

Perancangan Kompor Berbahan Bakar Biobriket Dari Tempurung Kelapa Dengan Metode Triz

Eky Purnomo
Teknik Industri
Telkom University
Bandung, Indonesia

ekypurnomo@student.telkomuniversity.ac.id

Agus Kusnayati
Teknik Industri
Telkom University
Bandung, Indonesia

guskus@telkomuniversity.ac.id

Yusuf Nugroho Doyo Yekti
Teknik Industri
Telkom University
Bandung, Indonesia
doyoyekti@telkomuniversity.ac.id

Permintaan energi yang terus meningkat akibat pertumbuhan populasi dan menipisnya cadangan energi bumi mendorong pengembangan sumber energi terbarukan. Biobriket dari tempurung kelapa merupakan alternatif bahan bakar padat terbarukan dengan potensi panas tinggi, minim asap, dan durasi nyala yang lama. Dari observasi yang dilakukan, beberapa pedagang kaki lima di kota Bandung menggunakan anglo sebagai alat memasak. Namun alat yang digunakan masih memiliki kekurangan diantaranya bobot berat, kesulitan pembersihan sisa arang, dan penggunaan kipas manual untuk mengatur api. Penelitian ini bertujuan merancang kompor biobriket yang efisien dan mampu menghasilkan panas maksimal, mengatasi kendala kompor anglo tradisional serta kekurangan kompor biobriket yang ada di pasaran. Metode yang digunakan adalah TRIZ (Theory of Inventive Problem Solving), yang secara sistematis mengubah masalah spesifik menjadi umum, menerapkan prinsip-prinsip TRIZ, dan mengubah solusi umum menjadi solusi spesifik. Hasil perancangan kompor biobriket ini menunjukkan bahwa pengujian stress analysis menunjukkan desain mampu menahan beban dengan tegangan maksimum jauh di bawah yield strength material mild steel, simulasi perpindahan panas (heat transfer simulation) menunjukkan distribusi panas yang terpusat pada ruang bakar, dan simulasi aliran udara (air flow simulation) menunjukkan sirkulasi udara yang baik dari blower menuju ruang pembakaran hingga keluar dari area atas kompor. Berdasarkan Water Boiling Test (WBT), kompor mencapai efisiensi termal 20,56% dengan waktu perebusan 1,7 liter air selama 8 menit 33 detik. Implikasi dari penelitian ini menunjukkan bahwa rancangan kompor biobriket sudah dapat dinyatakan layak dan aman untuk digunakan memasak menggantikan anglo tradisional, serta berhasil mengatasi permasalahan yang dialami oleh pedagang yang menggunakan anglo tradisional.

Kata kunci— Kompor Biobriket, TRIZ, Pengembangan Produk

I. PENDAHULUAN

Belakangan ini, permasalahan energi menjadi hal yang cukup krusial di seluruh dunia. Tingginya permintaan energi disebabkan oleh pertumbuhan populasi dan semakin menipisnya cadangan energi bumi. Energi dibedakan menjadi dua, yaitu energi terbarukan dan tak terbarukan. Indonesia masih sangat bergantung dengan bahan bakar fosil seperti bensin, solar, LPG, batu bara, dan lain-lain. Bahan bakar tersebut adalah sumber energi yang tak terbarukan dan akan habis di kemudian hari. Selain itu energi tersebut menghasilkan CO₂ yang menyebabkan pemanasan global (Shaari et al., 2024). Energi terbarukan

adalah pilihan yang tepat untuk saat ini dan masa depan karena pemanfaatannya mudah, aman dan memiliki harga yang terjangkau (Manisi et al., 2019).

