

KARAKTERISASI BAHAN CAIR PRODUK DISTILASI SAMPAH PLASTIK DAN PEMANFAATANNYA SEBAGAI BAHAN BAKAR

CHARACTERIZATION OF LIQUID MATERIALS PRODUCTS DISTILLATION OF WASTED PLASTIC AND THEIR UTILIZATION AS FUEL

ISMA REKATHAKUSUMA¹, Drs. SUWANDI, M.Si², Dr. Eng. ASEP SUHENDI S.Si., M.Si.³

^{1,2,3} Prodi S1 Teknik Fisika, Fakultas Teknik, Universitas Telkom

Abstrak

Plastik merupakan bahan kebutuhan yang banyak digunakan dalam kehidupan masyarakat modern. Sejak pertama diciptakan, plastik telah banyak dimanfaatkan di berbagai bidang industri baik industri pangan maupun non pangan. Dapat dilihat produk berbahan plastik mulai dari mainan, perlengkapan dapur, alat elektronik sampai sikat gigi yang digunakan setiap hari. Plastik banyak dimanfaatkan dikarenakan keunggulan plastik yang kuat, ringan, mudah dibentuk, merupakan isolator yang baik, tidak korosif dan tahan lama. Konsumsi yang banyak tersebut tidak diimbangi dengan jumlah daur ulang yang sama besarnya.

Sampah plastik dapat menimbulkan permasalahan bagi lingkungan karena sangat susah terurai. Struktur kimia plastik sebagai senyawa organik polimer terbentuk dari rantai karbon yang sangat kuat. Mikroorganisme tidak dapat memutus ikatan karbon tersebut sehingga membutuhkan waktu yang sangat panjang untuk mengurai sampah plastik. Waktu penguraian sampah plastik secara alami membutuhkan kurang lebih delapan puluh tahun agar dapat terdegradasi secara sempurna. Dengan teknologi sederhana tentunya sampah plastik dapat dikelola dengan baik. Teknologi tepat guna yang penulis gunakan untuk mengkonversi sampah plastik menjadi bahan bakar minyak (BBM) adalah dengan metoda distilasi.

Kata kunci : sampah plastik, daur ulang, bahan bakar minyak, distilasi.

Abstract

Plastic is a material that is widely used in the needs of modern society. Since it was first created, the plastic has been used in various industrial fields both food industrial and non-food industrial. We can see plastic products ranging from toys, kitchen ware, electronic instruments till teeth brush that used every day. Plastic widely used due to the advantages of plastic that strong, light, malleable, good insulator, non-corrosive and durable. That many consumptions are not equal by the number of recycles.

Wasted plastic can cause problems for the environment because it is very difficult to unravel. The chemical structure of plastic as polymer organic compounds was formed from high-strength carbon chain. Microorganisms can't break the carbon bonds and thus require a very long time to decompose wasted plastic. Time decomposition of wasted plastic naturally requires more than eighty years to be degraded completely. With simple technology, of course, the wasted plastic can be managed properly. Distillation is the appropriate technology which currently being use by author to converting waste plastic into fuel oil (BBM).

Keyword : wasted plastic, recycle, fuel oil, distillation.

*Corresponding author

1. Pendahuluan

Plastik merupakan bahan kebutuhan yang banyak digunakan dalam kehidupan masyarakat modern. Sejak pertama diciptakan, plastik telah banyak dimanfaatkan di berbagai bidang industri baik industri pangan maupun non pangan. Dapat dilihat produk berbahan plastik mulai dari mainan, perlengkapan dapur, alat elektronik sampai sikat gigi yang digunakan setiap hari. Plastik banyak dimanfaatkan dikarenakan keunggulannya yang kuat, ringan, mudah dibentuk, merupakan isolator yang baik, tidak korosif dan tahan lama.

Konsumsi yang banyak tersebut tidak diimbangi dengan jumlah daur yang sama besarnya. Berdasarkan statistik persampahan Indonesia tahun 2008 oleh Kementerian Negara Lingkungan Hidup (KNLH), total timbunan sampah plastik menduduki peringkat kedua di Indonesia setelah sampah dapur yaitu sebanyak 5,4 juta ton per tahun^[1]. Sedangkan persentase daur ulang sampah plastik hanyalah 1,28 persen dari total volume timbunan^[1]. Sehingga masih banyak sampah plastik yang tidak didaur ulang. Sampah plastik yang tidak terdaur ulang tersebut akan mencemari lingkungan dan membahayakan bagi kehidupan spesies di sekitarnya.

Sampah plastik dapat menimbulkan permasalahan bagi lingkungan karena sangat susah terurai. Struktur kimia plastik sebagai senyawa organik polimer terbentuk dari rantai karbon yang sangat kuat. Mikroorganisme tidak dapat memutuskan ikatan karbon tersebut sehingga membutuhkan waktu yang sangat panjang untuk mengurai sampah plastik. Waktu penguraian sampah plastik secara alami membutuhkan kurang lebih delapan puluh tahun agar dapat terdegradasi secara sempurna.^[6] Selain itu plastik dapat melepaskan bahan kimia berbahaya ke dalam tanah di sekitarnya, yang kemudian dapat meresap ke dalam air tanah atau sumber air di sekitarnya dan juga ekosistem. Hal ini dapat mengancam kehidupan makhluk hidup yang meminum air ini. Oleh karena itu diperlukan teknologi untuk mengolah sampah plastik.

