PERANCANGAN ALAT EKSTRAKSI ASAP PEMBAKARAN SAMPAH PLASTIK MENJADI BBM UNTUK WILAYAH PEDESAAN

Putra Fajar Dwi Aprilian[1], Trya Jayadiansyah[2*]
[1,2]Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri,
Institut Teknologi Nasional Bandung
[1]Putraaprilian56@gmail.com, [2*]tryajayadiansyah3@gmail.com

Abstract

Plastic is one of the most widely used materials in everyday life, due to its light, strong, and cheap nature. However, these properties also cause plastic to become one of the largest contributors of waste that is difficult to decompose naturally in the environment. Every year, millions of tons of plastic waste are produced and pose a serious threat to the ecosystem, especially if not managed properly. Burning plastic waste is often considered a quick solution to reduce waste volume, but this method produces smoke containing hazardous substances, such as dioxins and furans, which can pollute the air and endanger human health. On the other hand, plastic has a high hydrocarbon content, which can actually be used to produce fuel oil (BBM) through a certain process. By using the right technology, smoke from burning plastic can be extracted to obtain hydrocarbon compounds that can be condensed into liquid fuel. This innovation not only helps reduce the negative impacts of burning plastic, but also provides a potential alternative energy solution. This report explains in detail the design process of a tool designed to extract smoke from burning plastic waste into fuel,

Keywords: *Utilization of Plastic Waste, Extraction of Smoke into Fuel, Design of Plastic Waste Extraction Equipment, Pyrolisis, Condensation.*

Article History
Received: January 2026
Reviewed: January 2026
Published: January 2026

Plagiarism Checker No: 235
Prefix DOI :
10.8734/Kohesi.v1i2.365
Copyright : Author
Publish by : Kohesi

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License

Abstrak

Plastik merupakan salah satu bahan yang paling banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari, karena sifatnya yang ringan, kuat, dan murah. Namun, sifat ini juga menyebabkan plastik menjadi salah satu penyumbang terbesar limbah yang sulit terurai secara alami di lingkungan. Setiap tahun, jutaan ton sampah plastik dihasilkan dan menjadi ancaman serius bagi ekosistem, terutama jika tidak dikelola dengan baik. Pembakaran sampah plastik sering dianggap sebagai solusi cepat untuk mengurangi volume limbah, tetapi metode ini menghasilkan asap yang mengandung zat-zat berbahaya, seperti dioksin dan furan, yang dapat mencemari udara dan membahayakan kesehatan manusia. Di sisi lain, plastik memiliki kandungan hidrokarbon yang tinggi, yang sebenarnya dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan bahan bakar minyak (BBM) melalui proses tertentu. Dengan menggunakan teknologi yang tepat, asap dari pembakaran plastik dapat diekstraksi untuk mendapatkan senyawa hidrokarbon yang dapat dikondensasi menjadi BBM cair. Inovasi ini tidak hanya membantu mengurangi dampak negatif dari pembakaran plastik, tetapi juga memberikan solusi energi alternatif yang potensial. Artikel ini menjelaskan secara rinci proses perancangan alat yang dirancang untuk mengekstraksi asap pembakaran sampah plastik menjadi BBM,

Kata kunci: Pemanfaatan Limbah Plastik, Ekstraksi Asap Menjadi BBM, Perancangan Alat Ekstraksi Sampah Plastik, Pirolisis, Kondensasi

