

IMPLEMENTASI ALAT PEMBAKAR SAMPAH (INSINERATOR) DALAM PENANGGULANGAN SAMPAH DARI PENGOPERASIAN KAPAL

Amad Narto

Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang
e-mail: amad_narto@pip-semarang.ac.id

Riyadini Utari

Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang
e-mail: riyadini.utari@pip-semarang.ac.id

ABSTRACT

The problem in a maritime country that often occurs in the world of shipping and gets attention is pollution. Sources of marine pollution caused among them are shipping activities. One of the efforts to control pollution is to burn waste using an incinerator. In this research, an incinerator with control and control systems was developed to meet the emission limits of particulate matter and exhaust gas so that the results of burning waste become more environmentally friendly. This study aimed to design an incinerator as a teaching tool in the learning process. Hence, cadets understand one of the auxiliary machines on board, namely the incinerator. The method used in this study is Research and Development. The making of this teaching aid utilizes two interconnected systems, namely the burner system and the Arduino module, as a control device. The results showed that the components of the incinerator followed the initial design or construction plan, namely the combustion chamber, burner, air blower, temperature indicator, combustible material, and water scrubber. In addition, the electronics are interconnected so that the incinerator can operate adequately because the components have their respective functions. The feasibility of the teaching aids from the respondents' voices obtained 95%.

Keywords : Props, insinerators, Learning media, Waste

ABSTRAK

Permasalahan dalam negara maritim yang sering terjadi dalam dunia perkapalan dan mendapat perhatian adalah masalah pencemaran. Sumber-sumber pencemaran laut disebabkan di antaranya adalah aktivitas perkapalan. Salah satu upaya untuk mengendalikan pencemaran adalah dengan membakar sampah menggunakan insinerator. Pada penelitian ini, dikembangkan insinerator dengan sistem pengendalian dan kontrol untuk memenuhi batas-batas emisi partikel dan gas buang sehingga hasil sampah yang dibakar menjadi lebih ramah lingkungan. Tujuan penelitian ini adalah membuat rancang bangun insinerator sebagai alat peraga dalam proses pembelajaran, sehingga taruna memperoleh pemahaman mengenai salah satu permesinan bantu di kapal, yaitu insinerator sebelum melaksanakan praktek layar. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah *Research and Development*, yaitu proses atau langkah-langkah untuk mengembangkan suatu produk baru atau menyempurnakan produk yang sudah ada, baik itu perangkat keras maupun perangkat lunak. Pembuatan alat peraga ini memanfaatkan dua sistem yang saling terhubung yaitu sistem burner dan modul Arduino sebagai alat kontrol. Hasil penelitian menunjukkan komponen insinerator sesuai dengan rencana bangun atau desain awal, yaitu ruang bakar, *burner*, blower udara, indikator temperatur, bahan yang dibakar dan *water scrubber*. Selain itu, elektronika saling berhubungan sehingga insinerator dapat beroperasi dengan baik karena antarkomponen satu dengan komponen lainnya mempunyai fungsi masing-masing. Kelayakan alat peraga dari suara responden memperoleh 95%.

Kata kunci : Alat peraga, Insinerator, Media pembelajaran, Sampah

1. Pendahuluan

Di zaman modern ini, transportasi laut telah berkembang pesat dan berperan penting dalam memindahkan barang dari satu tempat ke tempat lain. Jasa angkutan laut memudahkan pergerakan barang dan penumpang dari satu daerah ke daerah lain dan dari satu negara ke negara lain, terbukti dengan bertambahnya jumlah kapal yang beroperasi di laut. (Malisan dan Chisdijanto, 2018). Permasalahan dalam negara maritim yang sering terjadi di dunia perkapalan dan banyak mendapatkan perhatian adalah masalah pencemaran. Sumber-sumber pencemaran laut disebabkan diantaranya adalah aktivitas perkapalan. Dalam kegiatan pengoperasian kapal sehari-hari tentunya menghasilkan sampah seperti sisa buangan rumah tangga seperti plastik, kertas, besi, kaca, sisa makanan dan sampah lainnya. Pengoperasian kapal diharapkan dapat ikut serta menjaga lingkungan laut dari pembuangan limbah yang dapat merusak lingkungan laut (Widodo dan Wahyuni, 2020). Oleh karena itu, pengoperasian peralatan pencegahan pencemaran secara optimal harus dilakukan oleh para operator kapal.

