

Perencanaan Desain Kompor Pembakar Sampah Organik Dengan Pemanfaatan Oli Bekas Dan Air Sebagai Bahan Bakar Alternatif

Oleh:

Ardhi Shefta Fernanda 211020200034

Dosen Pembimbing

Dr. Mulyadi, S.T., M.T.

Progam Studi Teknik Mesin

Universitas Muhammadiyah Sidoarjo

2025

Topik Pembahasan

BAB I PENDAHULUAN

BAB II METODE PENELITIAN

BAB III HASIL DAN PEMBAHASAN

BAB IV KESIMPULAN

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].

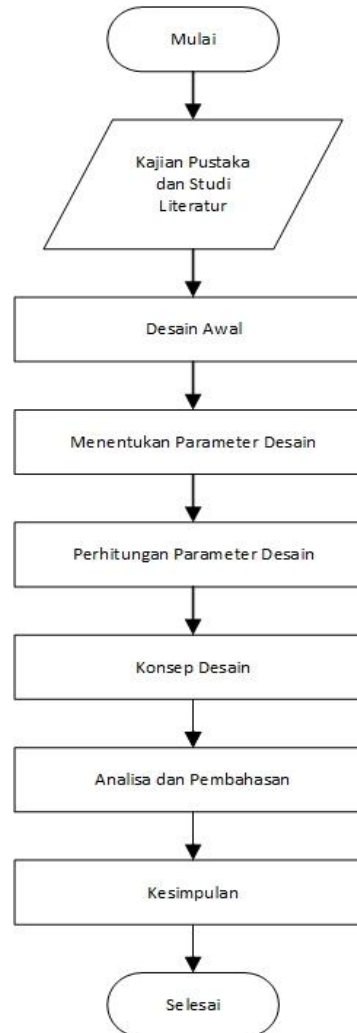
Pemanfaatan oli bekas sebagai bahan bakar alternatif untuk kompor pembakar sampah organik merupakan salah satu pendekatan inovatif dalam mengatasi timbunan sampah sekaligus dapat memanfaatkan limbah oli bekas dari kendaraan bermotor dan industri mulai dari logama berat, sianida, pestisida, minyak dan lainnya. Dimana pada tahun 2019 data yang dikumpulkan 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].

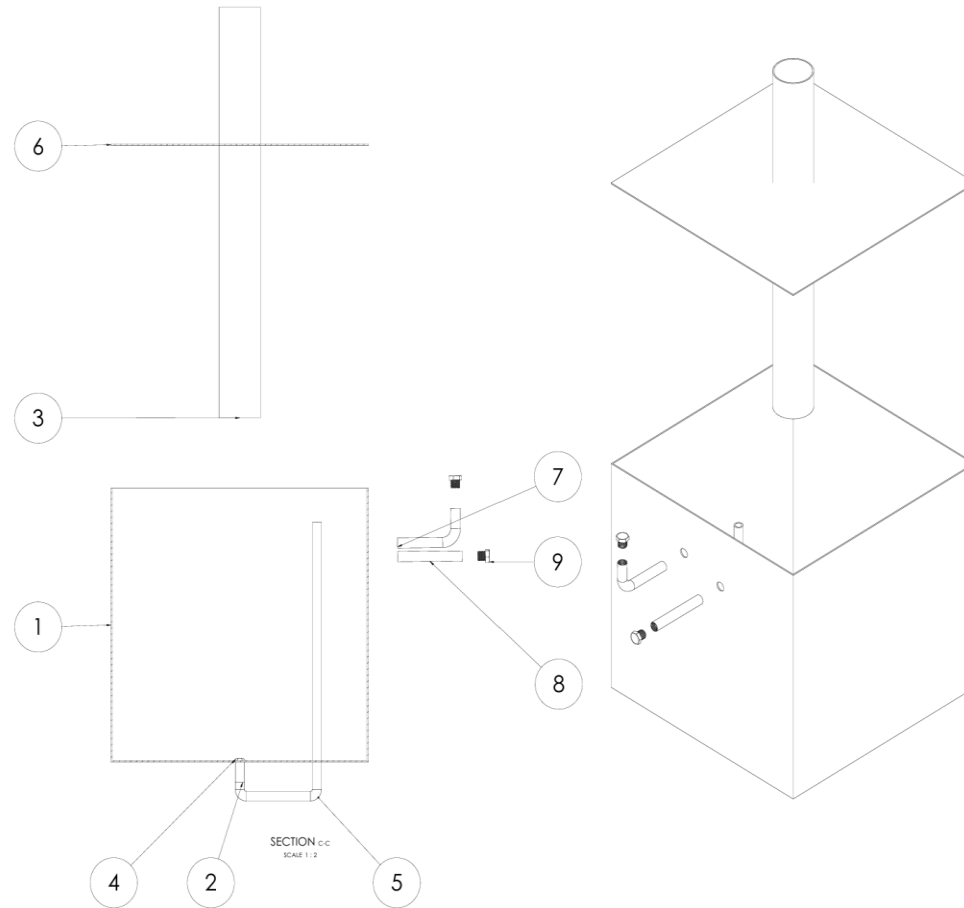
Oleh karena itu, pada penelitian ini menjadi alternatif, salah satu solusi yang dapat diterapkan adalah merancang desain kompor pembakar sampah yang menerapkan prinsip kerja ketel uap, di mana uap air dimanfaatkan untuk menghasilkan tekanan udara yang dimanfaatkan dalam proses pembakaran. Pendekatan 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.

