Indonesian Journal of Innovation Studies

Vol. 26 No. 4 (2025): October
DOI: 10.21070/ijins.v26i4.2128

ISSN (ONLINE) 2598-9936

INDONESIAN JOURNAL OF INNOVATION STUDIES

PUBLISHED BY

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SIDOARJO

Copyright © Author(s). This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC BY).

Indonesian Journal of Innovation Studies

Vol. 26 No. 4 (2025): October
DOI: 10.21070/ijins.v26i4.2128

Table Of Contents

Journal Cover 1
Author[s] Statement 3
Editorial Team 4
Article information 5
Check this article update (crossmark) 5
Check this article impact 5
Cite this article 5
Title page 6
Article Title 6
Author information 6
Abstract 6
Article content 7

ISSN 2598-9936 (online), https://ijins.umsida.ac.id, published by Universitas Muhammadiyah Sidoarjo
Copyright © Author(s). This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC BY).

Indonesian Journal of Innovation Studies
Vol. 26 No. 4 (2025): October
DOI: 10.21070/ijins.v26i4.2128

Originality Statement

The author[s] declare that this article is their own work and to the best of their knowledge it contains no materials previously published or written by another person, or substantial proportions of material which have been accepted for the published of any other published materials, except where due acknowledgement is made in the article. Any contribution made to the research by others, with whom author[s] have work, is explicitly acknowledged in the article.

Conflict of Interest Statement

The author[s] declare that this article was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.

Copyright Statement

Copyright © Author(s). This article is published under the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) licence. Anyone may reproduce, distribute, translate and create derivative works of this article (for both commercial and non-commercial purposes), subject to full attribution to the original publication and authors. The full terms of this licence may be seen at http://creativecommons.org/licences/by/4.0/legalcode

Indonesian Journal of Innovation Studies
Vol. 26 No. 4 (2025): October
DOI: 10.21070/ijins.v26i4.2128

EDITORIAL TEAM

Editor in Chief

Dr. Hindarto, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Managing Editor

Mochammad Tanzil Multazam, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Editors

Fika Megawati, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Mahardika Darmawan Kusuma Wardana, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Wiwit Wahyu Wijayanti, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Farkhod Abdurakhmonov, Silk Road International Tourism University, Uzbekistan

Bobur Sobirov, Samarkand Institute of Economics and Service, Uzbekistan

Evi Rinata, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

M Faisal Amir, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Dr. Hana Catur Wahyuni, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Complete list of editorial team (link)

Complete list of indexing services for this journal (link)

How to submit to this journal (link)

Copyright © Author(s). This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC BY).

Indonesian Journal of Innovation Studies

Vol. 26 No. 4 (2025): October
DOI: 10.21070/ijins.v26i4.2128

Article information

Check this article update (crossmark)

Check this article impact (*)

Save this article to Mendeley

(*) Time for indexing process is various, depends on indexing database platform

Copyright © Author(s). This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC BY).

Indonesian Journal of Innovation Studies
Vol. 26 No. 4 (2025): October
DOI: 10.21070/ijins.v26i4.2128

Steam Assisted Waste Oil Stove Produces High Velocity Flow: Kompor Minyak Limbah Bertenaga Uap Menghasilkan Aliran Berkecepatan Tinggi

Ardhi Shefta Fernanda, mulyadi@umsida.ac.id (*)
Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Mulyadi, mulyadi@umsida.ac.id
Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Edi Widodo, mulyadi@umsida.ac.id
Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Ali Akbar, mulyadi@umsida.ac.id
Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

(*) Corresponding author

Abstract

General Background: Waste management and alternative energy utilization are critical challenges in sustainable engineering systems. Specific Background: Conventional combustion systems often rely on mechanical devices such as blowers to improve combustion, which increases complexity and energy consumption. Knowledge Gap: Limited studies integrate steam boiler systems directly into combustion processes to generate airflow without additional mechanical assistance. Aims: This study aims to design and analyze a steam-assisted combustion stove using waste oil as fuel, focusing on thermal performance, steam generation, and flow characteristics. Results: The system employs a steam boiler with dimensions of 40 × 40 × 40 cm, producing steam at a rate of 0.0170 kg/s with a required heating power of 38,382 W and fuel consumption of 1.2 kg/h. Simulation results show flow velocities ranging from 52.8 m/s in the pipe to 531 m/s at the nozzle, indicating significant acceleration due to geometric constriction. Novelty: The integration of a steam boiler into a combustion system enables the conversion of thermal energy into kinetic energy flow without mechanical air supply devices. Implications: The design provides a practical solution for improving combustion performance using waste-derived fuel while maintaining system simplicity and safety.

Keywords: Steam Boiler, Waste Oil Fuel, Combustion System, Flow Velocity, Thermal Design

Key Findings Highlights

Steam generation reached stable mass flow under defined thermal conditions

Nozzle configuration created substantial acceleration in fluid stream

Structural design met pressure resistance and operational safety criteria

ISSN 2598-9936 (online), https://ijins.umsida.ac.id, published by Universitas Muhammadiyah Sidoarjo
Copyright © Author(s). This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC BY).

Indonesian Journal of Innovation Studies
Vol. 26 No. 4 (2025): October
DOI: 10.21070/ijins.v26i4.2128

I. Pendahuluan

Dalam transformasi sosial-ekonomi Indonesia yang luar biasa, ditandai oleh urbanisasi yang pesat dan pertumbuhan ekonomi yang berkelanjutan, negara ini menghadapi tantangan mendesak dalam mengelola limbah organik secara efektif [1]. Limbah organik, sebagai produk sampingan yang tak terelakkan dari pembangunan yang dinamis, memiliki berbagai aspek kompleks yang membutuhkan pendekatan komprehensif untuk mengatasi dimensi permasalahannya secara menyeluruh.

Kombinasi pertumbuhan pesat populasi Indonesia dan meningkatnya aktivitas ekonomi telah secara signifikan mendorong peningkatan produksi limbah organik. Kondisi ini menimbulkan tantangan lingkungan yang mendesak, sekaligus menjadi pendorong untuk menciptakan inovasi dan solusi berkelanjutan guna mengurangi dampak negatif yang besar terhadap ekosistem nasional [2].

Pemanfaatan oli bekas sebagai bahan bakar alternatif untuk kompor pembakar sampah organik merupakan salah satu pendekatan inovatif dalam mengatasi timbunan sampah sekaligus dapat memanfaatkan limbah oli bekas dari kendaraan bermotor dan industri mulai dari logama berat, sianida, pestisida, minyak dan lainnya. Dimana pada tahun 2019 data yang dikumpulan oleh Dirjen Pengelola Sampah, Limbah dan Bahan Beracun Berbahaya, keseluruhan limbah dari kegiatan industri dikelola sebesar 44.883.734,2 ton sedangkan limbah yang dibiarkan tidak termanfaatkan sebesar 285.410,3 ton [3]. Oli bekas yang selama ini berpotensi menjadi sumber pencemaran lingkungan atau hanya digunakan secara terbatas, seperti sebagai pelumas rantai, seringkali berakhir sebagai limbah berbahaya. Dengan pengolahan yang tepat, oli bekas dapat dimanfaatkan secara lebih produktif, sekaligus membantu mengurangi dampak negatifnya terhadap lingkungan [4].