Sampah adalah hasil sisa dari produk atau sesuatu yang dihasilkan dari sisa-sisa penggunaan yang manfaatnya lebih kecil dari produk yang digunakan, sehingga hasil dari sisa ini dibuang atau tidak digunakan kembali (Widawati, 2014). Dalam bidang maritim, kotoran minyak lumas, bahan bakar, dan sampah merupakan salah satu zat penyebab pencemaran laut dan mempunyai pengaruh yang cukup besar serta membawa akibat yang buruk terhadap kelestarian lingkungan dan manfaat dari sumber daya alam yang ada di laut menjadi terganggu baik untuk kepentingan nasional negara pantai maupun bagi umat manusia keseluruhannya (Anggraini, 2020). Oleh sebab itu, dibuat peraturan tentang pencegahan pencemaran akibat pembuangan sampah dan minyak bekas agar sesuai dengan prosedur penanganan dan ketentuan yang ditetapkan.

Banyaknya pencemaran di laut oleh sampah dari kapal sehingga International Maritime Organization (IMO), mengeluarkan peraturan-peraturan yang ditegaskan di dalam MARPOL 73/78 Annex V tentang Pencegahan Pencemaran Oleh Sampah yang terdiri dari 9 aturan tentang sampah mengatur ketentuan pembuangan sampah dari kapal, namun masih dijumpai pembuangan sampah oleh penumpang kapal maupun awak kapal di laut dengan jarak dan ketentuan yang tidak sesuai dengan MARPOL 1973/1978 Annex V (Sofyan, 2010). Oleh sebab itu diperlukan "Penanganan dan Penanggulangan Sampah" di atas kapal sesuai dengan yang telah diatur dalam MARPOL Annex V, aturan 9. Salah satu alat yang telah digunakan pada kapal-kapal modern dewasa ini adalah insinerator.

Insinerator adalah alat yang digunakan untuk membakar sampah dan minyak kotor khususnya di kamar mesin dengan pembakaran terkendali pada suhu tinggi, sekitar 800 °C atau lebih (Patil, Kulkarni, dan Patil, 2014). Sebelum pembakaran, minyak kotor saluran kompartemen mesin diisap ke *Oil Water Separator*, selanjutnya kotoran lumpur dan air akan dipisahkan. Namun, penggunaan insinerator memiliki keterbatasan, yaitu pembakaran insinerator menghasilkan CO₂ dan kecenderungan untuk melepaskan gas racun bersama dengan emisi gas buang ke udara menjadi penyebab pemanasan global, abu dari pembakaran mencapai 20% dari sampah yang dibakar, unsur merkuri yang dilepaskan ke udara dalam bentuk uap bersama gas buang dapat menjadi pencemar lingkungan jika tidak dilengkapi dengan pengolahan gas buang (Susastrio dkk., 2020). Gas polutan utama yang dipancarkan dari insinerator, termasuk sulfur dioksida (SO₂), karbon monoksida (CO), karbon dioksida (CO₂), nitrogen oksida (NO_x), dan lain sebagainya (Pirbadali Somarin dan Peyghambarzadeh, 2020). Sehingga perlu adanya pengembangan *insinerator* dilengkapi dengan peralatan pengolah gas buang basah (wet gas) setelah proses pembakaran dikarenakan gas basah ini akan dapat merusak atau sebagai gas destruktif apabila lepas ke udara.

Penelitian mengenai rancang bangun insinerator telah dilakukan oleh Pasaribu dkk. (2020). Pada penelitian tersebut, insinerator dikembangkan untuk mengatasi permasalahan lingkungan perkotaan di Kota Medan, di mana Tempat Pembuangan Akhir atau yang lebih dikenal TPA di Kota Medan saat ini sudah tidak mampu mengelola limbah rumah tangga dengan cepat akibat meningkatnya volume hingga mencapai 2000 ton sehari. Sampah kering masih diolah dengan

cara dibakar di tempat pengumpulan sehingga menimbulkan pencemaran udara dari pembakaran yang dapat menimbulkan gangguan kesehatan pada masyarakat. Pada penelitian tersebut, belum menerapkan teknologi ramah lingkungan pada insinerator yang dikembangkan.

