T., selaku Kepala Koordinator Tugas Akhir Jurusan Teknik Mesin Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.

Penulis memohon maaf kepada semua pihak apabila terdapat kesalahan selama penelitian dan penulisan dalam laporan ini. Oleh karena itu Kritik dan Saran yang membangun terbuka untuk penulis. Semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca umumnya dan bagi penulis. Dengan kerendahan hati Penulis.

Cilegon, 2023

Farhan Insani Pratama

## DAFTAR ISI

|  | Halaman    |
|--|------------|
| <b>HALAMAN JUDUL .....</b>                       | <b>i</b>   |
| <b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>                   | <b>ii</b>  |
| <b>PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....</b>          | <b>iii</b> |
| <b>ABSTRAK .....</b>                             | <b>iv</b>  |
| <b>ABSTRACT .....</b>                            | <b>v</b>   |
| <b>KATA PENGANTAR.....</b>                       | <b>vi</b>  |
| <b>DAFTAR ISI.....</b>                           | <b>vii</b> |
| <b>DAFTAR GAMBAR.....</b>                        | <b>iv</b>  |
| <b>DAFTAR TABEL.....</b>                         | <b>vi</b>  |
| <b>BAB I.....</b>                                | <b>1</b>   |
| 1.1    Latar Belakang .....                      | 1          |
| 1.2    Rumusan Masalah .....                     | 2          |
| 1.3    Batasan Masalah.....                      | 2          |
| 1.4    Tujuan Penelitian .....                   | 2          |
| 1.5    Manfaat Penelitian .....                  | 2          |
| <b>BAB II .....</b>                              | <b>3</b>   |
| 2.1. <i>Incinerator</i> .....                    | 3          |
| 2.2.    Jenis <i>Incinerator</i> .....           | 4          |
| 2.3.    Bagian - Bagian <i>Incinerator</i> ..... | 6          |
| 2.4.    Metode Perancangan Pahl dan Beitz.....   | 8          |
| 2.5.    Quality Function Deployment (QFD) .....  | 11         |
| <b>BAB III.....</b>                              | <b>14</b>  |
| 3.1    Diagram Alir .....                        | 14         |
| 3.2    Perancangan <i>Incinerator</i> .....      | 15         |
| 3.3    Pembuatan <i>Incinerator</i> .....        | 16         |
| 3.4    Prosedur Penelitian.....                  | 16         |
| 3.5    Alat dan Bahan.....                       | 17         |
| <b>BAB IV .....</b>                              | <b>23</b>  |
| 4.1.    Merancang <i>Incinerator</i> .....       | 23         |
| 4.1.1.    Penentuan Requirement List .....       | 23         |
| 4.1.2.    Penentuan House of Quality (HOQ) ..... | 24         |

|                       |   |           |
|-----------------------|---|-----------|
| 4.1.3.                | Penentuan Varian Terbaik.....                           | 26        |
| 4.1.4.                | Perancangan Insinerator .....                           | 29        |
| 4.2.                  | Pembuatan Incinerator .....                             | 30        |
| 4.2.1.                | Pembuatan Ruang Pembakaran.....                         | 30        |
| 4.2.2.                | Pemasangan Bata dan Semen Tahan Api.....                | 33        |
| 4.2.3.                | Pembuatan Sistem Udara Masuk .....                      | 35        |
| 4.2.4.                | Pembuatan Sistem Penyaring Saluran Udara Keluar .....   | 36        |
| 4.2.5.                | Pemasangan Pemantik Api Pembakar Sampah.....            | 38        |
| 4.2.6.                | Anggaran Biaya Pembuatan Incinerator .....              | 42        |
| 4.3.                  | Hasil Pengujian .....                                   | 43        |
| 4.3.1                 | Laju Aliran Massa Udara dan Bahan Bakar Pembakaran..... | 43        |
| 4.3.2                 | Perhitungan Laju Aliran Massa Bahan Bakar Sampah .....  | 47        |
| 4.3.3                 | Penentuan Nilai <i>Air Fuel Ratio</i> (AFR).....        | 50        |
| 4.3.1.                | Pengujian Emisi . .....                                 | 53        |
| <b>BAB V</b>          | .....   | <b>55</b> |
| 5.1                   | Kesimpulan .....  | 55        |
| 5.2                   | Saran.....  | 55        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA</b> | .....   | <b>56</b> |
| <b>LAMPIRAN</b>       | .....   | <b>58</b> |



## DAFTAR GAMBAR

|  | Halaman |
|--|---------|
| Gambar 2. 1 Fixed bed Incinerateor atau Reactor.....               | 4       |
| Gambar 2. 2 Moving Grate Incinerator (Stoker).....                 | 4       |
| Gambar 2. 3 Fluidized Bed Incinerator.....                         | 5       |
| Gambar 2. 4 Rotary Klin Incinerator .....                          | 5       |
| Gambar 2. 5 Blower .....   | 6       |
| Gambar 2. 6 Rotary Cup Oil Burner .....                            | 7       |
| Gambar 2. 7 Incinerator dan Electrostatic Precipitator (ESP) ..... | 7       |
| Gambar 2. 8 House Of Quality .....                                 | 12      |
| Gambar 3. 1 Diagram Alir .....                                     | 14      |
| Gambar 3. 2 Bata Tahan Api SK-34.....                              | 18      |
| Gambar 3. 3 Semen Tahan Api SK-34.....                             | 19      |
| Gambar 3. 4 Tangki Bahan Bakar.....                                | 19      |
| Gambar 3. 5 Arduino Uno R3 .....                                   | 20      |
| Gambar 3. 6 Thermocouple.....                                      | 22      |
| Gambar 3. 7 Thermo controller.....                                 | 22      |
| Gambar 4.1 Dimensi Ruang Bakar Incinerator.....                    | 30      |
| Gambar 4.2 Rangka Ruang Bakar.....                                 | 31      |
| Gambar 4.3 Dimensi Rangka Laci Pembakaran .....                    | 32      |
| Gambar 4.4 Dimensi Pintu Ruang Bakar .....                         | 33      |
| Gambar 4.5 Lapisan Ruang Bakar .....                               | 33      |
| Gambar 4.6 Dimensi Lapisan Ruang Bakar.....                        | 34      |
| Gambar 4.7 Dimensi Lapisan Batu Bata SK-34 .....                   | 34      |
| Gambar 4.8 Dimensi Sistem Udara Masuk.....                         | 35      |
| Gambar 4.9 Sistem Penyaring Udara Keluar .....                     | 36      |
| Gambar 4.10 Dimensi Pintu Tempat Penyaring Udara.....              | 37      |
| Gambar 4.11 Dimensi Tempat Penyaring Udara .....                   | 38      |
| Gambar 4.12Sistem Pemantik Api Pembakar Sampah.....                | 39      |
| Gambar 4.13 Dimensi Dudukan Tangki .....                           | 40      |
| Gambar 4.14 Dimensi Dudukan Burner.....                            | 41      |
| Gambar 4.15 Tangki Bahan Bakar.....                                | 45      |
| Gambar 4.16 Bukaan Katup Udara Blower .....                        | 47      |
| Gambar 4.17 Skema Laju Udara Primer .....                          | 48      |
| Gambar 4.18 Nilai AFR Berdasarkan Debit Aliran Udara .....         | 52      |
| Gambar 4.19 Pelat Filter ESP sebelum melakukan penyaringan.....    | 52      |
| Gambar 4.20 Pelat Filter ESP setelah melakukan penyaringan.....    | 53      |

## DAFTAR TABEL

|   | Halaman |
|---|---------|
| Tabel 2. 1 Spesifikasi Blower NRT-Pro .....                                 | 6       |
| Tabel 2. 2 Spesifikasi Burner HORNG MIN .....                               | 7       |
| Tabel 3. 1 Bata Tahan Api SK-34.....  | 18      |
| Tabel 3. 2 Semen Tahan Api SK-34 .....                                      | 19      |
| Tabel 3. 3 Spesifikasi Arduino Uno R3 .....                                 | 20      |
| Tabel 3. 4 Spesifikasi Thermocouple Type K.....                             | 21      |
| Tabel 4. 1 Requirement List <i>incinerator</i> .....                        | 23      |
| Tabel 4. 2 House of Quality .....   | 24      |
| Tabel 4. 3 Varian Incinerator 1 .....                                       | 26      |
| Tabel 4. 4 Varian Incinerator 2 .....                                       | 27      |
| Tabel 4. 5 Solusi Varian Alat.....  | 28      |
| Tabel 4. 6 Rencana Anggaran Biaya.....                                      | 41      |
| Tabel 4. 7 Kecepatan Udara Per Bukaannya Katup.....                         | 44      |
| Tabel 4. 8 Blower Nilai Laju Aliran Massa Udara Berdasarkan Bukaannya ..... | 47      |
| Tabel 4. 9 Katup Berat Akhir Bahan Bakar Sampah .....                       | 47      |

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pengelolaan sampah merupakan salah satu masalah serius yang sedang terjadi saat ini. Semakin tinggi tingkat pertumbuhan penduduk mengakibatkan banyaknya masyarakat yang menghasilkan sampah. Begitu pun dengan pengelolaan sampah di Universitas Sultan Ageng Tirtayasa dibangunnya kampus baru di Sindangsari memberi dampak positif yaitu bertambahnya jumlah mahasiswa yang bisa belajar di kampus baru tersebut. Namun dengan bertambahnya mahasiswa yang ada di kampus baru menimbulkan masalah baru yaitu volume sampah yang bertambah.

Pengelolaan sampah kampus Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa yang berada di Cilegon masih bergantung kepada Tempat Pemrosesan Akhir (TPA). Pola penanganan sampah yang masih bergantung pada kota Cilegon. Salah satu dari solusinya dalam pengelolaan sampah yaitu berupa pembakaran dengan menggunakan sebuah alat dengan instalasi pembakar sampah yang disebut dengan *incinerator*. Penggunaan alat *incinerator* akan dapat mengurangi dampak dari negatif proses pembakaran diruang terbuka seperti asap, bau, radiasi dan panas yang dihasilkan dari pembakaran serta akan membuka upaya pemanfaatan energi panas hasil dari pembakaran sampah tersebut. Suhu yang didapatkan pada proses pembakaran alat *incinerator* dapat mencapai 1000 °C sehingga sampah yang dibakar tersebut dapat menjadi abu.

Berdasarkan permasalahan sampah yang saat ini terjadi di Kampus Universitas Sultan Ageng Tirtayasa dapat disimpulkan aktivitas Mahasiswa di Kampus menghasilkan sampah menimbulkan permasalahan volume timbulan sampah tinggi pengelolaan sampah yang masih bergantung pada Tempat Pembuangan Akhir Sampah setempat akan berdampak menumpuknya sampah di TPA membuat penyebaran penyakit di daerah TPA menjadi lebih cepat solusinya dibutuhkan pengelolaan sampah kampus yang efisien yaitu salah satu caranya

adalah dengan *incineration*. Maka penelitian ini bertujuan untuk membuat *incinerator* sebagai usaha untuk mengelola sampah kampus.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini ialah sebagai berikut:

1. Bagaimana desain dan membangun alat *incinerator portable* untuk area pemukiman
2. Bagaimana Analisa *House Of Quality* dari rancangan *incinerator portable* diarea pemukiman?

## **1.3 Batasan Masalah**

Agar pembahasan tidak mengarah keluar topik pembahasan, maka diberikan batasan masalah yaitu bahan (sampah) yang digunakan untuk pembakaran adalah kertas, daun, dan Plastik karena bahan ini adalah sampah yang banyak dihasilkan dikampus.

## **1.4 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Merancang dan membangun *Incinerator*.
2. Mendapatkan spesifikasi alat pembakar sampah *portable* dengan metode QFD (*Quality Function Deployment*).

## **1.5 Manfaat Penelitian**

Dari hasil penelitian bisa dilihat beberapa manfaatnya, Mahasiswa dapat merancang *incinerator portable* sesuai dengan kebutuhan.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. *Incinerator***

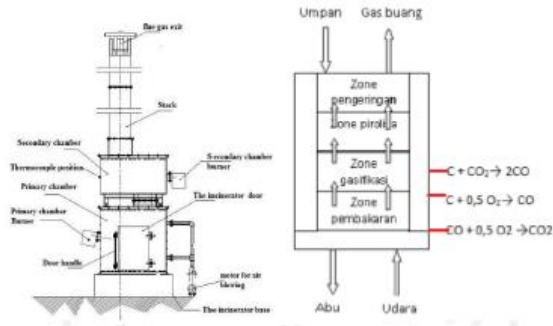
*Incinerator* merupakan suatu teknologi pengolahan limbah yang melibatkan pembakaran sampah pada temperatur tinggi (Abid, 2014). Teknologi *incinerator* dan system pengolahan sampah temperatur tinggi lainnya digambarkan sebagai “perlakuan termal”. *Incineration* menkonversi barang sisa atau sampah menjadi panas yang dapat digunakan untuk menghasilkan energi seperti listrik. Salah satu cara teknologi pengolahan limbah adalah dengan menggunakan teknologi *incineration*, dan alat yang digunakan disebut dengan *incinerator*, pengolahan sampah dengan *incinerator* terutama bertujuan untuk mengurangi volume dari sampah itu sendiri sampai sekecil mungkin, kemudian juga untuk mengolah sampah tersebut supaya menjadi tidak berbahaya bagi lingkungan serta stabil secara kimiawi (Dwi Utami, 2016).

Teknologi *incinerator* berfungsi sebagai suatu alternatif untuk metode pengolahan sampah tempat pembuangan akhir dan proses biologis seperti pengomposan dan *incineration* biogas. Teknologi ini mempunyai manfaat yang kuat terutama sekali untuk pengolahan jenis tertentu di daerah rumah sakit yang menghasilkan sampah klinis dan tempat menghasilkan sampah berbahaya tertentu yang mana racun hanya dapat dihancurkan dengan temperatur tinggi (Rachmasari et al., 2022). Potensi pembangkit listrik yang menggunakan pembakaran sampah perkotaan dan metode non-termal lainnya dari energi yang berbasis sampah seperti biogas sedang terus meningkat yang dilihat sebagai suatu strategi penganeka-ragaman energi potensial. Teknologi ini populer di negara Jepang yang mana lahan adalah suatu hal yang langka. Swedia telah menjadi pemimpin dalam menggunakan energi yang dihasilkan dari teknologi insinerasi ini dalam 20 tahun silam.

## 2.2. Jenis Incinerator

Terdapat berbagai jenis – jenis *incinerator* di dunia, berikut ini adalah teknologi *incinerator* yang umum digunakan.

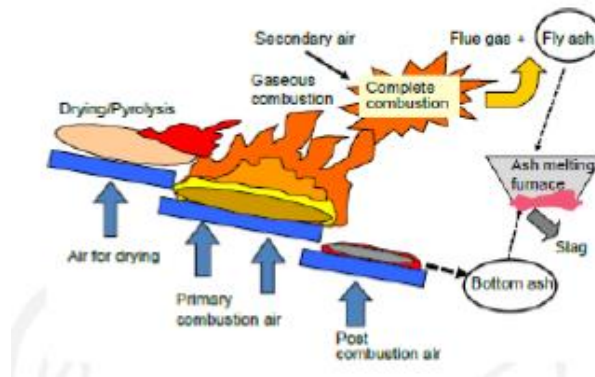
### a. *Fixed bed Incinerator* atau *Reactor*



**Gambar 2.1** *Fixed bed Incinerator* atau *Reactor*  
(Sumber : Modul Pelatihan Teknologi WtE Termal Insinerasi)

Prinsip kerjanya yaitu sampah yang dibakar mempunyai beberapa zona mulai dari zona pembakaran, zona gasifikasi, zona pirolisa dan zona pengeringan (Omari et al., 2015).

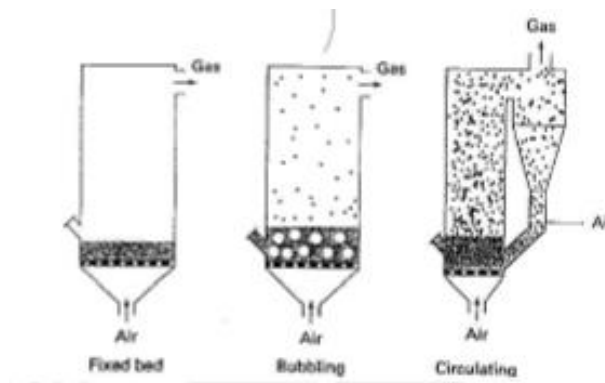
### b. *Moving Grate Incinerator (Stoker)*



**Gambar 2.2** *Moving Grate Incinerator (Stoker)*  
(Sumber : Modul Pelatihan Teknologi WtE Termal Insinerasi)

Tujuan utama dari tipe ini yaitu pendistribusian udara yang baik pada ruang pembakaran, sekaligus mampu mengolah sampah dengan variasi dan jumlah yang besar (Jiang et al., 2020).

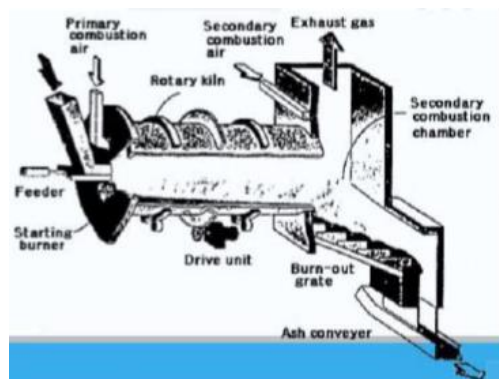
### c. *Fluidized Bed Incinerator*



**Gambar 2. 3** *Fluidized Bed Incinerator*  
 (Sumber : Modul Pelatihan Teknologi WtE Termal Insinerasi )

*Fluidized Bed Incinerator* merupakan alat yang menggunakan media pasir seperti pasir kuarsa atau pasir silika, sehingga akan terjadi pencampuran (*mixing*) antara udara dengan butiran – butiran pasir tersebut (Van Caneghem et al., 2012).

d. *Rotary Klin Incinerator*



**Gambar 2. 4** *Rotary Klin Incinerator*  
 (Sumber : Modul Pelatihan Teknologi WtE Termal Insinerasi)

*Rotary Klin Incinerator* merupakan jenis *incinerator* dimana rotasi dan sudut kemiringan dari tanur (*klin*) menyebabkan bergerakanya sampah dan meningkatkan efektifitas percampuran sampah dengan udara (Liu et al., 2020).

### 2.3. Bagian - Bagian *Incinerator*

*Incinerator* memiliki bagian-bagian penting yang harus diperhatikan dalam pengoperasiannya. Bagian-bagian penting tersebut di antaranya terdiri dari ruang bakar tempat terjadinya pembakaran, *Blower* sebagai distributor penyebar aliran udara secara seragam dan menyeluruh, *Burner* sebagai alat pemantik awal pembakaran, dan alat penyaring emisi.

a. Ruang Bakar

Ruang bakar merupakan ruang tempat meletakkan bahan bakar yaitu sampah, proses pembakaran terjadi pada ruang terjadi proses pembakaran.

b. *Blower*

*Blower* berfungsi untuk medistribusikan aliran udara dari *blower* secara seragam pada seluruh ruang bakar. Distribusi udara memiliki pengaruh terhadap pembakaran sebagai distribusi oksigen untuk proses pembakaran. *Blower* yang digunakan dalam penelitian ini adalah *blower NRT-Pro*. *Blower* digunakan untuk menambahkan udara kedalam tungku pembakan.

**Tabel 2. 1** Spesifikasi *Blower NRT-Pro*

| Ukuran | Daya  | Cycles | Tegangan | RPM             |
|--------|-------|--------|----------|-----------------|
| 3"     | 370 W | 50/60  | 220 V    | 3000/3600 r/min |



**Gambar 2. 5** *Blower*

c. *Burner*

*Burner* merupakan komponen penting dari berfungsi sebagai pemantik awal pembakaran. *Burner* yang digunakan pada penelitian kali ini menggunakan bahan bakar solar dengan campuran oli bekas. Semakin besar



nilai kapasitas kalor yang dimiliki burner semakin baik dan efektiflah burner tersebut. *Burner* yang digunakan dalam penelitian ini jenis *rotary cup oil burner*.

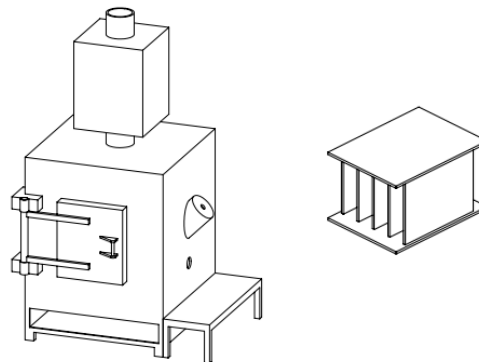
**Tabel 2. 2** Spesifikasi Burner HORNG MIN

| HP | Voltage     | Cycle | RPM             |
|----|-------------|-------|-----------------|
| 1  | 220 - 380 V | 50/60 | 3000-3600 r/min |



**Gambar 2. 6** *Rotary Cup Oil Burner*

d. Alat penyaring emisi



**Gambar 2. 1** *Incinerator dan Electrostatic Precipitator (ESP)*

Alat penyaring emisi berfungsi sebagai penyaring udara sisa pembakaran. Alat ini harus dapat memisahkan partikel - partikel hasil pembakaran. Agar udara yang dilepaskan ke udara bebas bersih dari partikel berbahaya. Pada saat proses pembakaran *output* yang dikeluarkan berupa

asap yang bisa menyebabkan pencemaran udara, maka dari itu sebelum asap hasil proses pembakaran di keluarkan maka terlebih dahulu di filter oleh *Electrostatic Precipitator* (ESP). *Electrostatic Precipitator* adalah salah satu perangkat yang berfungsi untuk menangkap abu hasil proses pembakaran dengan mengendapkan partikel mikro serta memanfaatkan pengaruh gaya elektrostatis. Dengan begitu kita dapat mengendalikan emisi hasil pembakaran tersebut agar tidak mencemari lingkungan di sekitar.

