

RANCANG BANGUN ALAT PENGOLAH LIMBAH SISTEM DESTILASI DENGAN BAHAN PLASTIK JENIS PP MENJADI MINYAK MENTAH

Muhamad Syaiful Hidayat

Mahasiswa Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Wahidiyah
msyaiful997@gmail.com

Jaelani Sidik

Dosen Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Wahidiyah
jaelanisidik2772@gmail.com

Abstrak

Penggunaan sampah plastik yang semakin meningkat dan merupakan bahan olahan tidak mudah terurai membuat pemerintah daerah diberbagai belahan dunia risau, destilasi plastik merupakan salah satu metode untuk mengubah sampah plastik menjadi bahan bakar. Pada penelitian ini dirancang reaktor bervolume 8 liter berkapasitas 2 kg, tinggi reaktor 0.32 m dan kondensor dengan pipa tembaga ¼ inch dibentuk spiral dengan panjang total 1.8 m serta berpendingin air. Sampah plastik yang digunakan adalah sampah plastik PP (Polypropylene) menggunakan LPG sebagai bahan bakar. Destilasi dilakukan dengan waktu 150 menit, hasil pengujian kondensat cair yang dihasilkan sebanyak 801 ml dengan temperatur 376.5°C dan kondensat padat sebanyak 140 ml.

Kata Kunci: rancang bangun, destilasi, plastik polypropylene, kapasitas

PENDAHULUAN

Indonesia adalah Negara terbesar ke empat di dunia. Setelah China, India, dan Amerika. Jumlah penduduk Negara Indonesia mencapai 265 juta jiwa (Badan Pusat Statistik, 2018). Indonesia menempati urutan ke dua di dunia sebagai penyumbang sampah plastik yang di buang ke laut (Susi Pudjiastuti). Berdasarkan data yang diperoleh dari Asosiasi Industri Plastik Indonesia (INAPLAS) dan Badan Pusat Statistik (BPS), Indonesia menghasilkan sampah plastik mencapai 64 juta ton/tahun dimana 3.2 juta ton sampah plastik dibuang ke laut. Kemampuan Alam menguraikan sampah plastik secara sempurna membutuhkan waktu kurang lebih 100 tahun.

Plastik merupakan salah satu jenis makromolekul yang dibentuk dengan proses polimerisasi atau proses penggabungan molekul sederhana (monomer) melalui proses kimia menjadi molekul besar (polimer). Penyusun utama plastik adalah karbon dan hidrogen. Bahan baku yang sering digunakan dalam pembuatan plastik adalah penyulingan minyak bumi atau gas alam. Plastik ditemukan pertama kali pada tahun 1907, sejak itu penggunaan kebutuhan plastik dan barang-barang berbahan plastik semakin meningkat hingga saat ini. Peningkatan penggunaan plastik merupakan konsekuensi dari berkembangnya teknologi industri dan jumlah populasi penduduk (Arifin & Ihsan, 2018).

Plastik dapat dikelompokkan menjadi dua macam yaitu thermoplastic dan thermosetting (Suroño & Ismanto, 2016). Thermoplastic adalah bahan plastik jika dipanaskan

sampai temperatur tertentu akan mencair dan dapat dibentuk kembali menjadi bentuk yang diinginkan. Sedangkan thermosetting adalah plastik yang sudah dipadatkan tidak dapat dicairkan kembali dengan cara dipanaskan.

Untuk mengatasi sampah plastik tentu diperlukan metode untuk mengolah sampah plastik menjadi hal yang berguna dan bermanfaat. Salah satu metode yang dapat dilakukan yaitu dengan mendaur ulang sampah plastik menjadi bahan bakar berupa minyak mentah. Pemanfaatan sampah plastik ini dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif, karena tidak bisa kita pungkiri permintaan pasokan minyak bumi sebagai bahan bakar semakin meningkat setiap tahunnya.

Pengolahan sampah plastik menjadi minyak mentah ini tentu saja dapat dilakukan dengan metode sederhana, dan bias diterapkan oleh masyarakat tanpa mengeluarkan biaya yang besar. Sampah plastik dapat di olah menjadi minyak karena pada dasarnya plastik berbahan utama penyulingan minyak bumi atau gas alam, sampah plastik tersebut seolah mengalami proses daur ulang. Minyak yang dihasilkan dari pengolahan sampah plastik memiliki nilai kalor yang cukup tinggi setara dengan bahan bakar fosil seperti bensin dan solar.

Dalam membuat sebuah inovasi baru diperlukan suatu alat yang dapat mengolah sampah plastik menjadi bahan bakar minyak dan bermanfaat bagi masyarakat pada umumnya. Destilator (penyulingan) merupakan sebuah alat yang digunakan untuk memisahkan bahan kimia

berdasarkan perbedaan kecepatan atau volatilitas bahan. Dalam penyulingan ini, campuran zat dididihkan sehingga menguap dan hasil uap tersebut kemudian didinginkan kembali ke bentuk cairan (Arwizet, 2018).

Apada proses destilasi akan ada pemisahan zat cair dari campurannya berdasarkan perbedaan titik didih atau kemampuan zat untuk menguap. Dimana zat cair dipanaskan hingga titik didihnya, serta mengalirkan uap ke dalam alat pendingin (kondensor) dan mengumpulkan hasil pengembunan sebagai zat cair. Pada kondensor digunakan air yang mengalir sebagai pendingin. Air dari kondensor dialirkan dari bawah ke atas, hal ini bertujuan supaya air tersebut dapat mengisi seluruh bagian pada kondensor sehingga dihasilkan proses pendinginan yang sempurna.

