

KARAKTERISASI BBM HASIL PENGOLAHAN LIMBAH PLASTIK TUTUP GALON DALAM SKALA PENGOLAHAN 50 KG DI PABRIK PENGOLAHAN LIMBAH PLASTIK JURUSAN KIMIA FMIPA UNCEN

¹Darwanta , ²Etius Wasini

^{1,2}Jurusan Kimia, FMIPA Universitas Cenderawasih Jayapura

Email : darwantasyifa@gmail.com

ABSTRAK

Dalam rangka turut memberikan solusi cerdas terhadap pencemaran lingkungan oleh limbah plastik sekaligus pencarian sumber energi alternative, maka telah dilakukan penelitian pengolahan limbah plastik tutup gallon dalam skala 50 Kg menghasilkan BBM cair. Pengolahan dilakukan dengan proses *cracking* berkatalis zeolit alam dilakukan pada suhu 300 – 400 °C selama 3 jam. Reaktor dilengkapi dengan 4 outlet/kran produk yang tersusun secara seri. Produk cair yang dihasilkan dikarakterisasi menggunakan GC-MS dan ditentukan berat jenisnya.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa produk *cracking* terdiri dari wujud yaitu padat, cair dan gas dimana produk cair sebagai produk utama. Makin jauh letak kran maka jumlah produknya makin sedikit namun kualitasnya sebagai BBM makin baik dengan distribusi produk : kran 1 (16 L), kran 2 (8 L), kran 3 (4 L) dan kran 4 (3 L). Nilai berat jenis produk cair kran 1 (0,791 g/mL), kran 2 (0,766 g/mL), kran 3 (0,755 g/mL), kran 4 (0,732 g/mL), semua masuk dalam nilai rentang berat jenis BBM (bensin – solar). Proses distilasi telah mampu memurnikan produk cair karena telah berhasil memisahkan fraksi $t_d < 85$ °C yang didominasi fraksi bensin sedangkan sisa pemurnian / $t_d > 85$ °C yang didominasi fraksi solar.

Kata kunci : limbah plastik, bensin plastik, *cracking* katalitik

PENDAHULUAN

Tahun 2010 saja sampah plastik Indonesia telah mencapai 5,4 juta ton per tahun, (www.antaraneews.com,4 Feb 2014) dan cenderung meningkat terus. Bahkan menurut

Laporan Ocean Atlas 2017 telah menempatkan Indonesia sebagai negara terburuk ke-2 setelah China dalam pengelolaan sampah plastiknya (Napitupulu, Kompas, 24 Desember 2018). Limbah plastik yang terbuang ke lingkungan sangat

mencemari, karena plastik sulit diuraikan oleh mikroba tanah, dan apabila dibakar akan menghasilkan gas-gas yang berbahaya yang akan mengganggu kesehatan. Sifat plastik yang ringan menjadikannya terapung di perairan, menyumbat saluran air sehingga menyebabkan banjir. Meskipun limbah plastik dapat didaur ulang menjadi aneka bentuk kerajinan tangan seperti : sandal plastik, payung plastik, tas plastik dan lain sebagainya, namun kuantitasnya masih sangat sedikit dibanding limbah plastik yang dihasilkan.

Plastik jenis HDPE (*High Density Poly Ethylene*) adalah komoditi material plastik ketiga terbesar di dunia, setelah *polyvinyl chloride* dan *polypropylene*. Menurut lembaga riset pasar Inggris, “*Merchant Research dan Consulting Ltd.*” bahwa plastik jenis HDPE telah menyumbangkan bagian terbesar dari penggunaan plastik etilena dalam beberapa tahun. Penggunaan plastik jenis HDPE di dunia telah meningkat rata-rata 3,6% per tahun (CEH report, 2011). Beberapa penggunaan plastik jenis HDPE adalah sebagai pengemas oli/pelumas, jerigen pengemas minyak goreng dan termasuk tutup gallon air minum isi ulang.