Dalam Perbandingan Asap yang Keluar dari Alat Pembakar sampah menggunakan EsP dan Tidak Menggunakan EsP Untuk penggunaan filter *Electrostatic Precipitator* (EsP) pada incinerator terdapat perbedaan luas area average partikulat yang lebih besar dibandingkan dengan tidak menggunakan *filter Electrostatic Precipitator* (EsP). Semakin kecil ukuran partikulat maka akan semakin berbahaya bagi tubuh dikarenakan lebih mudah masuk kedalam saluran pernafasan.

#### **2.4. Metode Perancangan Pahl dan Beitz**

Perancangan merupakan kegiatan awal untuk merealisasikan suatu produk yang dibutuhkan oleh masyarakat. Setelah perancangan selesai maka kegiatan selanjutnya adalah pembuatan produk. Kegiatan tersebut dilakukan oleh dua orang atau dua kelompok orang dengan keahlian masing-masing, yaitu perancangan dilakukan oleh tim perancang dan pembuatan produk oleh tim pembuat produk. Salah satu metode perancangan yang banyak digunakan dalam perancangankonstruksi mesin adalah metode perancangan Pahl and Beitz (Pahl et al., 2007). Metode perancangan ini dapat diaplikasikan pada semua aspek teknik perancangan walaupun tidak secara spesifik dapat diaplikasikan pada lini produksi.

Pahl dan Beitz mengusulkan cara merancang produk sebagaimana yang dijelaskan dalam bukunya *Engeneering Design : A Systematic Approach*. Pada perancangan dengan metode Pahl and Beitz terdiri dari 4 (empat) tahapan

kegiatan atau fase, masing-masing terdiri dari beberapa langkah. Fase-fase tersebut yaitu:

1. Perencanaan dan penjelasan tugas: spesifikasi dari suatu informasi.
2. Perancangan konsep; spesifikasi dari suatu prinsip solusi (konsep).
3. Perancangan bentuk: spesifikasi dari suatu layout (konstruksi).
4. Perancangan detail: spesifikasi dari suatu produksi.

Dalam semua kasus rencana prosedural harus diterapkan dalam cara yang fleksibel dan disesuaikan dengan situasi masalah tertentu. Pada akhir setiap pengerjaan utama dan pada langkah keputusan, seluruh pendekatan harus dinilai dan disesuaikan jika diperlukan.

Adapun 4 (empat) fase utama sebagai berikut:

a. Perencanaan dan Penjelasan Tugas

Terlepas dari apakah tugas didasarkan pada proposal produk yang berasal dari proses perencanaan produk atau pesanan pelanggan tertentu, perlu untuk memperjelas tugas yang diberikan secara lebih rinci sebelum memulai pengembangan produk. Tujuan pada fase ini adalah untuk mengumpulkan Informasi tentang persyaratan yang harus dipenuhi oleh produk, dan juga tentang kendala dan kepentingan yang ada. Kegiatan ini menghasilkan spesifikasi informasi dalam bentuk daftar persyaratan (*requirements list*) *demands* dan *wishes* yang difokuskan dan diseting pada produk, kepentingan proses desain dan langkah-langkah kerja berikutnya. Pada fase ini digunakan metode *House of Quality* (HoQ) untuk menjabarkan berbagai kebutuhan dan keinginan dari produk yang akan dirancang. Hasil dari fase ini yaitu berupa spesifikasi produk yang akan digunakan pada tahap berikutnya.

b. Perancangan Konsep

Bedasarkan spesifikasi produk hasil fase pertama, dilakukan analisa dan dilanjutkan dengan memetakan struktur fungsi komponen sehingga dicarilah beberapa konsep produk yang dapat memenuhi persyaratan persyaratan dalam spesifikasi tersebut. Konsep produk tersebut merupakan solusi dari

masalah perancangan yang harus dipecahkan. Beberapa varian konsep produk kemudian dijabarkan dan harus dievaluasi. Evaluasi tersebut haruslah dilakukan beberapa kriteria khusus seperti kriteria teknis, kriteria ekonomis dan lain-lain. Konsep produk yang tidak memenuhi persyaratan-persyaratan dalam spesifikasi produk, dieliminasi dan tidak diproses lagi dalam fase-fase berikutnya, sedangkan dari beberapa konsep produk yang memenuhi kriteria dapat dipilih solusi terbaik.

c. Perancangan Bentuk

Pada fase ini, perancang memulai dari konsep, menentukan struktur konstruksi dari sistem teknis, perhitungan-perhitungan teknik dan kriteria ekonomi sehingga menghasilkan spesifikasi *layout*. Konsep produk yang sudah digambarkan pada *preliminary layout*, sehingga dapat diperoleh beberapa *preliminary layout*. *Preliminary layout* masih dikembangkan lagi menjadi *layout* yang lebih baik lagi dengan meniadakan kekurangan dan kelemahan yang ada. Kemudian dilakukan evaluasi terhadap beberapa *preliminary layout* yang sudah dikembangkan lebih lanjut berdasarkan kriteria ekonomis yang lebih ketat untuk memperoleh *layout* yang terbaik yang disebut *definitive layout*. *Definitive layout* diperiksa dari segi kemampuan melakukan fungsi produk, kekuatan, kelayakan finansial dan lain-lain.

d. Perancangan Detail

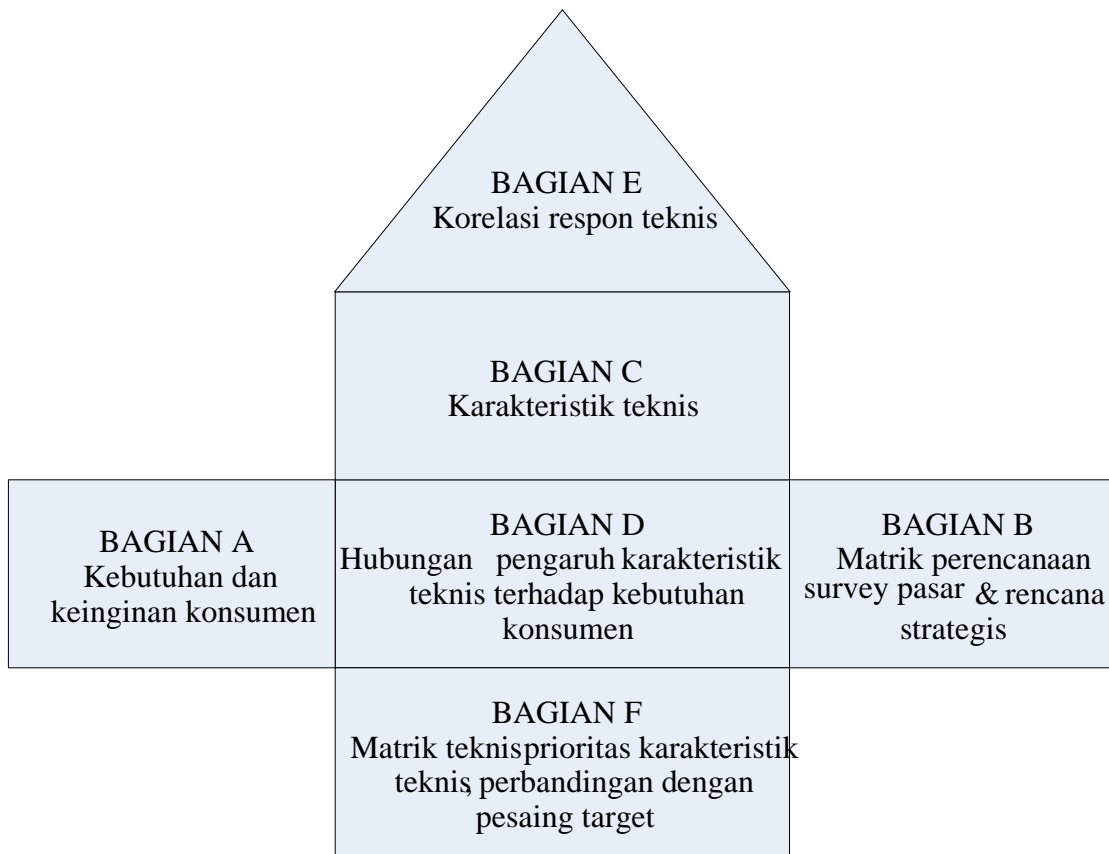
Pada fase perancangan detail, maka susunan komponen produk, bentuk, dimensi, kehalusan permukaan, material dari setiap komponen produk ditetapkan. Demikian juga kemungkinan cara pembuatan setiap produk sudah dieksplorasi, perkiraan biaya sudah dihitung dan semua gambar dan dokumen pembuatan dihasilkan. Hasil akhir fase ini adalah gambar detail teknik, daftar material, dan spesifikasi produk untuk pembuatan, hal tersebut disebut dokumen untuk pembuatan produk.

## 2.5. Quality Function Deployment (QFD)

Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu Quality Function Deployment (QFD). QFD berasal dari Jepang pada tahun 1960-an. QFD bukan hanya untuk mengontrol kualitas dalam proses manufaktur, akan tetapi QFD menetapkan pengukuran kualitas sebagai perbaikan dan desain. Dengan metode QFD peneliti dapat melakukan pendekatan untuk mengetahui suatu hal yang diinginkan konsumen serta dapat menerjemahkan keinginan konsumen dalam desain teknis, *manufacturing*, dan perencanaan produksi yang tepat. Dengan QFD peneliti dapat melaksanakan tugasnya secara sistematis guna menentukan cara terbaik dalam memenuhi keinginan konsumen

Penggunaan QFD dapat mengurangi waktu desain sebesar 40% dan menghemat biaya desain sebesar 60 % secara bersamaan dengan dipertahankan dan ditingkatkan kualitas desain. Beberapa manfaat lainnya yang didapat dari penggunaan QFD yaitu mengurangi biaya, meningkatkan pendapatan, dan mengurangi waktu produksi (Baczkowicz & Gwiazda, 2015; Ionica & Leba, 2015). Tahapan dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut: 1. Identifikasi Kebutuhan Konsumen Identifikasi kebutuhan konsumen ini bertujuan untuk mengidentifikasi kebutuhan konsumen terhadap alat pemipil biji jagung dan kemudian menerjemahkannya ke dalam karakteristik teknis sehingga dapat membuat produk yang sesuai dengan kebutuhan konsumen.

Tahapan selanjutnya menggambarkan *house of quality* yang merupakan gabungan semua karakteristik teknik, atribut yang diinginkan konsumen terhadap atribut yang sama. Pembuatan matriks *House of Quality (HOQ)* bertujuan untuk mengetahui apa saja kebutuhan yang diinginkan konsumen serta memenuhi kebutuhan dan harapan konsumen



### 2.7 Gambar House of quality

Bagian A: terdiri dari sejumlah kebutuhan dan keinginan konsumen yang didapat dari survey pasar

Bagian B: terdiri dari (1) bobot kepentingan kebutuhan konsumen (2) tingkat kepuasan pelanggan terhadap produk dan jasa (3) tingkat kepuasan pelanggan terhadap produk atau jasa dari perusahaan pesaing

Bagian C: berisi persyaratan-persyaratan teknis untuk produk atau jasa baru yang akan dikembangkan. Data ini merupakan turunan informasi dari matrik A (kebutuhan dan keinginan konsumen).

Bagian D: terdiri dari penelitian manajemen mengenai hubungan antar elemen yang terdapat di matrik C (karakteristik teknis) terhadap matrik A (kebutuhan dan keinginan konsumen) yang dipengaruhi. Hubungan kuat lemahnya ditandai dengan simbol.

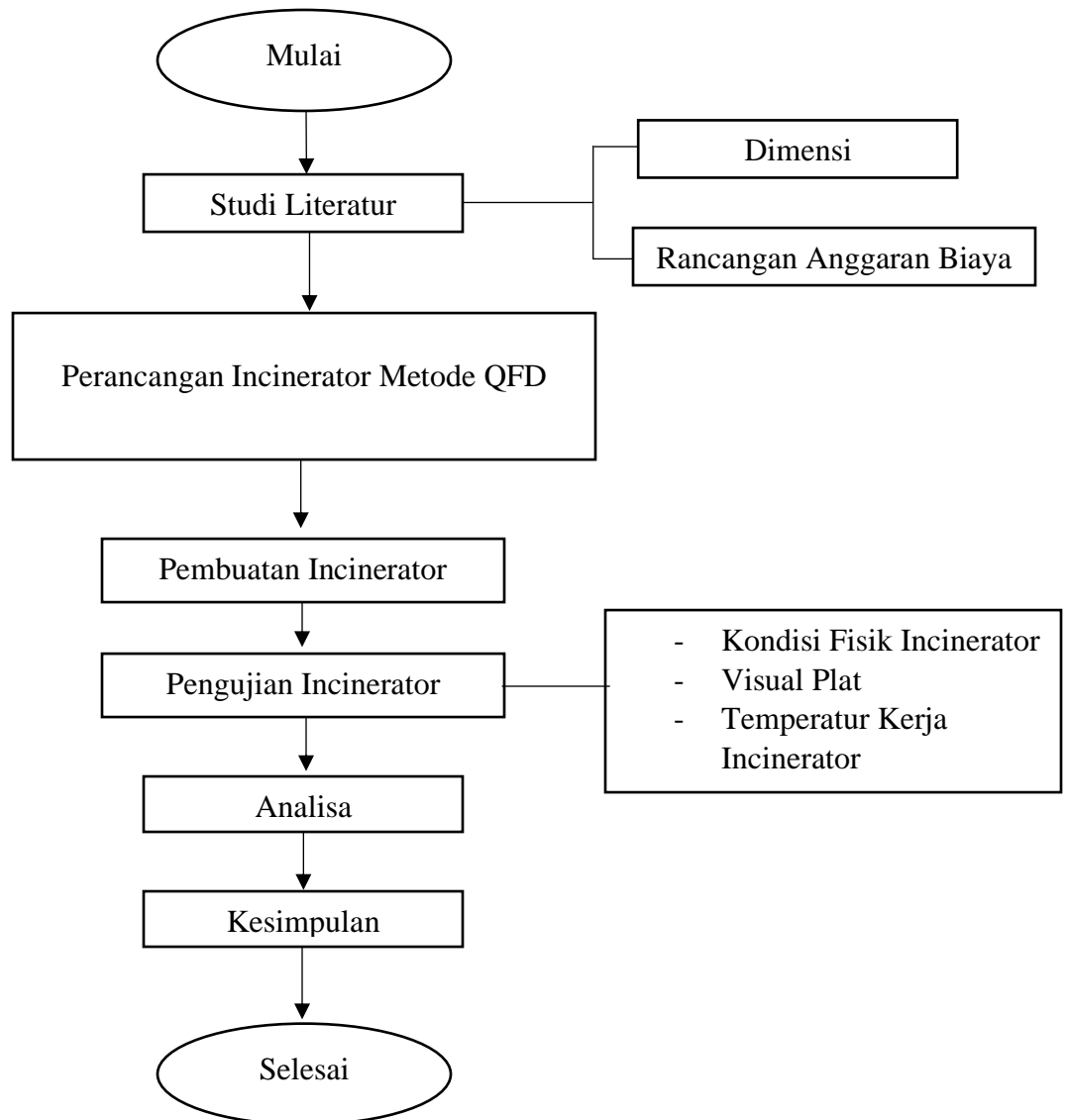
Bagian E: menggambarkan hubungan antara persyaratan teknis yang satu dengan lainnya yang terdapat di matrik C. Hubungan tersebut diterangkan dengan simbol.

Bagian F: menggambarkan informasi untuk membandingkan kinerja teknis produk atau jasa yang dihasilkan oleh perusahaan dengan produk atau jasa yang dihasilkan perusahaan pesaing (3) target kinerja persyaratan teknis produk atau jasa yang baru dikembangkan. Penelitian menguraikan cara yang digunakan untuk menyelesaikan masalah. Meliputi alat, bahan dan metode yang digunakan dalam pemecahan masalah.

## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Diagram Alir

Berikut ini adalah diagram alir penelitian kali ini



**Gambar 3. 1** Diagram Alir



1. Mulai

Penelitian dimulai dengan tahap memahami gambaran awal dalam penelitian mengenai pembakaran sampah yang dilakukan dengan menggunakan *incinerator*.

2. Studi Literatur

Studi Literatur merupakan kegiatan mencari sumber referensi literasi untuk penelitian dengan mempelajari dari berbagai penelitian jurnal sebelumnya tentang perencanaan pembuatan alat pembakar sampah.

3. Perancangan *Incinerator* kapasitas 25 kg

Merancang struktur rangka dan komponen untuk *incinerator*.

4. Pembuatan *Incinerator*

Membuat *incinerator* sesuai dengan rancangan yang telah dibuat.

5. Pengujian *Incinerator*

Pengujian *incinerator* dilakukan Ketika melaksanakan pengujian saat pembakaran sampah dengan mendapatkan besaran nilai temperature maksimal alat dan hasil pembakaran sampah dengan baik.

6. Analisa

Setelah dilakukan pengujian dan dilihat hasilnya maka proses berikutnya adalah melakukan Analisa dari hasil pengujian.

7. Kesimpulan

Dari Analisa dan pembahasan kemudian dapat ditarik kesimpulan.

8. Selesai

Penelitian Selesai.

### **3.2 Perancangan *Incinerator***

Prosedur yang dilakukan pada proses rancang bangun alat pembakar sampah ini adalah sebagai berikut:

1. Menentukan Kebutuhan Alat pembakar sampah menggunakan metode QFD.
2. Membuat Gambar Sketsa Berdasarkan kebutuhan
3. Membuat Gambar detail alat dengan Aplikasi CAD,

4. Menentukan Rancang Anggaran Biaya Untuk Pembuatan alat, Pengujian Meliputi Berapa lama proses pembakaran agar sampah terbakar dengan baik, Menguji Suhu maksimal yang dihasilkan alat pembakar sampah.

### 3.3 Pembuatan Incinerator

Prosedur yang dilakukan pada proses rancang bangun alat pembakar sampah ini adalah sebagai berikut:

1. Membuat Rangka alat pembakar sampah menurut gambar detail yang sudah dibuat.
2. Memasang Komponen Seperti *Burner*, *Blower*, Termokopel dan ESP.

### 3.4 Prosedur Penelitian

Adapun Prosedur Pengujian emisi Incinerator adalah sebagai berikut:

1. Mempersiapkan *incinerator* untuk melakukan proses pembakaran yaitu dengan melakukan penempatan *burner* dengan *blower* pada lubang masukan yang terdapat pada *incinerator*.
2. Mempersiapkan alat uji *gas analyzer* yang akan digunakan untuk mengambil data berupa gas buang yang dihasilkan oleh *incinerator*
3. Mempersiapkan sistem penyaring gas buang dengan melakukan pemasangan penyaring *electrostatic precipitator* dan menghubungkannya dengan *power supply* kemudian melakukan test alat untuk memastikan apakah *electrostatic precipitator* berfungsi dengan baik.
4. Menghubungkan termokopel yang terdapat pada *incinerator* dengan *datalogger* untuk mengambil data temperatur
5. Memasukkan bahan bakar kedalam tabung bahan bakar yang kemudian akan disalurkan ke *burner*
6. Memasukkan sampah sebanyak 5 kg kedalam *incinerator*
7. Memanaskan corong *burner* agar api dapat menyala secara langsung.
8. Menyalakan *burner* diiringi dengan mengatur bukaan udara dan laju aliran bahan bakar hingga api dapat menyala secara stabil

9. Menyalakan *blower* dan mengatur bukaan katup udara
10. Mengambil data menggunakan *gas analyzer* pada *sampling point* yang telah ditentukan
11. Setelah selesai mengambil data dan proses pembakaran selesai. merapikan kembali *incinerator* untuk digunakan lagi pada proses pembakaran selanjutnya.

Adapun tahapan penelitian menganalisa nilai Air Fuel Ratio pada pembakaran di *incinerator* adalah sebagai berikut:

1. Persiapan untuk diposisikannya alat *incinerator* beserta alat pendukung lainnya seperti tangki bahan bakar, *burner*, *blower* dan *thermocouple*.
2. Pengecekan dilakukan terhadap alat ukur yang akan digunakan yaitu alat ukur temperatur (*thermocouple*).
3. Penempatan pipa saluran udara untuk *blower* dan letakkan *blower* di ujung lubang pipa yang terbuka.
4. Disiapkannya sampah berjenis anorganik yang kering dan mudah dibakar seberat 25 kg dan 5 kg yang sudah melalui pemilahan sampah berdasarkan jenis-jenis sampah lalu dihitung berat sampah per jenis sampah dan jika sudah ditimbang maka akan dicampur jenis-jenis sampah tersebut hingga mencapai berat sampah yang sudah ditentukan yaitu 25 kg atau 5 kg sampah total.
5. Dituangkan bahan bakar berjenis solar ke dalam 17angka bahan bakar dan diukur takaran banyaknya bahan bakar yang dimasukkan sebanyak 6 L di setiap pengujian.