Saat suhu dipanaskan, cairan yang titik didihnya lebih rendah menguap terlebih dahulu. Uap ini kemudian dialirkan dan didinginkan sehingga kembali menjadi cairan yang ditampung pada wadah terpisah. Zat yang titik didihnya lebih tinggi masih tertinggal pada wadah semula. Prinsip dari destilasi adalah penguapan dan pengembunan kembali uapnya dari tekanan dan suhu tertentu. Tujuan dari destilasi adalah pemurnian zat cair pada titik didihnya dan memisahkan cairan dari zat padat.

Uap yang dikeluarkan dari campuran disebut uap bebas. Kondensat yang jatuh sebagai desilat dan bagian cair yang tidak menguap sebagai residu. Apabila yang diinginkan adalah bagian-bagian campurannya yang tidak teruapkan dan bukan destilasinya maka proses tersebut dinamakan pengentalan evaporasi. Destilasi adalah sebuah aplikasi yang mengikuti prinsip-prinsip “jika suatu zat dalam larutan tidak sama-sama menguap, maka uap larutan akan mempunyai komponen yang berbeda dengan larutan aslinya “. Jika salah satu zat menguap dan yang lain tidak, pemisahan dapat terjadi sempurna. Sedangkan jika kedua zat menguap, maka pemisahannya terjadi sebagian, tetapi desilat atau produk akan menjadi kaya pada suatu komponen dari pada larutan aslinya

(Surono & Ismanto, 2016) Pengolahan bahan bakar minyak dari sampah plastik menggunakan proses thermah cracking (pyrolysis) dilakukan pada temperatur 450°C selama 2 jam. Gas yang terbentuk dikondensasikan di dalam kondensor bertemperatur 21°C. Minyak yang dihasilkan selanjutnya dianalisa dengan gas chromatography/mass spectrometry untuk mengetahui distribusi jumlah atom carbonya. Dari hasil analisa diketahui komposisi minyak dari campuran plastik PE dan PP mempunyai jumlah atom carbon setara dengan solar yaitu C12 – C17.

Penelitian dengan jenis plastik yang lain dilakukan oleh (Tamilkolundu & Murugesan, 2012) mengolah sampah

plastik jenis PVC menjadi bahan bakar minyak, PVC mempunyai densitas 7% lebih tinggi dari solar dan viskositasnya lebih tinggi 300% dari solar.

METODE

Penelitian ini merupakan rancang bangun alat pengolah limbah plastik jenis PP (polypropylene) menjadi minyak mentah dengan sistem destilasi. Penelitian ini menggunakan metode penelitian dan pengembangan (Research and Development) untuk menentukan hasil pengolahan.

Menurut (Sugiyono, 2008) Research and Development (R&D) adalah metode penelitian yang digunakan untuk menghasilkan produk tertentu, dan menguji keefektifan produk tersebut.

Proses penelitian ini memakan waktu yang telah ditentukan yaitu selama 6 bulan terhitung sejak 20 february 2019 hingga 20 juli 2019. Pelaksanaan penelitian dilakukan di kampus Universitas Wahidiyah Kediri.

1. Alan dan bahan

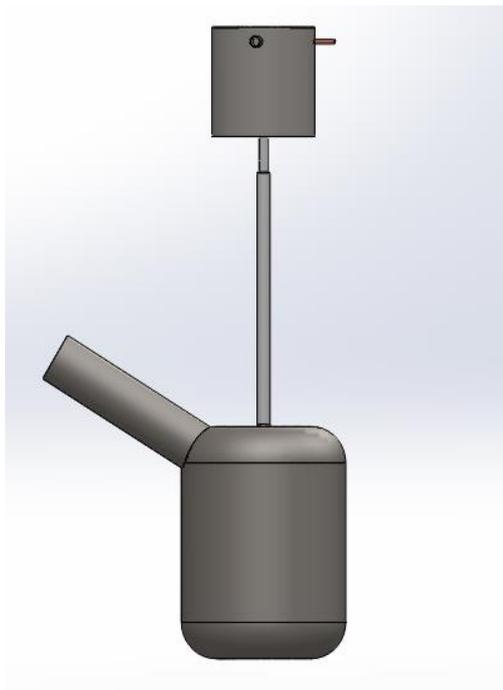
Alat yang digunakan dalam proses penelitian dan penulisan hasil penelitian yaitu antara lain: Penggaris, gergaji tangan , mesin gerinda, mesin las, mesin bor, gas portable, infrared thermometer, tool set (kunci ring spanner)

Bahan yang digunakan dalam melakukan penelitian diantaranya adalah sebagai berikut : tabung freon R22, pipa galvanis, pipa tembaga AC, wire tembaga, intake kuningan, nepel T ¼ inch, nepel sambungan, elbow kuningan, pilox warna, siku.

2. Variabel Penelitian

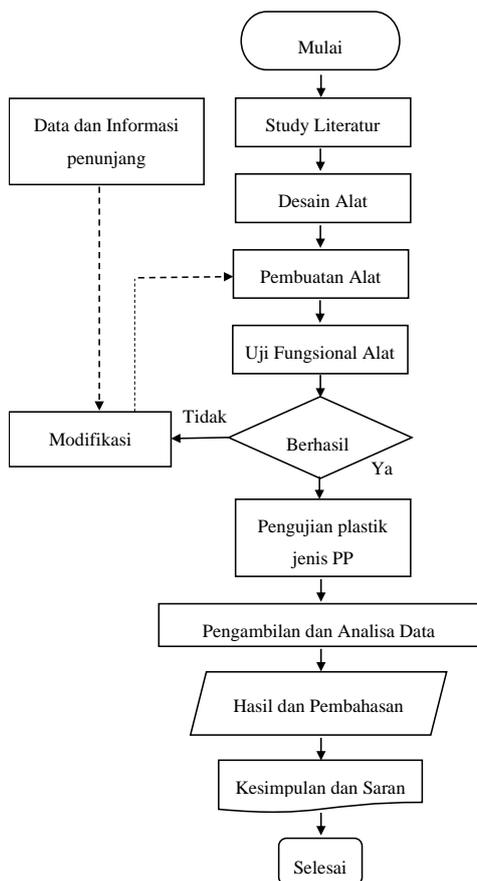
Dalam penelitian ini menggunakan 2 variabel dalam menentukan Rancang Bangun Alat Pengolah Limbah Plastik Jenis PP Menjadi Minyak Mentah Dengan Sistem Destilasi. Adapun variabel dalam pelaksanaan penelitian ini menggunakan variabel terikat dengan dimensi ukuran alat destilator, bahan pembakaran, volume jumlah hasil minyak. variabel bebas penelitian ini dengan menggunakan plastik jenis PP.

