

BERBAGAI METODE KONVERSI SAMPAH PLASTIK MENJADI BAHAN BAKAR MINYAK

Untoro Budi Surono

Jurusan Teknik Mesin Universitas Janabadra Yogyakarta
Jl. Tentara Rakyat Mataram No. 57 Yogyakarta 55231

untoro_b_s@yahoo.co.id

The use of plastic and goods made of plastic have been rising in day to day. Increasing use of plastics is a consequence of the development of technology, industry and population. On one hand, the invention of plastic has a remarkable positive impact, because it has many advantages compared to other materials. But on the other hand, the plastic waste has negative impact that too worried, so its solutions need to be looked for.

One of the alternative handling of plastic waste that currently extensively researched and developed is converting plastic waste into fuel. Converting plastic waste into fuel oil can be done with cracking process. There are three kinds of process that is hydro cracking, thermal cracking and catalytic cracking. Fuel oil produced from the cracking of plastic waste depending on the plastic type, cracking process used, catalyst type, pyrolysis temperature and condenser temperature.

Kata kunci: plastic, fuel, hydrocracking, thermal cracking, catalytic cracking

PENDAHULUAN

Sejak ditemukan pertama kali pada tahun 1907, penggunaan plastik dan barang-barang berbahan dasar plastik semakin meningkat. Peningkatan penggunaan plastik ini merupakan konsekuensi dari berkembangnya teknologi, industri dan juga jumlah populasi penduduk. Di Indonesia, kebutuhan plastik terus meningkat hingga mengalami kenaikan rata-rata 200 ton per tahun. Tahun 2002, tercatat 1,9 juta ton, di tahun 2003 naik menjadi 2,1 juta ton, selanjutnya tahun 2004 naik lagi menjadi 2,3 juta ton per tahun. Di tahun 2010, 2,4 juta ton,

dan pada tahun 2011, sudah meningkat menjadi 2,6 juta ton. 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. Dari jumlah tersebut 15% berupa sampah plastik atau sejumlah 28,4 ribu ton sampah plastik/hari (Fahlevi, 2012).

Jumlah perkiraan sampah plastik dari tahun ke tahun di Indonesia dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 1. Perkiraan Prosentase Sampah di Indonesia

Komponen	Unit	Tahun					
		1997	1998	1999	2000	2001	2002
Organik	%	74,6	75,38	75,18	74,99	74,60	74,22
Kertas	%	10,18	10,50	10,71	10,93	11,15	11,37
Kayu	%	0,98	0,39	0,20	0,02	0,02	0,02
Tekstil	%	1,57	1,20	1,13	1,06	1,00	0,93
Karet	%	0,55	0,41	0,39	0,37	0,35	0,33
Plastik	%	7,86	8,11	8,30	8,50	8,69	8,88
Logam	%	2,04	1,89	1,89	1,90	1,90	1,90
Gelas	%	1,75	1,93	1,99	2,05	2,10	2,16
Batere	%	0,29	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Lain-lain	%	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18

Sumber: Sahwan, 2005

Di satu sisi penemuan plastik ini mempunyai dampak positif yang luar biasa, karena plastik memiliki keunggulan-keunggulan dibanding material lain. Tetapi di sisi lain, sampah plastik juga mempunyai dampak negatif yang cukup besar. Keunggulan plastik dibanding material lain diantaranya kuat, ringan, fleksibel, tahan karat, tidak mudah pecah, mudah diberi warna, mudah dibentuk, serta isolator panas dan listrik yang baik. Sedangkan plastik yang sudah menjadi sampah akan berdampak negatif terhadap lingkungan maupun kesehatan manusia.

Sampah plastik akan berdampak negatif terhadap lingkungan karena tidak dapat terurai dengan cepat dan dapat menurunkan kesuburan tanah. Sampah plastik yang dibuang sembarangan juga dapat menyumbat saluran drainase, selokan dan sungai sehingga bisa menyebabkan banjir. Sampah plastik yang dibakar bisa mengeluarkan zat-zat yang berbahaya bagi kesehatan manusia.

Semakin meningkatnya sampah plastik ini akan menjadi masalah serius bila tidak dicari penyelesaiannya. Penanganan sampah plastik yang populer selama ini adalah dengan 3R (*Reuse, Reduce, Recycle*). *Reuse* adalah memakai berulang kali barang-barang yang terbuat dari plastik. *Reduce* adalah mengurangi pembelian atau penggunaan barang-barang dari plastik, terutama barang-barang yang sekali pakai. *Recycle* adalah mendaur ulang barang-barang yang terbuat dari plastik.

