



Analisis Kinerja Kondensor Spiral Tipe VERTIKAL Pada Proses Kondensasi Hasil Pirolisis Plastik High Density Polyethylene (HDPE) Dan Polypropylene (PP)

Mahyuddin^{1*}, Kamalud Damairi¹

¹⁾ Program studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Abulyatama, Jl. Blang Bintang Lama Km.8,5 Lampoh Keudee Aceh Besar 23372, Indonesia.

*Email korespondensi : mahyuddin_mesin@abulyatama.ac.id

Diterima 25 Mei 2020; Disetujui 30 Juni 2020; dipublikasi 31 Juli 2020

Abstract: *Condenser is one of the recuperator type heat exchangers. A recuperator is one of the heat transfer devices that works where a fluid is separated by other fluids in a wall or partition that is passed by heat. According to its function the condenser can be used to condense vapor into liquid. Likewise with the vertical type spiral condenser, this model can also produce fuel that can be utilized for tertiary needs in daily life by conducting a condensation process on steam types of pyrolysis of High Density Polyethylene (HDPE) and PolyPropylene (PP) plastic. The purpose of this study was to determine the performance of vertical type spiral condensers with steam condensation resulting from the pyrolysis process of High density Polyethylene (HDPE) and PolyPropylene (PP) plastic. The writing method that the author uses to analyze and study this study refers to the experimental method. The results of the analysis showed that, steam condensation from HDPE type plastics occurred at 25 minutes after combustion with a temperature of 150⁰C inlet vapor and 33⁰C outflow, whereas PP plastic vapor occurred at 55 minutes from initial combustion with 170⁰C inlet temperature and outflow 33⁰C. The highest point of vapor condensation from HDPE and PP plastic types is at a temperature of 200⁰C with each type of plastic being burned is 3 kg. The overall volume of oil produced is 320 ml for HDPE plastic types and 340 ml for PP plastic types. Based on the results of the analysis, it can be stated that the vertical type spiral condenser is able to carry out the process of steam condensation resulting from the pyrolysis process of High density Polyethylene (HDPE) and PolyPropylene (PP) plastic.*

Keywords: *Condenser, Condensation, liquid fuel, HDPE and PP Plastic*

Abstrak: *Kondensor merupakan salah satu dari penukar panas jenis rekuperator. Rekuperator adalah salah satu alat perpindahan panas yang bekerja dimana suatu fluida terpisah oleh fluida lainnya pada suatu dinding atau sekat yang dilalui oleh panas. Menurut fungsinya kondensor dapat digunakan untuk mengembunkan uap menjadi cairan. Demikian pula halnya dengan kondensor spiral tipe vertikal, model ini juga dapat menghasilkan bahan bakar yang dapat di manfaatkan untuk kebutuhan tersier*

dalam kehidupan sehari-hari dengan cara melakukan proses kondensasi pada jenis uap hasil pirolisis plastik High density Polyethylene (HDPE) dan PolyPropylene (PP). Adapun tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kinerja kondensor spiral tipe vertikal dengan kondensasi uap hasil dari proses pirolisis plastik High density Polyethylene (HDPE) dan PolyPropylene (PP). Metode penulisan yang penulis gunakan untuk menganalisis dan mengkaji penelitian ini mengacu pada metode eksperimen. Hasil analisis menunjukkan bahwa, kondensasi uap dari plastik jenis HDPE terjadi pada waktu 25 menit setelah pembakaran dengan temperatur uap masuk 150°C dan uap keluar 33°C, sedangkan uap dari plastik jenis PP terjadi pada waktu 55 menit dari pembakaran awal dengan temperatur uap masuk 170°C dan uap keluar 33°C. Titik tertinggi terjadinya kondensasi uap dari plastik jenis HDPE dan PP yaitu pada temperatur 200°C dengan masing-masing jenis plastik yang dibakar adalah 3 kg. Volume keseluruhan minyak yang dihasilkan adalah 320 ml untuk jenis plastik HDPE dan 340 ml untuk jenis plastik PP. Berdasarkan hasil analisis, maka dapat dinyatakan bahwa kondensor spiral tipe vertikal ini mampu melakukan proses kondensasi uap hasil dari proses pirolisis plastik High density Polyethylene (HDPE) dan PolyPropylene (PP).