Salah satu inovasi dalam pemanfaatan oli bekas sebagai bahan bakar adalah menggunakannya untuk menghasilkan uap yang dapat meningkatkan suhu api [5]. Uap ini dihasilkan melalui proses pemanasan air di dalam kompor, yang kemudian berfungsi untuk mempercepat pembakaran dan meningkatkan intensitas nyala api. Pendekatan ini tidak hanya meningkatkan efisiensi proses pembakaran, tetapi juga secara signifikan mengurangi emisi berbahaya, seperti partikulat dan oksida nitrogen, sehingga lebih ramah lingkungan [6].

Penelitian yang menggunakan metode *external forced convection* menunjukkan model alat yang memanfaatkan bahan bakar LPG dengan tambahan blower untuk meningkatkan tekanan udara saat api menyala. Penambahan ini bertujuan untuk meningkatkan suhu nyala api, dengan variasi buka-tutup blower dilakukan untuk mengamati perbedaan suhu yang dihasilkan [7]. Selain itu, spesifikasi kompor (*burner*) berbahan bakar oli bekas dirancang dan diuji, menghasilkan nyala api yang stabil dengan suhu pembakaran mencapai 354,20°C. Pengujian menunjukkan bahwa komposisi bahan bakar berupa campuran 50% oli bekas dan 50% solar memberikan tingkat efisiensi tertinggi, dengan *air-fuel ratio* (AFR) sebesar 24,69 [8]. Penelitian lebih lanjut mengintegrasikan penggunaan kompresor sebagai alat penguat tekanan udara [9]. Desain awal kompor berbahan bakar oli bekas yang menggunakan kompresor ini berhasil mendorong inovasi dalam sistem penyediaan tekanan udara [10]. Sebagai alternatif, blower listrik dimanfaatkan untuk memberikan tekanan pada kompor, khususnya dalam aplikasi yang memanaskan sampah plastik menggunakan bahan bakar oli motor bekas. Pendekatan ini menawarkan solusi yang lebih fleksibel dan efisien untuk meningkatkan kinerja sistem pembakaran [11].

Oleh karena itu, pada penelitian ini menjadi alternatif, salah satu solusi yang dapat diterapkan adalah merancang desain kompor pembakar sampah yang menerapkan prinsip kerja ketel uap, di mana uap air dimanfaatkan untuk menghasilkan tekanan udara yang dimanfaatkan dalam proses pembakaran. Pendekatan ini lebih hemat biaya yang mana memungkinkan penggunaan limbah oli bekas lebih mudah diakses untuk mendapatkannya. Selain itu, sistem berbasis ketel uap cenderung lebih ramah lingkungan karena memanfaatkan energi panas secara optimal dan mengurangi ketergantungan pada perangkat mekanis yang memerlukan daya listrik serta memerlukan perawatan berkala.

II. Metode Penelitian

2.1 Diagram Alir

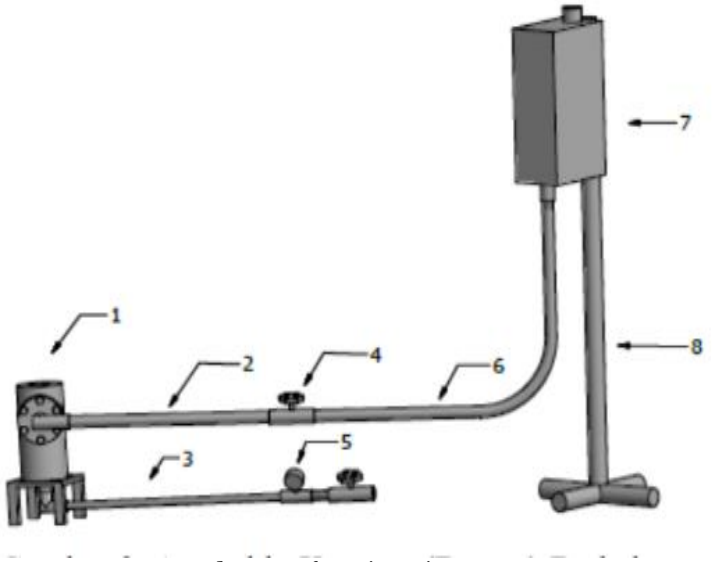
Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

2.2 Referensi Desain

Pada pengembangan konsep kompor ini, didasarkan pada konsep refrensi yang didesain oleh Annasruddin Pratama., Basyirun., Yohan Widhi Atmojo., Gilang Wahyu Ramadhan., Alif Rivan Hidayat, seperti ditunjukkan pada Gambar 2 [10]. Alat ini merupakan sebuah alat kompor (*burner*) berbahan bakar oli bekas, *burner* yang dirancang memiliki bentuk yang dapat dikombinasikan dengan blower untuk memperbesar nyala apinya. Dalam hal ini kompresor juga dapat digabungkan dalam penggunaan kompor/burner dalam menyediakan ketersediaan oksigen tambahan di sekitar area bahan bakar, yang mengarah pada pembakaran yang efisien dan nyala api yang lebih besar.

Copyright © Author(s). This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC BY).

Indonesian Journal of Innovation Studies
Vol. 26 No. 4 (2025): October
DOI: 10.21070/ijins.v26i4.2128



Gambar 2. Referensi Desain Kompor

Namun, sebuah inovasi menarik ditemukan dalam penelitian ini, yaitu penggantian blower dan kompresor dengan ketel uap sebagai sumber tekanan udara. Ketel uap, yang umumnya digunakan untuk menghasilkan uap dalam aplikasi industri, dapat dimodifikasi untuk menghasilkan udara bertekanan tinggi. Udara bertekanan yang dihasilkan oleh ketel uap ini berpotensi untuk memperkuat semburan api pada kompor, dengan memanfaatkan tekanan uap sebagai alternatif dari perangkat mekanik seperti blower dan kompresor. Pendekatan ini tidak hanya mengoptimalkan pemanfaatan energi dari ketel uap, tetapi juga memberikan solusi yang lebih terintegrasi dan efisien dalam sistem pembakaran. Beberapa studi menunjukkan bahwa penggunaan ketel uap untuk memperkuat nyala api dapat meningkatkan efisiensi pembakaran dan menghasilkan pembakaran yang lebih bersih, dengan mengurangi ketergantungan pada perangkat eksternal seperti blower atau kompresor yang memerlukan energi listrik tambahan.

2.3 Perpindahan Panas

Perpindahan panas sendiri yakni ilmu yang memprediksi perpindahan energi akibat perbedaan temperatur antar benda atau material. Ilmu ini tidak hanya menerangkan bagaimana suatu energi panas berpindah dari benda ke benda lain, melainkan juga dapat memperkirakan laju perpindahan panas dalam kondisi tertentu[12]. Proses perpindahan panas yang terjadi pada ketel uap melibatkan tiga proses utama, yaitu konduksi, konveksi, dan radiasi.