Masing-masing penanganan sampah tersebut di atas mempunyai kelemahan. Kelemahan dari *reuse* adalah barang-barang tertentu yang terbuat dari plastik, seperti kantong plastik, kalau dipakai berkali-kali akan tidak layak pakai. Selain itu beberapa jenis plastik tidak baik bagi kesehatan tubuh apabila dipakai berkali-kali. Kelemahan dari *reduce* adalah harus tersedianya barang pengganti plastik yang lebih murah dan lebih praktis. Sedangkan kelemahan dari *recycle* adalah bahwa plastik yang sudah didaur ulang akan semakin menurun kualitasnya.

Alternatif lain penanganan sampah plastik yang saat ini banyak diteliti dan dikembangkan adalah mengkonversi sampah plastik menjadi bahan bakar minyak. Cara ini sebenarnya termasuk dalam *recycle* akan tetapi daur ulang yang dilakukan adalah tidak

hanya mengubah sampah plastik langsung menjadi plastik lagi. Dengan cara ini dua permasalahan penting bisa diatasi, yaitu bahaya menumpuknya sampah plastik dan diperolehnya kembali bahan bakar minyak yang merupakan salah satu bahan baku plastik. Teknologi untuk mengkonversi sampah plastik menjadi bahan bakar minyak yaitu dengan proses *cracking* (perekahan). Di sini akan dikaji penelitian-penelitian yang berhubungan dengan teknologi tersebut. Dengan kajian ini akan diketahui berbagai metode pengolahan sampah plastik menjadi minyak, material yang dapat membantu proses pengolahan sampah plastik menjadi minyak dan penerapannya sebagai bahan bakar mesin.

LANDASAN TEORI

Jenis-jenis Plastik

Plastik adalah salah satu jenis makromolekul yang dibentuk dengan proses polimerisasi. Polimerisasi adalah proses penggabungan beberapa molekul sederhana (monomer) melalui proses kimia menjadi molekul besar (makromolekul atau polimer). Plastik merupakan senyawa polimer yang unsur penyusun utamanya adalah Karbon dan Hidrogen. Untuk membuat plastik, salah satu bahan baku yang sering digunakan adalah Naphta, yaitu bahan yang dihasilkan dari penyulingan minyak bumi atau gas alam. Sebagai gambaran, untuk membuat 1 kg plastik memerlukan 1,75 kg minyak bumi, untuk memenuhi kebutuhan bahan bakunya maupun kebutuhan energi prosesnya (Kumar dkk., 2011).

Plastik dapat dikelompokkan menjadi dua macam yaitu *thermoplastic* dan *thermosetting*. *Thermoplastic* adalah bahan plastik yang jika dipanaskan sampai temperatur tertentu, akan mencair dan dapat dibentuk kembali menjadi bentuk yang diinginkan. Sedangkan *thermosetting* adalah plastik yang jika telah dibuat dalam bentuk padat, tidak dapat dicairkan kembali dengan cara dipanaskan.

Berdasarkan sifat kedua kelompok plastik di atas, *thermoplastic* adalah jenis yang memungkinkan untuk didaur ulang. Jenis plastik yang dapat didaur ulang diberi kode berupa nomor untuk memudahkan dalam mengidentifikasi dan penggunaannya (lihat Gambar 1 dan Tabel 2).



Gambar 1. Nomor kode plastik
Sumber: UNEP, 2009

Tabel 2. Jenis plastik, kode dan penggunaannya

No. Kode	Jenis Plastik	Penggunaan
1	PET (polyethylene terephthalate)	botol kemasan air mineral, botol minyak goreng, jus, botol sambal, botol obat, dan botol kosmetik
2	HDPE (High-density Polyethylene)	botol obat, botol susu cair, jerigen pelumas, dan botol kosmetik
3	PVC (Polyvinyl Chloride)	pipa selang air, pipa bangunan, mainan, taplak meja dari plastik, botol shampo, dan botol sambal.
4	LDPE (Low-density Polyethylene)	kantong kresek, tutup plastik, plastik pembungkus daging beku, dan berbagai macam plastik tipis lainnya.
5	PP (Polypropylene atau Polypropene)	cup plastik, tutup botol dari plastik, mainan anak, dan margarine
6	PS (Polystyrene)	kotak CD, sendok dan garpu plastik, gelas plastik, atau tempat makanan dari styrofoam, dan tempat makan plastik transparan
7	Other (O), jenis plastik lainnya selain dari no.1 hingga 6	botol susu bayi, plastik kemasan, gallon air minum, suku cadang mobil, alat-alat rumah tangga, komputer, alat-alat elektronik, sikat gigi, dan mainan lego

