

# Karakteristik Hasil Proses Pirolisis Jenis Plastik HDPE 50% LDPE 50% Menggunakan Katalis Lampung Dan Katalis Klaten Menggunakan SPSS, Anssysfluent

Jarot Aji Pangestu<sup>1</sup>, Nuryoswito<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Nusantara PGRI Kediri  
E-mail: aji19@gmail.com<sup>1</sup>, nuryoswito@unpkdr.ac.id<sup>2</sup>

**Abstrak** - Penelitian ini dilakukan karena membanyaknya sampah plastik yang kurang dimanfaatkan oleh masyarakat. Dengan dilakukannya penelitian yang bahan utamanya dari jenis sampah plastik, yang nantinya di gunakan untuk bahan bakar motor semoga bisa mengurangi sampah plastic yang kurang dimanfaatkan oleh masyarakat. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui karakteristik bahan bakar alternatif hasil proses pirolisis plastik HDPE dan LDPE menggunakan katalis lampung dan klaten. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental nyata. Dengan bahan sebagai variable bebas, dan viskositas, densitas dan flash point sebagai variable terkait serta suhu kondensor dan suhu pada reactor sebagai variable control. Pada hasil penelitian yang sudah dilakukan menghasilkan nilai campuran hasil pirolisis terhadap katalis lampung dan klaten. Pada katalis lampung memiliki Viskositas 1,19cst, Densitas 725gr/ml, Flash Point 1,85oc dan memiliki nilai kalor 10.775 kal/gr, sedangkan pada katalis klaten memiliki karakter Viskositas 1,21cst, Densitas 730gr/ml, Flash Point 2,65oc dan nilai kalornya 10.531kal/gr.

**Kata Kunci** — Karakteristik hasil pirolisis jenis plastic HDPE dan LDPE.

## 1. PENDAHULUAN

Penggunaan plastik dan barang-barang berbahan dasar plastik semakin meningkat seiring berkembangnya teknologi, industri dan juga jumlah populasi penduduk. Di Indonesia, kebutuhan plastik terus meningkat hingga mengalami kenaikan rata-rata 200 ton per tahun. Akibat dari peningkatan penggunaan plastik ini adalah bertambah pula sampah plastik. Berdasarkan asumsi Kementerian Lingkungan Hidup (KLH), setiap hari penduduk Indonesia menghasilkan 0,8 kg sampah per orang atau secara total sebanyak 189 ribu ton sampah/hari [1]

HDPE (High Density Polyethylene) merupakan kode untuk barang-barang berbahan plastik yang paling sering kita temukan dalam kehidupan sehari-hari. Adapun barang-barang tersebut seperti botol minum, botol soda, botol minyak, botol saus, tempat selai kacang, kotak obat, sisir dan masih banyak lagi. Tempat makan atau tempat minum yang diberi kode ini sebaiknya hanya digunakan satu kali, dan jangan disimpan di tempat yang terlalu panas. Karena dapat membahayakan kesehatan [2]

LDPE merupakan jenis plastik yang diproduksi pada suhu tinggi (200-300°C) dan tekanan etilena superkritis (130–260 MPa), menggunakan bantuan radikal bebas peroksida. LDPE memiliki rantai panjang dan bercabang dengan massa jenis bervariasi antara 0.915 sampai 0.925 g/cm<sup>3</sup>. Plastik jenis ini banyak digunakan sebagai pembungkus makanan karena memiliki sifat yang lentur namun kuat [3]

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik hasil produk pirolisis menggunakan plastik jenis HDPE 50% dan campuran jenis LDPE 50% menggunakan Katalis Lampung dan Katalis Klaten dengan SPSS dan ANSYSFLUENT.

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1 Metodologi Penelitian

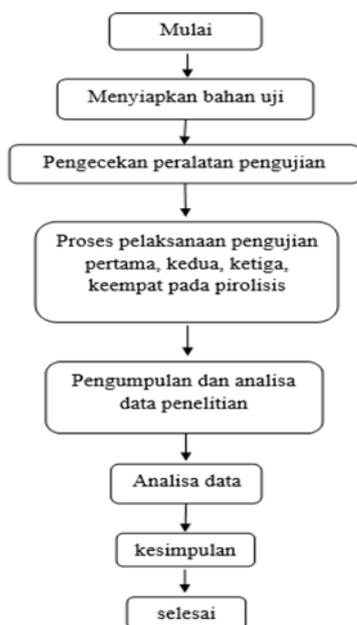
Metode yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan metode eksperimen. Penelitian eksperimen adalah metode penelitian yang digunakan untuk mencari pengaruh perlakuan tertentu terhadap yang lain dalam kondisi-kondisi yang terkendalikan.