2.5.1 Konduksi

Konduksi merupakan salah satu metode yang fundamental dalam perpindahan panas, di mana energi termal berpindah melalui bahan padat akibat perbedaan temperatur tanpa menggerakkan zat tersebut. Dalam proses konduksi, partikel-partikel di dalam material berinteraksi, sehingga energi dari partikel yang lebih panas akan ditransfer ke partikel yang lebih dingin. Karakteristik ini sangat vital dalam banyak aplikasi, mulai dari memasak, di mana panas berpindah dari panci ke makanan, hingga dalam industri, di mana efisiensi perpindahan panas sangat mempengaruhi kinerja alat. Untuk menggambarkan laju konduksi panas dalam suatu material, kita dapat menggunakan rumus yang dikenal sebagai hukum Fourier.

$$Q_{kond} = \frac{k \,.\, A \,.\, \Delta T}{\Delta x} \quad \text{.....(1)}$$

dimana :
Q_{kond} : Laju perpindahan panas konduksi (W)
k : Konduktivitas termal material (W/m.K˚)
A : Luasan penampang material (m^2)
ΔT : Selisih temperatur (˚C)
Δx : Selisih ketebalan material (m)

2.5.2 Konveksi

Konveksi adalah perpindahan panas yang melalui media fluida (cairan atau gas). Pada ketel uap sendiri perpindahan secara konveksi terjadi antara gas panas hasil pembakaran dengan permukaan pipa/plat dan antara air dengan permukaan pipa/plat. Rumus perpindahan panas konveksi adalah :

$$Q_{konv} = h \,.\, A \,.\, \Delta T \quad \text{.....(2)}$$

dimana :
Q_{konv} : Laju perpindahan panas konveksi (W)
h : Koefisien perpindahan panas konveksi(W/m2.˚C)
A : Luas permukaan(m2)
ΔT : Selisih temperatur(˚C)

2.5.3 Radiasi

Radiasi adalah perpindahan panas dalam bentuk gelombang elektromagnetik. Pada penerapanya pada ketel uap proses perpindahan panas secara radiasi terjadi saat gas hasil pembakaran dan nyala api mengenai permukaan dinding dari ketel uap. Adapun rumus perpindahan panas radiasi adalah :

$$Q_{rad} = \sigma \,.\, \epsilon \,.\, A \,.\, (T_1^4 - T_2^4) \quad \text{.....(3)}$$

dimana :

Copyright © Author(s). This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC BY).

Indonesian Journal of Innovation Studies
Vol. 26 No. 4 (2025): October
DOI: 10.21070/ijins.v26i4.2128

σ : Konstanta Stefan-Boltzmann(W/m2.˚C4)
ϵ : Emisivitas material
A : Luasan permukaan(m2)
T_1 dan T_2 : Temperatur absolute permukaan dan lingkungan(˚C)

2.4 Ketel Uap

ketel uap merupakan sistem tertutup yang mengubah energi panas menjadi energi uap melalui proses perpindahan panas. Dalam hal ini, efisiensi dari suatu ketel uap sangat bergantung pada usaha sistem dalam mengubah panas dari sumber panas ke air. Uap yang dihasilkan oleh ketel sendiri dapat dimanfaatkan untuk beberapa aplikasi, seperti penggunaannya seebagai sumber tenaga pada mesin uap dan turbin, sebagai penyedia tekanan rendah untuk mendukung proses produksi industri(pabrik gula, dll)[13]. Dalam perancangan ketel uap sederhana terdapat beberapa parameter utama yang perlu dihitung:

2.6.1 Kapasitas Produksi Uap

$$\dot{m} = \frac{Q}{H_{fg}} \quad \text{.....(4)}$$

Ket :
ṁ : Laju produksi uap(kg/jam)
Q : Laju perpidahan panas(kW)
H_{fg} : Enthalpi penguapan(kJ/kg)

2.6.2 Bahan Bakar

Bahan bakaaar pada ketel uap memiliki berbagai macam jenis, tergantung pada jenis ketel, kebutuhan energi serta ketersediaan sumber daya/bahan bakar. Bahan bakar yang dapat digunakan untuk sumber panas antara lain yakni, bahan bakar padat (batubara, kayu bakar, briket,dll) kemudian ada bahan bakar cair (solar, minyak tanah, kerosin,dll), ada juga yang berbahan bakar gas (gas alam, LPG). Untuk kebutuhan bahan bakar dapat dihitung dengan rumus.

$$\dot{m}_{fuel} = \frac{Q}{HV \,.\, \square} \quad \text{.....(5)}$$

Ket :
$\dot{m}_{fuel}$: Laju konsumsi bahan bakar(kg/jam)
Q : Laju perpindahan panas(kW)
HV : Nilai kalor bahan bakar(kJ/kg)
η : Efisiensi pembakaran (%)

2.6.3 Perhitungan Konstruksi Ketel

- Ketebalan dinding ketel

Dalam perancangan ketel uap, aspek yang harus diperhatikan adalah ketebalan plat yang digunakan sebagai dinding bejana. Ketebalan plat mempengaruhi kekuatan struktur ketel uap dala menahan tekanan uap yang dan menjaga keamanan opeasional. Ketebalan minimum plat ditentukan berdasarkan tekanan maksimum, diameter ketel, serta material yang akan digunakan. Oleh karena itu, ketebalan ketel uap harus dirancang secara teliti agar ketel uap dapat dinyatakan aman pada saat beroperasikan[14]. Ketebalan minimum atau tekanan kerja maksium yang diizinkan dari dinding silinder harus lebih besar atau lebih kecil dari tekanan yang diberikan oleh tegangan keliling. Ketika ketebalan tidak melebihi setengah dari radius dalam, atau P tidak melebihi 0,385SE, maka berlaku rumus berikut ini.

$$t = \frac{P \,.\, R}{S \,.E - 0{,}6 \,.\, P} \quad \text{.....(6)}$$

Ket :
t : Ketebalan minimum dinding yang dibutuhkan (mm)
P : Tekanan desain internal
R : Jari-jari dalam dari dinding
S : Tegangan maksimum yang diperbolehkan dari material
E : Efisiensi sambungan las

