

PENGARUH TEMPERATUR DAN LAMA PEMANASAN TERHADAP MINYAK HASIL
 PYROLYSIS BAHAN PLASTIK JENIS *POLYSTYRENE*

*THE EFFECT OF TEMPERATURE AND HEATING LENGTH ON OIL PRODUCED FROM
 PYROLYSIS OF POLYSTYRENE PLASTIC MATERIALS*

Indah Pratiwi¹⁾, Dian Kurnia Sari²⁾

¹⁾ Program Studi Teknik Energi Politeknik Negeri Sriwijaya, 30257, Indonesia

²⁾ Program Studi Teknik Analisis Laboratorium Migas Politeknik Akamigas Palembang, 30257, Indonesia

Corresponding Author E-mail: *indahp@polsri.ac.id* dan *dian_ks@pap.ac.id*

Abstract: The amount of fossil energy source, such as petroleum, keeps decreasing and it is one of the non-renewable energy sources. Polystyrene is one of plastic waste, which is an environmental pollutant, yet can be used as an alternative energy that can be renewed as a substitute for fossil energy source. This can be done by the pyrolysis process. In this study, an analysis was carried out on the effects of temperature and heating time on the oil produced by pyrolysis of plastic polystyrene. This study aims to investigate the effects of temperature on the reactor and to determine the effects of heating time on the amount of fuel oil produced from the pyrolysis process at the Laboratory of Polytechnic of Akamigas Palembang. The results showed that in the pyrolysis Initial Boiling Point process at the temperature of 300°C, with heating time 25 minutes, and pressure 62 psig, 67 ml of oil volume was produced, while the End Point occurred at the temperature 512°C, with heating time 95 minutes, and pressure 83 psi, produced 260 ml of oil volume. At each increase in temperature, heating time and pressure, the volume of oil produced also increased. The parameter used in this research is Copper Strip Corrosion which serves to determine the level of corrosion in pyrolysis oil.

Keywords: Pyrolysis, Boiling Point, End Point, Copper Strip Corrosion.

Abstrak: Sumber energi fosil yaitu berupa minyak bumi semakin hari mengalami penurunan jumlah dan merupakan salah satu sumber energi yang tidak dapat diperbaharui. Limbah Plastik salah satunya yaitu polystyrene yang keberadaannya menjadi pencemar lingkungan tetapi bisa dimanfaatkan sebagai energi alternatif yang bisa diperbaharui sebagai pengganti sumber energi fosil yaitu dengan melewati proses pyrolysis. Pada penelitian kali ini dilakukan analisa terhadap pengaruh temperatur dan lama pemanasan terhadap minyak hasil pyrolysis bahan plastik jenis polystyrene. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh temperatur pada reactor dan untuk mengetahui pengaruh lama pemanasan terhadap jumlah bahan bakar minyak yang dihasilkan dari proses pyrolysis di Laboratorium Politeknik Akamigas Palembang. Hasil Penelitian menunjukkan nilai bahwa pada proses pyrolysis Initial Boiling Point terjadi pada suhu 300°C dengan lama pemanasan 25 menit, dan tekanan sebesar 62 psig menghasilkan volume minyak sebesar 67 ml sedangkan End Point terjadi pada suhu 512°C dengan lama pemanasan 95 menit dan tekanan sebesar 83 psi menghasilkan volume minyak sebesar 260 ml. Pada setiap kenaikan temperatur, lama pemanasan dan tekanan jumlah volume minyak yang dihasilkan semakin meningkat. Parameter yang digunakan pada penelitian ini yaitu Copper Strip Corrosion yang berfungsi untuk mengetahui tingkat korosifitas pada minyak hasil pyrolysis.

Kata kunci: Pirolisis, Titik Didih, Titik Akhir, Korosi Strip Tembaga.