Salah satu energi terbarukan yang menarik yaitu biobriket, biobriket merupakan bahan bakar yang memiliki kandungan kalori dan karbon yang tinggi dan mampu terbakar dalam waktu yang relatif lama. Bahan dasar pembuatan briket salah satunya berasal dari limbah tempurung kelapa, biobriket bisa digunakan dengan cara dibakar dengan media seperti kompor biobriket. Kompor biomassa yang ditingkatkan dapat menghemat 35-50% bahan bakar dibandingkan dengan kompor konvensional dan mengurangi biaya rumah tangga (Mehetre et al., 2017). Sumber biomassa di Indonesia sangat melimpah, salah satunya disebabkan oleh iklim tropis yang dimiliki Indonesia serta wilayahnya yang cukup luas. Berdasarkan Tabel 1.1 yang merupakan data produksi kelapa nasional dari Badan Pusat Statistik (BPS), produksi kelapa nasional mencapai 2,85 juta ton pada tahun 2021. Jumlah tersebut meningkat 1,47% dibandingkan tahun sebelumnya yang hanya 2,81 juta ton.

Berdasarkan data dan informasi yang telah disebutkan, terutama mengenai penurunan cadangan gas bumi di Indonesia dari tahun 2016 hingga 2023 serta potensi biobriket sebagai sumber energi alternatif yang dapat diolah dari limbah pertanian seperti tempurung kelapa, maka perlu dilakukan perancangan kompor biobriket. Perancangan kompor biobriket penting dilakukan karena kompor biobriket memiliki banyak keunggulan dan potensi yang bisa dikembangkan.

Berdasarkan data dan informasi diatas, terutama mengenai penurunan cadangan gas bumi di Indonesia serta potensi biobriket sebagai sumber energi alternatif yang dapat diolah dari limbah pertanian seperti tempurung kelapa, maka perlu dilakukan perancangan kompor biobriket. Perancangan kompor biobriket penting dilakukan karena kompor biobriket memiliki banyak keunggulan dan potensi yang bisa dikembangkan.

Dalam pengembangan rancangan kompor biobriket, terdapat beberapa kontradiksi yang diyakini akan terjadi. Kontradiksi yang dimaksud antara lain, kemudahan penggunaan bertentangan dengan fitur keamanan, daya tahan yang tinggi bertentangan dengan bobot yang berat, dan desain yang minimalis bertentangan dengan kapasitas bahan bakar. Berdasarkan kontradiksi yang sudah disebutkan sebelumnya, metode TRIZ dipilih sebagai

metode yang akan digunakan untuk menyelesaikan permasalahan. Metode TRIZ digunakan sebagai pendekatan sistematis untuk mengidentifikasi kontradiksi dengan cepat dan tepat, dan memberikan solusi untuk menyelesaikan kontradiksi yang ada.

II. KAJIAN TEORI

Berikut ini merupakan beberapa teori yang berkaitan dengan perancangan Kompor Biobriket:

A. Biobriket

Biobriket merupakan bahan bakar padat yang dibuat dari sumber daya terbarukan seperti kayu, ranting, daun, dan limbah pertanian lainnya (Iriany et al., 2023). Briket tempurung kelapa memiliki sejumlah kelebihan dibandingkan bahan bakar padat konvensional, diantaranya menghasilkan suhu yang tinggi, minim asap, durasi nyala api yang lama, dan ramah lingkungan (Iskandar et al., 2019). Briket arang merupakan sumber energi terbarukan yang berasal dari biomassa jenis tumbuhan, ketersediaan tempurung kelapa sebagai bahan baku utama sangat melimpah di lingkungan saat ini.

B. Kompor Biobriket

Kompor biobriket membantu proses pembakaran briket menjadi lebih efisien karena panas dari briket akan terfokus di dalam ruang pembakaran (Yulianto et al., 2024). Kompor ini dirancang khusus untuk memenuhi kebutuhan konsumen dan dapat disesuaikan dengan tujuan perancangan atau proses memasak rumah tangga. Prinsip kerjanya yaitu dengan melakukan pembakaran biobriket untuk menghasilkan panas yang dapat digunakan untuk memasak.