Pergeseran pola konsumsi air minum dalam 10 tahun terakhir sangat terlihat nyata

yaitu, masyarakat yang dulunya menggunakan air sumur atau air PDAM dengan merebusnya dalam penyiapan air minum dan memasaknya, sekarang sebagian besar telah menggunakan air dispenser dengan *container* berbentuk gallon. Sehingga masyarakat mempopulerkan dengan air gallon/air dispenser. Atas alasan kepraktisan dispenser dapat memberikan pilihan air minum dingin dan panas. Sekarang hampir semua masyarakat mengkonsumsi air gallon. Peluang ini terbukti dengan menjamurnya bisnis depot air gallon dimana-mana. Air gallon dari depot selalu dikemas dengan penutup khusus berbahan plastik jenis HDPE yang relatif lunak. Penutup gallon ini disarankan untuk 1 kali pakai, sehingga jika air gallon habis maka fungsi penutup gallon juga berakhir. Penutup gallon tersebut biasanya terbawa kembali ke depot pengisian air gallon isi ulang. Penutup gallon akan dilepas dan dikumpulkan operator depot ketika proses pembersihan dan penyiapan gallon menjadi bersih. Selama ini limbah tutup gallon belum dimanfaatkan dan hanya dibuang sebagai sampah. Pengolahan limbah tutup gallon menjadi bahan berguna dan bernilai ekonomi menjadi sangat penting untuk dilakukan.

Krisis energi dan minyak bumi melanda dunia termasuk Indonesia yang

terjadi beberapa tahun terakhir semakin memaksa semua pihak untuk tetap menjaga ketersediaan energi di masa mendatang. Sehingga banyak cara yang dilakukan untuk pencarian sumber-sumber energi alternatif. Energi alternatif berbahan dasar limbah sangat kompetitif untuk dikembangkan. Limbah plastik merupakan bahan yang potensial untuk diolah dan dikembangkan menjadi energi alternatif. Material plastik secara kimia merupakan senyawa hidrokarbon panjang membentuk polimer. Melalui proses pemecahan (*cracking*) berkatalis polimer plastik memungkinkan dipotong-potong secara molekuler menjadi molekul yang lebih kecil sesuai ukuran molekul hidrokarbon penyusun bahan bakar. Salah satu jenis limbah plastik yang melimpah adalah limbah plastik jenis HDPE misalnya tutup gallon. Kebutuhan air minum gallon yang rutin dan masiv menjadikan limbah tutup gallon juga selalu tersedia sepanjang tahun. Jika rata-rata sebulan tiap depot menghasilkan 20 kg tutup gallon, Sementara itu seluruh Kota Jayapura terdapat sekitar 300 depot maka dalam sebulan terdapat potensi 6 ton limbah tutup gallon yang belum termanfaatkan. Potensi tersebut cukup menjanjikan untuk diolah menjadi BBM cair.

Tersedianya fasilitas pabrik pengolahan limbah plastik menjadi BBM di Jurusan Kimia FMIPA Uncen Jayapura sangat memungkinkan untuk melaksanakan penelitian ini dengan baik. Pabrik dengan reactor berkapasitas 50 kg limbah plastic untuk sekali running akan memberi gambaran pengolahan dengan skala yang besar untuk mengatasi permasalahan yang terjadi di lapangan/masyarakat. Keberhasilan penelitian ini juga memungkinkan untuk diterapkan di daerah/kota lain karena fenomena air gallon terjadi secara masiv dengan sebaran yang sangat luas. Dengan memperhatikan hal-hal tersebut di atas maka pelaksanaan penelitian ini menjadi penting untuk dilakukan.

ALAT DAN BAHAN :

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu: seperangkat alat reaktor *cracking* pengolahan limbah plastik skala 50 Kg, timbangan , seperangkat alat distilasi , corong pisah, *piknometer* dan Kromatografi Gas-Spektrometer Massa (GC-MS), Generator listrik (genset), botol produk cair, kertas saring, kamera.

Bahan-bahan : limbah plastik tutup gallon, katalis zeolit alam, kayu bakar

PROSEDUR KERJA :

