

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pirolisis

Pirolisis merupakan suatu proses penguraian termal bahan-bahan yang terbentuk dengan rantai polimer seperti plastik ataupun material organik seperti biomassa dengan pembakaran tanpa melakukan kontak langsung dengan oksigen. Proses ini secara umum dapat berlangsung pada suhu antara 500-800°C (Aguado dkk, 1999). Proses pirolisis akan menghasilkan produk berupa padatan, cair, dan gas. Pada suhu tersebut bahan polimer seperti plastik akan mengalami perubahan fase menjadi fase gas. Pada proses tersebut akan terjadi pemotongan rantai hidrokarbon menjadi lebih pendek. Gas yang masih panas dilanjutkan dengan proses pendinginan sehingga gas terkondensasi menjadi cairan. Cairan ini adalah produk akhir dari pirolisis yang dapat dijadikan bahan bakar (Buekens dan Huang, 1989) dalam (Syamsiro, 2015).

Proses Pirolisis plastik memiliki tiga tahap dekomposisi, antara lain:

1. Terpotongnya rantai polimer secara acak menjadi lebih pendek.
2. Terjadinya pemotongan pada ujung rantai molekul.
3. Terjadinya pemisahan pada rantai polimer yang mengakibatkan terbentuknya molekul yang lebih kecil.

Tahapan tersebut akan berkaitan langsung dengan energi disosiasi ikatannya, derajat aromatis, maupun ketidakseragaman rantai atom dalam rantai polimer. Pada banyak kasus, proses ini berlangsung bersama bersamaan. (Xingzhong, 2006) dalam (Syamsiro, 2015).

2.2 Plastik

Plastik merupakan salah satu jenis makromolekul yang dibentuk melalui proses polimerisasi. Polimerisasi adalah sebuah proses di mana molekul sederhana seperti monomer bergabung menjadi molekul yang lebih besar melalui proses kimia. Penyusun utama dari polimer plastik adalah hidro karbon. Bahan mentah yang biasa digunakan untuk membuat plastik adalah naphtha. Naphtha bisa didapat dari penyulingan minyak bumi atau gas alam. Untuk dapat membuat plastik dibutuhkan minyak bumi yang lebih banyak dari pada target yang ingin didapat, sebagai contoh untuk membuat 1 kg plastik memerlukan 1,75 kg minyak bumi. Nilai minyak bumi tersebut sudah termasuk bahan baku dan kebutuhan energi yang diperlukan dalam prosesnya. (Kumar dkk, 2011).

Dalam proses pembuatan dan daur ulang plastik, pengetahuan sifat berbagai jenis plastik sangat penting. Ada tiga sifat termal yang penting untuk diketahui yakni titik lebur (T_m), temperatur transisi (T_g), dan temperatur dekomposisi. Temperatur transisi adalah kondisi di mana struktur dalam plastik mengalami perenggangan sehingga menjadi lebih fleksibel. Titik lebur plastik adalah sebuah kondisi di mana plastik akan mengalami pembesaran volume dan berubah menjadi lebih lentur. Temperatur lebur adalah temperatur di mana plastik mengalami fase cair. Sementara itu untuk mengalami dekomposisi suhu harus berada di titik lebur sehingga energi termal melampaui energi yang mengikat rantai molekul. Pada umumnya rantai polimer pada plastik akan mengalami dekomposisi ketika suhu termal berada 1,5 kali dari temperatur transisinya. (Budiyantoro, 2010) dalam (Surono, 2013).

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

Tabel 2.1 Data temperatur transisi dan temperatur lebur plastik

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

Sumber: Budiyanoro, 2010

Pirolisis dengan menggunakan campuran plastik yang berbeda dapat memberikan hasil yang baik jika komposisinya tepat. Belum ada komposisi yang pasti untuk mendapatkan hasil pirolisis yang baik. Seperti yang dilakukan oleh Lopez (2011) yang mencampurkan plastik PE, PP, PS, PET, dan PVC secara bersamaan dengan persentase komposisi yang berbeda dapat menghasilkan minyak pirolisis dengan rantai karbon utama penyusun bensin yaitu C₅-C₉. Meski demikian hasil pirolisis tersebut belum dapat langsung diaplikasikan.