Sumber: Kurniawan, 2012

Sifat Thermal Bahan Plastik

Pengetahuan sifat thermal dari berbagai jenis plastik sangat penting dalam proses pembuatan dan daur ulang plastik. Sifat-sifat thermal yang penting adalah titik lebur (T_m), temperatur transisi (T_g) dan temperatur dekomposisi. Temperatur transisi adalah temperatur di mana plastik mengalami perengganan struktur sehingga terjadi perubahan dari kondisi kaku menjadi lebih fleksibel. Di atas titik lebur, plastik mengalami pembesaran volume sehingga molekul bergerak lebih bebas yang ditandai dengan peningkatan kelenturannya. Temperatur lebur adalah temperatur di mana plastik mulai melunak dan berubah menjadi cair. Temperatur dekomposisi merupakan batasan dari proses pencairan. Jika suhu dinaikkan di atas temperatur lebur, plastik akan mudah mengalir dan struktur akan mengalami dekomposisi. Dekomposisi terjadi karena energi thermal melampaui energi yang mengikat rantai molekul. Secara umum

polimer akan mengalami dekomposisi pada suhu di atas 1,5 kali dari temperatur transisinya (Budiyantoro, 2010)

Data sifat termal yang penting pada proses daur ulang plastik bisa dilihat pada tabel berikut:

Tabel 3. Data temperatur transisi dan temperatur lebur plastik

Jenis Bahan	T_m (°C)	T_g (°C)	Temperatur kerja maks. (°C)
PP	168	5	80
HDPE	134	-110	82
LDPE	330	-115	260
PA	260	50	100
PET	250	70	100
ABS		110	85
PS		90	70
PMMA		100	85
PC		150	246
PVC		90	71

Sumber: Budiyantoro, 2010

Daur ulang sampah plastik

Daur ulang merupakan proses pengolahan kembali barang-barang yang dianggap sudah tidak mempunyai nilai ekonomis lagi melalui proses fisik maupun kimiawi atau kedua-duanya sehingga diperoleh produk yang dapat dimanfaatkan atau diperjualbelikan lagi. Daur ulang (*recycle*) sampah plastik dapat dibedakan menjadi empat cara yaitu daur ulang primer, daur ulang sekunder, daur ulang tersier dan daur ulang quarter. Daur ulang primer adalah daur ulang limbah plastik menjadi produk yang memiliki kualitas yang hampir setara dengan produk aslinya. Daur ulang cara ini dapat dilakukan pada sampah plastik yang bersih, tidak terkontaminasi dengan material lain dan terdiri dari satu jenis plastik saja. Daur ulang sekunder adalah daur ulang yang menghasilkan produk yang sejenis dengan produk aslinya tetapi dengan kualitas di bawahnya. Daur ulang tersier adalah daur ulang sampah plastik menjadi bahan kimia atau menjadi bahan bakar. Daur ulang quarter adalah proses untuk mendapatkan energi yang terkandung di dalam sampah plastik (Kumar dkk., 2011). Perbandingan energi yang terkandung dalam plastik dengan sumber-sumber energi lainnya dapat dilihat pada tabel 4 berikut:

Tabel 4. Nilai kalor plastik dan bahan lainnya

Material	Nilai Kalor (MJ/kg)
Polyethylene	46,3
Polypropylene	46,4
Polyvinyl chloride	18,0
Polystyrene	41,4
Coal	24,3
Petrol	44,0
Diesel	43,0
Heavy fuel oil	41,1
Light fuel oil	41,9
LPG	46,1
Kerosene	43,4