1. PENDAHULUAN

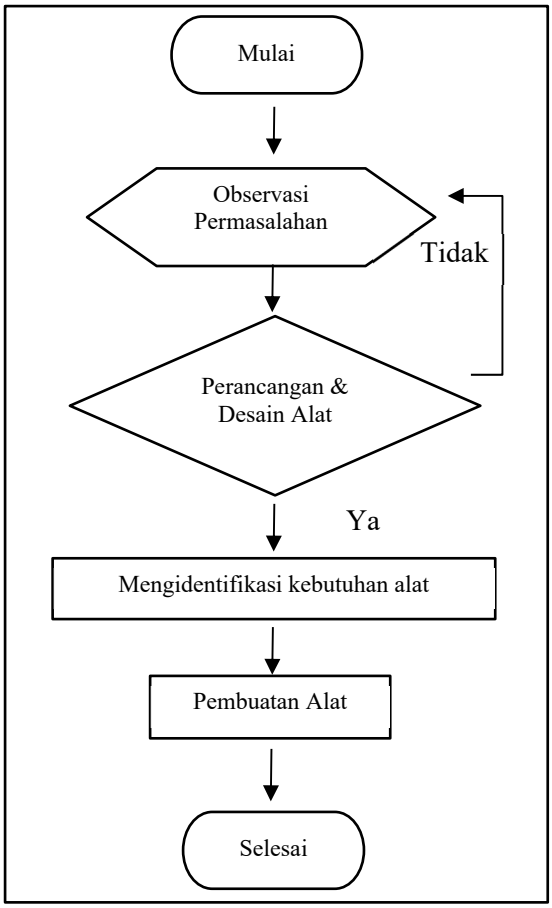
Limbah plastik telah menjadi masalah global yang sangat serius dengan dampak yang memengaruhi berbagai aspek kehidupan, baik lingkungan, sosial, maupun ekonomi. Plastik, yang populer karena sifatnya yang fleksibel, kuat, tahan lama, dan biaya produksinya yang rendah, kini menjadi material utama dalam berbagai sektor, seperti industri kemasan, peralatan rumah tangga, hingga teknologi modern. Namun, tingginya penggunaan plastik menghasilkan akumulasi limbah dalam jumlah besar yang terus meningkat setiap tahun. Limbah plastik memerlukan waktu puluhan hingga ratusan tahun untuk terurai secara alami, sehingga menyebabkan penumpukan di tempat pembuangan akhir serta mencemari lingkungan, baik di daratan maupun di perairan.

Di laut, plastik yang terurai menjadi mikroplastik sering kali masuk ke dalam tubuh makhluk hidup laut, termasuk yang menjadi konsumsi manusia, sehingga menimbulkan potensi risiko kesehatan. Selain itu, pembakaran plastik sebagai cara instan untuk mengurangi jumlah limbah juga menciptakan masalah lain. Proses ini menghasilkan polutan berbahaya seperti dioksin dan furan, yang tidak hanya mencemari udara tetapi juga mengancam kesehatan manusia dengan meningkatkan risiko penyakit seperti gangguan pernapasan dan kanker. Rendahnya tingkat daur ulang plastik di berbagai negara semakin memperburuk situasi, sehingga diperlukan pendekatan terpadu dari masyarakat, pemerintah, dan sektor swasta untuk menangani masalah ini secara efektif. Tujuan dari perancangan alat pengekstraksi asap pembakaran sampah plastik menjadi bahan bakar minyak (BBM) adalah untuk memberikan solusi inovatif dalam pengelolaan limbah plastik yang berkelanjutan. Alat ini dirancang untuk mengurangi dampak negatif dari pembakaran plastik, seperti polusi udara dan emisi senyawa

beracun, dengan memanfaatkan asap pembakaran sebagai bahan baku untuk menghasilkan produk yang bernilai ekonomis. Dengan mengubah asap menjadi BBM, alat ini tidak hanya membantu menekan volume limbah plastik tetapi juga mendukung efisiensi energi melalui pemanfaatan limbah menjadi sumber daya alternatif. Selain itu, alat ini diharapkan mampu menjadi teknologi yang ramah lingkungan dan terjangkau, sehingga dapat diadopsi secara luas, baik oleh masyarakat umum maupun sektor industri. Dengan demikian, perancangan alat ini berkontribusi pada upaya global dalam mengurangi pencemaran lingkungan sekaligus mendukung prinsip ekonomi sirkular.

2. METODE PENELITIAN

Metode yang dilakukan adalah observasi lapangan dan permasalahan rill yang terjadi di lapangan serta menciptakan solusi yang berkelanjutan dan juga solutif serta efisien, metode penelitian dapat dijelaskan pada *flowchart* dibawah ini:



Gambar 1. Diagram Alir Metode Perancangan Alat Ekstraksi Asap Pembakaran Sampah Plastik Menjadi BBM

2.1 Observasi Permasalahan

Observasi dilakukan di Desa Teratas, Kabupaten Tanggamus, Provinsi Lampung. Hasil observasi menunjukkan kebiasaan masyarakat membuang sampah ke irigasi, sungai, dan pesisir pantai secara berkelanjutan, yang menyebabkan pencemaran lingkungan. Sampah yang dibuang didominasi limbah anorganik seperti plastik dan styrofoam yang sulit terurai, sehingga menimbulkan pencemaran air dan penumpukan sampah di wilayah pesisir. Kondisi pencemaran tersebut ditunjukkan pada Gambar 2



(1) (2) (3)