1. PENDAHULUAN

Energi fosil khususnya minyak bumi, merupakan sumber energi utama dan sumber devisa negara. Hal ini menunjukkan bahwa cadangan energi fosil yang dimiliki Indonesia jumlahnya terbatas. Sementara itu, konsumsi energi terus meningkat seiring dengan laju pertumbuhan ekonomi dan penambahan penduduk. Dengan demikian sumberdaya alam

yang mampu menghasilkan energi semakin terkuras, karena sebagian besar sumber energi berasal dari sumberdaya yang tidak terbarukan, misalnya minyak bumi, gas dan batubara. Cadangan energi Indonesia hanya dapat bertahan beberapa puluh tahun lagi.

Limbah plastik adalah limbah anorganik yang terdiri dari bahan-bahan kimia yang sangat berbahaya terhadap lingkungan,

karena sulitnya terurai dan membutuhkan waktu sampai puluhan tahun untuk terurai. Oleh karena itu, perlu adanya alternatif proses daur ulang yang lebih menjanjikan dan berprospek ke depan. Salah satunya mengkonversi limbah plastik menjadi minyak. Hal ini bisa dilakukan karena pada dasarnya plastik berasal dari minyak bumi. Selain itu, plastik juga mempunyai nilai kalor cukup tinggi mengandung senyawa organik, yaitu hidrokarbon alifatik setara dengan bahan bakar fosil seperti bensin dan solar, sehingga dapat dimanfaatkan sebagai bahan-bakar alternatif. [1].

2. TEORI DASAR

Salah satu metoda pengolahan limbah plastik yang dapat digunakan untuk mereduksi limbah adalah metoda *pyrolysis*. Metoda *pyrolysis* dapat digunakan untuk mengolah limbah yang berasal dari rumah tangga, seperti: limbah campuran atau makanan, limbah buah dan sayur, limbah kertas, limbah plastik dan limbah tekstil. Cairan yang dihasilkan dari proses *pyrolysis* merupakan campuran kompleks senyawa organik antara lain *stirena*, *etil benzena*, *toluena*, dan lainnya.

Proses *pyrolysis* menghasilkan padatan yang mengandung residu dan bahan organik yang terkandung dalam bahan baku. Selain itu, *pyrolysis* menghasilkan gas yang terdiri dari hidrokarbon, CO, dan CO₂ yang memiliki nilai kalor yang tinggi sehingga dibutuhkan alternatif pengganti bahan bakar minyak fosil dengan mengolah limbah plastik menjadi bahan bakar menggunakan metoda *pyrolysis*. Metoda *pyrolysis* merupakan proses dekomposisi senyawa organik yang terdapat dalam limbah plastik melalui proses pemanasan dengan sedikit atau tanpa melibatkan oksigen.

Pada proses *pyrolysis* senyawa hidrokarbon rantai panjang yang terdapat pada limbah plastik diharapkan dapat diubah menjadi senyawa hidrokarbon yang lebih pendek dan dapat dijadikan sebagai bahan bakar alternatif. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh suhu terhadap perolehan minyak hasil *pyrolysis*, mengetahui pengaruh

suhu dan jenis plastik terhadap sifat fisika dan sifat kimia dari minyak hasil *pyrolysis* [2].

Faktor yang mempengaruhi proses *pyrolysis* [3]:

1. komposisi bahan / jenis bahan,
2. Temperatur,
3. Laju pemanasan (*heating rate*),
4. Durasi pembakaran di *reactor* (*detention time*), dan
5. Kelembaban bahan bakar.

2.1 Fase Degradasi *Pyrolysis*

Pembakaran *pyrolysis* merupakan suatu proses dekomposisi termokimia yang terjadi pada bahan organik (biomasa) melalui proses pemanasan dengan menggunakan sedikit atau tanpa oksigen dimana material mentah akan mengalami pemecahan struktur kimia menjadi fase gas. Biodegradasi polimer plastik merupakan suatu proses alami dimana mikroorganisme menggunakan kompleks bahan organik sebagai sumber karbon dan energi dan secara biologi mengubahnya menjadi bentuk yang lebih sederhana.