3. Desain destilator



Gambar 1. Kenampakan alat destilator

Proses penelitian ini akan dilakukan sebagaimana langkah langkah yang sudah dirumuskan untuk memperoleh hasil dalam sebuah bagan sebagai berikut:



Gambar 2. Skema alur penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Rancangan Fungsional

Alat destilator yang dirancang terdiri dari 2 bagian utama yaitu reaktor, dan kondensor. Dimensi dari setiap bagian dapat dilihat pada Tabel 1.

Parameter Desain	Hasil
Reaktor	
Massaa jenis Plastik (kg/m ³)	250
Jari-jari (m)	0.12
Tinggi (m)	0.32
Kondensor	
Bilangan Reynold (-)	40. 96926
Bilangan Nusselt (-)	3.672165
Koefisien Pindaah Panas Keseluruhan (W/mK)	401
Luas Permukaan (m ²)	0.13
Panjang (m)	1.8
Diameter (m)	0.00635
Tungku	
Diameter (m)	0.11
Tinggi (m)	0.17

Diketahui

Tabung Reaktor T = 0.32 m

D = 0.24 m

Kondensor T = 0.15 m

L = 0.13 m

Pipa Penghubung T = 0.15 m

m= 2 kg

$\rho = 250 \text{ kg/m}^3$

$v = 1/4 D^2 t$

$v = m/\rho = (2 \text{ kg})/(250 \text{ kg/m}^3) = 0,008 \text{ m}^3 = 8 \text{ liter}$

$v = 1/4 D^2 t$

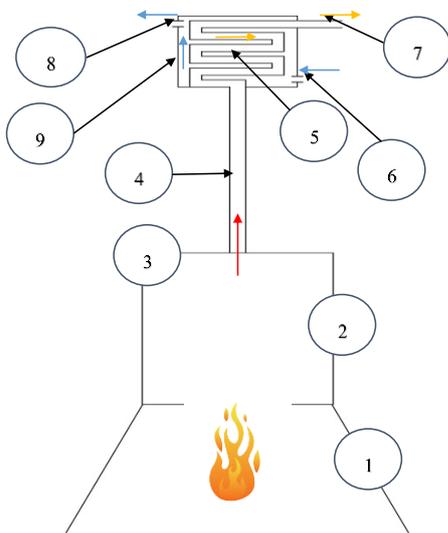
$0,008 = 0,008 \times 4 / (3,14 \times (24)^2) = 0,02 / 0,181 = 0,177 \text{ m}$

Pada tahap perancangan, panjang kondensor adalah 1.5 m dengan luas permukaan 0,013m. Setelah proses pembuatan alat, kondensor memiliki panjang total 0.75 m, dan 5 buah pipa tembaga yang memiliki panjang masing-masing 0.15 m dengan jarak antar pipa 0.02 m. Setelah melakukan uji fungsional, panjang kondensor masi kurang dan rangkaian kondensor belum cocok di aplikasikan pada kondensor ini, karena banyak gas yang terjebak pada lengkungan pipa, terjadi kemampatan sehingga mengakibatkan kebocoran pada pipa penghubung dan juga tabung reaktor.

Maka rangkaian kondensor di rubah dan juga menambah panjang pipa menjadi 1.8 m, merubah rangkaian kondensor menjadi spiral. Penambahan panjang pipa dan perubahan pada susunan kondensor disebabkan oleh laju aliran masa yang tidak pasti dan penggunaan air dingin pada kondensor. Laju aliran masa yang belum pasti ini disebabkan karakteristik gas yang belum diketahui.

Rancangan Struktural

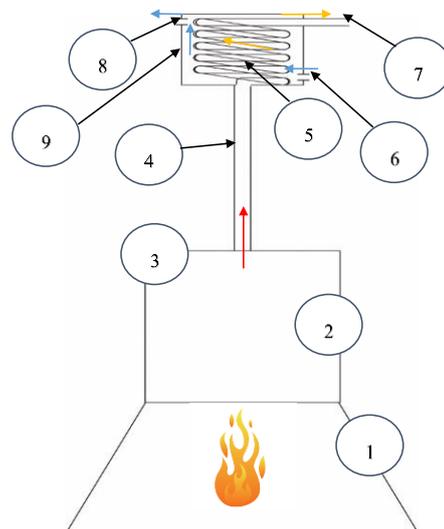
Pada perancangan alat destilasi terdapat beberapa perubahan desain, skema desain dapat dilihat pada gambar 3 berikut.