Kata Kunci : *Kondensor, Kondensasi, bahan bakar cair, Plastik HDPE dan PP.*

Peningkatan kuantitas sampah kota merupakan konsekuensi logis dari perkembangan kota. Peningkatan penggunaan plastik untuk keperluan rumah tangga berdampak pada meningkatnya timbunan sampah plastik. Hal ini terjadi karena perkembangan teknologi yang sangat pesat telah banyak mendorong munculnya penemuan-penemuan baru terutama pada jenis plastik dan produk-produk yang berasal dari plastik. Bahkan dalam keseharian, plastik dapat ditemui pada hampir semua barang yang digunakan oleh manusia misalnya: botol minuman, pembungkus makanan, mobil, handphone, alat-alat rumah tangga dan sebagainya. Penggunaan plastik dalam berbagai jenis produk tentunya tidak terlepas dari sampah atau limbah yang ditimbulkannya, dengan jumlah sampah plastik yang begitu banyak sebagai material non-organik, jika tidak diolah dengan baik, maka sampah plastik sangat potensial mencemari lingkungan karena merupakan bahan

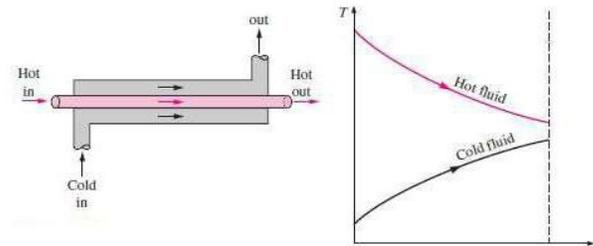
yang tidak dapat terurai dengan alam. Oleh karena itu perlu adanya alternatif proses daur ulang yang lebih menjanjikan dan berprospek ke depan. Salah satunya mengonversi sampah plastik menjadi bahan bakar minyak melalui tahap kondensasi setelah melewati tahap pembakaran.

Proses kondensasi pada hakekatnya merupakan proses pemindahan energi panas yang terkandung di dalam suatu ruangan. Sesuai dengan hukum kekekalan energi maka kita tidak dapat menghilangkan energi tetapi hanya dapat memindahkannya dari satu substansi ke substansi lainnya. Untuk keperluan pemindahan energi panas ruang dibutuhkan suatu fluida penukar kalor yang selanjutnya disebut kondensor. Pada proses daur ulang plastik, kondensor sering digunakan untuk mengembunkan uap agar dapat menjadi cairan.

Kondensor

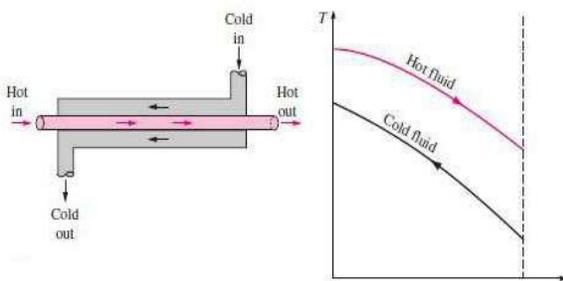
Condensor merupakan salah satu dari penukar panas jenis *rekuperator*. *Rekuperator* adalah salah satu alat perpindahan panas yang bekerja dimana suatu fluida terpisah oleh fluida lainnya oleh suatu dinding atau sekat yang dilalui oleh panas[11]. Menurut fungsinya kondensor sering digunakan untuk mengembunkan uap menjadi cairan. Kondensor yang bekerja dengan prinsip perpindahan panas akan memindahkan panas dari satu fluida ke fluida lainnya. Di dalam kondensor terjadi dua proses perpindahan panas yaitu perpindahan panas secara konduksi dan secara konveksi. Konduksi panas terjadi dari fluida panas yang memindahkan panasnya ke fluida dingin melalui perantara dinding kondensor. Konveksi panas terjadi dari perpindahan panas aliran yang dilakukan oleh aliran fluida kerja kondensor. Klasifikasi kondensor (*Heat Exchanger*) berdasarkan arah aliran fluida kerja dibagi menjadi tiga tipe yaitu aliran sejajar (*Parallel Flow*), aliran berlawanan (*counter Flow*) dan aliran silang (*cross flow*)[7]. Penukar kalor tipe aliran sejajar atau sering disebut dengan *parallel flow* yaitu penukar kalor dengan fluida panas dan fluida dingin masuk dan keluar pada arah yang sama[8]. Pada jenis ini temperatur fluida yang memberikan energi akan selalu lebih tinggi dibanding yang menerima energi sejak mulai memasuki penukar kalor hingga keluar. Dengan demikian temperatur

fluida yang menerima kalor tidak akan pernah mencapai temperatur fluida yang memberikan kalor saat keluar dari penukar kalor. Jenis ini merupakan penukar kalor yang paling tidak efektif.



