

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **1.1 Air Limbah**

Menurut Metcalf and Eddy (1991), yang dimaksud air limbah (*waste water*) adalah kombinasi dari cairan dan sampah–sampah (air yang berasal dari daerah permukiman, perdagangan, perkantoran, dan industri). Limbah merupakan cairan yang dibawa oleh saluran air buangan. Air buangan adalah cairan buangan yang berasal dari rumah tangga, industri maupun tempat-tempat umum lainnya. Air limbah biasanya mengandung bahan-bahan atau zat yang berbahaya. Bahan-bahan yang berbahaya dapat mengganggu kehidupan manusia serta mengganggu kelestarian hidup.

#### **1.2 Sumber Air Limbah**

Air limbah sebagai sumber pencemar dapat berasal dari berbagai sumber. Air limbah bersumber dari kegiatan manusia dan kemajuan teknologi. Sumber–sumber air limbah tersebut oleh Kusnoputranto (1986) dibedakan menjadi 3, yaitu :

- a. Air limbah rumah tangga (*domestic wasted water*), air limbah dari permukiman ini umumnya mempunyai komposisi yang terdiri atas (tinja dan urin), air bekas cucian dapur dan kamar mandi, dimana sebagian besar merupakan bahan organik.
- b. Air limbah kotapraja (*municipal wastes water*), air limbah ini umumnya berasal dari daerah perkotaan, perdagangan, sekolah, tempat–tempat ibadah dan tempat–tempat umum lainnya seperti hotel, restoran, dan lain–lan.
- c. Air limbah industri, air limbah yang berasal dari berbagai jenis industri akibat proses produksi ini pada umumnya lebih sulit dalam

pengolahannya serta mempunyai variasi yang luas.

### 1.3 Air Limbah Domestik

Air limbah domestik dapat didefinisikan sebagai cairan atau limbah yang dibawa zat cair dari rumah tangga bersama dengan air tanah. Limbah cair tersebut berasal dari bak cuci, air mandi, dan buangan dari mesin cuci. Limbah domestik merupakan sumber kontaminan pada badan air (sungai, danau, laut, dan sebagainya).

Menurut Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 112 Tahun 2003 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik disebutkan pada Pasal 1 ayat 1, bahwa air limbah domestik adalah air limbah yang berasal dari usaha dan atau kegiatan permukiman (*real estate*), rumah makan (*restaurant*), perkantoran, perniagaan, apartemen dan asrama. Air limbah domestik terbagi menjadi 2 kelompok, yaitu air limbah yang terdiri dari air buangan tubuh manusia yaitu tinja dan urine (*blackwater*) dan kamar mandi (*greywater*) (Utaberta, 2014).

#### 1.3.1 Karakteristik Limbah Domestik

*Blackwater* adalah air limbah domestik yang dikeluarkan melalui toilet, *urinoir* dan bidet. Pengolahan *blackwater* dengan tangki septik memiliki efisiensi pengolahan sebesar 65 %. Hanya 22,5 % dari total beban polutan organik yang dapat dihilangkan dan 77,5 % masih terbuang keluar. Menurut Sembel (2015), Pada umumnya *blackwater* yang mencemari lingkungan memiliki beberapa kandungan seperti berikut :

1. Mikroba (seperti bakteri *Salmonella typhi* penyebab demam tifus dan bakteri *Vibrio cholerae* penyebab kolera, hepatitis A, dan virus penyebab polio). Tinja manusia mengandung puluhan miliar mikroba termasuk bakteri koli-tinja (*E. coli*).
2. Materi organik berupa sisa dan ampas makanan yang tidak tercerna dalam bentuk karbohidrat, enzim, lemak, mikroba, dan sel-sel mati. Satu liter tinja mengandung materi organik yang setara dengan 200-300 mg BOD<sub>5</sub>. Kandungan BOD yang tinggi mengakibatkan air mengeluarkan

bau tak sedap dan berwarna hitam.

3. Telur cacing yang diakibatkan cacing cambuk dan cacing gelak.
4. Nutrien yang umumnya merupakan senyawa nitrogen (N) dan fosfor (P) yang dibawa oleh sisa-sisa protein dan sel-sel mati.

Karakteristik *greywater* pada umumnya banyak mengandung unsur nitrogen, fosfat, dan potasium (Lindstrom, 2000). Unsur-unsur tersebut merupakan nutrien bagi tumbuhan, sehingga jika *greywater* dialirkan begitu saja ke badan air permukaan maka akan menyebabkan eutrofikasi pada badan air tersebut. Eutrofikasi adalah sebuah peristiwa dimana badan air menjadi kaya akan materi organik, sehingga menyebabkan pertumbuhan ganggang yang pesat pada permukaan badan air tersebut. Peristiwa eutrofikasi ini dapat menurunkan kualitas badan air permukaan karena dapat menurunkan kadar oksigen terlarut di dalam badan air tersebut. Sebagai akibatnya, makhluk hidup air yang hidup di badan air tersebut tidak dapat tumbuh dengan baik atau mungkin mati (Metcalf and Eddy, 1991).

Menurut Fardiaz (1992), untuk mengetahui apakah air tercemar atau tidak, diperlukan pengujian untuk menentukan sifat-sifat air. Sifat air yang telah diketahui dapat menjadi batasan penyimpangan air. Sifat-sifat air yang umum di uji dan dapat digunakan untuk menentukan tingkat polusi air misalnya :

#### 1. Suhu

Kenaikan suhu air akan menimbulkan beberapa akibat, dengan bertambahnya suhu maka oksigen terlarut akan semakin sedikit. Hal tersebut dapat menyebabkan matinya biota air karena kekurangan oksigen.