### **3.5 Alat dan Bahan**

#### *1. Bata Tahan Api SK-34*

Bata tipe SK-34 ini dapat bertahan pada temperatur yang tinggi hingga 1300 °C. Bata ditempatkan di sekitar dinding tungku ruang pembakaran untuk menghambat hantaran panas dari *Burner* langsung ke dinding plat logam ruang

tungku juga untuk mengurangi perubahan fisik dan fisis pada plat akibat pembakaran yang temperatur bisa mencapai 1300 °C (Pranaka, 2022), berikut ini adalah spesifikasi *fire bricks* SK-34

**Tabel 3. 1** Bata Tahan Api SK-34

|                                    |                                |       |
|------------------------------------|--------------------------------|-------|
| Physical Properties                | SK-34                          |       |
| Max. service temperature           | 1300 °C                        |       |
| Apparent Porosity                  | 19- 22 %                       |       |
| Bulk Density                       | 1.98-2.1 t/m <sup>3</sup>      |       |
| Cold Crushing Strength             | < 230 Kg/cm <sup>2</sup>       |       |
| Thermal Conductivity               | 1.07 W/m <sup>3</sup>          |       |
| Permanent Linear Change at 1300 °C | ± 0.22%                        |       |
| Chemical Composition               | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | ≥ 40% |
|                                    | SiO <sub>2</sub>               | ≤ 55% |



**Gambar 3.2** Bata Tahan Api SK-34

## 2. Semen Tahan Api SK-34

Semen yang digunakan yaitu jenis semen tahan api (*fire mortar*) tipe SK-34. Semen ini memiliki fungsi yang berbeda dari semen pada umumnya, yaitu untuk merekatkan bata tahan api. Hal ini dikarenakan untuk dapat menahan bata-bata supaya tetap berdiri tegak dan saling melekat di dinding bagian dalam tungku ketika selama pembakaran berlangsung. Semen tahan api ini memiliki spesifikasi sebagai berikut:

**Tabel 3.2** Semen Tahan Api SK-34

|                          |                                |   |
|--------------------------|--------------------------------|---|
| Physical Properties      |                                | SK-34                                     |
| Max. service temperature |                                | 1300 °C                                   |
| Thermal Conductivity     |                                | 1.16 W/m°C                                |
| Material Required        |                                | 200-250 kg Per<br>1000 pcs fire<br>bricks |
| Chemical Composition     | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | ≥ 40%                                     |



**Gambar 3.3** Semen Tahan Api SK-34

### 3. Tangki Bahan Bakar

Tangki untuk menampung bahan bakar, jenis yang digunakan adalah campuran solar dan oli bekas, yang akan di alirkan ke saluran burner untuk menyalakan api.



**Gambar 3.4** Tangki Bahan Bakar

### 4. Arduino Uno R3

Arduino Uno R3 adalah sebuah board mikrokontroler open-source yang dikembangkan oleh Arduino.cc. Board ini didasarkan pada mikrokontroler

ATmega328P dan dilengkapi dengan 14 pin input/output digital (dari 14 pin tersebut, 6 dapat digunakan sebagai output PWM, 6 input analog, sebuah resonator keramik 16 MHz, koneksi USB, jack daya, header ICSP, dan tombol reset (Sasmoko, 2021). Board ini dapat digunakan untuk berbagai aplikasi, seperti mengontrol suhu menggunakan termokopel (Mahfudh et al., 2021). Dengan menggunakan alat kita dapat membuat program yang dapat mencatat suhu yang sudah diukur oleh termokopel lalu sinyal dari termokopel di ubah menjadi sinyal listrik dan dicatat oleh komputer. Arduino Uno R3 adalah alat mikrokontroler yang digunakan untuk merekam data temperatur secara *real time* terhadap *thermocouple type K*.

**Tabel 3. 3** Spesifikasi Arduino Uno R3

|                      |                                     |
|----------------------|-------------------------------------|
| Mikrokontroler       | ATMega328p (DIP Chip atau SMD Chip) |
| Tegangan Output      | 6-20V                               |
| Tegangan Operasional | 5V DC                               |
| Kabel Data           | USB A to USB B                      |
| Flash Memori         | 32 KB                               |
| Clock Speed          | 16 MHz                              |



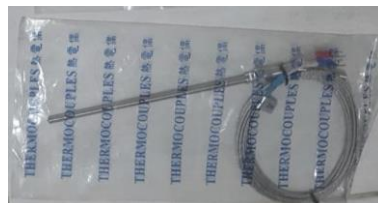
**Gambar 3.5** Arduino Uno R3

## 5. Termokopel

Pengertian Termokopel merupakan sebuah sensor suhu yang terdiri dari dua buah logam yang memanfaatkan perubahan suhu benda menjadi tegangan listrik. Ketika terdapat perbedaan suhu antara ujung panas dan ujung dingin dari termokopel, maka akan tercipta gaya elektromotif atau tegangan yang dihasilkan oleh termokopel dapat diukur menggunakan voltmeter atau pengontrol suhu (Sari et al., 2018). Termokopel sering digunakan pada penelitian karena harga yang murah dan mampu mengukur temperature dari  $-200^{\circ}\text{C}$  hingga  $1300^{\circ}\text{C}$ . sehingga cocok untuk mengukur panas yang dihasilkan oleh insinerator yang butuh temperature  $1000^{\circ}\text{C}$  untuk membakar sampah dengan baik. Banyak jenis dari termokopel bias dibedakan oleh jenis material logam yang digunakan atau berapa rentang suhu yang dapat diukur oleh termokopel tersebut. Termokopel jenis K dapat mengukur suhu dengan rentang  $-200^{\circ}\text{C}$  hingga  $1300^{\circ}\text{C}$  (Marto et al., 2018). sehingga jenis termokopel ini sering digunakan pada penelitian dan harga termokopel jenis ini lebih murah. *Thermocouple* adalah alat yang digunakan untuk mengukur temperatur tinggi pada saat proses pembakaran di dalam tungku *incinerator*.

**Tabel 3. 4** Spesifikasi Thermocouple Type K

| Range                            | Accuracy                | Unit of Measurament                     | Storage         | Logging Rate                 |
|----------------------------------|-------------------------|---|-----------------|------------------------------|
| $-200$ to $1370^{\circ}\text{C}$ | $\pm 1^{\circ}\text{C}$ | $^{\circ}\text{C}$ , $^{\circ}\text{F}$ | 32,000 readings | From 1 second up to 24 hours |



**Gambar 3.6** Thermocouple Type K

## 6. Thermo Controller

Untuk mengukur suhu menggunakan termokopel, diperlukan termokontroler yang dapat mengubah perbedaan suhu yang terdeteksi oleh termokopel menjadi sinyal listrik yang dapat diolah oleh perangkat elektronik pengontrol suhu (Barriere, 2018). Pada penelitian ini termokontroler digunakan untuk memantau suhu pada dalam *incinerator*. Pembaca temperatur yang mengubah sinyal dari termokopel menjadi sinyal listrik, menampilkan display dengan satuan *temperature celcius*.



**Gambar 3.7** Thermo controller



## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Merancang Incinerator

Berikut ini tahapan perancangan alat pembakar sampah :

##### 4.1.1. Penentuan Requirement List

Mendefinisikan *requirement list* atau mendefinisikan kriteria merupakan proses perumusan fungsionalitas yang diharuskan dan tidak diharuskan pada alat yang dirancang. Kriteria yang ditentukan dapat berupa informasi mengenai fungsi, geometri, material, manufaktur, operasi, biaya dan faktor keamanan dalam desain. Kemudian untuk menentukan kriteria alat yang akan dirancang, setiap informasi dapat dibagi menjadi dua yaitu permintaan dan harapan. Permintaan adalah kriteria yang harus dimiliki oleh alat yang akan dirancang agar fungsi alat yang diharapkan dapat tercapai, sedangkan harapan merupakan kriteria yang tidak mempengaruhi fungsi utama alat sehingga biasanya dapat memberikan nilai tambah pada alat yang akan dirancang.

**Tabel 4. 1** Requirement List incinerator

| Kriteria yang dibutuhkan |   | Tingkat     | Pembobotan  |
|--------------------------|---|-------------|-------------|
| Uraian                   |   | Kepentingan | Kepentingan |
| 1                        | Mampu membakar sampah dengan baik       | Permintaan  | 10          |
| 2                        | Membakar 25 kg sampah sekali pembakaran | Permintaan  | 10          |
| 3                        | Mudah dalam pembuatan                   | Permintaan  | 10          |
| 4                        | Biaya pembuatan murah                   | Permintaan  | 10          |
| 5                        | Minim emisi gas buang                   | Harapan     | 5           |
| 6                        | Tahan Korosi                            | Harapan     | 1           |
| 7                        | Tidak Meledak Saat Penggunaan           | Permintaan  | 10          |

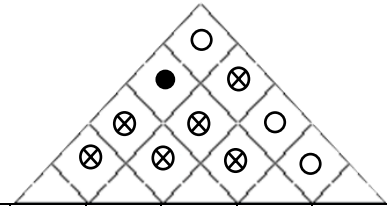
#### 4.1.2. Penentuan House of Quality (HOQ)

*House of Quality (HOQ)* merupakan salah satu metode menggunakan matriks yang mendukung *QFD (Quality Function Development)*, menggunakan matriks yang menghubungkan keinginan dengan langkah desain sehingga desainer dapat memfokuskan pada karakteristik yang berharga dan penting. (Alexander et al., 2015). Berdasarkan *requirement list* pada **tabel 3.2** dan maka dapat dibuat *house of quality* sebagai berikut:

**Tabel 4. 2** *House of Quality (HOQ)*

| Kolom   |   | 1                      | 2                     | 3                      | 4                           | 5                            |                  |
|---------|---|------------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------------|------------------------------|------------------|
| No.     | Kareteristik Teknis                     |                        |                       |                        |                             |                              |                  |
|         | Kebutuhan dan Keinginan                 |                        |                       |                        |                             |                              |                  |
|         |   | Pembobotan Kepentingan | Dimensi ukuran sesuai | Suhu Pembakaran Sesuai | Menggunakan penyangar udara | Bahan dan alat mudah didapat | Jenis Bahan Kuat |
| 1       | Mampu membakar sampah dengan baik       | 10                     | 1                     | 9                      | 1                           | 1                            | 1                |
| 2       | Membakar 25 kg sampah sekali pembakaran | 10                     | 1                     | 9                      | 1                           | 1                            | 1                |
| 3       | Mudah dalam pembuatan                   | 10                     | 9                     | 1                      | 1                           | 9                            | 3                |
| 4       | Biaya pembuatan murah                   | 10                     | 1                     | 1                      | 9                           | 1                            | 3                |
| 5       | Minim emisi gas buang                   | 5                      | 1                     | 3                      | 9                           | 1                            | 1                |
| 6       | Tahan Korosi                            | 1                      | 1                     | 1                      | 1                           | 1                            | 9                |
| 7       | Tidak Meledak Saat Penggunaan           | 10                     | 9                     | 9                      | 1                           | 1                            | 3                |
| Skor    |   |                        | 216                   | 306                    | 176                         | 136                          | 124              |
| Ranking |   |                        | 2                     | 1                      | 3                           | 4                            | 5                |

|               |            |                      |
|---------------|------------|----------------------|
| Pembobotan    | Relasi:    | Relasi               |
| Kepentingan:  | 9 = Kuat   | Karakteristik Teknis |
| 10 = Sempurna | 3 = Sedang | ● = Kuat             |
| 5 = Ok        | 1 = Lemah  | ○ = Sedang           |
| 1 = Lemah     |            | ⊗ = Lemah            |



Menentukan spesifikasi kebutuhan dilakukan untuk menerjemahkan apa yang menjadi keinginan dari pembeli. Dari *House of Quality (HOQ)* yang sudah dibuat sebelumnya. didapat spesifikasi alat yang dibutuhkan *incinerator* sebagai berikut :

1. Suhu pembakaran sesuai berada di peringkat pertama

Suhu pembakaran yang sesuai berpengaruh tinggi pada desain *incinerator* karena suhu yang sesuai dapat mempengaruhi efisiensi pembakaran dan kemampuan pengolahan sampah. Dalam hal ini sampah yang dibakar pada penelitian kali ini adalah sampah plastik dan kertas yang sudah di cacah dan dipisahkan dari besi dan kaca. Memerlukan suhu 1000 °C untuk memastikan pembakaran efisien dan pengurangan sampah menjadi abu.

2. Dimensi ukuran sesuai berada di peringkat kedua

Didapatkan dimensi alat *Incinerator*  $P \times L \times T = 800 \text{ mm} \times 800 \text{ mm} \times 1000 \text{ mm}$ . Karena nilai densitas sampah di fakultas teknik sebesar 342,61  $\text{Kg/m}^3$  (Haryadi et al., 2019) jika dikalikan dengan volume ruang bakar yang tersedia yaitu 0.64  $\text{m}^3$  didapat 219.27 kg kapasitas ruang bakar *incinerator*. Namun kapasitas sampah yang dapat dimasukan sekali pembakaran adalah 25 kg. Ruang bakar insenerator harus bertekanan negatif agar tidak terjadi *back pressure* yang dapat mengakibatkan kerusakan pada dinding ruang bakar. Untuk mendapatkan tekanan negatif pada ruang bakar *incinerator* aliran gas dalam ruang bakar harus baik dan mendapat ruang yang banyak. Maka jumlah sampah maksimal yang dapat dimasukan sekali pembakaran adalah 25 kg. tersedia 194.27 kg untuk aliran udara yang dibutuhkan untuk membakar sampah. (Mamat,2008)

3. Menggunakan alat penyaring udara berada di peringkat 3.

Penyaring udara dirancang untuk menangkap dan mengurangi konsentrasi emisi gas berbahaya tersebut sebelum dilepaskan ke udara. Alat penyaring udara yang digunakan adalah *Electric Precipitator. Electrostatic Precipitator* (ESP) adalah salah satu alternatif penangkap gas buang dengan cara melewatkan gas buang atau *flue gas* melalui suatu medan listrik yang terbentuk

antara *discharge electrode* dengan plat pengumpul, *flue gas* yang mengandung butiran debu pada awalnya bermuatan netral dan pada saat melewati medan listrik, partikel debu tersebut akan terionisasi sehingga partikel debu tersebut menjadi bermuatan negatif (-). Partikel debu yang bermuatan negatif kemudian menempel pada pelat – pelat pengumpul.

#### 4.1.3. Penentuan Varian Terbaik

Pada tahapan ini ada beberapa varian-varian yang terdiri dari kombinasi elemen mesin yang benar dan optimal dengan fungsi *Incinerator* sebagai Pembakar sampah dimana komponen-komponen tersebut memiliki varian-varian yang memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing untuk mencapai fungsi kerja terbaik. Oleh sebab itu, akan dijabarkan beberapa varian komponen yang digunakan serta beberapa varian bentuk. Jumlah kategori varian ini ada 2 macam dengan masing-masing memiliki 2 varian yang berbeda satu dengan yang lainnya. Berikut ini beberapa varian *incinerator*, sebagai berikut.

**Tabel 4. 3** Varian Incinerator

| No | Varian              | A                                 | B               |
|----|---------------------|-----------------------------------|-----------------|
| 1  | Lapisan Ruang Bakar | Batu Bata Tahan Temperatur Tinggi | Batu Bata Biasa |
| 2  | Bentuk Ruang Bakar  | Kubus                             | Silinder        |

Dari beberapa varian yang telah ditentukan pada tabel di atas maka dari varian tersebut dapat dikombinasikan agar didapatkan varian terbaik. Adapun kombinasi varian pada tabel berikut

**Tabel 4. 4** Varian Incinerator

| Jenis Varian        | Keterangan                                |
|---------------------|---|
| Varian 1<br>(1A-2A) | Batu Bata Tahan Temperatur Tinggi - Kubus |

| <b>Jenis Varian</b> | <b>Keterangan</b>                            |
|---------------------|--|
| Varian 2<br>(1B-2A) | Batu Bata Biasa - Kubus                      |
| Varian 3<br>(1A-2B) | Batu Bata Tahan Temperatur Tinggi - Silinder |
| Varian 4<br>(1B-2B) | Batu Bata Biasa - Silinder                   |

Setelah penyusunan kombinasi varian pada tabel di atas, terdapat 4 untuk *incinerator* dipilih salah satu yang terbaik. Varian tersebut kemudian dipilih melalui tabel pada halaman selanjutnya:

**Tabel 4. 5** Solusi Varian Alat

| Pemilihan Varian Terbaik Alat |   |   |   |   |   |   |   |   |
|-------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|
|                               | Solusi di evaluasi dengan:  |   |   |   |   |   | Keputusan   |   |
|                               | (+) Ya<br>(-) Tidak<br>(?) Kurang informasi<br>(!) Tinjau kembali (cek <i>requirements list</i> ) |   |   |   |   |   | (+) Solusi Dilanjutkan<br>(-) Solusi Ditolak<br>(?) Kumpulkan informasi<br>(!) Tinjau kembali |   |
|                               | Daftar Spesifikasi  |   |   |   |   |   |   |   |
|                               | Kompatibel untuk fungsi keseluruhan   |   |   |   |   |   | Keputusan   |   |
|                               | Memenuhi kebutuhan spesifikasi  |   |   |   |   |   |   |   |
|                               | Secara prinsip dapat diwujudkan   |   |   |   |   |   |   |   |
|                               | <i>Safety</i>   |   |   |   |   |   |   |   |
|                               | Tahan Suhu Tinggi   |   |   |   |   |   |   |   |
|                               | Informasi memadai   |   |   |   |   |   |   |   |
|                               | A   | B | C | D | E | F | Keterangan  |   |
| V1                            | +   | + | + | + | + | ? | Variasi Yang dipilih  | + |
| V2                            | +   | - | + | - | - | ? | Tak Bisa menahan suhu tinggi  | - |
| V3                            | -   | - | - | + | - | ? | Sulit Dalam Pembuatan   | - |
| V4                            | -   | - | - | - | - | ? | Sulit dalam Pembuatan tak tahan suhu tinggi   | - |

#### 4.1.4. Perancangan Insinerator

Setelah dipilih satu varian terbaik dari 4 varian-varian lainnya, dan ditentukan juga spesifikasinya maka akan dilakukan proses perhitungan dari berbagai aspek pendukung pembakaran sampah dapat dirancang dan tentunya berjalan sesuai dengan fungsinya. Komponen utama pada rangkaian ini adalah Tungku Pembakaran, Tungku Penyaring Udara dan Laci sisa pembakaran. Luas tempat pengolahan sampah yang tersedia dengan luas  $1 \text{ m}^3$ . Maka ditentukan dimensi incinerator  $800\text{mm} \times 800\text{mm} \times 1000\text{mm}$ . Untuk Gambar Teknik Incinerator terdapat dalam lampiran.

$$\begin{aligned} V &= P \times L \times T \\ &= 800\text{mm} \times 800\text{mm} \times 1000\text{mm} \\ &= 640.000.000 \text{ mm}^3 \\ &= 0,64 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

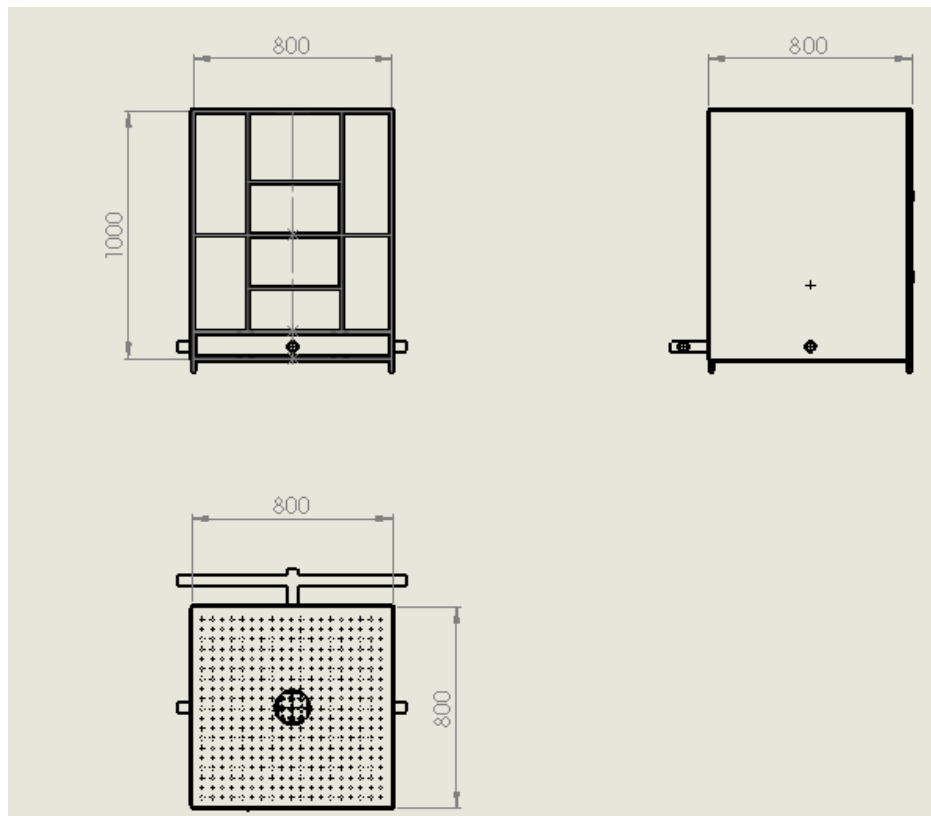
Nilai densitas sampah di fakultas teknik sebesar  $342,61 \text{ Kg/m}^3$  (Haryadi et al., 2019) jika dikalikan dengan volume ruang bakar yang tersedia yaitu  $0.64 \text{ m}^3$  didapat  $219.27 \text{ kg}$  kapasitas ruang bakar *incinerator*. Namun kapasitas sampah yang dapat dimasukan sekali pembakaran adalah  $25 \text{ kg}$ . Ruang bakar insenerator harus bertekanan negatif agar tidak terjadi *back pressure* yang dapat mengakibatkan kerusakan pada dinding ruang bakar. Untuk mendapatkan tekanan negatif pada ruang bakar *incinerator* aliran gas dalam ruang bakar harus baik dan mendapat ruang yang banyak. Maka jumlah sampah maksimal yang dapat dimasukan sekali pembakaran adalah  $25 \text{ kg}$ . tersedia  $194.27 \text{ kg}$  untuk aliran udara yang dibutuhkan untuk membakar sampah. (Mamat,2008)

Perancangan Insinerator dilakukan dengan menggunakan *software* CAD apabila sudah sesuai spesifikasi Kapasitas *Incinerator* yang dibutuhkan 25 kg, Agar alat mudah dalam fabrikasi alat dibentuk Kubus Dimensi Ruang Bakar Insinerator 800 mm x 800 mm. Tinggi alat yang adalah 1 meter. Bentuk Ruang Bakar Kubus.