Sumber: Das dan Pande, 2007

Konversi Sampah Plastik Menjadi Bahan Bakar Minyak

Mengkonversi sampah plastik menjadi bahan bakar minyak termasuk daur ulang tersier. Merubah sampah plastik

menjadi bahan bakar minyak dapat dilakukan dengan proses *cracking* (perekahan). *Cracking* adalah proses memecah rantai polimer menjadi senyawa dengan berat molekul yang lebih rendah. Hasil dari proses cracking plastik ini dapat diguna sebagai bahan kimia atau bahan bakar. Ada tiga macam proses cracking yaitu *hidro cracking*, *thermal cracking* dan *catalytic cracking* (Panda, 2011)

Hidro cracking

Hidro cracking adalah proses cracking dengan mereaksikan plastik dengan hidrogen di dalam wadah tertutup yang dilengkapi dengan pengaduk pada temperatur antara 423 – 673 K dan tekanan hidrogen 3 – 10 MPa. Dalam proses hydrocracking ini dibantu dengan katalis. Untuk membantu pencampuran dan reaksi biasanya digunakan bahan pelarut 1-methyl naphtalene, tetralin dan decalin. Beberapa katalis yang sudah diteliti antara lain alumina, amorphous silica alumina, zeolite dan sulphate zirconia.

Penelitian tentang proses hydrocracking ini antara lain telah dilakukan oleh Rodiansono (2005) yang melakukan penelitian hydro cracking sampah plastik polipropilena menjadi bensin (hidrokarbon C5-C12) menggunakan katalis NiMo/Zeolit dan NiMo/Zeolit-Nb₂O₅. Proses hydro cracking dilakukan dalam reaktor semi alir (semi flow-fixed bed reactor) pada temperatur 300, 360, dan 400 °C; rasio katalis/umpan 0,17; 0,25; 0,5 dengan laju alir gas hidrogen 150 mL/jam. Uji aktivitas katalis NiMo/zeolite yang menghasilkan selektivitas produk C7-C8 tertinggi dicapai pada temperatur 360 °C dan rasio katalis/umpan 0,5. Kinerja katalis NiMo/zeolit menurun setelah pemakaian beberapa kali, tetapi dengan proses regenerasi kinerjanya bisa dikembalikan lagi.

Nurchahyo (2005), melakukan penelitian sama dengan penelitian Rodiansono (2005) tetapi dengan katalis NiPd/Zeolite. Uji aktivitas katalis NiPd/Zeolit untuk reaksi hydro cracking sampah plastik menjadi fraksi bensin telah dilakukan dengan variasi temperatur 300, 350, 400, 450 dan 500 °C dan variasi rasio berat katalis : umpan 1/2, 1/4, dan 1/6 dengan sistem semi alir. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aktivitas katalis optimum dicapai pada temperatur 450 °C dan rasio berat katalis : umpan = 1/2.

Sedangkan Daryoso dkk (2012) melakukan penelitian tentang pengolahan sampah plastik jenis polietilen dengan metode hydro cracking menggunakan katalis Ni-Mo/zeolite. Hydro cracking dilakukan dengan variasi perbandingan katalis/bahan plastik 1:4, 2:4, 3:4, dan temperatur prosesnya diatur 350 °C, 400 °C, 450 °C, 500 °C, 550 °C selama 2 jam.

Dari penelitian tersebut diketahui bahwa Katalis Ni Mo/Zeolit Alam yang telah dipreparasi berperan dalam proses hidrengkah sampah polietilen menghasilkan produk hidrengkah dengan rantai hidrokarbon yang pendek. Rasio massa katalis Ni-Mo/Zeolit alam dengan umpan optimum yang menghasilkan konversi sampah polietilen paling besar didapat pada perbandingan 3 : 4 yaitu sebesar 8,032 %. Temperatur optimum yang menghasilkan konversi sampah polietilen paling besar diperoleh pada temperatur 500 °C yaitu sebesar 1,334 %.

Thermal cracking

Thermal cracking adalah termasuk proses pyrolysis, yaitu dengan cara memanaskan bahan polimer tanpa oksigen. Proses ini biasanya dilakukan pada temperatur antara 350 °C sampai 900 °C. Dari proses ini akan dihasilkan arang, minyak dari kondensasi gas seperti parafin, isoparafin, olefin, naphthene dan aromatik, serta gas yang memang tidak bisa terkondensasi.