### 2.2 Identifikasi Variabel

Dengan bahan sebagai variabel bebas dan viskositas, densitas dan flash point sebagai variabel terikat serta suhu kondensor dan tekanan pada reaktor sebagai variabel control.

### 2.3 Alur Penelitian

Dalam penelitian ini adapun alur penelitian dari mulai mempersiapkan bahan hingga pengambilan data dapat digambarkan seperti gambar dibawah ini :



**Gambar 1.** Alur Penelitian

Keterangan :

1. persiapan bahan baku plastik HDPE 50%, LDPE 50% mempersiapkan alat-alat yang dibutuhkan.
2. persiapan peralatan alat-alat untuk melakukan pengujian pirolisis
3. masukan bahan pengujian yang nantinya sebagai proses awal dari pengujian plastik HDPE 50% yang kedua plastik LDPE 50%.
4. setelah proses pengujian selesai hasil produksi dari proses pirolisis akan diuji dengan di uji laboratoryum untuk mengetahui karakteristik darik bahan bakar hasil dari pirolisis dari bahan plastic campuran HDPE 50% dan LDPE 50%
5. pengumpulan data adalah setelah mendapat hasil data yang diperoleh nantinya dikumpulkan datanya.
6. analisa data adalah setelah pengumpulan data lalu lakukan analisis data.
7. kesimpulan proses akir dari pengujian adalah menyimpulkan data yang dianalisa.

#### 2.4 Bahan dan Peralatan.

Dalam penelitian ini bahan yang digunakan adalah limbah botol plastik bekas jenis LDPE dan HDPE yang sudah dibersihkan dan dipotong kecil-kecil dicampur.demngan persentase campuran plastik HDPE 50% dan LDPE 50% dengan di campur katalis Klaten dan Katalis Lampung.

##### 1. Plastik LDPE

Plastik jenis Low Density Polypropylene (LDPE) banyak dipakai untuk membuat tempat makanan, plastik kemasan, botol-botol yang lembek, tutup plastik, kantong/tas kresek dan plastik tipis lainnya. Luasnya penggunaan ini mengakibatkan jumlah limbah jenis plastik LDPE sangat besar

sehingga potensial digunakan sebagai bahan baku konstruksi, seperti untuk pembuatan paving blok beton (bata beton). Plastik LDPE mempunyai sifat fleksibilitas yang baik, kuat, serta memiliki resistensi yang baik terhadap reaksi kimia [4]

##### 2. Plastik HDPE

High-density polyethylene (HDPE) atau polyethylene high-density (PEHD) adalah polietilena termoplastik yang terbuat dari minyak bumi. Kadang-kadang disebut "alkathene" atau "polythene" bila digunakan untuk pipa. Dengan rasio kekuatan-ke-kerapatan tinggi, HDPE digunakan dalam produksi botol plastik, pipa tahan korosi, geomembran, dan kayu plastic [5]

##### 3. Katalis

Tabel 1. Data Kandungan Katalis Klaten [6]

Katalis Klaten		
Compound	Conc	Unit
Al	7,6	0%
Si	50,8	0%
K	3,84	0%
Ca	17,8	0%
Ti	1,52	0%
V	0,06	0%
Mn	0,26	0%
Fe	17,2	0%
Cu	0,23	0%
Zn	0,072	0%

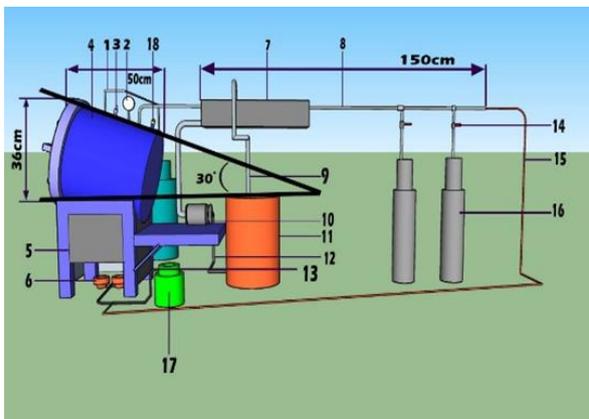
Tabel 2. Data Kandungan Katalis Lampung[6]