C. Product Design and Development

Product Design and Development adalah metode dalam merancang atau mengembangkan suatu produk. Proses Product Design and Development melibatkan serangkaian langkah-langkah dalam menciptakan konsep, merancang, dan mengembangkan sebuah produk. Fokus utama dari desain dan pengembangan produk ini adalah menciptakan suatu produk yang dapat memenuhi preferensi dan kebutuhan konsumen, sekaligus mengintegrasikan teknologi untuk meningkatkan efisiensi dalam proses produksi.

D. Teoriya Resheniya Izobretatelskikh Zadatch (TRIZ)

TRIZ berasal dari bahasa Rusia yaitu "Teoriya Resheniya Izobretatelskikh Zadatch" atau TIPS (Theory of Inventive Problem Solving) yang artinya Teori Pemecahan Masalah Berdaya Cipta. TRIZ merupakan metode pemecahan masalah berdasarkan logika dan data, bukan intuisi, yang mempercepat kemampuan untuk menyelesaikan masalah secara kreatif (Barry et al., 2006). Sistem ini didesain untuk mengidentifikasi prinsip yang perlu diubah, selanjutnya mencari prinsip yang terkait dengan efek yang tidak diinginkan. Untuk menggambarkan kontradiksi ini, terdapat 39 parameter sistem yang menyebabkan konflik. Dalam upaya mencari solusi analog dan dapat disesuaikan dengan solusi yang dicari, terdapat 40 prinsip TRIZ yang berfungsi sebagai panduan untuk membantu penulis dalam menemukan solusi terhadap masalah yang dihadapi (SASTRO, 2020).

E. Autodesk Inventor

Autodesk Inventor adalah software berjenis Computer Aided Drawing (CAD) yang menekankan pemodelan solid (Rilo Chandra Muhamadin, 2023). Software ini merupakan salah satu produk dari Autodesk Inc. USA yang dahulu lebih familiar dengan produk AutoCAD. Autodesk Inventor merupakan pengembangan dari AutoCAD yang menawarkan berbagai keunggulan, seperti kemampuan untuk merancang dan memodifikasi desain dalam format 2D maupun 3D. Perangkat lunak ini juga mendukung perakitan komponen, melakukan simulasi dan analisis, membuat video dari komponen yang telah dirakit, serta mengubah desain part menjadi gambar teknik (Ardin et al., 2022).

III. METODE

Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan terstruktur sebagai berikut:

A. Pengumpulan Data

Pada penelitian ini, secara keseluruhan terdapat 2 jenis data yaitu data primer dan data sekunder. Penulis melakukan pengambilan data melalui proses wawancara & observasi secara langsung ke pedagang kaki lima yang masih memakai kompor anglo tradisional, selain itu penulis juga melakukan wawancara terhadap asisten Laboratorium Gambar Teknik dan PDE serta wawancara kepada orang awam. Dari data yang sudah dikumpulkan, didapatkan sejumlah variabel keputusan yang nantinya digunakan untuk merumuskan penyelesaian masalah.

B. Pengolahan Data

Setelah mendapatkan voice of customer dari proses wawancara, data tersebut diterjemahkan menjadi Need Statement. Kemudian Need Statement tersebut diterjemahkan untuk mempermudah teknis perancangan Kompor Biobriket. Untuk menyelesaikan konflik dan mengembangkan konsep produk, digunakan metode TRIZ (Theory of Inventive Problem Solving). Output dari tahapan ini adalah beberapa alternatif konsep produk yang telah disesuaikan agar tidak memiliki konflik teknis dan tetap memenuhi kebutuhan pengguna.

C. Perancangan

Setelah mendapatkan data mengenai kebutuhan kompor yang diinginkan oleh calon konsumen, tahap berikutnya adalah penelitian mengenai rancang bangun dari Kompor Biobriket. Pada tahap ini proses perancangan dilakukan menggunakan Software Autodesk Inventor selain melakukan proses desain, pada tahap ini juga dilakukan pemilihan material.