Bajus dan Hájeková, 2010, melakukan penelitian tentang pengolahan campuran 7 jenis plastik menjadi minyak dengan metode thermal cracking. Tujuh jenis plastik yang digunakan dalam penelitian ini dan komposisinya dalam persen berat adalah HDPE (34,6%) , LDPE (17,3%), LLPE (17,3%), PP (9,6%), PS (9,6%), PET (10,6%), dan PVC (1,1%). Penelitian ini menggunakan batch reactor dengan temperatur dari 350 sampai 500 °C. Dari penelitian ini diketahui bahwa thermal cracking pada campuran 7 jenis plastik akan menghasilkan produk yang berupa gas, minyak dan sisa yang berupa padatan. Adanya plastik jenis PS, PVC dan PET dalam campuran plastik yang diproses akan meningkatkan terbentuknya karbon monoksida dan karbon dioksida di dalam produk gasnya dan menambah kadar benzene, toluene, xylenes, styrene di dalam produk minyaknya.

Penelitian dengan jenis plastik yang lain dilakukan oleh Tubnonghee dkk. pada tahun 2010. Plastik yang diteliti untuk dijadikan bahan bakar minyak adalah jenis polyethylene (PE) dan polypropylene (PP). Pembuatan bahan bakar minyak dari plastik menggunakan proses *thermo cracking* (pyrolysis). Pyrolysis dilakukan pada temperatur 450 °C selama 2 jam. Gas yang terbentuk selanjutnya dikondensasikan menjadi minyak di dalam kondenser yang bertemperatur 21 °C.

Minyak yang dihasilkan selanjutnya dianalisa dengan *gas chromatography/mass spectrometry* untuk mengetahui distribusi jumlah atom karbonnya. Dari hasil analisa tersebut diketahui bahwa komposisi minyak dari campuran plastik PE dan PP tersebut mempunyai jumlah atom Carbon yang setara dengan solar, yaitu C₁₂ – C₁₇.

Penelitian yang lain dilakukan oleh Sarker dkk. (2012). Pada penelitian ini, sampah plastik LDPE diolah menjadi kerosin dengan metode thermal cracking pada tekanan atmosfer dan dengan temperatur antara 150 °C dan 420 °C. Proses depolimerisasi dilakukan tanpa penambahan katalis. Dari penelitian ini diperoleh hasil bahwa kerosin yang didapat sekitar 30 %. Bahan bakar yang diperoleh dari proses ini mempunyai kandungan sulfur yang rendah dan nilai kalor yang baik.

Catalytic cracking

Cracking cara ini menggunakan katalis untuk melakukan reaksi perekahan. Dengan adanya katalis, dapat mengurangi temperatur dan waktu reaksi.

Osueke dan Ofundu (2011) melakukan penelitian konversi plastik *low density polyethylene* (LDPE) menjadi minyak. Proses konversi dilakukan dengan dua metode, yaitu dengan *thermal cracking* dan *catalyst cracking*. Pyrolysis dilakukan di dalam tabung stainless steel yang dipanaskan dengan elemen pemanas listrik dengan temperatur bervariasi antara 475 – 600 °C. Kondenser dengan temperatur 30 – 35 °C, digunakan untuk mengembunkan gas yang terbentuk setelah plastik dipanaskan menjadi minyak. Katalis yang digunakan pada penelitian ini adalah silica alumina. Dari penelitian ini diketahui bahwa dengan temperatur pyrolysis 550 °C dan perbandingan katalis/sampah plastik 1 : 4 dihasilkan minyak dengan jumlah paling banyak.

Borsodi dkk., 2011, melakukan penelitian tentang pirolisis terhadap plastik yang terkontaminasi untuk memperoleh senyawa hidrokarbon. Pirolisis dilakukan di dalam reaktor tabung, dengan memasukkan material plastik secara kontinyu. Plastik yang diproses ada dua macam, yaitu HDPE dalam kondisi bersih dan HDPE yang terkontaminasi minyak pelumas. Dalam penelitian ini temperatur pirolisis 500 °C. Pirolisis dilakukan dengan katalis (thermo-catalytic pyrolysis) dan tanpa katalis (thermal pyrolysis). Katalis yang digunakan adalah Y-zeolite. Dari penelitian ini diketahui bahwa HDPE yang terkontaminasi produk volatilenya lebih tinggi dan densitasnya juga lebih tinggi. Pemakaian katalis mempengaruhi proses cracking pada HDPE yang tidak terkontaminasi, tetapi pada HDPE yang terkontaminasi pengaruh pemakaian katalis tidak signifikan. Pemakaian katalis

menurunkan densitas dari minyak yang dihasilkan dari proses pirolisis.