Hasil penelitian sebelumnya oleh (Permana dan Iqbal, 2019) tentang rancangan insinerator di mana pembakaran dilakukan di ruang tertutup, sampah dibakar menjadi abu yang dapat didaur ulang atau ramah lingkungan. Insinerator dilengkapi dengan sistem kontrol (*burner*) dan sistem kontrol untuk memastikan kesesuaian dengan batas partikel dan emisi gas buang. Sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Hermansyah dan Hernawati (2017) mengenai rancang bangun insinerator dua tahap, di mana sampah dibakar pada ruang pembakaran kemudian asap pembakaran di semprotkan air dengan *nozzle spray* pada pipa besi sebelum memasuki ruang penampung asap, kemudian asap memasuki pipa PVC filter air yang terdiri dari 2 pipa pada pipa tersebut di semprotkan air dari atas pipa menggunakan *nozzle spray*. Kemudian asap di isap oleh blower dan asap keluar ke lingkungan sehingga asap pembakarannya berkurang. Namun, penelitian-penelitian di atas belum menerapkan insinerator sebagai alat peraga dalam pembelajaran.

Dalam penelitian ini, akan dikembangkan *smart portable incinerator* dengan sistem pengendalian dan kontrol untuk memenuhi batas-batas emisi partikel dan gas buang sehingga sampah yang dibakar menjadi abu yang dapat digunakan kembali atau ramah lingkungan. Insinerator ini akan digunakan sebagai media pembelajaran dan eksperimen dengan harapan dapat membantu meningkatkan motivasi, kreativitas, dan inovasi taruna dalam melakukan kegiatan pembelajaran.

2. Metodologi Penelitian

Metode penelitian ini menggunakan metode *Research and Development* dengan tujuan menghasilkan produk insinerator, dan menguji keefektifan produk tersebut. Secara mendetail tahapan pengembangan produk dijelaskan sebagai berikut.

Tahap pembuatan produk

Pada insinerator terdapat ruang bakar dengan bahan dasar yang digunakan adalah panci. Pada penelitian ini digunakan 2 panci dengan ukuran yang berbeda, yaitu untuk bagian luar dengan ukuran diameter 50 cm dan bagian dalam berukuran diameter 40 cm. *Tank waste oil* dibuat dengan ukuran panjang 20 cm dengan bahan dasar akrilik dan *tank scrubber* dengan diameter 30 cm dan tinggi 70 cm dengan bahan dasar stainless steel.

Tahap perancangan produk

Setelah bagian dari prototipe sudah dibuat, selanjutnya dilakukan perancangan mekanik dan elektronik dari insinerator.

a. Perancangan Mekanik

Komponen insinerator yang telah dikembangkan kemudian dirancang sesuai dengan rencana bangun atau desain dan akan dipasang sesuai dengan insinerator. Selain itu, pada tahap ini fungsi dari alat-alat tersebut akan lebih dimaksimalkan agar sesuai dengan tujuan penelitian ini.

b. Perancangan Elektronik

Perancangan elektronika menjadi hal yang sangat penting pada kegiatan penelitian karena dapat memudahkan pengoperasian alat peraga insinerator saat digunakan sebagai media pembelajaran taruna maupun dimanfaatkan oleh masyarakat nantinya.

Tahap pemrograman

Insinerator yang telah selesai dirancang belum bisa difungsikan dengan normal sebelum dilakukan proses pemrograman. Oleh sebab itu, dilakukan pemrograman Arduino UNO sebagai otak dari sistem elektronika yang ada pada insinerator. Arduino UNO memiliki aplikasi khusus untuk pemrogramannya yaitu Arduino 1.8, dan menggunakan bahasa pemrograman ladder diagram. Maka dari itu, aplikasi di program dengan diagram tangga yang menggunakan bahasa

Indonesia sehingga lebih mudah dipahami oleh peneliti dan pemrogram Arduino UNO itu sendiri. Sehingga, nantinya masyarakat juga bisa memrogram alat peraga itu sendiri dengan panduan dari peneliti.

Tahap uji coba

Uji coba dilakukan dengan menjalankan komponen yang mendukung sistem pembakaran dari kinerja *burner* sebagai alat pembakar sampah yang dioperasikan secara manual dan apakah berfungsi dengan benar. Jika terjadi kesalahan pada alat maka peneliti akan melakukan perbaikan dengan mencari kesalahan saat perakitan.