Gambar 1. *Parallel Flow* (Cengel, Yunus A., 2003)

Penukar kalor tipe aliran berlawanan atau sering disebut *counter flow* yaitu penukar kalor dengan fluida panas dan dingin memasuki penukar kalor melalui ujung yang berhadapan dan mengalir dengan arah berlawanan[8]. Pada tipe ini masih mungkin terjadi bahwa temperatur fluida yang menerima kalor saat keluar penukar kalor lebih tinggi dibanding temperatur fluida yang memberikan kalor saat meninggalkan penukar kalor. Bahkan idealnya apabila luas permukaan perpindahan kalor adalah tak berhingga dan tidak terjadi rugi-rugi kalor ke lingkungan, maka temperatur fluida yang menerima kalor saat keluar dari penukar kalor bisa menyamai temperatur fluida yang memberikan kalor saat memasuki penukar kalor. Dengan teori seperti ini jenis penukar kalor berlawanan arah merupakan penukar kalor yang paling efektif.



Gambar 2. Counter Flow (Cengel, Yunus A., 2003)

Penukar kalor dengan aliran silang atau sering disebut *cross flow* yaitu penukar kalor dimana biasanya di dalam penukar kalor tersebut terjadi perpindahan antara dua fluida yang saling tegak lurus satu sama lain[8]. Contoh yang sering ditemui adalah pada radiator mobil dimana arah aliran air pendingin mesin yang memberikan energinya ke udara saling bersilangan. Apabila ditinjau dari efektivitas pertukaran energi, penukar kalor jenis ini berada diantara kedua jenis di atas. Dalam kasus radiator mobil, udara melewati radiator dengan temperatur rata-rata yang hampir sama dengan temperatur udara lingkungan kemudian memperoleh kalor dengan laju yang berbeda di setiap posisi yang berbeda untuk kemudian bercampur lagi setelah meninggalkan radiator sehingga akan mempunyai temperatur yang hampir seragam.

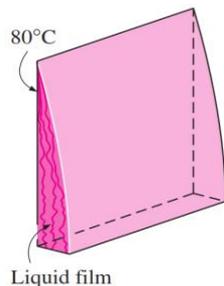


Gambar 3. Kondensor Spiral Tipe Vertikal

Kondensasi

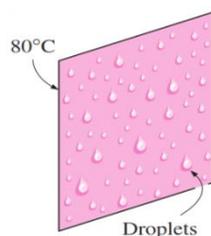
Kondensasi adalah proses pelepasan kalor dari suatu sistem yang menyebabkan uap (*vapor*) berubah menjadi cair (*liquid*). Dalam proses merubah gas menjadi cair dapat dilakukan dengan cara menaikkan tekanannya atau dengan menurunkan temperaturnya. Dari metode tersebut yang lebih murah dan mudah adalah dengan menurunkan temperatur yang biasanya menggunakan media air atau udara sebagai media pendinginannya. Kondensasi terjadi ketika uap menyentuh permukaan yang temperaturnya di bawah temperatur jenuh dari uap tersebut. Ketika kondensat cairan terbentuk pada permukaan, kondensat ini akan mengalir karena pengaruh gravitasi[2]. Jenis fenomena kondensasi dibagi menjadi dua yaitu: kondensasi film (*film wise condensation*) dan kondensasi secara tetes (*dropwise condensation*). Kondensasi film terjadi ketika cairan membasahi permukaan, menyebar dan membentuk suatu film[7]. Kondensasi jenis ini merupakan kondensasi yang umum terjadi pada kebanyakan sistem. Dalam kondensasi ini kondensat berbentuk butiran, membasahi permukaan dan jatuh bergabung membentuk lapisan cairan yang saling menyatu. Lapisan cairan yang terbentuk akan mengalir karena diakibatkan gravitasi, gesekan uap, dan lain-lain. Kondensasi film paling banyak terjadi pada aplikasi keteknikan. Aliran cairan kondensat akan memunculkan fenomena seperti aliran laminar,

aliran gelombang (*wavy*), transisi laminar-turbulen dan butiran yang jatuh pada permukaan lapisan cairan.



Gambar 4. Profil kondensasi film (Cengel, Yunus A., 2003)

Kondensasi secara tetes (*dropwise condensation*) terjadi ketika tetesan tetesan bergerak menuruni permukaan, bergabung ketika mereka bersentuhan dengan kondensat lainnya[7]. Dalam kondensasi jenis ini dibutuhkan laju transfer panas yang tinggi untuk mempertahankan terjadinya tetesan tetesan embun.