Sebanyak 50 Kg limbah tutup gallon dimasukkan dalam reaktor dan ditambahkan 5 Kg katalis bubuk zeolit alam. Setelah reaktor di-*setting* kemudian dipanaskan dengan tungku berbahan bakar kayu sampai suhu mencapai 350-400 °C suhu terjaga hingga tidak terbentuk produk lagi. Produk cair yang terbentuk dari kran/outlet 1 sampai 4 masing-masing dikumpulkan. Proses pemurnian dilakukan melalui distilasi terjaga pada suhu < 85 °C untuk mengisolasi fraksi bensinnya. Selanjutnya produk-produk tiap outlet, produk hasil pemurnian dan sisa pemurnian dikarakterisasi menggunakan GC-MS, dan ditentukan berat jenisnya.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Limbah tutup gallon yang diambil dari depot air gallon biasanya masih bercampur dan sampah lain misalnya : kertas, kertas tissue, kardus, plastik isolasi dll, maka perlu dilakukan pemilahan sehingga hanya terpilih limbah plastik tutup gallon. Proses *cracking* katalitik terhadap limbah plastik tutup gallon menghasilkan 3 produk yang berbeda wujudnya, yaitu padat, cair dan gas. Produk padat adalah sisa arang yang tertinggal dan menghitamkan katalis zeolit, produk gas adalah produk molekul dengan ukuran yang

terlalu kecil dan tidak mampu dikondensasi dengan pendingin yang digunakan sehingga terlepas sebagai gas. Sedangkan produk cair adalah molekul gas yang mampu dikondensasi membentuk cairan dan merupakan produk utama yang diinginkan dalam penelitian ini. Memperhatikan reaktor dalam pabrik ini memiliki 4 outlet produk cair yang tersusun seri dimana penomoran kran/outlet dimulai dari yang paling dekat dengan reaktor. Pengolahan 50 Kg limbah plastik tutup gallon menghasilkan produk cair dengan distribusi seperti dalam data tabel 1.

Tabel 1., Distribusi produk cair hasil *cracking* katalitik limbah plastik tutup gallon menurut kran/outlet produk cair

| Nomor kran outlet | Jumlah volume (L) | warna |
|-------------------|---------------------|---------------|
| 1 | 16 | Coklat gelap |
| 2 | 8 | Coklat muda |
| 3 | 4 | kuning |
| 4 | 3 | Kuning jernih |

Berdasarkan data tabel 1 terbukti bahwa distribusi produk cair tidak merata untuk semua kran/outlet dengan kecenderungan makin jauh letak kran dari reaktor maka jumlah produk cairnya makin sedikit. Namun berdasarkan warnanya secara kualitatif makin jauh dari reaktor kualitasnya

makin baik. Warna coklat gelap yang mendominasi warna produk cair kemungkinan disebabkan senyawa-senyawa pewarna yang digunakan untuk mewarnai tutup gallon dimana mengalami penguraian oleh panas yang digunakan untuk memanaskan reaktor.



Gambar 1. Perbandingan warna produk cair berdasarkan urutan kran

Berdasarkan tampilan warna yang makin jernih secara kualitatif menggambarkan kualitas yang makin baik sebagai BBM karena mengandung molekul-molekul fraksi ringan yang makin dominan.