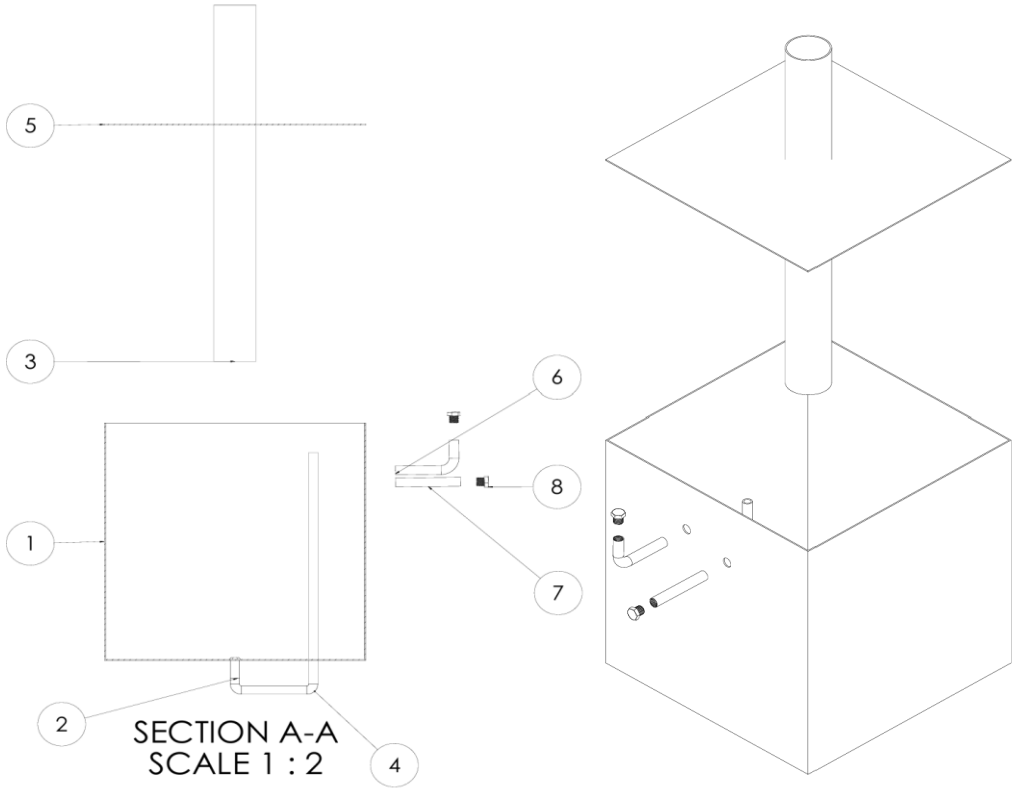
III. Hasil dan Pembahasan

3.1 Desain Awal

Jika fungsi sebuah kompresor yang menghasilkan tekanan digantikan dengan ketel uap, maka ketel tersebut harus mampu menyediakan tekanan yang setara agar dapat berfungsi dengan optimal. Ketel uap merupakan komponen utama dari sistem pembakar sampah organik yang memanfaatkan oli bekas dan air sebagai bahan bakar alternatif. Untuk mencapai hal ini, ketel uap harus dirancang dengan sistem yang dapat menghasilkan dan mengatur uap secara stabil, memastikan suplai yang konsisten, serta mempertahankan kinerja yang baik. Desain ini bertujuan untuk memastikaan terjadinya perpindahan panas yang optimal dari bahan bakar ke air yang dididihkan sehingga menghasilkan uap dengan suhu dan tekanan yang sesuai dalam menggantikan peran kompresor/blower.

ISSN 2598-9936 (online), https://ijins.umsida.ac.id, published by Universitas Muhammadiyah Sidoarjo
Copyright © Author(s). This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC BY).

Indonesian Journal of Innovation Studies
Vol. 26 No. 4 (2025): October
DOI: 10.21070/ijins.v26i4.2128



Gambar 3. Desain Awal Ketel Uap

3.1.1 Prinsip kerja Ketel Uap

Ketel uap bekerja dengan memanfaatkan panas hasil pembakaran oli bekas dan air untuk mengubahnya menjadi uap. Proses ini terbagi menjadi 2 tahap, yakni.

- Pemanasan air yang hingga titik didihnya (100˚C jika berada pada tekanan 1 atmosfer).
- Penguapan air menjadi uap, jika air telah mecapai titik didih maka fasenya berubah menjadi uap jenuh.

3.1.2 Komponen Utama Ketel Uap

Ada beberapa komponen ketel yang dibutuhkan dalam desain ini, hal tersebut berjuan agar keetel uap dapat berfungsi secara maksimal. Adapun komponen yang diperlukan, yakni.

- Ruang bakar, yakni tempat terjadinya pembakaran bahan bakar.
- Bejana air/tangki air, komponen ini beerfungi sebagai tempat peampungan air yang akan dipanaskan.
- Cerobong, komponen ini sebagai jalan yang dilalui api.
- Nozel, digunakan untuk menyemburkan uap ketel
- Pipa saluran uap berfungsi menyalurkan uap hasil pemanasan dari dalam ketel menuju nozel.

3.1.3 Kekurangan dan kelebihan dari sistem yang digunakan

Berikut adalah tabel yang merinci kelebihan dan kekurangan dari penggunaan berbagai komponen dalam sistem kompor pembakar sampah, khususnya yang melibatkan kompresor, blower, dan ketel uap untuk menghasilkan tekanan udara yang dapat memperkuat semburan api. Sistem ini dirancang untuk meningkatkan efisiensi pembakaran dengan cara mempercepat aliran udara yang masuk ke dalam ruang bakar, yang memungkinkan proses pembakaran terjadi lebih cepat dan lebih sempurna.

Tabel 1. Kekurangan dan kelebihan masing-masing penggunaan komponen

Kompoen	Kelebihan	Kekurangan
Kompresor	• Menghasilkan tekanan udara tinggi untuk pembakaran lebih cepat dan efisien. • Meningkatkan efisiensi pembakaran dengan aliran udara terkontrol. • Dapat mengatur laju semburan udara secara presisi.	• Membutuhkan konsumsi energi yang lebih tinggi • Biaya pembelian dan pemeliharaan yang lebih tinggi • Memerlukan perawatan rutin untuk mencegah kerusakan atau kebocoran udara
Blower	• Biaya pemasangan dan operassional lebih murah dibandingkan kompresor • Pengoperasian lebih sederhana dan mudah • Pemeliharaan lebih mudah dan lebih terjangkau	• Lebih sedikit dalam menghasilkan tekanan udara sehingga dapat mempengaruhi efisiensi pembakaran • Kurang efisien dalam aplikasi yang membutuhkan semburan udara kuat dan konsisten
Ketel uap	• Menghasilkan uap panas yang dapar mempercepat proses pembakaran • Efisien dalam mengonversi energi dari bahan bakar menjadi uap untuk mendukung proses pembakaran • Megurangi emisi dengan pembakaran yang lebih sempurna	• Rawan terhadap korosi

3.2 Perencanaan Desain

Copyright © Author(s). This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC BY).

Indonesian Journal of Innovation Studies
Vol. 26 No. 4 (2025): October
DOI: 10.21070/ijins.v26i4.2128

Untuk mencapai tekanan yang mengacu pada besarnya tekanan yang dikeluarkan oleh kompor bertekanan tinggi, maka ketel uap yang dirancang mampu menghasilkan tekanan sebesar 30 psi atau sama dengan 2 bar. Sehingga proses perancangan melibatkan perhitungan kapasitas ketel, kebutuhan uap serta konstruksi ketel. Untuk pemodelan awal didasarkan pada pengamatan dan telah diperhitungkan. Spesifikasi awal perencanaan ketel dapat disebutkan sebagai berikut.

- Jenis ketel : ketel uap sederhana
- Lebar ketel : 40 cm
- Diameter cerobong api : 2 inch
- Tekanan kerja : 2 bar (direncanakan)
- Bahan bakar : Oli bekas
- Material ketel : Stailess Steel 201

Pemilihan material sebagai bahan pembuatan ketel uap didasarkan pada materialnya yang tahan karat serta memiliki kekuatan mekanik yang memadai sehingga cocok untuk aplikasi ketel uap skala kecil. Berikut spesifikasi bahan yang digunakan untuk pembuatan ketel.

Tabel 2 Spesifikasi material ketel uap

Parameter	Nilai
Modulus of Elasticity	193 Gpa
Yield Strength	205 MPa
Tensile Strength	515 MPa
Thermal Conductivity (*annealed*)	16,2 W/m.K
Specific Heat	500 J/kg.K

3.3 Perhitungan Parameter Desain

Kapasitas ketel uap ditentukan berdasarkan volume total dan volume air yang akan diisikan.

