

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Penggunaan plastik saat ini sangatlah luas dan telah mencakup berbagai bidang, seperti keperluan rumah tangga, perkantoran, pasar, serta industri besar. Plastik yang telah digunakan dan tidak dapat dipakai lagi akan terbuang menjadi sampah. Berbeda dengan sampah yang berasal dari makhluk hidup (sampah organik) yang mudah terurai, sampah plastik dapat menimbulkan kesulitan yang serius karena sifatnya yang sulit teruraikan oleh mikroorganisme yang terdapat di dalam tanah, dan memerlukan waktu yang sangat lama dalam prosesnya. Dari banyaknya jenis plastik, salah satu jenis plastik yang sering kita gunakan sehari-hari adalah *polyethylene* yang menduduki peringkat pertama, kemudian disusul dengan *polypropilene*, *polyvinyl chloride* dan lain-lain. (Wardhana,dkk. 2013)

Berbagai jenis plastik saat ini telah menjadi bagian utama dari sampah kota (Khorram, 2017 dalam Din, 2020). Salah satu plastik yang banyak digunakan adalah *polyethylene terephthalate* (PET) sebagai bahan pengemas air serta minuman (Kang, 2017 dalam Din, 2020). Sifat PET yang tidak dapat terurai membuat limbah meningkat selama bertahun-tahun, menyebabkan masalah serius terhadap lingkungan. Meskipun limbah PET dapat dengan mudah dikumpulkan dan didaur ulang, menyebabkan masalah serius pada lingkungan. Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN) melaporkan bahwa pada tahun 2020 ditemukan 17,2% sampah plastik dari total sampah yang terkumpul serta menurut Kementerian Lingkungan Hidup Indonesia, jumlah *Polyethylene Terephthalate* (PET) limbah plastik di Indonesia mencapai 26.500 ton per hari. Selain itu, karbon aktif berbahan PET memiliki luas permukaan paling besar dibandingkan karbon aktif dari limbah PVC (polivinil klorida) dan ban (Lian F, 2011 dalam Din, 2020).

Beberapa jenis plastik yang melalui proses *furnace* dapat berubah menjadi arang dan memiliki struktur berpori yang dapat digunakan pada proses adsorbs

(Cundari,2016 dalam Hendrasarie, 2020). Sebagai adsorben, salah satu bahan yang dapat digunakan ialah polietilen.(Wardhana,2014 dalam Hendrasarie, 2020)

Salah satu kegunaan karbon aktif berbahan dasar sampah botol plastik PET adalah sebagai adsorben limbah, salah satu limbah yang banyak dihasilkan adalah limbah *laundry*. Pertumbuhan penduduk yang semakin pesat, mengakibatkan meningkatnya kebutuhan barang dan jasa, salah satunya ialah jasa *laundry*. Pertumbuhan *laundry* ini memiliki efek yang kurang baik bagi lingkungan serta memengaruhi kualitas air, baik itu air permukaan maupun air tanah. Ini disebabkan karena banyaknya industri-industri kecil *laundry* yang membuang limbah cairnya secara langsung ke selokan atau badan air.

Kandungan utama limbah cair *laundry* adalah detergen. Detergen yang digunakan untuk keperluan rumah tangga dan industri umumnya menggunakan formula kompleks, namun secara umum terdapat 4 bahan penyusun detergen yaitu surfaktan, builders, bleaching agen dan bahan aditif (Smulder,2002).

Surfaktan berfungsi untuk mengangkat kotoran pada kain kandungan lain builders atau penguat berfungsi untuk meningkatkan efisiensi kerja surfaktan dengan cara melunakkan air sadah dengan cara mengikat mineral yang terlarut. Selain itu juga membantu menciptakan kondisi keasaman yang tepat sehingga proses pembersihan berlangsung lebih baik dan membantu mendispersi serta mensuspensi kotoran yang telah lepas. Senyawa kompleks fosfat, natrium sitrat, natrium silikat, natrium karbonat sering digunakan dalam builders.

Apabila kandungan fosfat dalam limbah cair *laundry* berlebih, sedangkan hampir semua industri *laundry* membuang limbahnya tanpa melalui proses pengolahan terlebih dulu, maka hal ini akan mengganggu lingkungan sekitar, seperti menyebabkan eutrofikasi dimana badan air menjadi kaya akan nutrient terlarut, menurunnya kandungan oksigen terlarut dan kemampuan daya dukung badan air terhadap biota air. (EPA, 1999 dalam Wardhana, 2013)

Berdasarkan hal tersebut muncul pemikiran untuk memanfaatkan limbah plastik terutama dari jenis *polyethylene terephthalate* (PET) sebagai bahan pembuat karbon dengan aktivasi secara kimia menggunakan perlakuan konsentrasi larutan HCl 1 M; 5 M; dan 10 M. Karbon aktif tersebut nantinya diharapkan dapat mereduksi kandungan fosfat dalam limbah cair industri *laundry*. Diharapkan pemanfaatan limbah plastik ini dapat mengurangi jumlah sampah plastik serta mengurangi dampak eutrofikasi dari limbah cair plastik yang dapat merusak lingkungan.

1.2. Tujuan

Tujuan dari penelitian dengan judul Aktivasi Karbon Dari Limbah Botol Plastik *Polyethylene Terephthalate* (PET) Untuk Menurunkan Kadar Fosfat Pada Limbah Cair Industri *Laundry* ini adalah:

1. Membuat karbon aktif dari limbah botol plastik *polyethylene terephthalate* (PET) dengan aktivasi karbon secara kimia menggunakan HCl.
2. Mengetahui karakteristik karbon aktif dari limbah botol plastik *polyethylene terephthalate* (PET).
3. Menganalisa penyisihan fosfat pada limbah cair industri *laundry*

1.3. Kerangka Pemikiran

Sampah plastik merupakan sampah sekali pakai yang sulit terdegradasi, hal ini dapat menimbulkan masalah serius karena sifatnya yang sulit teruraikan oleh mikroorganisme. Oleh karena itu dimanfaatkanlah sampah plastik sebagai adsorben dengan aktivasi secara kimia menggunakan HCl. Parameter yang diujikan adalah penurunan kadar fosfat dalam air limbah *laundry* berlebih dan analisa Brunauer-Emmet-Teller (BET). Pada proses penurnan kadar fosfat menggunakan metode batch, dimana adsorben dari limbah botol plastik PET ditambahkan pada sampel *laundry* sambil diaduk dengan kecepatan 100 rpm, asil dari proses adsorpsi ini selanjutnya dilakukan pengujian kadar fosfat. Analisa BET berfungsi untuk menentukan diameter dan volume pori, serta luas permukaan spesifik karbon aktif sehingga dapat diketahui karakteristiknya.

1.4. Hipotesis

Limbah botol plastik PET dapat dijadikan karbon aktif yang efektif dalam menyerap fosfat. Semakin besar konsentrasi larutan HCl sebagai bahan aktivator maka akan semakin tinggi pula kapasitas adsorpsi sehingga kadar fosfat yang diperoleh setelah proses adsorpsi semakin rendah.

1.5. Kontribusi

Tugas Akhir ini berkontribusi dalam hal sebagai berikut :

1. Bagi penulis, melatih dan mengembangkan kemampuan dalam bidang penelitian, serta menambah wawasan dan pengetahuan penulis tentang proses aktivasi karbon dari limbah botol plastik *polyethylene terephthalate* (PET) dengan HCl.
2. Bagi pembaca, memberikan informasi mengenai proses aktivasi karbon dari limbah botol plastik *polyethylene terephthalate* (PET) dengan HCl untuk menurunkan kadar fosfat pada limbah cair industri *laundry*.
3. Bagi Politeknik Negeri Lampung, sebagai sumber referensi dan pembelajaran mahasiswa mengenai proses aktivasi karbon dari limbah botol plastik *polyethylene terephthalate* (PET) dengan HCl untuk menurunkan kadar fosfat pada limbah cair industri *laundry*.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Limbah

Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air, limbah adalah sisa suatu usaha atau kegiatan manusia baik berupa padat, cair ataupun gas yang sudah tidak layak dan tidak memiliki nilai ekonomis sehingga cenderung dibuang.