#### 2. Warna, bau dan rasa

Warna air yang terdapat di alam sangat bervariasi, misalnya air di rawa – rawa berwarna kuning, coklat atau kehijauan, air sungai biasanya berwarna kuning kecoklatan karena mengandung lumpur, dan air buangan yang mengandung besi/tannin.

### 3. Jumlah padatan

Air yang terpolusi selalu mengandung padatan berupa sedimen, tersuspensi atau koloid terlarut, minyak, dan lemak. Dalam analisis air, selain padatan-padatan tersebut di atas sering juga dilakukan analisis terhadap total padatan, yaitu semua padatan setelah airnya dihilangkan atau diluapkan. Padatan yang terdapat di dalam air juga dapat dibedakan atas padatan organik dan anorganik.

### 4. Nilai BOD

*Biochemical Oxygen Demand* menunjukkan jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan oleh organisme hidup untuk memecah atau mengoksidasi bahan – bahan buangan di dalam air. Jadi nilai BOD tidak menunjukkan jumlah bahan organik yang sebenarnya, tetapi hanya mengukur secara relatif jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan-bahan organik. Pengukuran selama 5 hari pada suhu  $20^{\circ}\text{C}$  ini hanya menghitung sebanyak 68 % bahan organik yang teroksidasi.

### 5. Nilai COD

Uji *Chemical Oxygen Demand* biasanya menghasilkan nilai kebutuhan oksigen yang lebih tinggi dari pada uji BOD. Karena bahan-bahan yang stabil terhadap reaksi biologi dan mikroorganisme dapat ikut teroksidasi dalam uji COD.

Tabel 2.1 Karakteristik Limbah Domestik Berdasarkan Penelitian Sebelumnya

Parameter	Satuan	BPPT, 2005	Suswati, 2013	Sutrisno, 2013	Maryani, 2014	Masturah, 2014	Helena, 2002
pH	-	7,2				9,8 – 10,4	7.2-8.6
Suhu	o <sub>c</sub>	26					18.3-31.1
TDS	mg/L	210	1257				
TSS	mg/L	440	255			87 – 145	7-207
BOD	mg/L	80,3	104	101			18.6-286
COD	mg/L	318,2		187	407 – 727		46-271
DO	mg/L		3,01				
Kekeruhan	NTU				50-100		

### 1.3.2 Karakteristik Limbah Air bekas Mandi

Berkembangnya pemukiman-pemukiman pada suatu daerah maka dapat mengakibatkan sistem pembuangan yang tidak terkendali. Air limbah rumah tangga seperti pembuangan limbah kamar mandi atau wc dan dapur yang dibuang dapat mengakibatkan sumber air warga menjadi tercemar. Limbah tersebut dapat berakibat pada pencemaran air tanah yang dapat menyebabkan penyebaran penyakit menular (Widiyanto, 2015).

Limbah rumah tangga pada umumnya berupa bahan organik. Bahan organik ialah bahan yang dapat membusuk atau terdegradasi oleh mikroorganisme yang dapat mengakibatkan semakin berkembangnya mikroorganisme (Khomaryatika dan Eram, 2011). Kebutuhan air bersih dan limbah yang dihasilkan dapat dilihat pada Tabel 2.2 Jenis kegiatan, kebutuhan air bersih dan timbulan greywater :

Tabel 2.2 Jenis Kegiatan, Kebutuhan Air Bersih dan Timbulan *Greywater*

No	Kegiatan	Pemakaian air bersih	Greywater yang dihasilkan
1.	Mandi	20 L/org	20 L/org
2.	Mandi dengan shower 5 menit	30 L/org	30 L/org
3.	Mandi dengan bath tube standar	100 L/org	100 L/org
4.	Sikat gigi dengan kran 1 menit	6 L/org	6 L/org
5.	Sikat gigi dengan gelas	0,5 L/org	0,5 L/org

Sumber : Handayani, (2013).

Kualitas air bekas mandi mengandung materi-materi pengotor yang menyebabkan turunnya kualitas air. Tabel 2.3 dan Tabel 2.4 menunjukkan materi-materi pengotor dari berbagai kegiatan di rumah tangga :

Tabel 2.3 Sumber Pengotor Kualitas Air

No	Kegiatan	Materi pengotor
1.	Mencuci bahan makanan	Potongan-potongan makanan
2.	Mandi	Sabun,rambut,kotoran-kotoran badan.
3.	Wudhu	Relatif bersih
4.	Mencuci pakaian	Sabun,potongan benang,kotoran pada baju
5.	Cuci mobil	Sabun, oli, debu

Sumber : Handayani, (2013).

Tabel 2.4 Sumber Pengotor Kualitas Air *New Mexico University*

No	Kegiatan	Materi pengotor
1.	Mencuci pakaian	Pemutih pakaian, busa, pH tinggi,air panas,nitrat,minyak dan lemak,Oxygen demand (OD), Phospat, garam, sabun,sodium,Ss dan kekeruhan
2.	Mencuci piring	Bacteria,busa,sisa makanan, pH tinggi, air panas, bau, minyak dan

		lemak,OD,garam,sabun,Ss,kekeruhan
<b>No</b>	<b>Kegiatan</b>	<b>Materi pengotor</b>
3.	Mandi bathtub dan shower	Bacteria,rambut,air panas, bau,minyak dan lemak,OD,sabun,Ss dan kekeruhan
4.	Mencuci alat memasak dan makan	Bacteria,busa,sisa makanan, pH tinggi, air panas, bau, minyak dan lemak,OD,garam,sabun,Ss,kekeruhan
5.	Swimming pool	Klorin dan garam

Sumber : Elizabeth, (2012).

