

PERANCANGAN ALAT PIROLISIS LIMBAH PLASTIK MENJADI BAHAN BAKAR MINYAK

Alya Rachmadianty^{1*)}, Sopiyan¹, Ahmad Luby¹

¹Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta, Jakarta Timur 13220, Indonesia

^{*)}E-mail: alyarachmaakbar@gmail.com

Abstrak: Pengembangan dan penelitian sumber energi tambahan dan alternatif untuk bahan bakar minyak menjadi salah satu alternatif yang dapat dimanfaatkan dari banyaknya limbah plastik yang ada di lingkungan sekitar. Pengolahan limbah plastik dapat menjadi solusi untuk bahan bakar minyak. Untuk itu diperlukan alat untuk mengolah Limbah plastik menjadi bahan bakar minyak yaitu dengan menggunakan proses pirolisis. Penelitian lebih lanjut mengenai perancangan alat pirolisis sangat diperlukan. Penelitian ini menggunakan metode komputasi dengan pengujian pada Perangkat computer menggunakan software CAE yaitu Solidwork, inventor dan Ansys lalu pengujian juga menggunakan metode eksperimental dan analisis 3 dimensi komputasional untuk mendapatkan desain yang sesuai untuk menghasilkan kompresor pirolisis yang meliputi pengujian termal dan struktural. alat pirolisis limbah plastik menjadi bahan bakar minyak memiliki Temperature tertinggi berada di permukaan pembakaran sebesar 500.47 °C dan suhu stabil di angka 143.95°C. suhu di dalam reaktor pembakaran plastik berada pada suhu 489.23 °C. suhu air pendingin 24°C dapat nilai LMTD sebesar 83.6°C. bahan mentah sebesar 10 kg LDPE menghasilkan asap cair dari berat plastik yaitu seberat 7.04 kg dengan volume sebesar 6.56 liter dalam sekali proses. Kekuatan dimensi dan kekuatan alat digunakan pada perancangan alat pirolisis dengan Material meliputi stainless steel 304 dan 316 lalu monel dan tembaga dapat mengalami perubahan total heat flux maksimal sebesar 12.261 W/mm², dan memiliki nilai safety factor sebesar 15. dari Limbah plastik dapat diolah dan dimanfaatkan menjadi bahan bakar minyak. Salah satu jenis plastik yang dapat dimanfaatkan adalah limbah LDPE menggunakan proses pirolisis dengan menggunakan perhitungan yang sesuai pada penelitian.

Kata kunci: Limbah Plastik, Pirolisis, Simulasi

Design of a Tool for Pyrolyzing Plastic Waste into Fuel Oil

Abstract: *The scarcity of fuel oil energy has led to the development of research on additional and alternative energy sources for fuel. one of the alternatives that can be utilised from the large amount of plastic waste scattered in the environment becomes environmental pollution. Is the processing of plastic waste so that it can be processed into fuel oil solutions. Tools for processing plastic waste into fuel oil using the pyrolysis process. Further research is needed regarding the design of pyrolysis equipment. This research uses computational methods by testing on computer devices using CAE software, namely Solidwork, inventor and Ansys and then testing also uses experimental methods and computational 3-dimensional analysis to obtain a suitable design to produce pyrolysis compressors which include thermal and structural testing. The pyrolysis device of waste plastic into fuel oil has the highest temperature at the combustion surface of 500.47 °C and the temperature is stable at 143.95 °C. the temperature*

inside the plastic combustion reactor is at 489.23 °C. the cooling water temperature of 24 °C can LMTD value of 83.6 °C. raw material of 10 kg LDPE produces liquid smoke from the weight of plastic which is 7.04 kg with a volume of 6.56 litres in one process. Dimensional strength and tool strength are used in the design of pyrolysis equipment with materials including stainless steel 304 and 316 then monel and copper can experience a maximum total heat flux change of 12.261 W/mm² and has a safety factor value of 15. from Plastic waste can be processed and utilised into fuel oil. One type of plastic that can be utilised is LDPE waste using the pyrolysis process using appropriate calculations in the study.

Keywords: *plastic waste, pyrolysis, simulation*

PENDAHULUAN

Masyarakat saat ini masih sangat bergantung pada energi berbahan bakar minyak (BBM). BBM telah lama mendominasi sektor otomotif karena efisiensinya dalam menggerakkan kendaraan, namun menghasilkan emisi karbon yang berbahaya bagi lingkungan. Pada akhir tahun 2020, cadangan minyak dunia tercatat sekitar 1.732 miliar barel, yang mengalami penurunan sebesar 2 miliar barel dibandingkan tahun 2019 (*Proved Reserves of Crude Oil and Natural Gas in the United States, Year-End 2023*, n.d.). Rasio Reserves-to-Production (R/P) global menunjukkan bahwa cadangan minyak yang ada saat ini dapat bertahan lebih dari 50 tahun dengan tingkat produksi saat ini. OPEC menguasai sekitar 70,2% dari cadangan dunia, dengan negara penghasil terbesar adalah Venezuela (17,5%), diikuti oleh Arab Saudi (17,2%), dan Kanada (9,7%) (Energy Agency, 2021). Meskipun cadangan minyak dunia masih terbilang besar, ketergantungan global pada energi fosil menimbulkan masalah lingkungan, ekonomi, dan sosial yang mendesak.

