

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Identifikasi Jenis Plastik**

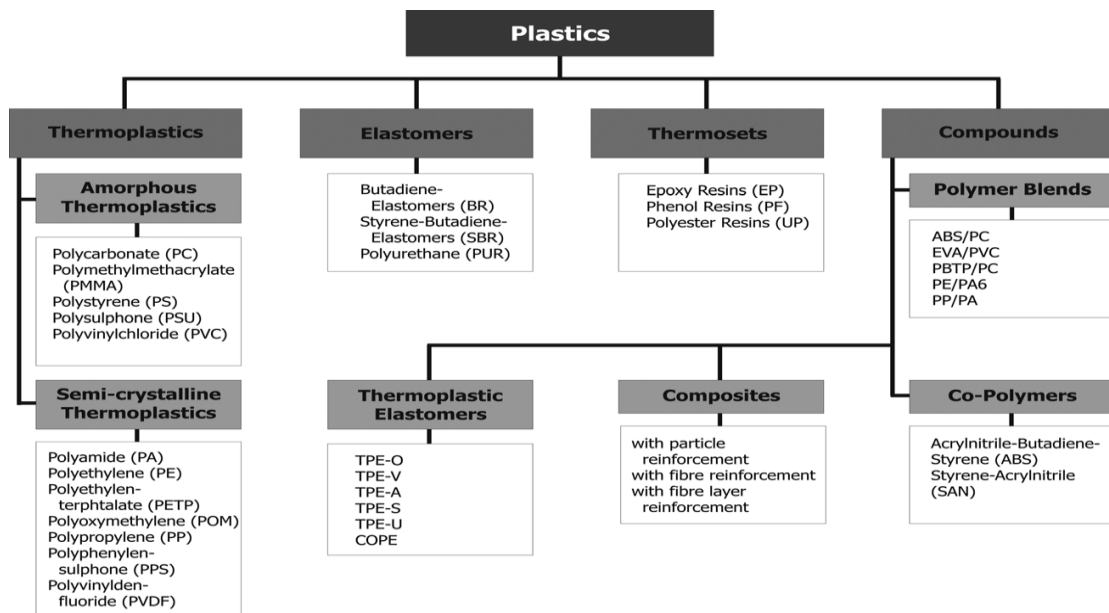
Pertumbuhan ekonomi serta perubahan pola konsumsi dan produksi yang mengakibatkan peningkatan cepat generasi limbah plastik di dunia. Di Asia dan Pasifik, dan banyak wilayah berkembang mengakibatkan konsumsi plastik telah meningkat lebih dari rata-rata dunia karena urbanisasi dan pembangunan ekonomi. Konsumsi tahunan di dunia dari bahan plastik telah meningkat dari sekitar 5 juta ton di tahun 1950 menjadi hampir 100 juta ton, 20 kali lebih banyak dihasilkan plastik saat ini dibandingkan dengan 50 tahun yang lalu (UNEP, 2009).

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 2,3 juta ton per tahun. Di tahun 2010, 2,4 juta ton, dan tahun 2011 sudah meningkat menjadi 2,6 juta ton. (Surono, 2013)

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 nafta, yaitu bahan yang dihasilkan dari penyulingan minyak bumi atau gas alam. Sebagai gambaran untuk membuat 1 kg plastik diperlukan 1,75 kg minyak bumi, untuk memenuhi kebutuhan bahan bakunya maupun kebutuhan energi prosesnya. (Kumar dkk., 2011).