#### 1.4 Filter

Menurut Masduqi (2002), filtrasi adalah suatu proses pemisahan zat padat dari fluida (cairan maupun gas) yang membawanya menggunakan suatu media berpori atau bahan berpori untuk menghilangkan sebanyak mungkin zat padat halus yang tersuspensi dan koloid. Pada pengolahan air minum filtrasi digunakan untuk menyaring hasil dari proses koagulasi - flokulasi - sedimentasi sehingga dihasilkan air minum dengan kualitas tinggi. Selain mereduksi kandungan zat padat, filtrasi dapat pula mereduksi kandungan bakteri, menghilangkan warna, rasa, bau besi dan mangan.

##### 1.4.1 Jenis-Jenis Filter Berdasarkan Sistem Operasi dan Media

Ada dua jenis proses penyaringan yang umum digunakan, yaitu penyaringan lambat dan penyaringan cepat. Berdasarkan jenis filter media granular (butiran), Media jenis granular yang paling baik mempunyai ukuran butiran yang membentuk pori-pori cukup besar agar partikel pada air limbah bisa tertahan. Butiran juga dapat membentuk pori yang cukup halus sehingga dapat menahan suspensi (Setyono, 2009). Menurut Selintung, (2012), Saringan dapat dibedakan dalam beberapa kategori :

1. Menurut jenis media yang dipakai
2. Menurut sistem control kecepatan filtrasi
3. Menurut arah aliran

4. Menurut kaidah grafitasi
5. Menurut pre-treatment yang diperlukan

Filter memiliki beberapa tipe pengolahan berdasarkan media yang digunakan. Media yang digunakan bermacam-macam sesuai dengan jenis media yang akan digunakan. Berikut adalah jenis – jenis media yang umum digunakan ;

1. Single media , single media biasanya menggunakan pasir kuarsa atau pasir silikat
2. Dual media , dual media sering digunakan filter dengan pasir kuarsa di lapisan bawah dan anthrasit pada lapisan atas. Keuntungan dual media
  - a. kecepatan filtrasi lebih tinggi (10-15 m/jam)
  - b. periode pencucian lebih lama
  - c. murah
3. Multi media , terdiri dari anthrasit, pasir dan garnet atau dolomite fungsi multimedia adalah untuk memfungsikan seluruh lapisan filter agar berperan sebagai penyaring (Masduqi, 2002).

#### **1.4.2 Kriteria Perencanaan Media Filter Untuk Pengolahan Air Limbah**

Perencanaan pembuatan unit filtrasi mempunyai beberapa hal yang perlu diperhatikan untuk mencapai hasil yang optimal dan sesuai dengan teori yang telah ada. Secara umum filtrasi adalah proses yang digunakan pada pengolahan air bersih untuk memisahkan bahan pengotor (partikulat) yang terdapat dalam air. Pada proses filtrasi air merembes dan melewati media filter sehingga akan terakumulasi pada permukaan filter dan terkumpul sepanjang kedalaman media yang dilewatinya. Filter juga mempunyai kemampuan untuk memisahkan partikulat semua ukuran termasuk didalamnya algae, virus, dan koloid-koloid tanah (Selintung, 2012). Pada filtrasi dengan media berbutir, terdapat mekanisme filtrasi sebagai berikut:

- a. Penyaringan secara mekanis (*mechanical straining*)
- b. Sedimentasi
- c. Adsorpsi atau gaya elektrokinetik
- d. Koagulasi dalam *filter bed*



e. Aktivitas biologis

Menurut Baker (1948) dalam Selintung (2012), menyebutkan filtrasi air melalui pasir dan kerikil. Walaupun sejumlah modifikasi telah dibuat dengan berbagai macam cara, filtrasi tetap menjadi salah satu teknologi mendasar terkait dengan pengolahan air. Penggunaan media filter atau saringan berdasarkan pada fungsinya yaitu, memisahkan campuran *solid* dan *liquid* untuk melakukan sebanyak mungkin pemisahan padatan tersuspensi yang paling halus. Penyaringan ini merupakan proses pemisahan antara padatan atau koloid dengan cairan, dimana prosesnya bisa dijadikan sebagai proses awal (*primary treatment*). Menurut Masduqi (2002), kriteria desain yang harus dipenuhi dalam unit filtrasi di tunjukan pada Tabel 2.5 :

Tabel 2.5 Kriteria Desain Filtrasi

Karakteristik		NILAI	
		RENTANG	TIPIKAL
multi media			
Anthrasit			
a	Kedalaman (mm)	420-530	460
b	ES (mm)	0,95-1	1
c	UC	1,55-1,75	<1,75
Pasir			
a	Kedalaman (mm)	150-230	230
b	ES (mm)	0,45-0,55	0,5
c	UC	2,5-2,6	1,6
Garnet			
a	Kedalaman (mm)	75-155	75
b	ES (mm)	0,2-0,35	0,2
c	UC	1,6-2	<1,6
kecepatan filtrasi (l/det- $m^2$ )		2,72-6,8	4,08

Sumber : Masduqi, (2002).

Jenis media yang bisa digunakan adalah semua material yang stabil, berporos, seperti granular pasir, krikil, *anthracite*, *glass*, dan plastik. Berdasarkan susunan media suatu saringan, maka saringan dapat dibedakan yaitu ; filter multimedia, filter media ganda dan filter media tunggal. Pembagian jenis saringan dapat dibedakan dalam beberapa jenis, antara lain Penyaring langsung, Penyaringan dua Tahap, dan Penyaringan konvensional (Lindu 2000). Saringan cepat berdasarkan kontrol debit aliran, dapat dikelompokkan atas penyaring kecepatan konstan dan Penyaring kecepatan *Declining*, (Carnwell dkk, 1984). Kriteria desain menurut SNI-6774-2008 untuk unit filtrasi (saringan cepat) dapat dilihat pada tabel 2.6 berikut :