Metode



Hasil

Desain Awal Ketel



Hasil

Tabel 3.1 Kekurangan dan kelebihan masing-masing penggunaan komponen

Kompoen	Kelebihan	Kekurangan
Kompresor	<ul style="list-style-type: none">Menghasilkan tekanan udara tinggi untuk pembakaran lebih cepat dan efisien.Meningkatkan efisiensi pembakaran dengan aliran udara terkontrol.Dapat mengatur laju semburan udara secara presisi.	<ul style="list-style-type: none">Mebutuhkan konsumsi energi yang lebih tinggiBiaya pembelian dan pemeliharaan yang lebih tinggiMemerlukan perawatan rutin untuk mencegah kerusakan atau kebocoran udara
Blower	<ul style="list-style-type: none">Biaya pemasangan dan operasional lebih murah dibandingkan kompresorPengoperasian lebih sederhana dan mudahPemeliharaan lebih mudah dan lebih terjangkau	<ul style="list-style-type: none">Lebih sedikit dalam menghasilkan tekanan udara sehingga dapat mempengaruhi efisiensi pembakaranKurang efisien dalam aplikasi yang membutuhkan semburan udara kuat dan konsisten
Ketel uap	<ul style="list-style-type: none">Menghasilkan uap panas yang dapat mempercepat proses pembakaranEfisien dalam mengonversi energi dari bahan bakar menjadi uap untuk mendukung proses pembakaranMegurangi emisi dengan pembakaran yang lebih sempurna	<ul style="list-style-type: none">Rawan terhadap korosi

Hasil

- 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 3.2 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

Hasil

Daya yang dibutuhkan ketel :

$$\begin{aligned} Q_{kond} &= \frac{k \cdot A \cdot \Delta T}{\Delta x} \\ &= \frac{(16,2 \text{ W/m}^2\text{K}) \cdot (0,16 \text{ m}^2) \cdot (25)}{(0,002\text{m})} \quad (\text{pers 2.1}) \\ &= 32.000 \text{ W} \end{aligned}$$

