

RANCANG BANGUN MESIN PIROLISIS PENGHASIL BAHAN BAKAR DARI SAMPAH PLASTIK

Brian Martheus Hia, Junaidi

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Harapan Medan

brianmansilver78@gmail.com; teknik.mesin.unhar@gmail.com

Abstrak

Pirolisis adalah pemanasan dengan sedikit oksigen atau tanpa oksigen dan regan lainnya. Pada proses pirolisis bahan baku dipanaskan tidak bersentuhan langsung dengan api, sehingga gas sisa tidak mengandung bahan berbahaya bagi lingkungan, serta residu yang dihasilkan sangat sedikit. Tujuan dari penelitian adalah Mengetahui proses pengolahan sampah plastik sebagai bahan bakar alternatif, mengetahui jenis bahan bakar apa yang terkandung pada plastik PET (Polypropylene Terephthalate) dan PP (Polypropylene). Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mengetahui hasil perolisis yang terjadi selama uji coba pada mesin atau motor bakar. Dengan memahami proses ini, diharapkan dapat ditemukan cara untuk meningkatkan efisiensi dan kinerja mesin pembakaran, serta mengurangi emisi yang dihasilkan. Penelitian ini juga akan membahas berbagai jenis sumber panas yang dapat digunakan dalam mesin pembakaran luar, serta bagaimana mesin ini dapat beroperasi dengan baik menggunakan sumber panas alternatif. Proses ini melibatkan siklus tertutup di mana fluida kerja didinginkan, dikompresi, dan digunakan kembali, atau siklus terbuka di mana fluida dibuang setelah digunakan.

Kata-Kata Kunci: *Pyrolysis, Combustion Engine, Steam, Oil*

I. Pendahuluan

Permintaan bahan bakar akan terus meningkat seiring berjalannya waktu, namun ketersediaannya semakin terbatas. Selain itu meningkatnya jumlah limbah plastik di lingkungan masyarakat menjadi masalah yang semakin mendesak. Salah satu solusi yang diusulkan untuk mengatasi tantangan ini adalah dengan mengubah limbah plastic menjadi bahan bakar melalui metode pirolisis plastik, sebuah pendekatan yang relative sederhana. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sebuah alat atau perangkat yang mampu mengubah sampah plastic menjadi bahan bakar minyak melalui proses pirolisis.

Pencapaian produksi rata-rata minyak dan gas bumi dalam dua tahun terakhir menunjukkan terjadinya penurunan akibat adanya penurunan performance reservoir secaraalami (natural decline) dan tidak ditemukannya cadangan besar yang dapat menggantikan cadangan yang terus diproduksi. Artinya, terdapat penurunan dari segi kuantitas minyak bumi dan dalam jangka waktu tertentu dapat habis (Al Hafid et al., 2025)

Polimer yang paling umum teridentifikasi adalah PE (35%), sementara sampel lainnya terdiri dari PET (22%), PP (22%), dan PS (17%); hanya satu sampel yang merupakan campuran PE/PP. DSC memudahkan identifikasi jenis polietilena (LDPE, HDPE, atau LLDPE) (Charitopoulou et al., 2025) Sampah plastik merupakan jenis sampah anorganik yang sangat sulit terurai dalam tanah. Karena sulit terurai oleh tanah, makabeberapa kita jumpai sampah plastik dibakar. Dampak lingkungan asap pembakaran sampah plastik yaitu terjadinya gangguan pernafasan, iritasi pada mata, hingga menyebabkan orang sakit kanker. Pasar tradisional di Desa Kunjang Kabupaten Kediri merupakan salah

satu pasar yang dalam pengelolaan sampah pasar jenis plastik (anorganik) dilakukan dengan cara dibakar secara langsung. Asap pembakaran cukup mengganggu area sekitar pemukiman sekitar pasar. Bahwa sekitar 10–20 juta ton sampah plastic masuk kelautan setiap tahunnya. Pirolisis digunakan untuk mengubah limbah polimer menjadi produk bernilai seperti minyak dan residu karbon.

II. Tinjauan Pustaka

2.1. Pirolisis

Pirolisis adalah proses pemanasan bahan organik dalam kondisi tanpa oksigen untuk mengubahnya menjadi produk gas, cair, dan padat. Dalam konteks sampah plastik, proses ini akan menghasilkan minyak pirolisis, gas, dan residu karbon. Tempat di mana sampah plastic akan dipanaskan yang biasanya terbuat dari bahan tahan panas seperti baja tahan karat. Reaktor harus dapat menahan suhu tinggi dan berfungsi tanpa oksigen. Sistem pemanas untuk mencapai suhu yang diperlukan (biasanya antara 200-400°C), bias menggunakan pemanas listrik, gas, atau bahan bakar lainnya. Sistem pendingin untuk mengubah gas pirolisis menjadi minyak biasanya melibatkan kondensor yang mendinginkan gas menjadicairan.