Metoda yang akan digunakan pada tugas akhir adalah dengan cara distilasi. Metoda distilasi yang digunakan adalah *destructive distillation* atau biasa disebut *pyrolysis*^[9]. Sampah plastik akan dipanaskan dengan suhu tinggi di atas 360°C pada ruang tertutup sehingga sampah plastik tersebut akan menjadi uap. Sampah plastik yang telah menguap kemudian didinginkan oleh fluida cair untuk menghasilkan hasil yang berupa bahan bakar minyak (BBM).

2. Dasar Teori

2.1 Jenis-Jenis Plastik

Ada berbagai jenis plastik dan plastik-plastik ini dapat dikelompokkan menjadi dua keluarga polimer utama, yaitu termoset dan termoplastik^[4]. termoplastik adalah jenis plastik yang dapat didaur ulang. Contoh plastik termoplastik adalah botol plastik, gelas plastik, kantong kresek, jas hujan, penggaris, dan pipa air. Sedangkan termoset adalah jenis plastik yang tidak dapat didaur ulang. Contoh plastik termoset adalah asbak, steker listrik, peralatan fotografi, dan fitting lampu listrik^[13]. Botol plastik, gelas plastik, dan kantong kresek termasuk jenis termoplastik yang berarti susunan molekulnya dapat dipecah dengan suhu yang tepat untuk mendapatkan bahan bakar minyak. Dengan metoda distilasi, suhu optimal untuk mengubah 500 gram sampah plastik menjadi bahan bakar minyak adalah pada suhu 360°C selama waktu 30 menit^[3]

2.2 Karakteristik Plastik

Ada beberapa alasan mengapa plastik banyak digunakan di seluruh dunia. Selain relatif lebih murah dibandingkan bahan lain seperti besi atau kayu, plastik memiliki karakteristik yang juga lebih unggul. Setiap plastik memiliki karakteristik yang sangat berbeda, namun sebagian besar plastik memiliki atribut umum berikut :

1. Tahan terhadap bahan kimia
2. Isolator yang baik
3. Ringan namun kuat
4. Tahan korosi

2.3 Bahaya Bahan Plastik

Phthalate adalah kelompok bahan kimia yang digunakan untuk membuat plastik lebih fleksibel dan lebih keras. Phthalates bisa terkandung dalam mainan, sampai jas hujan. Para ilmuwan mempelajari phthalate pada ibu hamil dan menemukan bahwa anak yang lahir dari ibu tersebut memiliki resiko terkena asma. Sebuah teori menyatakan bahwa phthalate meningkatkan sensitivitas saluran napas yang pada dasarnya membuka jalan bagi gejala asma^[27].

Di-isononyl phthalate (DiNP) adalah phthalate yang umum ditemukan dalam produk vinil.. Bahan kimia yang sama berbahayanya adalah Bis(2-ethylhexyl) phthalate (DEHP). DiNP dan DEHP biasanya digunakan sebagai zat tambahan pada plastik jenis PVC (*Polyvinyl Chloride*) agar lebih fleksibel. Kedua senyawa ini mempengaruhi perkembangan alat kelamin laki-laki^[27]. Penelitian pada hewan menunjukkan bahwa DEHP dapat merusak hati, ginjal, dan paru-paru. DiNP dan DEHP ditemukan terkandung pada kantong darah, kantong infus, mainan, boneka, dan bungkus plastik.

Produsen plastik di Indonesia kebanyakan menggunakan pewarna *nonfood grade* yang dapat mengontaminasi makanan bila terkena suhu tinggi. Plastik juga mengandung DOP (*dioctyl hpthalate*), benzen, karsinogen yang dapat mengganggu sistem pencernaan jika tertelan oleh makhluk hidup dan dapat menyebabkan kanker^[6]. Kantong kresek memiliki potensi untuk mengontaminasi makanan bila terkena suhu tinggi. Suhu yang tinggi dapat mengakibatkan pigmen warna berpindah tempat ke makanan. Selain itu, kantong kresek juga tidak baik sebagai wadah makanan yang baru digoreng. Suhu minyak yang tinggi akan menghasilkan lemak jenuh yang tinggi.

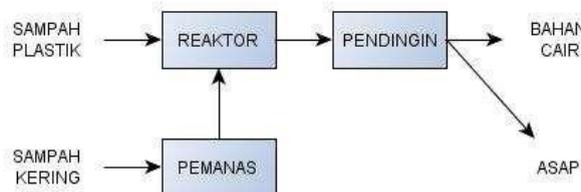
Diperkirakan 13.000 buah plastik setiap satu kilometer persegi terdapat di lautan kita. Para pelaut banyak menemukan hewan laut yang meninggal menelan *microbead* (potongan-potongan plastik yang kecil. Sebelum mencapai lautanpun, plastik mengkontaminasi saluran drainase dan air tanah yang dapat mengganggu keselamatan rantai makanan.