Tabel 2.6 Kriteria Desain *Rapid Sand Filter*

No.	Unit	Saringan biasa (Gravitasi)	Saringan dengan pencucian antar saringan	Saringan bertekanan			
1.	Jumlah bak saringan	$N = 12 Q^{0,5}$	Minimum 5 bak	-			
2.	Kecepatan penyaringan (m/jam)	6-11	6 – 11	12 – 33			
3.	Pencucian :	Tanpa/dengan blower dan atau surface wash	Tanpa/dengan blower dan atau surface wash	Tanpa/dengan blower dan atau surface wash			
	a. System pencucian						
	b. Kecepatan				36 – 50	36 – 50	72-198
	c. Lama pencucian				10-15	10 – 15	-
	d. Periode antar dua pencucian				18 -24	18 – 24	-
	e. Ekspansi	30-50	30 – 50	30 – 50			
4.	Media pasir						
	a. Tebal (mm)	300-700	300-700	300 – 700			
	b. Single media	600-700	600 – 700	600 – 700			
	c. Media ganda	300-600	300-600	300 – 600			
	d. ES	0,3 – 0,7	0,3 – 0,7	-			
	e. UC	1,2 – 1,4	1,2 – 1,4	1,2 – 1,4			
	f. Berat jenis ( $kg/dm^3$ )	2,5 – 2,65	2,5 – 2,65	2,5 – 2,65			

No.	Unit	Saringan biasa (Gravitasi)	Saringan dengan pencucian antar saringan	Saringan bertekanan
	g. Porositas	0,4	0,4	0,4
	h. Kadar SiO <sub>2</sub>	>95%	>95%	>95%
5.	Media antransit			
	a. Tebal (mm)	400-500	400-500	400-500
	b. ES	1,2 – 1,8	1,2 – 1,8	1,2 – 1,8
	c. UC	1,5	1,5	1,5
	d. Berat jenis	1,35	1,35	1,35
	e. Porositas	0,5	0,5	0,5
6.	Bottom filter			
	a.kedalaman (mm)	80-100	80 – 100	-
	Ukuran butir (mm)	2-5	2 – 5	-
	b.kedalaman (mm)	80-100	80 – 100	-
	Ukuran butir (mm)	5-10	5 – 10	-
	c. kedalaman (mm)	80-100	80 – 100	-
	Ukuran butiran (mm)	10-15	10 -15	-
	d. kedalaman (mm)	80-100	80 – 100	-
	Ukuran butiran	15 -30	15 – 30	-

Sumber : SNI-6774-2008

### 1.4.3 Mekanisme Proses Filtrasi

Beberapa mekanisme yang terjadi dalam proses penyaringan antara lain, straining mekanis, pengendapan, adsorpsi, intersepsi, tumbukan atau *impaction*, adhesi, kimia-fisik, flokulasi dan pertumbuhan biologi. Mekanisme paling penting dalam proses penyaringan adalah *Straining* mekanis. *Straining* mekanis ialah proses penangkapan partikel pengotor atau tersuspensi berdasarkan perbedaan ukuran antara partikel flok dengan bukaan atau pori media. Ukuran partikel yang lebih besar akan tertahan jika melewati bukaan yang lebih kecil. Proses ini terjadi pada lapisan media paling atas (untuk monomedia). Partikel koloid yang mengikuti aliran air akan mengalami gerakan *twisting* yang akan menciptakan gradien kecepatan. Gradien

kecepatan mengakibatkan partikel koloid akan mengalami tumbukan sehingga memungkinkan membesarnya ukuran partikel koloid menjadi flok atau suspensi. Flok besar ini selanjutnya akan tertahan pada bagian media *bed* yang paling (Barnes, 1981 dalam Selintung, 2012).

Adhesi adalah gaya tarik menarik antara partikel suspensi dengan permukaan butir media. Jika gaya gesek yang diakibatkan oleh gerakan air cukup besar, seperti terjadi pada dasar saringan, maka partikel suspensi bisa lepas dari ikatannya dengan butir media penyaring, fenomena ini kadang dijumpai pada kualitas air hasil saringan yang tiba-tiba keruh. Mekanisme ini terjadi karena adanya reaksi kimia yang terjadi disebabkan adanya proses pencampuran yang sangat cepat atau gradien hidrolik tinggi. Akibatnya terjadi tumbukan antara partikel atau spesies atau senyawa terlarut dalam air, dan menghasilkan senyawa yang tidak larut (Huisman 1974). Filtrasi dipengaruhi oleh topologi ruang pori, sifat dari partikel yang terbawa, bentuk kekasaran permukaan konsentrasi dan lain – lain (Kim 2006 dalam Harun, 2014).

Pengendapan terjadi jika ukuran partikel tersuspensi lebih kecil dari pada bukaan pori. Partikel akan mengendap di bagian atas permukaan butiran media filter. Makin luas permukaan antara pori *bed* filter, makin besar pula partikel pengotor tertahan di permukaan butiran. Butir dengan diameter pada saringan dari 0 -10%. Dengan persamaan yang didapatkan *Stoke sand* untuk aliran laminar dapat dikatakan, partikel ukuran lebih kecil dan lebih ringan hanya sebagian yang dihilangkan. Walaupun selama penyaringan ukuran partikel bisa bertambah besar sehingga bisa menambah efisiensi pengendapan, namun pori akan penuh dan akibatnya partikel yang terdeposit akan mungkin terkuras lagi dan selanjutnya terbawa aliran ke media yang lebih dalam, oleh karena itu jika ketebalan *bed* terbatas, materi suspensi akan ikut dalam efluen (Lindu, 2002). Menurut Griswidia (2008), Faktor yang mempengaruhi efisiensi penyaringan ada empat yaitu :

- a. Ketebalan lapisan media filter  
semakin tebal lapisan media filter, maka luas permukaan partikel-partikel semakin besar dan jarak yang ditempuh oleh air semakin lama atau panjang.
- b. Temperatur Air  
Efisiensi penyaringan juga dipengaruhi oleh temperatur, karena akan mempengaruhi aktifitas bakteri serta metabolisme mikroorganisme lainnya.
- c. Kecepatan filtrasi akan mempengaruhi lama operasi filter, agar lama operasi saringan dapat diperpanjang diperlakukan tekanan pada permukaan lapisan media filter dengan menambah ketinggian air di atas lapisan media filter.
- d. Besar kecilnya flok  
Flok yang terlalu besar akan menyulitkan filter, sedangkan flok yang terlalu kecil akan lolos dari filter.