#### 4.2.Pembuatan Incinerator

##### 4.2.1. Pembuatan Ruang Pembakaran

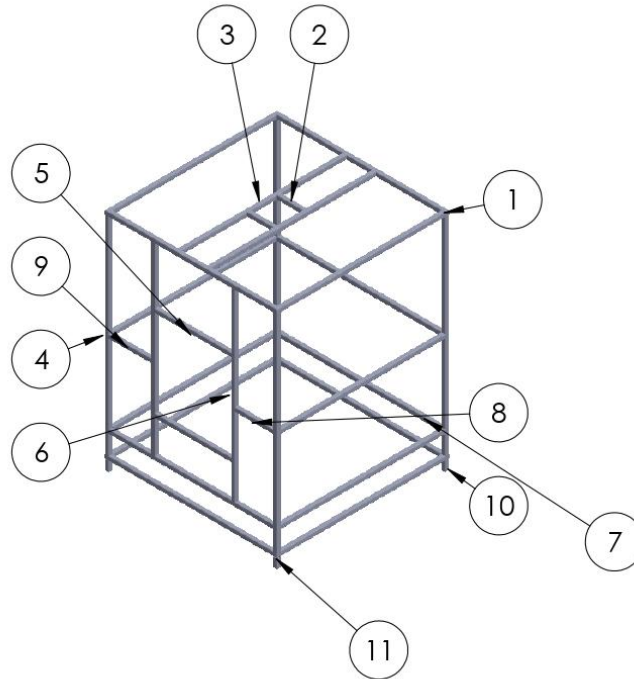
Ruang bakar dirancang dan di manufaktur dengan dimensi 800 mm x 800 mm x 1000 mm. Ruang Pembakaran dilapisi bata tahan api SK-34, digunakan juga semen tahan api SK-34 sebagai bahan perekat antar bata. Gambar Teknik Terdapat pada halaman lampiran.



**Gambar 4. 1** Dimensi Ruang Bakar *Incinerator*



Agar ruang bakar dapat berdiri digunakan penyangga dengan bahan besi square pipe. Rangka besi di sambung dengan menggunakan metode pengelasan SMAW. Berikut ini adalah gambar rangka ruang bakar *Incinerator*.

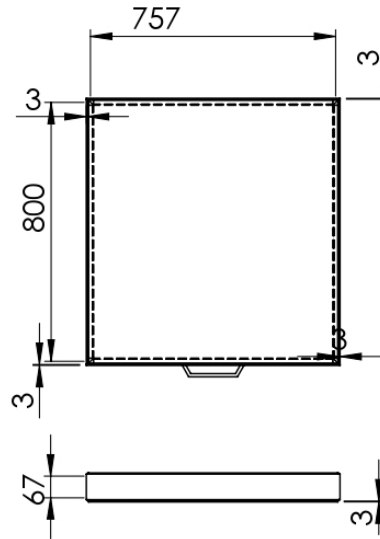


| ITEM NO. | QTY. | DESCRIPTION              | LENGTH |
|----------|------|--------------------------|--------|
| 1        | 8    | TUBE, SQUARE 20 X 20 X 2 | 820    |
| 2        | 2    | TUBE, SQUARE 20 X 20 X 2 | 128    |
| 3        | 2    | TUBE, SQUARE 20 X 20 X 2 | 788    |
| 4        | 4    | TUBE, SQUARE 20 X 20 X 2 | 988    |
| 5        | 2    | TUBE, SQUARE 20 X 20 X 2 | 368    |
| 6        | 2    | TUBE, SQUARE 20 X 20 X 2 | 878    |
| 7        | 7    | TUBE, SQUARE 20 X 20 X 2 | 780    |
| 8        | 2    | TUBE, SQUARE 20 X 20 X 2 | 180    |
| 9        | 2    | TUBE, SQUARE 20 X 20 X 2 | 200    |
| 10       | 4    | END CAP                  | -      |
| 11       | 4    | TUBE, SQUARE 20 X 20 X 2 | 40     |

**Gambar 4.2** Rangka Ruang bakar

Dimensi Ruang Bakar 800 mm x 800 mm x 1000 mm. dibutuhkan 21216 mm besi hollow. Untuk kerangka dilapisi 4 Plat 1000 x 800 mm x 1mm, 3 plat 800 mm x 800 mm. Gambar Teknik Terdapat pada halaman lampiran.

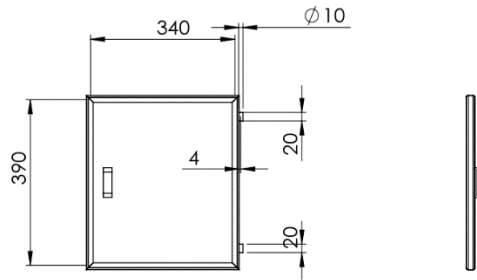
Dibagian bawah Ruang bakar terdapat laci tempat sisa Pembakaran  
Gambar 4.3 Menunjukkan dimensi dari laci tempat sisa pembakaran.



| ITEM NO. | QTY. | DESCRIPTION              | LENGTH |
|----------|------|--------------------------|--------|
| 1        | 4    | TUBE, SQUARE 20 X 20 X 2 | 777    |
| 2        | 4    | TUBE, SQUARE 20 X 20 X 2 | 820    |
| 3        | 4    | TUBE, SQUARE 20 X 20 X 2 | 47     |
| 4        | 1    |                          |        |
| 5        | 2    |                          |        |
| 6        | 2    |                          |        |
| 7        | 1    |                          |        |

**Gambar 4.3** Dimensi Rangka Laci Pembakaran

Dimensi Laci Pembakaran 800 mm x 757 mm x 67 mm. dibutuhkan 6576 mm besi hollow. Untuk kerangka dilapisi 1 Plat 757 x 800 mm, 2 plat 800 mm x 67 mm dan 2 plat 757 mm x 67 mm x 1mm.



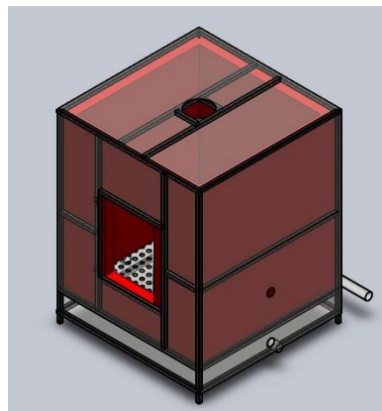
| ITEM NO. | QTY. | DESCRIPTION              | LENGTH |
|----------|------|--------------------------|--------|
| 1        | 2    | TUBE, SQUARE 20 X 20 X 2 | 410    |
| 2        | 2    | TUBE, SQUARE 20 X 20 X 2 | 360    |
| 3        | 1    | PLAT 378 X 328           |        |
| 4        | 2    | ENGSEL                   |        |
| 5        | 1    | GAGANG PINTU             |        |

**Gambar 4.4** Dimensi Pintu Ruang Bakar

Dimensi Pintu ruang Pembakaran 390 mm x 340mm. dibutuhkan 1540 mm besi hollow. Untuk kerangka dilapisi 1 Plat 390 mm x 340mm x 1mm, dan satu gagang pintu juga dua engsel. Gambar Teknik Terdapat pada halaman lampiran.

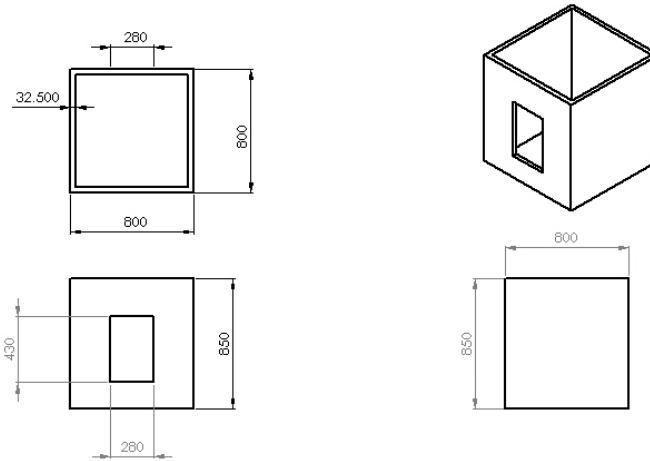
#### 4.2.2. Pemasangan Bata dan Semen Tahan Api

Bata dan semen di butuhkan untuk melapisi Besi bagian luar ruang bakar Juga berfungsi sebagai lapisan ruang bakar pertama yang terkena oleh api. Seperti bisa dilihat pada gambar 4.6 Lapisan bata terletak pada dalam rangka ruang bakar.



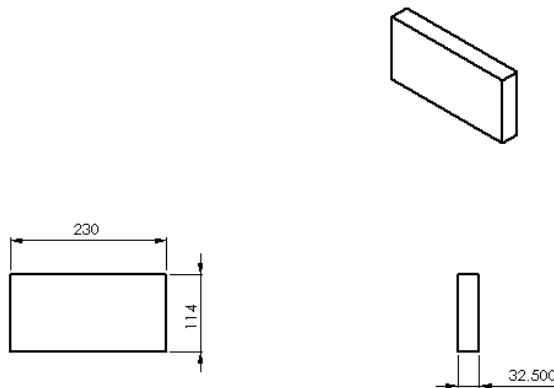
**Gambar 4.5** Lapisan Ruang bakar

Pada gambar Gambar 4.7 Dimensi Lapisan Ruang bakar incinerator. Lapisan bata ruang bakar berdimensi 800 mm x 800 mm x 850 mm, dengan tebal bata 32.5 mm. dan terdapat lubang persegi untuk memasukan sampah dengan dimensi 430 mm x 200 mm. Dari perhitungan maka didapatkan volume ruang bakar bata adalah 80895750 mm<sup>3</sup>.



**Gambar 4.6** Dimensi Lapisan Ruang bakar

Pada gambar Gambar 4.8 Dimensi Batu Bata SK-34. berdimensi 230 mm x 114 mm, dengan tebal bata 32.5 mm. Dari perhitungan maka didapatkan volume ruang bakar bata adalah 852150 mm<sup>3</sup>.

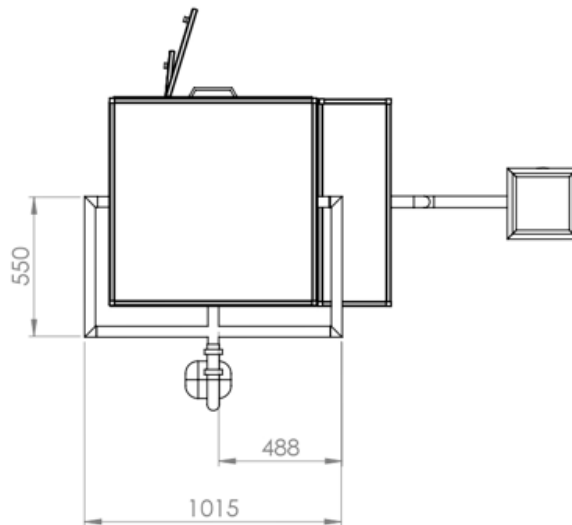


**Gambar 4.7** Dimensi Batu Bata SK-34

Untuk Mengetahui Jumlah batu bata SK-34 yang diperlukan untuk melapisi bagian Ruang bakar. Maka Volume lapisan ruang bakar dibagi oleh Volume Batu Bata SK-34. Diketahui Volume lapisan ruang bakar  $80895750 \text{ mm}^3$  Diketahui volume batu bata SK-34  $852150 \text{ mm}^3$ . 94 Buah Batu Bata SK-34. diperlukan 5 Kg semen Sk-34 untuk memasang bata. Karena untuk memasang 20 Batu bata SK-34 Dibutuhkan 1 Kg Semen SK-34

#### 4.2.3. Pembuatan Sistem Udara Masuk

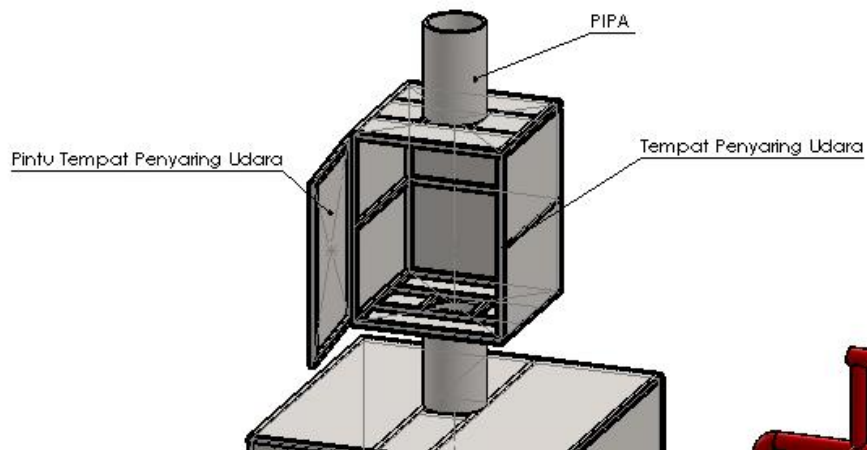
Udara dibutuhkan dalam insinerator untuk memberikan oksigen yang diperlukan dalam proses pembakaran Sampah. Oksigen adalah komponen penting dalam reaksi kimia pembakaran, di mana limbah organik dan non-organik diubah menjadi gas-gas yang lebih aman dan abu. Udara Masuk Melalui blower yang di salurkan menggunakan pipa PVC berukuran diameter 2.5 inci. Total Panjang Pipa PVC yang Dibutuhkan adalah 2115 mm.



**Gambar 4.8** Dimensi Sistem Udara Masuk

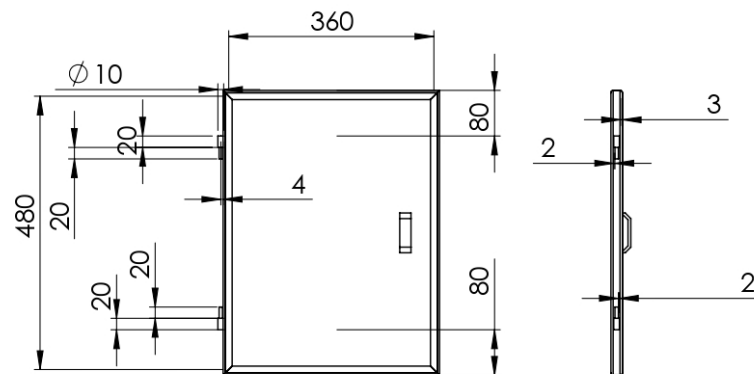
#### 4.2.4. Pembuatan Sistem Penyaring Saluran Udara Keluar

Sistem Penyaring saluran udara keluar berfungsi sebagai filter emisi sisa pembakaran sampah di ruang bakar. Perancangan dan Manufaktur bagian ini meliputi tempat penyaring udara dan Pintu Tempat Penyaring Udara Juga dua Pipa besi Berdiameter 160 mm dengan Panjang 250mm tiap buahnya.



**Gambar 4.9** Sistem Penyaring saluran udara keluar

##### a. Pintu Tempat penyaring Udara

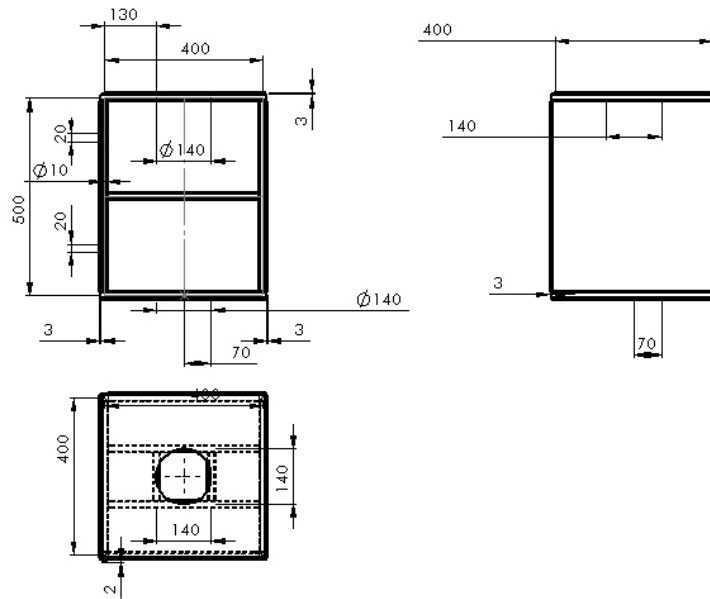


| ITEM NO. | QTY. | DESCRIPTION              | LENGTH |
|----------|------|--------------------------|--------|
| 1        | 2    | TUBE, SQUARE 20 X 20 X 2 | 500    |
| 2        | 2    | TUBE, SQUARE 20 X 20 X 2 | 380    |
| 3        | 1    | PLAT 468 X 348           |        |
| 4        | 2    | ENGSEL                   |        |
| 5        | 2    |                          |        |
| 6        | 1    |                          |        |

**Gambar 4.10** Dimensi Pintu Tempat penyaring Udara

Pada Gambar 4.11 menjelaskan dimensi pintu adalah 480mm x 360mm, dengan tebal 3 mm. besi Hollow yang dibutuhkan 1760 mm untuk membuat pintu tempat penyang air. 2 buah engsel dan satu plat berdimensi 468 mm x 348 mm.

b. Tempat Penyang Air



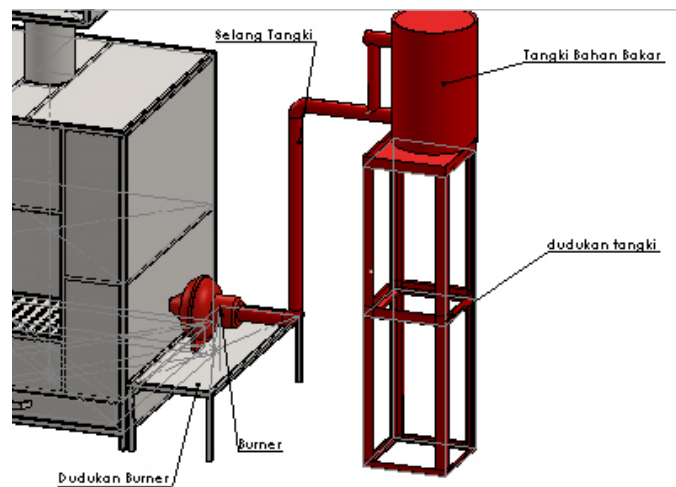
| ITEM NO. | QTY. | DESCRIPTION              | LENGTH |
|----------|------|--------------------------|--------|
| 1        | 8    | TUBE, SQUARE 20 X 20 X 2 | 420    |
| 2        | 4    | TUBE, SQUARE 20 X 20 X 2 | 120    |
| 3        | 7    | TUBE, SQUARE 20 X 20 X 2 | 380    |
| 4        | 4    | TUBE, SQUARE 20 X 20 X 2 | 480    |
| 5        | 2    | PLAT 412 x412, LUBANG 4" |        |
| 6        | 1    | PLAT 480 x 412           |        |
| 7        | 2    | PLAT 480 x 412           |        |
| 8        | 2    | ENGSEL PINTU             |        |

**Gambar 4.11** Dimensi Tempat Penyang Air

Pada Gambar 4.12 menjelaskan dimensi Tempat penyang air yang berbentuk kubus dengan dimensi 400 mm x 400 mm x 500mm, dengan tebal 3 mm. besi Hollow yang dibutuhkan 1760 mm untuk membuat pintu tempat penyang air. 2 buah engsel dan 3 plat berdimensi 480 mm x 412 mm. 2 plat berdimensi 412 mm x 412 mm x 1mm dilubangi 4 inch.

#### 4.2.5. Pemasangan Pemantik Api Pembakar Sampah

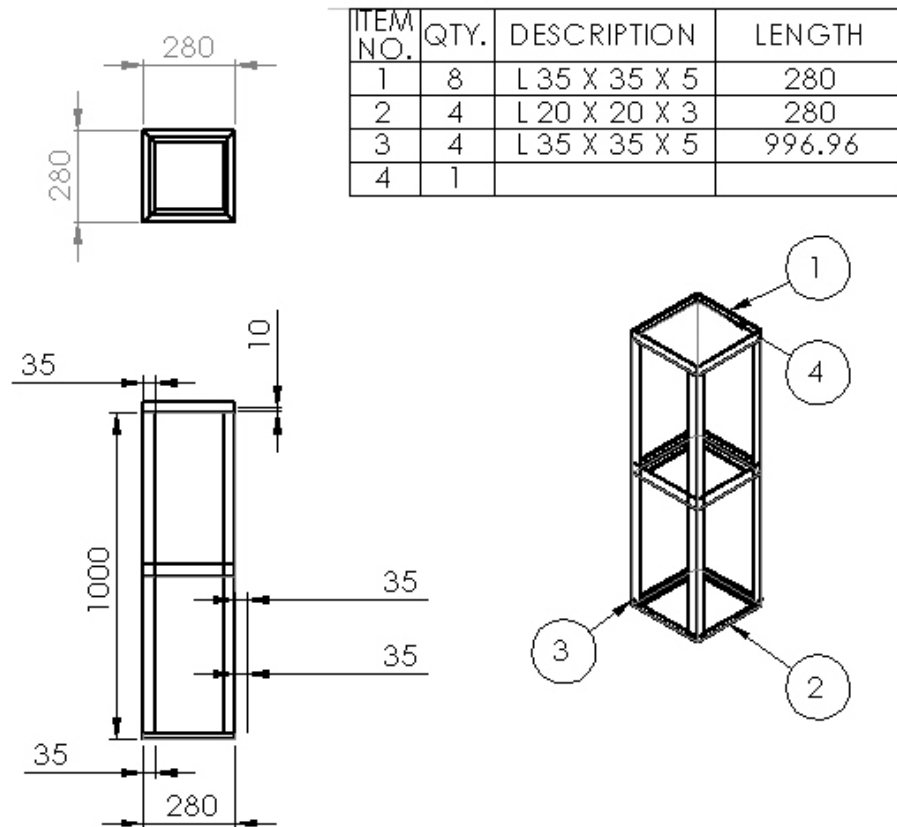
Pemantik api ini berfungsi untuk memantik api awal ke sampah. Setelah api menyala api dari burner akan dimatikan. Burner membutuhkan bahan bakar agar dapat menyala. Bahan bakar ditempatkan didalam Tangki bahan bakar. Untuk mengalir ke burner tangki diletakan lebih tinggi dari pada burner. Maka perancangan dan manufaktur bagian ini meliputi dudukan burner dan tangki bahan bakar.