Limbah cair merupakan air yang tidak dapat dimanfaatkan lagi serta dapat menimbulkan dampak yang buruk terhadap manusia dan lingkungan. Keberadaan limbah cair tidak mempunyai nilai ekonomi, namun perlu dilakukan proses pengolahan yang tepat bagi limbah cair agar tidak mencemari lingkungan (Mardana, 2007 dalam Niswita, 2016). Limbah cair diklasifikasikan menjadi dua kelompok berdasarkan sumber air limbah, antara lain:

1. Air limbah domestik atau rumah tangga

Menurut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 112 Tahun 2003, limbah cair domestik adalah limbah cair yang berasal dari usaha dan kegiatan pemukiman seperti rumah makan, perkantoran, perniagaan, apartemen, dan asrama. Air limbah domestik mengandung berbagai bahan, yaitu kotoran, *urine*, dan air bekas cucian yang mengandung deterjen, bakteri, dan virus (Eddy, 2008 dalam Niswita, 2016).

2. Air limbah industri

Air limbah industri adalah air yang dihasilkan oleh industri, baik pada proses produksi maupun proses lainnya (Darmono, 2001 dalam Niswita, 2016). Limbah non domestik adalah limbah yang berasal dari pabrik, industri, pertanian, peternakan, perikanan, transportasi, dan sumber-sumber lain (Eddy, 2008 dalam Niswita, 2016).

Limbah cair baik domestik maupun non domestik mempunyai beberapa karakteristik sesuai dengan sumbernya. Karakteristik limbah cair dapat digolongkan

pada karakteristik fisik, kimia, dan biologi sebagai berikut (Eddy, 2008 dalam Niswita, 2016).

1. Karakteristik Fisik

Karakteristik fisik air limbah yang perlu diketahui adalah *total solid*, bau, temperatur, densitas, warna, konduktivitas, dan *turbidity*.

a. *Total Solid*

Total solid adalah semua materi yang tersisa setelah proses evaporasi pada suhu 103–105°C. Karakteristik yang bersumber dari saluran air domestik, industri, erosi tanah, dan infiltrasi ini dapat menyebabkan bagian pengolahan penuh dengan *sludge* dan kondisi anaerob dapat tercipta sehingga akan mengganggu proses pengolahan.

b. Bau

Bau bersumber dari gas-gas yang dihasilkan selama dekomposisi bahan organik dari air limbah atau karena penambahan suatu substrat ke air limbah.

c. Temperatur

Temperatur akan mempengaruhi konsentrasi oksigen terlarut dalam air. Air yang baik mempunyai temperatur normal 8°C dari suhu kamar 27°C. Semakin tinggi temperatur air (>27°C) maka kandungan oksigen dalam air berkurang atau sebaliknya.

d. *Density*

Density adalah perbandingan antara massa dengan volume yang dinyatakan sebagai *slug/ft³* (kg/m³).

e. Warna

Air limbah yang berwarna akan banyak menyerap oksigen dalam air sehingga akan membuat air berwarna hitam dan berbau apabila terjadi secara terus menerus.

f. Kekeruhan

Kekeruhan diukur dengan perbandingan antara intensitas cahaya yang dipendarkan oleh sampel air limbah dengan cahaya yang dipendarkan oleh suspensi standar pada konsentrasi yang sama (Eddy, 2008 dalam Niswita, 2016).

2. Karakteristik Kimia

Pada air limbah ada tiga karakteristik kimia yang perlu diidentifikasi yaitu bahan organik, anorganik, dan gas.

a. Bahan organik

Bahan organik pada air limbah bersumber dari hewan, tumbuhan, dan aktivitas manusia. Bahan organik tersebut terdiri dari C, H, O, N, yang menjadi karakteristik kimia adalah protein, karbohidrat, lemak dan minyak, surfaktan, pestisida dan fenol. Sumber bahan ini adalah limbah domestik, komersil, industri kecuali pestisida yang bersumber dari pertanian.

b. Bahan anorganik

Jumlah bahan anorganik yang meningkat dipengaruhi oleh asal air limbah tersebut. Umumnya berupa senyawa-senyawa yang mengandung logam berat (Fe, Cu, Pb, dan Mn), asam kuat dan basa kuat, senyawa fosfat senyawa-senyawa nitrogen (amoniak, nitrit, dan nitrat), dan juga senyawa-senyawa belerang (sulfat dan hidrogen sulfida).

c. Gas

Gas yang umumnya ditemukan dalam limbah cair yang tidak diolah adalah nitrogen (N_2), oksigen (O_2), metana (CH_4), hidrogen sulfida (H_2S), amoniak (NH_3), dan karbondioksida (Eddy, 2008 dalam Niswita, 2016).

3. Karakteristik Biologi

Pada air limbah, karakteristik biologi menjadi dasar untuk mengontrol timbulnya penyakit yang dikarenakan organisme patogen. Karakteristik biologi tersebut seperti bakteri dan mikroorganisme lainnya yang terdapat dalam dekomposisi dan stabilisasi senyawa organik. (Eddy, 2008 dalam Niswita, 2016)

Menurut Permen LHK No. 68 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik, air limbah adalah air sisa dari suatu hasil usaha dan/atau kegiatan dan air limbah domestik adalah yang berasal dari aktivitas hidup sehari-hari manusia yang berhubungan dengan pemakaian air. Limbah cair domestik terbagi dalam dua kategori yaitu limbah cair domestik yang berasal dari air cucian, seperti sabun, deterjen, minyak dan peptisida dan limbah cair domestik yang berasal dari kakus, seperti sabun, *shampoo*, tinja dan air seni (Utami, 2013 dalam Mu'in, 2017).

2.2 Limbah Laundry

Limbah cair *laundry* merupakan air limbah hasil dari kegiatan mencuci baju. Usaha jasa *laundry* yang terus mengalami perkembangan sejalan dengan meningkatnya limbah hasil kegiatan *laundry*. Limbah cair *laundry* yang dihasilkan mengandung berbagai macam bahan pencemar. Usaha *laundry* menggunakan deterjen sebagai bahan pencuci pakaian. Deterjen merupakan suatu zat organik yang derivatik jika terakumulasi menyebabkan peningkatan kandungan organik selain itu juga mengandung bahan surfaktan, *builders*, *fillers*, dan *additives*.

Limbah *laundry* termasuk kategori limbah cair domestik, karena pada prosesnya kegiatan *laundry* menggunakan deterjen dan sabun. Menurut Astuti (2015), penggunaan deterjen lebih banyak digunakan daripada sabun karena deterjen menghasilkan buih yang lebih banyak dibandingkan dengan sabun, yang diyakini kebanyakan orang banyaknya buih mampu menghilangkan kotoran yang berada pada pakaian.

Limbah *laundry* yang dihasilkan dari deterjen mengandung fosfat yang tinggi berasal dari *sodium tripolyphosphat* (STTP). Fosfat berfungsi sebagai *builder* yang merupakan unsur terpenting kedua setelah surfaktan karena kemampuannya menonaktifkan mineral kesadahan dalam air. Jika limbah *laundry* ini dibuang langsung ke perairan maka akan menimbulkan dampak negatif terhadap perairan itu sendiri, seperti *eutrofikasi*, kadar oksigen berkurang drastis dan menyebabkan biota air mengalami degradasi serta dapat membahayakan kesehatan manusia jika dikonsumsi atau dipakai secara langsung (Zairinayati, 2019)

Tabel 1. Karakteristik air limbah *laundry*

Parameter	Satuan	Hasil Uji
BOD ₅	mg/L	130,0
COD	mg/L	358,6
Zat Padat Terlarut	mg/L	252
pH	-	6,6
PO ₄	mg/L	7,79
Deterjen	mg/L	21,945

Sumber: Siahaan,2016

Baku mutu limbah cair adalah ambang batas kadar dan jumlah unsur pencemar yang dapat ditoleransi dalam limbah cair yang akan dibuang (Effendi, 2003). Air limbah yang dibuang ke lingkungan harus memenuhi persyaratan baku mutu air limbah. Indonesia memiliki baku mutu air limbah yang diatur dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah (Siahaan,2016).