- Dimensi bejana ketel (direncanakan): 40x40x40cm, sehingga volume ketel didapat yakni.

$$V_{ketel} = S \text{ x } S \text{ x } S \text{ (kubus)}$$
$$V_{ketel} = 40 \text{ x } 40 \text{ x } 40 = 64.000 \text{ cm}^3 = 64 \text{ liter}$$

- Volume air (diisi 60% dari total volume)

$$V_{air} = 0{,}6 \; x \; 64.000 \; cm^3$$
$$V_{air} = 38.400 \; cm^3$$

Dengan pengisian air tidak lebih dari 60% yang bertujuan agar dapat memiliki ruang ekspansi bagi uap yang cukup. Hal ini diperhitungkan agar dalam praktiknya desain ketel mencegah kelebihan volume sehingga air memasuki pipa saluran uap.

- Volume uap (40% dari sisanya).

$$V_{uap} = 0{,}4 \; x \; 64.000 \; cm^3$$
$$V_{uap} = 25.600 \; cm^3$$

- Laju produksi uap

Untuk laju produksi uap pada ketel:

$$\dot{m} = \frac{Q}{H_{fg}}$$

dalam memperhitungkan laju produksi uap, perencaanan material elemen pemanas (bidang yang terkena panas) yang digunakan adalah *stailess steel* 201 yang direnacakan sehingga dapat mengubah air menjadi uap pada suhu 100 ˚C(pada 1 atm). Maka langkah pertama yang dilakukan yaitu menghitung luas permukaan elemen pemanasnya. Sedangkan komponen yang terkena panas yakni alas dari ketel uap dan juga cerobongnya. Komponen pertama, alas ketel berbentuk persegi (sesuai yang direncanakan) dengan panjang tiap sisi (S) = 40 cm, maka luas permukaan yang terkena panas dapat diketahui.

$$A = S \; x \; S$$
$$A = 40 \; cm \; x \; 40 \; cm$$
$$A = 1600 \; cm^2 = 0{,}16 \; m^2$$

dengan memperhatikan spesifikasi pada tabel 2 kemudian dilanjutkan pada perhitungan laju perpindahan panas, diketahui suhu titik didih air sebesar 100 ˚C(T_{akh}) dan suhu mula-mula air sebesar 25 ˚C (T_{aw}). Perbedaan suhu (ΔT) kemudian dapat diketahui, yakni sebesar ($\Delta T = T_{akh} - T_{aw} = 100 - 25 = 75$ ˚C). Setelah diketahui nilai besaran perbedaan temperatur dilanjutkan menghitung laju perpindahan panasnya menggunakan rumus.

$$Q_{kond} = \frac{k \,.\, A \,.\, \Delta T}{\Delta x}$$

diketahui nilai konduktivitas termal material (k) untuk *Stainless Steel* 201 adalah 16,2 (W/m²K) dengan tebal plat (Δx) 2mm (direncanakan). Maka

$$Q_{kond} = \frac{(16{,}2 \text{ W/m}^2\text{K}).\ (0{,}16 \text{ m}^2)\ .\ (25)}{(0{,}002\text{m})}$$
$$Q_{kond} = 32.000 \text{ W}$$

sedangkan untuk besaran nilai laju perpindahan pada bagian cerobong didapatkan dengan cara sama seperti perhitungan di atas. Diketahui diameter pipa (D) 5,8 cm dengan panjang/ketinggian pipa yang terkena air (L) 20 cm dengan ketentuan tidak sampai melebihi tinggi pipa saluran uap dengan material dan ketebalan yang digunakan sama seperti perhitungan sebelumnya. Sama seperti langkah di atas mencari nilai luas dari permukaan elemen panas(pipa cerobong) dan laju perpindahan panasnnya.

$$A_{pipa} = 2 \,.\, \pi \,.\, r \,.\, L$$
$$A_{pipa} = 2 \,.\, \pi \,.\, (2{,}54\text{cm}) \,.\, (20\text{cm})$$
$$A_{pipa} = 319{,}1\text{cm}^2 = 0{,}03191\text{m}^2$$

Jadi, untuk laju perpindahan panas dari komponen cerobong sebesar.

$$Q_{pipa} = \frac{(16{,}2 \text{ W/m}^2\text{K}).\ (0{,}03191 \text{ m}^2)\ .\ (25)}{(0{,}002\text{m})}$$
$$Q_{pipa} = 6.382 \text{ W}$$

Total keseluruhan laju perpindahan panas dari elemen pemanas dapat diketahui sebesar.

$$Q_{total} = Q_{kond} + Q_{pipa}$$
$$Q_{total} = 32000W + 6382W$$
$$Q_{total} = 38.382W$$

Pada langkah terakhir menentukan jumlah panas yang dibutuhkan untuk mengubah 1kg air menjadi uap dengan menggunakan panas laten penguapan sebesar 2257 kJ/kg pada suhu sekitar 100˚C. Sedangkan besar laju produksi uap (ṁ) dalam satuan kg/jam dengan membagi

Copyright © Author(s). This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC BY).

Indonesian Journal of Innovation Studies
Vol. 26 No. 4 (2025): October
DOI: 10.21070/ijins.v26i4.2128

laju perpindahan panas (Q) dengan kapasitas panas (C) dan mengkonversikannya ke kg/jam maka berlaku rumus.

$$\dot{m} = \frac{Q}{H_{fg}}$$
$$\dot{m} = \frac{(38.382\ \text{J/s})}{(2257x10^3\ \text{J/kg})}$$
$$\dot{m} = 0{,}0170\ \text{kg/s}$$

Jadi, diketahui untuk laju produksi uap di dalam ketel sekitar 0.0170 kg/s

- Pembakaran oli bekas

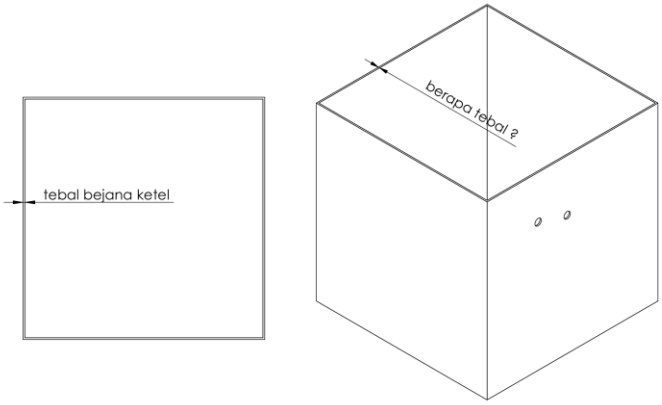
Kebutuhan energi (bahan bakar) ketel uap untuk mempertahankan produksi uap sebesar 0,0170 kg/s diperlukan pasokan energi berupa panas sebesar 38.382 W. Dengan besar nilai kalor oli jika diasumsikan memiliki nilai kalor sebesar 38 MJ/kg [15]. Maka untuk menghitung kebutuhan dari bahan bakar untuk ketel juga perlu dihitung jika efisiensi pembakaran dari bahan bakar 60% (diasumsikan).

$$\dot{m}_{fuel} = \frac{Q}{HV\ .\ \square}$$
$$\dot{m}_{fuel} = \frac{(38.382\ \text{J/s})}{\left(50.445\ \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}\right).\ 0.6}$$
$$\dot{m}_{fuel} = 0{,}0003\ \text{kg}\ x\ 3600\ \text{s} = 1{,}2\ \text{kg/jam}$$