Katalis Lampung		
Compound	Conc	Unit
Al	2,2	0%
Si	12	0%
K	0,49	0%
Ca	0,55	0%
Ti	0,36	0%
V	0,03	0%
Mn	3,86	0%
Fe	77,92	0%
Cu	1,1	0%
Zn	0,43	0%

Pada tabel di atas terdapat dua jenis katalis, yaitu Katalis Klaten dan Katalis Lampung. Dari tabel diatas adalah hasil uji laboratorium (ITS) Surabaya menghasilkan nilai kandungan katalis dari klaten dan katalis lampung. Dua katalis tersebut memiliki perbedaan yang di bedakan melalui hasil

suhu, kelembaban, dan berat. Pada katalis Klaten memiliki Suhu 23,0 C, Kelembaban 51%, dan Berat sebesar 7,5400 gram, sedangkan pada katalis Lampung memiliki Suhu 24,0 C, Kelembaban 46% dan Berat sebesar 13,5844 gram. Beberapa hasil tersebut di peroleh dari perhitungan senyawa yang memiliki hasil yang berbeda [6]

### 5. Instalasi Alat Pirolisis



Gambar 2. Instalasi peralatan pengujian pirolisi

Keterangan:

1. Nitrogen
2. Manometer
3. Katup Otomatis tekanan tinggi
4. Reaktor
5. Pondasi
6. Kompor
7. Kondensor
8. Pipa logam
9. Selang keluaran air kondensor
10. Pompa
11. Wadah air kondensor / bak
12. Selang masukan air kondensor
13. Regulator
14. Valve
15. Selang LPG
16. Penampung hasil pirolisis
17. Gas LPG
18. Termokopel

Adapun persiapan pengujian pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

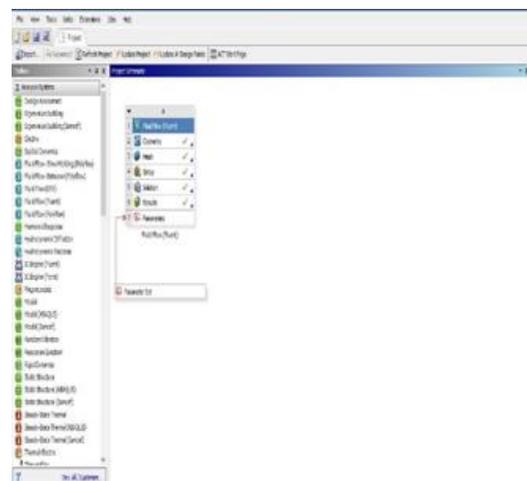
#### Langkah proses produksi pirolisis

- a. Memasukan bahan naku kedalam reaktor.
- b. Tabung reaktor dipanasi dengan kompor, nyalakan api sampai suhu 400°C.
- c. Untuk sementara waktu kran ditutup dengan waktu 15-20 menit agar tabung reaktor menjadi vakum setelah itu kran yang menuju kondensor dibuka.
- d. Suhu diukur dengan termocouple digital.
- e. Kondensor dialiri air secara terus menerus selama proses pengujian berjalan dengan suhu 17-26°C.

- f. Setelah pipa di turunkan suhu dengan kondensor gas dan cairan akan turun pada bagian output kondensor.
- g. Gas akan mengalir melalui pipa bagian atas dan cairan akan mengalir melalui pipa bagian bawah.
- h. Tunggu kurang lebih 2 jam.
- i. Setelah selesai akan mendapatkan hasil produk pirolisis dari bahan LDPE 50% dan HDPE 50% dengan campuran Katalis Klaten dan Katalis Lampung.
- j. Lakukan uji pengolahan data dengan program Ansysys .
- k. Setelah melakukan pengujian dan catat hasil dari perbandingan tersebut.

### 7. Program Ansys

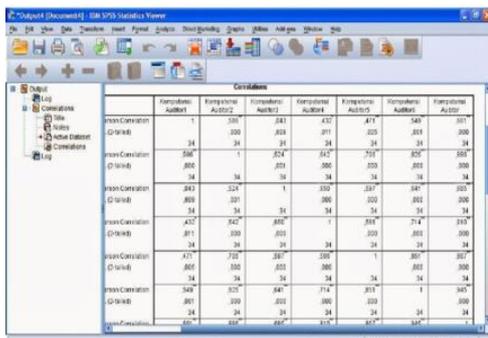
Ansys merupakan salah satu software yang digunakan oleh engineer teknik mesin dalam menganalisa, mendisain dan menyelesaikan kasus-kasus yang dihadapi yang berkenaan dengan analisa struktur, thermal, dan fluida, sehingga dalam mendisain suatu konstruksi yang sulit dan kokoh dapat diperoleh lebih akurat serta dalam memilih bahan dapat memperhatikan faktor estetika dan finansial yang ditimbulkan oleh suatu design tersebut sehingga memerlukan peningkatan pengetahuan tentang sifat bahan dan perilaku mekaniknya Pengujian eksperimen, analitik dan numerik perlu dilakukan untuk mengetahui sifat dan karakter suatu material [7]