2.4 Penanganan Sampah Plastik di Indonesia

Menurut Kementerian Lingkungan Hidup (KLH), penanganan sampah plastik di Indonesia adalah sebagai berikut : diangkut dan ditimbun di TPA (69%), dikubur (10%), dikompos dan didaur ulang (7%), dibakar (5%), dan sisanya tidak terkelola (9%). Saat ini lebih dari 90% kabupaten/kota di Indonesia masih menggunakan sistem *open dumping* atau bahkan dibakar. Jika sistem *open dumping tetap* dilaksanakan, maka kebutuhan lahan untuk TPA akan meningkat menjadi 1.610 hektar pada tahun 2020^[28]. Penulis mencoba menerapkan cara baru penanganan sampah selain pengomposan dan daur ulang, yaitu dengan cara distilasi. Selain mengurangi sampah plastik, cara ini dapat menghasilkan sumber energi baru berupa bahan bakar minyak. Demi untuk membantu mengurangi sampah plastik, metoda ini diterapkan pada sampah-sampah yang sering terbungkalai tidak terurus di jalan-jalan sampai di saluran air, yaitu sampah botol plastik, gelas plastik, dan kresek.

2.5 Metoda Distilasi

Teknologi konversi sampah plastik menjadi bahan bakar minyak ini menggunakan metoda distilasi. Metoda distilasi yang digunakan adalah *destructive distillation* atau biasa disebut *pyrolysis*^[9]. Metoda Distilasi pada dasarnya menerapkan proses penguapan (*evaporation*) dan pendinginan (*condensation*)^[8]. Metoda ini merupakan proses kimia untuk penguraian bahan baku yang menggunakan pemanasan dengan suhu tinggi lebih dari 360°C pada ruang tertutup. Pada temperatur tersebut plastik akan mencair dan berubah menjadi gas, sehingga rantai panjang hidrokarbon akan terpotong menjadi rantai pendek. Berikutnya dilakukan proses pendinginan pada gas tersebut sehingga akan terkondensasi dan berubah menjadi cairan. Cairan inilah yang nantinya menjadi bahan bakar minyak. Proses ini dapat dilakukan karena pada dasarnya plastik adalah polimer atau rantai panjang atom mengikat satu sama lain yang berasal dari minyak bumi, sehingga proses ini hanya mengembalikan plastik ke dalam bentuk asal mulanya.



Gambar 2.1 Diagram Blok Proses Distilasi

Pada penelitian kali in menggunakan alat distilasi dari PT. Cipta Visi Sinar Kencana. Sampah plastik dimasukkan ke dalam tabung reaktor sebanyak 1 kg. Setelah tabung reaktor ditutup rapat, sedikit sampah kering dimasukkan ke dalam tabung pembakaran dan dibakar sebagai pemicu api. Baru kemudian sampah kering dimasukkan sedikit demi sedikit secara bertahap sebagai bahan bakar di dalam tabung pemanas. Panas yang dihasilkan akan memutus ikatan karbon dari plastik di dalam reaktor sampai menjadi uap. Uap ini akan didinginkan sampai mencair di tabung pendingin. Bahan cair yang keluar dari tabung pendingin inilah yang diharapkan dapat menjadi bahan bakar minyak.

2.6 Pengujian Bahan Cair

1. Senyawa Penyusun Bahan Cair

Hasil dari proses distilasi berupa cairan yang belum diketahui jenisnya. Harapan dari percobaan kali ini adalah untuk menghasilkan BBM yang dapat digunakan sebagai sumber energi. Sehingga perlu adanya suatu pemeriksaan apakah cairan hasil distilasi dapat digolongkan ke dalam BBM atau tidak. Pemeriksaan ini bekerjasama dengan lab kimia Universitas Padjajaran.

2. Suhu yang Dihasilkan

Diperlukan penelitian pada bahan cair untuk mendapatkan seberapa besar suhu yang dapat dihasilkannya. Besarnya suhu yang dihasilkan dapat digunakan untuk membandingkan bahan cair mana yang menghasilkan kalor yang lebih besar. Kemudian data yang telah didapat akan dibandingkan dengan bahan bakar minyak komersil sehingga dapat diperkirakan apakah bahan-bahan cair ini layak disebut sebagai bahan bakar.

3. Lama pembakaran

Dilakukan percobaan untuk mendapatkan data lama pembakaran dari setiap bahan cair. Lamanya waktu dari permakaran bahan-bahan cair ini digunakan juga sebagai pembanding dengan bahan bakar minyak komersil. Dengan begitu akan terlihat kualitas dari masing-masing bahan cair tersebut.

4. Massa Jenis

Setiap mililiter dari bahan cair yang dihaikan akan ditimbang massanya. Dari massa dan volume semua bahan cair dapat dihitung seberapa besar massa jenisnya. Hal ini diperlukan karena bahan bakar minyak memiliki massa jenis tertentu.

5. Kecepatan Terbakar

Bensin akan langsung terbakar jika disulut dengan api. Diperlukan penelitian apakah bahan cair yang dihasilkan juga akan langsung terbakar jika tersulut oleh api. Ataukah bahan-bahan cair tersebut tidak akan terbakar jika tersulut api seperti halnya solar. Maka perlu penelitian untuk mengetahui karakteristik dari bahan cair ini.