Sebagaimana mikroorganisme memiliki karakter yang berbeda-beda, maka degradasi pun bervariasi dari satu mikroorganisme ke mikroorganisme lainnya. Degradasi oleh mikroba umumnya banyak diterima karena efisiensinya dalam mendegradasi polimer. Bahan-bahan organik dapat didegradasi dengan dua cara baik secara aerobik maupun anaerobik. Pada tempat pembuangan limbah dan sedimen, plastik didegradasi secara anaerob sementara di komposit dan tanah, biodegradasi secara aerobik berlangsung. Biodegradasi aerobik menghasilkan air dan CO₂, sedangkan biodegradasi anaerobik menghasilkan air, CO₂, dan metan sebagai hasil akhir. Gambaran umum mengenai mekanisme biodegradasi plastik.[4]

2.2 Jenis-jenis Bahan Bakar Cair

Berikut ini merupakan jenis-jenis Bahan Bakar Cair [5]:

1. Avgas (*aviation gasoline*),
2. Avtur (*aviation turbine*),
3. Minyak tanah (*kerosene*),

4. Minyak solar (*high speed diesel / HSD*) atau (*automotif diesel oil / ADO*),
5. Minyak diesel (*medium speed diesel engine / MDF*) atau (*industrial diesel oil / IDO*),
6. Minyak bakar (MFO)
7. Biodiesel, dan
8. Bensin.

2.3 Karakteristik Bahan Bakar Cair

Berikut ini merupakan karakteristik bahan bakar cair [7] seperti pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Karakteristik Bahan Bakar Minyak Jenis Solar [9]

| Karakteristik | Satuan | Batasan | | Metode Uji |
|-------------------------------|-------------------|---------|-------|------------|
| | | Min | Max | |
| Densitas | kg/m ³ | 0,700 | 0,750 | ASTMD-1298 |
| <i>Specific Gravity</i> | kg/m ³ | 0,700 | 0,750 | ASTMD-1298 |
| Viskositas | m ² /s | Negatif | | ASTMD-445 |
| Titik Nyala | °C | 37 | 60,5 | ASTMD-93 |
| <i>Doctor test</i> | - | Negatif | | IP-30 |
| <i>Copper Strip Corrosion</i> | Merit | - | 1B | ASTMD-130 |
| Bilangan Oktan | RON | 88,0 | - | ASTMD-2699 |
| <i>Water Content</i> | % v/v | | | ASTMD-96 |

1. Densitas

Densitas didefinisikan sebagai perbandingan massa bahan bakar terhadap volume bahan bakar dengan acuan 25°C. Dimana densitas ini sangat berpengaruh pada perhitungan kuantitatif dan pengkajian kualitas penyalan.

2. *Specific gravity*

Specific gravity adalah perbandingan berat sejumlah volume minyak bakar terhadap berat air untuk volum yang sama pada suhu tertentu. Dimana nilai *specific gravity* dari air ditentukan sama dengan satu.

3. Viskositas

Viskositas merupakan ukuran resistansi bahan terhadap aliran. Viskositas mempengaruhi derajat pemanasan awal yang diperlukan untuk *handling*, penyimpanan dan atomisasi yang memenuhi kriteria.

4. Titik nyala (*flash point*)

Titik nyala suatu bahan bakar adalah suhu terendah dimana bahan bakar dapat dipanaskan sehingga uap mengeluarkan nyala sebentar bila dilewatkan suatu nyala api.