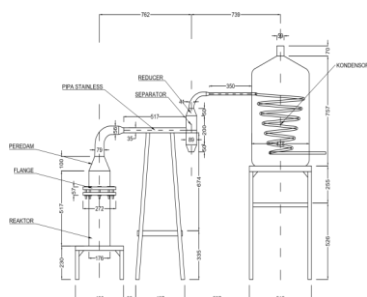
Rancang bangun mesin pirolisis untuk menghasilkan bahan bakar dari sampah plastik adalah proyek yang kompleks namun bermanfaat, terutama dalam konteks pengelolaan Langkah-langkah perancangan tabung pirolisis secara berurutan adalah menentukan parameter dan dimensi tabung, selanjutnya menghitung daya elemen pemanas dan waktu operasi, membuat pemodelan 3D dan membuat simulasi dan langkah terakhir adalah membuat tabung pirolisisnya. hasil perancangan tabung pirolisis diperoleh tinggi tabung

50 cm, diameter tabung 6 inch, diameter flange 6 inch, selimut tabung 75 cm dengan kapasitas 16 liter. Untuk tabung pirolisis yang dirancang dibuat mengikuti dimensi pada hasil perancangan, dengan menggunakan bahan pelat stainless A36.

2.1.1 Sejarah Mesin Pirolisis

Sejarah mesin pirolisis mencerminkan perkembangan teknologi dalam proses pemanasan bahan organik tanpa adanya oksigen untuk menghasilkan produk seperti gas, minyak, dan residu padat. Awal Penemuan dan Eksperimen (Abad ke-18 dan ke-19) konsep dasar pirolisis, yaitu pemanasan bahan tanpa oksigen, mulai dikembangkan. Antoine Lavoisier dan Michael Faraday adalah beberapa ilmuwan yang melakukan eksperimen awal yang mengarah pada pemahaman dasar tentang reaksi kimia dalam kondisi tanpa oksigen. Pada pertengahan abad ke-20, teknologi pirolisis semakin berkembang. Penelitian tentang pirolisis untuk limbah plastik dan biomassa menjadi fokus, terutama untuk menemukan cara mengubah limbah menjadi produk yang lebih berguna dan ramah lingkungan. awal abad ke-20 pada awal abad ke-20, proses pirolisis mulai diterapkan secara industri, terutama dalam produksi arang dan tar batubara.

Mesin pirolisis pertama kali digunakan untuk mengubah bahan organik menjadi tar dan gas, yang digunakan dalam industri kimia dan bahan bakar. revolusi hijau pada akhir abad ke-20 dan awal abad ke-21, dengan meningkatnya kesadaran lingkungan, mesin pirolisis mendapatkan perhatian lebih karena kemampuannya untuk mengolah limbah plastik dan biomassa menjadi energi dan bahan baku yang lebih bersih. Ini menjadi bagian dari upaya lebih luas dalam pengelolaan limbah dan pengembangan energi terbarukan. Sampah plastik yang semula berbentuk padat diubah menjadi cairan dan gas dengan cara dipanaskan. Pada prinsipnya, proses pemanasan dapat diklasifikasikan menjadi 3 jenis, yaitu pirolisis, gasifikasi, dan pembakaran. Mengatakan bahwa Pirolisis merupakan metode pemecahan struktur polimer kompleks menjadi lebih sederhana tanpa menggunakan O₂ beberapa perbedaan antara pirolisis, gasifikasi, dan pembakaran. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar. 1



Gambar 1. Skema Mesin Pirolisis

2.1.2 Jenis-jenis Proses Pirolisis

1. Pirolisis Cepat

istilah pirolisis cepat mengacu pada pemanasan biomassa secara bertahap dan cepat untuk rentang suhu 800–1300 °C. Laju pemanasan berkisar antara 10–200 °C untuk masa pakai yang pendek antara 1-10 detik. Pirolisis Cepat dilakukan untuk produk cair karena menghasilkan lebih banyak cairan.

2. Pirolisis Lambat

Ini adalah jenis pirolisis konvensional. Proses ini melibatkan waktu tinggal yang lama dan laju pemanasan yang lambat. Dalam pirolisis lambat, biomassa dipirolisis pada suhu sekitar 400–500 °C, dengan laju pemanasan 0,1–1 °C/detik. Perkiraan waktu untuk pirolisis lambat berkisar antara 5-30 menit.