6. Asap

Ketebalan asap dijadikan indikasi oleh penulis sebagai penanda banyaknya polutan yang dihasilkan. Semakin tebal asap yang dihasilkan, maka semakin banyak polusi yang ditimbulkan.



Gambar 2.2 Proses Karakterisasi Bahan Cair

Percobaan dilakukan dengan membakar secara langsung bahan-bahan cair yang telah disiapkan. Bahan cair yang akan diuji terlebih dahulu diukur agar bervolume sama, yaitu 50 ml. Tidak ada acuan tertentu dalam penentuan takaran 50 ml tersebut. Karena tujuannya adalah untuk membandingkan suhu maksimal yang dapat dihasilkan bahan-bahan cair tersebut. Sehingga tidak masalah berapun volumenya selama semua bahan cair diukur sehingga bervolume sama. Kemudian bahan cair yang telah ditentukan volumenya ditaruh pada wadah *steinless steel* yang telah disediakan. Termometer bimetal diletakkan sedemikian rupa agar nantinya dapat membaca suhu bahan cair yang akan diuji. Setelah semuanya siap, bahan cairnya disulut dengan menggunakan korek api.

3 Hasil dan Pembahasan

Seperti yang sudah dibahas pada BAB I, metoda yang akan digunakan adalah metoda distilasi. Alat distilasi yang digunakan adalah alat distilasi dari PT. Cipta Visi Sinar Kencana. Tabung boiler digunakan untuk memanaskan plastik sampai menjadi uap. Untuk proses pemanasan di sini menggunakan berbagai sampah buangan yang kering. Panas dari pembakaran sampah-sampah kering inilah yang akan digunakan untuk memanaskan plastik yang berada di tabung reaktor. Plastik akan dipanaskan sampai menguap. Uap tersebut kemudian didinginkan di dalam kondensator sehingga berbentuk cairan.

Pengujian meliputi distilasi beberapa jenis plastik dan pemeriksaan temperatur selama proses distilasi. Jenis plastik yang didistilasi adalah PET, LDPE, dan PP. Jenis plastik tersebut adalah jenis-jenis yang mudah dicari dan bisa dapat dari pengepul. Untuk bahan bakarnya menggunakan sampah-sampah kering yang diambil dari TPS sekitar.

3.1 Distilasi Botol Plastik

Pada percobaan kali ini digunakan 1 kg botol plastik Sedangkan sebagai bahan bakarnya menggunakan berbagai sampah kering sebanyak 20 kg. Percobaan dimulai pada pagi hari pukul 08.20 WIB dengan suhu normal 38 °C pada dinding luar alat distilasi. Botol plastik air mineral bekas dimasukkan satu per satu ke dalam tabung reaktor sampai habis. Setelah tabung reaktor ditutup rapat, sedikit sampah kering dimasukkan ke dalam tabung pembakaran dan dibakar sebagai pemicu api. Baru kemudian sampah kering dimasukkan sedikit demi sedikit sebagai bahan bakar. Berikut ini adalah data pengamatan yang berupa waktu dan suhu pembakaran. Waktu dihitung sejak sampah kering telah terbakar di tabung pembakaran. Suhu didapat dari dinding luar tabung pembakaran dengan menggunakan sensor tembak. Bahan cair mulai keluar dari pendingin pada menit ke-40an.

Tabel 3.1 Suhu dan Waktu Distilasi Botol Plastik

waktu (menit)	suhu (°C)
0	38
10	40,2
20	64,1
30	82,8
40	110,5
50	145,8
60	163
70	184,2
80	211,1
90	239,7
100	274,1
110	309,7
120	333,6
130	356
140	378,9
150	403,4
160	401,7
170	402,1
180	400,2
190	402,5
200	400,3

3.2 Distilasi Kantong Kresek

Percobaan kedua menggunakan jenis plastik yang berbeda dari percobaan pertama. Plastik yang digunakan tersebut termasuk kedalam jenis LDPE (*Low Density Polyethylene*), yaitu kantong kresek. Jumlah kantong kresek yang digunakan sama dengan jumlah pada percobaan pertama yaitu 1 kg. Bahan bakar yang digunakanpun sama yaitu dengan menggunakan sampah kering sebanyak 20 kg. Percobaan kedua dimulai pada pagi hari pukul 08.30 WIB. Suhu yang terukur pada alat distilasi adalah 30°C. Mula-mula kantong kresek sebanyak 1 kg dimasukkan ke dalam tabung reaktor dan ditutup rapat-rapat. Untuk membakarnya digunakan sampah kering yang dimasukkan sedikit demi sedikit di tabung perbakaran. Kantong kresek sebanyak 1 kg ini dapat menghasilkan 400 ml bahan cair. Di bawah ini adalah data pengamatan yang berupa waktu dan suhu pembakaran. Penghitungan waktu sama dengan percobaan pertama. Pengukuran suhupun juga sama dengan percobaan pertama. Bahan cair mulai keluar dari pendingin pada menit ke-40an.