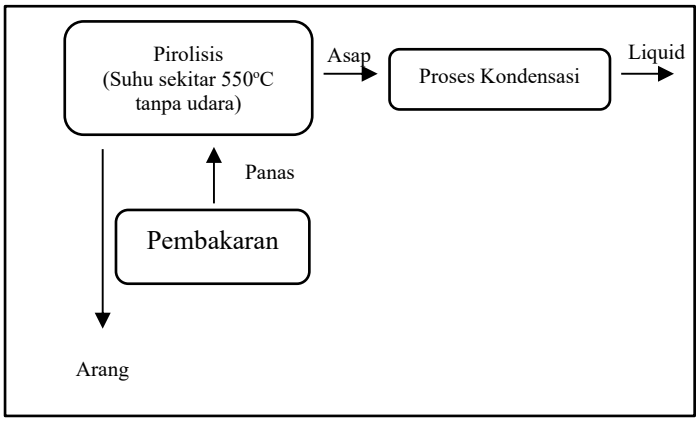
Gambar 2 Pencemaran lingkungan akibat sampah di
(1) Samping Sungai, (2) Pesisir Pantai. (3) Saluran Irigasi

2.2 Perancangan Dan Desain Alat

Alat ini secara konsep dasar menggunakan tungku pembakaran pirolis namun di sesuaikan dengan keadaan di desa teratas. Perancangan alat ini memiliki beberapa konsep dasar yang pastinya mengutamakan fungsinya dan juga mengedepankan efisiensi dengan bahan bakar plastik dan dengan alat yang terbuat dari barang bekas, konsep dasar dapat dijelaskan sebagai berikut :

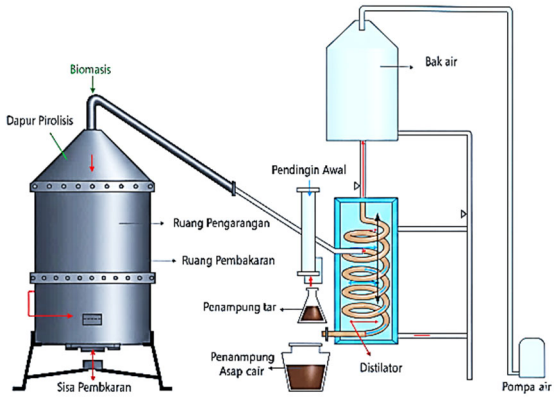
a. Proses Pirolisis
   Pirolisis mengubah sampah plastik menjadi BBM melalui pemanasan 300–700°C dengan minim oksigen, menghasilkan fraksi gas, cair, dan residu padat. Fraksi cair dimanfaatkan sebagai bahan bakar.
b. Sistem Pemanas
   Pemanas berbasis biomassa digunakan untuk mencapai suhu pirolisis dengan pengendalian suhu otomatis guna menjaga kestabilan proses.
c. Sistem Kondensasi
   Gas pirolisis didinginkan menggunakan kondensor berbahan logam berkonduktivitas tinggi untuk menghasilkan minyak mentah.
d. Pengelolaan Emisi
   Gas tak terkondensasi dialirkan ke sistem filtrasi untuk menekan emisi dan meningkatkan keselamatan lingkungan.
e. Pemilihan Material
   Reaktor menggunakan drum aluminium, kondensor dari tembaga atau aluminium, serta tangki penampung tahan korosi.
f. Desain dan Ukuran
   Desain alat disesuaikan dengan kapasitas pengolahan dan dioptimalkan untuk efisiensi energi.
g. Proses pemurnian
   Minyak pirolisis dimurnikan melalui distilasi dan penambahan aditif untuk meningkatkan kualitas bahan bakar.
h. Efisiensi Energi
   Efisiensi ditingkatkan melalui insulasi termal dan pemanfaatan ulang gas non-kondensasi sebagai bahan bakar.

Konsep dasar alat ini bisa dijelaskan dalam skema dibawah ini:



Gambar 3 Skema Dasar Perancangan Alat Ekstraksi

Alat pengekstraksi ini terdiri dari beberapa komponen yang diperlukan, yaitu pirolisis (Tungku Pembakaran), Blower asap, kondensor, reservoir, pompa air dan penampung BBM. Ilustrasi alat dapat kami visualkan dalam bentuk diagram seperti Gambar 4 dibawah ini



Gambar 4 Diagram Alat ekstraksi

Pada ilustrasi alat alat diagram diatas bisa dijelaskan dalam poin poin dibawah ini :

a. Pembakaran Plastik: Sampah plastik dibakar pada suhu tinggi, menghasilkan gas dan asap.
b. Penyejukan Asap: Asap yang terbentuk didinginkan dalam sistem kondensasi untuk mengubahnya menjadi cairan.
c. Kondensasi: Gas yang dihasilkan dari pembakaran akan diproses dalam sistem kondensasi untuk mengubahnya menjadi minyak cair (BBM).
d. Penyaringan dan Pemurnian: Minyak yang dihasilkan disaring dan dimurnikan untuk menghilangkan kontaminan dan menghasilkan BBM yang siap digunakan.