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

$$Q_{pipa} = 6.382 \text{ W}$$

$$Q_{total} = Q_{kond} + Q_{pipa}$$

$$Q_{total} = 32000\text{W} + 6382\text{W}$$

$$Q_{total} = 38.382\text{W}$$

Laju produksi uap :

$$\begin{aligned} \dot{m} &= \frac{Q}{H_{fg}} \\ &= \frac{(38.382 \text{ J/s})}{(2257 \times 10^3 \text{ J/kg})} \\ &= 0,0170 \text{ kg/s} \end{aligned}$$

Laju bahan bakar :

$$\begin{aligned} \dot{m}_{fuel} &= \frac{Q}{HV \cdot \eta} \\ &= \frac{(38.382 \text{ J/s})}{\left(50.445 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}\right) \cdot 0.6 \cdot 3600} \\ \dot{m}_{fuel} &= 0,0003 \text{ kg/s} \end{aligned}$$

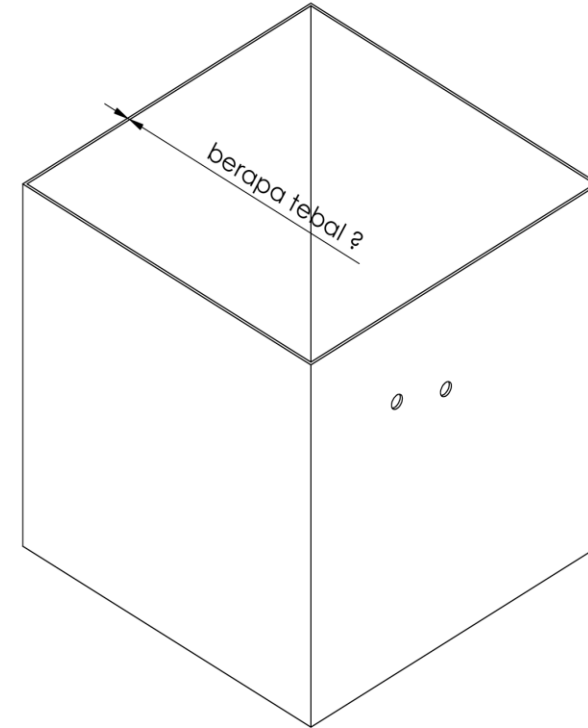
Hasil

Perhitungan ketebalan plat :

$$t = \frac{P \cdot R}{S \cdot E - 0,6 \cdot P}$$

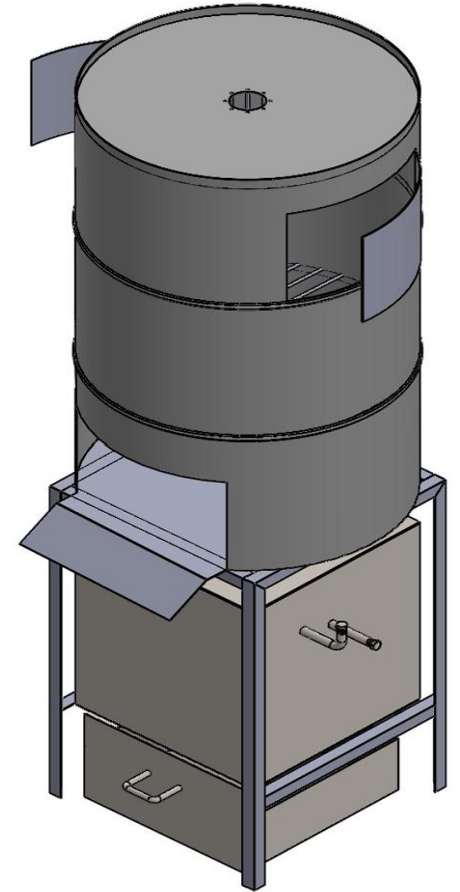
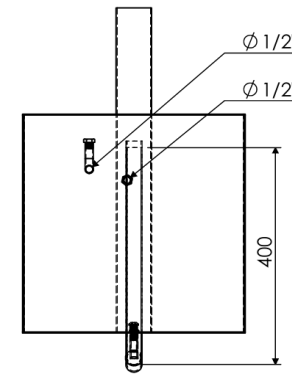
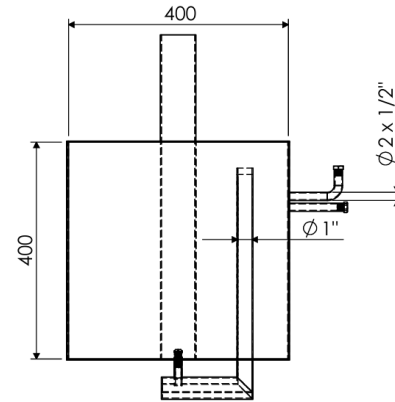
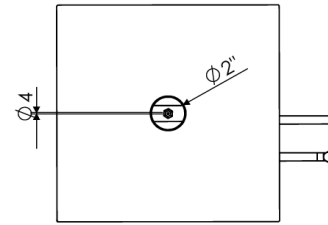
$$t = \frac{(2 \times 10^5 \text{ Pa}) \cdot (20 \text{ cm})}{(50 \times 10^6 \text{ Pa}) \cdot (0,7) - 0,6 \cdot (2 \times 10^5 \text{ Pa})}$$