Tabel 2. Baku Mutu Air Limbah Industri Sabun, Deterjen, dan Produk Nabati

Parameter	Kadar Paling Tinggi (mg/L)	Beban Pencemaran Paling Tinggi (kg/ton)		
		Sabun	Minyak Nabati	Deterjen
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
BOD ₅	75	0,60	1,88	0,075
COD	180	1,44	4,50	0,180
TSS	60	0,48	1,50	0,06
Minyak dan Lemak	15	0,120	0,75	0,015
Fosfat (PO ₄)	2	0,016	0,05	0,002
MBAS	3	0,024	0,075	0,00
pH		6,0-9,0		
Debit Limbah Paling Tinggi Sabun		8 m ³ /ton produk	25 m ³ /ton produk	1 m ³ /ton produk

Sumber: Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan no 5. 2014

2.3 Fosfat

Limbah *laundry* yang mengandung deterjen memiliki beberapa potensi bahaya antara lain terbentuknya lapisan lapisan film dalam air akan menyebabkan menurunnya tingkat transfer cahaya ke dalam air, gangguan kesehatan yang cukup serius pada manusia akibat kualitas air yang menurun, serta kombinasi antara polifosfat dengan surfaktan dalam deterjen dapat meningkatkan kandungan fosfat dalam air.

Berdasarkan pada penelitian terdahulu, konsentrasi fosfat yang terdapat pada limbah *laundry* termuat pada tabel berikut.

Tabel 3. Konsentrasi fosfat pada limbah *laundry*

Konsentrasi fosfat (mg/L)	Sumber
2,673	Amarullah,dkk (2019)
4,98	Majid (2017)
59,6	Mu'in,R (2017)
7,79	Siahaan (2016)
9,8	Zairinayati (2019)
9,9	Sulistiyani, dkk(2010)
19,1	Astuti, dkk(2015)
14,148	Utomo (2018)

Deterjen anionik adalah salah satu jenis detergen yang banyak digunakan masyarakat khususnya untuk proses pencucian baju baik rumah tangga maupun industri *laundry*. Deterjen ini memiliki daya pembersih yang kuat, harga yang murah serta mudah diperoleh di masyarakat. Surfaktan anionik yang berasal dari sulfat adalah hasil reaksi antara alkohol rantai panjang dengan asam sulfat yang akan menghasilkan sulfat alcohol yang mempunyai sifat aktif permukaan (*surface active agent: Surfactan*). Jenis surfaktan anionik yang banyak digunakan antara lain alkil benzen sulfonat. (Rosariawari, 2008 dalam Utomo,2018)

Selain kandungan surfaktan anionik,kandungan fosfat dalam limbah *laundry* juga cukup berbahaya bagi lingkungan. Fosfat terdapat dalam air alam atau air limbah

sebagai senyawa ortofosfat, polifosfat dan fosfat organik. Senyawa fosfat tersebut terdapat dalam bentuk terlarut, tersuspensi atau terikat di dalam sel organisme dalam air. Fosfat terlarut merupakan salah satu nutrisi yang menstimulasi pertumbuhan pada alga dan rumput-rumputan dalam danau, estuaria, dan sungai berair tenang. Batas konsentrasi fosfat terlarut yang diijinkan adalah 10 mg/L (Majid, 2017). Metode yang dapat digunakan untuk menurunkan kadar surfaktan anionik dan fosfat dalam limbah *laundry*, antara lain filtrasi, proses fotokatalisis, koagulasi, dan adsorpsi. Apabila kandungan fosfat dalam limbah *laundry* semakin tinggi maka dapat menimbulkan masalah lingkungan yaitu eutrofikasi (Utomo, 2018).

Eutrofikasi merupakan proses dimana nutrisi dan bahan organik terakumulasi didalam air. Eutrofikasi disebabkan oleh aktifitas manusia yang tidak ramah lingkungan, seperti penggunaan deterjen yang berlebihan dan menyebabkan akumulasi fosfor dilingkungan. Beberapa deterjen yang mengandung fosfat tinggi, dapat menjadi salah satu penyebab eutrofikasi. Walaupun telah ada undang-undang yang mengatur tentang penggunaan fosfat pada deterjen, namun hal ini masih belum mampu menurunkan resiko eutrofikasi (Mu'in, 2017).

Eutrofikasi dapat berdampak langsung pada lingkungan seperti matinya ikan-ikan kecil dan *blooming algae* yang sering terjadi di perairan di Indonesia. Jika eutrofikasi terjadi secara terus-menerus maka pertumbuhan plankton akan semakin meningkat dan dapat menutupi perairan. Dampak lain yang terjadi yaitu kualitas air dan keanekaragaman organisme air yang menurun (Mu'in, 2017).

2.4 Adsorpsi

Adsorpsi adalah interaksi antara molekul cair atau gas dengan molekul padat dimana terjadi gaya tarik menarik antar atom atau molekul yang menutupi permukaan. Banyak zat yang akan teradsorpsi tergantung pada jenis pori dan jumlah pori yang dapat digunakan untuk adsorpsi. Dalam adsorpsi terdapat istilah adsorbat dan adsorben, dimana adsorbat merupakan substansi yang diserap sedangkan adsorben merupakan media penyerapnya (Cundari, 2016).

Adsorpsi adalah suatu proses yang terjadi ketika suatu fluida (cair atau gas) berikatan dengan padatan (adsorben) dan membentuk lapisan tipis (adsorbat) pada permukaan padatan tersebut. Sedangkan penyerapan zat cair diserap oleh zat cair lain membentuk larutan (Ginting, 2008 dalam Mu'in, 2017).

Adsorpsi adalah suatu proses dimana molekul-molekul cair bersentuhan satu sama lain dan terperangkap pada permukaan padatan. Adsorpsi adalah fenomena fisik yang terjadi ketika molekul gas atau cair bersentuhan dengan permukaan padat. Biasanya adsorpsi dikaitkan dengan perpindahan gas atau cairan ke permukaan padat, dan perpindahan gas ke permukaan cair juga terjadi (Suryawan, 2004 dalam Mu'in, 2017).

Adsorpsi dapat terjadi jika padatan dan molekul gas atau cair dikontakkan, sehingga terjadi gaya kohesif atau gaya hidrostatis dan gaya ikatan hidrogen yang bekerja antara molekul-molekul seluruh material. Gaya yang tidak seimbang menyebabkan perubahan konsentrasi molekul pada permukaan benda padat atau cair. Molekul fluida yang diserap tetapi tidak terakumulasi/melekat ke permukaan adsorben disebut adsorptif sedangkan yang terakumulasi/melekat disebut adsorbat (Ginting, 2008 dalam Mu'in, 2017).

Menurut Ginting (2008) menyatakan dalam penelitian Mu'in (2017) bahwa macam-macam adsorben dikelompokkan menjadi 3, yaitu:

- a) Adsorben yang mengadsorpsi secara kimia, seperti kalsium klorida, *metal hydride*, dan *complex salts*.
- b) Adsorben yang mengadsorpsi secara fisik, seperti karbon aktif, silika gel dan zeolit)
- c) *Composite adsorbent* yang mengadsorpsi secara kimia dan fisik.

Berikut ini dijelaskan faktor-faktor yang mempengaruhi adsorpsi pada permukaan zat padat yaitu:

- a. Jenis adsorben

Syarat-syarat yang harus dipenuhi dalam pemilihan adsorben adalah memiliki permukaan kontak yang luas, mempunyai pori-pori aktif dan murni serta tidak bereaksi dengan adsorbat.

b. Jenis adsorbat

Kondisi yang diperlukan untuk adsorbat terjerap dengan maksimal adalah:

1. Ukuran adsorbat

Molekul terjerap harus memiliki ukuran partikel yang lebih kecil dari ukuran diameter pori adsorben.

2. Jenis kepolaran adsorbat

Umumnya adsorbat bersifat ionik dengan polaritas tinggi, jika diameternya sama, molekul polar lebih kuat teradsorpsi daripada molekul nonpolar.