3. Pirolisis Kilat

Proses ini disebut pirolisis sangat cepat. Waktu reaksinya beberapa detik. Proses ini melibatkan suhu yang sangat tinggi dan laju pemanasan yang sangat tinggi, yaitu >1000 °C/s. Proses ini menghasilkan hasil bio-oil yang sangat tinggi dengan kadar air yang sangat rendah. Efisiensi konversi bio-oil ini sekitar 70%.

4. Pirolisis Katalitik Biomassa

Pirolisis ini untuk membuktikan kualitas minyak yang dihasilkan. Minyak tersebut diperoleh dengan cara pirolisis katalitik biomassa tidak memerlukan teknik pra-pengolahan sampel yang mahal yang melibatkan kondensasi dan penguapan kembali.

2.1.3. Komponen Mesin Pirolisis

1. Tungku Api

Tungku api adalah tempat atau alat yang digunakan untuk menyalakan dan menahan api guna keperluan memasak, membakar, atau memanaskan sesuatu. Biasanya terbuat dari bahan tahan panas seperti tanah liat, batu bata, logam, atau semen. Fungsi utama tungku api memasak makanan memanaskan ruang melebur atau membakar material menjalankan reaksi kimia yang butuh suhu tinggi Bahan tungku api Tungku api dapat terbuat dari berbagai bahan, termasuk batu bata, batu, logam, atau tanah liat.

2. Blower

Blower adalah alat yang berfungsi untuk menggerakkan udara atau gas dengan menaikkan atau memperbesar tekanan, atau untuk mengisap atau memvakum udara atau gas. Blower digunakan dalam berbagai aplikasi seperti ventilasi, pengangkutan, pengeringan, dan pengolahan air limbah. Fungsi utama blower meliputi udara pembakaran. Misalnya pada tungku api atau boiler, blower memasok udara agar api dapat menyala lebih efisien. ventilasi mengalirkan udara di ruangan,

saluran ventilasi, atau cerobong asap. pendinginan digunakan untuk meniupkan udara dingin di peralatan elektronik atau ruang tertutup pembersihan dalam mesin atau proses industri untuk meniup debu atau partikel.

3 Pipa Stainless

Pipa adalah saluran tertutup sebagai sarana pengaliran atau transportasi fluida, sarana pengaliran atau transportasi energy dalam aliran. Pipa ditentukan berdasarkan nominalnya. Pipa merupakan salah satu peralatan pokok diluar rangkaian proses yang dipergunakan untuk mengalirkan suatu fluida, yaitu berupa fluida cair dan fluida gas. Fluida yang mengalir memiliki temperatur dan tekanan yang berbeda. Bentuk konstruksi pipa yang terdapat diperusahaan industri dipengaruhi oleh jenis fluida yang akan dialirkan melalui pipa tersebut dengan mempertimbangkan pengaruh lingkungan yang ada. Untuk menunjang kelancaran penyaluran fluida, memperkecil kehilangan fluida yang dialirkan, menghindarkan terhadap bahaya kebakaran dan untuk mempermudah pemeliharaan maka pipa dilengkapi dengan berbagai fasilitas penunjang dengan jumlah dan dimensi tertentu.

Pipa stainless adalah pipa yang terbuat dari baja tahan karat, yang mengandung kromium dan seringkali nikel. Ini memberikan ketahanan yang tinggi terhadap korosi, oksidasi, dan noda, membuatnya ideal untuk berbagai aplikasi industri dan konstruksi. Pipa stainless steel tersedia dalam beberapa grade yang berbeda, masing-masing dengan komposisi kimia dan sifat mekanisnya sendiri. Pipa stainless steel tersedia dalam berbagai diameter, baik diameter luar (OD) maupun diameter dalam (ID). Ketebalan dinding pipa juga mempengaruhi kekuatan dan daya tahannya. Ini biasanya dinyatakan dalam milimeter atau inci. Banyak pipa stainless steel mengikuti standar ASTM (American Society for Testing and Materials), seperti ASTM A312 (untuk pipa paduan stainless steel) atau ASTM A213 (untuk pipa dan tabung untuk penggunaan suhu tinggi). Ada juga standard internasional yang diadopsi, seperti ISO 1127 atau ISO 9001 untuk system manajemen mutu. Kekuatan tarik pipa stainless steel menunjukkan seberapa banyak beban yang bias ditanggungnya sebelum mengalami deformasi. Kekuatan hasil menunjukkan batas beban di mana pipa mulai mengalami deformasi permanen. Pipa stainless steel memiliki ketahanan terhadap berbagai jenis korosi, termasuk korosi atmosferik, korosi pitting, dan korosi kontak. Pipa stainless steel dapat memiliki berbagai jenis finishing, seperti mirror finish, brushed finish, atau matte finish, tergantung pada aplikasi dan kebutuhan estetika.