Gambar 5. Profil kondensasi tetes (Cengel, Yunus A., 2003)

Kedua jenis fenomena kondensasi tersebut mempunyai beberapa kelebihan dan kekurangan masing masing. Kondensasi secara tetes merupakan kondensasi yang sulit dilakukan atau dipertahankan secara komersial, karena dalam kondensasi ini laju transfer panas yang dibutuhkan sangat tinggi. Dengan alasan itu maka

semua peralatan didesain berdasarkan kondensasi secara film.

Fluida

Fluida adalah zat yang dapat mengalir dan menyesuaikan diri dengan tempatnya serta tidak mampu menahan pengaruh gaya geser. Fluida dapat berpindah berdasarkan perbedaan tekanan[10]. Aliran fluida adalah suatu perpindahan fluida dari titik satu ke titik yang lainnya. Dari segi mekanik, fluida dibagi menjadi dua macam yaitu statika fluida (fluida diam) dan dinamika fluida (fluida alir). Aliran fluida dapat dikategorikan menjadi tiga jenis yaitu laminar, transisi dan turbulen. Penentuan jenis aliran fluida didasarkan pada seberapa besar bilangan *Reynolds* yang dimiliki aliran fluida. Bilangan *Reynolds* merupakan bilangan tak berdimensi yang dijadikan sebagai tolok ukur suatu aliran yang dinamakan dengan laminar, transisi atau turbulen. Kondisi yang mempengaruhi besar kecilnya bilangan *Reynolds* pada suatu aliran antara lain adalah kecepatan fluida, kerapatan (*density*), viskositas dan panjang karakteristik pipa aliran fluida[6].

Pirolisis

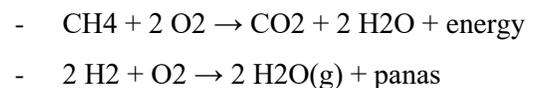
Pirolisis adalah proses dekomposisi termokimia dari material organik, yang berlangsung tanpa udara atau oksigen. Pirolisis biomassa umumnya berlangsung pada rentang

temperatur 300⁰C sampai dengan 600⁰C. Produk dari proses pirolisis ini tergantung dari beberapa faktor diantaranya temperatur pirolisis dan laju pemanasan. Secara umum produk pirolisis dapat diklasifikasi menjadi tiga jenis yaitu[2] :

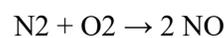
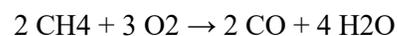
- Produk padat : berupa residu padat yang kaya kandungan karbon (char)
- Produk cair : berupa (tar, hidrokarbon, dan air)
- Produk gas (CO, H₂O, CO₂, C₂H₂, C₂H₄, C₂H₆, C₆H₆ dll).

Pembakaran adalah suatu reaksi kimia antara bahan bakar dan pengoksidasi (udara atau oksigen) yang menghasilkan panas dan cahaya. Proses pembakaran ini dapat berlangsung jika ada; bahan bakar, pengoksidasi (udara/oksigen) dan panas atau energi aktivasi[4]. Proses pembakaran biomassa melibatkan sejumlah aspek fisik dan kimia yang kompleks. Secara umum proses pembakaran tergantung pada propertis dari bahan bakar dan aplikasi pembakaran. Proses pembakaran ini dapat dibagi dalam beberapa proses yaitu pengeringan, pirolisis, gasifikasi dan pembakaran. Proses pembakaran secara keseluruhan dapat berlangsung secara kontinu, proses pengeringan dan pirolisis/gasifikasi merupakan tahap awal pada proses pembakaran bahan bakar padat. Proses pembakaran ditinjau dari jumlah pengoksidasi (udara/oksigen), dapat dibedakan menjadi pembakaran lengkap (*complete combustion*) dan pembakaran tidak

lengkap (*in complete combustion*). Proses pembakaran lengkap terjadi bila bahan bakar bereaksi dengan elemen pengoksidasi seperti udara/oksigen, dan menghasilkan senyawa yang disusun dari elemen-elemen bahan bakar dengan elemen pengoksidasi. Sebagai contoh reaksi pembakaran gas methana dengan oksigen dan pembakaran gas hidrogen dengan oksigen, sebagai berikut[5] :



Sedangkan proses pembakaran tidak lengkap terjadi bila udara/oksigen yang dibutuhkan tidak cukup untuk membakar bahan bakar secara lengkap, untuk menghasilkan karbon dioksida dan air. Pada pembakaran yang tidak lengkap, karbon dalam bahan bakar diubah menjadi gas karbon monoksida sedangkan nitrogen yang ada dalam udara pada temperatur tinggi akan berubah menjadi NO_x.