Plastik pada umumnya dikelompokkan menjadi dua macam yaitu termoplastik dan *thermosetting* atau termoset. Termoplastik adalah bahan plastik yang jika dipanaskan sampai temperatur tertentu, akan mencair dan dapat dibentuk

kembali menjadi bentuk seperti film, fiber, kemasan (*packing*), contohnya adalah : *polyethylene (PE)*, *polypropylene (PP)*, dan *polyvinyl chloride (PVC)*. Sedangkan *thermosetting* adalah plastik yang memiliki karakteristik keras, mempertahankan bentuknya dan tidak dapat berubah atau diubah kembali kedalam bentuk aslinya. *Thermosetting* atau *thermoset* dapat digunakan untuk bagian dari mobil, bagian dari pesawat udara dan ban. Contoh *thermoset* ialah : *polyurethanes*, *polyester*, *epoxy resins* dan *phenolic resin*. *Elastomers* adalah bahan plastik yang memiliki elastisitas lembut dan biasanya tidak dapat dicairkan (Klein, 2011). Pembagian jenis plastik dapat dilihat pada diagram dibawah ini:



Sumber : Klein, 2011

Gambar 2.1 Diagram Klasifikasi Jenis Plastik

Berdasarkan sifat kedua kelompok plastik di atas, *thermoplastic* adalah jenis yang memungkinkan untuk didaur ulang. Jenis plastik yang dapat didaur ulang diberi kode berupa symbol dan nomor untuk memudahkan dalam mengidentifikasi dan penggunaannya. Simbol dan nomor plastik yang dapat didaur ulang dapat dilihat pada gambar 2.2 dibawah.



Sumber : UNEP,2009

Gambar 2.2 Simbol dan Nomor Plastik

### 2.1.1 Polypropylene (PE),

PE merupakan polimer kristal yang dihasilkan dari proses polimerisasi gas propilen. Propilena mempunyai spesifik grafiti rendah dibandingkan dengan jenis plastik lain. Sebagai perbandingan terlihat pada tabel 3.1.

Tabel 2.1. Perbandingan specific gravity dari berbagai material plastik

Resin	Specific gravity
PP	0,85-0,90
LDPE	0,91-0,93
HDPE	0,93-0,96
Polistirena	1,05-1,08
ABS	0,99-1,10
PVC	1,15-1,65
Asetil Selulosa	1,23-1,34
Nylon	1,09-1,14
Poli Karbonat	1,20
Poli Asetat	1,38

Sumber : Mujiarto, 2015

Tabel 2.2. Temperature Leleh Proses Termoplastik

Material	Processing Temperature Rate	
	oC	oF
ABS	180 - 240	356 – 464
Acetal	185 – 225	365 – 437
Acrylic	180 – 250	356 – 482
Nylon	260 – 290	500 – 554
Poly Carbonat	280 – 310	536 - 590
LDPE	160 – 240	320 – 464
HDPE	200 – 280	392 – 536
PP	200 – 300	392 – 572
PS	180 – 260	356 – 500
PVC	160 - 180	320 – 365

Sumber : Mujiarto, 2015

*Polypropylene* mempunyai titik leleh yang cukup tinggi (190 – 200 °C). Sedangkan titik kristalisasinya antara 130 – 135 °C. *Polypropylene* mempunyai ketahanan terhadap bahan kimia (*chemical resistance*) yang tinggi, tetapi ketahanan pukul (*impact strength*) nya rendah.

*Polypropylene* (PE) dapat dibagi menurut massa jenisnya menjadi dua jenis, yaitu : *Low Density Polyethylene* (LDPE) dan *High Density Polyethylene* (HDPE). LDPE mempunyai massa jenis antara 0.91 – 0.94 gmLl, separuhnya berupa kristalin (50-60%). (Billmeyer, 1971)

Secara kimia, LDPE mirip dengan HDPE, tetapi secara fisik LDPE lebih fleksibel dan kerapatannya lebih kecil dibandingkan HDPE. Perkembangan selanjutnya, telah diproduksi LDPE yang memiliki bentuk linier dan dinamakan *Low Linear Density Polyethylene* (LLDPE). (Kadir,2012)

LDPE kebanyakan dipakai sebagai pelapis komersial, plastik, lapisan pelindung sabun, dan beberapa botol yang fleksibel. Kelebihan LDPE sebagai material pembungkus adalah harganya yang murah, proses pembuatan yang mudah, sifatnya yang fleksibel, dan mudah didaur ulang. LDPE juga mempunyai daya proteksi yang baik terhadap gas lainnya seperti oksigen. LDPE juga memiliki ketahanan kimia yang sangat tinggi, namun melarut dalam benzene dan tetrachlor<sup>o</sup>Carbon (CCL). (Billmeyer, 1971).