Uji Coba Bahan Bakar Minyak dari Sampah Plastik pada Mesin

Tamilkolundu dan Murugesan (2012), melakukan penelitian dengan mengubah sampah plastik jenis PVC menjadi bahan bakar minyak. Bahan bakar minyak dari plastik PVC ini mempunyai densitas 7% lebih tinggi dari solar. Demikian juga dengan viskositasnya, lebih tinggi 300% dibanding solar. Selanjutnya bahan bakar minyak yang berasal dari sampah plastik tersebut dicampur dengan solar. Campuran bahan bakar ini diuji coba pada mesin diesel satu silinder. Unjuk kerja yang diamati antara lain konsumsi bahan bakar, konsumsi bahan bakar spesifik dan efisiensi termal. Hasil dari uji coba tersebut seperti tabel berikut:

Tabel 5. Perbandingan unjuk kerja campuran minyak dari plastik dan solar

Unjuk kerja	Minyak dari plastik dan solar	Solar
Konsumsi bahan bakar (kg/jam)	0,61	0,69
Konsumsi bahan bakar spesifik (kg/kWjam)	0,32	0,37
Efisiensi termal (%)	27,4	22,5

Penelitian unjuk kerja mesin diesel berbahan bakar minyak dari sampah plastik dan solar juga dilakukan oleh Narayana dan Mojeswararao, 2012. Penelitian dilakukan dengan dua variasi campuran, yaitu dengan prosentase minyak dari sampah plastik 20 % dan 40 % . Penelitian ini menggunakan mesin diesel satu silinder.

Perbandingan sifat minyak dari sampah plastik dan solar dapat dilihat pada tabel 6. Sedangkan unjuk kerja yang diamati antara lain konsumsi bahan bakar, konsumsi bahan bakar spesifik dan efisiensi termal. Dari uji coba diperoleh hasil seperti terlihat pada tabel 7.

Tabel 6. Perbandingan sifat minyak dari sampah plastik dan solar

Sifat	Minyak dari sampah plastik	solar
Densitas pada 30°C, g/cc	0,793	0,83 s/d 0,88
Nilai kalor, kJ/kg	41858	46500
Viskositas kinematis, cst	2,149	5
Cetane number	51	55
Flash point, °C	40	50
Fire point, °C	45	56
Kandungan sulfur, %	< 0,002	< 0,035

Tabel 7. Perbandingan unjuk kerja campuran minyak sampah dari plastik dan solar

Unjuk kerja	Solar murni				Campuran solar dan 20% minyak dari sampah plastik				Campuran solar dan 40% minyak dari sampah plastik			
	Beban (kg)				Beban (kg)				Beban (kg)			
	0	5	10	15	0	5	10	15	0	5	10	15
Daya (kW)	0	1,317	2,63	3,95	0	1,3175	2,63	3,952	0	1,3175	2,63	3,995
Konsumsi bahan bakar (kg/jam)	0,45	0,497	0,529	0,604	0,395	0,4129	0,4288	0,4380	0,342	0,349	0,355	0,376
Sfc (kg/kWjam)	0	0,377	0,2	0,152	0	0,3131	0,1627	0,1108	0	0,266	0,135	,095
Efisiensi volumetris (%)	91,1	88,8	88,8	87,6	68,8	69,49	70,13	70,13	68,88	70,13	70,74	71,04
Efisiensi thermal (%)	0	20,52	38,43	47,78	0	24,7	47,57	69,81	0	29,15	57,35	81,33
Efisiensi mekanis (%)	0	46	63,68	72,42	0	46,69	63,68	72,49	0	46,69	63,68	72,47

Tahun 2011, Guntur dkk meneliti pemakaian bahan bakar minyak dari sampah plastik yang dicampur dengan solar. Pengujian dilakukan pada mesin diesel satu silinder, dengan tiga variasi bahan bakar, yaitu solar murni, campuran solar dan 50% minyak dari sampah plastik, serta campuran solar dan 70% minyak dari sampah plastik.