Gasifikasi adalah teknologi konversi termokimia yang mengubah bahan bakar padat menjadi gas yang mampu untuk membakar. Proses gasifikasi dan pembakaran adalah proses termokimia yang sangat berdekatan. Bila ditinjau dari reaksi kimia yang berlangsung, pada proses pembakaran menggunakan udara/ oksigen dalam jumlah yang berlebih sedangkan pada proses gasifikasi menggunakan udara/oksigen yang

terkontrol/terbatas[9]. Bahan bakar padat yang umum digunakan adalah batu bara dan biomassa, sedangkan produk utama dari hasil gasifikasi secara umum adalah gas mampu bakar seperti CO, CH₄, H₂, dan produk gas lainnya seperti CO₂. Secara umum dapat dikatakan bahwa, proses konversi termokimia gasifikasi berbeda dengan pirolisis dan pembakaran. Ketiganya dibedakan berdasarkan kebutuhan udara yang diperlukan selama proses. Dalam proses gasifikasi biomassa, jumlah udara pembakaran dibatasi antara 20% sampai 30% udara stoikiometri atau dengan Equivalent Ratio (ER) 0,2 sampai dengan 0,3. Untuk pirolisis nilai ER = 0 sedangkan untuk pembakaran nilai ER = 1[2].

Plastik

Plastik banyak dimanfaatkan untuk berbagai keperluan manusia, mulai dari keperluan rumah tangga hingga industri. Sebagai kemasan pangan, plastik digunakan mulai dari proses pengolahan pangan hingga pangan siap disantap. Penggunaan plastik sebagai pengemas pangan terutama karena keunggulannya dalam hal bentuknya yang fleksibel sehingga mudah mengikuti bentuk pangan yang dikemas; berbobot ringan; tidak mudah pecah; bersifat transparan/tembus pandang, mudah diberi label dan dibuat dalam aneka warna, dapat diproduksi secara massal, harga relatif murah dan terdapat berbagai jenis pilihan bahan dasar

plastik. Walaupun plastik memiliki banyak keunggulan, terdapat pula kelemahan plastik bila digunakan sebagai kemasan pangan, yaitu jenis tertentu (misalnya PE, PP, PVC) tidak tahan panas, berpotensi melepaskan migran berbahaya yang berasal dari sisa monomer dari polimer dan plastik merupakan bahan yang sulit terbiodegradasi sehingga dapat mencemari lingkungan. Secara garis besar terdapat dua macam plastik, yaitu resin termoplastik dan resin termoset. Resin termoplastik mempunyai sifat dapat diubah bentuknya jika dipanaskan, sedangkan resin termoset hanya dapat dibentuk satu kali saja. Beberapa nama plastik yang umum digunakan adalah HDPE (*High Density Polyethylene*), LDPE (*Low Density Polyethylene*), PP (*Polypropylene*), PVC (*Polyvinyl chloride*), PS (*Polystyrene*) dan PC (*Polycarbonate*). PE (*Polyethylene*) dan PP mempunyai banyak kesamaan dan sering disebut sebagai *polyolefin*. Untuk mempermudah proses daur ulang plastik, telah disetujui pemberian kode plastik secara internasional. Kode tersebut terutama digunakan pada kemasan plastik yang *disposable* atau sekali pakai[1]. Adapun nomor dan kode plastik akan tercantum pada produk-produk berbahan plastik seperti gambar berikut ini[3]:



Gambar 6. Nomor dan kode plastik (UNEP, 2009)

Proses kondensasi condenser spiral tipe vertikal

Uap yang dikondensasikan pada analisis dari penelitian ini adalah uap dari hasil proses pirolisis dengan jenis plastik *High Density Polyethylene* (HDPE) dan *PolyPropylene* (PP) sebanyak 3 kg dari masing-masing jenis plastic yang dibakar. Penentuan waktu pengukuran diambil berdasarkan hasil uji coba alat pada beberapa kali percobaan sebelumnya (*running test*). Data hasil observasi didapat bahwa, proses kondensasi pada kondensor spiral tipe vertikal membutuhkan skala waktu yang lama untuk menghasilkan minyak. Untuk menghasilkan minyak dari jenis uap hasil pirolisis plastik HDPE dan PP membutuhkan waktu kondensasi 25 (dua puluh lima) sampai 60 (enam puluh) menit.