4. Kondensor

Kondensor merupakan sebuah alat penukar panas (heat exchanger) yang berfungsi mengkondensasikan fluida kerja. Kondensasi terjadi jika suhu dari bahan dibawah suhu satu rasidari gas,

kemudian pada gas terjadi perubahan fase menjadi cair. terdapat dua jenis kondensasi yang terjadi pada proses kondensasi di dalam kondensor, yaitu kondensasi lapisan (film) dan kondensasi titik (droplet). Pada kondensasi lapisan, proses terjadinya dimulai dengan timbulnya lapisan film yang menyelubungi dinding-dinding sebelah dalam pipa dan semakin lama akan menjadi lapisan tebal serta akhirnya mengalu akibat pengaruh gravitasi. Pada kondensasi titik, proses kondensasi terjadi dengan dimulainya titik-titik yang akhirnya berubah dan berkembang menjadi tetesan tetesan cairan dan jatuh dari permukaan akibat dari gravitasi.

5. Pipa Spiral

Pipa Spiral merupakan bagian terpenting pada alat pirolisis ini, karena pada kondensor terjadi perubahan fasa dari gas menjadi cair, pipa kondensor adalah pipa yang digunakan sebagai tempat terjadinya proses pengembunan berlangsung didalam kondensor. Jenis pipa yang digunakan pada alat pirolisis ini adalah jenis pipa spiral berdiameter ¼ inch. kelebihan pipa spiral lebih ekonomis untuk ukuran besar kuat terhadap tekanan dalam dan beban luar. proses produksi cepat dan cocok untuk pipa berdiameter besar.

6. Botol Plastik

Botol plastik adalah wadah yang biasanya berbentuk silinder sebagai kemasan minuman siap saji atau pun siap minum yang dilengkapi dengan penutup khusus. Penggunaan botol plastik dalam kehidupan sehari-hari sangat penting dalam menunjang kebutuhan cairan tubuh setiap harinya. Tak hanya itu saja, botol plastik memiliki bentuk yang relatif simpel, anti pecah serta mudah dibawa kemana saja. Bahan utama botol plastik PET (Polyethylene Terephthalate), HDPE (High-Density Polyethylene), PVC (Polyvinyl Chloride), PP (Polypropylene), LDPE (Low-Density Polyethylene).

7. Pengukur suhu

Pengukur suhu/Thermometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur suhu atau temperatur. Alat ini bekerja dengan memanfaatkan perubahan fisik suatu zat, seperti cairan (merkuri atau alkohol) yang mengembang atau menyusut, atau dengan menggunakan sensor elektronik. Termometer dapat memberikan pembacaan suhu dalam satuan derajat Celsius, Fahrenheit, atau Kelvin, dan digunakan dalam berbagai aplikasi, termasuk medis, industri, dan penelitian.

8. Peredam

Peredam/Reducer adalah komponen dalam sistem perpipaan yang digunakan untuk mengubah diameter pipa dari ukuran yang lebih besar ke ukuran yang lebih kecil. Fungsinya adalah untuk mengurangi aliran fluida, meningkatkan kecepatan aliran, atau menyesuaikan sistem perpipaan agar sesuai dengan peralatan lain. Reducer dapat ditemukan dalam berbagai bentuk, seperti reducer

konsetrik (sejajar) dan eksentrik (miring), tergantung pada aplikasi dan kebutuhan sistem.

9. Pengukur Tekanan

Pengukur tekanan/*Pressure gauge* adalah alat yang digunakan untuk mengukur tekanan gas atau cairan dalam sistem. Alat ini memberikan pembacaan tekanan dalam satuan seperti psi (pounds per square inch), bar, atau pascal. *Pressure gauge* biasanya digunakan dalam berbagai aplikasi industri, seperti sistem pemanas, pendingin, dan proses pembuatan, untuk memastikan bahwa tekanan berada dalam rentang yang aman dan optimal. Ada berbagai jenis *pressure gauge*, termasuk analog (dengan jarum) dan digital, masing-masing dengan prinsip kerja dan aplikasi yang berbeda. Satuan tekanan yang umum digunakan psi (pound per square inch) bar, Pa / kPa / MPa (Pascal) – sistem SI atm (atmosfer) – standar tekanan udara pada permukaan laut mmHg / cmH₂O – dalam aplikasi medis atau laboratorium.

10. Pompa Air

Pompa air adalah perangkat mekanis yang digunakan untuk memindahkan air dari satu tempat ke tempat lain. Pompa ini berfungsi untuk mengalirkan, mengangkat, atau memampatkan air agar dapat digunakan dalam berbagai aplikasi, seperti sistem irigasi untuk memastikan pasokan air yang cukup untuk pertanian, kebutuhan domestik untuk menyediakan air untuk keperluan rumah tangga, seperti mandi, mencuci, toilet, dan banyak lainnya. Fungsi utama pompa air menyuplai air bersih, menguras air, mensirkulasikan air. Hal penting saat memilih pompa kedalaman sumber air volume air yang dibutuhkan tekanan yang diinginkan. Jenis air (bersih, kotor, atau berlumpur) daya listrik yang tersedia.