$$t = 0,114 \text{ cm} = 1,14 \text{ mm}$$



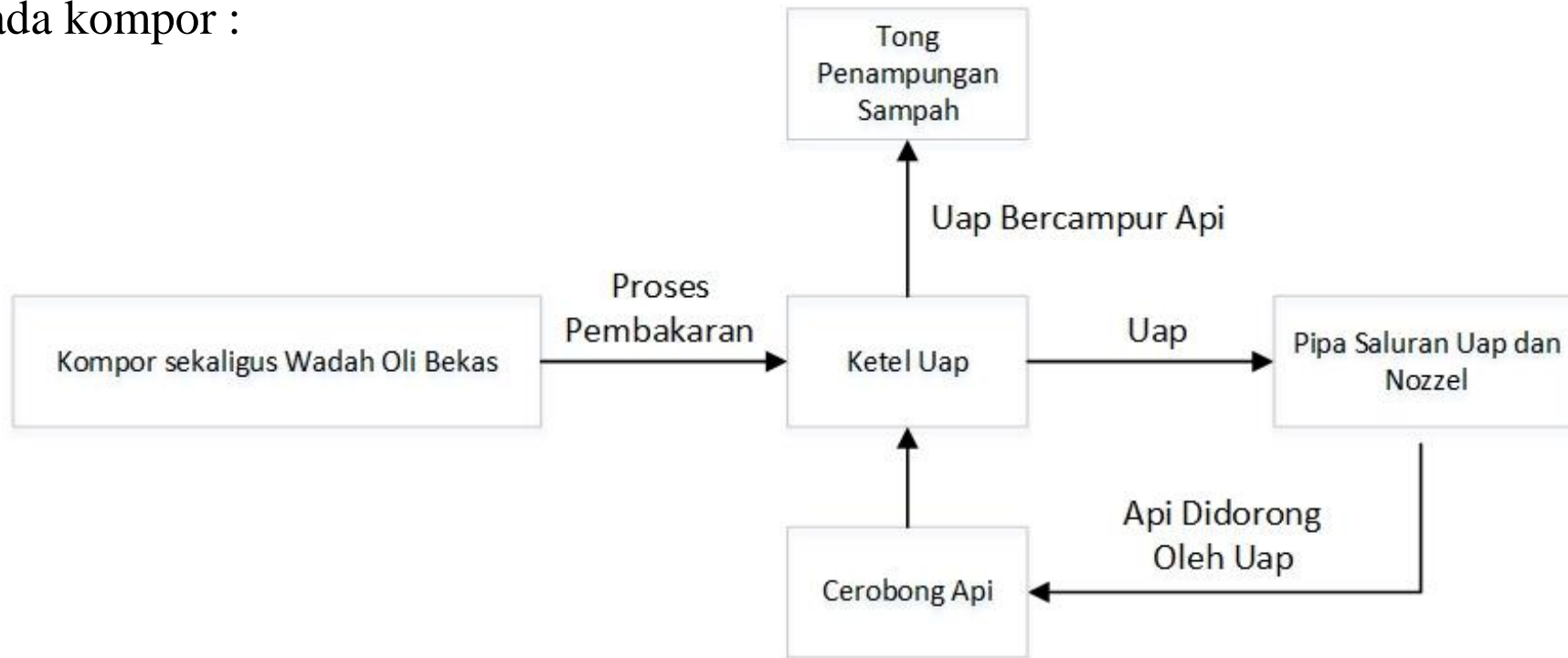
Hasil

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