Berdasarkan hasil pengamatan, pencatatan waktu kondensasi diambil dari 25 (dua puluh lima) menit pertama sampai dengan 95 (sembilan puluh lima) menit akhir dari pengukuran proses kondensasi pada kondensor spiral tipe vertikal. Berikut dapat dilihat hasil kondensasi uap dari pirolisis plastik HDPE dan PP yang ditampilkan pada tabel hasil kondensasi masing-masing berikut ini ;

1) Hasil Kondensasi Plastik HDPE dengan Temperatur Air Pendingin

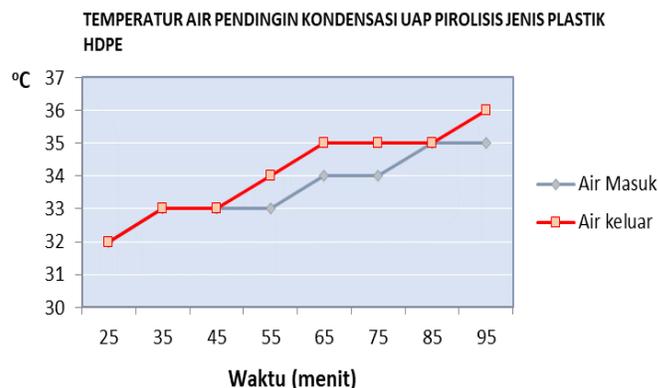
Hasil analisis pada uji kondensasi plastik HDPE menggunakan Kondensor Spiral tipe Vertikal dan hasil pengukuran temperatur air

pendingin diperoleh data sebagaimana tabel berikut ini;

Tabel 1. Hasil Kondensasi Uap Pirolisis Plastik HDPE dengan Temperatur Air Pendingin

Waktu Pengukuran (menit)	Temp. Air Pendingin (°C)		Visualisasi (Warna minyak)	Hasil Minyak (ml)
	Air Masuk (T _{iw})	Air Keluar (T _{ow})		
25	32	32	Hijau (seperti pertalite)	320
35	33	33		
45	33	33		
55	33	34		
65	34	35	Kuning (seperti minyak bimoli)	
75	34	35		
85	35	35		
95	35	36		

Perubahan temperature air kondensasi uap dari hasil pirolisis plastik HDPE dapat dilihat pada gambar grafik di bawah ini.



Gambar 7. Grafik Temperatur Air Hasil Kondensasi Uap Pirolisis plastik Jenis HDPE

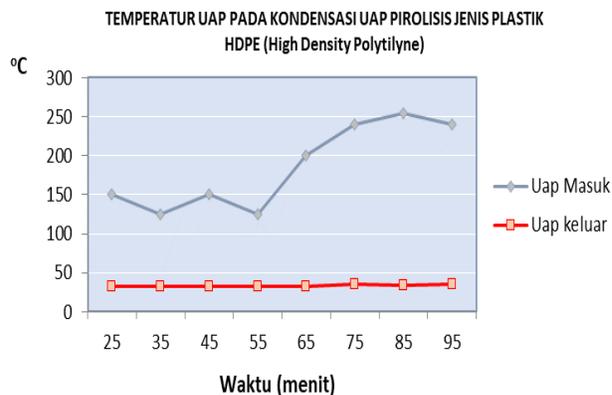
2) Kondensasi Plastik HDPE dengan Temperatur Uap

Hasil analisis untuk uji kondensasi plastik HDPE pada Kondensor Spiral tipe Vertikal dan hasil pengukuran temperatur uap diperoleh data sebagaimana tabel berikut;

Tabel 2. Hasil Kondensasi Uap Pirolisis Plastik HDPE dengan Temperatur Uap

Waktu Pengukuran (menit)	Temp. Uap ($^{\circ}\text{C}$)		Hasil Minyak (ml)
	Uap Masuk (T_{iu})	Uap Keluar (T_{ou})	
25	150	33	320
35	125	32	
45	150	33	
55	125	33	
65	200	33	
75	240	35	
85	255	34	
95	240	35	

Pada proses kondensasi uap hasil pirolisis plastik HDPE, temperatur uap masuk tertinggi adalah 255°C dan temperatur tertinggi uap keluar adalah 35°C . Perubahan temperatur uap dari hasil pirolisis plastik HDPE pada saat kondensasi dapat dilihat pada gambar grafik di bawah ini,



Gambar 8. Grafik Temperatur Uap Hasil Kondensasi Uap Pirolisis plastik Jenis *High Density Polyethylene* (HDPE)