Gambar 3. Program ansys [8]

### 8. SPSS

SPSS (*Statistical Program for Social Science*) merupakan paket program yang berguna untuk menganalisis data statistik. SPSS dapat digunakan untuk hampir seluruh file data dan sekaligus membuat laporan dalam bentuk tabulasi, grafik, dan plot untuk berbagai distribusi maupun statistic deskriptif



Gambar 4. Program SPSS [9]

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil penelitian pirolisis yang dilakukan dengan menggunakan bahan plastik LDPE 50% dan HDPE 50% dengan campuran Katalis Klaten dan Katalis Lampung diperoleh data sebagai berikut :

Tabel 3. Hasil pirolisis campuran katalis lampung dan katalis klaten

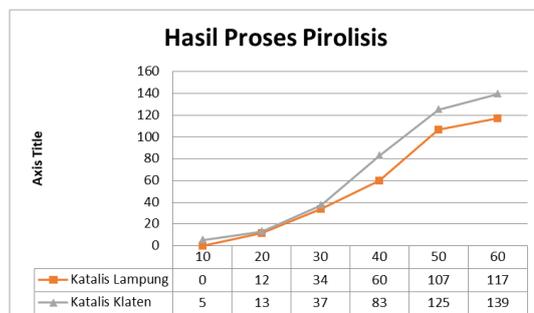
LDPE 50% dan HDPE 50% dengan Katalis Lampung				
Suhu Kompor °C	Suhu Air °C	Suhu Kondensor °C	Suhu Out Kondensor °C	Suhu Out Reaktor °C
308	22	25	25	35
460	23	25	25,6	40
540	24	26	26,4	48
350	24	26	25	39
470	25	27	25,9	42
510	25,6	27	27	62

LDPE 50% dan HDPE 50% dengan Katalis Klaten

Suhu Kompor °C	Suhu Air °C	Suhu Kondensor °C	Suhu Out Kondensor °C	Suhu Out Reaktor °C
304	22	25	25,8	30
450	22	25	25,8	35
525	22	26	26,9	53
302	24	26	25	33
450	25	27	25	35
500	25,8	27	25,4	56

#### 1. Pengaruh campuran jenis katalis terhadap hasil pirolisis

Hubungan antara temperatur, waktu dan hasil cair yang diperoleh akan dijelaskan melalui grafik x dan y berikut ini :



Gambar 5. Pengaruh Temperatur Terhadap Proses Pirolisis

Dari grafik diatas yang memiliki hasil terbanyak merupakan campuran dari katalis Klaten dengan 139 ml dengan waktu 60 menit dan suhu temperatur 400 °C

Tabel 4. Pengaruh temperatur terhadap pirolisi

Time	Katalis	
	Lampung	Klaten
10	0	5
20	12	13
30	34	37
40	60	83
50	107	125
60	117	139

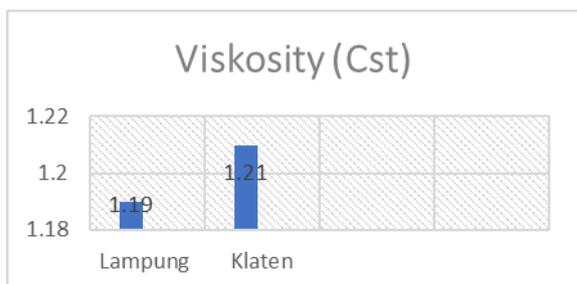
#### 2. Pengaruh jenis campuran katalis terhadap nilai viskositas

Viskositas adalah nilai yang diukur dari daya hambatan aliran yang dialami suatu fluida pada suatu tekanan tertentu, biasanya sering disebut kekentalan atau penolakan terhadap penuangan. Contoh sederhananya yaitu membandingkan air dengan oli, tentu air akan lebih cepat mengalir jika dibandingkan dengan oli, dikarenakan kekentalan yang dimiliki oli lebih tinggi dari air.