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	-



Hasil

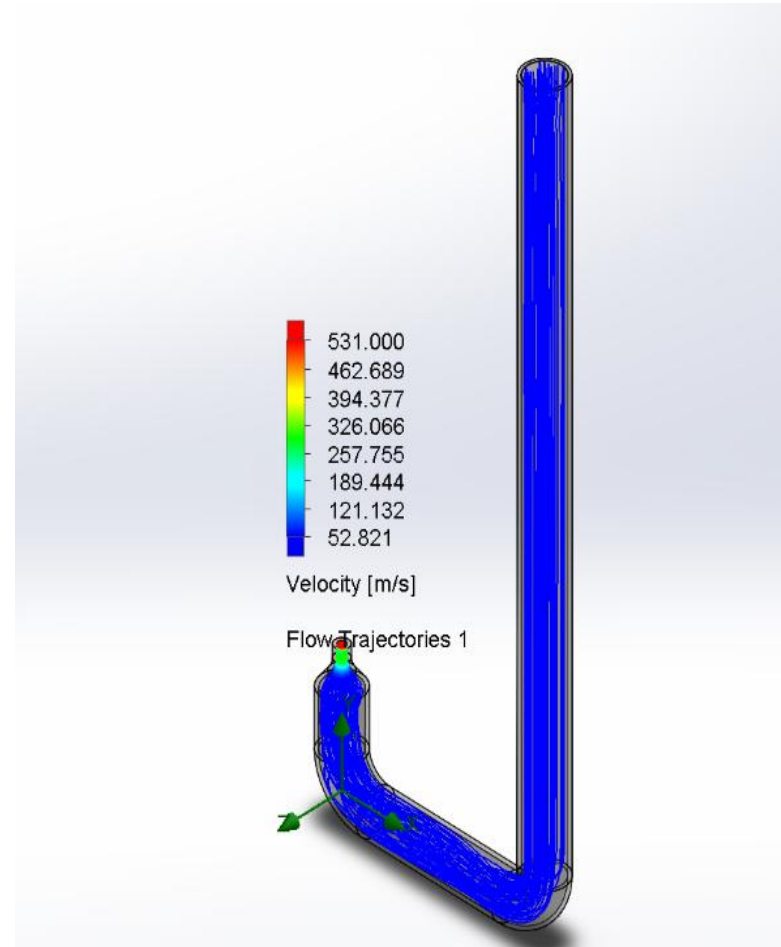
Alur sistem pada kompor :