D. Pengujian

Selanjutnya, kompor yang sudah dibuat berdasarkan desain 3D dilakukan proses pengujian. Pada proses pengujian ini akan dilihat apakah kompor tersebut dapat berfungsi dengan baik. Selain itu dilihat juga apakah kompor tersebut aman ketika digunakan, dilakukan juga uji efisiensi termal dengan Water Boiling Test.

E. Analisa dan Evaluasi

Pada tahap ini dijelaskan dengan detail mengenai output dari perancangan kompor tersebut, sehingga bisa dilihat capaian dari perancangan ini sesuai atau tidak.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil wawancara yang dilakukan terhadap narasumber, diperoleh 3 need statement yang akan digunakan untuk membuat desain kompor biobriket berbahan bakar tempurung kelapa. Berikut ini merupakan 4 need statement yang berhasil didapatkan:

TABEL 1
(NEED STATEMENT)

No	Need Statement
1.	Kompor mudah digunakan
2.	Daya tahan tinggi
3.	Bentuk sederhana

Setelah menetapkan kriteria yang dibutuhkan untuk mengembangkan kompor biobriket, tahap selanjutnya yaitu mengidentifikasi masalah berdasarkan 39 parameter teknis.

TABEL 2
(IDENTIFIKASI 39 PARAMETER)

No	Keterangan	Parameter	Kode
1.	Cara agar kompor mudah digunakan	Convenience of use	33
2.	Cara agar daya tahan tinggi	Durability of nonmoving object	16
3.	Cara agar bentuk kompor bisa lebih sederhana	Shape	12

Setelah memperoleh permasalahan dari proses identifikasi masalah menggunakan tabel 39 parameter teknis, selanjutnya yaitu menentukan matriks kontradiksi untuk setiap permasalahan.

TABEL 3
(MATRIKS KONTRADIKSI)

No	Keterangan	improving	worsening
1.	Cara agar kompor mudah digunakan	33	36
2.	Cara agar daya tahan tinggi	16	2
3.	Cara agar bentuk kompor bisa lebih sederhana	12	32

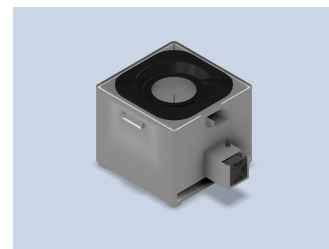
Inventive principle adalah strategi pemecahan masalah yang inovatif dalam metode triz. Setelah mendapatkan inventive principle terpilih, dilakukan penerapan prinsip prinsip tersebut ke dalam pengembangan atau perbaikan rancangan kompor biobriket. Berikut ini merupakan tabel inventive principle dan penerapannya.

TABEL 4
(PENERAPAN INVENTIVE PRINCIPLE)

No	Inventive Principle	Penerapan
1.	12 equipotentiality	Penambahan atau pengembangan part supaya dari yang sebelumnya mengipas secara manual, diubah menjadi hanya mengatur kecepatan blower saja. Dari yang sebelumnya harus mengangkat kompor untuk membuang arang, diubah menjadi mengangkat ruang bakarnya saja.
2.	27 short lived object for expensive	Material yang berat dan tebal hanya digunakan pada bagian

No	Inventive Principle	Penerapan
		tertentu kompor, misalnya ruang bakar dan body samping.
3.	28 (Mechanics substitution)	Membuat dimensi kompor yang lebih minimalis, mengurangi komponen yang tidak perlu, mengubah blower menjadi lebih ramping

Setelah mendapatkan solusi terbaik untuk masing – masing permasalahan, selanjutnya dilakukan perancangan fisik pada produk. Perancangan kompor biobriket dilakukan dengan menerapkan prinsip inventif yang sudah ditentukan sebelumnya dengan metode TRIZ. Gambar akhir rancangan yang dibuat menggunakan Autodesk Inventor nantinya akan diuji dengan stress analysis, air flow simulation, dan heat test simulation. Berikut ini merupakan hasil akhir rancangan dari kompor biobriket.