Sehingga dapat kita simpulkan bahwa semakin tinggi viskositas suatu cairan maka semakin susah cairan tersebut untuk bergerak mengalir begitupun sebaliknya. Dalam penelitian ini viskositas akan diukur dengan menggunakan viskotester. Sejumlah cairan akan dituang ke dalam wadah kemudian saklar dihidupkan untuk menyalakan rotor. Rotor akan terus bergerak mengaduk cairan dan jarum indicator juga akan terus bergerak. Bila jarum pada indicator sudah menunjukkan posisi steady maka hasil akan di ketahui.

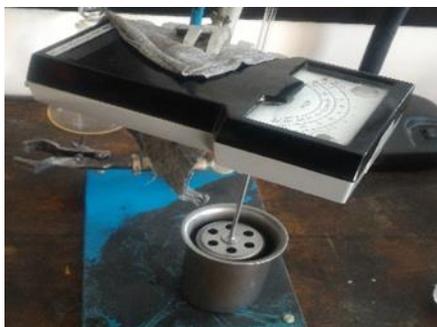
Tabel 5. Hasil campuran katalis terhadap viskositas

Bahan	Plastik LDPE 50% dan HDPE 50%	
	Lampung	Klaten
Jenis Katalis	Lampung	Klaten
Viscositas (cSt)	1,19	1,21



Gambar 6. Pengaruh Campuran Katalis Terhadap Nilai Viskositas

Semakin rendah nilai viskositas yang dimiliki cairan maka cairan tersebut semakin encer. Nilai viskositas dari bahan plastik LDPE 50% dan HDPE 50% dengan campuran katalis Lampung memiliki nilai terendah sebesar 1,19 cSt . Sedangkan nilai tertinggi sebesar 1,32 cSt pada campuran katalis Klaten. Berikut adalah alat viskotester :



Gambar 7. Alat Viskotester

### 3. Pengaruh temperatur terhadap nilai densitas

Densitas adalah pengukuran massa setiap satuan volume benda. Semakin tinggi massa jenis suatu benda, maka semakin besar pula massa setiap volumenya. Massa jenis rata-rata setiap benda merupakan total massa dibagi dengan total volumenya.

Sebuah benda yang memiliki massa jenis lebih tinggi (misalnya besi) akan memiliki volume yang lebih rendah daripada benda bermassa sama yang memiliki massa jenis lebih rendah (misalnya air). Satuan SI massa jenis adalah kilogram per meter kubik ( $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ). Massa jenis berfungsi untuk menentukan zat. Setiap zat memiliki massa jenis yang berbeda. Dan satu zat berapapun massanya berapapun volumenya akan memiliki massa jenis

yang sama. Rumus untuk menentukan massa jenis adalah dengan.

$$\rho = \frac{m}{v}$$

$\rho$  adalah massa jenis,

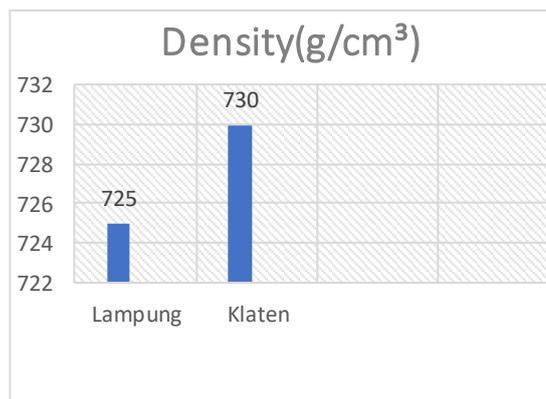
$m$  adalah massa,

$V$  adalah volume.

Satuan massa jenis dalam 'CGS (centi-gram-sekon)' adalah: gram per sentimeter kubik ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ),  $1000 \text{ g}/\text{cm}^3 = 1 \text{ kg}/\text{m}^3$  [10]

Tabel 6. Hasil perhitungan densitas

Jenis Campuran Katalis	Massa erlemeyer (Kg)	Massa Erlemeyer + Cairan (Kg)	Massa Cairan (Kg)
Lampung	0,073	0,148	0,0725
Klaten	0,073	0,147	0,0730



Gambar 8. Pengaruh Campuran Katalis Terhadap Nilai Densitas

Besarnya nilai densitas masih erat kaitannya dengan nilai viskositas, jika semakin tinggi nilai viskositasnya maka semakin besar juga nilai densitasnya. Dari bahan plastik LDPE 50% dan HDPE 50% yang digunakan sebagai penelitian nilai densitas terendah ada pada campuran Katalis Lampung dengan nilai  $0,0725 \text{ kg}/\text{m}^3$ . Sedangkan nilai densitas tertinggi adalah  $0,0730 \text{ Kg}/\text{m}^3$  pada temperatur Pada campuran katalis Klaten.