Sebagai upaya untuk mengurangi ketergantungan ini, sangat penting untuk mencari sumber energi tambahan dan alternatif yang tidak hanya dapat dikembangkan lebih lanjut dalam ranah penelitian, tetapi juga siap untuk diimplementasikan dalam skala komersial. Penggunaan bahan bakar alternatif menjadi solusi yang realistis di masa depan yang tidak hanya mengurangi emisi karbon, tetapi juga mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil yang semakin menipis. Salah satu teknologi yang dapat memberikan kontribusi signifikan dalam hal ini adalah pirolisis biomassa, yang telah dipertimbangkan sejak tahun 1970-an sebagai solusi untuk mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil. Plastik yang berasal dari minyak bumi merupakan bahan yang sulit untuk didaur ulang karena komposisi kimianya yang kompleks. Meskipun demikian, limbah plastik memiliki potensi besar untuk dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif, dengan proses pirolisis yang memungkinkan konversi plastik menjadi bahan bakar terbarukan (Papari et al., 2021). Pirolisis bekerja dengan cara memanaskan plastik pada suhu tinggi tanpa kehadiran oksigen, sehingga ikatan kimia dalam plastik terpecah dan menghasilkan produk berupa minyak pirolisis, gas, dan karbon padat. Proses ini memungkinkan plastik yang sulit terurai secara alami untuk diubah menjadi bahan bakar yang memiliki nilai kalor yang setara dengan bahan bakar fosil (Irawan et al., 2019).

Plastik itu sendiri terdiri dari polimer, yang terbentuk melalui proses polimerisasi. Polimerisasi adalah proses penggabungan molekul-molekul sederhana (monomer) menjadi molekul besar (makromolekul) melalui reaksi kimia (Speight, 2019). Dalam proses pirolisis, plastik yang terbuat dari minyak bumi ini diubah menjadi minyak pirolisis melalui penyulingan destilasi. Nilai kalor yang dihasilkan oleh minyak pirolisis ini cukup sebanding dengan bahan bakar fosil, membuatnya menjadi salah satu alternatif yang potensial. Melihat hal ini, penting untuk merancang alat pirolisis limbah plastik yang efektif dan efisien dalam mengubah sampah plastik menjadi bahan bakar minyak. Desain alat ini bertujuan untuk menghasilkan produk bahan bakar yang dapat digunakan sebagai alternatif bahan bakar fosil, sekaligus mengurangi

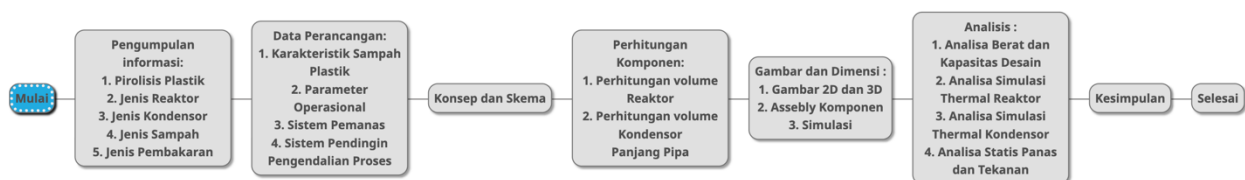
volume limbah plastik yang semakin meningkat. Salah satu komponen utama dalam desain alat pirolisis ini adalah elemen pemanas, yang digunakan untuk mencapai suhu yang diperlukan untuk proses pirolisis, sehingga plastik dapat terdegradasi dengan baik dan menghasilkan produk yang diinginkan (Kurniawan et al., 2020).

Di sisi lain, peningkatan jumlah limbah plastik di dunia juga menimbulkan tantangan serius dalam pengelolaannya. Diperkirakan lebih dari 300 juta ton plastik dihasilkan setiap tahun, dengan lebih dari 8 juta ton plastik dibuang ke laut (Sofi et al., 2020). Plastik bukan hanya merusak lingkungan fisik, tetapi juga berbahaya bagi ekosistem dan kesehatan manusia. Proses konversi limbah plastik menjadi bahan bakar melalui pirolisis memberikan solusi ganda; pertama, sebagai sarana pengurangan volume sampah plastik yang sulit terurai, dan kedua, sebagai alternatif bahan bakar yang ramah lingkungan yang dapat digunakan untuk berbagai kebutuhan industri dan transportasi (Silva et al., 2019). Oleh karena itu, pirolisis plastik tidak hanya membantu mengurangi dampak negatif plastik, tetapi juga dapat mengurangi ketergantungan pada energi fosil yang semakin terbatas.