Pada alat ini memiliki part utama yang menjadikannya yang paling krusial dalam pemrosesan nya, Setiap komponen tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut :

a) Tungku Pembakaran
Tungku pembakaran menggunakan biomassa kayu sebagai sumber panas dan terdiri dari ruang udara-abu, ruang pembakaran, dan ruang reaktor plastik.

b) Blower asap
Blower sentrifugal mengalirkan asap pirolisis ke kondensor dengan filter jaring untuk menahan residu padat.

c) Kondensor
Kondensor mengubah uap pirolisis menjadi cairan menggunakan pipa tembaga spiral dengan pendinginan air.
d) Tangki penampungan BBM
Tangki menampung minyak hasil pirolisis untuk penggunaan lanjutan.
e) Reservoir
Reservoir menyimpan air pendingin untuk kondensor.
f) Pompa air
Pompa menyediakan aliran air bertekanan untuk pendinginan kondensor.

2.3 Mengidentifikasi Kebutuhan Alat

Mengingat keterbatasan sumber daya di Pedesaan, pemilihan material alat didasarkan pada prinsip keberlanjutan dan ketersediaan lokal. Komponen utama memanfaatkan bahan bekas seperti drum oli, pipa, dan besi, serta bahan bakar biomassa berupa kayu bakar atau limbah pertanian. Pendekatan ini menyesuaikan kondisi wilayah yang jauh dari pusat kota dan memaksimalkan pemanfaatan material yang tersedia.

Tabel 1 Kebutuhan Bahan Untuk Membuat Alat

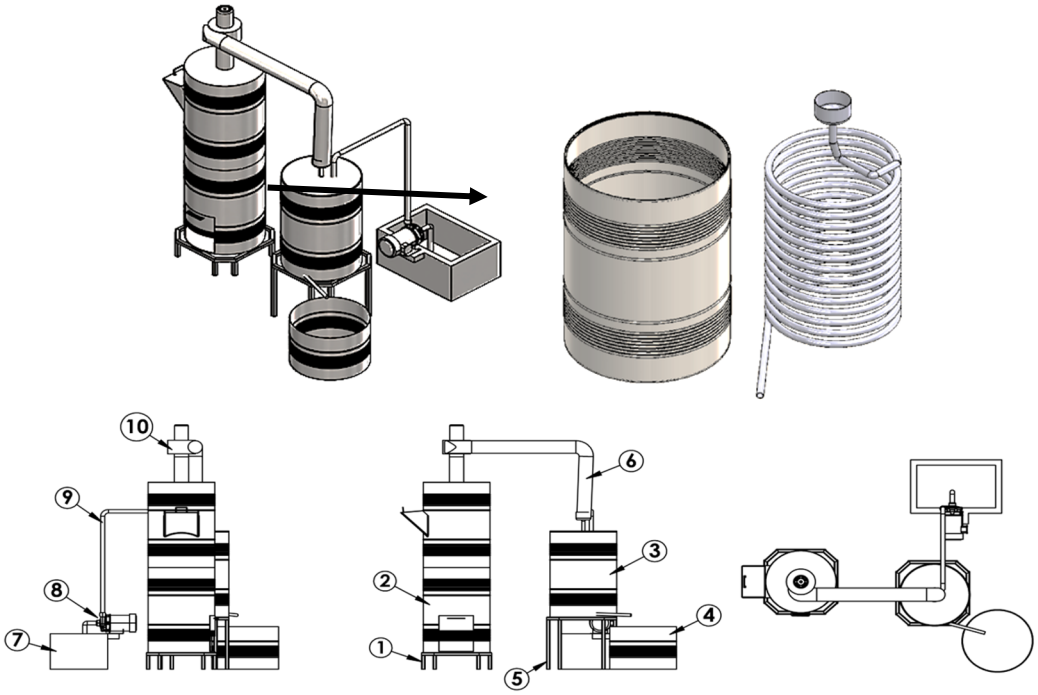
No	Nama Komponen	Bahan	Qty
1	Tungku Pirolisis	Drum Bekas Oli 200 L Plat galvanis Besi hollow uk 20x20x1,5 mm 6 Meter	2 Unit 1 Lbr 2 batang
2	*Centrifugal smoke fan*	*Centrifugal smoke fan*	1 Unit
3	Kondensor	Besi Hollow uk 20x20x1,5 mm 6 meter Pipa tembaga uk 3/16	2 batang 5 Meter
4	Reservoir	Batu bata Pasir Semen	500 pcs 1 qubik 1 sak
5	Penampungan BBM	Drum Bekas Oli 200 L	1 unit
6	Pompa Air	Pompa Air	1 Unit
7	Pipa untuk asap	Pipa besi uk 4”’	1.5 m
8	Pipa Untuk air	Pipa Pvc uk ¼ “	1 Batang
9	Kran besi ½”	Kran Besi ½ “	1 Pcs