Tahap pengumpulan data

Pengumpulan data pada penelitian ini menggunakan metode observasi, kepustakaan, dan dokumentasi: (1) Observasi (Pengamatan), yaitu dengan cara pengamatan secara langsung menggunakan indra penglihatan. Dengan cara ini dapat dievaluasi kekurangan hal yang sedang diamati. Pengamatan dilakukan pada saat proses pengoperasian insinerator apakah terjadi kegagalan saat melakukan pembakaran pada *burner* sehingga harus melakukan perbaikan, (2) Kepustakaan, yaitu mengumpulkan bahan atau data yang berkaitan dengan tema pembahasan pembuatan dan permasalahan dari sumber kepustakaan dan diambil dari referensi di buku atau *e-book*. Kepustakaan sangat penting dilakukan dalam melakukan sebuah penelitian, karena dalam perancangan membutuhkan banyak sumber dan data. Peneliti merancang sebuah insinerator dengan adanya *burner* serta *scrubber* sebagai penyaring *exhaust gas* agar bersih dan tidak terjadinya pencemaran udara, dan (3) Dokumentasi, di lakukan dari tahap perancangan desain, perancangan alat, dan perakitan dari tahap awal sampai tahap akhir.

Pengumpulan data selanjutnya dilakukan untuk mendapatkan informasi mengenai respon terhadap implementasi insinerator yang telah dirancang, metode kuesioner dan wawancara digunakan sebagai teknik pengumpulan data.

Tahap evaluasi

Evaluasi adalah tahap penyimpulan hasil dari pengujian insinerator yang telah dibuat. Jika saat diuji hasilnya tidak sesuai harapan perancangan maka dibutuhkan perbaikan secara berulang maupun berkala. Evaluasi dapat diartikan sebagai tahap akhir di mana peneliti dapat menilai alat yang telah dibuatnya, apakah layak atau tidak untuk didemonstrasikan dalam hal publikasi dan apakah layak dijadikan sebagai rancangan awal produk.

Tahap analisis data

Teknik analisis data yang digunakan yaitu teknik analisis data deskriptif kuantitatif dan kualitatif. Hasil dari teknik analisis ini untuk menguji kelayakan ketertarikan taruna terhadap alat peraga menjadi media pembelajaran taruna. Terdapat 30 reponden yang terdiri dari semsester II, IV, VII dan VIII prodi Teknik Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang. Data yang diperoleh dari kuisisioner tersebut dengan menggunakan skala Guttman.

Variabel yang hendak diukur didefinisikan menjadi indikator variabel. Pengubahan data untuk analisis kuantitatif yaitu dengan cara memberikan skor pada pilihan respon sebagai berikut.

Tabel 1. Respon

Respon
Ya
Tidak

Respon positif mempunyai nilai atau skor “YA” adalah 1 dan respon negative mempunya nilai atau stor “TIDAK” adalah 0.

Tabel 2. Nilai Respon

Respon	Nilai
YA	1
TIDAK	0

Langkah berikutnya adalah menggunakan analisis kelayakan untuk mengetahui tingkat kelayakan Rancang Bangun insinerator sebagai alat peraga sebagai media pembelajaran. Pada penelitian ini terdapat 9 variabel yang akan diuji dari pertanyaan yang telah dibuat dan berikut rumus perhitungan presentase kelayakan adalah pengembangan Rancang Bangun insinerator sebagai alat peraga pembelajaran. Model Skala Guttman sebagai berikut.

Tabel 3. Variabel Data

No	Pernyataan	YA	TIDAK
	Variabel Keandalan Dosen (Reliability)		
1.	Alat peraga dapat dioperasikan dengan mudah		
2.	Perawatan alat peraga dapat dipahami dengan mudah		
3.	Alat peraga dapat dirakit dengan mudah		
	Variabel Sarana & Prasarana (Tangibles)		
4.	Pengoperasian alat peraga insinerator dapat berjalan optimal		
5.	Alat peraga <i>scrubber</i> dapat menyaring asap hasil pembakaran sesuai harapan operator		
	Variabel Jaminan (Assurance)		
6.	Taruna program studi Teknika di PIP Semarang dapat mendeskripsikan pengoperasian alat peraga secara umum		
7.	Taruna program studi teknik di PIP Semarang dapat mendeskripsikan cara kerja alat peraga <i>incinerator</i>		
	Variabel Ketanggapan pada taruna (Responsiveness)		
8.	Kemampuan taruna dalam menanggapi cara kerja alat peraga		
	Variabel Pemahaman pada Kepentingan Taruna (Empathy)		
9.	Alat peraga dapat digunakan dalam pembelajaran taruna program studi Teknika di PIP Semarang		

Kelayakan ditentukan dengan rumus sebagai berikut.

$$Presentase\ kelayakan = \frac{skor\ yang\ diobservasi}{skor\ maksimal} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

Adapun klasifikasi kelayakan digolongkan menggunakan skala yang ada pada Tabel 4.