### **1.5 Media Filter**

Dalam kegiatan industri, penggunaan pasir kuarsa sudah berkembang meluas, baik langsung sebagai bahan baku utama maupun bahan tambahan. Sebagai bahan baku utama, digunakan dalam industri gelas kaca, semen, tegel, mosaik keramik, bahan baku fero silikon, silikon *carbide* bahan abrasit (ampelas dan *sand blasting*) dan sebagai bahan tambahan, dalam industri cor, industri perminyakan dan pertambangan, bata tahan api (refraktori), dan lain sebagainya. Pasir kuarsa juga sering digunakan untuk pengolahan air kotor menjadi air bersih. Fungsi ini baik untuk menghilangkan sifat fisiknya, seperti kekeruhan, atau lumpur dan bau. Pasir kuarsa umumnya digunakan sebagai saringan pada tahap awal (Selintung, 2012).

## 1.6 Media Pasir

Media filter yang paling banyak digunakan adalah media pasir, hal ini dikarenakan memiliki nilai ekonomis yang terjangkau. Pasir adalah media filter yang paling umum dipakai dalam proses penjernihan air, tetapi tidak semua pasir bisa dijadikan sebagai media filter. Pemilahan pasir perlu dilakukan sehingga diperoleh pasir yang sesuai dengan syarat-syarat media pasir. Dalam memilih pasir sebagai media filter hal-hal yang perlu diperhatikan adalah karakteristik sifat pasir :

a. Bentuk pasir

Bentuk pasir sangat berpengaruh terhadap kelolosan/ permeabilitas.

b. Ukuran butir pasir

Butiran pasir berukuran kasar dengan diameter  $> 2$  mm memberikan kelolosan yang besar, sedangkan ukuran pasir berukuran halus dengan diameter  $0.15 - 0.45$  mm memberikan kelolosan yang rendah.

c. Kemurnian pasir

Pasir yang digunakan sebagai media saringan baik dengan tingkat kemurnian yang tinggi, bahwa pasir terbebas dari kotoran seperti lumpur. Pasir dengan kandungan lumpur yang tinggi jika digunakan sebagai media filter akan berpengaruh pada kualitas filtrasi yang dihasilkan.

## 1.7 Media Karbon Aktif

Karbon aktif adalah arang yang telah di aktifkan baik secara fisika maupun kimia, yang menghasilkan karbon dengan pori-pori lebih terbuka. Proses pembuatan karbon aktif dengan pembakaran tanpa menggunakan oksigen. Jika pembakaran yang dilakukan dengan menggunakan oksigen maka arang tersebut hanya menjadi abu saja dan pori-pori pada arang tersebut tidak akan ikut terbuka. Karbon aktif mempunyai permukaan yang luas dan berongga dengan struktur yang berlapis. Hal ini menyebabkan karbon aktif dapat menyerap zat dalam larutan dan udara. Karbon aktif digunakan sebagai adsorben karena mempunyai daya adsorpsi.

Karbon aktif sebagai adsorben dapat mengadsorpsi *greywater* yang sebagian besar mengandung bahan organik. Proses adsorpsi adalah salah satu metode pengolahan limbah yang sederhana dan banyak dipakai untuk limbah organik. Namun dalam proses adsorpsi terdapat kelemahan, yaitu diperlukannya proses regenerasi adsorben ketika sudah jenuh dengan senyawa organik. Disamping itu polutan organik yang telah diadsorpsi dalam adsorben masih tetap berbahaya karena tidak dapat terdegradasi menjadi senyawa lain seperti CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O (Slamet dkk, 2006).

Pori-pori karbon aktif mempunyai bentuk dan ukuran yang bervariasi dan tidak teratur, ukuran pori karbon aktif berkisar antara 10-10.000 Å. Pori-pori ini dapat menangkap dan menyerap partikel-partikel sangat halus (molekul). Semakin banyaknya zat-zat yang diadsorpsi maka pori-pori ini pada akhirnya akan jenuh sehingga karbon aktif tidak akan berfungsi lagi. Karbon aktif yang telah jenuh dapat direaktifasi kembali, meskipun demikian tidak jarang yang disarankan untuk sekali pakai. Pada pengolahan limbah cair, arang aktif juga digunakan untuk menghilangkan bahan organik dan anorganik (Sujarwo, 2007). Berikut merupakan karakteristik karbon aktif ditunjukkan pada tabel 2.7 :

Tabel 2.7 Karakteristik Karbon Aktif Dari Berbagai Jenis Bahan Baku

Karakteristik	Tempurung Kelapa	Batubara	Lignit	Kayu
pori-pori mikro	Tinggi	tinggi	Sedang	rendah
pori-pori makro	rendah	sedang	tinggi	tinggi
Kekerasan	Tinggi	tinggi	tinggi	-
kadar abu	5%	10%	20%	5%
Karakteristik	tempurung kelapa	batubara	lignit	kayu
ash dust	Tinggi	rendah	tinggi	medium
Debu	rendah	sedang	tinggi	
Reaktivitas	Baik	baik	lemah	
Rapat jenis	0.48 g/cc	0.48 g/cc	0.4 g/cc	0.35 g/cc

Sumber : Qosim (2010).