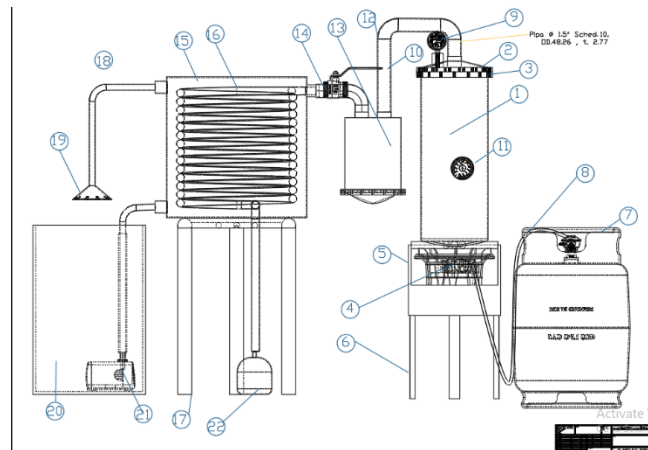
Teknologi pirolisis, meskipun telah banyak diteliti, masih menghadapi sejumlah tantangan dalam penerapannya, terutama dalam hal efisiensi energi dan pengendalian produk yang dihasilkan. Beberapa aspek yang perlu diperhatikan dalam pengembangan alat pirolisis antara lain efisiensi konversi energi, kualitas dan kemurnian produk bahan bakar, serta biaya operasional yang terjangkau (Nguyen & Khuong, 2022). Selain itu, desain alat yang tepat sangat diperlukan agar proses pirolisis dapat berjalan dengan stabil pada skala kecil hingga menengah tanpa mengorbankan aspek keselamatan dan keberlanjutan lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk merancang alat pirolisis yang lebih efisien, dengan menggunakan elemen pemanas sebagai sumber panas yang lebih dapat dikendalikan dan terjangkau, untuk menghasilkan minyak pirolisis dengan kualitas yang memadai dan dapat digunakan untuk berbagai aplikasi energi. Dengan demikian, alat pirolisis yang dirancang tidak hanya memberikan solusi terhadap masalah limbah plastik, tetapi juga menawarkan alternatif energi yang dapat diakses oleh berbagai kalangan, termasuk UMKM dan sektor industri.

METODE

Gambar 1 memperlihatkan diagram alir perancangan dan gabungan alat pengubah limbah plastik menjadi bahan bakar minyak (bbm) dan mengetahui kekuatan dari alat pirolisis hasil perancangan. Perancangan dan penelitian alat pengubah limbah plastik menjadi bahan bakar minyak (BBM) di mulai pada bulan Januari 2023 sampai dengan Desember 2023 dengan pengujian menggunakan *software computer* berupa *Solidwork Flow Simulation* dan *ansys thermal* dan *structural*. Gambar 2 menunjukkan skema perancangan alat pyrolisis untuk mengubah sampah plastic menjadi bahan bakar minyak.



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 2 Skema Alat Pirolisis

Keterangan gambar:

- | | | |
|---------------------|----------------------|----------------------|
| 1. Tabung Reaktor | 9. Pressure Gauge | 17. Rangka penyangga |
| 2. Tutup Reaktor | 10. Pipa Sambungan | 18. Pipa Air |
| 3. Mur | 11. Thermocouple | 19. Pancuran |
| 4. Kompor | 12. Pelindung pipa | 20. Bak Air |
| 5. Rangka penyangga | 13. Tar Separator | 21. Pompa |
| 6. Penutup kompor | 14. Ball Valve | 22. Penampung Hasil |
| 7. Gas Elpiji | 15. Tabung Kondensor | |
| 8. Selang Regulator | 16. Pipa Spiral | |

Berikut adalah tahapan langkah penelitian. Perancangan dilakukan dengan melalui beberapa tahap sebagai berikut :