Gambar 4. Skema alat destilasi 1

Keterangan:

- ▶ : Arah fluida panas
- ▶ : Arah fluida pendingin
- ▶ : Arah kondensat
- 1. Kompor
- 2. Reaktor
- 3. Lubang pemasukan plastik
- 4. Pipa penghubung
- 5. Pipa tembaga
- 6. Lubang masuk fluida pendingin
- 7. Lubang keluar kondensat
- 8. Lubang keluar fluida pendingin
- 9. Kondensor

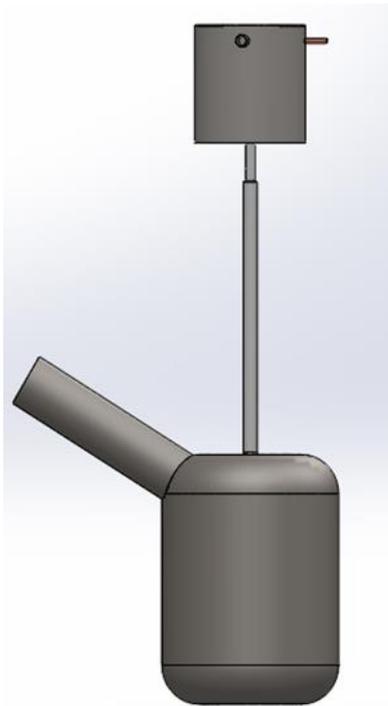


Gambar 5. Skema alat destilasi desain akhir

Keterangan:

- ▶ : Arah fluida panas
- ▶ : Arah fluida pendingin
- ▶ : Arah kondensat
- 1. Kompor
- 2. Reaktor
- 3. Lubang pemasukan plastik
- 4. Pipa penghubung
- 5. Pipa tembaga
- 6. Lubang masuk fluida pendingin
- 7. Lubang keluar kondensat
- 8. Lubang keluar fluida pendingin
- 9. Kondensor

Hasil alat kondensasi dapat dilihat pada gambar 6 perbedaan dari kedua desain ini terdapat pada pipa tembaga kondensat yang berada di dalam kondensor, pada pipa kondensat desain 1 memiliki susunan tembaga berbentuk U atau seperti kondensor AC sedangkan desain terakhir tembaga berbentuk spiral.



Gambar 5. Alat kondensasi desain akhir

Perubahan dari desain 1 ke desain akhir disebabkan karena adanya kemampatan yang terjadi pada pipa kondensat yang berbentuk U, uap gas tidak dapat melewati tekukan sehingga bertumpuk dan mengakibatkan penyumbatan pada sudut tembaga.

Kebutuhan Energi Untuk Pemanasan Reaktor

Penelitian ini membutuhkan energi untuk proses pembakaran, dalam hal ini menggunakan gas LPG 3 kg untuk membantu proses pembakaran reaktor. Dalam mengetahui jumlah energi yang digunakan pada proses destilasi plastik sesuai dengan temperatur yang diinginkan, dapat dihitung dengan mengetahui masa gas LPG yang terpakai dan nilai kalor dari LPG, yaitu sebagai berikut

$$\text{Diket LHV LPG} = 46110 \text{ J/g}$$

$$\text{Massa yang terpakai (m)} = 1500 \text{ gr}$$

$$\text{Waktu pembakaran} = 150 \text{ menit}$$

$$I = (1500 \times 46110) / (150 \text{ menit}) = 669165000 / (150 \text{ menit}) = 4661100 \text{ kJ/menit}$$

Perpindahan Panas Pada Kondensator

Adapun kondensator memiliki temperatur gas yang melalui kondensator 57°C , temperatur air yang masuk kondensator 26.5°C . Temperatur permukaan pipa kondensator 37°C . Pipa yang digunakan adalah pipa tembaga dengan diameter luar = 0.00635 m , dan $k = 360.5 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$

Pada perancangan kondensator hal yang perlu diketahui adalah luas permukaan kondensator.

Tabel 2. Data perancangan kondensator

koefisien konduksi tembaga (k_t)	401 W/mK
tebal (x)	0.01 m
bilangan prandall (Pr)	0.68
massa jenis (ρ)	0.67 kg/m^3
Viskositas (μ)	0.000027
Koefisien konveksi air (h_{air})	400 W/mK
kecepatan gas (v_{gas})	0.26 m/s
koefisien konduksi gas (k_{gas})	0.0418
perbandingan diameter dan panjang (D/L)	0.00635 m
diameter tembaga (d)	0.00635 m

Untuk mengetahui luas permukaan kondensator perlu diketahui bilangan Reynold (Re) dari sistem yang dapat diketahui dengan menggunakan persamaan a

$$Re = (\rho \cdot v \cdot d) / \mu = (0.67 \cdot 0.26 \cdot 0.00635) / 0.000027 = 40.96926$$

Karena aliran yang terjadi adalah laminar maka, Bilangan nusselt (Nu) dapat dicari dengan persamaan

$$Nu = 3.66 + (0.0688 \cdot (D)/(L)) \cdot Re^{*pr} / (1 + (0.04 \cdot (D)/(L)) \cdot Re^{*pr})$$

$$= 3.66 + (0.0688 \cdot 0.00635 / 40.96926) \cdot 0.68 / (1 + (0.04 \cdot 0.00635 / 40.96926) \cdot 0.68) = 3.672165$$

Dengan menggunakan data bilangan nusselts data koefisien konveksi fluida dapat dihitung dengan menggunakan persamaan

$$h_{\text{gas}} = (Nu \cdot K_{\text{gas}}) / d$$

$$= (3.672165 \cdot 0.0418) / 0.00635 = 24.17 \text{ W/mK}$$

$$h_{\text{tembaga}} = k/x$$

$$= 401 / 0.0003 = 1336667 \text{ W/mK}$$

Setelah itu koefisien keseluruhan system (U) dapat diketahui dengan menggunakan persamaan

$$U = 1 / (1/h_{\text{gas}} + x/k + 1/h_{\text{air}})$$

$$= 1 / (1/24.17268 + 0.0003/401 + 1/400) = 22.79 \text{ W/mK}$$

Asumsi minyak yang dihasilkan adalah 2 kg dan waktu proses destilasi adalah 9000 s.

$$\text{Laju aliran massa (m)} = 2/9000 = 0.000222$$

Uji Kinerja Desain

Pada uji kinerja lama waktu pembakaran sudah ditentukan. Hasil dari uji kinerja alat destilasi dapat dilihat pada Tabel 3 berikut.