### 4. Pengaruh campuran jenis katalis terhadap nilai flash point

*Flash point* adalah fraksi dimana bahan bakar akan menguap dan menimbulkan api bila terkena percikan api dan kemudian mati dengan sendirinya dengan rentan waktu yang cepat. Hal ini disebabkan karena pada kondisi tersebut belum mampu untuk membuat bahan bakar bereaksi dan menghasilkan api yang kontiniu. *Flash point* dapat ditentukan dengan melakukan pemanasan yang tetap terhadap suatu fraksi bahan bakar, setelah mencapai

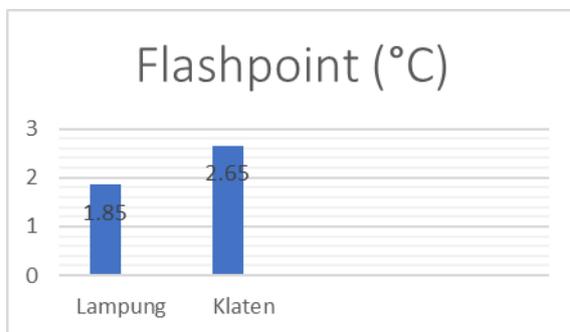
titik suhu tertentu maka fraksi tersebut akan mengalami penguapan.

Semakin tinggi *flash point* suatu fraksi maka akan sulit untuk terbakar begitupun jika fraksi memiliki *flash point* rendah berarti akan mudah terjadi pembakaran. Dalam penelitian ini *flash point* akan diukur dengan menggunakan alat *flash point tester*.

Tabel 7. Temperatur terhadap nilai *flash point*

Jenis Katalis	Lampung	Klaten
Flash Point (°C)	1,85	2,65

Dari tabel diatas dapat digambarkan grafik sebagai berikut :



Gambar 9. Pengaruh temperatur terhadap nilai *flash point*

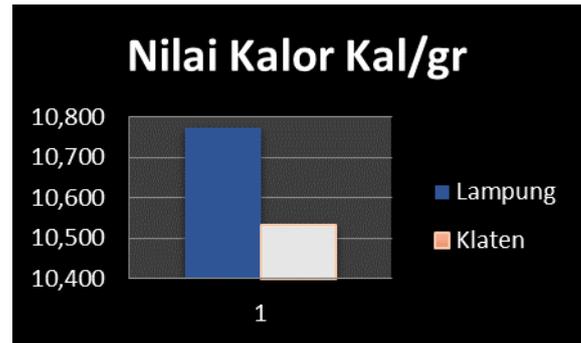
*Flash point* dari bahan plastik campuran HDPE 50% dan LDPE 50% memiliki nilai terendah terdapat pada campuran Katalis Lampung dengan nilai 1,85°C. Sedangkan nilai *flash point* tertinggi terdapat pada campuran dengan katalis Klaten dengan nilai 2,65°C. Berikut adalah alat yang digunakan untuk mengukur *flash point* :

### 5. Pengaruh campuran jenis katalis terhadap nilai Kalor

Dari hasil penelitian dengan menggunakan analisa proximate di laboratorium maka di peroleh hasil analisa Ash Content pada yang di ambil dari hasil pyrolisis dari plasti Campurab HDPE 50% dan LDPE 50% dengan menggunakan campuran katalis Lampung dan Klaten menentukan nilai kalor dengan menggunakan alat isoperibol Bomb Calorimeter Parr 6200 dapat dilihat pada Tabel

Tabel 8. pengaruh campuran katalis terhadap nilai kalor

Nilai Kalor Kal/gr	
Lampung	10.773
Klaten	10.532



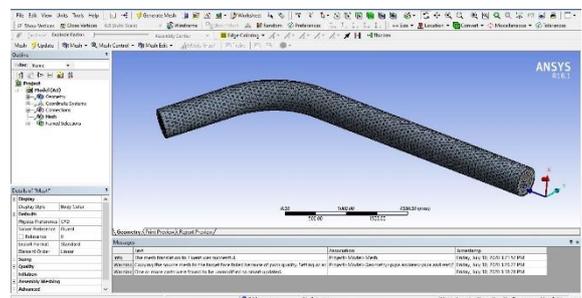
Gambar 10. pengaruh campuran katalis terhadap nilai kalor