1. Mempersiapkan alat dan bahan yang akan dipergunakan, dalam hal ini alat bersumber dari penulis sendiri dan bahan merupakan acuan desain dari internet dan perpustakaan Universitas Negeri Jakarta.
2. Melakukan perancangan konsep alat berdasarkan ketersediaan bahan dan sumber daya yang ada.
3. Membuat gambar komponen / part satu demi satu dengan *software* autocad dan Solidwork agar dapat mempermudah penyesuaian ukuran dan pemasangan.
4. Menggabungkan seluruh part/komponen alat pirolisis Limbah Plastik
5. Mensimulasikan kemampuan komponen alat pirolisis Limbah Plastik dengan Menu *Simulation* pada aplikasi Solidworks dan Ansys 17.2
6. Melakukan simulasi animasi cara kerja alat pirolisis Limbah Plastik dengan Solidwork Flow Simulation.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penentuan Parameter dan Dimensi Komponen Pirolisis

Reaktor

Pemilihan limbah plastik LDPE digunakan sebagai acuan dalam merancang reaktor pirolisis dengan mencari masa jenis plastik dapat diketahui volume plastik di dalam reaktor pirolisis dengan. massa jenis bervariasi antara 0.915 sampai 0.925 g/cm³. Plastik jenis ini banyak digunakan sebagai pembungkus makanan karena memiliki sifat yang lentur namun kuat. (Cahyono, Ika, and Styana 2018).

Untuk mengetahui berapa besar volume plastik seberat 10 kg yang sesuai dengan kapasitas reaktor pirolisis yang dirancang menggunakan persamaan berikut:

$$V = m / \rho$$

Keterangan:

ρ = Massa jenis plastik (kg/m^3).

m = Massa total plastik yang ada dalam reaktor (kg).

$$V = m / \rho$$

$$V = \frac{10.000 \text{ g}}{0.915 \text{ g/cm}^3}$$

$$V = 10.928,96 \text{ cm}^3 = 10.92 \text{ liter} = 1.092.896 \text{ mm}^3$$

Tabel 1 Temperatur Bahan

Jenis Bahan	Tm (°C)	Tg (°C)	Tmax Tm (°C)
PP	168	5	80
HDPE	124	110	82
LDPE	330	-115	260
PA	260	50	100
PET	250	70	100
ABS		110	85
PS		90	70
PMMA		100	85
PC		150	246
PVC		90	71

Sumber: Budiyanoro, 2010

Maka Tabung reaktor ditentukan:

Tinggi tabung : 600 mm

Diameter tabung : 240 mm

Tebal dinding plat : 3 mm

Tebal dasar alas : 6 mm

$$V = \pi \times 90^2 \times 600$$

$$V = 2,71434 \times 10^7 \text{ mm}^3 = 27.1 \text{ liter}$$

Selanjutnya, dihitung perubahan suhu (ΔT). Temperatur leleh (*melting point*) LDPE adalah 330°C . asumsi bahwa plastik awalnya berada pada suhu ruangan (sekitar 25°C), maka ΔT adalah:

$$\Delta T = 330^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C} = 305^\circ\text{C}$$

Untuk menghitung jumlah panas yang diperlukan dapat dilakukan dengan rumus berikut ini:

$$Q = m \times c \times \Delta T$$

$$Q = 10\text{kg} \times (2600\text{J/kg} \cdot \text{k}) \times 723.15^\circ\text{K}$$

$$Q = 1.88 \times 10^7 \text{ J}$$

Jadi, kebutuhan panas yang diperlukan untuk memanaskan plastik LDPE dalam reaktor adalah sekitar 1.880.000.000 joule atau sekitar 18.800 Kilojoule (Kj). Dengan nilai panas dari gas LPG (Liquid Protroleum Gas) yang cukup memadai yaitu 46.97 MJ/kg. maka hanya diperlukan 1 gas dalam 1 batch pemakaran pirolisis.

Tar separator

Tar separator berbentuk tabung dengan penutup kerucut di bawahnya untuk memudahkan pembersihan tar yang terbawa oleh gas hasil pembakaran. Dibatasi dapat dibuka dan ditutup untuk memisahkan tar. Untuk mengetahui diameter tar separator setelah ditentukan volume uap maka untuk mencari diameter tabung reaktor digunakan persamaan tabung (r):

$$r = \sqrt{\frac{V}{\pi \times h}}$$
$$r = \sqrt{\frac{3,8 \times 10^6 \text{ mm}^3}{\pi \times 255 \text{ mm}}}$$
$$r = 68.8 \text{ mm}$$

Menggunakan bahan yang sama dengan reaktor yaitu Stainless Steel 304 dengan Tebal Pelat 0.8mm, radius 68.8 mm, tinggi 255 mm. terletak diantara reaktor pirolisis dan kondensor.