3. Jenis ikatan

Senyawa tidak jenuh lebih baik dijerap daripada dengan senyawa jenuh.

c. Temperatur

Pada adsorpsi fisis peningkatan temperatur menyebabkan penurunan adsorpsi. Hal ini disebabkan mobilitas dari atom-atom suatu zat yang diadsorpsi bertambah dengan naiknya temperatur. Oleh karena itu, zat yang dijerap cenderung meninggalkan zat penjerap. Sedangkan pada adsorpsi kimia, adsorpsi bertambah dengan naiknya temperatur. Kenaikan temperature juga dapat menyebabkan pori-pori adsorben lebih terbuka karena unsur-unsur pengotor pada permukaan akan teroksidasi.

d. pH

Adsorpsi antara fasa padat-cair sangat dipengaruhi oleh pH larutan. Penyerapan dilakukan pada pH tinggi cenderung memberikan hasil yang kurang sempurna, karena pada kondisi basa senyawa oksida terbentuk dari pengotor yang lebih besar sehingga akan melapisi permukaan adsorben. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan Lestari (2014) dimana dalam penelitian yang dilakukan menyatakan bahwa semakin tinggi pH maka kapasitas adsorpsi semakin rendah sehingga didapatkan pH optimum untuk proses adsorpsi adalah pH 3 – 4.

e. Waktu Kontak

Waktu kontak diperlukan untuk mencapai kesetimbangan adsorpsi. Jika cairan yang mengandung adsorben dalam keadaan diam, difusi adsorbat melalui permukaan adsorben akan lambat. Oleh karena itu diperlukan pengadukan untuk mempercepat adsorpsi. Kondisi kesetimbangan akan tercapai dalam waktu kurang dari 150 menit, setelah waktu itu jumlah adsorbat yang terserap tidak signifikan berubah terhadap waktu (Han, 2007 dalam Mirandha, 2016).

Menurut Mirandha (2016), metode adsorpsi dapat diimplementasikan dengan dua cara yaitu statis (batch) dan dinamis (kolom).

1. Metode statis (batch) terdiri dari penambahan larutan dengan bahan yang diinginkan ke dalam wadah dengan adsorben, dilanjutkan dengan pengadukan beberapa saat. Kemudian dipisahkan dengan cara penyaringan atau dekantasi. Komponen yang telah terikat pada adsorben dilepaskan kembali dengan cara melarutkan adsorben dalam pelarut tertentu dan volumenya lebih kecil dari volume larutan aslinya.
2. Metode dinamis (kolom) terdiri dari menempatkan larutan dengan bahan yang diinginkan dalam wadah berisi adsorben, setelah itu komponen yang diserap dilepaskan kembali dengan menambahkan pelarut (efluen) sesuai yang volumenya lebih kecil (Apriliani, 2010 dalam Mirandha, 2016).

Daya adsorpsi dapat dijelaskan menggunakan persamaan Langmuir dan persamaan Freundlich. Ada tiga pola isoterm adsorpsi, yaitu isoterm adsorpsi Freundlich, Langmuir, dan BET (Brunauer, Emmet dan Teller). Akan tetapi, karena adsorpsi molekul atau ion pada permukaan padatan umumnya terbatas pada lapisan satu molekul (*monolayer*).

Pada tahun 1918, Langmuir menurunkan teori isoterm adsorpsi dengan menggunakan model sederhana berupa padatan yang mengadsorpsi gas pada permukaannya. Model ini mendefinisikan bahwa kapasitas adsorpsi maksimum terjadi akibat adanya lapisan tunggal (*monolayer*) adsorbat di permukaan adsorben

Pendekatan Langmuir meliputi lima asumsi mutlak, yaitu:

1. Gas yang teradsorpsi berkelakuan ideal dalam fasa uap.
2. Gas yang teradsorpsi terbatas pada satu lapisan.
3. Permukaan adsorbat homogen, artinya afinitas tiap tempat pengikatan molekul gas sama.
4. Tidak ada interaksi lateral antar molekul adsorbat.

Persamaan Isoterm Freundlich dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$Q_e = K \cdot C_e^{\frac{1}{n}} \dots\dots\dots (1)$$

Untuk bentuk linier dari persamaan diatas dapat diubah dengan mengambil bentuk logaritmanya:

$$\text{Log } Q_e = \text{Log } K + \frac{1}{n} \text{Log } C_e \dots\dots\dots (2)$$

Dimana :

Q_e = Efektivitas adsorpsi (mg/g)

K = Kapasitas adsorpsi maksimum (mg/g)

N = Konstanta adsorpsi

C_e = Konsentrasi kesetimbangan (mg/L)

Dengan membuat kurva C_e/Q_e relatif terhadap C_e , diperoleh persamaan linier dengan intersep $1/a$ dan kemiringan (b/a), sehingga nilai a dan b dapat dihitung, dari besar kecilnya nilai a dan b menunjukkan daya adsorpsi.

Pendekatan isoterm adsorpsi yang cukup memuaskan dijelaskan oleh H.Freundlich. Menurut Freundlich, jika y adalah berat zat terlarut per gram adsorben dan c adalah konsentrasi zat terlarut dalam larutan. Dari konsep tersebut dapat diturunkan persamaan sebagai berikut:

$$Q_e = K \cdot C_e^{\frac{1}{n}} \dots\dots\dots (3)$$

Untuk bentuk linier dari persamaan diatas dapat diubah dengan mengambil bentuk logaritmanya:

$$\text{Log } Q_e = \text{Log } K + \frac{1}{n} \text{Log } C_e \dots\dots\dots (4)$$

Dimana :

Q_e = Efektivitas adsorpsi (mg/g)

K = Kapasitas adsorpsi maksimum (mg/g)

N = Konstanta adsorpsi

C_e = Konsentrasi kesetimbangan (mg/L)

Kemudian k dan n adalah konstanta adsorpsi yang nilainya bergantung pada jenis adsorben dan suhu adsorpsi. Bila dibuat kurva $\log Q_e$ terhadap $\log C_e$ akan diperoleh persamaan linear dengan intersep $\log k$ dan kemiringan $1/n$, sehingga nilai k dan n dapat dihitung.

2.5 Adsorben

Adsorben adalah zat padat yang dapat menyerap komponen atau senyawa tertentu dari suatu fluida (cairan maupun gas). Kebanyakan adsorben adalah bahan-bahan yang mempunyai pori dan daya adsorpsi berlangsung pada dinding-dinding pori atau pada letak-letak tertentu didalam partikel (Anonim, 2012 dalam Mu'in, 2017). Proses adsorpsi dan desorpsi biasanya menggunakan 3 jenis adsorben seperti silika gel, karbon aktif, dan zeolit.

Menurut Ginting (2008) menyatakan dalam penelitian Mu'in (2017) bahwa karakteristik atau syarat-syarat adsorben yang dibutuhkan untuk proses adsorpsi yang baik, yaitu:

- Mempunyai daya serap yang tinggi
- Berupa zat padat yang mempunyai luas permukaan yang besar
- Tidak boleh larut dalam zat yang akan diadsorpsi
- Tidak boleh mengadakan reaksi kimia dengan campuran yang akan dimurnikan
- Tidak beracun
- Tidak meninggalkan residu berupa gas yang berbau

2.6 Karbon Aktif

Karbon aktif merupakan material berwarna hitam, granuler, butir ataupun serbuk dengan luas permukaan karbon 200-2000 m²/gr (Miranti,2012 dalam Huda 2020). Karbon aktif adalah struktur *amorf* yang sebagian besar terdiri dari karbon bebas dan memiliki permukaan internal,. Karbon aktif dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis yaitu karbon aktif fasa cair dan karbon aktif fasa gas, dimana karbon aktif fasa cair dapat diproduksi dengan menggunakan bahan berdensitas rendah sedangkan karbon aktif fasa gas dihasilkan oleh bahan berdensitas tinggi (Cundari, 2016). Karbon aktif merupakan salah satu adsorben yang paling umum digunakan pada proses adsorpsi. Faktanya, karbon aktif memiliki kapasitas adsorpsi yang lebih baik dan luas permukaan spesifik yang lebih baik daripada adsorben lainnya. Permukaan yang besar ini disebabkan karena mempunyai struktur yang berpori. Pori-pori ini memberikan kemampuan karbon aktif untuk menyerap (Sudibandriyo, 2003 dalam Safitri, 2016).

Karbon aktif adalah bahan yang dibuat dari pembakaran suatu bahan. Arang aktif biasanya terbuat dari batu bara yang dianggap mahal dan sulit untuk di dapat. Oleh karena itu dibuat pengganti karbon aktif dari bahan organik atau sampah plastik yang mudah ditemukan, dapat dibuat sendiri dan harga yang murah (Hameed. dkk 2007).

Berdasarkan hasil analisis Energy Dispersive X-ray (EDX) jenis dan komposisi senyawa pada karbon aktif diantaranya terdiri dari senyawa C, Na₂O, MgO, Al₂O₃, SiO₂, Cl, CaO, TiO₂, FeO, CuO, dan K₂O.