Dari kedua perbandingan ini yang memiliki nilai Kalor tertinggi adalah dari campuran Katalis Lampung dengan memiliki nilai 10,773 sedangkan campuran dari katalis Klaten 10,532

Dari ketiga sifat karakteristik bahan plastik campuran HDPE 50% dan LDPE 50% memiliki campuran katalis optimum yang berbeda. Sifat karakteristik yang dimiliki bahan plastik HDPE 50% dan LDPE 50% memiliki nilai viskositas, densitas, dan *flash point* terendah rata-rata pada campuran katalis Lampung. Dalam penelitian ini kualitas cairan hasil pirolisis yang terbaik adalah dengan warna merah jernih tanpa adanya endapan

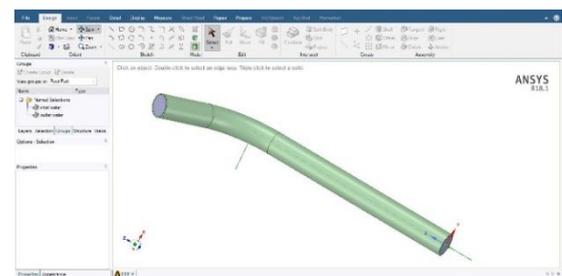
### Program ANSYS

Pada program Ansys ini kita dapat mensimulasikan suatu benda atau objek dan dapat mengetahui laju alirannya, kekuatan benda, dan lain-lain. Dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



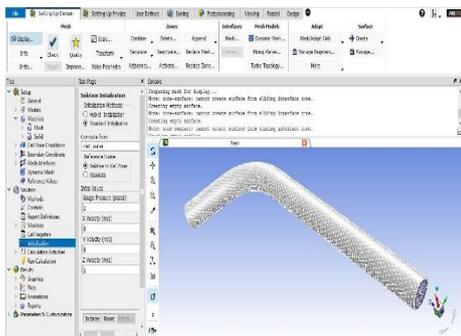
Gambar 11. Geometry

Dapat dilihat dari gambar diatas di Geometry pipa di gambar dan ditentukan panjang pipa, besar pipa, dan diameter pipa. Gambar pipa juga bisa langsung di import dari Auto Cad atau Solid Work.



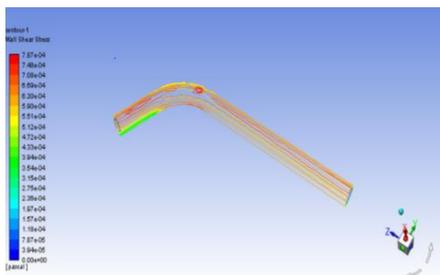
Gambar 12. Mesh

Dapat dilihat dari gambar diatas di Mesh pipa langsung dapat diatur bahan material pipa tersebut dan mengatur inlet dan outlet cairan yang akan melalui pipa tersebut.



Gambar 13. Setup,Solution,Result

Dapat dilihat dari gambar diatas di Setup pipa langsung dapat dimasukan materialnya , model aliran fluidanya, boundary conditions, dan reference values nya. Kemudian di Solution pipa langsung dapat dimasukan metode, solution initialization, pressure gauge, dan kecepatan aliran nya. Dan di Result dapat diketahui untuk graphics, plots, dan animations nya yang berupa cairan yang mengalir melalui pipa tersebut.



Gambar 14. Pipa Aliran

Dari gambar diatas dapat di lihat bahwa pipa aliran yang bergaris merah menunjukkan bahwa dinding pipa tersebut terlalu sering bergesekan dengan fluida, dan pipa bergaris warna hijau menandakan bahwa fluida yang melewati pipa cenderung lebih sedikit bergesekan di bagian dinding pipa yang berwarna hijau tersebut. Dapat di simpulkan bahwa gesekan antara fluida dengan dinding pipa tersebut yang paling besar dibagian belokan pipa, Jadi jika semakin besar tekanan dan panas nya suhu pada fluida akan mempengaruhi tekanan pada material pipa.