Berat PP (kg)	Suhu Pembakaran ($^{\circ}\text{C}$)	Volume Minyak (ml)	Waktu Pembakaran (menit)
2	370	810	150

Dari tabel 3 diatas menunjukkan berat plastik PP (*Polypropylene*) sebanyak 2 kg dalam keadaan cacahan pada temperatur pembakaran maksimal 376.5°C yang menghasilkan kondensat cair sebanyak 810 ml dengan lama pembakaran 150 menit.

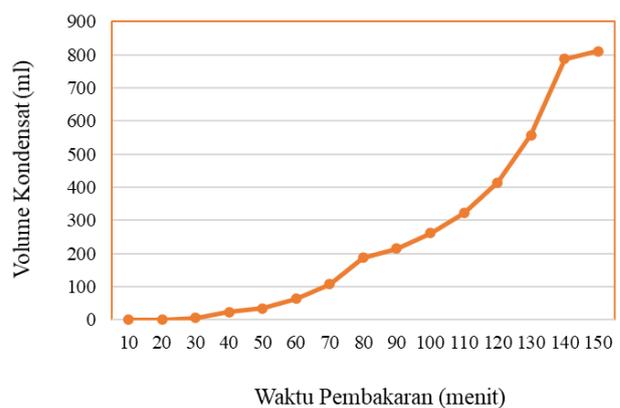
Berdasarkan penelitian yang dilakukan (Ahmad et al., 2015) tentang pirolisis PP dengan temperatur 250-400°C menggunakan reaktor baja mikro, minyak cair tertinggi dicapai pada temperatur 300°C sekitar 69,82% dengan total konversi 98,66%. Peningkatan dalam suhu hingga 400°C hanya mengurangi konversi total produk menjadi 94,3% dan meningkatkan residu padat dari 1,34 menjadi 5,7%. Ini menunjukkan bahwa pembentukan kokas mulai mendominasi pada suhu yang lebih tinggi.

Tabel 4. Volume Hasil Kondensat

Waktu (menit)	Volume Minyak (ml)
10	0
20	0
30	5
40	23
50	34
60	64
70	108
80	187
90	215
100	262
110	322
120	415
130	557
140	787
150	810

Tabel 4 menunjukkan adanya peningkatan volume kondensat cair yang dihasilkan selama proses pembakaran. Temperatur semakin bertambah tinggi akibat pembakaran maka zat-zat yang terkandung dalam plastik tersebut dan akan terurai menjadi gas dan cair (Ramadhan & Ali, 2012).

Volume Kondensat



Grafik 1 Volume Kondensat

Dari data Grafik 1 dapat diketahui bahwa pada proses destilasi jenis plastik PP (*Polypropylene*), ketika waktu pembakaran sudah berjalan selama 40 menit menunjukkan adanya tanda-tanda kondensat yang dihasilkan dari proses destilasi, kondensat terus meningkat sampai 150 menit pembakaran. Jika temperatur pembakaran semakin meningkat maka volume hasil kondensat juga meningkat.

Dari hasil kinerja alat destilasi menghasilkan 2 jenis kondensat yaitu, kondensat cair dan kondensat padat. Kondensat cair adalah hasil yang diharapkan, kondensat cair terbentuk karena plastik sudah terurai secara sempurna. Sedangkan kondensat padat terbentuk karena plastik belum terurai secara sempurna, hal ini disebabkan temperatur dalam reaktor yang belum mencapai titik lebur plastik PP.



Gambar 6 Volume Hasil Kondensat

Gambar 6 menunjukkan volume hasil kondensat setelah pembakaran selama 150 menit, temperatur 1 sebesar 376.4 °C dengan total kondensat yang dihasilkan 810 ml. Untuk mengetahui kondensat yang dihasilkan cair atau padat dengan visual maka dilakukan dengan melihat warna cairan yang terdapat pada tempat penampangnya. Jika warna yang dihasilkan gelap atau bahkan kehitaman, maka hasil tersebut merupakan kondensat padat. Sedangkan bila

menghasilkan warna cerah dan kekuningan, maka hasil tersebut adalah kondensat cair (Naufan, 2016).

Botol nomer 1 menunjukkan hasil kondensat pada waktu pembakaran 40-60 menit, temperatur 1 342.8°C dan temperatur 2 109.6°C menghasilkan 64 ml kondensat cair berwarna cerah dan terdapat sedikit kondensat padat berwarna keruh dikarenakan plastik belum terurai secara sempurna.

Botol nomer 2 menunjukkan hasil kondensat pada waktu pembakaran 60-80 menit, temperatur 1 259.9°C dan temperatur 2 76.5°C menghasilkan kondensat cair sebesar 187 ml, berwarna cerah dan terdapat banyak kondensat padat berwarna putih keruh, dikarenakan plastik belum lebur secara sempurna dan dipengaruhi oleh botol penampungan sebelumnya yang berbahan plastik sehingga mempengaruhi hasil kondensat cair.

Botol nomer 3 menunjukkan hasil Kondensat pada waktu pembakaran 80-100 menit, temperatur 1 316.2°C dan temperatur 2 112.6°C kondensat cair bertambah menjadi 262 ml berwarna kuning kecoklatan dan terdapat sedikit kondensat padat. Adanya kondensat padat karena belum lebur secara sempurna.