Pipa sambungan

Secara spesifikasi pemilihan material pipa penyalur adalah dengan menggunakan bahan stainless steel 304 dengan panjang 1,5 meter dan diameter 1 1/2 in. Penggunaan bahan pipa stainless steel 304 dikarenakan bahan tersebut dapat menahan panas hingga 250°C dan mudah dibentuk dan tekanan yang diizinkan pada pipa stainless steel 304 dengan batas kekuatan (yield strength) material pipa 215 MPa. ketebalan pipa (t) standar diasumsikan untuk ukuran sekitar 11/2 inci (2.77 mm atau sekitar 0,00277 meter), maka tekanan yang diizinkan:

$$P = \frac{2 \times s \times t}{d}$$
$$P = \frac{2 \times 215 \times 10^6 \text{ mpa} \times 0,00277 \text{ m}}{0,04272 \text{ m}}$$
$$P = 27,8 \times 10^6 \text{ Mpa}$$

adalah sekitar 27,8 MPa (megapascal) atau 27,8 N/mm² (Newton per milimeter persegi).
Luas permukaan bagian dalam pipa:

$$A = \pi \times 0,04272 \text{ m} = 0.134209 \text{ m}^2$$

Pipa Spiral

Untuk mencari ukuran dimensi pipa spiral yang dibutuhkan melalui ukuran pipa tembaga yang digunakan, pipa tembaga yang digunakan berukuran 7/8 inch atau sekitar 22.2 mm dengan ketebalan 1.14 mm ditentukan diameter lilitan pipa spiral adalah 400 mm. Panjang bawaan dari pipa tembaga ini adalah 5.8 meter diasumsikan penggunaan pipa spiral 5.4 meter. 40 cm sisanya untuk penghubung dengan pipa sambungan dan saluran keluar. Menggunakan rumus N dapat mengetahui jumlah lilitan pipa yang diperlukan Panjang yang diperlukann pipa spiral kondensor. Jumlah lilitan pipa spiral kondensor.

$$N = \frac{L}{D} = \frac{5.4}{0.40} = 13.5$$

Tabel 2 Properti pipa spiral

Tabel Pipa Spiral Hasil Perhitungan	
Diameter pipa luar (mm)	22.2
Diameter pipa dalam (mm)	21.06
Diameter lilitan (mm)	400
Jumlah lilitan	13
Panjang (mm)	5.400

Tabung Kondensor

Tinggi tabung kondensor menjadi 500 mm. dan diameter tabung kondensor ditambah 100 mm dari diameter pipa spiral kondensor yaitu menjadi 500 mm.

$$V = \pi \left(\frac{d}{2}\right)^2 \times h$$

Keterangan:

V= volume tabung Reaktor (m³)

D = diameter tabung Reaktor (m)

$$V = \pi \left(\frac{500mm}{2}\right)^2 \times 500mm$$

$$V = 9.81 \times 10^2 m^3$$

Rumus Hitung Tabung

Untuk merancang luas permukaan pada tabung reaktor menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$L = \pi r (r + 2 \cdot t)$$

$$L = \pi \cdot 280mm (280mm + 2 \cdot 1200mm)$$

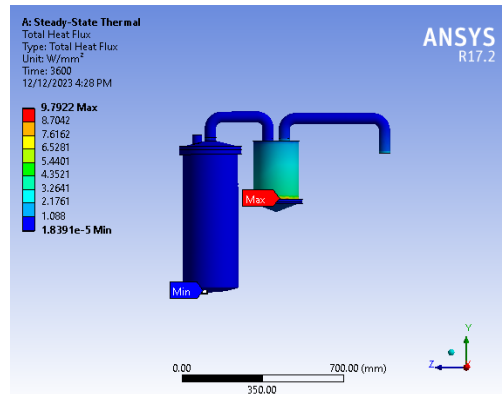
$$L = 9.81 \times 10^5 mm^2$$

Proses simulasi desain pirolisis

Proses simulasi pada perancangan kondensor menggunakan simulasi *Ansys* dan *Solidwork*. menggunakan data-data yang sudah dijabarkan diatas untuk mendapatkan hasil terbaik dari desain rancangan pirolisis. Analisis *steady state thermal* dan *static structural* dilakukan pada simulasi *Ansys* dengan software ANSYS 17.2

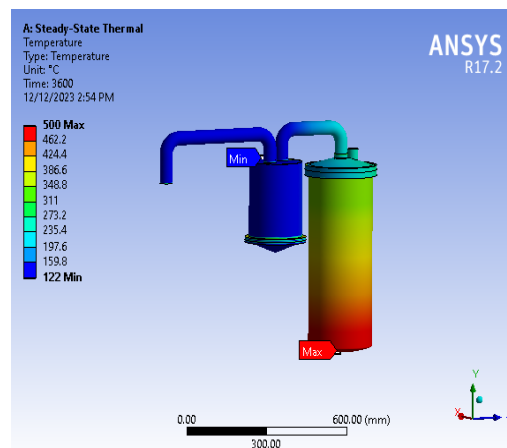
Simulasi *Steady State Thermal*

Kondisi *Steady State Thermal Analysis*: Modul *Steady State Thermal Analysis* digunakan untuk simulasi perpindahan panas dengan menggunakan perangkat lunak ANSYS. Laju transfer energi panas melalui suatu permukaan dan keluar dari permukaan lainnya dikenal sebagai *heat flux*, yang merupakan data yang diperoleh.