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada saat ditahap perencanaan proses perancangan alat dilakukan desain alat yang menggunakan *software* SolidWorks agar pada saat perancangan alat kita mengetahui pekerjaan apa yang harus dilakukan. Selain itu dilakukan juga simulasi pada software solidworks ini, dilakukan 2 jenis simulasi yaitu simulasi static pada rangka dengan tujuan agar kita data mengetahui kekuatan rangka pirolisis Ketika di beri beban di atasnya dan dilakukan juga analisis aliran fluida pada pipa di dalam kondensor bertujuan agar kita bisa mengetahui efisiensi ekstraksi uap panas menjadi uap cair.

3.1 Desain Alat Pengektraksi Asap Pembakaran Sampah Plastik Menjadi BBM

Perancangan alat pengekstraksi asap pembakaran sampah plastik menjadi BBM dilakukan menggunakan perangkat lunak CAD SolidWorks sebagai media pemodelan tiga dimensi. Desain disesuaikan dengan ketersediaan material lokal dan kemampuan fabrikasi bengkel desa, sehingga menjamin kemudahan perawatan dan penerapan di lapangan. Simulasi digunakan untuk mengoptimalkan kekuatan struktur dan bobot alat agar tetap kokoh serta mudah dipindahkan. Desain alat ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 5 Hasil Perancangan Alat

Bagian-bagian dari alat tersebut dapat disebutkan pada tabel di bawah ini beserta material pada bagian tersebut

Tabel 2 Nama Part Dan Jenis Materialnya

No	Nama Part	Material
1	Kaki Pirolosis	AISI 1035 Steel (SS)
2	Drum Pirolisis	Stainless Steel
3	Tabung Kondensor, pipa Ekspansi Asap	Stainless Steel, Copper
4	Penampung Hasil Ekstraksi	Stainless Steel
5	Kaki Kondensor	AISI 1035 Steel (SS)
6	Pipa Penghubung	Galvanized Steel
7	Bak Reservoir	Batu Bata
8	Pompa Air	Steel
9	Pipa Air	Low Carbon Steel
10	Blower Asap Sentrifugal	Carbon Steel

Pada saat mendesain alat ada beberapa faktor yang perlu diperhatikan agar hasilnya didapatkan sesuai dengan yang diinginkan mulai dari proses pemilihan plastik hingga proses ekstraksinya. Faktor-faktor tersebut dapat dijelaskan secara mendetail pada poin poin berikut ini :

a. Suhu Pembakaran
   Suhu 500–700°C meningkatkan efisiensi pirolisis, sedangkan suhu terlalu rendah atau tinggi menurunkan hasil BBM dan meningkatkan emisi.
b. Jenis Plastik
   Plastik PE dan PP menghasilkan minyak lebih tinggi, sementara PVC cenderung menghasilkan gas dan residu padat.
c. Ukuran Plastik
   Plastik berukuran kecil meningkatkan kecepatan dan keseragaman pirolisis.
d. Kecepatan Pemanasan
   Laju pemanasan memengaruhi distribusi produk, di mana pemanasan terlalu cepat meningkatkan fraksi gas.
e. Tekanan Reaktor
   Tekanan reaktor memengaruhi produk pirolisis; tekanan tinggi meningkatkan fraksi cair.
f. Durasi Proses
   Durasi optimal diperlukan agar plastik terurai sempurna tanpa menurunkan kualitas BBM.
g. Penggunaan Katalis
   Katalis dapat meningkatkan efisiensi dan kualitas BBM dengan mengatur distribusi produk.
h. Kandungan Air
   Kadar air tinggi menurunkan efisiensi pirolisis dan hasil BBM.
i. Pemurnian Produk
   Pemurnian diperlukan untuk meningkatkan kualitas dan kelayakan BBM hasil pirolisis.