GAMBAR 1
(HASIL RANCANGAN)

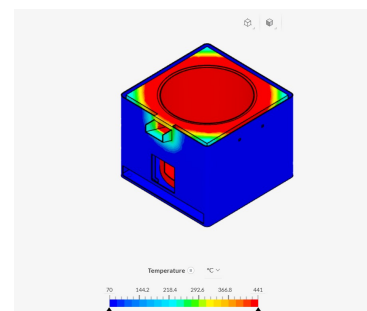
Hasil simulasi yang diperoleh dari uji Stress Analysis berupa tegangan maksimum dan minimum meliputi Von Mises, Displacement, Safety Factor. Berikut ini merupakan tabel hasil simulasi

TABEL 5
(HASIL SIMULASI)

Name	min	max
Volume	2555900 mm^3	
Mass	9,35 kg	
Von Mises Stress	0 MPa	19,17 MPa
Safety Factor	0 mm	0.0459127 mm
Displacement	10,7 ul	15 ul

Dari pengujian tersebut, kompor biobriket aman secara struktural. Tidak ada deformasi yang berarti ketika diberi beban hingga 49,05 N.

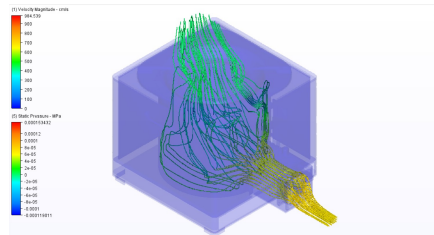
Heat transfer simulation adalah proses simulasi numerik untuk memodelkan perpindahan panas pada objek, baik secara konduksi maupun radiasi (Kamiran, n.d.).



GAMBAR 2
(HEAT TRANSFER SIMULATION)

Pada pengujian tersebut, bagian yang berwarna merah mencapai suhu 441 derajat celcius. Bagian luar yang berwarna biru berada pada suhu 70 hingga 100 celcius. Berdasarkan hasil pengujian tersebut, suhu pada bagian luar masih aman karena titik leleh material mild steel 1425 celcius hingga 1500 celcius tergantung kandungan karbon dan unsur paduan lainnya.

Computational Fluid Dynamics (CFD) merupakan pemodelan komputer yang digunakan untuk menganalisis pergerakan fluida dengan bantuan perangkat lunak khusus (Fakhrulrozi & Mulyadi, 2021). Pengujian kali ini menggunakan software Autodesk CFD, berikut ini merupakan hasil pengujian Air Flow Simulation pada kompor biobriket:



GAMBAR 3
(COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS TEST)

Metode yang digunakan untuk menguji kompor biobriket adalah Water Boiling Test (WBT). WBT adalah metode pengujian untuk menganalisa efisiensi termal, pengujian ini mencakup pencatatan jumlah bahan bakar dan volume air yang terpakai selama pembakaran berlangsung (Fajar Aryansyah et al., n.d.).



GAMBAR 4
(PENGUJIAN KOMPOR)

TABEL 6
(HASIL UJI KOMPOR)

No	Pengujian	Hasil
1.	Sensible Heat	130,9 kkal
2.	Kalor Laten	208,77 kkal
3.	Kalor Total	339,67 kkal
4.	Heat Energi Input	1652 kkal
5.	Efisiensi Termal	20,56%
6.	Laju Konsumsi Bahan Bakar	1,656 kg/jam

Berdasarkan hasil pengujian WBT, kompor mampu merebus 1,7 liter air dalam waktu 8 menit 33 detik dengan 1.5kg biobriket. Efisiensi termal yang dihasilkan sebesar 20,56%, yang menunjukkan bahwa energi panas dari bahan bakar dapat dimanfaatkan secara efektif untuk memanaskan air.

Laju konsumsi bahan bakar adalah banyaknya bahan bakar yang dipakai dalam waktu tertentu. Besaran ini menjadi indikator seberapa efisien sebuah alat atau mesin dalam memanfaatkan bahan bakar. Dari perhitungan yang sudah dilakukan, didapatkan laju aliran panas sebesar 24.38 W.