**Gambar 4.12** Sistem Pemantik Api Pembakar Sampah



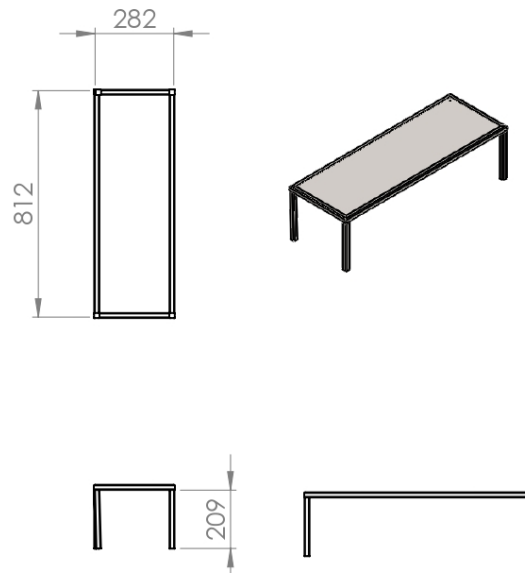
a. Dudukan tangki



**Gambar 4.13** Dimensi dudukan tangki

Pada Gambar 4.14 menjelaskan dimensi Dudukan tangki dengan dimensi 280 mm x 280 mm x 1000mm. menggunakan besi L yang dibutuhkan 7360 mm untuk membuat dudukan tangki bahan bakar. 1 plat berdimensi Panjang x Lebar x Tinggi 280 mm x 280 mm x 1 mm. .

b. Dudukan *Burner*



| ITEM NO. | QTY. | DESCRIPTION              | LENGTH |
|----------|------|--------------------------|--------|
| 1        | 2    | TUBE, SQUARE 20 X 20 X 2 | 820    |
| 2        | 2    | TUBE, SQUARE 20 X 20 X 2 | 290    |
| 3        | 4    | ENDCAP                   |        |
| 4        | 3    | TUBE, SQUARE 20 X 20 X 2 | 209    |
| 5        | 1    | TUBE, SQUARE 20 X 20 X 2 | 209.26 |
| 6        | 1    | PLAT 812 x 282           |        |

**Gambar 4.14** Dimensi Dudukan *Burner*

Pada Gambar 4.15 menjelaskan dimensi Dudukan tangki dengan dimensi 812 mm x 282 mm x 219 mm. menggunakan besi hollow yang dibutuhkan 3100 mm untuk membuat dudukan buner. 1 plat berdimensi Panjang x Lebar x Tinggi 812 mm x 282 mm x 1mm.

c. Tangki Bahan Bakar



**Gambar 4.15** Tangki Bahan Bakar

Tangki bahan bakar dibuat dari tangki bekas berdiameter 210 mm dengan tinggi 410 mm. mampu menampung bahan bakar 28.29 liter bahan bakar. Agar dapat mengalir tangka besi ini dilubangi dan disambung dengan valve yang nanti membuka tutup untuk mengalirkan bahan bakar menuju burner. Gambar Teknik Terdapat pada halaman lampiran.

#### 4.2.6. Anggaran Biaya Pembuatan Incinerator

Adapun rencana perkiraan anggaran biaya yang digunakan pada penelitian ini meliputi pembelian alat dan Manufaktur *incinerator*. Pada Tabel 4.1 dapat dilihat Rencana Anggaran Biaya.

**Tabel 4. 6** Rencana Anggaran Biaya

| Bahan                            | Unit   | Spesifikasi                     | Harga/unit         | Jumlah | total                  |
|----------------------------------|--------|---------------------------------|--------------------|--------|------------------------|
| Termokopel                       | 1 unit | Tipe K                          | Rp<br>225,000.00   | 4      | Rp<br>900,000.00       |
| Bata Tahan Api                   | 1 buah | SK-34                           | Rp<br>13,500.00    | 90     | Rp<br>1,215,000.00     |
| Semen Tahan Api                  | 1 kg   | SK-34                           | Rp<br>24,000.00    | 5      | Rp<br>120,000.00       |
| Square Tube                      | 6 m    | 20 mm x 20 mm x 2 mm            | Rp<br>57,000.00    | 9      | Rp<br>513,000.00       |
| Plat Baja Perforated (Berlubang) | 1 unit | 800 mm x 800 mm x 0.8 mm        | Rp<br>240,000.00   | 1      | Rp<br>240,000.00       |
| Plat Baja                        | 1 unit | 1200 mm x 2400 mm x 1.2 mm      | Rp<br>75,000.00    | 24     | Rp<br>1,800,000.00     |
| Engsel                           | 1 buah | -                               | Rp<br>65,000.00    | 4      | Rp<br>260,000.00       |
| L angle                          | 1000mm | 35 mm x 35 mm x 5 mm            | Rp<br>75,000.00    | 7      | Rp<br>525,000.00       |
| Blower                           | 1 unit | NRT-Pro                         | Rp<br>290,000.00   | 1      | Rp<br>290,000.00       |
| Burner                           | 1 unit | Rotary Cup Oil Burner Horng Min | Rp<br>3,500,000.00 | 1      | Rp<br>3,500,000.00     |
| Cat Insinerator                  | 1 unit | -                               | Rp<br>200,000.00   | 1      | Rp<br>200,000.00       |
| Tanki Bahan Bakar                | 1 unit | -                               | Rp<br>62,000.00    | 1      | Rp<br>62,000.00        |
| Selang                           | 2 m    | Diameter 1 in                   | Rp<br>34,000.00    | 1      | Rp<br>34,000.00        |
| Clamp Selang                     | 1 unit | Diameter 1 in                   | Rp<br>2,000.00     | 4      | Rp<br>8,000.00         |
| Ducting                          | 1 unit | -                               | Rp<br>23,000.00    | 1      | Rp<br>23,000.00        |
| Kawat tembaga                    | 6 m    | Diameter 3 mm                   | Rp<br>102,000.00   | 1      | Rp<br>102,000.00       |
| Capit Buaya                      | 1 unit | -                               | Rp<br>2,500.00     | 3      | Rp<br>7,500.00         |
| Binding Post                     | 1 unit | -                               | Rp<br>7,500.00     | 1      | Rp<br>7,500.00         |
| Kabel                            | 3 m    | -                               | Rp<br>5,400.00     | 3      | Rp<br>16,200.00        |
| <b>Total Keseluruhan</b>         |        |                                 |                    |        | <b>Rp 9,823,200.00</b> |

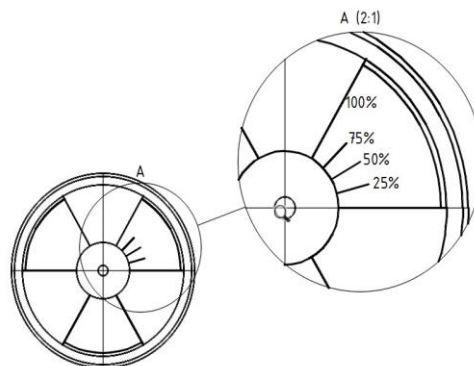
Biaya ini merupakan sebuah perkiraan yang disusun berdasarkan perbandingan harga-harga yang umumnya berlaku di wilayah Kota Cilegon dan Serang. Perhitungan biaya ini merujuk kepada standar tarif dan harga yang berlaku di dua kota tersebut, yang digunakan sebagai landasan untuk mengestimasi biaya yang mungkin akan diperlukan dalam proyek selanjutnya. Dengan mempertimbangkan perbedaan harga dikota lain. estimasi ini dapat memberikan gambaran yang cukup akurat mengenai biaya yang dapat diantisipasi dalam konteks lokasi lain. Namun, perlu diingat bahwa estimasi ini bersifat perkiraan dan dapat berubah tergantung pada berbagai faktor, seperti jenis bahan yang digunakan, dan perubahan harga pasar yang mungkin terjadi di masa mendatang.

#### 4.3. Hasil Pengujian

Berikut ini adalah hasil penelitian laju aliran udara dan emisi gas buang alat pembakar sampah

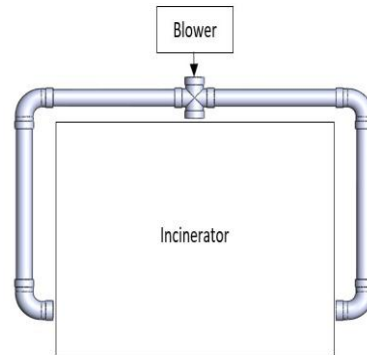
##### 4.3.1 Laju Aliran Massa Udara dan Bahan Bakar Pembakaran

Dalam penentuan besaran laju aliran massa udara pada aliran pipa yang dihasilkan dari *blower*, perlu untuk diketahuinya kecepatan udara yang dialirkan oleh *blower* ke ruang tungku pembakaran melalui pipa yang dianggap sebagai *primary air*, didasari oleh ketentuan perbedaan bukaan katup udara *blower* yang kemudian dijadikan dalam bentuk debit aliran udara. Penetapan bukaan katup udara pada *blower* dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



**Gambar 4.16** Bukaan Katup Udara Blower

Mengetahui besar kecepatan rata-rata udara pada tiap bukaan katup udara blower yang diukur dengan menggunakan alat ukur anemometer selama 30 detik dapat dilihat pada tabel, juga skema posisi pipa terhadap blower dan ruang tungku terdapat pada gambar berikut:



**Gambar 4.17** Skema Laju Udara Primer

Pengukuran kecepatan udara pada *blower* diambil pada titik di mulut *blower* yang mengarah ke pipa seperti Gambar 4.2 dengan pengambilan data kecepatan udara menggunakan alat ukur anemometer dan diukur selama 30 detik di tiap-tiap bukaan katup *blower*. Sehingga dalam mencari nilai laju aliran massa udara pembakaran pada tiap-tiap bukaan katup *blower* dapat dicari terlebih dahulu dengan sebagai berikut.

**Tabel 4.7** Kecepatan Udara Per Bukaan Katup *Blower*

| <b><math>O_{bukaan}</math> (%)</b> | <b>Kecepatan Udara (m/s)</b> |
|------------------------------------|------------------------------|
| 50                                 | 6,81                         |
| 75                                 | 8,76                         |
| 100                                | 9,80                         |

A. Luas penampang blower

$$d_{\text{blower}} = 63,5 \text{ mm} = 0,0635 \text{ m}$$

a. Bukaannya katup 50%

$$A_{\text{blower}} = \left(\frac{1}{4} \pi d^2\right) \mathbf{O}_{\text{bukannya}}(\%)$$

$$A_{\text{blower}} = \left(\frac{\pi}{4} \times (0,0635 \text{ m})^2\right) \times \frac{1}{2}$$

$$A_{\text{blower}} = 1,58 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

b. Bukaannya katup 75 %

$$A_{\text{blower}} = \left(\frac{1}{4} \pi d^2\right) \mathbf{O}_{\text{bukannya}}(\%)$$

$$A_{\text{blower}} = \left(\frac{\pi}{4} \times (0,0635 \text{ m})^2\right) \times \frac{3}{4}$$

$$A_{\text{blower}} = 2,38 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

c. Bukaannya katup 100 %

$$A_{\text{blower}} = \left(\frac{1}{4} \pi d^2\right) \mathbf{O}_{\text{bukannya}}(\%)$$

$$A_{\text{blower}} = \left(\frac{\pi}{4} \times (0,0635 \text{ m})^2\right) \times 1$$

$$A_{\text{blower}} = 3,17 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

B. Debit aliran udara

a. Bukaannya katup 50%

$$Q_{\text{udara}} = v_{50} \times A_{\text{blower}}$$

$$Q_{\text{udara}} = 6,81 \text{ m/s} \times 1,58 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$Q_{\text{udara}} = 0,0108 \text{ m}^3/\text{s}$$

b. Buka an katup 75%

$$Q_{udara} = v_{75} \times A_{blower}$$

$$Q_{udara} = 8,76 \text{ m/s} \times 2,38 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$Q_{udara} = 0,0208 \text{ m}^3/\text{s}$$

c. Buka an katup 100%

$$Q_{udara} = v_{75} \times A_{blower}$$

$$Q_{udara} = 9,80 \text{ m/s} \times 3,17 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$Q_{udara} = 0,0311 \text{ m}^3/\text{s}$$

C. Laju aliran massa udara

$$\rho_{udara} = 1,2 \text{ kg/m}^3$$

a. Debit aliran udara 0,0108 m<sup>3</sup>/s (buka an katup 50%)

$$\dot{m}_{udara} = Q_{udara} \times \rho_{udara}$$

$$\dot{m}_{udara} = 0,0108 \text{ m}^3/\text{s} \times 1.2 \text{ kg/m}^3$$

$$\dot{m}_{udara} = 0,0129 \text{ kg/s}$$

b. Debit aliran udara 0,0208 m<sup>3</sup>/s (buka an katup 75%)

$$\dot{m}_{udara} = Q_{udara} \times \rho_{udara}$$

$$\dot{m}_{udara} = 0,0208 \text{ m}^3/\text{s} \times 1.2 \text{ kg/m}^3$$

$$\dot{m}_{udara} = 0,0250 \text{ kg/s}$$

c. Debit aliran udara 0,0311 m<sup>3</sup>/s (buka an katup 100%)

$$\dot{m}_{udara} = Q_{udara} \times \rho_{udara}$$

$$\dot{m}_{udara} = 0,0311 \text{ m}^3/\text{s} \times 1.2 \text{ kg/m}^3$$

$$\dot{m}_{udara} = 0,0373 \text{ kg/s}$$



Dengan asumsi nilai  $\rho_{udara} = 1,2 \text{ kg/m}^3$  untuk laju aliran udara dipersamaan 3.1, maka perhitungan di atas akhirnya didapatkannya nilai laju aliran massa udara yang mencakup semua bukaan katup udara yang dapat dilihat pada tabel berikut.

**Tabel 4.8** Nilai Laju Aliran Massa Udara Berdasarkan Bukaan Katup

| $Q_{udara}$<br>( $\text{m}^3/\text{s}$ ) | $v_{udara}$<br>( $\text{m/s}$ ) | $A_{blower}$<br>( $\text{m}^2$ ) | $\dot{m}_{udara}$<br>( $\text{kg/s}$ ) |
|--|---------------------------------|----------------------------------|--|
| 0,0108                                   | 6,81                            | $1,58 \times 10^{-3}$            | 0,0129                                 |
| 0,0208                                   | 8,76                            | $2,38 \times 10^{-3}$            | 0,0250                                 |
| 0,0311                                   | 9,80                            | $3,17 \times 10^{-3}$            | 0,0373                                 |

#### 4.3.2 Perhitungan Laju Aliran Massa Bahan Bakar Sampah

Dalam perhitungan laju aliran massa bahan bakar dalam pembakaran sampah ini, laju aliran yang digunakan merupakan sampah yang dibakar dan solar yang digunakan. Dengan begitu, laju aliran massa bahan bakar dapat dihitung. Laju aliran massa bahan bakar yang menggunakan sampah bisa dengan mencari berat sampah awal sebelum pembakaran dan berat sampah setelah pembakaran yang dilakukan dalam rentang waktu 30 menit untuk pembakaran sampah 5 kg dan waktu 60 menit untuk pembakaran 25 kg. Untuk laju aliran massa bahan bakar yang menggunakan solar dapat diperoleh dari habisnya penggunaan bahan bakar yang dipakai selama pembakaran dengan waktu yang sudah ditentukan.

**Tabel 4.9** Berat Akhir Bahan Bakar Sampah

| $Q_{udara}$<br>( $\text{m}^3/\text{s}$ ) | Berat Akhir Sampah (Kg) |       |
|--|-------------------------|-------|
|  | 5 Kg                    | 25 Kg |
| 0,0108                                   | 0,60                    | 4,80  |
| 0,0208                                   | 0,40                    | 4,50  |

|        |      |      |
|--------|------|------|
| 0,0311 | 0,30 | 4,10 |
|--------|------|------|

A. 5 kg selama 30 menit

a. Debit aliran udara 0,0108 m<sup>3</sup>/s

$$\dot{m}_{\text{BBsampah}} = \frac{m_{\text{awal}} - m_{\text{akhir}}}{t_{\text{pembakaran}}}$$

$$\dot{m}_{\text{BBsampah}} = \frac{5 \text{ kg} - 0.6 \text{ kg}}{1800 \text{ s}}$$

$$\dot{m}_{\text{BBsampah}} = 0,00244 \text{ kg/s}$$

b. Debit aliran udara 0,0208 m<sup>3</sup>/s

$$\dot{m}_{\text{BBsampah}} = \frac{m_{\text{awal}} - m_{\text{akhir}}}{t_{\text{pembakaran}}}$$

$$\dot{m}_{\text{BBsampah}} = \frac{5 \text{ kg} - 0.4 \text{ kg}}{1800 \text{ s}}$$

$$\dot{m}_{\text{BBsampah}} = 0,00256 \text{ kg/s}$$

c. Debit aliran udara 0,0311 m<sup>3</sup>/s

$$\dot{m}_{\text{BBsampah}} = \frac{m_{\text{awal}} - m_{\text{akhir}}}{t_{\text{pembakaran}}}$$

$$\dot{m}_{\text{BBsampah}} = \frac{5 \text{ kg} - 0.3 \text{ kg}}{1800 \text{ s}}$$

$$\dot{m}_{\text{BBsampah}} = 0,00261 \text{ kg/s}$$

B. 25 kg selama 60 menit

a. Debit aliran udara 0,0108 m<sup>3</sup>/s

$$\dot{m}_{\text{BBsampah}} = \frac{m_{\text{awal}} - m_{\text{akhir}}}{t_{\text{pembakaran}}}$$

$$\dot{m}_{\text{BBsampah}} = \frac{25 \text{ kg} - 4.8 \text{ kg}}{3600 \text{ s}}$$

$$\dot{m}_{\text{BBsampah}} = 0,00561 \text{ kg/s}$$

b. Debit aliran udara 0,0208 m<sup>3</sup>/s

$$\dot{m}_{\text{BBsampah}} = \frac{m_{\text{awal}} - m_{\text{akhir}}}{t_{\text{pembakaran}}}$$

$$\dot{m}_{\text{BBsampah}} = \frac{25 \text{ kg} - 4.5 \text{ kg}}{3600 \text{ s}}$$

$$\dot{m}_{\text{BBsampah}} = 0,00570 \text{ kg/s}$$

c. Debit aliran udara 0,0311 m<sup>3</sup>/s

$$\dot{m}_{\text{BBsampah}} = \frac{m_{\text{awal}} - m_{\text{akhir}}}{t_{\text{pembakaran}}}$$

$$\dot{m}_{\text{BBsampah}} = \frac{25 \text{ kg} - 4.1 \text{ kg}}{3600 \text{ s}}$$

$$\dot{m}_{\text{BBsampah}} = 0,00581 \text{ kg/s}$$

Perhitungan di atas akhirnya didapatkannya nilai laju aliran massa sampah yang mencakup semua bukaan katup udara yang dapat dilihat pada tabel berikut.

**Tabel 4.10** Laju Aliran Massa Sampah Yang Terbakar

| <i>Q</i> <sub>udara</sub> (m <sup>3</sup> /s) | <i>m</i> <sub>Sampah</sub> (kg/s) |         |
|---|-----------------------------------|---------|
|   | 5 Kg                              | 25 Kg   |
| 0,0108  | 0,00244                           | 0,00561 |
| 0,0208  | 0,00256                           | 0,00570 |
| 0,0311  | 0,00261                           | 0,00581 |

### 4.3.3 Penentuan Nilai *Air Fuel Ratio* (AFR)

Perhitungan dalam mencari nilai *air fuel ratio*, pada penelitian ini AFR itu sendiri merupakan rasio massa udara ke bahan bakar dalam pembakaran. Hal tersebut didapatkan dari nilai laju aliran massa udara dan nilai laju aliran massa bahan bakar pembakaran yang telah didapatkan pada perhitungan sebelumnya dan dilampirkan pada Tabel 4.6 di bawah ini.