Tabel 4. Skala Presentase dan Kategori Kelayakan

Presentase Kelayakan	Kategori Kelayakan
76% - 100%	Sangat Layak
51% - 75%	Layak
40% - 55%	Cukup Layak
0% - 39%	Tidak Layak

3. Hasil Dan Pembahasan

Hasil Rancangan Insinerator

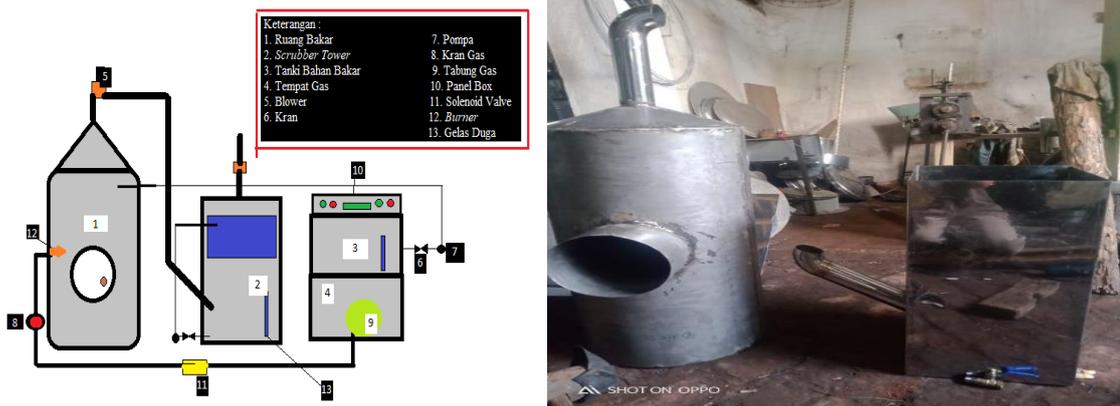
Sebagai permesinan bantu di atas kapal, insinerator terdiri dari berbagai komponen. Berikut adalah beberapa komponen insinerator, yaitu ruang bakar, *burner*, blower udara, indikator temperatur, bahan yang dibakar, dan *water scrubber*. Dari proses perancangan dan pembuatan diperoleh secara keseluruhan insinerator berbentuk silinder. Spesifikasi insinerator tercantum dalam

Tabel 5. Data Spesifikasi Insinerator

No	Nama	Spesifikasi
1	Tangki bahan bakar	t = 300 cm lebar = 400 mm
2	Tungku burner	t = 250 mm D = 60 mm
3	Ruang pembakaran	t = 900 mm D = 450 mm D _{luar} = 500 mm
4	Ruang rendemen sisa pembakaran	Ukuran pintu Panjang = 300 mm Lebar = 150 mm
5	Dinding Chamber	Plat Stainless steel = 1,5 mm
6	Cerobong asap	80 mm x 80 mm
7	Pipa silinder	D = 80 mm Tebal = 1,2 mm
8	Pompa air	DC 12 V; 1,5 A
9	Scrubber	t = 700 mm lebar = 400 mm
10	Blower listrik	DC 12 V 0,5 A ; AC 220 V. D = 80 mm

Hasil desain yang diperoleh dari spesifikasi pada Tabel 5 ditunjukkan pada Gambar 1. Hasil rancangan insinerator yang dikembangkan sesuai dengan desain dan spesifikasi. Perakitan sistem kontrol insinerator dilakukan dengan menggunakan Arduino UNO.