Gambar 3 Total Heat Flux

Heat flux memiliki ciri *tangential* terhadap permukaan luar dari *solid body* hal ini dapat dibuktikan bahwa arah aliran panas akan selalu menuju permukaan dengan temperature yang lebih rendah, angka *heat flux* pada arah sumbu X, dimana *directional heat flux* tertinggi berada di 9.5669 W/mm^2 dan *directional heat flux* terendah berada di -9.6087 W/mm^2 . sementara Besar *heat flux* di arah sumbu Z, dimana *directional heat flux* tertinggi sebesar 7.0957 W/mm^2 dan *directional heat flux* terendah sebesar -9.7381 W/mm^2 . Dan untuk total heat flux tertinggi berada di angka 9.7922 W/mm^2 dan yang terendah sebesar $1.8391 \times 10^{-5} \text{ W/mm}^2$.



Gambar 4 Total Temperature

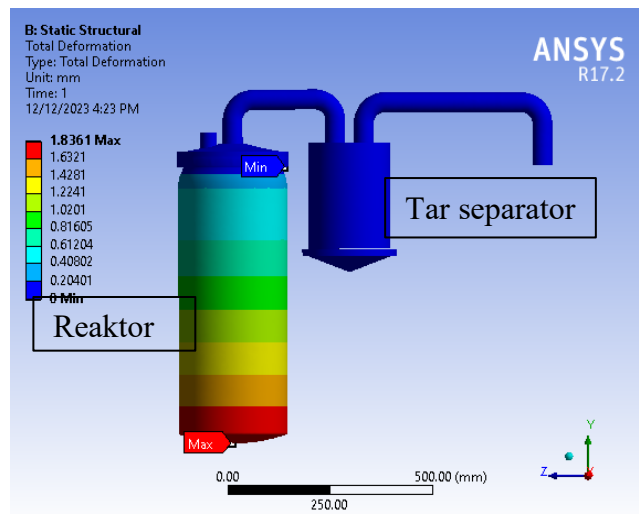
Untuk kondisi *steady state*, profil distribusi suhu permukaan komponen pirolisis ditunjukkan pada gambar 4. Pada bagian bawah reaktor yang bersentuhan dengan pemanas, temperatur tertinggi adalah 500.47°C , sebelum mencapai kondisi kesetimbangan pada 143.95°C , ketika suhu sistem sama dengan suhu lingkungan.

Simulasi *Static Structural*

Total Deformation hasil dari analisis struktur menggunakan metode elemen adalah nilai total deformation. Simulasi total deformasi memperlihatkan area pembebanan yang berwarna merah menunjukkan area yang paling terbebani.

Area aman adalah bagian yang warnanya tidak melebihi warna biru muda. Total deformation dari kontruksi rangka, yang mana total deformation ini merupakan perubahan bentuk, dimensi dan posisi dari suatu material nilai total deformation maksimum yang diterima oleh rangka conveyor terhadap pembebanan sebesar 10 Kg (98.606N) adalah sebesar max 1.8361 mm dan

nilai Min sebesar 0 mm. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada ilustrasi hasil analisis total deformation terhadap kontruksi komponen pirolisis berikut:



Gambar 5 Total deformation

Safety factor adalah nilai keamanan pada suatu desain kontruksi. Faktor keamanan diperhitungkan dengan acuan pada hasil bagi dari besar tegangan ijin (*yield strength*) dibagi dengan besar tegangan yang terjadi. Nilai *safety factor* pada kontruksi komponen pirolisis terhadap pembebanan sebesar 10 Kg (98.066N) adalah sebesar 15. Perhitungan *safety factor* pada tabung reaktor jika diketahui *yield strength material stainless steel 316* adalah 290 Mpa.