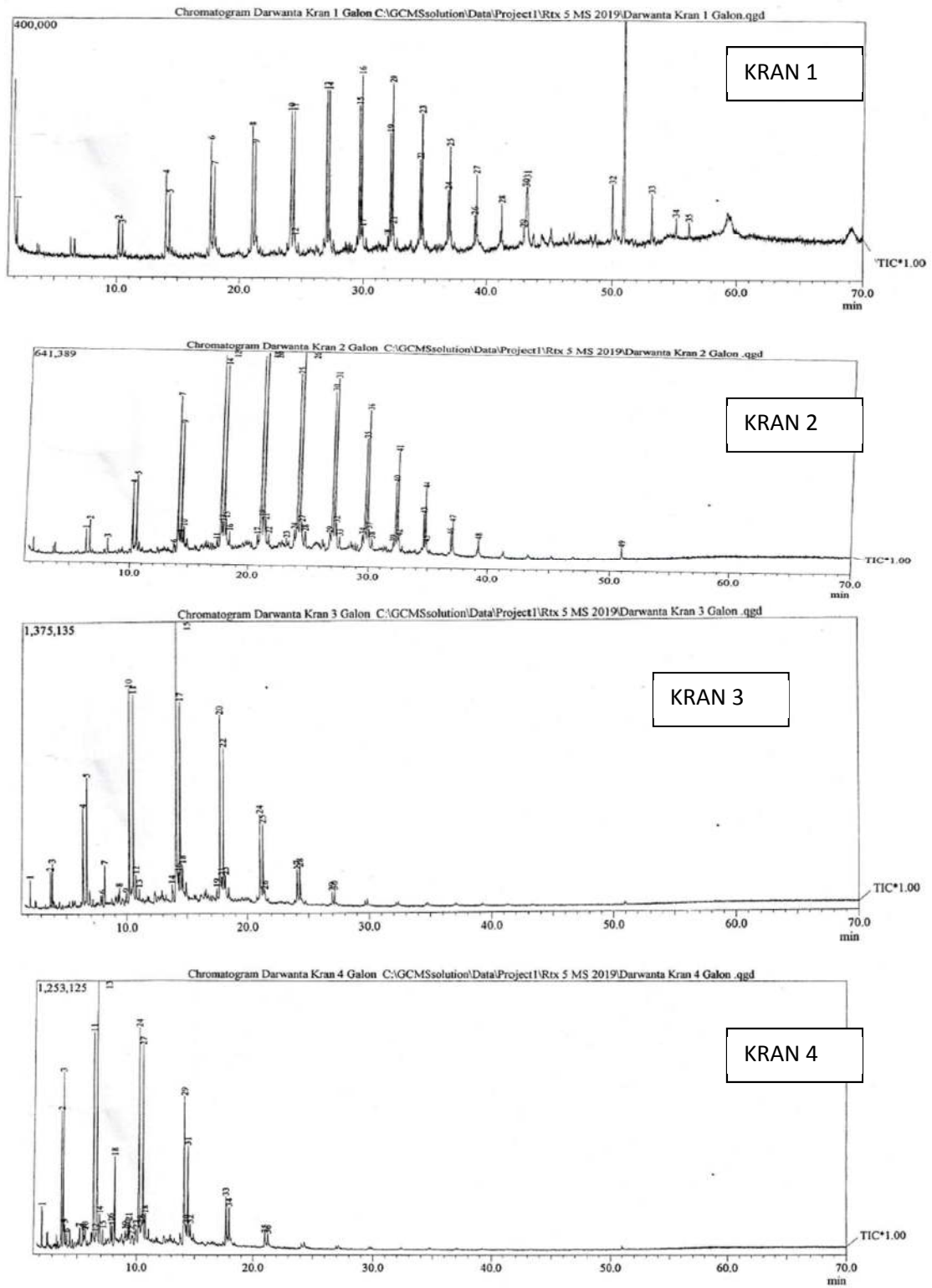
Parameter lain yang dapat digunakan untuk mengkarakterisasi produk cair sebagai tujuan BBM cair adalah berat jenis. Hasil pengukuran berat jenis produk cair dan beberapa BBM pasaran disajikan dalam tabel 2.

Tabel 2. Nilai berat jenis produk cair pengolahan limbah tutup gallon dan beberapa BBM pasaran

| No | Kode sampel | Bera jenis (g/mL) |
|----|----------------|-------------------|
| 1 | Produk kran 1 | 0,791 |
| 2 | Produk kran 2 | 0,766 |
| 3 | Produk kran 3 | 0,755 |
| 4 | Produk kran 4 | 0,732 |
| 5 | Bensin premium | 0,766 |
| 6 | Pertalite | 0,741 |
| 7 | Solar | 0,866 |

Berdasarkan data berat jenis dalam tabel 2 terlihat bahwa setiap produk cair mempunyai nilai berat jenis yang berbeda-beda, sebagian besar nilai berat jenis berada dalam rentang nilai berat jenis BBM pasaran (pertalite – solar), bahkan produk kran 4 mampu lebih rendah berat jenisnya dibanding bensin premium dan pertalite. Berdasar data tersebut juga terlihat bahwa makin jauh letak kran maka menunjukkan penurunan nilai berat jenis. Berat jenis yang makin menurun menunjukkan molekul-molekul penyusunnya yang juga makin kecil.

Untuk mengetahui komposisi kimia tiap produk kran selanjutnya tiap produk cair tersebut diukur menggunakan GC-MS yang hasil kromatogramnya diberikan dalam gambar 2.



Gambar 2. Kromatogram produk cair sesuai nomor urut kran produk

Berdasarkan kromatogram dalam gambar 2, terlihat puncak-puncak yang muncul menggambarkan secara kualitatif komposisi kimianya dimana untuk waktu retensi kecil merupakan molekul dengan ukuran kecil. Sebaliknya untuk waktu retensi besar untuk molekul yang relative besar. Maka berdasarkan gambar 2 tersebut terlihat dengan jelas pergeseran pola puncak-puncak kromatogram menuju waktu retensi kecil untuk urutan kran yang makin meningkat / menjauhi reaktor. Hal tersebut menunjukkan bahwa makin jauh letak kran terhadap reaktor maka akan tersusun oleh molekul-molekul yang makin kecil ukurannya. Ukuran molekul yang makin kecil mengindikasikan jenis BBM yang makin bernilai ekonomi.