Penggunaan karbon aktif pada saat ini telah banyak sekali dikembangkan dalam proses pengolahan air. Karbon aktif biasanya digunakan sebagai proses lanjutan setelah pengolahan fisik atau biologis terlebih dahulu. Pada proses ini karbon aktif digunakan untuk mengurangi kadar dari bahan-bahan organik terlarut yang ada dalam air. Disamping itu dengan adanya kontak karbon aktif dengan air maka benda-benda partikel juga dapat ikut dihilangkan. Proses adsorpsi tersebut menyebabkan zat-zat substansi terlarut yang ada di air dapat terserap pada permukaan media karbon aktif. Diharapkan air yang keluar dari proses tersebut telah memiliki kualitas yang baik. Selain keefektifan dalam mereduksi pencemar, kemudahan dalam penggunaan serta biaya yang relatif murah dalam perawatannya menjadikan karbon aktif sebagai salah satu alternatif teknologi yang digunakan dalam mengolah limbah (Chrisafitri, 2012).

Kontaminan dalam air terserap karena tarikan dari permukaan karbon aktif lebih kuat dibandingkan dengan daya kuat yang menahan di dalam larutan. Senyawa-senyawa yang mudah terserap karbon aktif umumnya memiliki nilai kelarutan yang lebih kecil dari karbon aktif. Kontaminan dapat masuk ke dalam pori karbon aktif dan terakumulasi didalamnya, apabila kontaminan terlarut di dalam air dan ukuran pori kontaminan lebih kecil dibandingkan dengan ukuran pori karbon aktif (Juliandini, 2008). Karbon mempunyai sifat sebagai adsorben zat organik pada limbah, sehingga mampu menurunkan kadar warna dan kadar BOD (Setiawan, 2007).

## **1.8 Media Zeolit**

Zeolit merupakan material yang memiliki banyak kegunaan. Zeolit telah banyak diaplikasikan sebagai adsorben, penukar ion, dan sebagai katalis. Zeolit batuan adalah mineral kristal alumina silikatetrahidrat berpori yang mempunyai struktur kerangka tiga dimensi, terbentuk oleh tetrahedral  $(SiO_4)^-$  dan  $(AlO_4)^{2-}$  yang saling terhubungkan oleh atom-atom oksigen sedemikian rupa, sehingga membentuk kerangka tiga dimensi terbuka yang mengandung kanal-kanal dan rongga-rongga,



yang didalamnya terisi oleh ion-ion logam, biasanya adalah logam-logam alkali atau alkali tanah dan molekul air yang dapat bergerak bebas (Chetam, 1992 dalam Lestari, 2010). Hamdan (1992), mengemukakan bahwa zeolit merupakan suatu mineral berupa kristal silika alumina yang terdiri dari tiga komponen yaitu kation yang dapat dipertukarkan, kerangka alumina silikat dan air.

Air yang terkandung dalam pori tersebut dapat dilepas dengan pemanasan pada temperatur  $300^{\circ}\text{C}$  hingga  $400^{\circ}\text{C}$ . Pemanasan pada temperatur tersebut air dapat keluar dari pori-pori zeolit, sehingga zeolit dapat berfungsi sebagai penyerap gas atau cairan (Sutarti, 1994). Jumlah air yang terkandung dalam zeolit sesuai dengan banyaknya pori atau volume pori. Struktur yang khas dari zeolit, yakni hampir sebagian besar merupakan kanal dan pori, menyebabkan zeolit memiliki luas permukaan yang besar. Keadaan ini dapat dijelaskan bahwa masing-masing pori dan kanal dalam maupun antar Kristal dianggap berbentuk silinder, maka luas permukaan total zeolit adalah akumulasi dari luas permukaan (dinding) pori dan kanal-kanal penyusun zeolit (Lestari, 2010).

Menurut Dyer (1988), luas permukaan internal zeolit dapat mencapai puluhan bahkan ratusan kali lebih besar dibanding bagian permukaan luarnya. Luas permukaan yang besar ini sangat menguntungkan dalam pemanfaatan zeolit baik sebagai adsorben. Struktur pori zeolit yang berbeda-beda membuat zeolit banyak digunakan untuk pemisahan berbagai molekul kecil. Menurut Nasir (2013), mengatakan bahwa penurunan *fluks* dapat terjadi karena adanya peristiwa adsorpsi di permukaan zeolit yang terkandung dalam filter. Sehingga proses yang terjadi merupakan kombinasi antara proses filtrasi dan adsorpsi fisik oleh zeolit. Peningkatan jumlah zeolit dalam komposisi filter keramik dapat mengakibatkan meningkatnya daya adsorpsi filter sehingga kemungkinan akan terjadi *fouling* semakin cepat. Kenaikan tekanan operasi dapat meningkatkan *fluks* tetapi memperbesar kemungkinan terjadinya *fouling* pada permukaan filter.

Menurut Martin (1996), zeolit adalah senyawa *alumino silikat* yang mempunyai struktur yang khas, yaitu dengan adanya kekurangan muatan positif pada atom Al nya menyebabkan zeolit dapat mengikat kation secara pertukaran ion. Kerangka Kristal zeolit yang terbentuk tetrahedron membentuk suatu rongga yang menyebabkan zeolit dapat mengikat ion secara adsorpsi. Zeolit dengan bentuk senyawa ASP (*alumino silika fosfat*) dapat digunakan sebagai penukar anion dan kation. Hal ini disebabkan karena ASP mempunyai struktur Kristal yang unik, yaitu dengan adanya muatan positif dan negatif pada struktur kristalnya sehingga memungkinkan untuk dapat digunakan sebagai penukar anion dan kation (Martin, 1996). Tabel 2.8 adalah hasil penyerapan ion fluor (500 ppm) oleh berbagai jenis zeolit :

Tabel 2.8 Penyerapan Ion F (500 ppm) Oleh Berbagai Jenis ASP

Jenis ASP	F (eq/kg)	FD
Zeolit murni lampung	0,98	1,83
ASP 1 :1	9,13	1,43
ASP 1:5	8,43	1,47
ASP 5:1	10,97	1,33
Zeolit murni bayah	0,76	1,42
ASP 1:1	9,13	1,43
ASP 1:5	10,19	1,35
ASP 5:1	10,45	1,35

Sumber : Martin, (2014).