Tabel 4. Jenis dan Komposisi Senyawa pada Karbon Aktif

Senyawa	Komposisi (%)
C	77,37
Na ₂ O	1,35
MgO	0,70
Al ₂ O ₃	2,95
SiO ₂	5,39
Cl	0,30
CaO	1,68
TiO ₂	0,15
FeO	2,81
CuO	5,48
K ₂ O	1,83

Sumber: Haryono, 2012 dalam Safitri, 2016

Bahan baku asal hewan dan tumbuhan, limbah dan mineral yang mengandung karbon dapat diubah menjadi karbon aktif, yang dihasilkan dari pembakaran secara karbonisasi (aktivasi). Semua bahan yang mengandung unsur karbon dalam tempat suatu area tertutup dan dioksidasi/diaktifkan dengan udara atau uap untuk menghilangkan hidrokarbon yang akan menghalangi/menghambat penyerapan zat organik (Safitri, 2016).

Karbon aktif memiliki luas permukaan spesifik dan ukuran pori yang berbeda untuk setiap jenisnya. Ukuran pori karbon aktif biasa dinyatakan dengan ukuran mesh. Luas permukaan dan ukuran pori ini sangat menentukan kemungkinan terjadinya proses adsorpsi. Semakin besar luas permukaan suatu karbon aktif, maka semakin besar juga kapasitas adsorpsi molekulnya. Ukuran pori arang aktif menentukan apakah suatu molekul dapat menembus pori atau tidak. Jika ukuran pori karbon aktif yang tersedia lebih kecil dari ukuran molekul yang akan diadsorpsi, maka proses adsorpsi tidak dapat terjadi karena molekul tidak dapat masuk ke dalam pori karbon aktif (Safitri, 2016). Tinggi luas permukaan dipengaruhi oleh jumlah jaringan pori pada material. Dibawah ini merupakan klasifikasi IUPAC

berdasarkan pori-pori sebagai berikut:

1. Mikropori: lebar pori lebih kecil dari 2 nm
2. Mesopori: lebar pori antara 2 dan 50 nm
3. Makropori: lebar pori lebih dari 50 nm

2.6.1 Bentuk Karbon Aktif

Karbon aktif dikelompokkan menjadi tiga kelompok menurut bentuknya yaitu karbon aktif bentuk bubuk, granula, dan pellet.

1. Karbon Aktif Bentuk Bubuk

Karbon aktif berbentuk bubuk dengan ukuran lebih kecil dari 0,18 mm. Terutama digunakan dalam aplikasi fase cair dan gas. Karbon aktif bentuk bubuk umumnya digunakan dalam industri pengolahan air minum, industri farmasi, bahan tambahan makanan, penghalus gula, penyaringan glukosa dan pengolahan pewarna tingkat tinggi (Suprianofa, 2016). Bentuk karbon aktif serbuk sebagaimana disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Karbon aktif bentuk serbuk
(Sumber: Cahyo, 2015 dalam Suprianofa, 2016)

2. Karbon Aktif Bentuk Granular

Karbon aktif bentuk granular/tidak beraturan dengan ukuran 0,2 -5 mm. Jenis ini umumnya digunakan dalam aplikasi fase cair dan gas. Beberapa aplikasi dari jenis ini digunakan untuk: pemurnian emas, pengolahan air, air limbah dan air tanah, pemurni pelarut dan penghilang bau busuk (Suprianofa, 2016). Adapun karbon aktif bentuk granula disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Karbon aktif bentuk granular
(Sumber: Cahyo, 2015 dalam Suprianofa, 2016)

3. Karbon aktif Bentuk Pellet

Karbon aktif berbentuk pellet dengan diameter 0,8-5 mm. Kegunaan utamanya adalah untuk aplikasi fasa gas karena tekanannya rendah, kekuatan mekanik yang tinggi dan kadar abu rendah. Biasanya digunakan untuk pemurnian udara, kontrol emisi, tromol otomotif, penghilang bau kotoran dan pengontrol emisi pada gas buang (Suprianofa, 2016). Bentuk karbon aktif ini disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Karbon aktif bentuk pellet
(Sumber: Syariahmad, 2012 dalam Suprianofa, 2016)

2.6.2 Fungsi Karbon Aktif

Menurut Suprianofa (2016), karbon/arang aktif sering digunakan sebagai bahan pembersih dan penyerap, yang juga digunakan sebagai bahan pembawa katalis. Dalam industri karet ban karbon aktif yang memiliki sifat radikal dan serbuk sangat halus, digunakan sebagai bahan aditif kopolimer. Fungsi lain dari karbon aktif adalah sebagai berikut:

1. Karbon aktif berfungsi sebagai filter untuk menjernihkan air
2. Karbon aktif berfungsi sebagai adsorben pemurnian gas
3. Karbon aktif berfungsi sebagai filter industri minuman
4. Karbon aktif berfungsi sebagai penyerap hasil tambang dalam industri pertambangan.
5. Karbon aktif berfungsi sebagai pemucat atau penghilang warna kuning pada gula pasir.
6. Karbon aktif berfungsi untuk mengolah limbah B3 (Bahan Beracun Berbahaya)
7. Dapat berfungsi sebagai penyegar/pembersih udara ruangan dari kandungan uap air.

2.6.3 Sifat Karbon Aktif

Sifat adsorpsi karbon aktif sangat bergantung pada porositas permukaan, namun dalam bidang industri, karakterisasi karbon aktif lebih menitikberatkan pada sifat adsorpsi dari pada struktur porinya. Bentuk pori karbon aktif berbeda-beda yaitu berupa: silinder, persegi panjang, dan bentuk lain yang tidak teratur. Gugus fungsi dapat terbentuk pada karbon aktif ketika diaktifkan, yang disebabkan oleh interaksi radikal bebas pada permukaan karbon dengan atom-atom seperti oksigen dan nitrogen, yang berasal dari proses pengolahan atau atmosfer. Gugus fungsi ini menyebabkan permukaan karbon aktif menjadi reaktif secara kimiawi dan mempengaruhi sifat adsorpsinya. Oksidasi permukaan selama produksi karbon aktif, akan menghasilkan gugus

hidroksil, karbonil, dan karboksilat yang memberikan sifat karbon amfoter, sehingga karbon aktif dapat bersifat sebagai asam maupun sebagai basa (Sudirjo, 2006 dalam Suprianofa 2016).

2.6.4 Proses Pembuatan Karbon Aktif

Menurut Safitri (2016), proses produksi karbon aktif secara umum meliputi 3 tahap, yaitu dehidrasi, karbonisasi, dan aktivasi.

1. Dehidrasi

Dehidrasi adalah proses penghilangan kandungan air dari bahan baku karbon aktif dengan tujuan untuk menyempurnakan proses karbonisasi dan dilakukan dengan cara menjemur bahan baku di bawah sinar matahari atau memanaskannya didalam oven.

2. Karbonisasi

Karbonisasi (pengarangan) adalah suatu proses pemanasan pada sampai suhu tertentu dengan bahan organik dengan jumlah oksigen yang sangat terbatas, biasanya dilakukan di dalam *furnace*. Tujuan utama dari proses ini adalah untuk menghasilkan partikel dengan daya serap dan struktur yang rapi. Proses karbonisasi akan menyebabkan dekomposisi bahan organik dan pelepasan pengotor. Sebagian besar bahan non-karbon akan hilang pada tahap ini. Pelepasan unsur-unsur volatil ini akan menyebabkan struktur pori mulai terbentuk/pori-pori mulai terbuka. Saat karbonisasi terjadi, struktur pori awal akan berubah. Proses karbonisasi terdiri dari dua proses utama yaitu proses pelunakan dan penyusutan. Kedua proses ini berkaitan dengan sifat-sifat hasil akhir produk karbonisasi. Selama proses pelunakan akan terjadi pembentukan pori yang diikuti dengan dekomposisi yang sangat cepat pada interval suhu yang sangat pendek. Setelah proses pelunakan, arang akan mulai mengeras, kemudian menyusut dimana penyusutan arang juga memiliki peran dalam perkembangan porositas. Suhu saat pelunakan terjadi dan tingkat pelunakannya akan tergantung pada bahan dasar dan rata-rata pemanasannya. Karbonisasi

dihentikan ketika tidak ada asap lagi. Penambahan suhu memang diperlukan untuk mempercepat reaksi pembentukan pori. Namun, pembatasan suhu pun harus dilakukan. Temperatur yang terlalu tinggi, seperti di atas 1000°C akan membentuk abu dalam jumlah besar yang dapat menutupi pori-pori dan membuat luas permukaan berkurang serta kapasitas adsorpsinya menurun. Faktor-faktor yang mempengaruhi proses karbonasi yaitu:

a. Waktu karbonisasi

Bila waktu karbonisasi diperpanjang maka reaksi pirolisis menjadi lebih lengkap sehingga hasil arang semakin turun tetapi cairan dan gas makin meningkat. Waktu karbonisasi bervariasi tergantung pada jenis dan jumlah material yang diolah.

b. Suhu karbonisasi

Suhu karbonisasi mempengaruhi produksi arang karena semakin tinggi suhu maka semakin sedikit arang yang diperoleh, tapi hasil cairan dan gas semakin meningkat. Hal ini disebabkan semakin banyaknya zat-zat terdekomposisi dan yang menguap.