11. Selang Kondensor

Selang adalah tabung fleksibel yang digunakan untuk mengalirkan atau memindahkan cairan, gas, atau bahan lainnya dari satu tempat ke tempat lain. Selang biasanya terbuat dari bahan yang tahan terhadap tekanan dan korosi, seperti karet, PVC, atau silikon. Selang akan digunakan untuk mengalirkan air dari tempat penampungan air menuju kondensor.

12. Sifon

Sifon adalah alat atau perangkat yang digunakan untuk memindahkan cairan dari satu tempat ke tempat lain dengan memanfaatkan perbedaan tekanan atmosfer dan gravitasi. Prinsip kerja sifon didasarkan pada hukum fisika, di mana cairan akan mengalir dari area yang lebih tinggi ke area yang lebih rendah melalui tabung atau pipa.

13. Tabung Reaktor

Dalam industri kimia, tabung reaktor adalah reaktor tubular, biasanya berbentuk silinder panjang yang digunakan dalam proses reaksi kimia

kontinu. Digunakan terutama dalam reaksi gas-gas atau reaksi fasa cair-gas. Ciri-ciri umum bentuk silinder panjang terbuat dari bahan tahan korosi dan suhu tinggi (misalnya stainless steel atau logam paduan). Aliran zat reaktan biasanya plug flow (mengalir satu arah tanpa pencampuran longitudinal) digunakan dalam reaksi eksoterm atau endoterm seperti reforming gas alam, oksidasi, dan hidrogenasi.

14. Flange Swg

Flange adalah untuk menyambungkan dua komponen antara pipa dan valve menjadi satu. Dapat dikatakan bahwa flange ini merupakan partisi yang dapat menyambungkan pipa dengan valve. Penyambungan pipa dan valve dengan menggunakan flange biasanya sering digunakan di dalam proyek konstruksi tertentu.

15. Tabung Kondensor

Tabung Kondensor merupakan sebuah alat penukar panas (heat exchanger) yang berfungsi mengkondensasikan fluida kerja. Kondensasi terjadi jika suhu dari bahan di bawah suhu satu ras dari gas, kemudian pada gas terjadi perubahan fase menjadi cair. Menurut (Holman, 2010), terdapat dua jenis kondensasi yang terjadi pada proses kondensasi di dalam kondensor, yaitu kondensasi lapisan (film) dan kondensasi titik (droplet). Pada kondensasi lapisan, proses terjadinya dimulai dengan timbulnya lapisan film yang menyelubungi dinding-dinding sebelah dalam pipa dan semakin lama akan menjadi lapisan tebal serta akhirnya mengalir akibat pengaruh gravitasi. Pada kondensasi titik, proses kondensasi terjadi dengan dimulainya titik-titik yang akhirnya berubah dan berkembang menjadi tetesan tetesan cairan dan jatuh dari permukaan akibat gravitasi.

16. Sambungan Pipa

Sambungan pipa adalah fitting pipa yang berfungsi untuk menghubungkan dua pipa dengan diameter berbeda. Komponen ini memiliki bentuk seperti corong dengan satu sisi berdiameter lebih besar dan sisi lainnya lebih kecil. Socket peredam umumnya terbuat dari berbagai material seperti PVC, besi, dan stainless steel, dan tersedia dalam berbagai ukuran untuk memenuhi kebutuhan sistem perpipaan yang bervariasi. Di dalam sistem perpipaan, terdapat berbagai komponen penting yang menunjang lancarnya aliran fluida. Salah satu komponen yang tidak boleh dilewatkan adalah soket peredam. Bagi Anda yang berkecimpung di dunia perpipaan, baik profesional maupun pemula, penting untuk memahami fungsi dan kegunaan soket peredam secara menyeluruh.

17. Pipa Siku

Elbow adalah salah satu jenis sambungan pipa yang berbentuk lengkung seperti

siku yang berfungsi untuk membelokkan aliran pipa. Dengan fungsinya ini tidak heran bila elbow adalah komponen terpenting dalam pemasangan pipa. Elbow adalah penghubung pipa dengan berbagai fungsi. Bila penasaran dengan elbow, berikut ini fungsi, jenis, dan material yang biasanya digunakan di berbagai industri.