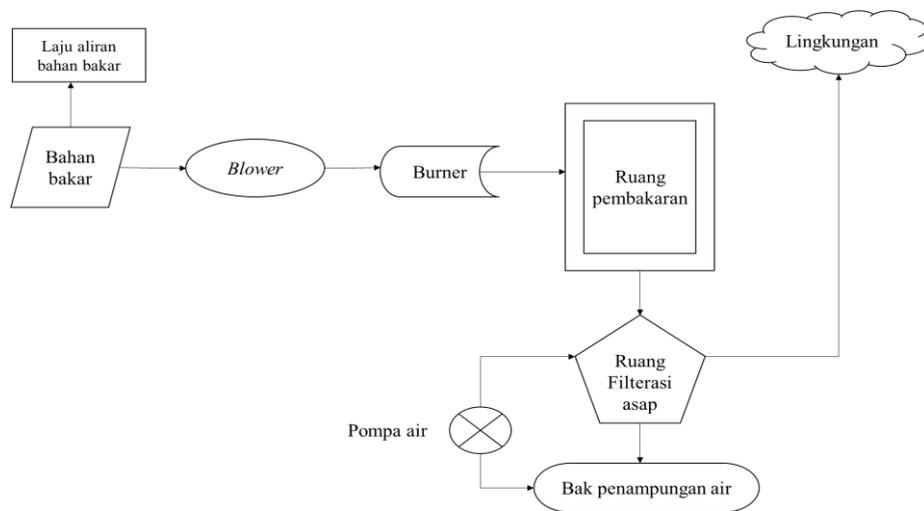
Sistem kontrol pada insinerator terdiri dari: 1) LCD pada insinerator sebagai penampil hasil dari sensor suhu yang muncul berupa tulisan telah diprogram pada Arduino UNO. 2) Pompa DC digunakan sebagai pengalir air pada *scrubber* dan juga pengalir minyak kotor dari tangki minyak ke ruang pembakaran pada insinerator. 3) Pemasangan sensor pengatur suhu didukung dengan *project board* yang disambungkan ke Arduino UNO menggunakan kabel *jumper* sebagai media penghubung. Sensor ini akan bekerja pada suhu tertentu, jika sudah mencapai suhu yang diinginkan maka sensor akan memberikan sinyal ke Arduino UNO dan *burner* akan dinonaktifkan pada saat itu juga. 4) Lampu LED yang berfungsi sebagai penanda komponen sudah bekerja. Jika burner mati maka lampu LED akan menyala dengan warna merah. Jika lampu LED menyala dengan warna hijau, maka menandakan bahwa *burner* telah menyala dan diikuti dengan bunyi dari alarm *buzzer*. 5) *Buzzer* berguna sebagai penanda melalui bunyi nyaring dan bunyi tersebut berarti menandakan bahwa *burner* mati jika sensor suhu telah mencapai batas dan sudah diprogram pada Arduino UNO.



Gambar 1. Desain dan Hasil Rancangan Insinerator

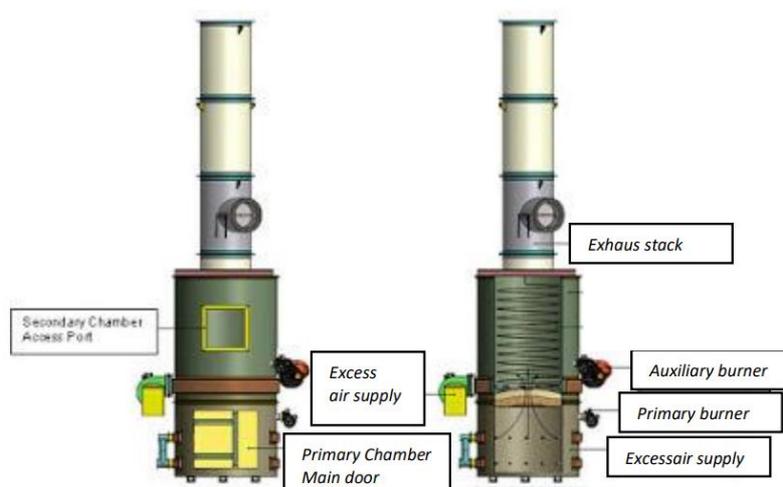
Prinsip Kerja Insinerator

Sistem kerja dari desain insinerator pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 2. Pada insinerator ini menggunakan *stainless steel* sebagai bahan ruang pembakaran. Ruang pembakaran memiliki 2 ukuran yang berbeda, yang pertama memiliki diameter 50 cm dan yang kedua memiliki diameter 40 cm. Keduanya memiliki tinggi yang sama yaitu 90 cm. Kedua tabung *stainless steel* tersebut digabungkan dan di antara keduanya dimasukkan *glasswool* yang bertujuan sebagai peredam panas pada ruang pembakaran.



Gambar 2. Cara kerja sistem pembakaran insinerator

Pengembangan insinerator ini menerapkan seperti alat sebenarnya (Gambar 3) yang pada prosesnya secara otomatis, hanya saja ada perbedaan pada bentuk *burner* dan jenis bahan bakarnya. Pada penelitian ini menggunakan bahan bakar gas, di mana lebih efisien dan ekonomis. Penggunaan bahan bakar gas ini diharapkan sistem kerjanya lebih mudah dipahami oleh operator dalam pengoperasian insinerator ini sebagai media pembelajaran pada taruna.