Tabel 3.2 Suhu dan Waktu Distilasi Kresek

waktu (menit)	suhu (°C)
0	30
10	50,6
20	55,8
30	76,5
40	101,2
50	129,6
60	161
70	195,3
80	212,2
90	246,7
100	278,4
110	296,4
120	326,4
130	353,5
140	375,1
150	398,8
160	401,8
170	402,1
180	401,1
190	400,6
200	402,1

3.3 Distilasi Gelas Plastik

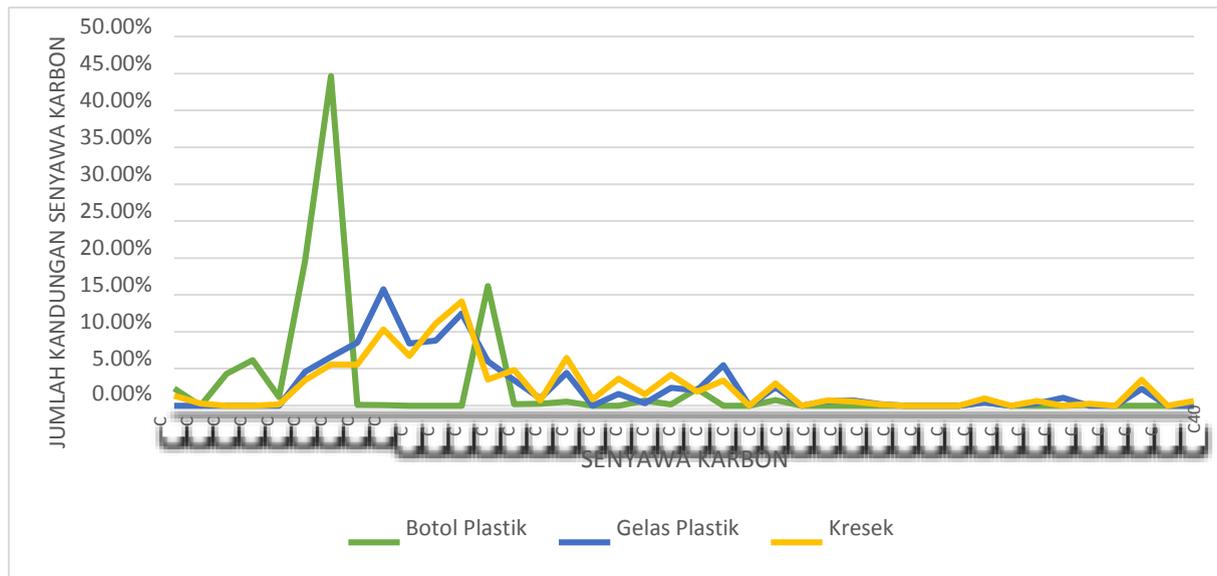
Percobaan terakhir menggunakan gelas plastik. Gelas plastik yang digunakan adalah plastik yang termasuk ke dalam jenis plastik PP (*Polypropylene*). Jumlah gelas plastik yang digunakan sama dengan jumlah pada percobaan-percobaan sebelumnya yaitu 1 kg. Bahan bakar yang digunakanpun sama yaitu dengan menggunakan sampah kering sebanyak 20 kg. Percobaan ketiga dimulai pada pagi hari pukul 08.50 WIB. Suhu yang terukur di alat distilasi pada saat itu adalah 44°C. Seperti percobaan yang sebelumnya, sebanyak 1 kg gelas plastik dimasukkan ke dalam tabung reaktor dan dipastikan telah ditutup dengan rapat. Sampah kering digunakan untuk membakar gelas plastik tersebut dengan memasukkan sedikit demi sedikit ke tabung perbakaran. Gelas plastik sebanyak 1 kg ini hanya menghasilkan 260 ml bahan cair. Tabel di bawah adalah data pengamatan yang berupa waktu dan suhu pembakaran pada percobaan distilasi gelas plastik. Perhitungan waktu dan pengukuran suhu sama seperti percobaan – percobaan sebelumnya. Bahan cair mulai keluar dari pendingin pada menit ke-40an.

Tabel 3.1 Suhu dan Waktu Distilasi Botol Plastik

waktu (menit)	suhu (°C)
0	44
10	45
20	75
30	89,1
40	120,3
50	148,1
60	167,1
70	198,3
80	227
90	255,7
100	276,2
110	309,1
120	334,1
130	356,9
140	377,1
150	399,2
160	402,5
170	402,5
180	401,2
190	401,4
200	402,1

3.4 Perbandingan Rantai Karbon

ahan cair hasil distilasi botol plastik, kresek, dan gelas plastik telah diuji di lab UNPAD untuk mendapatkan molekul-molekul penyusunnya. Secara keseluruhan bahan-bahan cair tersebut tersusun oleh ikatan rantai karbon yang dapat dilihat di lampiran. Secara garis besar, kandungan yang paling banyak pada setiap bahan cair tersebut adalah sebagai berikut, botol plastik C7 44,67 %, kresek C12 14.11 %, gelas plastik C9 15,57 %. Seberapa besar persentase susunan rantai karbon pada masing-masing bahan cair bisa dilihat di lampiran. Sedangkan bensin memiliki rantai karbon mulai dari C5 sampai C12^[23]. Secara garis besar bahan cair dari hasil distilasi botol plastik, kresek, dan gelas plastik memiliki penyusun rantai karbon yang hampir sama dengan bensin. Namun masih perlu pengolahan lebih lanjut karena masih terdapat ikatan karbon yang lain.