Pembahasan

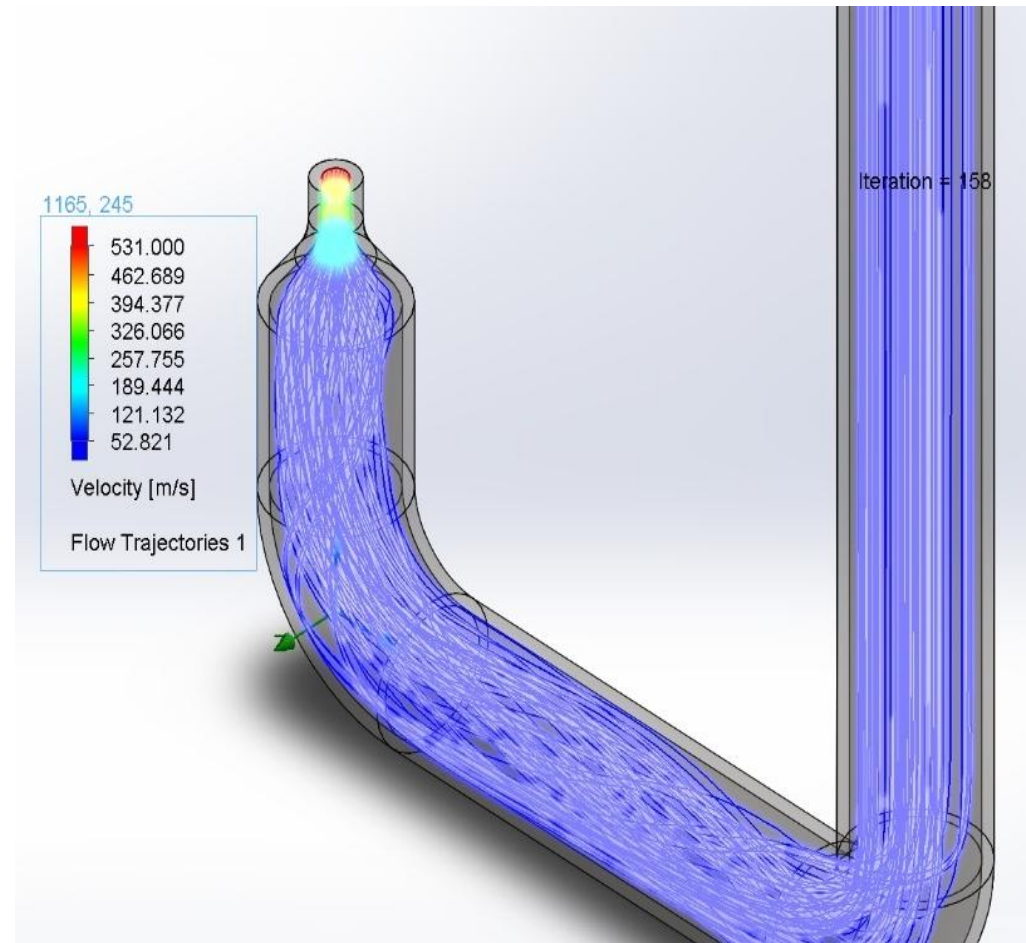
Dalam memprediksi sebuah fenomena aliran, maka CFD digunakan untuk mendapat kuantitas yang diinginkan dengan resolusi yang tinggi untuk setiap bagian. Pemanfaatan CFD juga digunakan sebagai metode untuk menyederhanakan (secara virtual) permasalahan dengan kondisi-kondisi realistis dan tetap pada domain aliran sebenarnya.

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*.



Pembahasan

Dengan analisis serta perhitungan awal guna menentukan parameter-parameter yang dibutuhkan sebagai acuan pada simulasi. Kemudian didapat parameter pada Tabel 3.2 dan diperoleh hasil simulasi ditunjukkan pada (Gambar 3.3). 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 nozzle berdiameter dalam 4 mm menunjukkan kecepatan aliran sebesar 52,8 m/s yang dapat ditunjukkan 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 nozzle. Hal ini mengindikasikan adanya percepatan aliran saat mendekati nozzle, yang disebabkan oleh penyempitan diameter saluran sehingga dapat didimpulkan bahwa sistem saluran pada pipa dapat menghasilkan perubahan energi termal dari kompor menjadi energi kinetik uap yang dikeluarkan melalui nozzle.



Kesimpulan

- 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.
- 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 ditampung 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%).
- 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 kriteria 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 memanfaatkan energi termal dari kompor itu sendiri. Rekomendasi untuk pengembangan selanjutnya meliputi uji fisik dan optimasi efisiensi pembakaran.