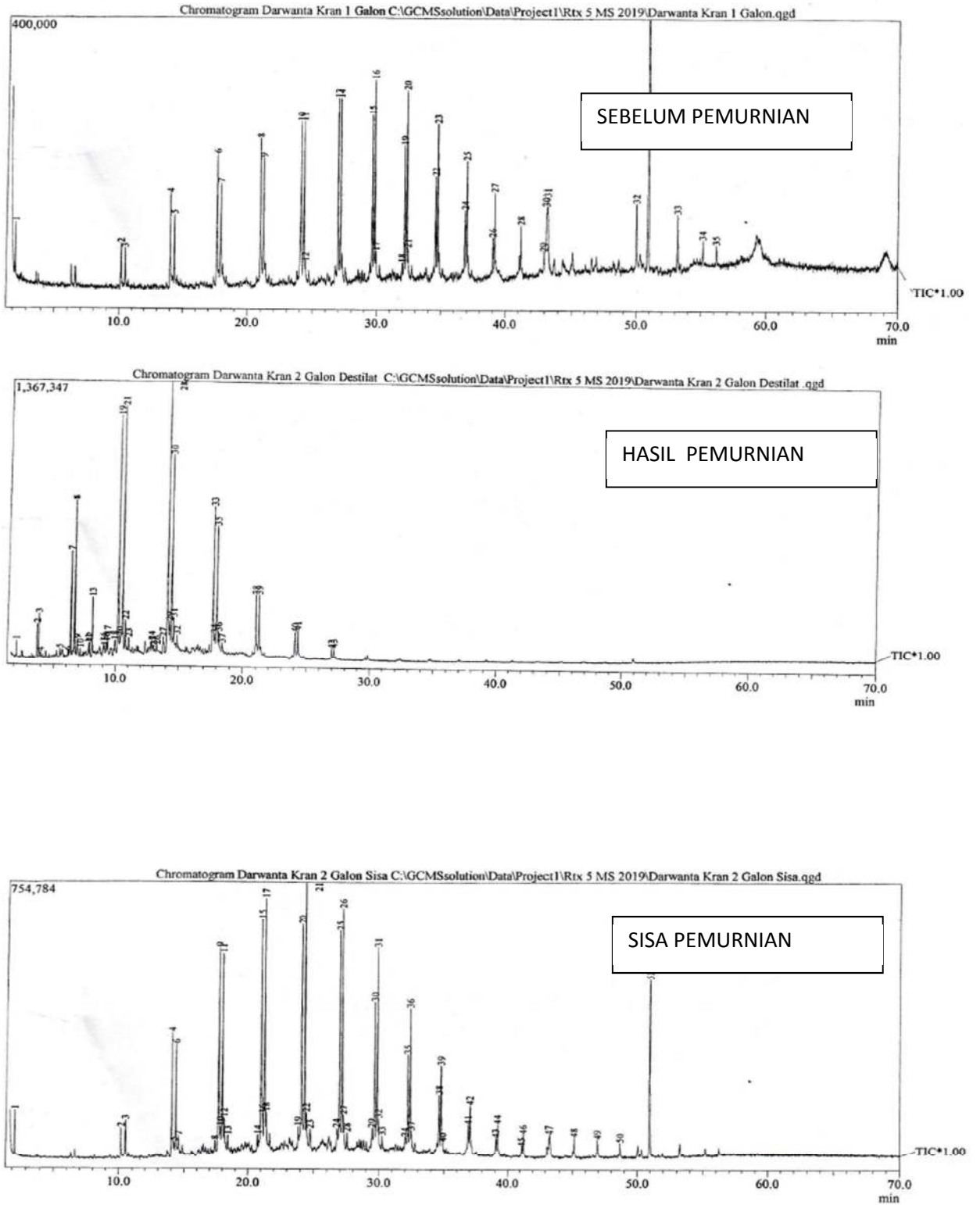
Namun demikian berdasarkan data tabel 1 distribusi produk didominasi sebagai produk kran 1 dan 2. Dimana berdasarkan nilai berat jenisnya masih mendekati BBM jenis solar. Sehingga diperlukan pengolahan lanjutan yaitu memisahkan fraksi BBM yang terkandung dengan proses distilasi

terkontrol, yaitu hasil pemurnian dengan $td < 85\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan produk sisa dengan $td > 85\text{ }^{\circ}\text{C}$. Perbandingan warna sebelum, hasil dan sisa pemurnian seperti disajikan dalam gambar 3.