## 1.9 Analisa Data

Analisis data mempunyai dua cara pendekatan, yaitu dengan analisa kuantitatif dan kualitatif. Pendekatan kuantitatif memberikan hasil yang dapat diramal, objektif dan dapat diukur. Oleh karena itu, penggunaan penelitian kuantitatif dengan instrumen yang valid dan reliabel serta analisis statistik yang sesuai dan tepat menyebabkan hasil penelitian yang dicapai tidak menyimpang dari kondisi yang sesungguhnya. Hal itu ditopang oleh pemilihan masalah, identifikasi, masalah pembatasan dan perumusan masalah yang akurat, serta dibarengi dengan penetapan

populasi dan sampel yang benar. Pendekatan kuantitatif mempunyai ciri-ciri utama sebagai berikut :

1. Penelitian kuantitatif dilakukan dengan menggunakan rancangan yang terstruktur, formal dan spesifik.
2. Data yang dikumpulkan bersifat kuantitatif atau dapat dikuantitatifkan dengan menghitung atau mengukur.
3. Penelitian kuantitatif bersifat momentum atau menggunakan selang waktu tertentu, atau waktu yang digunakan pendek; kecuali untuk maksud tertentu
4. Penelitian kuantitatif membutuhkan hipotesis atau pertanyaan yang perlu dijawab, untuk membimbing arah dan pencapaian tujuan penelitian.
5. Analisis data dilakukan dengan menggunakan statistik, baik secara diferensial maupun inferensial.
6. Penelitian kuantitatif lebih berorientasi kepada produk dari proses.
7. Sampel yang digunakan luas, random, akurat dan representatif.
8. Peneliti kuantitatif menganalisis data secara deduktif
9. Instrument yang digunakan dalam mengumpulkan data hendaklah dapat dipercaya (valid), andal (reliabel), mempunyai norma dan praktis.

### **1.9.1 Jenis-Jenis Penelitian Kuantitatif**

Penelitian kuantitatif, seperti juga penelitian kualitatif terdiri dari berbagai jenis. Tiap jenis mempunyai maksud tersendiri. Oleh Karena itu, pemilihan tipe yang tepat sesuai dengan tujuan penelitian sangat diharapkan menentukan pencapaian hasil yang telah di rumuskan. Beberapa jenis penelitian kuantitatif adalah sebagai berikut :

1. Penelitian deskriptif, memberikan gambaran keadaan masa sekarang secara mendalam, sedangkan penelitian historis hanya tertuju pada masa lampau. Penelitian deskriptif kuantitatif adalah salah satu jenis penelitian yang bertujuan mendeskripsikan secara sistematis, faktual, dan akurat

mengenai fakta dan sifat populasi tertentu, atau mencoba menggambarkan fenomena secara detail.

2. Penelitian eksperimen, tipe penelitian yang akurat/teliti dibandingkan dengan penelitian yang lain, dalam menentukan relasi, hubungan sebab akibat. Hal itu dimungkinkan karena dalam penelitian eksperimen peneliti berdaya dan dapat melakukan pengawasan (kontrol) terhadap variabel bebas baik sebelum penelitian maupun selama penelitian (Yusuf, 2014).

### **2.9.2 t Test**

Dalam penelitian sering menggunakan dua sampel yang diambil dari dua kelompok populasi yang tersebar secara normal. Penelitian ingin membuktikan apakah terdapat perbedaan yang berarti.

Pengujian terhadap dua sampel yang tidak bebas mempunyai prosedur yang hampir identik dengan pengujian sampel yang bebas, namun seluruh data yang ada diperbandingkan satu dengan yang lain. Prosedur ini didekati dengan statistika non parametrik dan tidak terikat kepada pola distribusi samplingnya (Damanhuri, 2001).

### **2.10 Penelitian Terdahulu**

Alternatif pengolahan dengan menggunakan filter dari berbagai sumber air sudah banyak dilakukan. Sumber air yang digunakan juga dari berbagai jenis. Jenis air yang telah diteliti diantara lain air sungai, air bersih, *greywater*, limbah cair, limbah bekas laundry, dan limbah bekas cuci mobil. Tabel 2.9 menunjukkan daftar penelitian terdahulu.