Referensi

- [1] W. Kastolani, Darsiharjo, I. Setiawan, and U. Supriatna, “Feasibility study of microbial organic waste processing business in Sukasari district, Bandung city,” *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, 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 Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 575, no. 1, 2020, doi: 10.1088/1755-1315/575/1/012250.
- [3] Direktorat Jenderal Pengelolaan Sampah Limbah dan Bahan Beracun Berbahaya, “Statiska 2019,” *Dinas Lingkung. Hidup dan Kehutan.*, p. 16, 2019.
- [4] M. Algusri, “Thermoelectric Untuk Daya Blower Pemanas Kandang Ayam Oli Bekas,” *Sigma Tek.*, 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, “6825-27818-2-Pb,” vol. 9, no. 2, 2023.
- [6] Wijianto, “Variasi Kecepatan Aliran Udara Pada Tungku Gasifikasi Limbah,” *4th Universty Res. Coloquium 2016*, pp. 43–48, 2016.
- [7] R. Bangun, T. Pembakar, S. Organik, M. Metode, E. Forced, and C. Amin, “Program studi teknik mesin fakultas teknik dan informatika universitas pgri semarang 2022,” 2022.
- [8] I. Febriana, Yuka Fari Saputra, Najib Nursal Alfarabi, Erlinawati, and I. Yunanto, “Uji Kinerja Prototype Kompor Oli Bekas Ditinjau Dari Komposisi Oli Terhadap Laju Alir Bahan Bakar,” *J. Redoks*, vol. 9, no. 1, pp. 62–68, 2024, doi: 10.31851/redoks.v9i1.13143.

Referensi

- [9] G. W. Ramadhan and B. Basyirun, “Pengaruh Tekanan Udara Terhadap Temperatur Pembakaran Oli Bekas pada Kompor,” *J. Din. Vokasional Tek. Mesin*, vol. 5, no. 2, pp. 163–168, 2020, doi: 10.21831/dinamika.v5i2.34804.
- [10] A. Pratama, B. Basyirun, Y. W. Atmojo, G. W. Ramadhan, and A. R. Hidayat, “Rancang Bangun Kompor (Burner) Berbahan Bakar Oli Bekas,” *Mek. Maj. Ilm. Mek.*, vol. 19, no. 2, p. 95, 2020, doi: 10.20961/mekanika.v19i2.42378.
- [11] Alex Surapati, Angky Puspawan, Yanolanda Suzantry Handayani, and Fitrilina, “The Processing of LDPE Plastic Waste into Renewable Fuel Using Waste Motor Oil,” *J. Ris. Teknol. Pencegah. Pencemaran Ind.*, vol. 14, no. 3, pp. 12–20, 2023, doi: 10.21771/jrtpi.2023.v14.no3.p12-20.
- [12] J.-C. Han and L. M. Wright, “Heat Conduction Equations,” *Anal. Heat Transf.*, pp. 1–19, 2022, doi: 10.1201/9781003164487-1.
- [13] K. Asyari D. Yunus Teknik Mesin Universitas Darma Persada - Jakarta, Uap and S. Boiler, “Ketel uap (steam boiler),” *Asyari D. Yunus Tek. Mesin Univ. Darma Persada - Jakarta*.
- [14] The American Society of Mechanical Engineers (ASME), “SECTION VIII 2023 ASME Boiler and Pressure Vessel Code Division 1,” 2023, [Online]. Available: www.asme.org/cer
- [15] L. K. Mangalla, J. Teknik, M. Fakultas, T. Universitas, and H. Oleo, “OPTIMASI PEMBAKARAN OLI MESIN BEKAS DAN SOLAR DALAM TUNGKU VERTIKAL : SOLUSI BERKELANJUTAN UNTUK ENERGI DAN LINGKUNGAN,” pp. 20–24.