Gambar 3. Perbandingan warna produk cair awal, hasil pemurnian dan sisa pemurnian

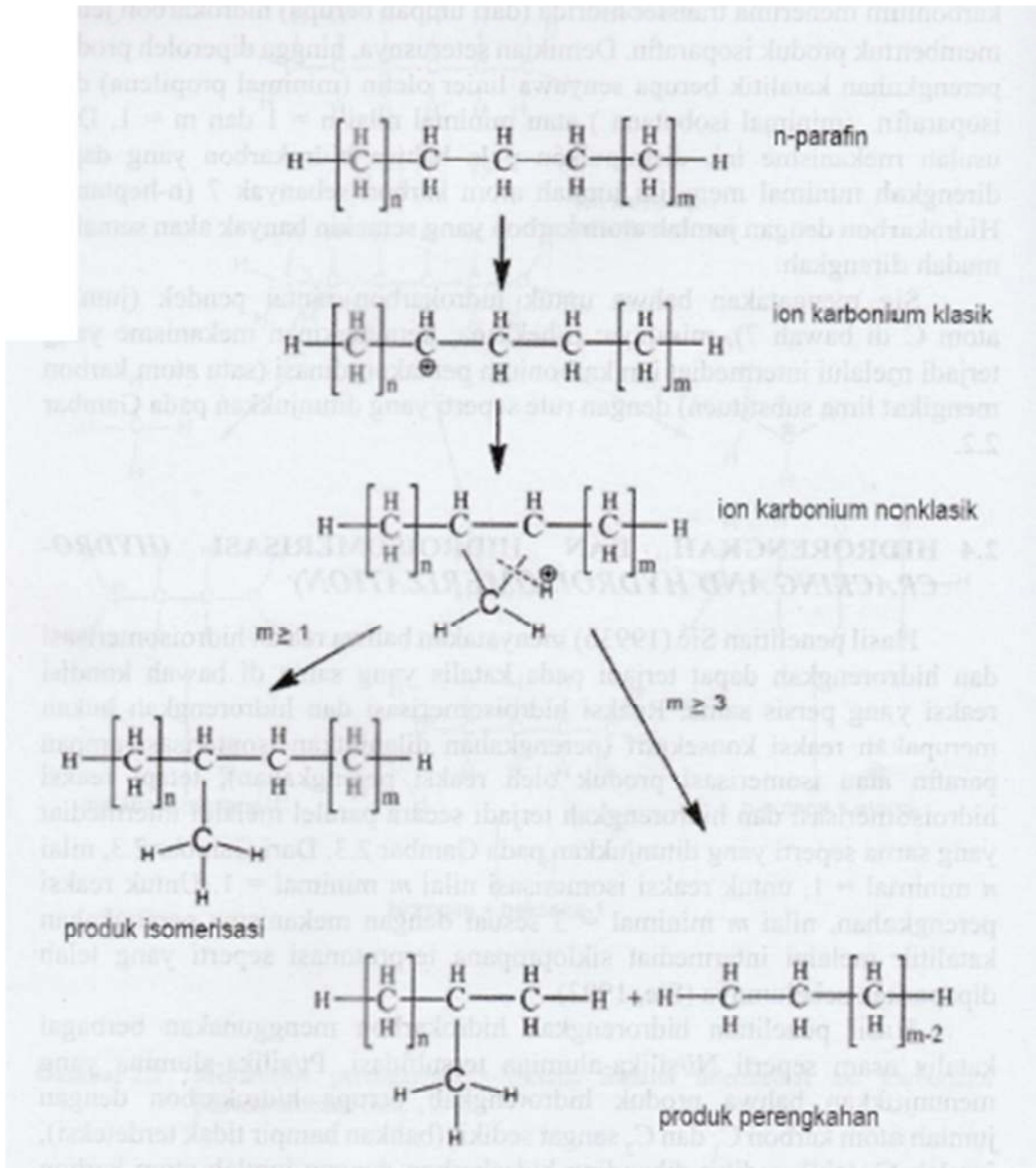
Berdasarkan gambar 3 tersebut terlihat dengan sangat jelas bahwa telah terjadi pemisahan antara fraksi ringan yang jernih dengan fraksi berat yang berwarna coklat gelap. Fenomena pemisahan tersebut dibuktikan dengan mengukur komposisinya menggunakan instrumentasi GC-MS yang hasilnya seperti dalam gambar 4.