- Ketebalan dinding ketel

Untuk memenuhi standar untuk desain bejana bertekanan, ketebalan minimum dinding ketel dihitung menggunaakan beberapa parameter desain yang meliputi tekanan kerja (P = 2 bar (0,2 MPa direncanakan), jari-jari dalam desain ketel ini dianggap menggunakan panjang sisi terjauh dari titik tengah bejana itu sendiri (R) = 20 cm, tegangan material (S) = 50 MPa (pada suhu 100 ˚C untuk *Stainless Steel* 201), efisiensi las (E) = 0,7. Setelah didapatkan parameter dalam perhitungan kemudian dapat dinyatakan:

$$t = \frac{P\ .\ R}{S\ .E - 0{,}6\ .\ P}$$
$$t = \frac{(2\ x\ 10^5\ \text{Pa}).\ (20\ \text{cm})}{(50\ \text{x}\ 10^6\ \text{Pa}).(0{,}7) - 0{,}6\ .\ (2\ x\ 10^5\ \text{Pa})}$$
$$t = 0{,}114\ cm = 1{,}14\ mm$$



Gambar 4. Menentukan tebal dinding

Agar memastikan ketel mampu menahan tekanan kerja sebesar 2 bar dengan aman sekaligus memberikan ketahanan terhadap korosi, perlu ditambahkan factor korosi (C) = 1 untuk memberikan margin keamanan tambahan terhadap korosi. Jadi ketebalan material yang aman digunakan untuk dinding ketel yakni t = 1,14 mm + 1 = 2,14 mm.

Setelah dilakukan langkah perhitungan di atas, maka didapat perolehan nilai yang disajikan pada tabel berikut.

Tabel 3. Hasil Perhitungan

No.	Perhitungan	Referensi	Nilai
1.	Daya total yang dibutuhkan elemen pemanas	Pers 1	38.382 W
2.	Laju massa uap	Pers 4	0,0170 kg/s
3.	Massa bahan bakar yang dibutuhkan	Pers 5	1,2 kg/jam
3.	Ketebalan dinding bejana ketel	Pers 6	2,14 mm

3.4 Konsep Desain

Dari perhitungan dan perencaan di atas maka ditetapkan Komponen utama yang diperlukan untuk membangun sebuah kompor bertenaga ketel uap sederhana terdiri dari beberapa bagian penting.

- Wadah bahan bakar berfungsi sebagai tempat pembakaran bahan bakar oli bekas.
- Bejana berisi air digunakan untuk menampung air yang akan dipanaskan hingga menghasilkan uap.
- Pipa saluran uap bertugas mengalirkan uap dari bejana ke titik penggunaan.
- Nozzel uap berperan mengatur aliran dan tekanan uap yang keluar.
- Cerobong saluran api diperlukan untuk mengarahkan asap dan gas sisa pembakaran keluar secara aman.
- Rangka kompor berfungsi sebagai struktur penopang yang memastikan stabilitas dan keamanan seluruh komponen selama operasi.

Semua komponen ini harus dirancang menggunakan material yang tahan panas dan korosi agar kompor dapat bekerja secara efisien dan memiliki daya tahan yang baik.

Tabel 4. Spesifikasi Komponen Kompor

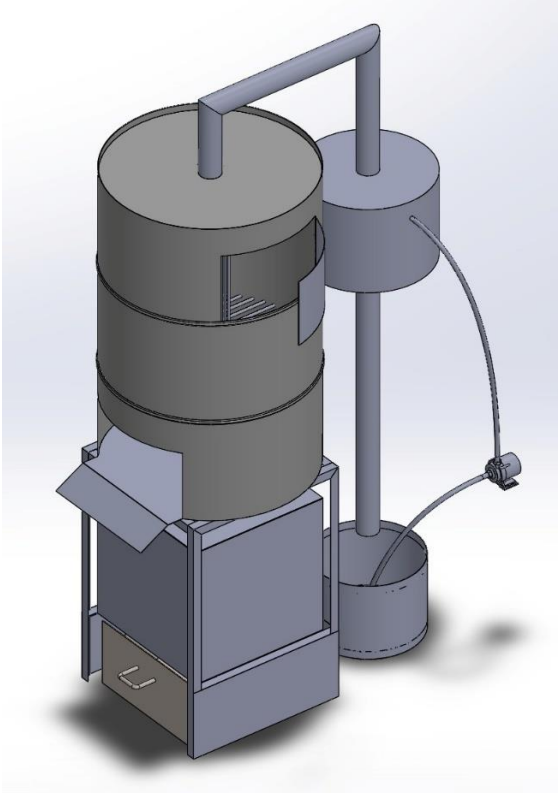
No.	Komponen Kompor	Dimensi	Material
1.	Wadah Bahan Bakar	30x30x20 cm	*Stainless Steel* 201 2 mm
2.	Bejana Ketel	40x40x40 cm	*Stainless Steel* 201 2 mm

ISSN 2598-9936 (online), https://ijins.umsida.ac.id, published by Universitas Muhammadiyah Sidoarjo
Copyright © Author(s). This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC BY).

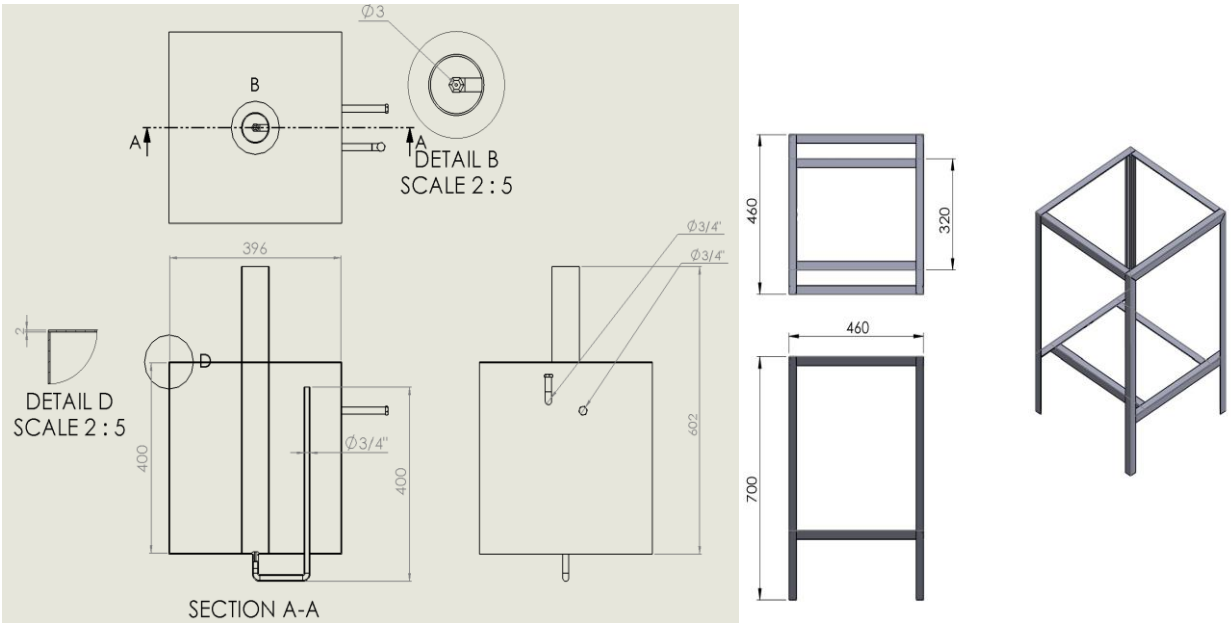
Indonesian Journal of Innovation Studies
Vol. 26 No. 4 (2025): October
DOI: 10.21070/ijins.v26i4.2128