18. Pipa T

Pipa Tee adalah penyambung pipa besi yang memiliki bentuk seperti huruf "T" yang berfungsi untuk membagi aliran fluida menjadi dua cabang yang berbeda. Ada dua jenis fitting tee, yakni equal tee dan peredam tee. Equal tee memiliki kedua cabang dengan ukuran yang sama dengan pipa utama. Fungsinya untuk membagi aliran fluida secara merata ke kedua cabang. Sedangkan, salah satu cabang peredam tee memiliki ukuran yang berbeda dengan pipa utama dan cabang lainnya. Fungsi peredam tee untuk menghubungkan pipa dengan ukuran yang berbeda atau mengurangi aliran fluida ke salah satu cabang.

19. Besi Siku

Besi siku adalah bahan konstruksi yang terdiri dari dua lengan yang membentuk sudut 90°. Bahan ini biasanya terbuat dari baja atau besi cor dan tersedia dalam berbagai ukuran serta ketebalan. Bentuk sudut 90° pada besi siku inilah yang membuatnya menjadi material dengan kekuatan yang sangat kokoh serta stabil dan kerap digunakan sebagai bahan konstruksi. Besi siku dapat dimanfaatkan sebagai pengganti kayu atau beton pada struktur bangunan karena memiliki daya tahan yang tinggi terhadap cuaca dan dikenal sebagai material yang awet. Bahkan, besi siku juga dirancang dengan bahan yang tak mudah berkarat sehingga jauh lebih mudah untuk dirawat.

2.1.3 Prinsip Kerja Mesin Pirolisis

Proses pirolisis sampah plastik merupakan proses dekomposisi senyawa organik yang terdapat dalam plastik melalui proses pemanasan dengan sedikit atau tanpa melibatkan oksigen. Pada proses pirolisis senyawa hidrokarbon rantai panjang yang terdapat pada plastik diharapkan dapat diubah menjadi senyawa hidrokarbon yang lebih pendek dan dapat dijadikan sebagai bahan bakar alternatif.

2.2 Metode Pembakaran

Pirolisis adalah alat atau mesin yang mampu menguraikan biomassa dari sampah plastik karena mampu menghasilkan suhu panas lebih dari 400°C. pirolisis adalah suatu peristiwa dekomposisi kimia bahan organik melalui proses pemanasan tanpa atau sedikit oksigen atau reagen lainnya. Untuk pembakaran sampah plastik pada alat pirolisis terbagi menjadi 2 yaitu pembakaran luar dan pembakaran dalam.

2.2.1 Pembakaran Luar

Mesin pembakaran luar atau dalam bahasa Inggris disebut external combustion engine (EC engine) adalah mesin panas yang mengandung fluida kerja secara internal, dipanaskan oleh pembakaran di sumber eksternal, melalui dinding mesin atau penukar panas. Fluida kerja kemudian, dengan memperluas dan beraksi pada mekanisme mesin, menghasilkan gerakan dan kerja yang dapat digunakan. Fluida kerja kemudian didinginkan, dikompresi dan digunakan kembali (siklus tertutup), atau dibuang (siklus terbuka). Untuk jenis mesin ini, pembakaran terutama digunakan sebagai sumber panas, dan mesin dapat bekerja sama baiknya dengan jenis sumber panas lainnya.

2.2.2 Pembakaran Dalam

Mesin pembakaran dalam (bahasa Inggris: *internal combustion engine*) adalah sebuah mesin yang sumber tenaganya berasal dari pengembangan gas-gas panas bertekanan tinggi hasil pembakaran campuran bahan bakar dan udara, yang berlangsung di dalam ruang tertutup dalam mesin, yang disebut ruang bakar.

1. Tanpa atau Sedikit Oksigen:

Berbeda dengan pembakaran biasa yang membutuhkan oksigen untuk menghasilkan api dan panas, pirolisis dilakukan dalam kondisi kekurangan oksigen

atau tanpa oksigen sama sekali hal ini mencegah pembakaran sempurna dan menghasilkan produk yang berbeda dengan pembakaran biasa.

2. Proses Pemanasan:

Bahan organik dipanaskan pada suhu tinggi (misalnya, 300-400°C untuk biomassa), yang menyebabkan molekul-molekul kompleks terurai menjadi molekul yang lebih sederhana Suhu yang tepat dan waktu pemanasan yang sesuai adalah faktor kunci dalam menentukan jenis dan jumlah produk yang dihasilkan.

III. Metodologi Penelitian

3.1 Studi Literatur

Studi literatur adalah mencari referensi teori dengan kasus atau permasalahan yang telah ditentukan. Referensi ini dapat dicari dari berbagai sumber seperti buku, jurnal, artikel laporan penelitian, serta situs-situs internet. Studi literatur ini digunakan sebagai data pendukung dalam proses penelitian ini

3.2 Tempat Penelitian

Rancang bangun Mesin Pirolisis akan dilaksanakan di laboratorium proses produksi Fakultas Teknik & Komputer Universitas Harapan medan, yang akan dilaksanakan dari bulan September 2024 –January 2025.