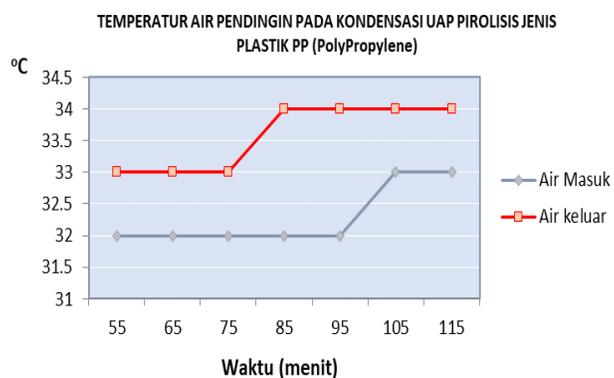
3) Hasil Kondensasi Plastik PP dengan Temperatur Air Pendingin

Untuk hasil analisis uji kondensasi plastik PP pada kondensor spiral tipe vertikal serta hasil pengukuran temperatur air pendingin diperoleh data seperti pada tabel berikut;

Tabel 3. Hasil Kondensasi Uap Pirolisis Plastik PP dengan Temperatur Air Pendingin

Waktu Pengukuran (menit)	Temp. Air Pendingin ($^{\circ}\text{C}$)		Visualisasi (Warna minyak)	Hasil Minyak (ml)
	Air Masuk (T_{iw})	Air Keluar (T_{ow})		
55	32	33	kuning langsat	340
65	32	33		
75	32	33		
85	32	34	Kuning premium	
95	32	34	Bening Tinner	
105	33	34		
115	33	34		

Perubahan temperatur air kondensasi uap dari hasil pirolisis plastik PP dapat dilihat pada gambar grafik di bawah ini,



Gambar 9. Grafik Temperatur Air Hasil Kondensasi Uap Pirolisis plastik Jenis *PolyPropylene* (PP).

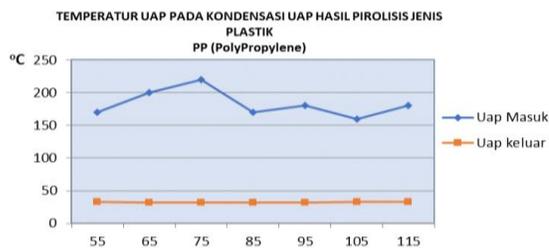
4) Kondensasi Plastik *PolyPropylene* (PP) dengan Temperatur Uap

Hasil analisis pada uji kondensasi plastik PP pada Kondensor Spiral tipe Vertikal dan hasil pengukuran Temperatur Uap diperoleh seperti yang pada tabel berikut;

Tabel 4. Hasil Kondensasi Uap Pirolisis Plastik PP dengan Temperatur Uap

Waktu Pengukuran (menit)	Temp. Uap ($^{\circ}\text{C}$)		Hasil Minyak (ml)
	Uap Masuk (T_{iu})	Uap Keluar (T_{ou})	
55	170	33	340
65	200	32	
75	220	33	
85	170	32	
95	180	32	
105	160	33	
115	180	34	

Pada proses kondensasi uap hasil pirolisis plastik *PolyPropylene* (PP) temperatur uap masuk tertinggi adalah 220°C dan temperatur tertinggi uap keluar adalah 34°C . Perubahan temperatur uap dari hasil pirolisis plastik *PolyPropylene* (PP) pada saat kondensasi dapat dilihat pada gambar grafik di bawah ini;



Gambar 10. Grafik Temperatur Uap Hasil Kondensasi Uap Pirolisis plastik Jenis *PolyPropylene* (PP)

5) Analisa Data Uji Kondensasi

Data analisis uji kondensasi 2 (dua) jenis uap hasil pirolisis plastik *High Density Polyethylene* (HDPE) dan *PolyPropylene* (PP) ditampilkan pada grafik gabungan hasil minyak dari setiap pengujian. Untuk lebih jelasnya perbandingan data hasil kondensasi kedua jenis uap plastik tersebut dapat dilihat pada tabel berikut;

Tabel 5. Data gabungan hasil minyak kondensasi kedua jenis uap plastik.

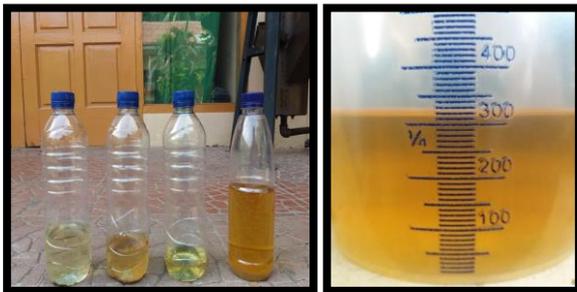
Waktu Pengukuran (menit)	Jenis Minyak	
	HDPE (ml)	PP (ml)
25	2	-
45	5	-
55	21	1
65	60	13
75	150	80
85	260	150
95	320	250
105	-	290
115	-	340

Dari tabel diatas, dapat dilihat bahwa perbedaan hasil minyak pada jenis plastik HDPE dan PP sangat jauh lebih berbeda dari segi waktu dan temperatur. Proses pengembunan uap pada jenis plastik HDPE lebih cepat dari pada plastik jenis PP, pada menit ke 25 uap plastik HDPE sudah mulai terkondensasi dan menghasilkan tetesan minyak pertama, sedangkan pada jenis plastik PP terkondensasi pada menit ke 55

sebagaimana tercantum pada tabel data hasil analisis dan pengujian.