3. Aktivasi

Selama karbonisasi, kapasitas adsorpsi karbon masih rendah karena masih terdapat residu yang pada permukaan pori dan proses pembentukan pori-pori belum sempurna. Oleh karena itu, perlu dilakukan proses aktivasi untuk meningkatkan luas permukaan dan kapasitas adsorpsi karbon aktif. Aktivasi adalah suatu perlakuan terhadap arang yang bertujuan untuk memperbesar pori yaitu dengan cara memutus ikatan hidrokarbon atau mengoksidasi molekul-molekul permukaan sehingga arang mengalami perubahan sifat, baik fisika maupun kimia, yaitu luas permukaannya bertambah besar dan berpengaruh terhadap daya adsorpsi (Sembiring, 2003 dalam Safitri, 2016).

Safitri (2016) menyatakan bahwa faktor-faktor yang dapat mempengaruhi proses aktivasi yaitu:

a. Waktu perendaman

Tujuan perendaman dengan bahan aktivasi adalah untuk menghilangkan atau membatasi pembentukan lignin, karena adanya lignin dapat membentuk senyawa tar.

b. Konsentrasi aktivator

Semakin tinggi konsentrasi larutan kimia aktivator maka semakin efektif pengaruh larutan tersebut mengikat senyawa untuk keluar melewati mikropori karbon semakin *porous* yang mengakibatkan semakin besar daya adsorpsi karbon aktif tersebut. Karbon semakin banyak mempunyai mikropori setelah dilakukan aktivasi, hal ini terjadi karena aktivator mengikat sisa senyawa tar karbonisasi keluar dari mikropori arang, sehingga menghasilkan permukaan yang lebih berpori.

c. Ukuran bahan

Semakin kecil ukuran atau diameter arang maka akan semakin besar daya serap karbon aktif tersebut karena pori-porinya semakin banyak.

Aktivasi karbon aktif dapat dilakukan melalui 2 cara, yaitu aktivasi secara kimia dan aktivasi secara fisika (Kinoshita, 1988 dalam Safitri, 2016).

a. Aktivasi secara fisika

Aktivasi fisika adalah proses pemutusan rantai karbon dari senyawa organik dengan bantuan panas, uap dan gas N₂. Aktivasi secara fisika dapat dilakukan dengan pemanasan secara langsung dengan oksidasi gas. Gas-gas yang sering digunakan yaitu antara lain uap air, karbon dioksida, O₂ dan N₂. Gas-gas tersebut berfungsi untuk mengembangkan struktur rongga yang ada pada arang, sehingga memperluas permukaannya dan menghilangkan konstituen yang mudah menguap serta membuang produksi tar atau hidrokarbon-hidrokarbon pengotor pada arang. Faktor-faktor yang mempengaruhi aktivasi secara fisika adalah jenis gas yang digunakan, suhu aktivasi dan laju alir gas pengoksida.

Proses aktivasi fisika biasanya membutuhkan suhu tinggi yaitu 600-900°C. Kondisi operasi tersebut membutuhkan energi listrik yang cukup besar. Oleh karena itu, aktivasi fisika tidak ekonomis khususnya untuk skala industri kecil. Selain itu kelemahan proses ini adalah apabila partikel karbon yang diaktivasi berukuran besar, maka terjadi aktivasi terutama pada permukaan luar arang, sedangkan pada permukaan dalam hanya sedikit. Proses ini juga harus mengontrol tinggi suhu dan besarnya uap atau udara yang dipakai sehingga hasil karbon aktif dengan susunan karbon aktif yang padat dan pori yang luas.

b. Aktivasi secara kimia

Aktivasi kimia merupakan proses pemutusan rantai karbon dari senyawa organik dengan pemakaian bahan-bahan kimia. Aktivasi secara kimia biasanya menggunakan bahan-bahan pengaktif seperti garam kalsium klorida (CaCl_2), magnesium klorida (MgCl_2), seng klorida (ZnCl_2), natrium hidroksida (NaOH), natrium karbonat (Na_2CO_3) dan natrium klorida (NaCl) dan asam klorida (HCl).

Karbon aktif yang dihasilkan dengan menggunakan aktivasi kimia memiliki distribusi pori yang cocok digunakan sebagai adsorben tanpa pengolahan tahap lanjut. Dalam hal ini, karbon aktif yang diolah adalah karbon yang bersifat asam sehingga mereka tidak murni bila dibandingkan dengan karbon aktif menggunakan aktivasi fisika. Kelemahan dari aktivasi kimia dalam pembuatan karbon aktif adalah perlunya mencuci sisa bahan anorganik yang masih melekat dalam karbon aktif dan memberikan dampak negatif (polusi) yang mengakibatkan masalah yang serius. Karbon aktif dengan aktivasi kimia biasanya berbentuk bubuk. Apabila bahan baku butiran digunakan, maka akan dihasilkan pula karbon aktif butiran. Karbon aktif ini memiliki kekuatan mekanik yang lemah, dan tidak cocok digunakan untuk adsorpsi fasa gas.

2.7 Plastik

Plastik adalah polimer dari rantai panjang dari atom yang dihubungkan bersama. Rantai ini membentuk banyak unit molekul berulang, atau "monomer". Istilah plastik mencakup produk polimerisasi sintetik, tetapi beberapa polimer alami yang

termasuk plastik. Plastik terbentuk dari kondensasi organik atau penambahan polimer dan dapat juga dibentuk dengan menggunakan zat lain untuk menghasilkan plastik yang ekonomis (Azizah, 2009 dalam Ningsih, 2010).

Plastik merupakan polimer dengan sifat yang unik. Polimer adalah bahan yang terdiri dari molekul yang disebut monomer. Jika monomernya sama disebut homopolimer, dan jika monomernya berbeda maka disebut dengan kopolimer.

Plastik merupakan produk yang umum digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Hampir semua peralatan atau produk yang digunakan terbuat dari plastik dan sering digunakan sebagai bahan pengemas. Namun pada kenyataannya, sampah plastik merupakan masalah lingkungan karena plastik membutuhkan waktu yang cukup lama untuk mengalami proses daur ulang. Plastik memiliki beberapa keunggulan seperti ringan, fleksibel, kuat, tidak mudah pecah, transparan, kedap air dan ekonomis (Darni, 2005 dalam Dian, 2014).

Plastik adalah senyawa polimer dengan struktur kaku yang terbentuk dari polimerisasi monomer hidrokarbon yang membentuk rantai panjang. Plastik memiliki titik didih dan titik leleh yang berbeda, hal ini didasarkan pada pembentukan monomer. Monomer yang biasa digunakan dalam produksi plastik adalah propena (C_3H_6), etena (C_2H_4), vinil klorida (CH_2), nylon, karbonat (CO_3), dan styrene (C_8H_8). Sifat – sifat plastik sesuai Standar Nasional Indonesia (SNI) ditunjukkan pada tabel dibawah ini.