5. Titik tuang (*pour point*)

Titik tuang suatu bahan bakar adalah suhu terendah dimana bahan bakar akan tertuang atau mengalir bila didinginkan di bawah kondisi yang sudah ditentukan. Ini merupakan indikasi kasar untuk suhu terendah dimana bahan bakar minyak siap untuk dipompakan. [8]

2.4 Limbah Plastik

Limbah adalah bahan sisa yang dihasilkan dari suatu kegiatan dan proses produksi, baik pada skala rumah tangga, industri, pertambangan, yang kehadirannya pada suatu saat tertentu tidak dikehendaki lingkungan karena dapat menurunkan kualitas lingkungan. Plastik merupakan senyawa polimer yang unsur penyusun utamanya adalah karbon dan hidrogen. Ada beberapa polimer alami yang termasuk plastik. Plastik dapat dibentuk menjadi film atau *fiber* sintetik. Plastik didesain dengan variasi yang sangat banyak dalam properti yang dapat menoleransi panas, keras, *reliency* dan lain-lain. Digabungkan dengan kemampuan adaptasinya, komposisi yang umum dan beratnya yang ringan memastikan plastik digunakan hampir di seluruh bidang industri.

2.3 Jenis – jenis Plastik

Berikut ini jenis-jenis plastik [10][11]:

1. PETE (*Polyethylene Terephthalate*),
2. HDPE (*High-Density Polyethylene*),
3. PVC (*Polyvinyl Chloride*),
4. LDPE (*Low-Density Polyethylene*),
5. PP (*Polypropylene*), dan
6. PS (*Polystyrene*).

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Alat dan Bahan Penelitian

Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini sebagai berikut:

- a) Sampah plastik jenis *polystyrene*
- b) Alat *pyrolysis*

Dengan spesifikasi sebagai berikut:

1. Dimensi *reactor* pembakaran

- Tinggi = 44 cm; Diameter = 17 cm
2. Bahan *reactor* pembakaran: *stainless steel*
 3. Dimensi pipa penghubung
Panjang = 55 cm; Diameter = 6 cm
 4. Bahan pipa penghubung: *stainless steel*
 5. Dimensi kondensor
Tinggi = 50 cm; Diameter = 27 cm
 6. Bahan kondensor: galvanic
 7. Dimensi pipa kondensor
Panjang = 110 cm; Diameter = 6 cm

3.2 Tahapan Proses *Pyrolysis*

Berikut ini tahapan pirolisis:

1. Memasukkan limbah plastik *polystyrene* ke dalam *reactor* pembakaran limbah plastik *polystyrene* yang telah ditimbang (seberat 500 gram) dimasukkan ke dalam *reactor* pembakaran.
2. Menyalakan pemanas setelah semua persiapan siap, maka pemanas dinyalakan dan diatur suhunya sesuai dengan variabel suhu *Celsius* (°C).
3. Mengamati dan mencatat suhu reaktor bagian atas dan bawah setiap 5 menit hingga mencapai suhu konstan.
4. Mengamati suhu air pendingin setiap 10 menit.
5. Membuka kran pengeluaran asap cair tiap 15 menit dan menampung produk pada botol sampel.
6. Menutup rapat botol sampel dan menempelkan label.
7. Mematikan pemanas setelah asap cair sudah tidak menetes maka pemanas dimatikan.

3.3 Analisa *Copper Strip Corrosion* ASTM D- 130

Persiapkan alat dan bahan yang akan digunakan. Siapkan dan gunakan alat pelindung diri. Bersihkan / gosok semua permukaan *strip* dengan amplas sampai bersih lalu cuci menggunakan iso oktan. Letakkan *strip* pada alat penjepit khusus di atas permukaan datar, dan gosok memakai karborandum dengan kapas yang sudah dibasahi iso oktan, lindungi *strip* dari kontak dengan jari tangan. Pegang *strip* dengan pinset, bersihkan dengan sebuah kapas dan iso

oktan. Ambil sampel kemudian saring sampel menggunakan kertas saring, masukkan 30 ml sampel ke dalam *test tube*. Masukkan keping tembaga ke dalam sampel, kemudian pasang tempat sampel ke alat Bomb dan tutup alat tersebut kuat-kuat. Rendam Bomb ke dalam *bath* selama 3 jam pada *bath* 40°C (104°F). Setelah selesai di rendam kemudian ambil kepingan tembaga tersebut menggunakan kapas. Kemudian bandingkan dengan alat *strip harder*.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

Pada tabel 4.1 diberikan data hasil analisa *cooper strip corrosion* dari produk hasil proses pirolisis sampah plastik jenis *polystyrene*.