### **2.1.2 *Polyvinyl Chloride* (PVC)**

*Polyvinyl Chloride* (polivinil klorida) merupakan hasil polimerisasi monomer vinil klorida dengan bantuan katalis. Pemilahan katalis tergantung pada jenis proses polimerisasi yang digunakan.

Untuk mendapatkan produk – produk dari PVC digunakan beberapa proses pengolahan yaitu :

1. *Calendaring*, Produk akhir : *sheet, film, leather cloth dan floor covering*

2. Ekstrusi, merupakan cara pengolahan PVC yang banyak digunakan karena dengan proses ini dapat dihasilkan bermacam – macam produk. “*extruder head*” dapat diganti dengan bermacam bentuk untuk menghasilkan :

- Pipa, *tube, building profile, sheet, floor covering dan monofilament*
- Isolasi kabel listrik dan telepon
- Barang berongga dan *blown film*

3. Cetak injeksi

Produk yang diperoleh adalah :

- Sol sepatu, sepatu, sepatu boot
- *Countainer, sleeve* (penguat leher baju), *valve*
- *Fitting, electrical and engineering parts.*

### **2.1.3 Polycarbonate (PC)**

*Polycarbonate* (polikarbonat) merupakan *engineering plastik* yang dibuat dari reaksi kondensasi bisphenol A dengan fosgen (*phosgene*) dalam media alkali.

Polikarbonat mempunyai sifat – sifat : jernih seperti air, *impact strength* nya sangat bagus, ketahanan terhadap pengaruh cuacanya bagus, suhu penggunaannya tinggi, mudah diproses, flameabilitasnya rendah. Penggunaan PC di berbagai industri sangat luas, antara lain :

- Pada industri otomotif, PC yang mempunyai member performance tinggi di gunakan pada lensa lampu depan/belakang. PC ‘*opaque grade*’ digunakan untuk rumah lampu dan komponen elektrik. ‘*glass reinforced grade*’ digunakan untuk grill.
- Sektor makanan PC digunakan untuk tempat minum, mangkuk pengolahan makanan, alat makan/minum, alat masak *microwave*, dll, khususnya yang memerlukan produk yang jernih.
- Bidang medis : *filter housing, tubing connector*, peralatan operasi yang harus disterilisasi.

- *Industry electrical*. PC digunakan untuk membuat konektor, pemutus arus, tutup baterai, 'light concentrating panels' untuk display industri cair, dll
- Alat mesin bisnis. PC digunakan untuk membuat : rumah dan komponen bagian dalam dari printer, mesin fotokopi, konektor telepon, dll

#### **2.1.4 Polyethylene Terephthalate (PET)**

*Polyethylene terephthalate* yang sering disebut PET dibuat dari glikol (EG) dan *terephthalic acid* (TPA) atau *dimethyl ester* atau asam terephthalat (DMT)

PET merupakan keluarga *polyester* seperti halnya PC. *Polymer* PET dapat diberi penguat fiber *glass*, atau filter mineral. PET film bersifat jernih, kuat, liat, dimensinya stabil, tahan nyala api, tidak beracun, permeabilitas terhadap gas, aroma maupun air rendah.

PET engineer resin mempunyai kombinasi sifat – sifat : kekuatan (*strength*) tinggi, kaku (*stiffness*), dimensinya stabil, tahan bahan kimia dan panas, serta mempunyai sifat elektrik yang baik. PET memiliki daya serap terhadap air. Penggunaan PET sangat luas antara lain : botol – botol untuk mineral, soft drink, kemasan sirup, saus, selai, minyak makan.