IV. Hasil Dan Pembahasan

4.1. Hasil Perancangan Mesin Pirolisis

Setelah melewati proses observasi untuk menentukan masalah dan kriteria perancangan, serta melakukan proses desain mesin, maka dapat dilanjutkan dengan tahap proses pembuatan alat. Proses pembuatan alat ini memakan waktu kurang lebih selama 10 bulan, yang dilaksanakan di laboratorium proses produksi Universitas Harapan Medan. Berikut merupakan gambar mesin pirolisis yang telah dibuat.



Gambar 2. Mesin Pirolisis

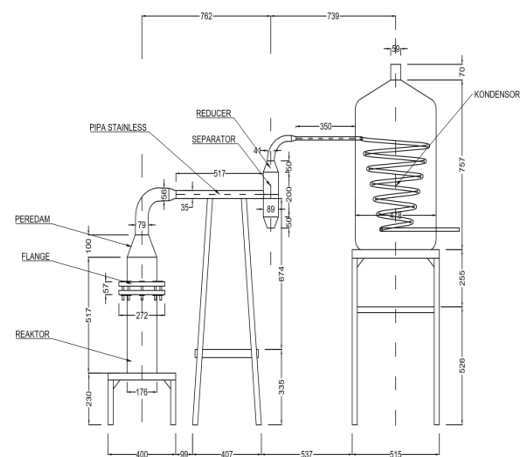
4.2. Uji Fungsi Alat

Uji fungsi alat merupakan suatu proses pengujian alat yang mencakup bagian – bagian pada alat apakah alat sudah berfungsi sesuai dengan fungsinya atau belum. Pada poses pengujian ini dilakukan sebanyak 5 kali percobaan.

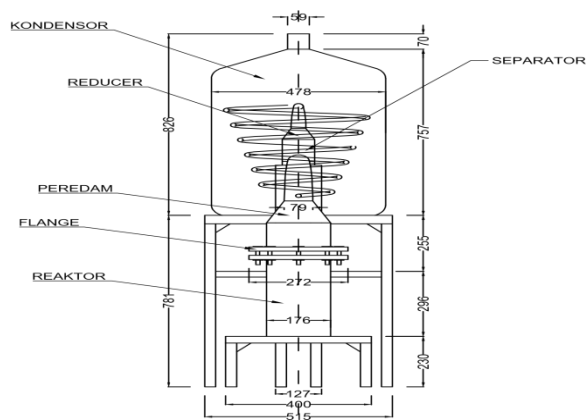
1. Alat diuji memasukkan plastik PP (*Polypropylene*) kedalam tabung reaktor dan semua komponen berfungsi dengan baik,
2. Sesudah tabung reaktor diisi dengan plastik lalu tabung reaktor di tutup di kunci dengan baut.
3. Sediakan Tungku api lalu masukkan kayu yang sudah di potong-potong masukkan sedikit oli bekas ke dalam tungku api.
4. Hidupkan api yang di dalam tungku api .
5. Isi air ke dalam tabung kondensor lalu hidupkan pompa air pastikan air yang di dalam kondensor tetap terisi.
6. Pastikan sistem pirolisis dirancang dengan baik, termasuk reaktor, kondensor, dan sistem pemanas.tetapkan variabel yang akan diuji, seperti suhu, waktu, jenis plastik, dan volume plastik yang digunakan.
7. Panaskan reaktor hingga mencapai suhu yang diinginkan (misalnya 250-400°C).
8. Biarkan proses pirolisis berlangsung pada suhu yang telah ditentukan. Perhatikan perubahan suhu dan waktu reaksi.
9. Uap hasil pirolisis didinginkan dalam kondensor untuk menghasilkan minyak pirolisis.

10. Catat suhu, waktu, volume minyak yang dihasilkan, dan jumlah residu tetap jaga bahan bakar di dalam tungku api.perhatikan uap yang ada di
11. Tunggu Hingga tabung reaktor mencapai suhu 400°C lalu asap yang di tabung reaktor melewati pipa spiral sehingga menghasilkan minyak.