3.	Pipa Saluran Uap	Ø 3/4 inch	*Stainless Steel* 201 2 mm
4.	Nozzel Uap	Ø 4 mm	Kuningan
5.	Cerobong	Ø 2 inch	*Stainless Steel* 201 2 mm
6.	Rangka Kompor	46x46x70 cm	Hollow 40x40x1
7.	Tong Sampah	Ø 60x90 cm	-

Ketel uap dirancang berbentuk kubus dengan dimensi 40 × 40 × 40 cm, yang memberikan volume total sebesar 0.064 m³. Sistem kompor pembakar sampah organik ini beroperasi melalui rangkaian komponen yang terintegrasi, mulai dari proses pembakaran bahan bakar hingga pembuangan gas sisa. Proses dimulai dengan pembakaran oli bekas dalam ruang pembakaran, yang menghasilkan energi panas untuk memanaskan air di dalam ketel uap. Ketel uap berfungsi sebagai wadah pemanas yang mengubah air menjadi uap bertekanan tinggi setelah mencapai titik didih. Uap yang dihasilkan kemudian dialirkan melalui pipa saluran uap menuju nosel, yang berfungsi sebagai penyemprot uap bertekanan tinggi ke dalam ruang pembakaran kemudian disalurkan lagi menuju cerobong. Penyemprotan ini meningkatkan suplai udara dan oksigen di sekitar nyala api, sehingga memperkuat intensitas pembakaran.



Gambar 5. Desain Kompor Pembakar Sampah



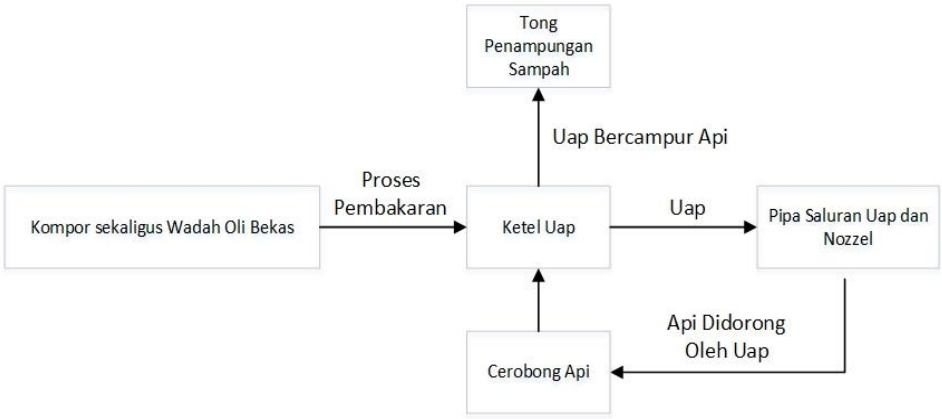
Gambar 6. Hasil Desain Kompor

(Gambar 7) menunjukkan gambaran alur dari sistem pembakaran dialirkan ke ketel uap untuk menghasilkan uap bertekanan, yang kemudian digunakan untuk meningkatkan pembakaran. Sistem ini dirancang dengan mempertimbangkan efisiensi termal, keamanan, dan keberlanjutan. Pemilihan material, parameter desain menjadi bagian penting untuk memastikan ketel uap bekerja dengan baik dalam tekanan kerja tertentu, sehingga mampu menghasilkan pembakaran yang efisien dan aman. Kompor pembakar sampah dengan sistem ketel uap dirancang untuk

Copyright © Author(s). This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC BY).

Indonesian Journal of Innovation Studies
Vol. 26 No. 4 (2025): October
DOI: 10.21070/ijins.v26i4.2128

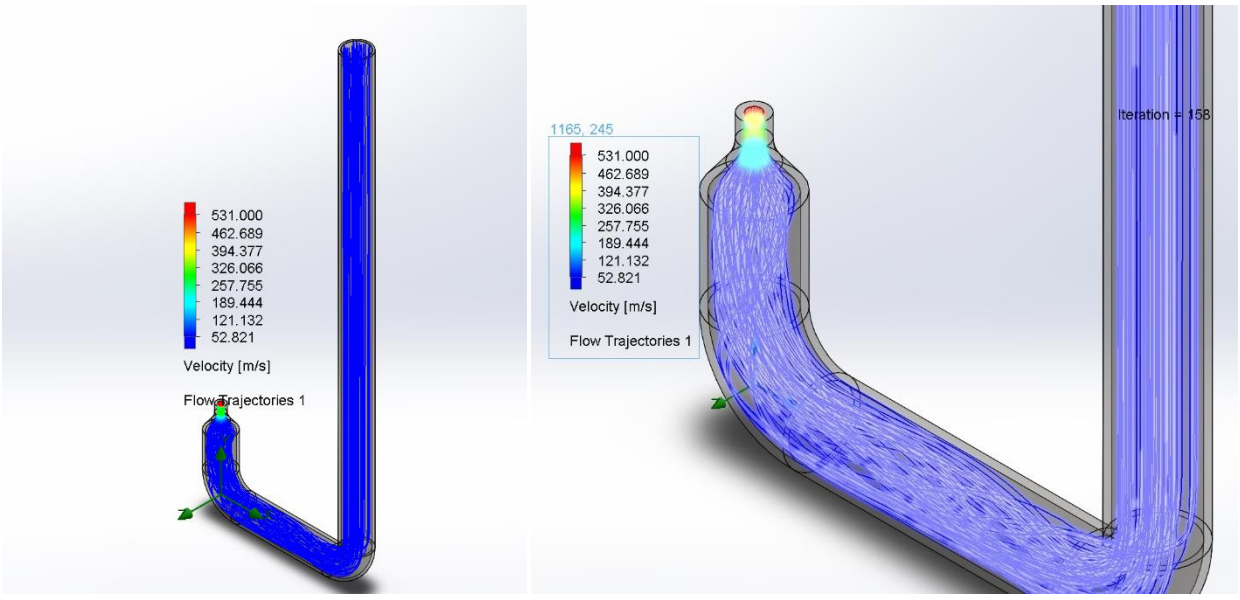
meningkatkan efisiensi pembakaran sekaligus memanfaatkan energi secara optimal. Ketel uap dipilih karena mampu menghasilkan tekanan udara yang dapat memperkuat nyala api tanpa memerlukan perangkat mekanik tambahan seperti blower atau kompresor.