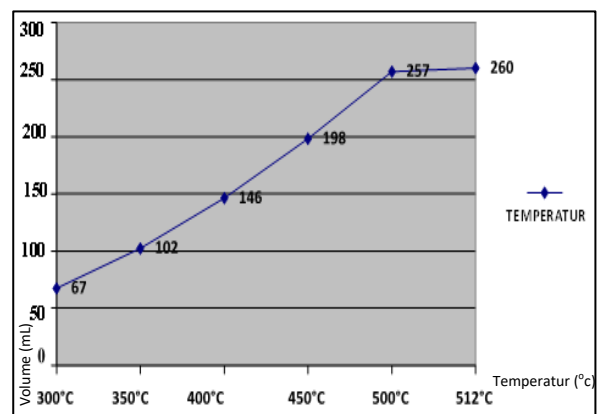
Tabel 4.1 Data Hasil Analisa *Cooper Strip Corrosion* Produk Pirolisis Sampah Plastik Jenis *Polystyrene*

| Nama Sampel | Tingkat Korosif | Batasan | |
|-------------|-----------------|---------|------|
| | | Min. | Max. |
| Sampel PS | 1A | - | 1B |

4.2 Pembahasan

4.2.1 Hubungan Nilai Temperatur Terhadap Minyak Hasil *Pyrolysis*

Pada grafik gambar 4.1 ditampilkan data hasil pengamatan temperatur terhadap minyak hasil *pyrolysis* bahan plastik jenis *polystyrene*.



Gambar 4.1 Grafik Hubungan Nilai Temperatur Terhadap Minyak Hasil *Pyrolysis*

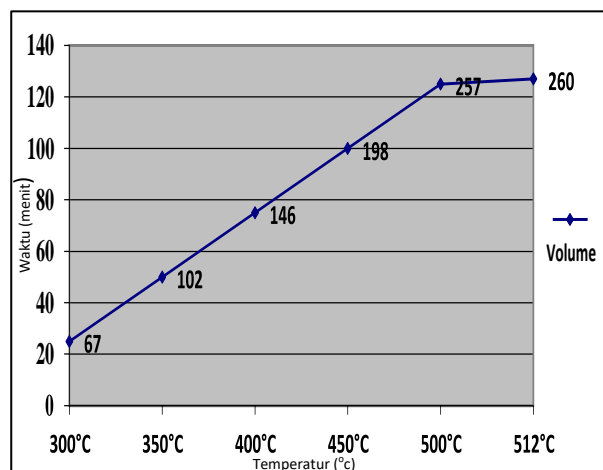
Berdasarkan grafik gambar 4.1 menunjukkan bahwa setiap kenaikan, dimana pada suhu 200°C terjadi pengeringan fisik disertai produksi uap air pada limbah *polystyrene*. Barulah terjadi proses *pyrolysis* pada suhu 300 – 512 °C. Tetesan pertama (*Initial Boiling Point*) terjadi pada suhu 300°C dan mencapai titik puncak (*end point*) terjadi pada suhu 512°C. Hal ini disebabkan karena minyak hasil *pyrolysis* tidak lagi menetes pada suhu >512°C. Hasil *pyrolysis* limbah plastik jenis *polystyrene* dengan suhu 300° menghasilkan minyak sebanyak 67 ml, pada suhu 350°C menghasilkan minyak sebanyak 102 ml, pada suhu 400°C menghasilkan minyak sebanyak 146 ml, pada suhu 450°C menghasilkan minyak sebanyak 198 ml, pada suhu 500° menghasilkan minyak sebanyak 257 ml, dan pada suhu 512° menghasilkan minyak sebanyak 260 ml.