Tabel 5. Sifat Mekanik Plastik sesuai SNI

No.	Karakteristik	Nilai
1.	Kuat tarik (MPa)	24,7-302
2.	Persen elongasi (%)	21-220
3.	Hidrofobitas (%)	99

Sumber: Darni (2010)

Plastik dapat digolongkan menjadi dua kelompok antara lain yaitu jenis plastik termoplastik dan jenis plastik termosetting.

a. Polimer Termoplastik

Polimer termoplastik adalah polimer dengan sifat tidak stabil terhadap panas. Polimer ini jika dipanaskan, menjadi lunak dan ketika didinginkan akan mengeras. Proses tersebut dapat terjadi berulang kali, sehingga dapat dibentuk ulang dalam berbagai bentuk melalui cetakan yang berbeda untuk mendapatkan produk polimer yang baru. Polimer yang termasuk polimer termoplastik adalah plastik. Polimer termoplastik memiliki sifat-sifat khusus sebagai berikut :

1. Berat molekul kecil.
2. Tidak tahan terhadap panas.
3. Jika dipanaskan akan melunak.
4. Jika didinginkan akan mengeras.
5. Mudah untuk diregangkan.
6. Fleksibel.
7. Titik leleh rendah.
8. Dapat dibentuk ulang (daur ulang).
9. Mudah larut dalam pelarut yang sesuai.
10. Memiliki struktur molekul linear/bercabang.

Berikut dijelaskan contoh-contoh plastik termoplastik adalah :

1. Polietilena (PE)

Contoh : botol plastik, mainan, bahan cetakan, ember, drum, pipa saluran, isolasi kawat dan kabel, kantong plastik dan jas hujan.

2. Poliviniklorida (PVC)

Contoh : pipa air, pipa plastik, pipa kabel listrik, kulit sintetis, ubin plastik, piringan hitam, bungkus makanan, sol sepatu, sarung tangan dan botol detergen.

3. Polipropena (PP)

Contoh : karung, tali, botol minuman, serat, bak air, insulator, kursi plastik, alat-alat rumah sakit, komponen mesin cuci, pembungkus tekstil dan permadani.

4. Polistirena

Contoh : insulator, sol sepatu, penggaris, gantungan baju, dll.

b. Polimer Termosetting

Polimer termosetting adalah polimer dengan sifat tahan panas. Jika polimer ini dipanaskan, ia tidak meleleh karena tidak dapat dibentuk kembali. Susunan polimer ini bersifat permanen dalam bentuk cetak pertama kali (pada saat pembuatan). Jika polimer ini rusak/patah, tidak dapat disambung atau diperbaiki lagi.

Polimer termosetting memiliki ikatan-ikatan silang yang mudah dibentuk pada waktu dipanaskan. Hal ini membuat polimer menjadi kaku dan keras. Semakin banyak ikatan silang pada polimer ini, semakin kaku dan mudah patah. Ketika polimer ini dipanaskan untuk kedua kalinya, menyebabkan rusak atau hilangnya ikatan silang antar rantai polimer.

Sifat- sifat polimer termosetting sebagai berikut :

1. Keras dan kaku (tidak fleksibel).
2. Jika dipanaskan akan mengeras.
3. Tidak dapat dibentuk ulang (suka didaur ulang).
4. Tidak dapat larut dalam pelarut apapun.
5. Jika dipanaskan akan meleleh.
6. Tahan terhadap asam basa.
7. Mempunyai ikatan silang antar rantai molekul.

Contoh plastik termosetting adalah bakelit atau asbak, fitting lampu listrik, steker listrik, peralatan fotografi, radio dan perekat *plywood*.

Plastik terbagi menjadi 7 jenis dengan kode yang terdapat pada plastik tersebut, yaitu:

1. **PETE/PET (*PolyEthylene Terephthalate*)**

Biasa dipakai untuk botol plastik transparan seperti botol air mineral, botol minuman, botol jus, botol minyak goreng, botol kecap, dan botol sambal. Dapat mengeluarkan zat karsinogenik SbO_3 (Antimon Trioksida) apabila digunakan berulang kali terutama pada kondisi panas. PETE/PET direkomendasikan 'hanya untuk sekali pakai'. Buang botol yang sudah lama dan baret-baret.

2. **HDPE (*High Density PolyEthylene*)**

Biasa digunakan untuk botol kosmetik, botol obat, botol minuman, botol susu yang berwarna putih susu, tupperware, galon air minum, kursi lipat, dan jerigen, dan pelumas. Memiliki sifat bahan yang lebih kuat, keras, buram dan lebih tahan terhadap suhu tinggi. HDPE direkomendasikan hanya untuk sekali pakai, karena pelepasan senyawa SbO_3 (Antimon Trioksida) terus meningkat seiring waktu.

3. **V/PVC (*PolyVinyl Chloride*)**

Biasa digunakan untuk pembungkus plastik (cling wrap), untuk mainan, selang, pipa bangunan, taplak meja plastik, botol kecap, botol sambal dan botol shampoo. Jenis plastik yang paling sulit didaur ulang. PVC mengandung DEHA yang mudah melebur jika terdapat kontak antara permukaan plastik dengan minyak, berbahaya untuk ginjal dan hati.

4. **LDPE (*Low Density PolyEthylene*)**

Biasa digunakan untuk wadah makanan, kemasan plastik, botol-botol yang lembek, tutup plastik, kantong/tas kresek, dan plastik tipis lainnya. Bersifat fleksibel, kuat, sulit dihancurkan. Pada suhu di bawah $600^\circ C$ sangat tahan terhadap senyawa kimia.

5. **PP (*PolyPropylene*)**

PP merupakan pilihan bahan plastik terbaik dan paling aman, terutama untuk tempat makanan dan minuman seperti tempat menyimpan makanan, tutup botol, cup plastik, mainan anak, botol minum dan yang terpenting, pembuatan botol minum untuk bayi.

6. **PS (*PolyStyrene*)**

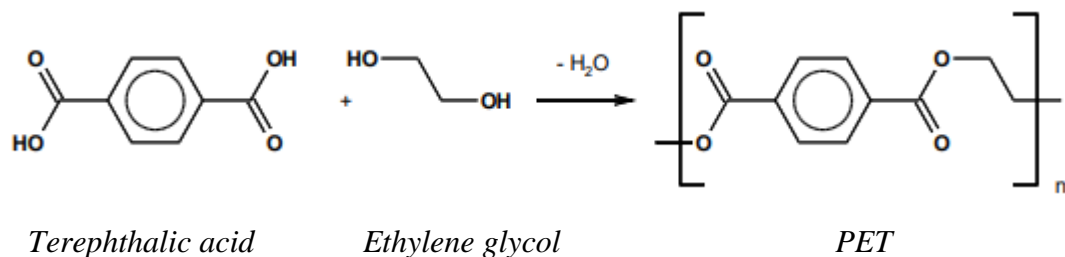
Biasa digunakan sebagai bahan tempat makan styrofoam, tempat minum sekali pakai seperti sendok, garpu gelas. *Polystyrene* dapat melepaskan styrene ke dalam makanan ketika bersentuhan dengan makanan, berbahaya bagi otak dan sistem saraf, memiliki bahaya yang sama seperti asap rokok dan asap kendaraan. Bahan ini sulit didaur ulang.

7. *Other*

Plastik ini dibagi menjadi 4 jenis yaitu plastik SAN (*styrene acrylonitrile*), plastik ABS (*acrylonitrile butadiene styrene*), plastik PC (*polycarbonate*), dan Nylon.

2.8 *Polyethylene Terephthalate (PET)*

Polyethylene Terephthalate (PET) adalah zat dalam kelompok poliester. Poliester pertama kali diproduksi pada tahun 1930-an digunakan sebagai serat sintetis. Sebagian besar PET yang diproduksi saat ini masih digunakan untuk membuat serat, misalnya pada sweater bulu. Kemudian, PET digunakan untuk membungkus film dan pita magnetik. Pada tahun 1970-an produksi botol dari bahan PET akhirnya dikembangkan. Botol PET pada awalnya digunakan untuk menampung minuman ringan, tetapi penggunaan pada air kemasan secara bertahap menjadi lebih umum. PET terbuat dari asam tereftalat (asam dikarboksilat) dan *etilen glikol*. Keduanya bereaksi membentuk rantai polimer panjang, dengan air sebagai produk sampingan. Seperti terlihat pada gambar berikut.