Gambar 7. Diagram Sistem Kompor

3.5 Analisa dan Pembahasan

Untuk mengetahui bahwa desain yang dibuat efektif dalam menghasilkan semburan yang mirip dengan aliran udara dari kompresor atau blower maka dilakukanlah proses uji aliran fluida sehingga dapat mengetahui nilai kecepatan alirannya. Berdasarkan hasil perhitungan serta maka dilakukan dengan metode CFD proses pengujian dari desain yang dibuat dengan menggunakan *software SolidWork Flow Simulation*, dengan analisis serta perhitungan awal guna menentukan parameter-parameter yang dibutuhkan sebagai acuan pada simulasi. Kemudian didapat parameter pada Tabel 3 dan diperoleh hasil simulasi ditunjukkan pada (Gambar 8). Hasil analisis menunjukkan bahwa aliran uap dengan laju massa sebesar 0,0170 kg/s dengan tekanan kerja 2 bar melalui pipa berdiameter 3/4 inch dan nozzel berdiameter dalam 4 mm menunjukkan kecepatan aliran sebesar 52,8 m/s yang dapat ditunjukan pada aliran yang berwarna biru yang mengalir sepanjang saluran pipa. Distribusi kecepatan aliran bervariasi dari 52,8 m/s hingga 531 m/s dengan perbedaan kecepatan yang signifikan pada pipa menuju ke nozzel. Hal ini mengindikasikan adanya percepatan aliran saat mendekati nozzle, yang disebabkan oleh penyempitan diameter saluran sehingga dapat disimpulkan bahwa sistem saluran pada pipa dapat menghasilkan perubahan energi termal dari kompor menjadi energi kinetik uap yang dikeluarkan melalui nozel.



Gambar 8. Hasil *Flow Simulation*

Nilai kecepatan tertinggi terjadi di dekat nozzel yang ditunjukkan oleh aliran yang berwarna merah, sementara kecepatan terendah berada di area awal pipa. Hasil ini sesuai dengan prinsip venturi, dimana penyempitan saluran meningkatkan kecepatan aliran fluida (uap). Dengan demikian, desain sistem ini mampu menghasilkan aliran uap berkecepatan tinggi guna membantu memperkuat semburan pada kompor.

IV. Simpulan

1. Pada desain ini terdiri dari beberapa komponen utama yakni, a.) wadah oli, b.) ketel uap terdiri dari (bejana ketel, pipa saluran uap, nozel, dan cerobong) yang dirakit menjadi satu kesatuan, c.) rangka, d.) tong sampah.
2. Berdasarkan analisis dan perhitungan yang telah dilakukan, kompor berpendorong ketel uap sederhana berbahan bakar oli bekas berhasil dirancang dan diuji untuk dapat menghasilkan uap berkecepatan tinggi guna mendukung efisiensi pembakaran pada kompor. Ketel ini memiliki dimensi 40x40x40 cm dengan volume air yang dapat ditapung 38,4 liter (60% dari volume total) dan 25,6 liter (40% dari volume total), menggunakan material stainless steel 201 yang tahan korosi. Laju produksi uap dari ketel dapat mencapai 0,0170 kg/s dengan kebutuhan daya pemanas sebesar 38.382 W yang dipasok dari oli bekas dengan konsumsi bahan bakar 1,2 kg/jam dengan (asumsi efisiensi 60%).
3. Simulasi aliran uap menunjukkan kecepatan tertinggi sebesar 531 m/s berada pada nozzle dengan distribusi kecepatan awal antara 52,821 m/s pada sepanjang pipa saluran uap. Desain sistem ini memenuhi kriteris keamanan termasuk ketebalan dinding ketel minimal 2,14 mm untuk menahan tekanan kerja sebesar 2 bar. Secara keseluruhan, rancangan ini terbukti efektif dalam menghasilkan uap bertekanan dan dengan

ISSN 2598-9936 (online), https://ijins.umsida.ac.id, published by Universitas Muhammadiyah Sidoarjo
Copyright © Author(s). This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC BY).

Vol. 26 No. 4 (2025): October
DOI: 10.21070/ijins.v26i4.2128

memanfaatkan energi termal dari kompor itu sendiri. Rekomendasi untuk pengembangan selanjutnya meliputi uji fisik dan optimasii efisiensi pembakaran.

Ucapan Terima kasih

Ucapan terima kasih sebesar-besarnya diucapkan kepada kedua orang tua yang senantiasa sabar menunggu penyelesaian penelitian untuk menuju kelulusan penulis. Kedua, mengucapkan banyak terima kasih kepada dosen pembimbing skripsi serta dukungan dari semua teman-teman yang membarengi proses penelitian khususnya keenam kawan penulis yang sangat istimewa.

Referensi

1. W. Kastolani, Darsiarjo, I. Setiawan, and U. Supriatna, “Feasibility Study of Microbial Organic Waste Processing Business in Sukasari District, Bandung City,” IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, vol. 683, no. 1, 2021, doi: 10.1088/1755-1315/683/1/012018.
2. N. Utaminingsih and A. R. Cangara, “The Half-Dead of Earth,” IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, vol. 575, no. 1, 2020, doi: 10.1088/1755-1315/575/1/012250.
3. Direktorat Jenderal Pengelolaan Sampah Limbah dan Bahan Beracun Berbahaya, “Statistika 2019,” Dinas Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2019.
4. M. Algusri, “Thermoelectric for Blower Power in Used Oil Poultry Heater,” Sigma Teknika, vol. 2, no. 1, p. 106, 2019, doi: 10.33373/sigma.v2i1.1896
5. P. E. T. Berbahan, B. Oli, A. Hata, I. Azmy, and H. D. Adityo, “Design of Oil-Based Energy Technology System,” vol. 9, no. 2, 2023.
6. Wijianto, “Variation of Air Flow Velocity in Waste Gasification Furnace,” in 4th University Research Colloquium, 2016, pp. 43–48.
7. R. Bangun et al., “Mechanical Engineering Study Program Report, Universitas PGRI Semarang,” 2022.
8. I. Febriana et al., “Performance Test of Used Oil Stove Prototype Based on Oil Composition and Fuel Flow Rate,” Jurnal Redoks, vol. 9, no. 1, pp. 62–68, 2024, doi: 10.31851/redoks.v9i1.13143.
9. G. W. Ramadhan and B. Basyirun, “Effect of Air Pressure on Combustion Temperature of Used Oil Stove,” Jurnal Dinamika Vokasional Teknik Mesin, vol. 5, no. 2, pp. 163–168, 2020, doi: 10.21831/dinamika.v5i2.34804.
10. A. Pratama et al., “Design of Burner Using Waste Oil Fuel,” Mekanika: Majalah Ilmiah Mekanika, vol. 19, no. 2, p. 95, 2020, doi: 10.20961/mekanika.v19i2.42378.
11. A. Surapati et al., “Processing of LDPE Plastic Waste into Renewable Fuel Using Waste Motor Oil,” Jurnal Riset Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri, vol. 14, no. 3, pp. 12–20, 2023, doi: 10.21771/jrtppi.2023.v14.no3.p12-20.
12. J.-C. Han and L. M. Wright, “Heat Conduction Equations,” in Analytical Heat Transfer, 2022, pp. 1–19, doi: 10.1201/9781003164487-1.
13. K. A. D. Yunus, “Steam Boiler Theory,” Universitas Darma Persada, Jakarta.
14. The American Society of Mechanical Engineers, “ASME Boiler and Pressure Vessel Code Section VIII Division 1,” 2023.
15. L. K. Mangalla et al., “Optimization of Used Oil and Diesel Combustion in Vertical Furnace for Sustainable Energy,” pp. 20–24.

Copyright © Author(s). This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC BY).