Dari penelitian tersebut diketahui bahwa konsumsi bahan bakar solar paling rendah dan semakin tinggi prosentase minyak dari sampah plastik, konsumsi bahan bakarnya semakin tinggi. Sfc campuran solar dan minyak dari sampah plastik lebih rendah dari Sfc solar murni. BMEP campuran solar dan minyak dari sampah plastik lebih tinggi dari BMEP solar murni. Efisiensi thermal dan efisiensi mekanis campuran solar dan minyak dari sampah plastik juga lebih tinggi dari efisiensi thermal dan efisiensi mekanis solar murni, kecuali pada beban penuh efisiensi thermal solar murni paling tinggi. Emisi CO, CO₂ dan HC campuran minyak dari sampah plastik dan solar lebih tinggi dari solar murni, sedangkan emisi O₂ solar murni yang paling tinggi.

PEMBAHASAN

Dari penelitian tentang pengolahan sampah plastik menjadi minyak di atas dapat diketahui bahwa minyak yang dihasilkan dari pengolahan sampah plastik tergantung dari

beberapa parameter antara lain jenis plastik yang diolah, temperatur proses, penggunaan katalis dan jenis katalis yang digunakan.

Sebagian besar penelitian dilakukan dengan reaktor tabung atau batch reaktor. Proses pengolahan dalam reaktor tabung ini memang bisa diterapkan dalam skala eksperimen di laboratorium, tetapi apabila akan dikembangkan dalam skala produksi maka perlu diteliti lagi menggunakan reaktor jenis kontinyu, sehingga proses pengolahan bisa berlangsung terus menerus.

Apabila proses pengolahan plastik menjadi minyak ini akan diterapkan maka perlu dilakukan penelitian mengenai sumber energi untuk proses pemanasannya, karena beberapa penelitian di atas masih memakai sumber energi listrik sebagai sumber energi dalam proses pemanasan. Apabila dalam tahap penerapan teknologi, penggunaan energi listrik sebagai sumber energi panas ini tentu tidak efisien.

Minyak dari pengolahan sampah plastik mempunyai prospek yang baik sebagai bahan bakar substitusi untuk solar maupun bensin. Dari hasil penelitian di dalam motor diesel, campuran minyak dari sampah plastik menjadikan daya dan efisiensi termal dan efisiensi mekanisnya meningkat. Penelitian-penelitian pada mesin-mesin yang lain masih perlu dilakukan untuk mengetahui unjuk kerjanya.

KESIMPULAN

Dari penelitian-penelitian yang sudah dilakukan pada proses konversi sampah plastik menjadi minyak, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Sampah plastik jenis polietilene atau pilipropilene dapat diolah dengan proses hydrocracking yang dibantu dengan katalis menjadi hidrokarbon rantai pendek (sekelas bensin).
2. Pada proses konversi sampah plastik jenis LDPE dengan *thermal cracking* tanpa katalis akan menghasilkan minyak yang setara dengan kerosin.
3. Campuran plastik PE dan PP yang diproses dengan *thermo cracking* pada temperatur 450 °C selama 2 jam dan selanjutnya dikondensasikan pada temperatur 21 °C akan menghasilkan minyak yang mempunyai jumlah atom Carbon yang setara dengan solar, yaitu C₁₂ – C₁₇.
4. Pada proses konversi sampah plastik jenis LDPE dengan *thermal cracking* dan *catalytic cracking* akan menghasilkan jumlah minyak yang optimal pada temperatur pyrolisis 550 °C dan perbandingan katalis/sampah plastik 1 : 4.
5. Uji unjuk kerja mesin dari bahan bakar campuran solar dengan minyak dari sampah plastik PVC pada mesin diesel, menghasilkan konsumsi bahan bakar yang lebih rendah, SFC yang lebih rendah dan efisiensi termal yang lebih tinggi dibanding bahan bakar solar murni.