Hal itu dikarenakan semakin meningkatnya suhu reaksi maka rantai karbon akan lebih mudah terengkah (*cracking*) dibandingkan dengan suhu rendah. Hal ini bahwa semakin banyak ikatan rantai karbon yang terputus sehingga volume meningkat. Peningkatan suhu reaksi akan mempercepat proses perengkahan (*cracking*). Kenaikan volume produk ini dapat diartikan sebagai meningkatnya reaksi perengkahan (dekomposisi) yang terjadi. Suatu reaksi perengkahan adalah reaksi endotermis dimana reaksi ini melibatkan proses pemutusan rantai hidrokarbon, sehingga proses untuk memutuskan suatu ikatan diperlukan suatu energi panas yang besar.

4.2 Hubungan Volume Minyak Hasil *Pyrolysis* Terhadap Waktu Pirolisis

Berdasarkan grafik gambar 4.2 dapat dilihat bahwa lama pemanasan sangat berpengaruh terhadap volume minyak yang dihasilkan. Lama pemanasan menyebabkan suhu operasi *pyrolysis* yang telah ditentukan tercapai dengan cepat, sehingga rantai panjang hidrokarbon plastik jenis *polystyrene* akan lebih cepat terpecah menjadi rantai hidrokarbon yang lebih pendek dan berfasa gas. Gas hasil pemecahan hidrokarbon tersebut akan terbentuk dalam waktu yang singkat.

Sedangkan pada lama pemanasan yang lebih lambat, waktu yang dibutuhkan untuk mencapai hasil akhirnya juga lebih lama, sehingga senyawa hidrokarbon pada plastik jenis *polystyrene* akan lebih lama terpecah. Gas hasil perengkahan akan dikondensasi didalam kondensor yang menggunakan air kran dan batu es sebagai fluida pendinginan. Gas hasil perengkahan yang cepat, maka akan menghasilkan gas yang lebih banyak. Gambar 4.2 menunjukkan bahwa semakin lama pemanasan yang dilakukan maka volume minyak yang dihasilkan semakin meningkat. Dimana Pada lama pemanasan 15 menit terjadi pengeringan fisik disertai produksi uap air pada limbah *polystyrene*. Barulah terjadi proses *pyrolysis* pada lama pemanasan pada menit 25 sampai menit 150. Tetesan pertama (*Initial Boiling Point*) terjadi lama pemanasan 25 menit dan mencapai *end point* terjadi pada suhu lama pemanasan 150 menit hal ini disebabkan karena minyak hasil *pyrolysis* tidak lagi menetes pada lama pemanasan 150 menit.



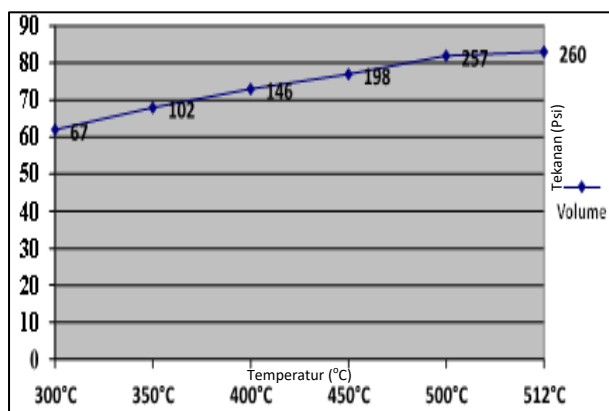
Gambar 4.2 Grafik Hubungan Volume Minyak Hasil *Pyrolysis* Terhadap Waktu Pirolisis

Hasil *pyrolysis* limbah plastik jenis *polystyrene* dengan lama pemanasan 25 menit menghasilkan minyak sebanyak 67 ml, pada lama pemanasan 50 menit menghasilkan minyak sebanyak 102 ml, pada lama pemanasan 75 menit menghasilkan minyak sebanyak 146 ml, pada lama pemanasan 100

menit menghasilkan minyak sebanyak 198 ml, pada lama pemanasan 125 menit menghasilkan minyak sebanyak 257 ml, dan pada lama pemanasan 127 menit menghasilkan minyak sebanyak 260 ml.