**Tabel 4.11** Laju Aliran Massa Udara dan Bahan Bakar

| $Q_{\text{udara}}$<br>(m <sup>3</sup> /s) | $\dot{m}_{\text{udara}}$<br>(kg/s) | $\dot{m}_{\text{Sampah}}$ (kg/s) |         |
|---|------------------------------------|----------------------------------|---------|
|   |                                    | 5 Kg                             | 25 Kg   |
| 0,0108                                    | 0,0129                             | 0,00244                          | 0,00561 |
| 0,0208                                    | 0,0250                             | 0,00256                          | 0,00570 |
| 0,0311                                    | 0,0373                             | 0,00261                          | 0,00581 |

Data pada tabel yang di atas dimasukkan ke dalam perhitungan di bawah ini dalam mencari dan mendapatkan nilai *air fuel ratio* dengan perhitungan sebagai berikut:

A. Nilai *air fuel ratio* pada sampah 5 kg

- a. Debit aliran udara 0,0108 m<sup>3</sup>/s

$$\begin{aligned} AFR &= \frac{\dot{m}_{\text{udara}}}{\dot{m}_{\text{Sampah}}} \\ AFR &= \frac{0.0129 \text{ kg/s}}{0.00244 \text{ kg/s}} \\ AFR &= 5.29 \end{aligned}$$

- b. Debit aliran udara 0,0208 m<sup>3</sup>/s

$$\begin{aligned} AFR &= \frac{\dot{m}_{\text{udara}}}{\dot{m}_{\text{Sampah}}} \\ AFR &= \frac{0.0250 \text{ kg/s}}{0.00256 \text{ kg/s}} \\ AFR &= 9,77 \end{aligned}$$

c. Debit aliran udara 0,0311 m<sup>3</sup>/s

$$AFR = \frac{\dot{m}_{udara}}{\dot{m}_{sampah}}$$
$$AFR = \frac{0.0373 \text{ kg/s}}{0.00261 \text{ kg/s}}$$
$$AFR = 14,29$$

B. Nilai *air fuel ratio* pada sampah 25 kg

a. Debit aliran udara 0,0108 m<sup>3</sup>/s

$$AFR = \frac{\dot{m}_{udara}}{\dot{m}_{sampah}}$$
$$AFR = \frac{0.0129 \text{ kg/s}}{0.00561 \text{ kg/s}}$$
$$AFR = 2,30$$

b. Debit aliran udara 0,0208 m<sup>3</sup>/s

$$AFR = \frac{\dot{m}_{udara}}{\dot{m}_{sampah}}$$
$$AFR = \frac{0.0129 \text{ kg/s}}{0.00570 \text{ kg/s}}$$
$$AFR = 4,39$$

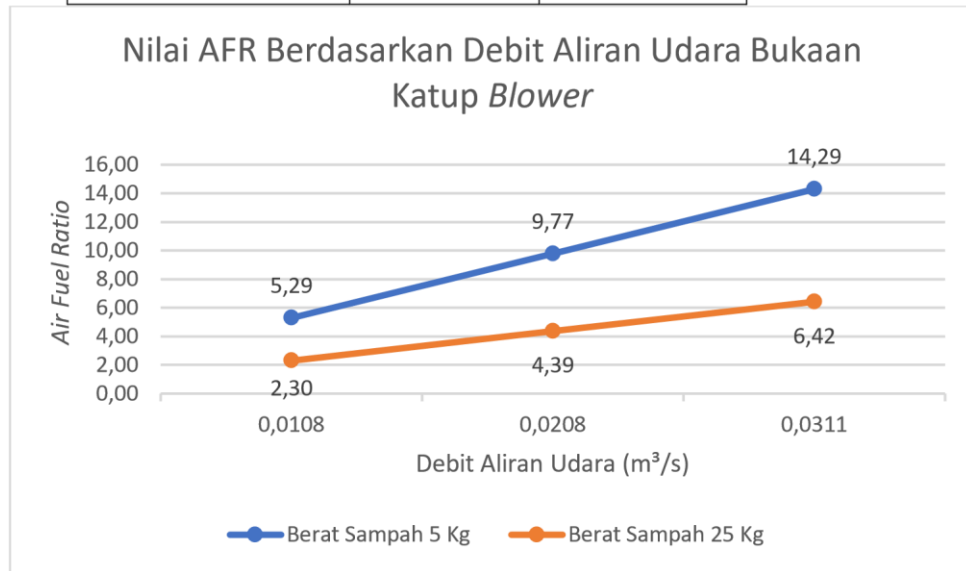
c. Debit aliran udara 0,0311 m<sup>3</sup>/s

$$AFR = \frac{\dot{m}_{udara}}{\dot{m}_{sampah}}$$
$$AFR = \frac{0.0129 \text{ kg/s}}{0.00581 \text{ kg/s}}$$
$$AFR = 6,42$$

Perhitungan di atas akhirnya didapatkannya nilai *air fuel ratio* pada pembakaran sampah yang mencakup semua debit aliran udara yang dapat dilihat pada tabel berikut.

**Tabel 4.12** Nilai *Air Fuel Ratio* Pada Pembakaran Sampah 5 dan 25 Kg

| $Q_{udara}$ ( $m^3/s$ ) | AFR   |       |
|-------------------------|-------|-------|
|                         | 5 Kg  | 25 Kg |
| 0,0108                  | 5,29  | 2,30  |
| 0,0208                  | 9,77  | 4,39  |
| 0,0311                  | 14,29 | 6,42  |



**Gambar 4.18** Nilai AFR Berdasarkan Debit Aliran Udara

Pada Gambar 4.18 dapat terlihat perbandingan laju aliran massa udara dengan laju aliran massa bahan bakar baik yang berdasarkan berat akhir sampah dapat mempengaruhi besar dan kecilnya nilai *air fuel ratio*. Bahwa semakin besar laju aliran massa udara dan semakin kecil laju aliran massa bahan bakar, maka hasil nilai perbandingan jumlah udara dengan bahan bakar semakin besar. Hal ini juga berlaku sebaliknya, jika laju aliran massa udara lebih kecil dari laju aliran massa bahan bakar, maka hasil nilai perbandingan jumlah udara dengan bahan bakar semakin kecil.

#### 4.3.1. Pengujian Emisi .

Pengujian pembakaran bertujuan untuk menguji alat dapat digunakan atau tidak berdasarkan penelitian yang dilakukan menggunakan insinerator kapasitas 25 kg. Dilakukan pembakaran sampah 25 Kg. pada pembakaran 25 Kg berlangsung selama 58 menit dengan sisa pembakaran 4.80 Kg pembakaran ini menghasilkan temperature paling tinggi 1060.75° C. Lalu dilakukan penelitian yang sebanyak tiga kali untuk melihat efektifitas penyaring udara (ESP). Dengan kondisi electrostatic precipitator (ESP) dalam keadaan mati dan tiga kali pada keadaan menyala adalah Terjadi penurunan nilai emisi pada masing masing zat yang terdapat di dalam gas buang yang keluar melalui cerobong asap pada kondisi ESP menyala. Terdapat 43% penurunan nilai CO pada gas buang, 18% penurunan HC, penurunan 10% pada CO<sub>2</sub>, dan kenaikan 9% pada nilai O<sub>2</sub>. Filter yang digunakan dalam proses penyaringan gas buang dengan ESP adalah dengan menggunakan pelat stainless steel. Tujuannya karena stainless steel memiliki durabilitas yang baik pada suhu tinggi dan memiliki nilai konduktivitas elektrik yang cukup baik. Temperatur di dalam ESP mencapai 400°C dan apabila menggunakan material yang tidak tahan panas maka akan berkarat menyebabkan umur pemakaian filter menjadi pendek. Pada gambar 4.17 menunjukkan salah satu pelat filter ESP pada kondisi sebelum melakukan pembakaran.



**Gambar 4.19** Pelat Fliter ESP sebelum melakukan penyaringan

Pada kondisi sebelum melakukan penyaringan dapat dilihat bahwa pelat masih terlihat relatif bersih dan belum nampak adanya debu yang menempel pada pelat tersebut.



**Gambar 4.20** Pelat Fliter ESP setelah melakukan penyaringan

Secara visual terdapat perbedaan yang signifikan pada penampakan fisik dari pelat filter. Pelat menguning dan terdapat banyak debu yang menempel pada pelat tersebut.



## **BAB V**

### **KESIMPULAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Adapun Kesimpulan yang dapat diperoleh dari penelitian manufaktur alat pembakar sampah berkapasitas 25 Kg sampah ini adalah

1. Hasil perancang dan membangun alat pembakar sampah berkapasitas 25 kg. Sampah tempat Pengolahan sampah yang tersedia dengan luas  $1 \text{ m}^3$ . Maka ditentukan dimensi incinerator 800mm x 800mm x 1000mm.
2. Hasil pengujian Pembakaran sampah menggunakan incinerator didapatkan Air Fuel Ratio Bahwa semakin besar laju aliran massa udara dan semakin kecil laju aliran massa bahan bakar, maka hasil nilai perbandingan jumlah udara dengan bahan bakar semakin besar. Hal ini juga berlaku sebaliknya, jika laju aliran massa udara lebih kecil dari laju aliran massa bahan bakar, maka hasil nilai perbandingan jumlah udara dengan bahan bakar semakin kecil.
3. Rancangan Anggaran Biaya dari pembuatan Insinerator. Hasil dari pengujian Dan untuk total biaya dari Pembangunan Insinerator adalah sebesar Rp 9,823,200.00.

#### **5.2 Saran**

Hasil dari pengujian Insinerator menggunakan bahan plat yang digunakan yaitu besi galvanis pertimbangan menggunakan jenis material tersebut adalah untuk menghemat biaya, namun saat di lakukan pengujian pembakaran material tersebut terjadi korosi pada material. Sehingga saran pada penelitian selanjutnya dapat menggunakan material yang lebih mampu untuk menahan korosi

## DAFTAR PUSTAKA

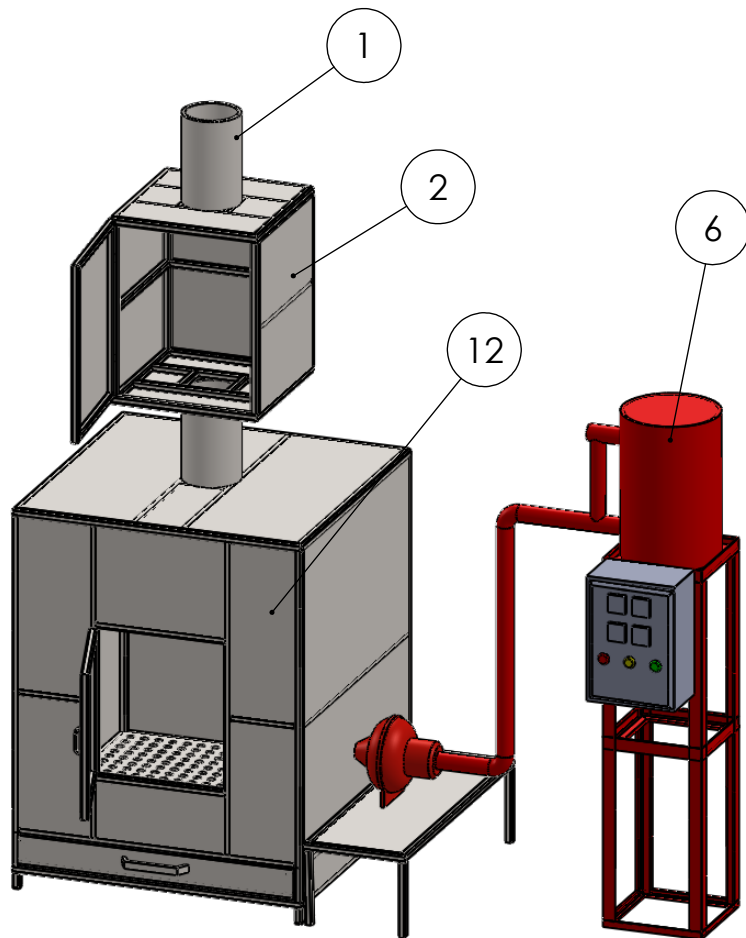
- Abid, A. (2014). Studi Pemrosesan Akhir Buangan Padat Dengan Teknologi Konversi Termal. *Teknik Lingkungan FTSP - ITS*, X.
- Apriliyanti, H. (2022) Analisa Perhitungan Air Fuel Ratio Pada Proses Combustion Di Incinerator Berkapasitas 25 Kg. Teknik Mesin Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
- Barriere, E. A. C. (2018). Temperature Control System. *2017 IEEE Central America And Panama Student Conference, CONESCAPAN 2017, 2018-Janua*(April 2011), 1–7. <https://doi.org/10.1109/CONESCAPAN.2017.8277609>
- Dwi Utami, R. D. . O. M. M. (2016). Meningkatkan Kinerja Incenerator Pada Pemusnahan Limbah Medis Rsud Dr. Soetomo Surabaya. *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, 7(2), 115–123.
- Haryadi, Rosyad, I., Satria, D., Wisnuadji, A., & Habibi. (2019). Identifikasi Sistem Pengelolaan Sampah Di Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. *Prosiding SNATIF*, 6, 139–144.
- Jiang, M., Lai, A. C. H., & Law, A. W. K. (2020). Solid Waste Incineration Modelling For Advanced Moving Grate Incinerators. *Sustainability (Switzerland)*, 12(19), 1–15. <https://doi.org/10.3390/Su12198007>
- Liu, S., Wang, F., & Wu, J. (2020). Parameter Design Of Rotary Kiln Incinerator And Application Analysis In Engineering Cases. *IOP Conference Series: Earth And Environmental Science*, 514(3). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/514/3/032047>
- Mamat, Analisis Cerobong Untuk Insinerator Tipe PPF - GF CCB 1.50. (2008) Pusat Peneliti Fisika - LIPI.
- Mahfudh, A. A., Ramadhani, S., & Fathoni, M. A. R. (2021). Sistem Keamanan Ruang Berbasis Arduino Uno R3 Dengan Sensor PIR Dan Fingerprint. *Walisongo Journal Of Information Technology*, 3(2), 95–106. <https://doi.org/10.21580/Wjit.2021.3.2.9616>
- Martana, B., Sulasminingsih, S., & Lukmana, M. A. (2017). Perencanaan Dan Uji Performa Alat Pembakar Sampah Organik. *Bina Teknik*, 13(1), 65. <https://doi.org/10.54378/Bt.V13i1.22>
- Marto, S., Risto, G., Sunarso, A., & Pahlanop, B. (2018). Rancang Bangun Sistem Pemantau Dan Kendali Suhu Pada Model Alat Pirolisis Plastik. *Prisma Fisika*, VI(01), 49–56.

- Omari, A. M., Njau, K. N., John, G. R., Kihedu, J. H., & Mtui, P. L. (2015). *Mass And Energy Balance For Fixed Bed Incinerators*. 2(9).
- Pahl, G., Beitz, W., Feldhusen, J., & Grote, K. H. (2007). *Engineering Design : A Systematic Approach*.
- Perry, J. H. (2019). *Perry's Chemical Engineers Handbook* (Issue 9).
- Pranaka, K. (2022). *Pengaruh Variasi Komposisi Material Terhadap Pembentukan Bata Tahan Api*.
- Putra, A. P. S. D. (2023). *Analisa Teknis Penggunaan Bahan Bakar Refuse Derived Fuel (Rdf) Pada Incinerator Portabel Universitas Sultan Ageng Tirtayasa*. Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
- Rachmasar, D., Marbun, R., Kirani, N. S., Ramadhan, M. I. R., & Utomo, A. P. Y. (2022). Upaya Konservatif UNNES Dalam Menyikapi Urgensi Krusial Climate Change Di Lingkungan Kampus. *Indonesian Journal Of Conservation*, 23(4), 22–28. <https://doi.org/10.15294/ijc.v11i1.36913>
- Saragih, J. L., & Herumurti, W. (2013). Evaluasi Fungsi Insinerator Dalam Memusnahkan Limbah B3 Di Rumah Sakit TNI Dr.Ramelan Surabaya. *Jurnal Teknik Pomits*, 2(2), 138–143.
- Sari, D. P., Rasyad, S., Amperawan, A., & Muslimin, S. (2018). Kendali Suhu Air Dengan Sensor Termokopel Tipe-K Pada Simulator Sistem Pengisian Botol Otomatis. *Jurnal Ampere*, 3(2), 128. <https://doi.org/10.31851/Ampere.V3i2.2393>
- Sasmoko, D. (2021). Arduino Dan Sensor Pada Project Arduino DIY. In *Penerbit Yayasan Prima Agus Teknik*.
- Susastrio, H., Ginting, D., Sinuraya, E. W., & Pasaribu, G. M. (2020). Kajian Incinerator Sebagai Salah Satu Metode Gasifikasi Dalam Upaya Untuk Mengurangi Limbah Sampah Perkotaan. *Jurnal Energi Baru Dan Terbarukan*, 1(1), 28–34. <https://doi.org/10.14710/Jeht.2020.8137>
- Van Caneghem, J., Brems, A., Lievens, P., Block, C., Billen, P., Vermeulen, I., Dewil, R., Baeyens, J., & Vandecasteele, C. (2012). Fluidized Bed Waste Incinerators: Design, Operational And Environmental Issues. *Progress In Energy And Combustion Science*, 38(4), 551–582. <https://doi.org/10.1016/j.pecc.2012.03.001>

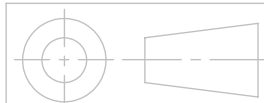
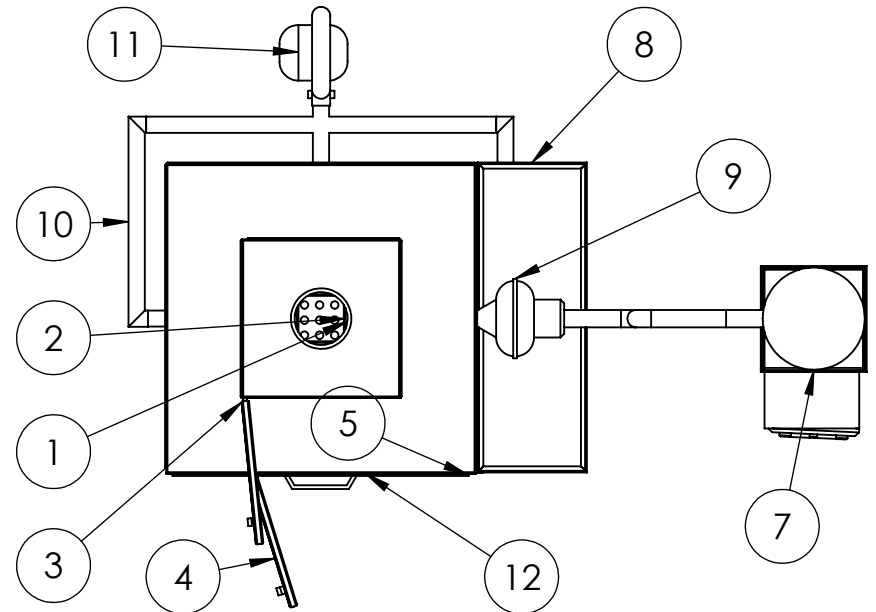
## LAMPIRAN

## DOKUMENTASI





| NO. | PART NUMBER                  | QTY. |
|-----|------------------------------|------|
| 1   | PIPA                         | 2    |
| 2   | KERANGKA ATAS<br>INCINERATOR | 1    |
| 3   | PINTU ATAS                   | 1    |
| 4   | PINTU BAWAH                  | 1    |
| 5   | TRAY                         | 1    |
| 6   | TANGKI                       | 1    |
| 7   | DUDUKAN TANGKI               | 1    |
| 8   | DUDUKAN                      | 1    |
| 9   | ROTARY BURNER                | 1    |
| 10  | PIPA SAMPING                 | 2    |
| 11  | BLOWER                       | 1    |
| 12  | TUNGKU BAWAH                 | 1    |
| 13  | PANEL BOX                    | 1    |



SKALA : 1 : 20

DIGAMBAR: FARHAN INSANI

MATERIAL : BAJA ST27

UKURAN : mm

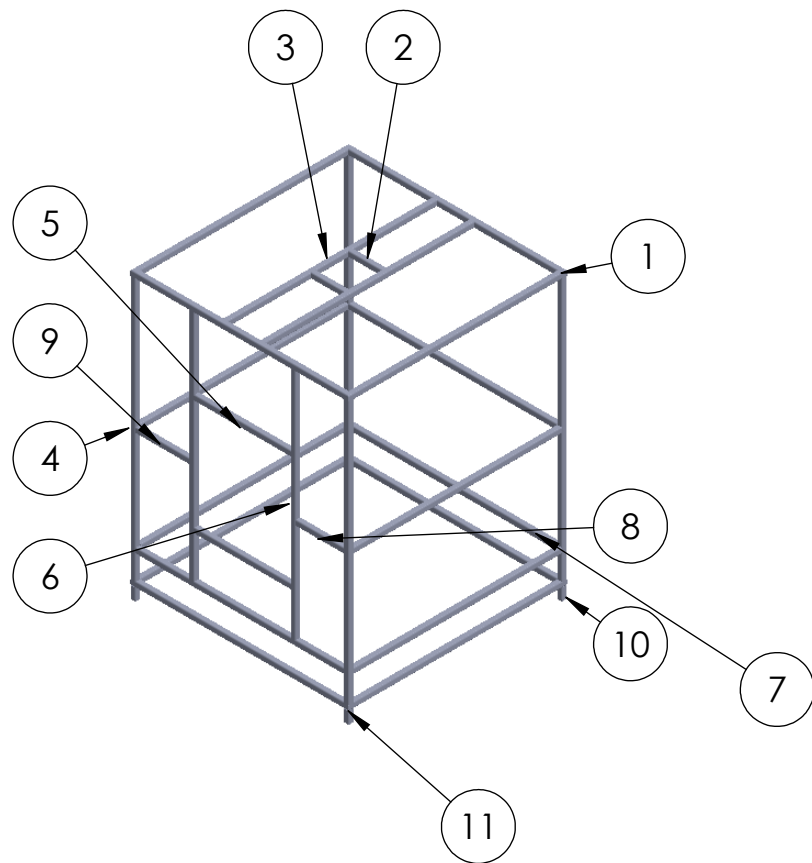
NPM : 3331170068

TANGGAL : 10/27/2023 DIPERIKSA: PEMBIMBING

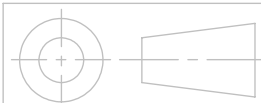
FT. UNTIRTA

INCINERATOR

A4



| ITEM NO. | QTY. | DESCRIPTION              | LENGTH |
|----------|------|--------------------------|--------|
| 1        | 8    | TUBE, SQUARE 20 X 20 X 2 | 820    |
| 2        | 2    | TUBE, SQUARE 20 X 20 X 2 | 128    |
| 3        | 2    | TUBE, SQUARE 20 X 20 X 2 | 788    |
| 4        | 4    | TUBE, SQUARE 20 X 20 X 2 | 988    |
| 5        | 2    | TUBE, SQUARE 20 X 20 X 2 | 368    |
| 6        | 2    | TUBE, SQUARE 20 X 20 X 2 | 878    |
| 7        | 7    | TUBE, SQUARE 20 X 20 X 2 | 780    |
| 8        | 2    | TUBE, SQUARE 20 X 20 X 2 | 180    |
| 9        | 2    | TUBE, SQUARE 20 X 20 X 2 | 200    |
| 10       | 4    | END CAP                  | -      |
| 11       | 4    | TUBE, SQUARE 20 X 20 X 2 | 40     |