Botol nomer 4 menunjukkan hasil kondensat pada waktu pembakaran 100-120 menit, temperatur 1 376.4°C dan temperatur 2 137.5 °C kondensat cair bertambah menjadi 415 ml berwarna kuning kecoklatan dan tidak ada kondensat padat. Ini menunjukkan bahwa pembakaran jenis plastik PP lebur secara sempurna.

Botol nomer 5 menunjukan hasil minyak pada waktu pembakaran 120-150 menit, temperatur 1 291°C dan temperatur 2 110.1°C kondensat cair bertambah menjadi 810 ml berwarna kuning kecoklatan dan tidak memiliki kondensat padat. Ini menunjukan bahwa pembakaran terjadi secara sempurna dan lebur secara sempurna.

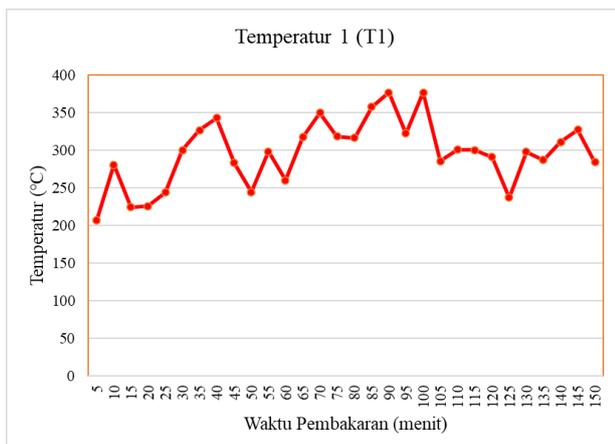
Hasil Pengambilan Data

Berikut adalah hasil penelitian rancang bangun alat pengolah limbah plastik jenis PP menjadi minyak mentah dengan sistem destilasi. Penelitian dilakukan sebanyak 1 kali, waktu pembakaran selama 150 menit. Penelitian ini dilakukan malam hari dengan suhu ruangan 27 °C pukul 23.00 s/d 02.00. Penelitian ini menggunakan destilator kapasitas plastik maksimal 2 kg. Menghasilkan kondensat sebanyak 810 ml.

Tabel 5. Uji kinerja Alat Destilator

Waktu (menit)	T1 (°C)	T2 (°C)	T Kondensor (°C)
5	207	54.2	30.2
10	280.8	73	27.6
15	224.2	77.5	28.4
20	226	94.6	28.4
25	244	108.1	28.3
30	300.2	98.6	30
35	326.5	110.7	29.4
40	342.8	109.6	28.9
45	282.8	80.4	31.2
50	244.3	95	32.3
55	298.2	77.4	31.2
60	259.9	76.5	30.6
65	317.4	86.5	29.6
70	349.4	87.8	29.1
75	318.4	104.3	29.7
80	316.2	112.6	31.5
85	357.7	121	35.3
90	376.5	150.2	33.3
95	322.2	116.2	34.5
100	376.4	137.5	33.9
105	285.6	106.2	33.7
110	300.5	131.7	36.4
115	300.3	134.5	35
120	291	110.1	34.5
125	236.8	102.2	36.1
130	297.5	160.2	33.7
135	287.2	151.4	32.7
140	310.8	110.2	35.9
145	326.9	124.5	37
150	283.8	131.2	36.7

Dari data tabel 5 menunjukan lamanya proses pembakaran jenis plastik PP (*Polypropylane*) selama 150 menit, suhu pembakaran yang terjadi selama proses pembakaran tidak dapat dipertahankan karena keterbatasan alat yang ada.



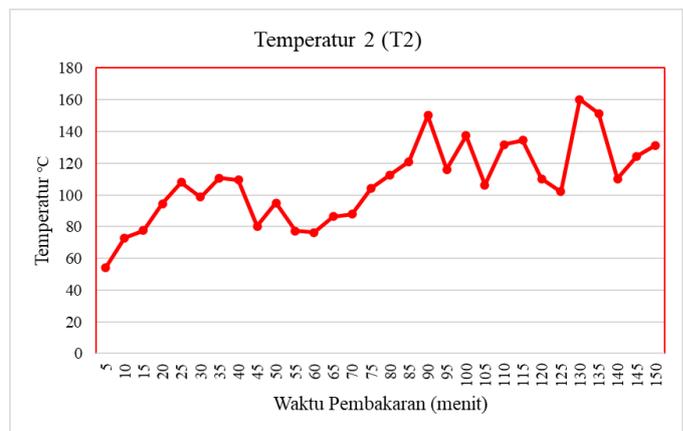
Grafik 2. Temperatur reaktor 1

Grafik 2 menunjukkan temperatur 1 selama pembakaran, awal pembakaran temperatur menunjukkan 207°C mengalami kenaikan dan penurunan di akibatkan oleh banyak faktor salah satunya adalah ruangan terbuka sehingga tidak dapat menjaga temperatur secara konstan.

Titik puncak temperatur pembakaran yaitu pada waktu 90 - 100 menit, dengan temperatur 376.5°C yang menghasilkan kondensat cair tanpa adanya kondensat padat. Hal ini menunjukkan plastik terurai secara sempurna pada temperatur tersebut.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan (FakhrHoseini & Dastanian, 2013) mendapat hasil cairan yang lebih tinggi sekitar 82,12% berat ketika dilakukan pirolisis PP pada temperature 500°C. Namun, peningkatan temperatur lebih dari 500°C mengurangi hasil cairan yang dikumpulkan. Ini dibuktikan oleh (Demirbas, 2004) yang melakukan pirolisis PP pada suhu ekstrem yaitu 740°C dalam reaktor batch yang menghasilkan 48,8% hasil cair, 49,6% berat gas dan 1,6% berat char.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan (Sumartono, Ibrahim, & Sarjianto, 2012) jenis limbah plastik PP menghasilkan cairan 315 ml yaitu pada temperatur 170°C menggunakan proses pirolisis. Hasil ini jauh berbeda dengan hasil minyak yang peneliti lakukan dalam tugas akhir, yaitu pada temperatur 259.9°C hanya menghasilkan kondensat cair sebesar 187 ml.