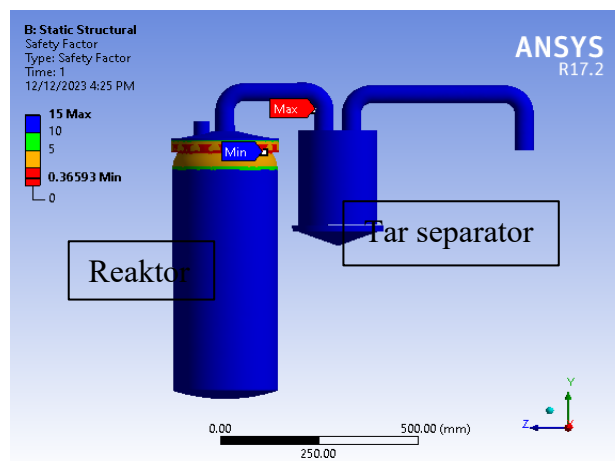
$$s = \frac{\text{yield strength material}}{\sigma_{izin}}$$

$$s = \frac{290 \text{ mpa}}{44.6 \text{ mpa}}$$

$$s = 6$$

Safety factor pada tabung reaktor memiliki angka 6 sehingga jika angka *safety* lebih dari 6 maka desain tabung aman dan dapat direalisasikan.

Komponen alat pirolisis dinyatakan aman apabila beban yang diterima oleh komponen pirolisis tidak boleh lebih dari 10 Kg. Berikut adalah hasil dari simulasi *Safety Factor*.



Gambar 6 Safety Factor

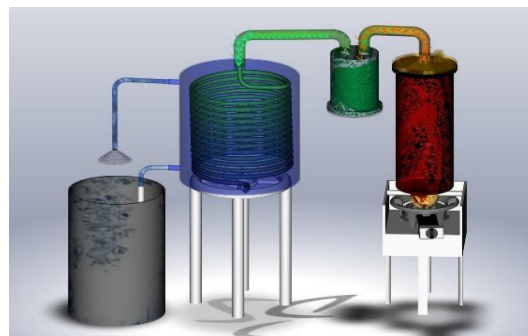
Simulasi *Computational Fluid Dynamic* (CFD)

Proses simulasi pada perancangan alat pirolisis sampah plastik menggunakan simulasi CFD (*Computational Fluida Dynamics*) dari software solidwork 2020 digunakan untuk proses simulasi heat transfer dan pergerakan aloran fluida dari reaktor hingga kondensor. Dari hasil analisa dengan software Solidwork 2020 pada alat pirolisis sampah plastik menggunakan mesh setting 4 didapat jumlah cell yang dihitung.

Tabel 3 Perhitungan Mesh

Parameter	Jumlah
Total cells	393196
Fluid cells	222343
Solid cells	170853
Fluid cells contacting solids	151879
Irregular Cells	3
Trimmed cells	12
Iteration	1850

Dari perhitungan sebanyak 1850 iterasi meliputi densitas, temperature, kecepatan, *Heat flux*, massa yang diperoleh dari hasil simulasi *Flow simulation*. Diperoleh data berikut.



Gambar 7 Simulasi aliran fluida

Tabel 4 Hasil Simulasi Pirolisis

<i>Goal Name</i>	<i>Unit</i>	<i>Value</i>	<i>Averaged Value</i>	<i>Minimum Value</i>	<i>Maximum Value</i>
<i>Density total</i>	[kg/m ³]	55.24567397	55.24528657	55.24413346	55.24642292
<i>Density fluid Total</i>	[kg/m ³]	1.072295309	1.072867791	1.072295309	1.073444339
<i>Temperature</i>	[°C]	159.7261863	159.4602764	159.253796	159.7261863
<i>Velocity</i>	[m/s]	0.087902132	0.088754538	0.082742367	0.09372656
<i>Heat Flux</i>	[W/m ²]	-4.25350205	-4.118992595	-4.560227637	-3.782962238
<i>Mass of Ethylene</i>	[kg]	7.042356572	7.042209671	7.042034593	7.042356572
<i>Tl</i>	[°C]	45.65921028	45.48912451	45.31795109	45.65921028
<i>Tin</i>	[°C]	131.6316376	131.5429001	131.4466134	131.6349358
<i>Tout</i>	[°C]	87.41255274	87.04473808	86.53751344	87.67966811
<i>volume</i>	[l]	6.567553277	6.563912584	6.560223329	6.567553277
<i>LMTD</i>	[°C]	83.61450333	82.62893261	81.61920483	83.67947322

Hasil Analisis

Dari hasil perhitungan dengan software Autocad, Solidwork, Dan Ansys dengan melihat dari hasil yang telah di simulasi dan dari penggunaan. Maka dapat disimpulkan alat pirolisis limbah plastik menjadi bahan bakar minyak dapat di realisasikan. Temperature tertinggi berada di permukaan pembakaran sebesar 500.47 °C dan suhu stabil di angka 143.95°C. lalu suhu di dalam reaktor pembakaran plastik berada pada suhu 489.23 °C. Dengan perhitungan suhu air pendingin 24°C dapat nilai LMTD sebesar 83.6°C. Simulasi perancangan pirolisis dengan bahan mentah sebesar 10 kg LDPE menghasilkan asap cair dari berat plastik yaitu seberat 7.04 kg dengan volume sebesar 6.56 liter dalam sekali proses. Kekuatan dimensi dan kekuatan alat digunakan pada perancangan alat pirolisis dengan Material meliputi stainless steel 304 dan 316 lalu monel dan tembaga dapat mengalami perubahan total *heat flux* maksimal sebesar 12.261 W/mm², dan memiliki nilai *safety factor* sebesar 15. Hasil penelitian dan simulasi pada desain alat pirolisis limbah plastik dapat digunakan sebagai refrensi sebagai alternative energi terbarukan berupa bahan bakar minyak dari limbah plastic. Dan penelitian ini dapat digunakan dalam pembelajaran mahasiswa Teknik Mesin khususnya pada Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta.

SIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil penelitian mengenai perhitungan perancangan alat pirolisis limbah plastik LDPE didapat kesimpulan yang menyatakan bahwa limbah plastik dapat diolah dan dimanfaatkan menjadi bahan bakar minyak. Salah satu jenis plastik yang dapat dimanfaatkan adalah limbah LDPE. Melalui hasil perancangan alat pirolisis mengenai pengolahan limbah plastik berbahan LDPE dapat menghasilkan produk berupa bahan bakar minyak. Perhitungan distribusi temperature, kecepatan dan efisiensi pada perancangan alat pirolisis dengan menggunakan software dapat mensimulasikan aliran fluida pergerakan material LDPE yang dapat menjadi dasar pembuatan alat pirolisis.

Saran

Berdasarkan penelitian ini, terdapat beberapa saran yang berguna untuk penelitian selanjutnya antara lain perhitungan alat pirolisis dapat menjadi dasar pembuatan alat pirolisis. Sehingga dapat diikuti menjadi panduan perhitungan dan parameter penelitian. Dalam pembuatan alat pirolisis. Pada penelitian berikutnya menambah perbandingan dari penelitian ini dan hasil langsung yang di dapat dari hasil perancangan pirolisis limbah plastik. Dan hasil akhir simulasi berupa volume tidak menggambarkan keadaan fase material yang sebenarnya namun perhitungan numerik dan simulasi konvergen. Saran penelitian lanjutan adalah menambah indikator limbah yang tidak dapat diproses menjadi minyak agar hasil proses dapat diketahui.

DAFTAR PUSTAKA

- Energy Agency, I. (2021). *World Energy Outlook 2021*. www.iea.org/weo
- Irawan, A., Bindar, Y., Kurniawan, T., Alwan, H., Hidayat, A., & Putri, A. H. I. (2019). Fuel oil production from thermal pyrolysis of packaging plastic. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 673(1), 012018. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/673/1/012018>
- Kurniawan, A., Sugiarto, B., & Perdana, A. (2020). Design of a Simple Pyrolysis Reactor for Plastic Waste Conversion into Liquid Fuel using Biomass as Heating Source. *Eksergi*, 17(1), 1–6. <https://doi.org/10.31315/E.V17I1.3080>
- Nguyen, H. N., & Khuong, D. A. (2022). New Trends in Pyrolysis Methods: Opportunities, Limitations, and Advantages. *Engineered Biochar: Fundamentals, Preparation, Characterization and Applications*, 105–126. https://doi.org/10.1007/978-981-19-2488-0_7

- Papari, S., Bamdad, H., & Berruti, F. (2021). Pyrolytic Conversion of Plastic Waste to Value-Added Products and Fuels: A Review. *Materials* 2021, Vol. 14, Page 2586, 14(10), 2586. <https://doi.org/10.3390/MA14102586>
- Proved Reserves of Crude Oil and Natural Gas in the United States, Year-End 2023*. (n.d.). Retrieved August 27, 2025, from <https://www.eia.gov/naturalgas/crudeoilreserves/>
- Silva, N. N. da, Silva, N. N. da, Pinto, F. R., Alencar, D. B. de, & Parente, R. S. (2019). Transformation of Plastic Waste into Fuel by Pyrolysis. *International Journal for Innovation Education and Research*, 7(11), 628–636. <https://doi.org/10.31686/ijier.vol7.iss11.1917>
- Sofi, I. R., Manzoor, J., Bhat, R. A., Munvar, R., Sofi, I. R., Manzoor, J., Bhat, R. A., & Munvar, R. (2020). Plastic Pollution and the Ecological Impact on the Aquatic Ecosystem. <https://services.igi-global.com/resolvedoi/resolve.aspx?doi=10.4018/978-1-5225-9452-9.Ch005>, 80–93. <https://doi.org/10.4018/978-1-5225-9452-9.CH005>
- Speight, J. G. (2019). Handbook of Petrochemical Processes. *Handbook of Petrochemical Processes*, 1–562. <https://doi.org/10.1201/9780429155611>