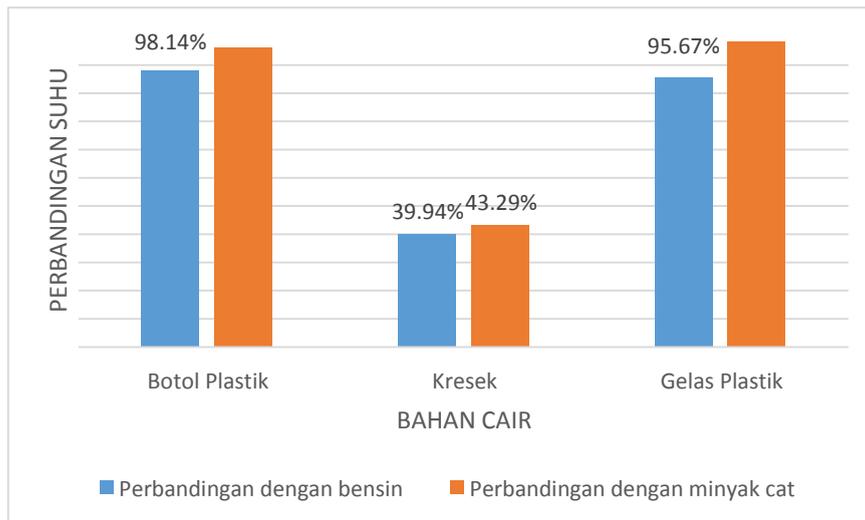


Grafik 3.1 Persentase Senyawa Karbon Bahan Cair

3.5 Perbandingan Suhu Maksimal

Kalor adalah bentuk energi yang berpindah karena perubahan suhu (Δt)^[19]. Secara umum untuk mendeteksi adanya kalor yang dimiliki oleh suatu benda yaitu dengan mengukur suhu benda tersebut^[17]. Jika suhunya tinggi maka kalor yang dikandung oleh benda sangat besar, begitu juga sebaliknya jika suhunya rendah maka kalor yang dikandung sedikit. Jadi jumlah energi yang ditransfer selama reaksi kimia (baik dari pembakaran bahan bakar atau reaksi kimia dalam larutan) berbanding lurus dengan perubahan suhu.

Besarnya perubahan suhu yang dihasilkan bahan cair dapat digunakan untuk membandingkan bahan cair mana yang menghasilkan kalor yang lebih besar. Dikarenakan keterbatasan dana, maka dilakukanlah percobaan sederhana ini. Sehingga hasil yang didapat hanya berupa perbandingan suhu maksimal dari setiap bahan cair. Dari data-data suhu yang diperoleh dapat menunjukkan perbandingan kalor yang dihasilkan.



Grafik 3.2 Perbandingan Suhu yang Dihasilkan Bahan Cair

3.6 Lamanya Waktu Pembakaran

Setiap bahan cair yang diuji memiliki interval waktu yang berbeda-beda saat pembakaran. Salah satu bahan cair memiliki waktu menyala yang lama sedangkan bahan cair yang memiliki waktu yang cepat. Semakin lama waktu pembakaran bahan cair berarti semakin tahan lama. Dari percobaan yang telah dilakukan, telah didapatkan bahwa bahan cair dari botol plastik dan gelas plastik adalah bahan cair yang paling tahan lama.

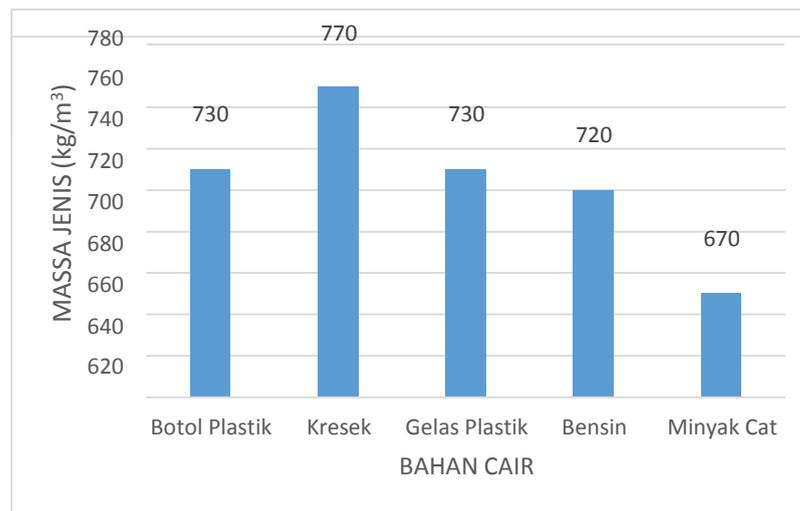
Tabel 3.4 Lama Pembakaran Bahan Cair

	Percobaan Pertama	Percobaan Kedua	Percobaan Ketiga	Rata-Rata
Botol Plastik	4 menit 3 detik	3 menit 29 detik	3 menit 56 detik	229.333 detik
Kresek	1 menit 51 detik	1 menit 43 detik	1 menit 22 detik	98.666 detik
Gelas Plastik	3 detik 59 detik	3 menit 43 detik	3 menit 51 detik	231 detik
Bensin	1 menit 56 detik	2 menit 22 detik	2 menit 2 detik	126.666 detik
Minyak cat	3 menit 43 detik	3 menit 53 detik	3 menit 51 detik	229 detik