4.3 Hubungan Volume Minyak Hasil *Pyrolysis* Terhadap Tekanan pirolisis

Berdasarkan grafik gambar 4.3 dapat dilihat bahwa pengaruh tekanan memberikan pengaruh positif dimana semakin meningkatnya tekanan yang dihasilkan pada *reactor* maka penurunan kadar pengotor seperti nitrogen semakin rendah hal ini disebabkan oleh kontak antara hidrogen dan hidrokarbon semakin baik. Semakin besar tekanan udara, temperatur yang dihasilkan juga meningkat dan volume minyak yang dihasilkan dari proses *pyrolysis* juga semakin meningkat. Hal ini terjadi karena semakin bertambahnya tekanan udara, atomisasi bahan bakar juga semakin baik dan mengakibatkan temperatur meningkat sehingga volume yang dihasilkan dari proses *pyrolysis* juga meningkat.



Gambar 4.3 Grafik Hubungan Volume Minyak Hasil *Pyrolysis* Terhadap Tekanan Pirolisis

Hasil *pyrolysis* limbah plastik jenis *polystyrene* dengan besar tekanan 62 psig menghasilkan minyak sebanyak 67 ml, pada besar tekanan 68 psi menghasilkan minyak sebanyak 102 ml, pada besar tekanan 73 psi menghasilkan minyak sebanyak 146 ml, pada besar tekanan 77 psi menghasilkan minyak sebanyak 198 ml, pada besar tekanan 82 psi menghasilkan minyak sebanyak 257 ml, dan

pada besar tekanan 83 psi menghasilkan minyak sebanyak 260 ml. Dari data grafik gambar 4.3 dapat dilihat bahwa semakin besarnya tekanan, maka volume minyak yang dihasilkan juga semakin meningkat.

4.4 Analisa *Copper Strip Corrosion* ASTM D-130

Copper strip corrosion adalah tingkat karat atau korosifitas pada bahan tembaga (*copper strip*) yang terjadi karena adanya sifat kimia, yaitu berupa asam dari hasil-hasil minyak bumi dengan standar maksimum yaitu kelas 1. *Copper strip corrosion* merupakan parameter yang sangat penting dalam analisa sifat fisika minyak bumi dimana sangat berhubungan dengan kandungan asam dan sulfur yang dapat bersifat korosif pada mesin dan peralatan. Jika hasil *copper strip corrosion* tinggi 4C berwarna hitam pekat, maka kandungan asam dan sulfur pada produk minyak bumi tersebut tinggi serta tingkat korosifitas pada lempeng tembaga juga tinggi yang dapat mempersingkat umur pada mesin dan peralatan. Pada tabel 4.1 didapatkan hasil percobaan dengan nomor warna standar *copper strip* adalah 1A. Bahan yang digunakan adalah bahan hasil proses *pyrolysis*. Menurut Dirjen Migas No. 146.K/10/DJM/2020, yaitu 1B dan tidak memiliki batas minimum. Maka dapat dikatakan bahwa percobaan ini telah sesuai dengan spesifikasi (*on spec*). Jika tingkat korosifitas pada *copper strip* lebih dari kelas 1 (*off spec*), maka bahan hasil *pyrolysis* mengandung senyawa asam, yaitu dapat berupa belerang (sulfur), atau kandungan asam lainnya yang dapat menurunkan kualitas karena berpotensi menimbulkan karat yang dapat merusak mesin dan peralatan.