Gambar 3. Insinerator (Rohman dan Ilham, 2019)

Penjelasan tentang pengoperasian insinerator, yaitu langkah pertama adalah membuka tangki yang berisi minyak bekas melalui kran dengan bukaan kran yang telah ditentukan, setelah itu blower dinyalakan dan dilakukan penambahan kayu atau arang yang dibakar pada *burner*. Selanjutnya, sampah ditempatkan ke dalam ruang pembakaran. Asap dari pembakaran akan keluar dari pipa, dan masuk ke ruang pencucian atau filterisasi asap. Air diarahkan ke ruang filterisasi asap, di mana air keluar dari bak penampung air yang dibantu dengan pompa bertekanan tinggi. Air nya bersirkulasi dari bak penampung air, kemudian asap dari pencucian akan keluar melalui cerobong asap ke lingkungan setelah proses berlangsung stabil.

Hasil Kerja Insinerator

Alat ini dapat dilengkapi dengan sistem pengendalian (oleh *Burner*) dan kontrol untuk mengurangi polusi asap akibat proses pembakaran, sehingga dipastikan asap yang keluar dari tempat pembakaran sampah merupakan asap/gas yang sudah netral.

Pada tahap ini, insinerator diuji coba termasuk pemantik dan *burner* dengan tujuan bila ada suatu kesalahan atau kekurangan nantinya produk dapat diperbaiki. *Burner* dapat menyala dengan baik, dan tidak mati jika pintu sampah ditutup. Pemantik juga diuji agar dapat memantikkan percikan api dengan baik agar tidak terjadi kegagalan dalam pembakaran. Uji coba pada insinerator ini menggunakan sampah daun kering dan plastik kering. Pada ruang bakar terdapat sensor yang berfungsi untuk mengukur suhu dinding ruang bakar. Pada suhu 145 °C, *burner* akan otomatis mati dan pada layar LCD akan muncul tulisan jika suhu sudah mencapai maksimum. Adapun temperatur hasil pengujian dan pengukuran insinerator ditunjukkan pada Gambar 4. Setelah produk diuji coba, ternyata sensor suhunya kurang panas selama proses pembakaran, maka dilakukan perbaikan terhadap produk tersebut. Sebelumnya, sensor suhu hanya 145 °C, setelah uji coba dan dilakukan perbaikan, sensor akan diubah suhu maksimalnya yaitu sekitar 250 °C dengan cara mengubah coding pada aplikasi Arduino UNO dan mengatur ulang pada coding tersebut.



Gambar 4. Penunjuk Suhu

Proses pengujian langsung dilakukan di Laboratorium Engine Hall sekaligus mempraktikkan di depan taruna dalam proses pembelajaran dan proses observasi visual di ditunjukkan pada Gambar 5.

Setelah melakukan uji coba pada produk dan dilanjutkan dengan revisi pada produk. Tahap selanjutnya yaitu dilakukan penyempurnaan produk. Ada beberapa tahap dalam penyempurnaan produk ini:

1. Penghalusan bekas las pada produk
Tahap ini bertujuan agar bekas las tidak keliatan dan agar produk terlihat lebih rapi lagi, serta menghasilkan bagian bagian yang tajam agar pada saat penggunaan menjadi lebih aman.
2. Penambahan kaki-kaki pada produk
Penambahan kaki-kaki pada produk bertujuan agar produk bisa ditata lebih rapi lagi dan juga agar produk tidak langsung bersentuan dengan tanah. Kaki-kaki berukuran tinggi 30 cm, lebar 60 cm, dan panjang 130 cm.
3. Penambahan panel box pada produk
Panel box berfungsi sebagai tempat atau wadah untuk komponen elektronik dan memiliki fungsi lain agar komponen elektronik lebih aman dan tidak terkena air yang dapat mengakibatkan konsleting listrik.
4. Penataan kabel
Tahap ini bertujuan agar kabel lebih tertata rapi dan menghindari dari kerusakan akibat tertarik atau tergores benda lain. Setelah ditata rapi, kabel tersebut akan dimasukin ke dalam panel box dan dilapisi dengan lakban kabel agar kabel lebih tahan terhadap goresan.
5. Penambahan name plate pada produk
Name plate memiliki fungsi sebagai penanda. Pada incinerator ini, masing masing komponen akan diberi name plate agar orang lain tau nama komponen tersebut.