#### **2.1.5 Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS)**

*Acrylonitrile butadiene styrene* (akrilonitril butadiene stirena, ABS) termasuk kelompok *engineering thermoplastic* yang berisi 3 monomer pembentuk. Akrilonitril bersifat tahan terhadap bahan kimia dan stabil terhadap panas. Butadiene di industri perbaikan memiliki sifat ketahanan terhadap pukul dan sifat liat (*toughness*). Sedangkan styrene menjamin kekakuan (*rigidity*) dan mudah diproses. Beberapa grade ABS ada juga yang mempunyai karakteristik yang bervariasi, dari kilap tinggi sampai rendah dan dari yang mempunyai *impact resistance* tinggi sampai rendah. Berbagai sifat lebih lanjut juga dapat diperoleh dengan penambahan aditif sehingga diperoleh grade ABS yang bersifat menghambat nyala api, transparan, tahan panas tinggi, tahan terhadap sinar UV, dll.

ABS mempunyai sifat – sifat :

- Tahan bahan kimia
- Liat, keras, kaku
- Tahan korosi
- Dapat didesain menjadi berbagai bentuk
- Biaya proses rendah
- Dapat direkatkan
- Dapat dielektroplating
- Memberikan kilap permukaan yang baik

ABS dapat diproses dengan teknik cetak injeksi, ekstrusi, *thermoforming*, cetak tiup, *roto moulding*, dan cetak kompresi. ABS bersifat higrokopsi, oleh karena itu harus dikeringkan dulu sebelum proses pelelehan.

Penggunaannya :

1. Peralatan

Karena keunggulan sifat – sifatnya maka banyak digunakan membuat peralatan seperti : *hair dryer*, korek api gas, telepon, *body* dan komponen mesin ketik elektronik maupun mekanik, mesin hitung, dll.

2. Otomotif

Karena sifatnya yang ringan, tidak berkarat, tahan minyak bumi, maka ABS digunakan untuk radiator, rumah lampu, emblem, tempat kaca spion, dll.

3. Barang – barang tahan lama :

- ABS dengan *grade* tahan nyala api digunakan untuk cabinet TV, kotak penutup video, dll
- *Grade* tahan pukul pada suhu rendah dan tahan *fluor°Carbon* dapat digunakan untuk pintu dan kulkas.
- Penggunaan lain : komponen AC, kontak kamera, dudukan kipas angin, dll

4. Bangunan dan perumahan : dudukan kloset, bak air, frame kaca, kran air, gantungan handuk, saringan, dll.

5. *Electroplated* ABS : regulator knob, pegangan pintu kulkas, pegangan, *spareparts* kendaraan bermotor, tutup botol, dll.(Mujiarto, 2015)

## **2.2 Pengolah 3R (Reduce, Reuse, Recycle) Limbah Padat**

Pengolahan 3R merupakan langkah – langkah dan teknik untuk meminimalkan volume bahan limbah yang dihasilkan. Tata cara pengolahan sampah 3R disesuaikan dengan pedoman internasional yang bertujuan untuk menguraikan sampah pada sumbernya (*Reduce*), mempergunakan kembali sampah yang masih layak (*Reuse*), mengolah sampah yang tidak dapat dipergunakan kembali (*Recycle*). Penerapan yang tentang pengolahan 3R akan menghasilkan hasil yang baik. (Jibril dkk, 2012)

Prinsip penting pengolahan 3R adalah untuk membantu kita menuju hidup yang berkelanjutan. Pengolahan 3R membantu masyarakat untuk berfikir tentang dampak limbah yang diproduksi sehingga dapat mendorong masyarakat untuk mengurangi dampak limbah yang diproduksi. (Bounini, 2013).