Berikut ini merupakan analisis kelebihan dan kekurangan dari rancangan yang telah dibuat.

TABEL 7
(KELEBIHAN DAN KEKURANGAN)

No	Kelebihan	Kekurangan
1.	Memiliki desain yang ringkas dan sederhana sehingga mudah ditempatkan dimana saja	Pengujian masih terbatas pada simulasi dan pengujian awal. Belum ada validasi jangka panjang atau kondisi penggunaan ekstrem
2.	Dapat memudahkan konsumen saat proses memasak dibandingkan saat menggunakan anglo tradisional	Masih memerlukan energi listrik sebagai sumber energi utama menggerakkan blower
3.	Bisa langsung menambahkan bahan bakar saat proses memasak dilakukan	Pengatur blower hanya sebatas untuk menyalakan, mematikan dan membesarkan, mengecilkan angin
4.	Bisa untuk berbagai bahan bakar biomas, tidak hanya briket saja	

V. KESIMPULAN

Penelitian ini bertujuan merancang kompor berbahan bakar biobriket dengan metode TRIZ untuk mengidentifikasi dan menyelesaikan kontradiksi dalam perancangan. Kompor yang dirancang dibuat sesuai kebutuhan pengguna dan memenuhi need statement yang telah ditetapkan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa desain mampu menahan beban dengan tegangan maksimum jauh di bawah yield strength, distribusi panas terpusat pada ruang bakar, sirkulasi udara baik dari blower ke ruang bakar hingga keluar bagian atas kompor, serta efisiensi termal 20,56% dengan waktu perebusan 1,7 liter air selama 8 menit 33 detik. Berdasarkan pengujian baik melalui software maupun langsung, kompor biobriket hasil rancangan dinyatakan layak, aman digunakan, dan telah memenuhi semua kebutuhan konsumen sesuai need statement.

REFERENSI

[1] M. Bin Ardin, A. S. Buchori, and Moch. A. Ridwan, "Perancangan Alat Peraga Universal Trainer Kit Dengan Menggunakan Software Autodesk Inventor 2019," *G-Tech: Jurnal Teknologi Terapan*, vol. 6, no. 2, pp. 403–412, 2022. doi: [10.33379/gtech.v6i2.1756](https://doi.org/10.33379/gtech.v6i2.1756).

[2] K. Barry, E. Domb, and M. S. Slocum, "TRIZ—What Is TRIZ?," *The TRIZ Journal*, 2006. [Online]. Available: <http://www.triz-journal.com/404.asp?action=print&404;http://www.triz...>