5. KESIMPULAN

Dari pembahasan tersebut, maka dapat disimpulkan semakin tinggi dan meningkatnya temperatur, maka volume minyak yang dihasilkan juga semakin meningkat. Hal itu dikarenakan semakin meningkatnya suhu reaksi maka rantai karbon akan lebih mudah terengah (*cracking*) dibandingkan dengan suhu rendah dan semakin banyak ikatan rantai karbon yang terputus dan menjadi rantai

hidrokarbon yang lebih pendek sehingga volume minyak yang dihasilkan akan semakin meningkat. Lama pemanasan berpengaruh pada jumlah minyak yang dihasilkan (residu padat, tar, dan gas). Lama pemanasan menyebabkan suhu operasi *pyrolysis* yang telah ditentukan tercapai dengan cepat. Gas hasil pemecahan hidrokarbon tersebut akan terbentuk dalam waktu yang singkat. Sedangkan pada lama pemanasan yang lebih lambat, waktu yang dibutuhkan untuk mencapai hasil akhirnya juga lebih lama, sehingga senyawa hidrokarbon pada plastik *polystyrene* akan lebih lama terpecah.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Wicaksono, M. A. dan Arijanto. 2017. *Pengolahan Sampah Plastik Jenis Pet (Polyethilene Perephthalathe) Menggunakan Metode Pirolisis Menjadi Bahan Bakar Alternatif*. Jurnal Teknik Mesin, Vol. 5 No. 1, pp. 9-15, Jan. 2017.
- [2] Rahmawati, Q., & Herumurti, W. 2015. *Pengolahan Sampah Secara Pirolisis Dengan Variasi Rasio Komposisi Sampah dan Jenis Plastik*. Jurnal Teknik ITS, Vol. 4 No. 1 (2015). ISSN 2337 3539. DOI: 10.12962/j23373539.v4i1.8848
- [3] Bahng, M.K., Mukarakate, C., Robichaud, D.J., Nimlos, M.R. 2009. *A Review: Current Technologies for Analysis of Biomass Thermochemical Processing*. Analytical Chimica Acta. 651 : 117 - 138. DOI: 10.1016/j.aca.2009.08.016
- [4] Ridhuan, K., Irawan, D., & Inthifawzi, R. 2019. *Proses Pembakaran Pirolisis dengan Jenis Biomassa dan Karakteristik Asap Cair yang Dihasilkan*. Jurnal Program Studi Teknik Mesin UM Metro, Vol. 8, No. 1 (2019). DOI: <http://dx.doi.org/10.24127/trb.v8i1.924>
- [5] Ariadji, Tutuka. 2021. *Statistik Minyak dan Gas Bumi*. Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral
- [6] Rahmatika, E. 2021. *7 Jenis Plastik dan Bahayanya Untuk Kesehatan. Penting Kenali Sifatnya!* Retrieved 15 September 2021, from www.99.co:https://www.99.co/blog/indonesi_a/jenis-plastik-kegunaan-bahaya/
- [7] Santoso, J. 2010. *Uji Sifat Minyak Pirolisis dan Uji Performasi*. Jurnal Teknik Mesin, 15-16.
- [8] Naryanto, R.F. 2021. *Teknik Pembakaran*. ISBN: 978-623-329-019-7 No. HKI: EC00201811711. Literasi Nusantara.
- [9] Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia. *Spesifikasi Produk BBM Dirjen Migas*. 2018. No. 0177.K/10/DJM.T/2018. Tentang Standar Mutu (Spesifikasi) Bahan Bakar Minyak Jenis Bensin (*Gasoline*) RON 98 yang dipasarkan Di Dalam Negeri.
- [10] Riadi, M. 2017. *Pengertian, Jenis, Dampak dan Pengolahan Limbah*. Retrieved Agustus 1, 2022, from www.kajianpustaka.com:https://www.kajianpustaka.com/2017/10/pengertian-jenis-dampak-dan-pengolahan-limbah.html?m=1.
- [11] Susilo, G.B dan Kusuma, T.Y.T. 2022. *Analisis Pembuatan Bahan Bakar dari Pirolisis Termal dan Katalitik Limbah Plastik LDPE*. Quantum Teknika. Vol. 3 No. 2. hal. 53-58. April 2022. ISSN 2721 1932. <https://journal.umy.ac.id/index.php/qt/article/view/14141>. DOI: <https://doi.org/10.18196/jqt.v3i2.14141>