Gambar 4. Kromatogram produk cair : sebelum pemurnian, hasil pemurnian dan sisa pemurnian,

Berdasarkan gambar 4 terlihat pemisahan puncak-puncak senyawa yang awalnya merata dari waktu retensi kecil sampai 60 menit menjadi kelompok puncak $t_R < 20$ menit untuk fraksi titik didih $< 85^\circ\text{C}$ dan kelompok $t_R > 20$ menit untuk fraksi titik didih $> 85^\circ\text{C}$. Fraksi $t_R < 20$ menit adalah didominasi fraksi bensin sedangkan $t_R > 20$ menit didominasi oleh fraksi solar dan fraksi yang lebih berat.

Proses kimia yang terjadi selama *cracking* katalitik adalah pemutusan ikatan kimia dalam molekul polimer penyusun plastik menjadi molekul-molekul yang relative pendek sehingga masuk dalam range ukuran molekul cairan. Mekanisme pemutusan ikatan dalam polimer plastic diusulkan oleh Sie (1993) seperti dalam gambar 5. Berdasarkan hasil-hasil yang telah dicapai tersebut sangat memungkinkan untuk mengolah limbah plastic khususnya limbah plastic tutup gallon menjadi produk cair sebagai BBM.



Gambar 5. Reaksi *cracking* katalitik molekul paraffin (Sie,1993) sebagai molekul polimer penyusun bahan plastik

SIMPULAN

1. Pabrik telah berhasil mengolah 50 kg limbah plastik tutup gallon menghasilkan produk cair berkarakter BBM dengan distribusi produk : kran 1 (16 L), kran 2 (8 L), kran 3 (4 L) dan kran 4 (3 L).
2. Nilai berat jenis produk cair kran 1 (0,791 g/mL), kran 2 (0,766 g/mL), kran 3 (0,755 g/mL), kran 4 (0,732 g/mL), semua masuk dalam nilai rentang berat jenis BBM (bensin – solar). Makin jauh letak kran dari reaktor maka produknya makin sedikit tetapi kualitasnya makin baik
3. Proses distilasi telah mampu memurnikan karena telah berhasil memisahkan fraksi $t_d < 85\text{ }^\circ\text{C}$ yang didominasi fraksi bensin sedangkan sisa pemurnian / $t_d > 85\text{ }^\circ\text{C}$ yang didominasi fraksi solar.

SARAN

Produk hasil pengolahan limbah plastic menghasilkan BBM alternative, maka sangat penting untuk menguji unjuk kerjanya untuk menyalakan mesin sesuai peruntukannya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tim peneliti menyampaikan ucapan terimakasih kepada KEMENRISTEK-DIKTI c.q. Universitas Cenderawasih atas dukungan dana melalui pendanaan PNPB Tahun Anggaran 2019.

DAFTAR PUSTAKA

CEH, 2011. *Report on High Density Polyethylene Resins*. (Online) www.sriconsulting.com/CEH/Public/Reports/580.1340. Diunduh pada tanggal 21 maret 2014.

Plastic-the Facts, 2010. An Analysis of European Latest Plastics Production, Demand and WasteData.(online)http://www.plasticseurope.org/Doc/06091310final_plasticthefacts_28092010_Ir.pdf. Diunduh pada tanggal 21 maret 2014.

Napitupulu, E.L. 2018, Mencacah plastik mengatasi sampah, Harian Kompas, 24 Desember 2018

Sie, S.T.,1993, Acid-Catalysed Cracking of Paraffinic Hydrocarbons, 2 Evidence for the Protonated Cyclopropane Mechanism from Catalytic Cracking Experiments “ Ind. Eng. Chem. Res.32, 397-402

www.antaranews.com,4 Feb 2014