#### 4. SIMPULAN

Hasil penelitian yang telah dilakukan, pada campuran Katalis Lampung minyak hasil pirolisis dari bahan Plastik campuran LDPE 50% dan HDPE 50% dengan campouran Katalis Lampung berwarna merah tua jernih, mempunyai nilai viskositas 1,19 cSt, Densitas 0,075Kg/m<sup>3</sup>,Flash point 1,85°Cdan Nilai Kalor 10,773 Kal/gr. selanjutnya pada campuran katalis Klaten minyak hasil pirolisis

Minyak hasil Pirolisis dengan Campuran Plastik LDPE 50% dan HDPE 50% berwarna merah tua jernih dengan sedikit endapan tetapi tidak sejernih dengan campuran katalis Lampung dengan nilai viskositas 1,21 cSt, Densitas 0,0730Kg/m<sup>3</sup> ,Flash point 2,65°C dan Nilai Kalor 10,532 Kal/gr.

#### 5. SARAN

Untuk memperoleh hasil yang lebih maksimal pada penelitian selanjutnya, maka perlu adanya peningkatan, adapun saran dari peneliti adalah sebagai berikut:

1. Untuk mendapatkan hasil bahan bakar cair yang lebih maksimal, maka penelitian selanjutnya disarankan untuk menjaga kenaikan temperatur pada reaktor secara konstan. Sedangkan kondensor dibuat vertikal dan volumenya lebih besar. Untuk pipa yang ada di dalam kondensor diameternya lebih kecil dan berbentuk melingkar atau spiral, supaya luas penampang yang terkondensasi lebih banyak dan waktu kondensasi lebih lama.
2. Jumlah air yang digunakan pada sistem pendingin harus memiliki volume 3 kali lebih banyak dari pada volume air pada kondensor. Selain itu untuk menghasilkan hasil yang maksimal, konstruksi kondensor sebaiknya lebih rendah dari Posisi Tabung reaktor

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Hasibuan, “Analisis dampak limbah/sampah rumah tangga terhadap lingkungan hidup,” *J. Ilm. “Advokasi,”* vol. 04, no. 01, pp. 42–52, 2016.
- [2] M. Arief Rizqy and Nursyamsi, “Pembuatan Beton Ringan Beragregat Limbah Plastik High Density Polyethylene (Hdpe) Dengan Penambahan Silica Fume,” 2014.
- [3] R. P. Liestiono, M. S. Cahyono, W. Widyawidura, A. Prasetya, and M. Syamsiro, “Karakteristik Minyak dan Gas Hasil Proses Dekomposisi Termal Plastik Jenis Low Density Polyethylene ( LDPE ),” *J. Offshore,* vol. 1, no. 2, pp. 1–9, 2017.
- [4] P. N. Sriwijaya, P. Seminar, and M. Teknik, “Dihasilkan Design Induction Heater Of Pyrolysis To Convert Plastic Waste Into Liquid Fuel In Terms Of Product,” vol. 01, no. 01, pp. 77–80, 2020.

- [5] S. Suprayitno, S. W. Mudjanarko, and ..., "Studi Penggunaan Variasi Campuran Material Plastik Jenis High Density Polyethylene (Hdpe) Pada Campuran Beraspal Untuk Lapis ...," ... *J. Tek. Sipil* ..., vol. 8, pp. 222–233, 2019, [Online]. Available: <https://www.ejournal.warmadewa.ac.id/index.php/paduraksa/article/view/1410>.
- [6] A. Danang *et al.*, "Investigasi Hasil Pirolisis Jenis Plastik Pet Menggunakan Katalis Zeolit dengan Metode ANSYS Fluent," pp. 309–314, 2020.
- [7] F. Greifzu, C. Kratzsch, T. Forger, F. Lindner, and R. Schwarze, "Assessment of particle-tracking models for dispersed particle-laden flows implemented in OpenFOAM and ANSYS FLUENT," *Eng. Appl. Comput. Fluid Mech.*, vol. 10, no. 1, pp. 30–43, 2016, doi: 10.1080/19942060.2015.1104266.
- [8] O. Rybdylova *et al.*, "A model for droplet heating and its implementation into ANSYS Fluent," *Int. Commun. Heat Mass Transf.*, vol. 76, pp. 265–270, 2016, doi: 10.1016/j.icheatmasstransfer.2016.05.032.
- [9] R. Levesque, *SPSS Programming and Data Management, 2nd Edition A Guide for SPSS and SAS Users.* .
- [10] T. Landi and A. Arijanto, "Perancangan Dan Uji Alat Pengolah Sampah Plastik Jenis Ldpe (Low Density Polyethylene) Menjadi Bahan Bakar Alternatif," *J. Tek. Mesin Undip*, vol. 5, no. 1, pp. 1–8, 2017.