Dari perancangan alat ini ada beberapa jenis plastik yang dapat kita lakukan proses ekstraksi menjadi BBM melalui proses cracking thermal dengan di panaskan minim oksigen yang dilakuakn di tungku pirolisis hingga menjadi produk lebih kecil termasuk gas, minyak, residu padat. Berikut adalah jenis plastic yang dapat dirubah menjadi BBM dan jenis minyak yang dihasilkan setiap jenis plastik pada saat proses esktraksi.

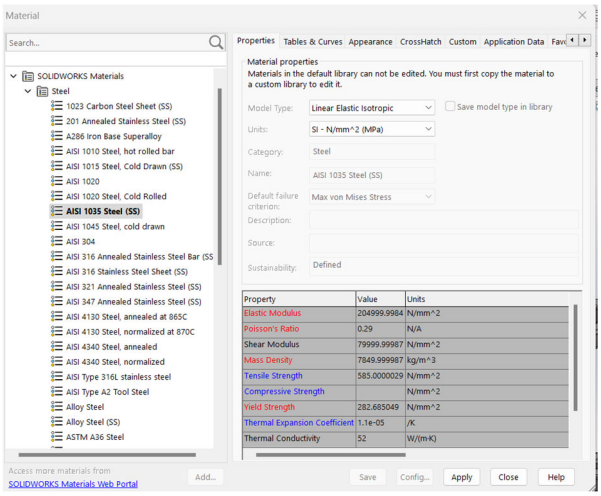
a. *Polyethylene* (PE)
   Digunakan pada kemasan dan kantong plastik; sangat potensial untuk pirolisis karena menghasilkan BBM berkualitas tinggi seperti bensin, diesel, dan minyak tanah.
b. *Polyprophylene* (PP)
   Umum pada kemasan makanan dan tali rafia; efektif dikonversi menjadi BBM dengan kualitas bensin dan diesel yang baik.
c. *Polystyrene* (PS)
   Digunakan pada styrofoam; dapat dipirolisis menjadi BBM, namun kualitasnya lebih rendah dibandingkan PE dan PP.
d. *Polyethylene Terephthalate* (PET)
   Digunakan pada botol minuman; dapat dikonversi menjadi BBM tetapi kurang efisien dan menghasilkan residu lebih banyak.
e. *Polyvinyl Chloride* (PVC)
   Digunakan pada pipa dan kabel; tidak direkomendasikan karena kandungan klorin yang berpotensi menghasilkan gas beracun.

3.2 Analisis Hasil Perancangan Menggunakan Solidworks

Sebelum digunakan di lapangan, hasil perancangan dianalisis menggunakan perangkat lunak untuk memastikan kinerja dan keamanan alat. Analisis ini bertujuan menentukan batas operasional dan penyusunan SOP. Jenis analisis yang dilakukan meliputi uji kekuatan statik, uji termal, dan analisis perpindahan panas menggunakan SolidWorks, sebagaimana ditunjukkan pada hasil berikut.

a. Analisis Statik

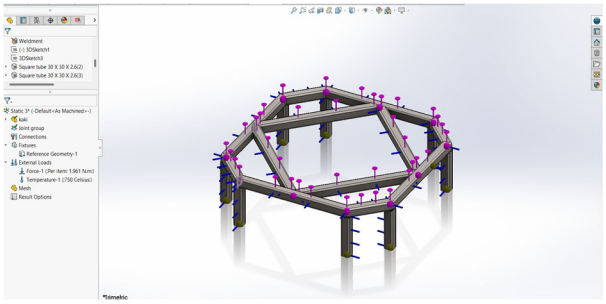
Analisis statik pada SolidWorks digunakan untuk menentukan kekuatan struktur terhadap beban terpusat dan terdistribusi. Pada penelitian ini, analisis dilakukan pada kaki reaktor pirolisis untuk mengetahui beban maksimum yang dapat ditopang, yang berkaitan dengan kapasitas plastik dan biomassa. Kaki reaktor dirancang menggunakan besi hollow berbahan baja karbon sedang dengan properti material AISI 1035 Steel, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6 Input Material pada software solidwork