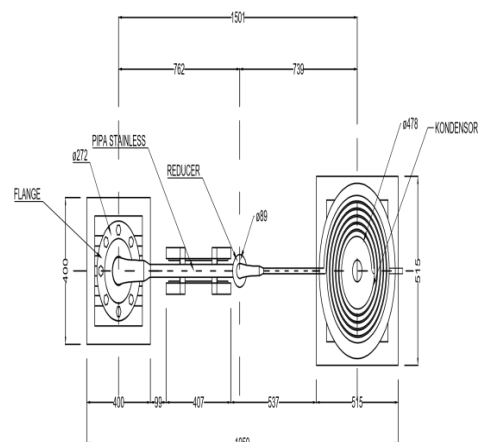
4.3 . Desain Gambar Mesin Pirolisis



Gambar 3. Gambar Desain Tampak Depan



Gambar 4..Gambar Desain TampakSamping



Gambar 5. Gambar Desain Tampak Atas



Gambar 6. Gambar Reaktor

4.4. Kapasitas Tabung Reaktor

Kapasitas tabung reaktor dapat diketahui dengan mencari terlebih dahulu volume tabung dan densitas dari bahan baku yang digunakan. Untuk mencari volume dapat menggunakan rumus di bawah ini :

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot t$$

Keterangan :

- V = volume tabung
- r = jari-jari = 0,083 m
- t = tinggi = 0,517 m

Maka dengan itu dapat langsung dimasukkan ke dalam persamaan berikut :

$$V = 3,14 \cdot (0,083)^2 \cdot 0,517$$

$$V = 0,00356 \text{ m}^3$$

Setelah volume diketahui dan nilai densitas dari plastik HDPE adalah 970 Kg/m^3 , masukkan ke dalam persamaan untuk mencari nilai kapasitas bahan baku yang dapat dimasukkan ke dalam tabung reaktor.

$$m = \rho \times V$$

$$\text{Jadi : } m = 970 \cdot 0,00356$$

$$m = 3,4532 \text{ kg}$$

Maka dengan itu dapat disimpulkan bahwa kapasitas tabung reaktor adalah 3,4532 Kg

V. Kesimpulan Dan Saran

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan data yang diperoleh dari pembahasan dan percobaan yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa :

1. Pengujian ini memberikan informasi penting tentang sifat mekanik material seperti kekuatan tarik, kekuatan luluh, keuletan, dan modulus elastisitas.
2. Bertujuan untuk mengubah limbah organik atau plastik menjadi produk yang lebih bernilai seperti bahan bakar cair atau produk kimia melalui proses termal tanpa oksigen.
3. Bahan limbah plastik yang menghasilkan BBM paling banyak adalah bahan limbah plastik HDPE murni.

5.2. Saran

Ada beberapa saran yang diberikan pada Mesin Pirolisis ini yaitu :

1. Untuk perancang sebaiknya pastikan reaktor terbuat dari material yang tahan panas dan tekanan tinggi.
2. Untuk peneliti selanjutnya perlu dilakukan pengujian dengan material lain sebagai perbandingan.

Daftar Pustaka

- [1] Al Hafidt, M. R., Budiman, D., & Adril, E. 2025, *Rancang Bangun Alat Pengolahan Sampah Plastik Menjadi Bahan Bakar Alternatif dengan Metode Pirolisis*. Jurnal PROTEMAN, 2(1), 16–22.
- [2] Charitopoulou, M. A., Koutroumpi, S., & Achilias, D. S., 2025, *Thermal Characterization and Recycling of Polymers from Plastic Packaging Waste*. Polymers, 17(13).
<https://doi.org/10.3390/polym17131786>
- [3] Ghodke, P. K., Sharma, A. K., Moorthy, K., Chen, W. H., Patel, A., & Matsakas, L., 2023, *Experimental Investigation on Pyrolysis of Domestic Plastic Wastes for Fuel Grade Hydrocarbons*. Processes, 11(1).
<https://doi.org/10.3390/pr11010071>
- [4] Javed, N., Muhammad, S., Iram, S., Ramay, M. W., Jaffri, S. B., Damak, M., Fekete, G., Varga, Z., Székács, A., & Aleksza, L., 2023, *Analysis of Fuel Alternative Products Obtained by the Pyrolysis of Diverse Types of Plastic Materials Isolated from a Dumpsite Origin in Pakistan*. Polymers, 15(1).
<https://doi.org/10.3390/polym15010024>
- [5] Rijono, D. R. V., Tangkuman, S., & Luntungan, H., 2023, *Rancang Bangun Tabung Pirolisis Pada Alat Pengubah Sampah Plastik Menjadi Bahan Bakar Minyak*. Jurnal Tekno Mesin, 9(1), 1–11.
<https://doi.org/10.35793/jtm.v9i1.48220>
- [6] S. H., Grogan, C. T., Yansaneh, O. Y., & Putranto, A., 2022, *Pyrolysis of High-Density Polyethylene Waste Plastic to Liquid Fuels—Modelling and Economic Analysis*. Processes, 10(8), 1–18.
<https://doi.org/10.3390/pr10081503>