3.7 Perbandingan Massa Jenis

Percobaan selanjutnya adalah mengukur massa jenis masing-masing bahan cair. Untuk membandingkan apakah bahan cair yang dihasilkan dari distilasi plastik tersebut tergolong ke dalam bahan bakar bensin. Menurut beberapa referensi, massa jenis bensin premium dengan RON 88 memiliki massa jenis $715 \text{ kg/m}^3 - 780 \text{ kg/m}^3$ [20][21]. penulis mengukur berat bensin premium per 100 ml dengan menggunakan timbangan berat digital SF-400, dan didapat berat jenis dari bensin premium tersebut adalah $0,72 \text{ g/ml}$ atau 720 kg/m^3 . Hasil yang didapat sesuai dengan referensi.

Di bawah ini terdapat tabel hasil dari pengukuran massa jenis setiap bahan cair. Berdasarkan pengukuran yang telah dilakukan, bahan cair dari distilasi botol plastik dan gelas plastik memiliki massa jenis yang sama yaitu 730 kg/m^3 . Massa jenisnya lebih besar dari bensin premium yang diukur, namun masih berada dalam skala massa jenis bensin premium berdasarkan referensi. Begitu juga dengan massa jenis bahan cair dari distilasi kresek. Dapat disimpulkan bahwa bahan-bahan cair dari distilasi plastik-plastik tersebut tergolong dalam bahan bakar bensin premium jika dilihat dari massa jenisnya.



Grafik 3.3 Massa Jenis Bahan Cair

3.8 Kecepatan Terbakar, Bau dan Asap

Bahan cair hasil distilasi botol plastik langsung terbakar ketika disulut api. Sama halnya dengan bahan cair dari kresek yang terbakar spontan jika terkena api. Kecepatan terbakar kedua bahan cair hasil distilasi botol plastik dan kresek ini sama dengan kecepatan terbakar bensin dan minyak cat. Namun berbeda dengan bahan cair hasil distilasi gelas plastik. Ketika disulut api, bahan cair tersebut baru terbakar satu detik kemudian.

Bahan cair hasil distilasi mirip dengan bakar bensin yang merupakan campuran senyawa hidrokarbon. Jika senyawa hidrokarbon mengalami pembakaran, maka oksigen di udara akan mengubah hidrogen di dalam bahan bakar menjadi air dan semua karbon di dalam bahan bakar menjadi karbon dioksida. Namun pada kenyataannya, pembakaran pada suatu mesin pembakaran tidaklah sempurna sehingga menghasilkan lebih banyak polusi. Begitu juga dalam percobaan yang telah dilakukan penulis merupakan pembakaran yang tidak sempurna. Ketebalan asap dijadikan indikasi oleh penulis sebagai penanda banyaknya polutan yang dihasilkan. Terdapat alat untuk mengukur ketebalan asap. Namun dikarenakan keterbatasan biaya, maka hanya dilakukan pengamatan dengan mata telanjang. Bahan cair dari botol plastik dan kresek yang dibakar dengan api menghasilkan asap yang tidak pekat. Sedangkan bahan cair dari gelas plastik mengeluarkan asap yang pekat ketika dibakar. Berarti bahan cair dari botol plastik dan kresek menghasilkan polutan yang lebih sedikit daripada bahan cair dari gelas plastik

3.9 Efisiensi Perbandingan Konversi Sampah Plastik

$$\eta = \frac{\theta \cdot \Delta t}{V_{\text{hasil}}} \times \frac{V_{\text{bakar}}}{1}$$

η : Efisiensi perbandingan

θ : Suhu maksimal yang dihasilkan setiap bahan cair (grafik 4.2)

Δt : Lamanya setiap bahan cair terbakar (tabel 4.4)

V_{hasil} : Volume bahan cair yang dihasilkan dari proses distilasi

V_{bakar} : Volume bahan cair ketika proses pembakaran (50 ml)

Berdasarkan perumusan di atas didapatkan hasil sebagai berikut ini :

1. Botol Plastik : 1114690 °C s / kg
2. Kresek : 169695.2 °C s / kg
3. Gelas plastik : 618618 °C s / kg

Dari perhitungan di atas maka dapat diambil sebuah kesimpulan bahwa untuk setiap 1 kg sampah plastik, yang paling efisien untuk didistilasi adalah sampah plastik dari botol plastik