DAFTAR PUSTAKA

- Budiyantoro, C., 2010, **Thermoplastik dalam Industri**, Teknika Media, Surakarta
- Das, S. dan Pande, S., 2007, *Pyrolysis and Catalytic Cracking of Municipal Plastic Waste for Recovery of Gasoline Range Hydrocarbons*, Thesis, Chemical Engineering Department National Institute of Technology Rourkela
- Kumar S., Panda, A.K., dan Singh, R.K., 2011, *A Review on Tertiary Recycling of High-Density Polyethylene to Fuel*, Resources, Conservation and Recycling Vol. 55 893– 910
- Kurniawan, A., 2012, *Mengenal Kode Kemasan Plastik yang Aman dan Tidak* <http://ngeblogging.wordpress.com/2012/06/14/mengenal-kode-kemasan-plastik-yang-aman-dan-tidak/>, 1 Maret 2013

- Osueke dan Ofundu, 2011, *Conversion of Waste Plastics (Polyethylene) to Fuel by Means of Pyrolysis*, (IJAEST) International Journal of Advanced Engineering Sciences and Technologies, Vol. No. 4, Issue No. 1, 021 – 024
- Pahlevi, M.R., 2012, Sampah Plastik (<file:///I:/Artikel%20plastic%20to%20oil/twit-sampah-plastik.html>)
- Panda, A.K., 2011, *Studies on Process Optimization for Production of Liquid Fuels from Waste Plastics*, Thesis, Chemical Engineering Department National Institute of Technology Rourkela
- Sahwan, F.L., Martono, D.H., Wahyono, S., Wisoyodharmo, L.A., 2005, *Sistem Pengolahan Limbah Plastik di Indonesia*, Jurnal Teknik Lingkungan BPPT 6 (1), halaman 311 – 318
- Tamilkolundu, S. dan Murugesan, C., 2012, *The Evaluation of blend of Waste Plastic Oil-Diesel fuel for use as alternate fuel for transportation*, 2nd International Conference on Chemical, Ecology and Environmental Sciences (ICCEES'2012) Singapore April 28-29, 2012
- Tubnonghee. R., Sanongraj, S., Sanongraj, W., 2010, *Comparative Characteristics of Derived Plastic Oil and Commercial Diesel Oil*, The 8th Asian-Pacific Regional Conference on Practical Environmental Technologies (APRC2010), Ubon Ratchathani University, Ubonratchathani, Thailand
- UNEP (United Nations Environment Programme), 2009, *Converting Waste Plastics Into a Resource*, Division of Technology, Industry and Economics International Environmental Technology Centre, Osaka/Shiga
- Sarker, M., Rashid, M.M., Rahman, M.S., dan Molla, M., 2012, *Envirnmentally Harmful Low Density Waste Plastic Conversion into Kerosene Grade Fuel*, Journal of Environmental Protection, 2012, 3, 700 – 708.
- Bajus, M. dan Hájeková, E., 2010, *Thermal Cracking of The Model Seven Components Mixed Plastics into*

- Oils/Waxes*, Petroleum & Coal 52 (3) 164-172, Slovak University of Technology, Bratislava, Slovakia
- Borsodi, N., Miskolczi, N., Angyal, A., Bartha, L., Kohán, J., dan Lengyel, A., 2011, *Hydrocarbons obtained by pyrolysis of contaminated waste plastics*, 45th International Petroleum Conference, Bratislava, Slovak Republic
- Narayana, V.I. dan Mojeswararao, D., 2012, Experimental Study on The Performance of C.I Diesel Engine Using Plastic Pyrolysis Oil Blends with Pure Diesel, International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT) Vol. 1 Issue 6, Andhrapradesh
- Guntur, R., Kumar, D. dan Reddy, V.K., 2011, *Experimental Evaluation of A Diesel Engine with Blends of Diesel-Plastic Pyrolysis Oil*, International Journal of Engineering Science and Technology (IJEST) Vol. 3 No. 6.
- Rodiansono, 2005, Aktivitas Katalis NiMo/Zeolit dan NiMo/Zeolit-Nb₂O₅ untuk Reaksi Hidrorengkah Sampah Plastik Polipropilena Menjadi Fraksi Bensin, Thesis Ilmu Kimia Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta
- Nurchahyo, I.F., 2005, Uji aktivitas dan regenerasi katalis NiPd(4:1)/Zeolit alam aktif untuk hidrorengkah sampah plastik polipropilena menjadi fraksi bensin dengan sistem semi alir, Thesis Ilmu Kimia Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta
- Daryoso, K., Wahyuni, S. dan Saputro, S.H., 2012, *Uji Aktivitas Katalis Ni-Mo/Zeolit pada Reaksi Hidrorengkah Fraksi Sampah Plastik (Polietilen)*, Indonesian Journal of Chemical Science 1 (1), Universitas Negeri Semarang