Tabel 2.9 Daftar Penelitian Terdahulu

No	Judul dan Penyusun	Tujuan	Metode	Hasil
1	Kajian pustaka potensi pemanfaatan greywater sebagai air siram wc dan air siram tanaman di rumah tangga oleh handayani dwi siswi, (2013)	1. Menegetahui kebutuhan kuantitas dan kualitas air siram wc dan tanaman rumah tangga 2. Mengetahui timbulan kuantitas dan kualitas greywater pada masing-masing kegiatan yang ada di rumah tangga. 3. kebutuhan penelitian untuk mewujudkan pemanfaatan greywater sebagai air siram wc dan tanaman	Data yang digunakan bersumber dari beberapa buku dan artikel yang diperoleh dari internet. Dikumpulkan dengan metode dokumentasi menganalisa instrumen daftar kebutuhan data, dilakukan secara deskriptif sesuai dengan tujuan yang akan dicapai	1. kebutuhan kuantitas air siram wc dan tanaman ; a. kebutuhan air siram wc 6 liter/org/sekali siram, 60 liter/hari. b. air siram tanaman dari segi kuantitas 40 liter/20m <sup>2</sup> . 2. timbulan greywater dari kegiatan mandi 30 liter/or/sekali mandi, 60 liter/hari. 3. greywater dari kegiatan mandi memenuhi kebutuhan menyiram wc.
2	Penurunan TSS dan kekeruhan air pada air terkontaminasi abu vulkanik gunung kelud menggunakan SSF single medium oleh Harun Abdul Aziz, (2014)	1. Mengetahui penurunan konsentrasi pada air terkontaminasi 2. mengkaji pengaruh variasi jenis mediafilter yang paling efektif dalam menurunkan TSS dan Kekeruhan. 3. Mengetahui besarnya efisiensi removal reaktor SSF dalam menurunkan TSS dan Kekeruhan.	Air yang terkontaminasi dibuat berdasarkan beratnya, berat variasi konsentrasi yang digunakan ; a. 1 gr/L b. 2 gr/L c. 3 gr/L d. 4 gr/L Reaktor yang digunakan SSF, media kuarsa dan pasir sungai. Variasi waktu pengambilan sampel pada menit ke-5, ke10, ke-15, ke-20 dan ke-25. Parameter yang di uji TSS dan kekeruhan.	1. penurunan TSS paling tinggi pada sampel B media pasir sebesar 97,5% 2. penurunan kekeruhan paling tinggi pada sampel B media pasir sebesar 99,7%
3	Penurunan kadar BOD dan phospat dengan teknologi biofilm serat plastik dan tembikar tersusun random oleh Sihite Sandi Dennys, (2000)	1. untuk mengetahui efisiensi penyisihan BOD dan phospat limbah laundry.	Pembagian 3 tahap; persiapan, pelaksanaan dan analisis data. Variasi waktu yang digunakan pada jam ke-5, ke-10, ke15-ke20, dan ke-25 Unit pengolahan bak equalisasi, filter anaerob, aerob dan pengendap akhir.	1. Teknologi biofilm menggunakan media filter tembikar dan serat plastik yang tersusun secara random didapatkan efisiensi terbaik pada menit ke-25, 61,5% dengan nilai konsentrasi 73,52 mg/L dan phospat 73,61% dengan nilai konsentrasi 1,9 mg/L.

No	Judul dan Penyusun	Tujuan	Metode	Hasil
4	Penggunaan karbon aktif dari sampah plastik untuk menurunkan kandungan phospat pada limbah cair oleh Wardhana Wisnu Irawan (2010).	Mereduksi kandungan phospat limbah laundry dengan karbon aktif dari sampah plastik	Menggunakan 2 reaktor dengan system batch dan continyu Ayakan yang digunakan adalah mesh 100,30,60, dan 200. Menggunakan penelitian eksperimen	1.pada eksperimen batch didapatkan efisiensi 45,45% pada eksperimen continyu didapatkan efisiensi 54,75%. 2.waktu jenuh pada percobaan batch adalah 2,5 jam. Pada percobaan continyu adalah 15 jam (Q=50 ml/det),12 jam (Q= 100 ml/det).
5	Studi pengolahan air melalui media filter pasir kuarsa (Studi kasus malimpung) Selintung Mary, (2012).	1.Menganalisis pasir kuarsa malimpung dengan SNI 1963:2008 sebagai pasir media. 2.Menganalisis efektifitas pasir kuarsa menurunkan pH,Kekeruhan,Warna,Bau, dan Rasa.	Variasi ketebalan media yang digunakan 610 mm, 630 mm, 650 mm, 670 mm, 690 mm,710 mm. Menggunakan reaktor single media.	1.Hasil pengujian memberikan hasil efektif kecuali parameter pH. 2.Variasi ketebalan media filter untuk saringan single medium sangat berpengaruh untuk mengetahui efektifitas suatu filter.
6.	Pengolahan air limbah pencucian mobil dengan reaktor saringan pasir lambat dan karbon aktif Oleh Rr. Adistya Chrisafitri, (2012).	Mengetahui alternative pengolahan yang lebih spesifik, khususnya yang efisien dalam menurunkan konsentrasi pencemar limbah pencucian mobil	Menggunakan 3 buah reaktor sand filter Ukuran reaktor 15cm x 15cm x 120 cm. Ukuran diameter 0,15-0,35mm. Ketebalan penyaring 70 cm. Bed filter 15 cm.	Didapatkan konsentrasi awal COD 768 mg/L Surfaktan 25,32 mg/L.  Penurunan COD dan Surfaktan pada air limbah yang paling tinggi didapatkan dari efluen media pasir kali. Konsentrasi air limbah 50% dengan efisiensi mencapai 72,1% dan 60,6% Pemberian karbon aktif menghasilkan efisiensi removal COD total sebesar 94,1% dan removal surfaktan total sebesar 71,1%.

No	Judul dan Penyusun	Tujuan	Metode	Hasil
7.	Rancangan bangun alat penjernih air limbah cair laundry dengan menggunakan media penyaring kombinasi pasir – arang aktif oleh Hery Setyobudiarso, (2014).	Merencanakan alat penjernih air limbah laundry.	Variabel penelitian TSS, Warna COD dan pH. Ketebalan penyaring 30 cm Reaktor dengan pralon. Waktu pengambilan 20 menit, 25 menit, 30 menit, 35 menit, 40 menit, 50 menit, 55 menit dan 60 menit.	Reduksi COD, TSS dan Warna tertinggi pada tekanan 2. Konsentrasi COD masih tinggi dengan nilai konsentrasi 746 mg/L.