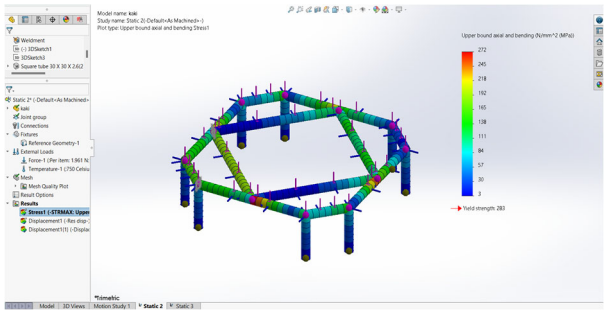
Setelah input material dilakukan, Langkah selanjutnya adalah menginputkan fixtures atau kondisi batas dimana benda itu bertumpu, Pada Gambar 7 *Input Fixtures & External Loads* terlihat fixture berada di bagian bawah kaki yang berwarna hijau. Pada Gambar 7 *Input Fixtures & External Loads* juga merupakan Langkah untuk menginputkan *external load* dimana *external load* ini merupakan suatu kondisi yang sama dengan kondisi aslinya ketika nanti alat akan di oprasikan. Yang di inputkan adalah *Force* atau gaya yang membebankan kaki pirolisis yang beratnya berasal dari drum, biomass dan sampah plastik. Untuk *force* disini di inputkan sebesar 1.961 N atau 200 Kg yang terdiri dari 20 Kg bobot Drum, 10 Kg bobot biomass, dan 170 Kg dari sampah plastik, *Force* pada Gambar 4.2. *Input Fixtures & External Loads* ditunjukan oleh panah berwarna ungu

Lalu selain *force*, *external loads* yang di inputkan adalah temperatur. Temperatur dimasukan karena pada saat beroprasi alat akan mendapatkan beban juga akan terpengaruh oleh panas dari pembakaran di pirolisis. Sesuai pada pembahasan sebelumnya suhu maksimum pembakaran pada pirolisis bisa mencapai 750^{o}C sehingga pada analisis ini di masukan semua nilai maksimum yang akan dilakukan guna mengetahui kegagalannya ketika dilakukan pengoprasian alat dalam kondisi maksimum sehingga kita dapat mengetahui Batasan alat dan mengetahui faktor keamanan dari alat. Temperatur pada Gambar 7 *Input Fixtures & External Loads* ditunjukan oleh panah berwarna biru.



Gambar 7 *Input Fixtures & External Loads*

Setelah semua data di inputkan maka hasil analisis dapat dilihat di Gambar 8 Hasil Analisis statik kaki pirolisis didapat semua hasil analisis dibawah yield strength dimana yield strengh untuk AISI 1035 Steel (SS) adalah 283 Mpa dan beban daerah yang merah di atas merupakan titik terawan terjadi kegagalan masih di bawah yield yaitu 272 Mpa.

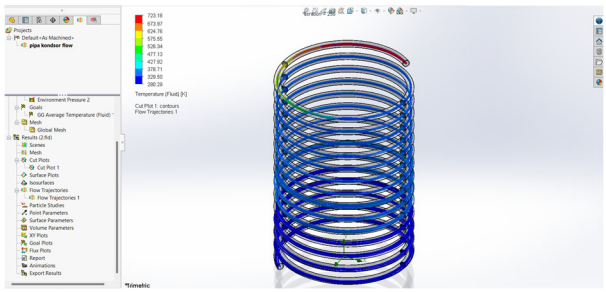


Gambar 8 Hasil Analisis statik kaki pirolisis

Dari hasil analisis yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa kaki pirolisis dapat menahan bobot hingga 200 Kg dengan kapasitas 170 Kg sampah plastik dan 10 Kg Biomass untuk bahan bakar. Hal ini bisa dijadikan sebagai Batasan agar kaki pirolisis tidak terjadi kegagalan seperti patah atau hal lain yang menyebabkan kecelakaan pada saat alat beroprasi.

b. Analisis Aliran Fluida

Analisis dilakukan pada pipa spiral kondensor yang berfungsi mengubah asap pirolisis menjadi cairan bahan bakar. Asap dialirkan melalui pipa tembaga yang memiliki konduktivitas termal tinggi, sehingga panas diserap dan dilepaskan melalui dinding pipa. Pendinginan dipercepat dengan penyemprotan air pada permukaan luar pipa. Hasil analisis aliran asap menggunakan SolidWorks ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9 Analisis Aliran Asap