Minyak Hasil Kondensasi

Setelah proses kondensasi selesai dimana kondisi uap sudah habis maka didapat hasil keseluruhan minyak yang di tampung dalam gelas ukur sebagai berikut :



Gambar 12. Minyak Hasil Pengujian

KESIMPULAN

Hasil analisis kinerja kondensor spiral tipe vertikal dengan kondensasi uap hasil dari proses pirolisis plastik High density Polyethylene (HDPE) dan PolyPropylene (PP) dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Kondensor spiral tipe vertikal ini memiliki bagian-bagian antara lain, *Chasing* dari kondensor, Pipa spiral, pompa air untuk mengalirkan air pendingin ke dalam kondensor dan bak penampung air hasil kondensasi secara sirkulasi.
2. Proses kondensasi uap dari plastik jenis HDPE dan PP yang dilakukan pada kondensor ini membutuhkan waktu sampai 20 hingga 55 menit untuk mendapatkan

kondensasi uap yang keluar melalui separator.

3. Melting Point dari temperatur kondensasi pada kondensor ini rata rata mencapai 200⁰C dimana minyak yang dihasilkan lebih banyak dari pada kondisi temperatur rendah.
4. Hasil analisis pada kondensor spiral tipe vertikal ini menunjukkan bahwa kondensasi uap dengan jenis plastik HDPE terjadi pada menit ke 25 dari pembakaran awal dengan temperatur uap masuk 150⁰C dan uap keluar 33⁰C sedangkan uap pada jenis plastik PP terjadi pada menit ke 55 dari pembakaran awal dengan termperatur uap masuk 170⁰C dan uap keluar 33⁰C.
5. Titik tertinggi terjadinya kondensasi dengan cepat pada jenis uap HDPE dan PP yaitu pada temperatur 200⁰C dengan masing-masing plastik yang dibakar adalah 3 kg.
6. Perbedaan hasil minyak pada jenis plastik HDPE dan PP sangat jauh lebih berbeda dari segi waktu dan temperatur, proses pengembunan uap hasil pirolisis jenis plastik HDPE lebih cepat dari pada jenis plastik jenis PP.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Plastik Sebagai Kemasan Pangan (2016), (<http://ik.pom.go.id/> v2016/ artikel/Plastiksebagaikemasanpangan

- .pdf–(diunduh Desember 2019).
- [2]. Basu, Prabir. (2010), *Biomass Gasification and Pyrolysis: Practical Design and Theory*, Academic Press, Elsevier.
- [3]. UNEP (United Nations Environment Programme), (2009) *Converting Waste Plastics Into a Resource, Division of Technology, Industry and Economics International Environmental Technology Centre*, Osaka/Shiga.
- [4]. Wardana I.N.G.,(2008). *Bahan Bakar dan Teknologi Pembakaran. PT. Dinar Wijaya, Brawijaya University Press.*
- [5]. Loo, S.V. and Koppejan, J., (2008), *The Handbook Of Biomass Combustion & Co Firing*, EARTHSCAN, London, English.
- [6]. Munson, Bruce R, Donald F. Young, Theodore H. Okiishi. (2005). *Mekanika Fluida*. Jakarta: Erlangga.
- [7]. Welty, James R, Charles E. Wicks, Robert E. Wilson, Gregory Rorrer. (2004). *Dasar Dasar Fenomena Transport*. Jakarta: Erlangga.
- [8]. Cengel, Yunus A., (2003) . *Heat Transfer : A Practical Approach Second Edition*, McGraw-Hill. New York.
- [9]. Highman, Ch. Dan Marten Van Der Burgt. (2003). *Gasification*. Gulf Professional Publishing is an imprint of Elsevier. USA.
- [10]. Ridwan. (2000). *Mekanika Fluida Dasar*. Jakarta Pusat : Gunadarma.
- [11]. Kreith, Frank. (1991). *Prinsip – Prinsip Perpindahan Panas*. Jakarta : Erlangga.