SKALA : 1 : 20

DIGAMBAR: FARHAN INSANI

MATERIAL : BATA ST27

UKURAN : mm

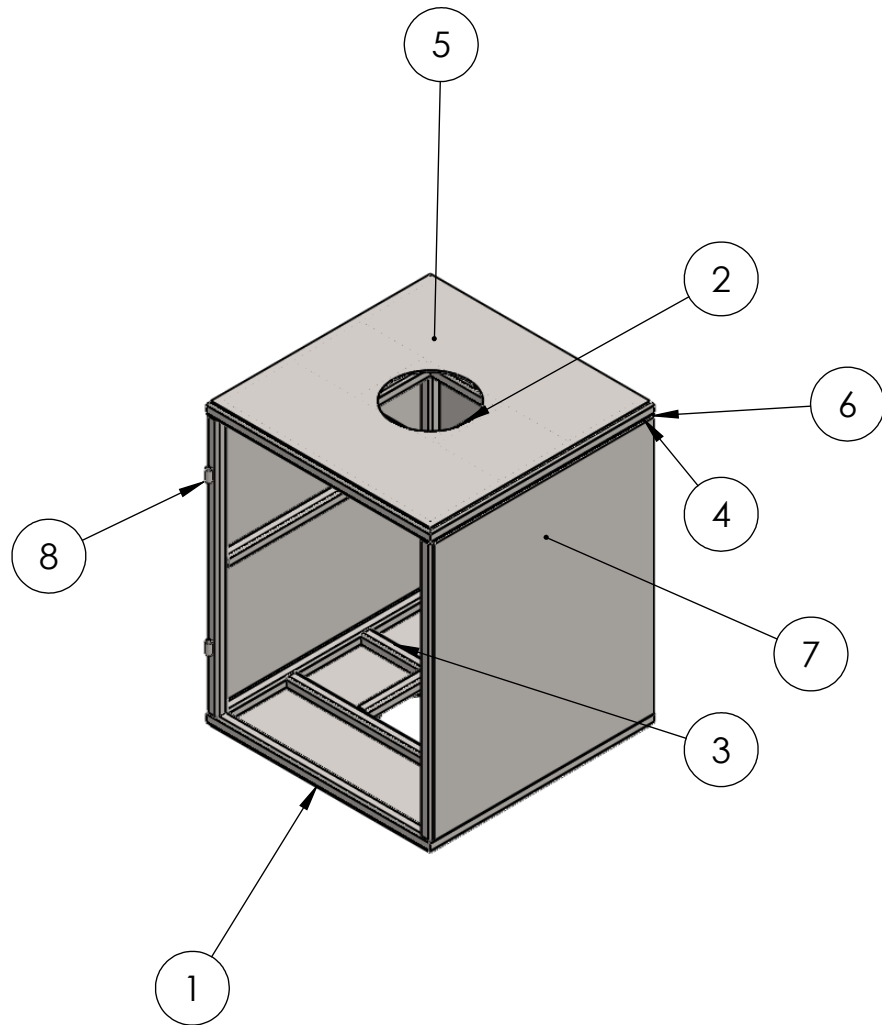
NPM : 3331170068

TANGGAL : 10/27/2023 DIPERIKSA: PEMBIMBING

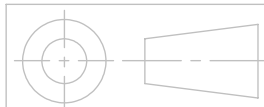
**FT.UNTIRTA**

**KERANGKA INCINERATOR**

A4



| ITEM NO. | QTY. | DESCRIPTION              | LENGTH |
|----------|------|--------------------------|--------|
| 1        | 8    | TUBE, SQUARE 20 X 20 X 2 | 420    |
| 2        | 4    | TUBE, SQUARE 20 X 20 X 2 | 120    |
| 3        | 7    | TUBE, SQUARE 20 X 20 X 2 | 380    |
| 4        | 4    | TUBE, SQUARE 20 X 20 X 2 | 480    |
| 5        | 2    | PLAT 412 x412, LUBANG 4" |        |
| 6        | 1    | PLAT 480 x 412           |        |
| 7        | 2    | PLAT 480 x 412           |        |
| 8        | 2    | ENGSEL PINTU             |        |



SKALA : 1 : 10

DIGAMBAR: FARHAN INSANI

MATERIAL : BAJA ST27

UKURAN : mm

NPM : 3331170068

TANGGAL : 10/27/2023 DIPERIKSA: PEMBIMBING

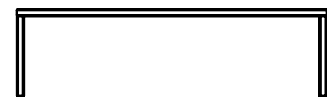
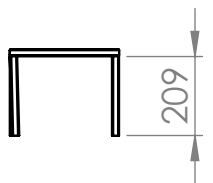
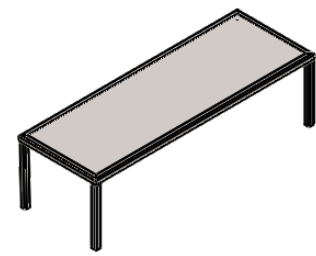
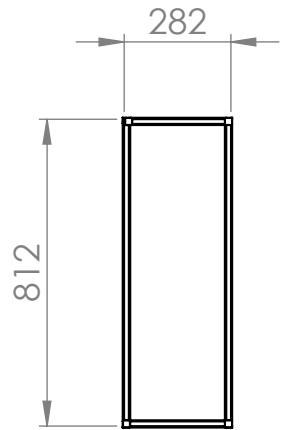
**FT. UNTIRTA**

KERANGKA ATAS INCINERATOR

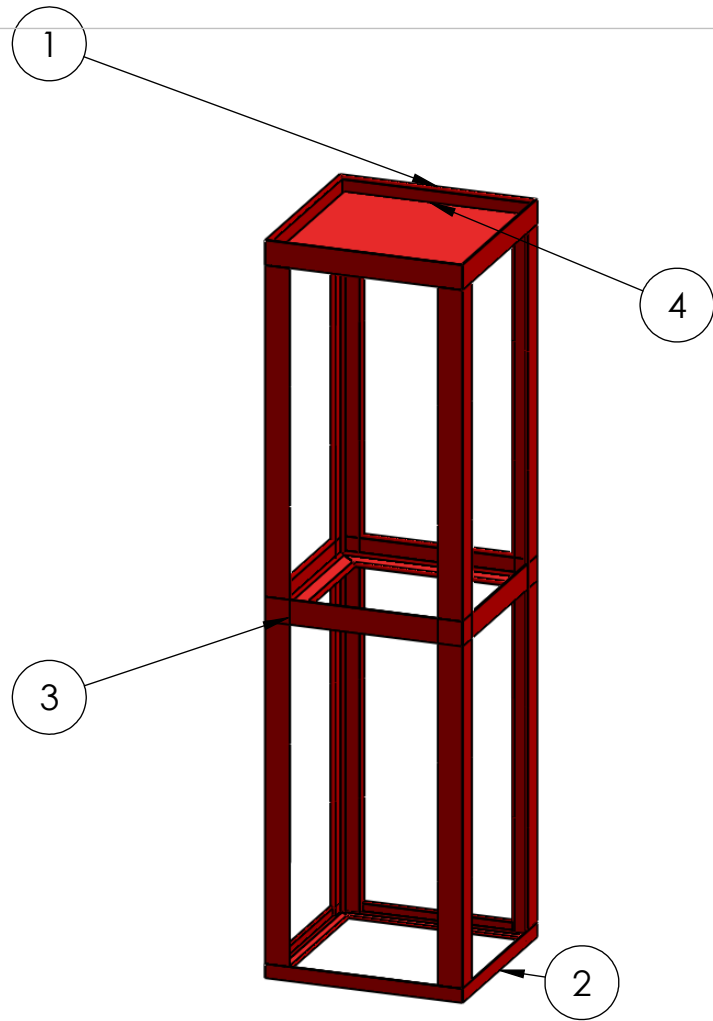
A4



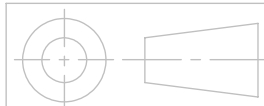
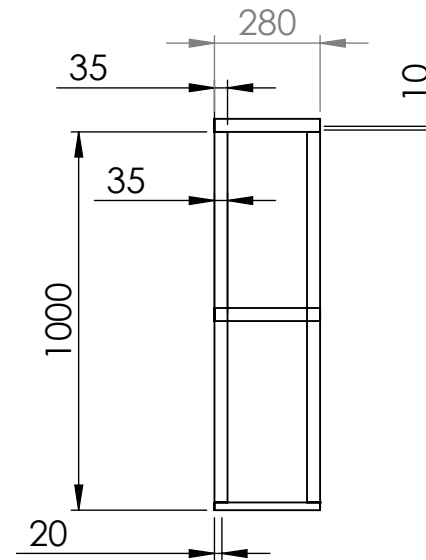
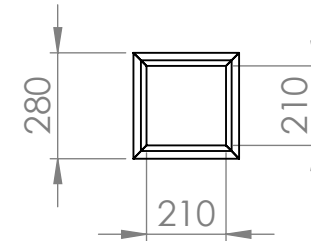
| ITEM NO. | QTY. | DESCRIPTION              | LENGTH |
|----------|------|--------------------------|--------|
| 1        | 2    | TUBE, SQUARE 20 X 20 X 2 | 820    |
| 2        | 2    | TUBE, SQUARE 20 X 20 X 2 | 290    |
| 3        | 4    | ENDCAP                   |        |
| 4        | 3    | TUBE, SQUARE 20 X 20 X 2 | 209    |
| 5        | 1    | TUBE, SQUARE 20 X 20 X 2 | 209.26 |
| 6        | 1    | PLAT 812 x 282           |        |



|             |                      |                         |                       |
|-------------|----------------------|-------------------------|-----------------------|
|             | SKALA : 1 : 20       | DIGAMBAR: FARHAN INSANI | MATERIAL : BAJA ST27  |
|             | UKURAN : mm          | NPM : 3331170068        |                       |
|             | TANGGAL : 10/27/2023 |                         | DIPERIKSA: PEMBIMBING |
| FT. UNTIRTA | dudukan              |                         | A4                    |



| ITEM NO. | QTY. | DESCRIPTION    | LENGTH |
|----------|------|----------------|--------|
| 1        | 8    | L 35 X 35 X 5  | 280    |
| 2        | 4    | L 20 X 20 X 3  | 280    |
| 3        | 4    | L 35 X 35 X 5  | 996.96 |
| 4        | 1    | PLAT 210 x 210 |        |



SKALA : 1 : 20

DIGAMBAR: FARHAN INSANI

MATERIAL :BAJA ST27

UKURAN : mm

NPM : 3331170068

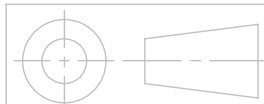
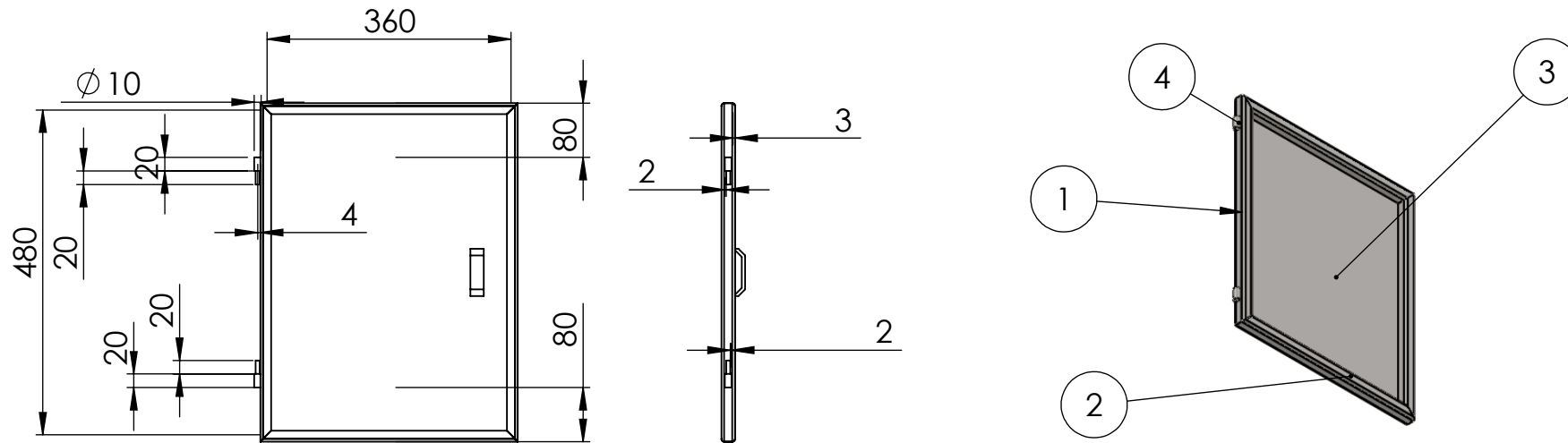
TANGGAL :10/27/2023 DIPERIKSA: PEMBIMBING

FT.UNTIRTA

dudukan tangki

A4

| ITEM NO. | QTY. | DESCRIPTION              | LENGTH |
|----------|------|--------------------------|--------|
| 1        | 2    | TUBE, SQUARE 20 X 20 X 2 | 500    |
| 2        | 2    | TUBE, SQUARE 20 X 20 X 2 | 380    |
| 3        | 1    | PLAT 468 X 348           |        |
| 4        | 2    | ENGSEL                   |        |
| 5        | 2    |                          |        |
| 6        | 1    |                          |        |



SKALA : 1 : 10

DIGAMBAR: FARHAN INSANI

MATERIAL : BAJA ST27

UKURAN : mm

NPM : 3331170068

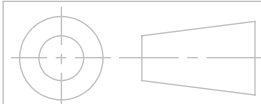
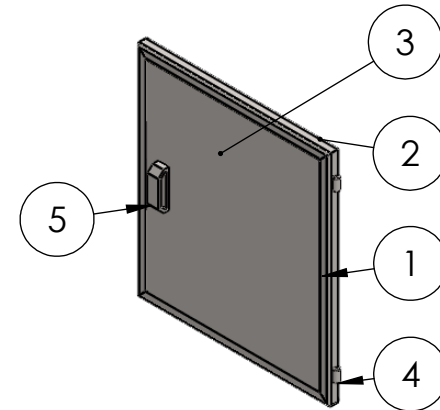
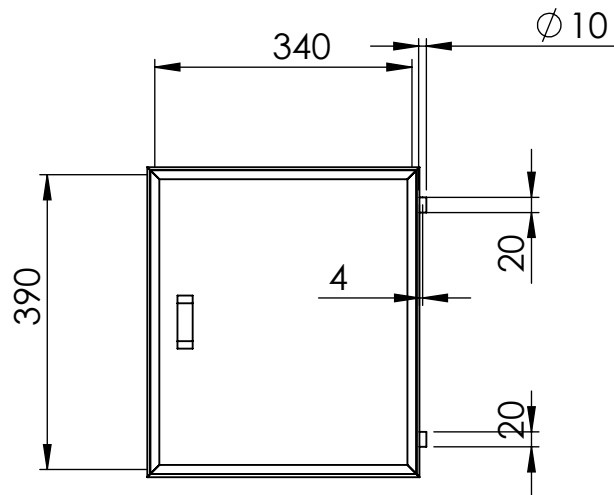
TANGGAL : 10/27/2023 DIPERIKSA: PEMBIMBING

FT. UNTIRTA

PINTU ATAS

A4

| ITEM NO. | QTY. | DESCRIPTION              | LENGTH |
|----------|------|--------------------------|--------|
| 1        | 2    | TUBE, SQUARE 20 X 20 X 2 | 410    |
| 2        | 2    | TUBE, SQUARE 20 X 20 X 2 | 360    |
| 3        | 1    | PLAT 378 X 328           |        |
| 4        | 2    | ENGSEL                   |        |
| 5        | 1    | GAGANG PINTU             |        |



SKALA : 1 : 10

DIGAMBAR: FARHAN INSANI

MATERIAL : BAJA ST27

UKURAN : mm

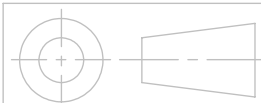
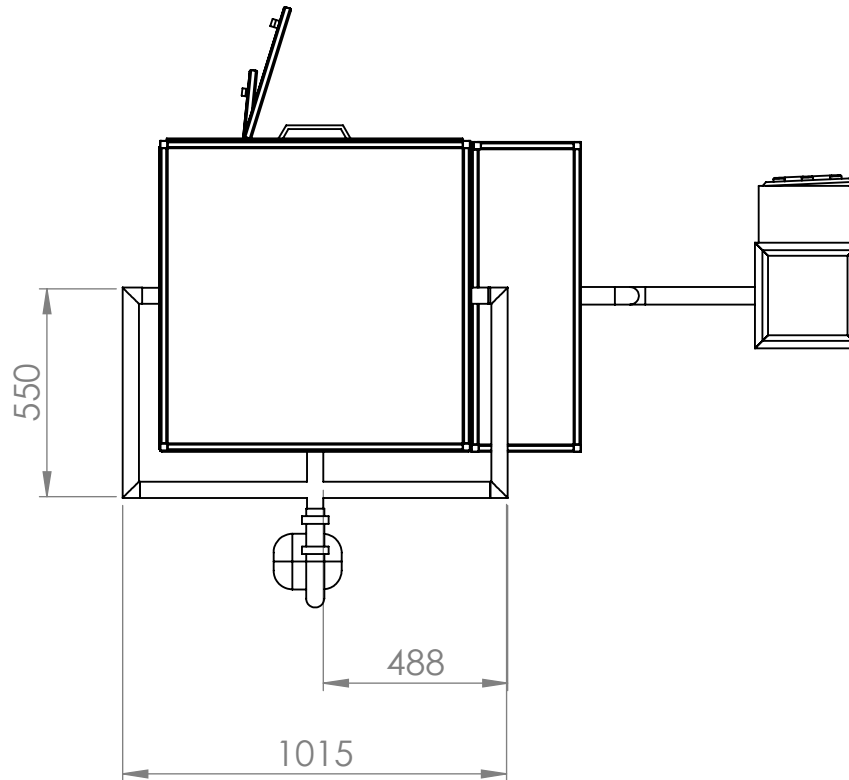
NPM : 3331170068

TANGGAL : 10/27/2023 DIPERIKSA: PEMBIMBING

**FT. UNTIRTA**

**PINTU BAWAH**

A4



SKALA : 1 : 20

DIGAMBAR: FARHAN INSANI

MATERIAL :

UKURAN : mm

NPM : 3331170068

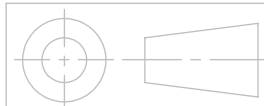
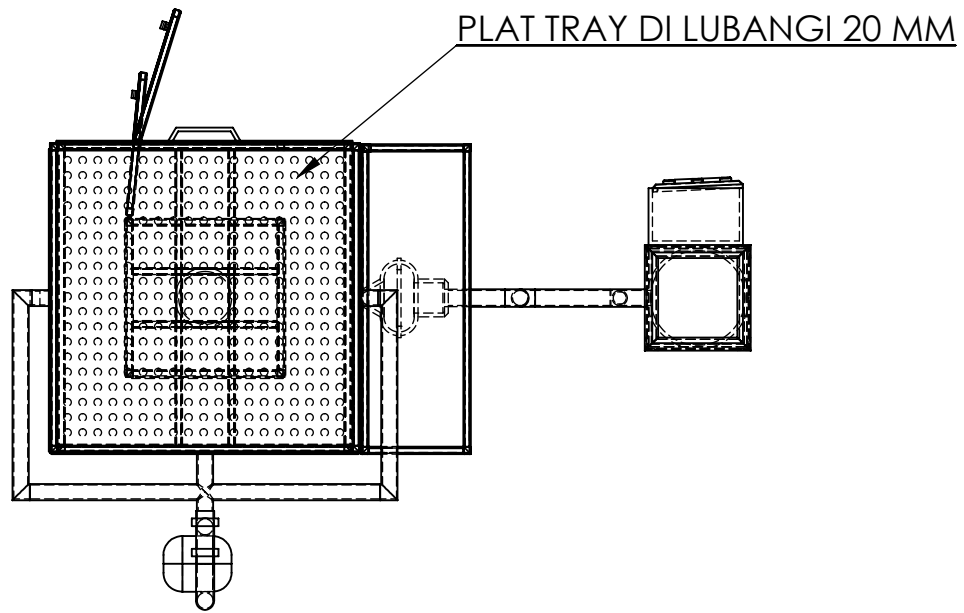
TANGGAL : 10/27/2023

DIPERIKSA: PEMBIMBING

FT.UNTIRTA

pipa INCINERATOR

A4



SKALA : 1 : 20

DIGAMBAR: FARHAN INSANI

MATERIAL :