Gambar 5. Proses Pengujian Pengoperasional Insinerator

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari penelitian yang telah dilakukan dan pembahasan yang sudah dijelaskan pada penelitian ini, maka dapat diambil kesimpulan: 1) *Smart portable incinerator* dengan semi-otomatis menggunakan arduino UNO dirancang sesuai dengan desain dan spesifikasi yang dirancang. Komponen-komponen dari alat peraga sesuai dengan desain dan ukuran yang telah ditentukan pada tahap sebelumnya termasuk dalam tahap pembuatan. Perancangan secara mekanik maupun secara elektronika sebagai salah satu komponen penting dalam menunjang kinerja dari alat peraga termasuk dalam tahap perancangan. Selanjutnya, alat peraga yang sudah selesai melalui tahap sebelumnya dan sudah selesai diinstalasi belum bisa berfungsi secara baik sebelum diprogram termasuk dalam tahap pemrograman Ardiuno UNO sesuai dengan harapan agar alat peraga dapat berfungsi dengan selayaknya. Dan selanjutnya masuk ke tahap uji coba alat yang telah dikembangkan oleh penulis. Jika di dalam tahap uji coba tersebut terdapat suatu masalah atau belum berfungsi secara maksimal pada alat peraga, maka penulis dapat melakukan pengamatan problem yang terjadi dan melakukan kajian ulang serta revisi pada alat peraga yang telah dikembangkan. 2) Sistem kerja alat peraga insinerator secara semiotomatis menggunakan arduino UNO telah dituangkan dalam *Instruction Manual Book*. 3) Tujuan dan manfaat dari penelitian dan pengembangan alat peraga insinerator adalah sebagai sarana untuk pembelajaran taruna dan taruni, serta pihak lain yang ada di lingkungan PIP Semarang. Manfaat bagi penulis yaitu dapat melakukan pengembangan ide dan gagasan untuk dituangkan ke dalam alat peraga yang nantinya akan dijadikan sebagai media pembelajaran di kampus PIP Semarang.

Daftar Pustaka

- Angraini, Hesti (2020). "Perlindungan Pencemaran Lingkungan Laut Akibat dari Tumpahan Minyak (Oil Spill) oleh Kapal Tanker ditinjau dari Perspektif Hukum Lingkungan Internasional dan Hukum Nasional."
- Hermansyah, Hermansyah, dan Hernawati Hernawati (2017). "Rancang Bangun Insinerator Dua Tahap (Solusi Mengatasi Polusi Udara pada Pembakaran Sampah)." *JFT: Jurnal Fisika dan Terapannya* 4 (1): 38–48.

- Malisan, Johny, dan Iwan Chisdijanto (2018). "Analisis Tingkat Pelayanan Terminal Penumpang Pelabuhan Balikpapan." *Jurnal Penelitian Transportasi Laut* 19 (Juli): 76–87. <https://doi.org/10.25104/transla.v19i2.346>.
- Pasaribu, Faisal Irsan, Abdul Azis, Noorly Evalina, dan Cholish Cholish (2020). "PKPM Pengolahan Sampah Bakar Ramah Lingkungan Muhammadiyah Menggunakan Rancang Bangun Insinerator." *Ihsan: Jurnal Pengabdian Masyarakat* 2 (1): 21–31.
- Patil, Avinash A, Amol A Kulkarni, dan Balasaheb B Patil (2014). "Waste to energy by incineration." *Journal of Computing Technologies* (2278-3814) Volume 3.
- Permana, Agus Ganda, dan Muhammad Iqbal (2019). "Mesin pengolah sampah portabel multiguna dengan teknik termocontrol dan termocople." *Sebatik* 23 (2): 423–30.
- Pirbadali Somarin, A, dan SM Peyghambarzadeh (2020). "Hazardous air pollutants emission characteristic and environmental effect of typical petrochemical incinerators." *International Journal of Environmental Science and Technology* 17: 3771–84.
- Rhohman, Fatkur, dan Muhammad Ilham (2019). "Analisa dan evaluasi rancang bangun insinerator sederhana dalam mengelola sampah rumah tangga." *Jurnal Mesin Nusantara* 2 (Agustus): 52–60. <https://doi.org/10.29407/jmn.v2i1.13442>.
- Sofyan, Ahmad (2010). "Tanggung Jawab Dalam Pencemaran Laut Yang Disebabkan Oleh Minyak Menurut Hukum Internasional." *Inspirasi* 1 (10).
- Widawati, Enny (2014). "Kajian potensi pengolahan sampah." *Jurnal Metris* 15: 119–26.
- Widodo, Hentri, dan Eni Tri Wahyuni (2020). "Manajemen Penanggulangan Tumpahan Minyak di Laut Akibat dari Pengoperasian Kapal." *Majalah Ilmiah Gema Maritim* 22 (1). <https://doi.org/10.37612/gema-maritim.v22i1.52>.