2.3 Daur Ulang

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 diperjual

belikan 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 kuarter 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 berikut:

Tabel 2.2 Nilai kalor plastik dan bahan lainnya

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

Sumber: Das dan Pande, 2007

Selain nilai kalornya yang tinggi, plastik *polypropilena* (PP) dan *poly ethylene therephtalate* (PET/HDPE) merupakan plastik yang sering diaplikasikan. Sifatnya yang tahan panas, keras, dan fleksibel membuat plastik PP sering digunakan untuk

membuat kantung plastik, gelas plastik air mineral, pembungkus makanan instan, dan beberapa botol plastik. Sementara plastik PET lebih sering digunakan untuk botol minuman instan karena sifatnya yang tahan dengan larutan (Nugraha, 2013).

2.4 Katalis

Katalis memiliki peran menurunkan kebutuhan energi ketika proses pirolisis. Selain itu dengan menggunakan katalis dapat menghasilkan potongan rantai hidrokarbon yang lebih pendek dan lebih banyak. Penurunan kebutuhan energi membuat proses pirolisis lebih cepat dan meningkatkan kualitas serta kuantitas hasil pirolisis. Penggunaan katalis pirolisis yang telah diteliti antara lain: zeolite alam, silika alumina, zeolite Y, HZSM-5, *fluid catalytic cracking* (FCC), dan MCM-41. (Uddin, 1997).

Pada penelitian yang dilakukan oleh Jonathan (2003) menunjukkan bahwa abu terbang (*fly ash*) dapat digunakan sebagai katalis dalam pirolisis. Pada penelitian tersebut menguji perbedaan aktifator katalis dengan menggunakan tiga larutan basa yang berbeda. Hasilnya menunjukkan bahwa ada peningkatan dari setiap penambahan konsentrasi yang digunakan.

Demikian juga yang hasil pirolisis yang dilakukan oleh Rahman (2017). Kolaborasi antara variasi suhu dan variasi persen katalis yang digunakan dapat memberikan jumlah hasil pirolisis yang lebih banyak pada suhu tertinggi 400°C dan varian katalis terbesar dengan persen katalis zeolite sebesar 7%. Selain itu pada penelitian ini menyebutkan bahwa kualitas yang didapat sudah mencapai standar mutu meski tidak memiliki perbandingan dengan pirolisis tanpa katalis.

2.5 Silika

Polimerisasi asam silikat akan membentuk silika di mana dapat berupa kristalin ataupun amorf. Susunan dari silika antara lain adalah SiO_4 tetrahedral dengan bentuk umum SiO_2 . Pada umumnya silika dapat ditemukan pada pasir, batuan kuarsa, dan

gelas. Silika yang ditemukan pada benda tak hidup seperti batuan dan debu akan berupa kirstalin. Sementara silika yang ditemukan dalam makhluk hidup akan berupa senyawa sintesis dengan struktur amorf (Sulastrri, 2010).

Secara teori, padatan abu vulkanik gunung Merapi dapat digunakan sebagai katalis dalam proses pirolisis. Selain kandungan silikanya yang cukup tinggi mencapai 45,7%, abu vulkanik yang telah diaktifasi akan memiliki pori-pori yang lebih banyak dan luas permukaan yang lebih luas. Pada penelitian Firman (2016), menjelaskan bahwa semakin luas permukaan katalis yang digunakan maka akan semakin banyak kontak yang terjadi dengan katalis ketika proses pirolisis sedang berlangsung. Hal tersebut akan membuat minyak hasil pirolisis semakin banyak.

Sampel abu vulkanik diperoleh dari daerah Sleman Yogyakarta. Sebelum digunakan dalam sintesis geopolimer, abu vulkanik dijemur di bawah terik matahari selama 2 hari agar kering, lalu diayak dengan saringan 100 mesh untuk menghilangkan kotoran (pasir atau kerikil) yang mungkin ada saat proses pengambilan. Abu vulkanik kemudian dioven pada suhu 105°C selama 24 jam untuk menghilangkan kelebihan kadar air, kemudian didinginkan pada suhu kamar dan siap untuk dikarakterisasi.

Berikut adalah tabel kandungan oksida dari abu vulkanik Merapi:

Tabel 2.3 Kandungan oksida abu vulkanik merapi

Kandungan Oksida Abu Vulkanik Merapi	Jumlah (%)
SiO ₂	45,7
AL ₂ O ₃	14
K ₂ O	3,86
CaO	16,1
Fe ₂ O ₃	18,2
TiO ₂	1,4
V ₂ O ₅	00,7
MnO	0,47
CuO	0,05
BaO	0,24

Sumber : Kusumastuti, 2012