UKURAN : mm

NPM : 3331170068

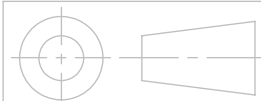
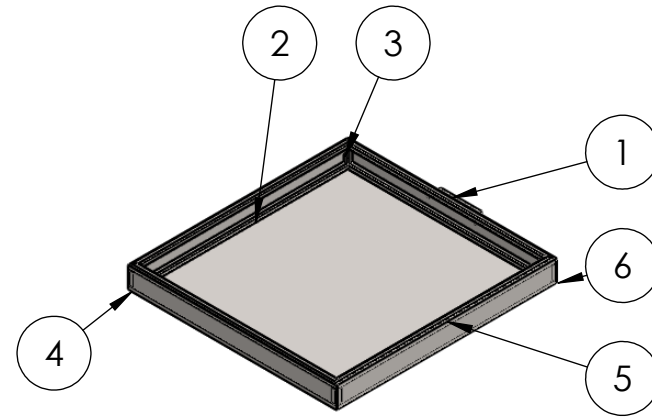
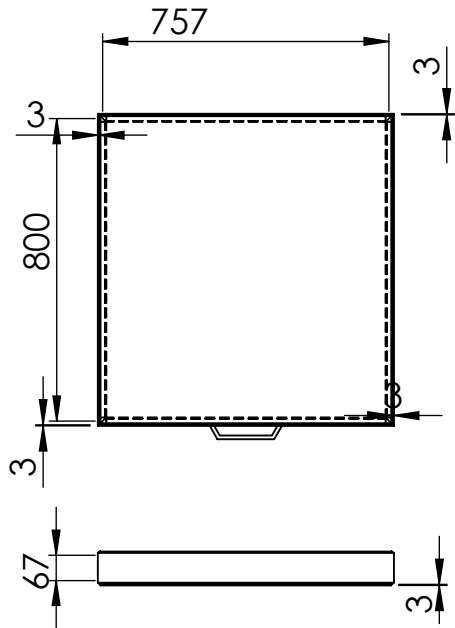
TANGGAL : 10/27/2023 DIPERIKSA: PEMBIMBING

FT.UNTIRTA

INCINERATOR

A4

| ITEM NO. | QTY. | DESCRIPTION              | LENGTH |
|----------|------|--------------------------|--------|
| 1        | 4    | TUBE, SQUARE 20 X 20 X 2 | 777    |
| 2        | 4    | TUBE, SQUARE 20 X 20 X 2 | 820    |
| 3        | 4    | TUBE, SQUARE 20 X 20 X 2 | 47     |
| 4        | 1    |                          |        |
| 5        | 2    |                          |        |
| 6        | 2    |                          |        |
| 7        | 1    |                          |        |



SKALA : 1 : 20

DIGAMBAR: FARHAN INSANI

MATERIAL : BAJA ST27

UKURAN : mm

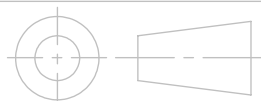
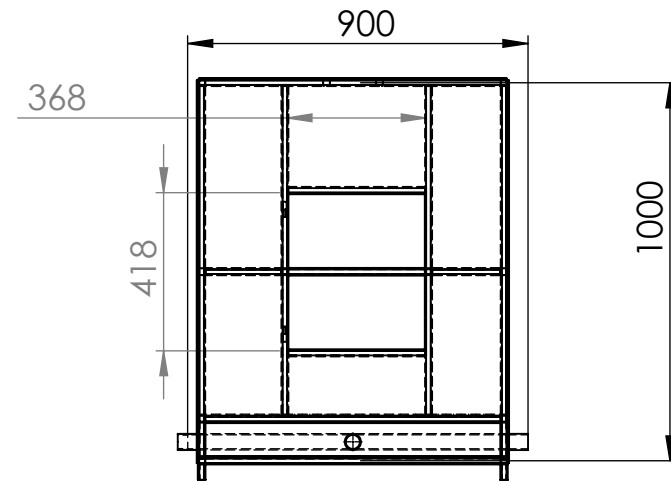
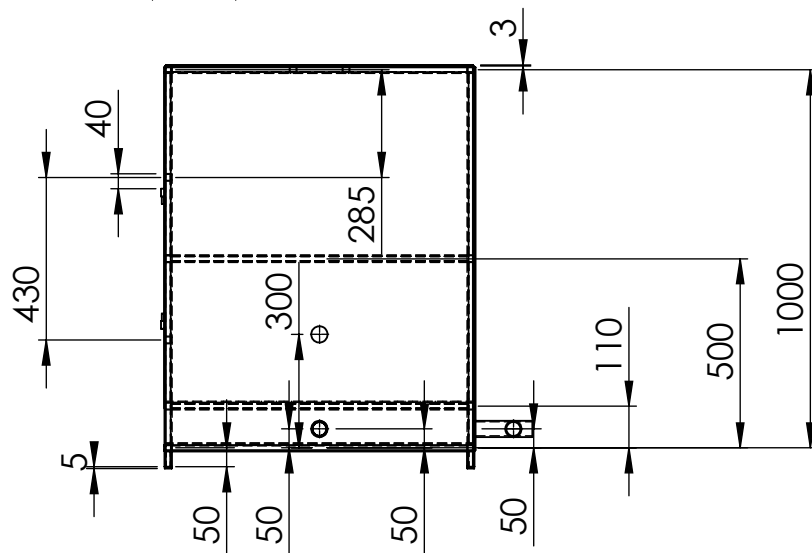
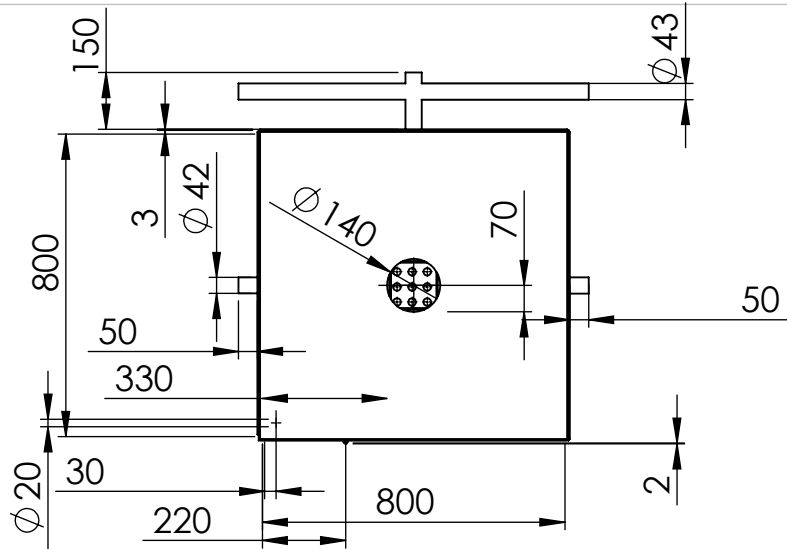
NPM : 3331170068

TANGGAL : 10/27/2023 DIPERIKSA: PEMBIMBING

FT.UNTIRTA

tray

A4



SKALA : 1 : 20

DIGAMBAR: FARHAN INSANI

MATERIAL : BAJA ST27

UKURAN : mm

NPM : 3331170068

TANGGAL : 10/27/2023

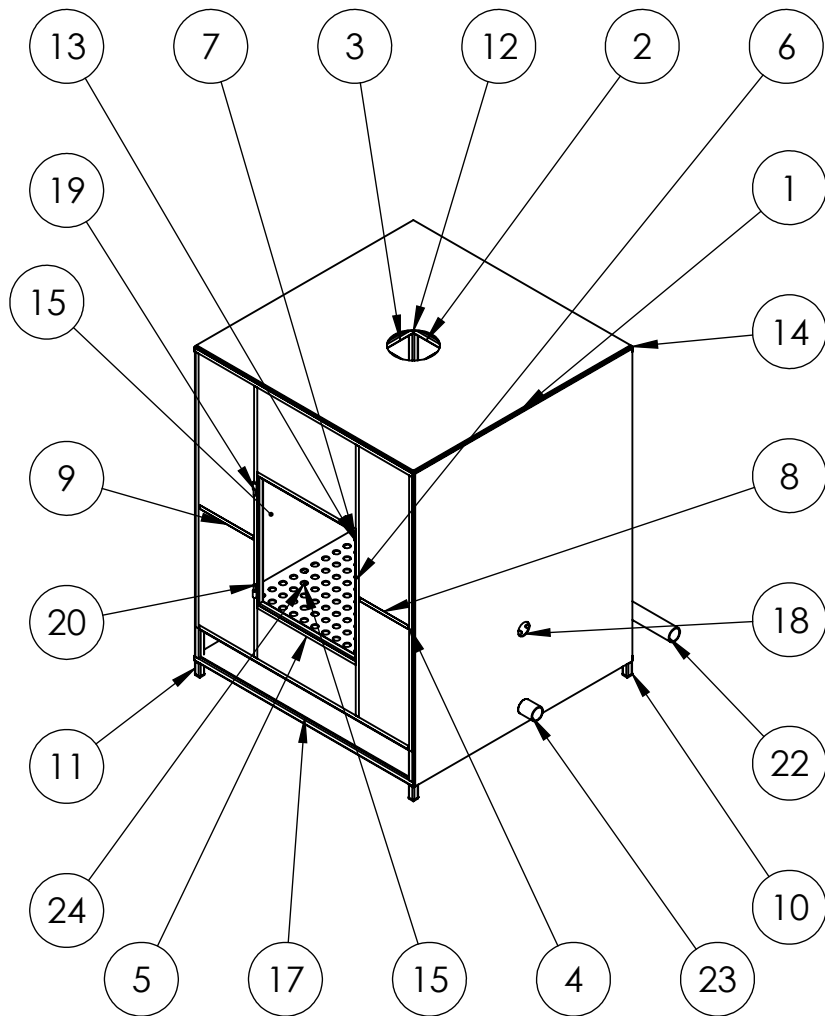
DIPERIKSA: PEMBIMBING

FT.UNTIRTA

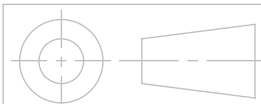
TUNGKU BAWAH

A4





| ITEM NO. | QTY. | DESCRIPTION                | LENGTH |
|----------|------|----------------------------|--------|
| 1        | 8    | TUBE, SQUARE 20 X 20 X 2   | 820    |
| 2        | 2    | TUBE, SQUARE 20 X 20 X 2   | 128    |
| 3        | 2    | TUBE, SQUARE 20 X 20 X 2   | 788    |
| 4        | 4    | TUBE, SQUARE 20 X 20 X 2   | 988    |
| 5        | 2    | TUBE, SQUARE 20 X 20 X 2   | 368    |
| 6        | 2    | TUBE, SQUARE 20 X 20 X 2   | 878    |
| 7        | 7    | TUBE, SQUARE 20 X 20 X 2   | 780    |
| 8        | 2    | TUBE, SQUARE 20 X 20 X 2   | 180    |
| 9        | 2    | TUBE, SQUARE 20 X 20 X 2   | 200    |
| 10       | 4    | ENDCAP                     |        |
| 11       | 4    | TUBE, SQUARE 20 X 20 X 2   | 40     |
| 12       | 1    | LUBANG PLAT DIAMETER 140   |        |
| 13       | 1    | PLAT 1000 X 800            |        |
| 14       | 1    | PLAT 1000 X 800            |        |
| 15       | 1    | PLAT 800 X 800, BERLUBANG  |        |
| 16       | 1    | PLAT 1000 X 800            |        |
| 17       | 1    | PLAT 800 X 800             |        |
| 18       | 1    | LUBANG BLOWER DIAMETER 100 |        |
| 19       | 2    | ENGSEL                     |        |
| 20       | 2    | ENGSEL                     |        |
| 21       | 1    | PIPA BELAKANG              |        |
| 22       | 1    | PIPA BELAKANG              |        |
| 23       | 1    | LUBANG PIPA BAWAH          |        |
| 24       | 1    | LUBANG PIPA BAWAH          |        |



SKALA : 1 : 20

DIGAMBAR: FARHAN INSANI

MATERIAL : BAJA ST27

UKURAN : mm

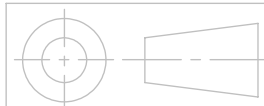
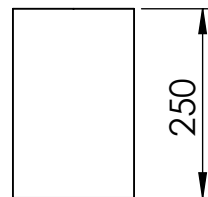
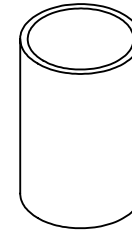
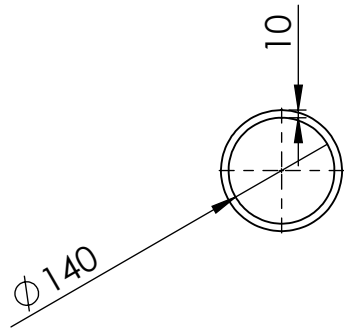
NPM : 3331170068

TANGGAL : 10/27/2023 DIPERIKSA: PEMBIMBING

FT.UNTIRTA

TUNGKU BAWAH

A4



SKALA : 1 : 20

DIGAMBAR: FARHAN INSANI

MATERIAL : BAJA ST27

UKURAN : mm

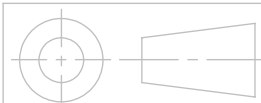
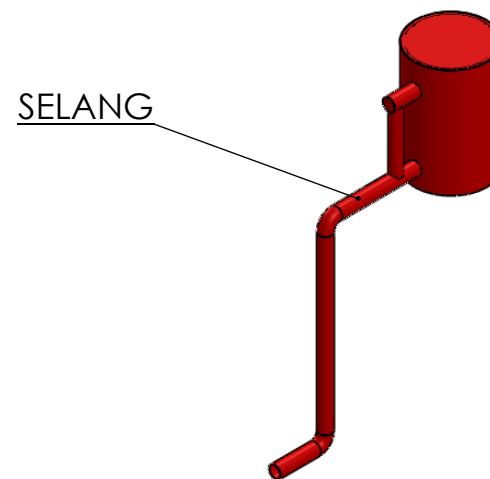
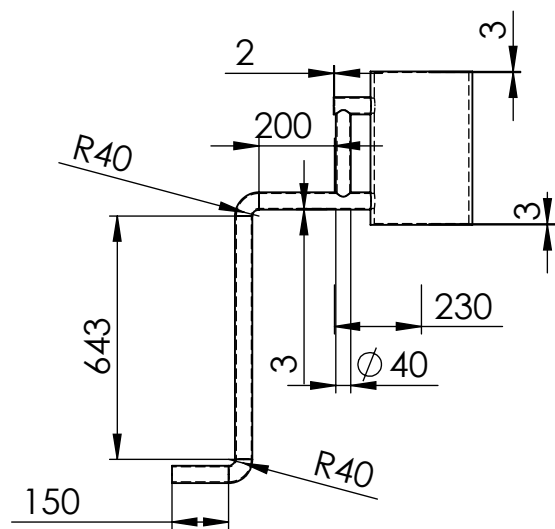
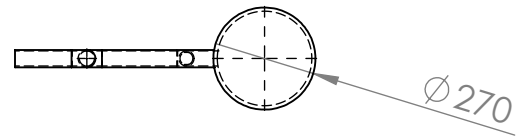
NPM : 3331170068

TANGGAL : 10/27/2023 DIPERIKSA: PEMBIMBING

FT.UNTIRTA

Pipa

A4



SKALA : 1 : 20

DIGAMBAR: FARHAN INSANI

MATERIAL :

UKURAN : mm

NPM : 3331170068

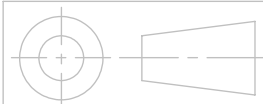
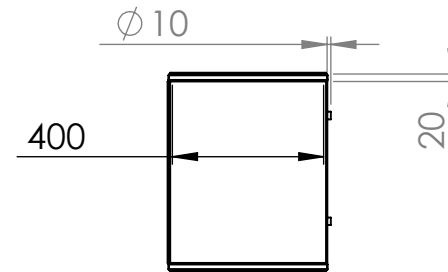
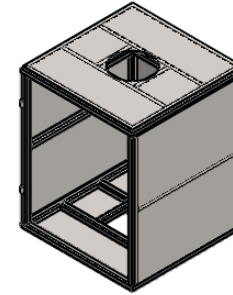
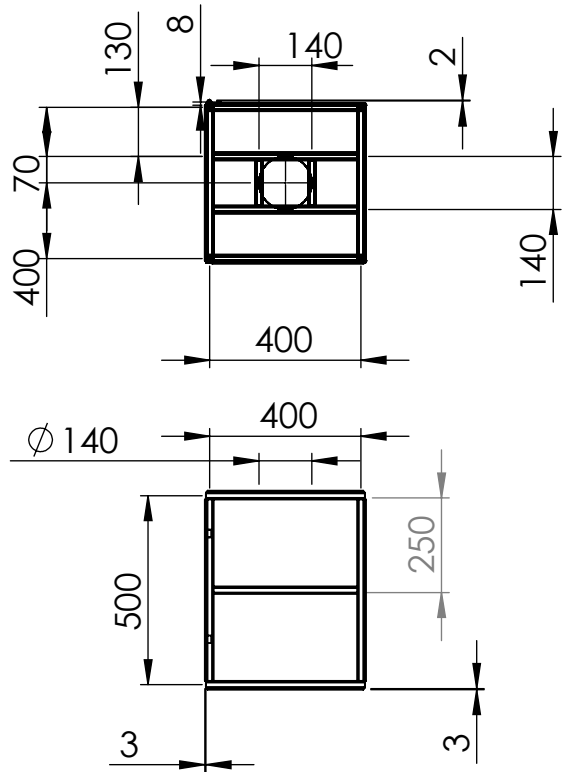
TANGGAL : 10/27/2023

DIPERIKSA: PEMBIMBING

FT.UNTIRTA

tangki

A4



SKALA : 1 : 20

DIGAMBAR: FARHAN INSANI

MATERIAL :

UKURAN : mm

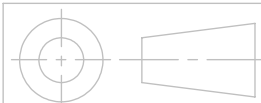
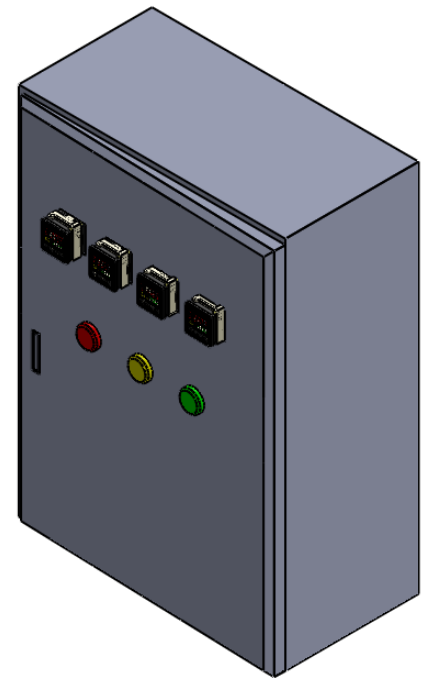
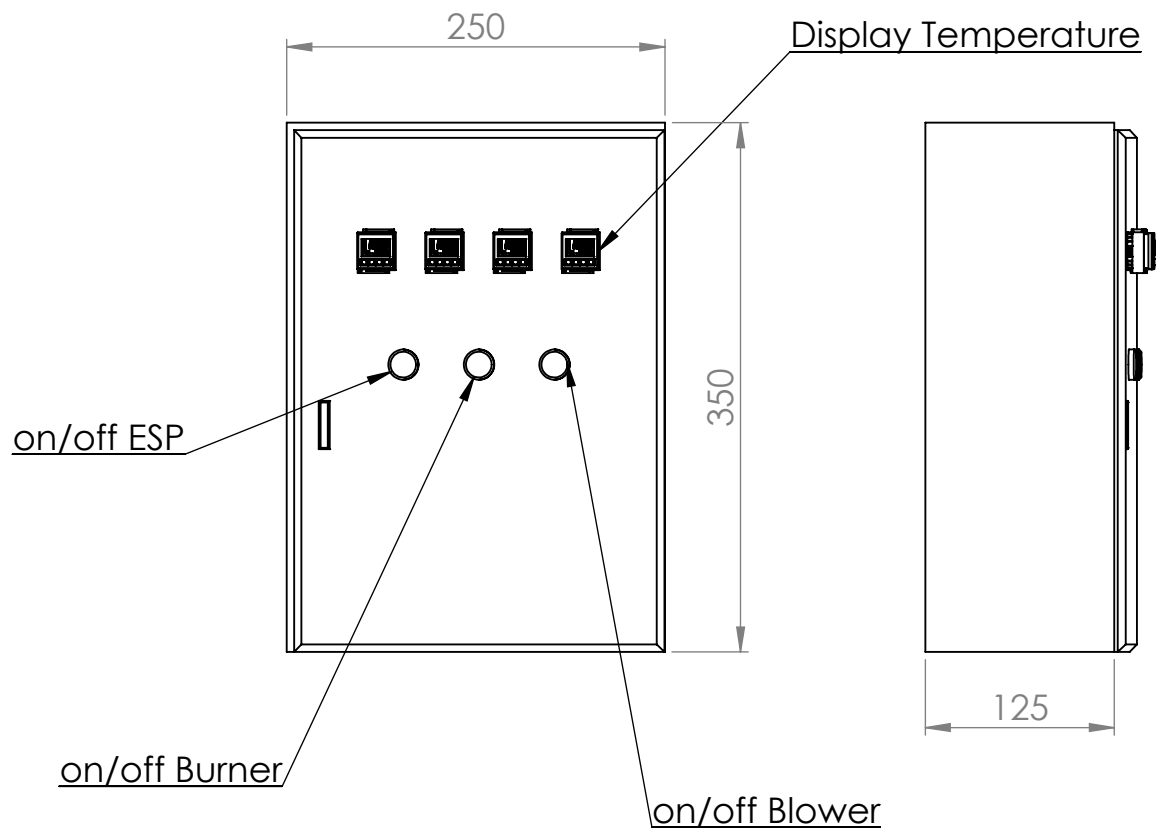
NPM : 3331170068

TANGGAL : 10/27/2023 DIPERIKSA: PEMBIMBING

FT.UNTIRTA

TEMPAT ESP

A4



SKALA : 1 : 5

DIGAMBAR: FARHAN INSANI

MATERIAL :

UKURAN : mm

NPM : 3331170068

TANGGAL : 10/23/2023 DIPERIKSA: PEMBIMBING

FT. UNTIRTA

Panel Box

A4