Polyethylene terephthalate (PET) terbuat dari *ethylene glicol (EG)* dan *terephthalic acid (TPA)* atau asam terephthalat (DMT). PET merupakan *family* dari *family* poliester dan merupakan plastik transparan, tahan lama, fleksibel, stabil secara dimensi, tahan terhadap api, tidak beracun, permeabilitas terhadap gas, maupun air. Penggunaan plastik jenis PET dalam kehidupan sehari-hari dapat ditemukan pada botol-botol air mineral, minuman ringan, kemasan sirup, selai, serta minyak goreng, dll (Mujiarto, 2005 dalam Cundari, 2016).

2.9 Penelitian Terdahulu

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan Mu'in (2017) dengan judul penelitian pengaruh kecepatan pengadukan dan massa adsorben terhadap penurunan kadar fosfat pada pengolahan limbah *laundry* menyatakan bahwa massa adsorben optimal yang dapat mempengaruhi penurunan kadar fosfat pada limbah cair *laundry* adalah sebesar 4 gram. Sedangkan untuk kecepatan pengadukan terbaik yang dapat mempengaruhi penurunan kadar fosfat pada limbah cair *laundry* adalah pada kecepatan pengadukan 100 rpm.

Terdapat banyak penelitian yang telah dilakukan sebelumnya oleh beberapa peneliti terkait dengan topik yang disajikan dalam Tabel 6.

Tabel 6. Perbandingan bahan kimia dan konsentrasi sebagai activator adsorben

Bahan kimia	Konsentrasi	Penurunan	Keterangan	Sumber Jurnal
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
HCl	10 M	89,46%	Menurunkan kadar fosfat dengan adsorben polyetilene	Mu'in (2017)
Acetone dan HCl	1M	45,45%	Menurunkan kadar fosfat dengan adsorben sampah plastic	Wardhana (2013)
KOH Dan acetone	1M	COD=98,41% BOD=98,5% TSS=99,28%	Menurunkan COD,BOD,TSS dengan adsorben sampah Plastik (Polietilen dan polipropilen)	Cundari (2016)
KMnO ₄ Dan H ₂ SO ₄	0,5M 6M	Mg ²⁺ 17,05% Na ⁺ 54,24%	Menurunkan ion Mg ²⁺ dan Na ⁺	Ekawati (2010)

Tabel 6. (Lanjutan)

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
HCl	1M	Fe 94% Mn 94% Kekeruhan 89%	Menurunkan kadar Fe dan Mn dengan adsorben sampah plastic	Hendarasarie (2020)
H ₂ SO ₄	10-70%	12,57%	Optimasi karbon aktif	Ayyalusamy (2018)
NaOH	-	Kapasitas adsorpsi=169 mg/g	Proses adsorpsi jenis pewarna hijau perunggu	Akmil-Basar (2005)
KOH	-	Kapasitas adsorpsi=404 mg/g	Proses adsorpsi jenis pewarna metilen blue	Djahed (2015)
KOH	-	Kapasitas adsorpsi=210 mg/g	Proses adsorpsi jenis pewarna metilen blue	Lian et al., (2011)
KOH	-	Kapasitas adsorpsi=3.240 mg/g	Proses adsorpsi jenis pewarna yodium	Lian et al., (2011)
HCl	-	200 mg dalam 175ppm 100mg dalam 172ppm	Proses adsorpsi methylene blue	Raman (2015)
HCl	1M	TSS=73,43% Fosfat=60,16%	Proses adsorpsi TSS dan fosfat pada limbah cair pencucian mobil	Hendriarianti (2013)
Aceton dan HCl	1M	48,77%	Proses adsorpsi amoniak pada limbah cair rumah sakit	Ruhmawati (2020)
Aceton dan KOH	1M	Komposisi karbon=96,62%	Pembuatan karbon dari limbah LDPE	Yuliusman (2019)
KOH	-	24,62-32,07%	Penurunan kadar p-nitrofenol	Carrasco et al (2016)

2.10 Analisa Pengujian

2.10.1 Analisa Kadar Fosfat

Fosfat merupakan senyawa kimia dalam bentuk ion yang dapat menurunkan kualitas perairan dan membahayakan kehidupan makhluk hidup. (Ngibad,2019)

Beberapa metode baku analisa fosfat dalam air, diantaranya metode *stannous chloride*, *vanadomolybdophosphoric acid*, *ascorbic acid* (asam askorbat), *automated ascorbic acid reduction*, *flow injection analysis*, dan lain sebagainya. Kelebihan metode asam askorbat adalah mudah dalam preprasi sampel, praktis, murah dan cocok digunakan untuk analisis air permukaan dengan limit deteksi metode 10 µg P/L. Kelemahan metode asam askorbat (secara umum metode kolorimetri) terletak pada limit deteksi yang kurang sensitif jika dibandingkan dengan metode *automated ascorbic acid reduction* (0,001-10mg P/L) atau *flow injection analysis* (5 µg P/L) (Anonimus, 2005 dalam Kusumaningtyas,2017).

Metode asam askorbat telah melalui uji coba di laboratorium pengujian dalam rangka validasi dan verifikasi metode. Metode ini juga telah disepakati dan disetujui untuk analisa air (baik air permukaan, air sungai, danau, maupun air limbah) dalam rapat konsensus dengan peserta rapat yang mewakili ilmuwan instansi teknis, pemerintah pusat maupun daerah (Anonimus a, 2005). Oleh karena itu, analisa fosfat dalam sampel air Sungai Citarum dilakukan dengan menggunakan metode asam askorbat (SNI- 06.6989.31-2005). Prinsip pengukuran dengan metode ini adalah fosfat dalam sampel bereaksi dengan ammonium molibdat dan kalium antimonil tartrat dalam suasana asam membentuk senyawa *heteropoly acidphosphomolybdic acid* yang direduksi oleh asam askorbat menghasilkan warna biru *molybdenum* yang diukur pada panjang gelombang 880 nm. Larutan ini stabil pada waktu 10-30menit sehingga pengukuran absorbansi dilakukan pada rentang waktu tersebut. Reaksi hanya dapat berlangsung pada suasana asam sehingga apabila sampel bersifat basa harus diasamkan terlebih dahulu dengan penambahan larutan asam sulfat 5N (Kusumaningtyas,2017).

2.10.2 Analisa BET (Brunauer-Emmet-Teller)



Gambar 4. Alat Uji BET

Pada tahun 1938 tiga orang ilmuwan, yaitu Stephen Brunauer, P.H. Emmett, dan Edward Teller berhasil melakukan penelitian tentang adsorpsi gas multilayer. Teori ini menjelaskan bahwa energi diserap melalui adanya induksi dipol kedalam gas non-polar sehingga terjadi ikatan antara lapisan teradsorpsi (Brunauer et al., 1938). Teori ini merupakan lanjutan dari teori Langmuir, dimana teori Langmuir terbatas hanya pada satu lapisan saja (monolayer).

Teori BET dapat digunakan setelah dilakukan uji menggunakan alat SAA (Surface Area Analyzer). Alat ini berfungsi untuk menentukan diameter dan volume pori, serta luas permukaan spesifik material. Berdasarkan prinsip adsorpsi desorpsi gas adsorbat. Mekanisme adsorpsi gas tersebut berupa penyerapan gas (nitrogen, argon dan helium) pada permukaan suatu bahan padat yang akan dikarakterisasi pada suhu tetap. Jika diketahui volume gas (nitrogen, argon, atau helium) yang dapat diserap oleh suatu permukaan padatan pada suhu dan tekanan tertentu dan diketahui secara teoritis luas permukaan dari satu molekul gas yang diserap, maka luas permukaan total padatan tersebut dapat dihitung. Luas permukaan merupakan jumlah pori pada setiap satuan luas dari sampel. Sementara luas permukaan spesifik adalah luas permukaan per satuan gram (Perwira, 2014).

Pada analisis luas permukaan menggunakan uji SAA, sering digunakan gas nitrogen. Hal ini disebabkan tersedianya gas nitrogen dalam kemurnian yang tinggi dan dapat berinteraksi dengan kuat dengan kebanyakan padatan. Biasanya, interaksi antara fasa gas dan padat lemah, sehingga permukaan didinginkan menggunakan nitrogen cair untuk memperoleh jumlah adsorpsi yang terdeteksi. Selanjutnya, tekanan relatif yang lebih rendah dibandingkan dengan tekanan atmosfer didapatkan dalam kondisi setengah vakum. Setelah lapisan adsorpsi terbentuk, gas nitrogen kemudian dihilangkan atau dibebaskan dari sampel dengan cara dipanaskan (Hwang and Barron, 2011).