Pada Gambar 9 Analisis Aliran Asap di lakukan analisis dengan memasukan fluida steam yang memiliki temperatur 450^{o}C atau 723.15K laludi inputkan juga pipa spiral tersebut menggunakan pipa bermaterial tembaga agar bisa melepaskan kalor dengan cepat. Lalu di inputkan juga wall condition sebesar 26^{o}C yang berperan sebagai air yang di semprotkan ke dinding luar pipa untuk membentu mempercepat pendinginan. Dan hasil yang di peroleh ketika simulasi di running aliran fluida yang keluar menjadi dingin dan berdasarkan pembahasan di atas bahwa asap panas dari pembakaran dapat terekstraksi menjadi cair ketika mencapai suhu dibawah 50^{o}C. Dapat dilihat pada hasil analisis suhu minimumnya yaitu 280,29K atau 7,14^{o}C yang artinya asap sudah bisa terkondensasi dan bisa terdinginkan dengan baik, suhu tersebut merupakan suhu yang aman karena titik beku dari bbm itu sendiri berada di -10^{o}C atau lebih rendah dari itu. Jika di rasa suhu ini terlalu dingin maka dapat dilakukan dengan memotong pipa spiral agar tidak terlalu Panjang atau bisa juga mengatur daya semprotan air yang ada di luar pipa spiral.

4. Kesimpulan

Hasil perancangan alat ekstraksi asap pembakaran limbah plastik menjadi bahan bakar minyak menunjukkan bahwa inovasi ini memiliki potensi besar untuk mendukung pengelolaan limbah plastik secara efisien dan ramah lingkungan. Sistem ini dirancang menggunakan prinsip pirolisis terkontrol, yang mampu mengubah limbah plastik menjadi bahan bakar cair dengan kualitas yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif. Selain itu, integrasi sistem ekstraksi asap memungkinkan pengurangan emisi gas berbahaya, menjadikannya lebih aman bagi lingkungan dan kesehatan masyarakat.

Alat ini dirancang dengan mempertimbangkan keterjangkauan biaya dapat memiliki solusi inovatif untuk mengelola limbah plastik sekaligus menyediakan bahan bakar. Desain alat ini tidak hanya ekonomis tetapi juga ramah lingkungan, dilengkapi dengan teknologi pengontrol suhu presisi, sistem kondensasi yang efisien, serta mekanisme filtrasi asap yang andal.

Dengan demikian, alat ini berpotensi menjadi alternatif yang praktis dan berkelanjutan untuk mengatasi permasalahan limbah plastik serta mendukung pengurangan ketergantungan pada bahan bakar fosil. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk menyempurnakan desain, meningkatkan efisiensi produksi, dan memastikan keberlanjutan penggunaan alat ini di masyarakat luas.

DAFTAR RUJUKAN

[1] Teknikmesin.IPB, (2021) Praktikum Pyrolisis Biomassa MK Energi dan Listrik Pertanian,[Vidio].Diakses 10 desember 2025 dari Youtube:*https://youtu.be/wQ3NCj2sbVw?si=l645Sb1etyAbCUG9*

[2] Nor Hayati Saad, (2010), : Properties of Galvanized Steel, [Video] di akses 11 Desember 2025 dari :*https://www.researchgate.net/figure/Properties-of-Galvanies-Steel-11_tbl1_2719774*

[3] Harsokoesoemo D. 2004. Pengantar Perancangan Teknik (Produk) Edisi Kedua Bandung : Institut Teknologi Bandung .

[4] Solidworks Tim, (2021) Diambil dari *Dassault Systemes Solidworks Corporation : https://www.solidwork .com/*

[5] CV Actindo. (2015). *Pembuatan asap cair dari bahan organik* dari https://cvactindo.blogspot.com/2015/09/pembuatan-asap-cair-dari-bahan-organik.html. Diakses pada 25 Desember 2025.

[6] Kristianto, M. A. (2019). Penerapan teknologi tepat guna dalam pengolahan sampah di tingkat desa. *Jurnal Pemberdayaan Masyarakat*, 4(1), 12–20.

[7] Shalih, O., & Setyawan, A. (2021). Analisis kekuatan struktur rangka alat pirolisis menggunakan software SolidWorks. *Jurnal Teknik Terapan*, 15(1), 30–38.
[8] Hidayat, S., & Mulyono, H. (2020). Strategi pengelolaan sampah berbasis masyarakat di wilayah terpencil. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, 10(3), 325–334.
[9] Wahyudi, E., & Sanjaya, A. S. (2018). Analisis kualitas bahan bakar minyak hasil pirolisis berbagai jenis sampah plastik. *Jurnal Rekayasa Proses*, 12(1), 20–27.
[10] Purwaningrum, P. (2016). Upaya mengurangi timbulan sampah plastik di lingkungan. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 8(2), 141–147