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 asilnya. 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)

## **2.3 Potensi Pemanfaatan Sampah Plastik**

Jenis sampah plastik yang tidak terlalu memiliki nilai ekonomi tinggi dapat didaur ulang kembali menjadi sumber energi alternatif. Sampah plastik ini nantinya dapat dijadikan briket atau minyak tanah. Konversi sampah plastik menjadi sumber energi alternatif termasuk dalam kategori daur ulang tersier. Perbandingan energi yang terkandung dalam plastik dengan sumber energi laiannya membuat sampah



plastik bagus sebagai sumber energi alternatif. Perbandingan nilai kalor plastik dan bahan lainnya dapat dilihat pada tabel 4.6 dibawah ini.

Tabel 2.3. 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

Mengkonversi 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 digunakan sebagai bahan kimia atau bahan bakar. Ada tiga proses cracking yaitu *hidro cracking*, *therma cracking*, dan *catalytic cracking*.(Panda, 2011)

Penelitian tentang proses *hydro cracking* ini telah dilakukan oleh Rodiansiono (2005) yang melakukan *hydro cracking* pada jenis sampah plastik polipropilen menjadi bensin(C5-C12) menggunakan katalis NiMo/Zeolit dan NiMo/Zeloit-Nb2O5. Proses hydr<sup>o</sup>Cracking dilakukan dalam rekator semi alir (semi *flow-fixed bed reactor*) pada temperature 300,360, dan 400 °C; rasio katalis/umpan 0,17;0,25;0,5 dengan laju alir gas hydrogen 150 ml/jam. Uji aktivitas katalisasi NiMo/zeloit yang menghasilkan selektivitas produk C7-C8 tertinggi dicapai pada temperature 360 °C dan rasio katalis/umpan 0,5. Kinerja katalis NiMo/zeloit menurun setelah pemakaian beberapa kali, tetapi dengan proses regenerasi kinerjanya bias dikembalikan lagi.

Pemanfaatan sampah plastik menjadi energi dengan metode *therma cracking* sudah pernah dilakukan oleh Bajus dan Hajekova pada tahun 2010 tentang pengolahan 7 jenis plastik menjadi minyak. Tujuh jenis plastik yang digunakan

dengan presentase berat tiap plastiknya 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 temperature dari 350 sampai 500 °C. Hasil produk dari 7 jenis plastik ini berupa gas, minyak, dan sisa yang berupa padatan. Adanya jenis plastik PS, PVC dan PET dalam campuran plastik yang diproses akan meningkatkan terbentuknya karbon monoksida dan karbon dioksida dalam produk gasnya dan menambah kadar benzene, toluene, xylenes, styrene di dalam produk minyaknya.

Osueke dan Ofundu (2011) melakukan penelitian konversi plastik (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 pirolisis 550 °C dan perbandingan katalis/sampah plastik 1 : 4 dihasilkan minyak dengan jumlah paling banyak.

Sampah plastik sebelum didaurulang menjadi briket harus dilakukan pengujian proksimat. Proksimat adalah pengujian terhadap bahan baku yang akan dijadikan briket.

Pengujian dilakukan di PAU (Pusat Antar Universitas) Universitas Gajah Mada. Pengujian pendahuluan itu meliputi kadar air, kadar abu, kadar volatile matter, kadar karbon dan nilai kalor. Data hasil pengujian pendahuluan terdapat pada tabel 2.4.

Tabel 2.4 Hasil Pengujian Proksimat

Karakteristik	Plastik	SNI Briket Bioarang 01-6235-2000
Kadar Air (%)	0,881	< 8
Kadar Abu (%)	1,795	<8
Kadar Volatile Matter (%)	95,468	<15
Kadar Karbon (%)	1,606	77
Nilai Kalor (Kal/gram)	8336,697	>5000

Hasil pengujian proksimat menunjukan sampah plastik memiliki kadar air, kadar abu, kadar volatit meter, kadar karbon, nilai kalor yang sesuai dengan SNI Briket Bioarang 01-6235-2000 tentang Briket Arang Kayu.