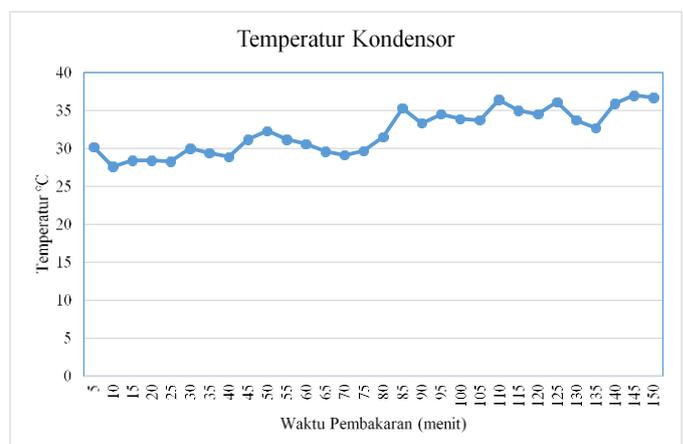


Grafik 3. Temperatur Reaktor 2

Grafik 3 menunjukkan temperatur 2 selama pembakaran, awal pembakaran menunjukkan temperatur 54.2°C mengalami kenaikan sampai 25 menit awal. Pada menit ke 30 mengalami penurunan dan mengalami kenaikan lagi pada menit ke 35. Titik puncak yang terjadi pada temperatur 2 yaitu pada temperature 160°C waktu pembakaran selama 130 menit, disinilah plastik mengalami pengkristalan (Mujiarto, 2005).

Adanya kenaikan dan penurunan temperatur secara tidak teratur ini, diakibatkan oleh keadaan saat pengujian alat berada di ruangan terbuka dan terbatasnya alat ukur sehingga tidak dapat mempertahankan temperatur pada reaktor.

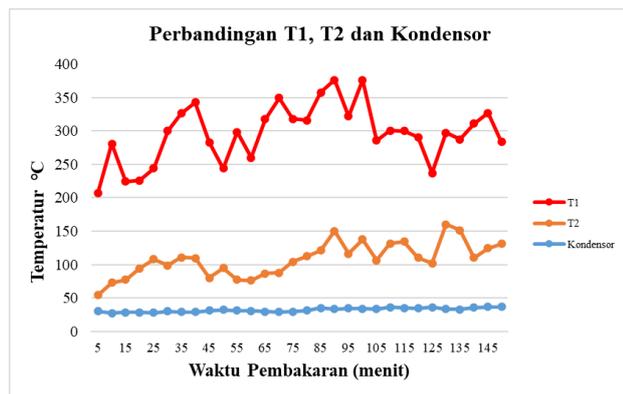
Berdasarkan penelitian yang dilakukan (Nugraha, Wahyudi, & Gunardi, 2013) limbah plastik jenis PP (Polypropylene) dapat dikonversi menjadi minyak dengan proses pirolisis dan dilanjutkan proses katalitik reforming dengan katalis NiO/γ-AL2O3, temperatur terbaik adalah 500°C dan laju aliran reaktan 217 mL/jam. Akan tetapi kondisi operasi paling efektif dalam pembuatan minyak pada proses reforming yaitu pada temperatur 400°C dan laju aliran reaktan 500 mL/jam.



Grafik 4. Temperatur Kondensor

Grafik 4 menunjukkan temperatur kondensor pada pembakaran awal 30.2°C , temperatur kondensor terlalu tinggi sehingga mengakibatkan proses pencairan plastik jenis PP (*Polypropylene*) berlangsung lama. Normal temperatur kondensor yaitu $25-20^{\circ}\text{C}$, sehingga mempercepat proses kondensasi. Temperatur kondensor mengalami kenaikan dan penurunan secara tidak teratur disebabkan oleh temperatur reaktor yang tidak stabil.

Temperatur tertinggi terjadi pada suhu 37°C saat proses pembakaran sudah berlangsung selama 145 menit, hal ini dikarenakan lama proses pembakaran menghasilkan kondensat cair yang banyak sehingga mempengaruhi temperatur kondensor secara perlahan. Perlu adanya es batu untuk membantu proses kondensasi agar mendapatkan hasil yang maksimal.



Grafik 5. Perbandingan T1,T2 dan Kondensor

Grafik 5 menunjukan perbandingan antara temperatur 1, temperatur 2 dan temperatur kondensor. Pada temperatur 1 menunjukan peningkatan di awal pembakaran lalu mengalami penurunan, temperatur 2 mengalami kenaikan secara perlahan, sedangkan kondensor mengalami penurunan temperatur setelah awal pembakaran. Belum terjadi proses pencairan.

Temperatur 1 pada 15 menit awal mengalami kenaikan temperatur secara perlahan dari $224.2-342.8^{\circ}\text{C}$ hingga 40 menit awal, temperatur 2 mengalami kenaikan dan penurunan pada 40 menit awal, kondensor mengalami kenaikan dan penurunan hal ini disebabkan oleh kondisi reaktor yang tidak stabil.

Dari beberapa penelitian yang telah dilakukan sebelumnya dan dari hasil pengolahan sampah plastik yang peneliti lakukan terdapat banyak perbedaan. Hasil pengolahan sampah plastik jenis PP dengan sistem destilasi yang peneliti lakukan belum mendapatkan hasil yang maksimal. Temperatur paling tinggi pada saat pengolahan sampah plastik jenis PP sebesar 376.5°C , dengan lama waktu pembakaran 150 menit dan menghasilkan 810 ml kondensat cair.