4 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan dapat ditarik kesimpulan bahwa Untuk merubah sampah plastik 1 kg menjadi bahan cair membutuhkan suhu minimal 375 °C. Berdasarkan suhu yang dihasilkan, bahan cair hasil distilasi botol plastik dan gelas plastik menghasilkan suhu rata-rata yang hampir sama dengan suhu rata-rata yang dihasilkan oleh bahan bakar bensin (premium). Dan bahan cair dari botol plastik dan gelas plastik lebih lama terbakar dibandingkan bensin. Berdasarkan massa jenisnya, bahan cair dari botol plastik (730 kg/m³), gelas plastik (730 kg/m³), dan kresek (770 kg/m³) termasuk jenis bensin premium (715 kg/m³ – 780 kg/m³)^{[20][21]}. Ketiga bahan cair tidak baik bila digunakan untuk mesin motor. Dikarenakan bahan-bahan cair tersebut ada yang tidak memiliki kandungan iso-oktana (C₈H₁₈) atau n-heptana (C₇H₁₆) sebagaimana terdapat pada bensin. Dua senyawa itu merupakan tolak ukur kualitas bensin. Sampah plastik yang paling efisien didistilasi untuk setiap 1 kg adalah sampah plastik dari botol plastik dengan energi sebesar 1114690 °C s / Kg.

Daftar Pustaka:

- [1] Statistik Persampahan Indonesia Tahun 2008, Kementerian Negara Lingkungan Hidup Republik Indonesia.
- [2] Aprian Ramadhan, P. dan Munawar Ali., Pengolahan Sampah Plastik Menjadi Minyak Menggunakan Proses Pirolisis. Jurnal Teknik Lingkungan FTSP UPN “Veteran” Jatim.
- [3] Edi Mulyadi., Degradasi Sampah Kota (*Rubbish*) Dengan Proses Pirolisis. Jurnal Teknik Kimia FTI UPN “Veteran” Jatim
- [4] Harper, C., 2000. Modern Plastics Handbook. Halaman 3.
- [5] Plastic Packaging Resins, American Chemistry Council.
- [6] Suharto, Rancangan Produk Bahan Plastik Daur Ulang Sebagai Upaya Peningkatan Industri Kreatif.
- [7] <http://www.menlh.go.id/rangkaian-hlh-2015-dialog-penanganan-sampah-plastik/>, oleh Kementerian Lingkungan Hidup, diakses pada 6 April 2015 pukul 07.00 WIB.
- [8] <http://www.wiredchemist.com/chemistry/instructional/laboratory-tutorials/distillation>, diakses pada 4 Januari 2015 pukul 08.00 WIB.
- [9] http://www.revolvy.com/main/index.php?s=Destructive%20distillation&item_type=topic, diakses pada 5 Januari 2015 pukul 10.00 WIB.
- [10] <http://www.globalhealingcenter.com/natural-health/7-dangers-of-plastic/>, oleh by Dr. Edward Group DC, NP, DACBN, DCBCN, DABFM, diakses pada 5 Januari 2015 pukul 14.30 WIB.
- [11] <http://www.worldwatch.org/global-plastic-production-rises-recycling-lags-0>, oleh Gaelle Gourmelon, diakses pada 5 Januari 2015 pukul 14.00 WIB.
- [12] <http://chemistry.elmhurst.edu/vchembook/514gasoline.html>, diakses pada 29 Juli 2016 pukul 14.30 WIB.
- [13] http://www.chem-is-try.org/materi_kimia/kimia-polimer/klasifikasi-polimer/polimer-termoplastik-dan-termosetting/ diakses pada 3 Januari 2015 pukul 06.00 WIB.
- [14] <http://plastics.americanchemistry.com/Education-Resources/Plastics-101/The-Basics-Polymer-Definition-and-Properties.html>, diakses pada 5 Januari 2015 pukul 20.00 WIB
- [15] Move Indonesia, 2007. Bahaya Bahan Plastik. Pusat Pendidikan Lingkungan Hidup (PPLH), Mojokerto.
- [16] http://deposafety.com/index.php?page=shop.product_details&product_id=424&flypage=flypage.tpl&pop=0&option=com_virtuemart&Itemid=27&vmcchk=1&Itemid=27, diakses pada 9 September 2015 pukul 08.00 WIB
- [17] http://kimia.upi.edu/utama/bahanajar/kuliah_web/2009/0700746/materi1.htm, diakses pada 5 Mei 2016.
- [18] <http://www.revolvy.com/main/index.php?s=Octane%20rating>, diakses pada 29 Juli 2016 pukul 13.30 WIB
- [19] Holman, J.P., dan Jasjfi, E. 1994. *Perpindahan Kalor*. Jakarta : Erlangga.
- [20] Mulyono, Sugeng., Gunawan, dan Maryanti Budha. 2013. *Pengaruh Penggunaan dan Perhitungan Efisiensi Bahan Bakar Premium dan Pertamina Terhadap Unjuk Kerja Motor Bakar Bensin*. Balikpapan.
- [21] <http://www.panduanolimesinbbm.com>, diakses pada 5 Mei 2016.
- [22] John A. Roberson, Clayton T. Crowe, 1997. *Engineering Fluid Mechanics*, Sixth Edition, John Wiley & Sons, Inc.
- [23] Charless W. Keenan, Donald C. Kleinfelter, dan Jesse H. Wood, 1992. *Kimia Untuk Universitas edisi keenam*. Jakarta : Erlangga.