- [3] W. Deglas and F. Fransiska, "Analisis perbandingan bahan dan jumlah perekat terhadap briket tempurung kelapa dan ampas tebu," *Teknologi Pangan: Media Informasi dan Komunikasi Ilmiah Teknologi Pertanian*, vol. 11, no. 1, pp. 72–78, 2020. doi: [10.35891/tp.v11i1.1899](https://doi.org/10.35891/tp.v11i1.1899).
- [4] M. F. Aryansyah, H. Santoso, and M. F. Nurdin, "Analisis Efisiensi Termal Pada Kompor Biomassa Dengan Menggunakan Water Boiling Test (WBT)," *Jurnal Teknik Mesin*, n.d.
- [5] A. J. Fakhruhrozi and M. Mulyadi, "Airflow Pattern Simulation in Open Type Wind Tunnel with Test Section 40 cm × 40 cm × 80 cm," *Indonesian Journal of Innovation Studies*, vol. 13, 2021. doi: [10.21070/ijins.v13i.533](https://doi.org/10.21070/ijins.v13i.533).
- [6] *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*, 6th ed., n.d.
- [7] Iriany, R. Hasibuan, D. Novita, and N. M. Ummah, "Pengaruh Komposisi Bahan Baku dan Ukuran Partikel Terhadap Kualitas Biobriket dari Cangkang Buah Karet dan Ranting Kayu," *Jurnal Teknik Kimia USU*, vol. 12, no. 1, pp. 1–8, 2023. doi: [10.32734/jtk.v12i1.9818](https://doi.org/10.32734/jtk.v12i1.9818).
- [8] N. Iskandar, S. Nugroho, and M. F. Feliyana, "Uji Kualitas Produk Briket Arang Tempurung Kelapa Berdasarkan Standar Mutu SNI," *Jurnal Ilmiah Momentum*, vol. 15, no. 2, 2019. doi: [10.36499/jim.v15i2.3073](https://doi.org/10.36499/jim.v15i2.3073).
- [9] P. Munawar Yulianto, A. Kurniawan, and P. Jenis Briket, "Jenis Briket dan Jumlah Lubang Udara pada Kompor Briket terhadap Efisiensi Waktu Pendidihan Air," *Jurnal Mesin Material Manufaktur dan Energi*, vol. 4, no. 2, pp. 207–212, Oct. 2024. [Online]. Available: <https://ejournal.itn.ac.id/index.php/jmmme/>
- [10] S. Kamiran, *Simulation of Heat Transfer in the Mid Layer of the Plates Using Finite Element Method*, Final Project-SM 141501, n.d.
- [11] I. Labuda, "Possibilities of Applying TRIZ Methodology Elements (the 40 Inventive Principles) in the Process of Architectural Design," *Procedia Engineering*, vol. 131, pp. 476–499, 2015. doi: [10.1016/j.proeng.2015.12.443](https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.12.443).
- [12] Ll. Manisi, A. Kadir, and others, "Pengaruh Variasi Komposisi Terhadap Karakteristik Briket Campuran Sekam Padi Dan Kulit Jambu Mete," *ENTHALPY*, vol. 4, no. 2, 2019. [Online]. Available: <http://ojs.uho.ac.id/index.php/ENTHALPY>
- [13] S. A. Mehetre, N. L. Panwar, D. Sharma, and H. Kumar, "Improved biomass cookstoves for sustainable development: A review," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 73, pp. 672–687, 2017. doi: [10.1016/J.RSER.2017.01.150](https://doi.org/10.1016/J.RSER.2017.01.150).
- [14] V. V. Mehtre and Y. Singh, "Random Methods in Research Methodology: How to Choose a Sampling Technique for Research," *International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering*, vol. 11, no. 1, 2022. doi: [10.17148/IJARCCCE.2022.11150](https://doi.org/10.17148/IJARCCCE.2022.11150).
- [15] K. Rantanen and E. Domb, *Simplified TRIZ*, Boca Raton, FL, USA: CRC Press, 2002. doi: [10.1201/9781420000320](https://doi.org/10.1201/9781420000320).
- [16] R. C. Muhamadin *et al.*, "Pengenalan Software Autodesk Inventor Untuk Meningkatkan Kompetensi Pelajar SMK di Kabupaten Gresik," *Jurnal Pengabdian pada Masyarakat Indonesia*, vol. 2, no. 3, 2023. doi: [10.55606/jppmi.v2i3.765](https://doi.org/10.55606/jppmi.v2i3.765).
- [17] SASTRO, "Rancang Ulang Mesin 3 in 1 (Jagung, Kopi dan Kelapa) Menggunakan Theory of Inventive Problem Solving," 2020.
- [18] M. S. Shaari *et al.*, "Analyzing the environmental impact of fuel switching: Evidence from ARDL analysis for policy considerations," *Sustainable Futures*, vol. 8, 2024. doi: [10.1016/j.sfr.2024.100317](https://doi.org/10.1016/j.sfr.2024.100317).
- [19] M. Nurhuda, "Kompor Biomassa UB: Menuju Kemandirian Energi bagi Rakyat Miskin," *Prakarsa*, vol. 9, no. 4, 2011.