Hasil tersebut kurang maksimal karena temperatur pengolahan sampah plastik mendekati 400°C . Seperti yang dikatakan oleh (Ahmad et al., 2015) minyak cair tertinggi dicapai pada temperatur 300°C . Peningkatan temperatur hingga 400°C dapat mengurangi konversi total produk dan meningkatkan residu padat.

Namun, pada temperatur 500°C adalah temperatur terbaik untuk pengolahan sampah plastik jenis PP. Hasil ini sependapat dengan penelitian yang dilakukan (Nugraha et al., 2013) dan (FakhrHoseini & Dastanian, 2013).

Untuk pengolahan sampah plastik jenis PP pada temperatur di atas 500°C teridentifikasi mengurangi hasil cairan. Hal ini dibuktikan oleh (Demirbas, 2004) yang melakukan pengolahan sampah plastik PP dengan proses pirolisis pada suhu ekstrem yaitu 740°C dalam reaktor batch yang menghasilkan 48.8% hasil cair, 49.6% berat gas dan 1.6% berat char.

PENUTUP

Simpulan

Perancangan alat destilasi menghasilkan dimensi volume tabung pemanasan 8 liter dapat menampung 2 kg palsik, panjang kondensor 1,8 meter berpendingin air. Pada uji kinerja, hasil yang diharapkan berupa kondensat cair belum maksimal karena kesulitan dalam menjaga temperatur secara konstan. Temperatur paling tinggi adalah 376.5°C .

Pada proses destilasi ini berbahan baku PP (*Polypropylene*) menghasilkan 2 jenis kondensat, yaitu kondensat cair dan kondensat padat. Kondensat cair yang didapat sebanyak 801 ml, sedangkan kondensat padat sebanyak 140 ml lama pembakaran 150 menit.

Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai destilasi sampah plastik jenis Polypropylene dengan variasi temperatur lebih tinggi dengan alat ukur lebih lengkap. Diperlukan juga penelitian lanjutan tentang variasi jenis plastik yang berbeda dan temperatur yang berbeda serta tentang kondensor. Hendaknya uji laboratorium tentang kondensat cair hasil destilasi perlu ada, begitu juga dengan bagian bawah reaktor perlu ditambahkan alat yang dapat di bongkar pasang untuk memudahkan pengambilan residu hasil dari proses destilasi. Dari beberapa hal penelitian lanjutan tersebut sebaiknya juga dilakukan pada siang hari.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, I., Ismail Khan, M., Khan, H., Ishaq, M., Tariq, R., Gul, K., & Ahmad, W. (2015). Pyrolysis study of polypropylene and polyethylene into premium oil products. *International Journal of Green Energy*, *12*(7), 663–671. <https://doi.org/10.1080/15435075.2014.880146>
- Arifin, J., & Ihsan, S. (2018). Analisa dan Perancangan Limbah Plastik Sampah Polyethylene Terephthalate Untuk Menghasilkan Bahan Bakar Alternatif, *1*(1), 35–40.
- Arwizet, A. (2018). Mesin Destilasi Pengolahan Sampah Plastik Menjadi Bahan Bakar Minyak Menggunakan Kondensor Bertingkat Dan Pendingin Kompresi Uap. *INVOTEK: Jurnal Inovasi Vokasional Dan Teknologi*, *17*(2), 75–88. <https://doi.org/10.24036/invotek.v17i2.34>
- Demirbas, A. (2004). Pyrolysis of municipal plastic wastes for recovery of gasoline-range hydrocarbons. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, *72*(1), 97–102. <https://doi.org/10.1016/j.jaap.2004.03.001>
- FakhrHoseini, S. M., & Dastanian, M. (2013). Pyrolysis of LDPE, PP and PET Plastic Wastes at Different Conditions and Prediction of Products Using NRTL Activity Coefficient Model. *Arabian Journal of Chemistry*, 2013, submitted.
- Mujiarto, I. (2005). Sifat dan Karakteristik Material Plastik dan Bahan Aditif. *Traksi*, *3*(2), 65–74.
- Naufan, F. (2016). *Desain Alat Pirolisis Untuk Mengonversi Limbah Plastik HDPE Menjadi Bahan Bakar*. *IOSR Journal of Economics and Finance*. <https://doi.org/https://doi.org/10.3929/ethz-b-000238666>
- Nugraha, M. F., Wahyudi, A., & Gunardi, I. (2013). Pembuatan Fuel dari Liquid Hasil Pirolisis Plastik Polipropilen Melalui Proses Reforming. *Jurnal Teknik Pomits*, *2*(2), 2301–9271.
- Ramadhan, A., & Ali, M. (2012). Pengolahan Sampah Plastik Menjadi Minyak Menggunakan Proses Pirolisis. *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, *4*(1), 44–53.
- Sugiyono. (2008). *Metodologi Penelitian Kuantitatif, kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Sumartono, Ibrahim, H., & Sarjianto. (2012). Uji Karakteristik Bahan Bakar Minyak (BBM) Dari Limbah Plastik, 380–385.
- Surono, & Ismanto. (2016). Sampah Plastik Jenis, Pengolahan PP dan Menjadi Bahan Bakar Minyak dan Karakteristiknya. *Jurnal Mekanika Dan Sistem Termal*, *1*(1), 32–37. <https://doi.org/10.1177/0309133311417942>
- Tamilkolundu, S., & Murugesan, C. (2012). The Evaluation of blend of Waste Plastic Oil- Diesel fuel for use as alternate fuel for transportation, 66–70.