

# I. PENDAHULUAN

## 1.1. Latar Belakang

Limbah *laundry* adalah salah satu limbah domestik yang disebut Gray Water. Menurut Triana (2014), *laundry* adalah kata yang mengacu pada kegiatan pencucian pakaian untuk proses pencucian yang sedang dilakukan atau yang telah dicuci, sehingga kegiatan *laundry* ini akan menghasilkan limbah. Limbah hasil *laundry* yang tidak diolah terlebih dahulu dapat menimbulkan pencemaran air karena penggunaan deterjen. Parameter pencemar yang akan dianalisa pada limbah *laundry* ini adalah kadar TDS (*Total Dissolved Solid*), TSS (*Total Suspended Solid*) dan fosfat.

Limbah *laundry* yang dihasilkan oleh penggunaan deterjen yang mengandung kadar fosfat yang sangat tinggi. Fosfat ini berasal dari *Sodium Tripolyphosphate (STPP)* yang merupakan salah satu bahan kadarnya besar dikandung dalam deterjen (Hera, 2003). Dampak dari pembuangan limbah *laundry* tanpa perlakuan terlebih dahulu sehingga kandungan fosfat berlebih dapat menyebabkan gangguan ekosistem ikan, eutrofikasi dan berbahaya bagi kesehatan manusia. Pengolahan limbah *laundry* sangat penting mengingat bahwa fosfat yang berlebih dapat berpotensi mencemari lingkungan, limbah *laundry* juga mengakibatkan kekeruhan sehingga menghalangi sinar matahari masuk kedalam air.

Teknik pengolahan yang dapat dilakukan untuk menurunkan kadar senyawa TDS (*Total Dissolved Solid*), TSS (*Total Suspended Solid*) dan fosfat dalam air buangan adalah adsorpsi. Menurut (Wiroesoedarmo et al., 2001), adsorpsi adalah peristiwa menyentuh dan melekatnya molekul - molekul gas atau cair dengan permukaan padatan. Fosfat dan senyawa - senyawa lainnya dapat terjebak dalam pori - pori pada permukaan adsorben.

Salah satu cara pengolahan limbah *laundry* yang dapat dilakukan adalah dengan proses Adsorpsi yaitu sistem pereduksi zat pencemar yang berskala kecil. Adsorpsi terjadi karena gaya tarik-menarik antara molekul adsorbat dipermukaan adsorben. Adsorban adalah zat pengadsorpsi, adsorbat adalah zat teradsorpsi. Pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besarnya efektif penurunan kadar TDS (*Total Dissolved*

*Solid*), TSS (*Total Suspended Solid*) dan fosfat pada air limbah cair *laundry* menggunakan media adsorben dengan variasi media karbon aktif dan manganese zeolit untuk menurunkan kadar TDS (*Total Dissolved Solid*), TSS (*Total Suspended Solid*) dan fosfat pada limbah *laundry* agar lebih aman pada saat dibuang ke lingkungan. Kolom Adsorpsi merupakan pengolahan air limbah *laundry* dalam skala kecil. Kolom yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah kolom terbuat dari pipa PVC dengan diameter 2,5 cm dan panjang sekitar 40 cm.

PVC (poly vinyl chloride), polyetena, dan nylon termasuk jenis polimer sintetis. Polimer sintetis adalah polimer yang dibuat dari molekul sederhana (monomer) dalam pabrik atau polimer yang dibuat dari bahan baku kimia. Sifat-sifat khas bahan polimer pada umumnya adalah produk ringan dan kuat, kemampuan cetaknya yang baik, memiliki ketahanan yang baik terhadap air dan zat kimia, umumnya bahan polimer memiliki harga yang lebih murah (Ikhsan, 2016).

Alat ini didesain dengan sistem aliran dari atas mengalir kebawah kolom penyaringan dengan bantuan tekanan dari pompa, sehingga adanya kontak antara adsorben dan limbah maksimal sehingga kinerja alat optimum (Pabbenteng dan Alwina, 2020). Desain ini fokus pada filtrasi dengan menggunakan karbon aktif dan manganese zeolit sebagai adsorben.

Menurut Basuki (2007), karbon aktif yang digunakan sebagai adsorben dikarenakan mempunyai daya Adsorpsi selektif, berpori sehingga luas permukaan per satuan massanya besar, mempunyai daya ikat yang kuat terhadap zat yang hendak dipisahkan secara fisik atau kimia. Penelitian ini memanfaatkan Karbon Aktif yang terbuat dari tempurung kelapa. Tempurung kelapa sangat mudah ditemukan dan belum dimanfaatkan sepenuhnya untuk kegiatan produktif yang digunakan sebagai alternatif bahan baku adsorben.

Adsorben yang sering digunakan dalam proses adsorpsi juga yaitu batuan zeolit. Menurut(Wiroesoedarmo et al., 2001), Zeolit adalah kelompok mineral berkerangka alumina-silika yang pada umumnya dijumpai dalam batuan tufa yang terbentuk dari hasil sedimentasi debu vulkanik. Dalam penelitian oleh Kewei (2014), zeolit alam mampu menjerap senyawa fosfat, akan tetapi zeolit alam memiliki beberapa kelemahan

yaitu diantaranya masih mengandung kadar pengotor seperti air yang dapat menutupi pori – pori permukaan dan ion - ion pengganggu seperti  $\text{Ca}^{2+}$  dan Mg.

## 1.2. Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu :

1. Untuk mengetahui efektivitas penurunan kadar TDS (*Total Disolved Solid*), TSS (*Total Suspended Solid*) dan fosfat pada air limbah cair *laundry*.
2. Mengetahui kinerja desain pengolahan limbah *laundry* menggunakan media kolom adsorpsi.

## 1.3. Kerangka Pikiran

Air limbah merupakan air sisa berasal dari suatu hasil usaha atau kegiatan. Air limbah domestik memiliki pengertian yaitu air limbah yang berasal dari kegiatan hidup sehari – hari manusia yang berhubungan dengan pemakaian air (Permen LHK No. P.68. 2016). Air limbah ialah air buangan yang berasal dari rumah tangga termasuk tinja manusia. Air limbah domestik dibagi menjadi dua berdasarkan klasifikasinya Black Water dan Grey Water. Black Water ialah air limbah domestik yang berasal dari air limbah biologis seperti jamban. Sedangkan Grey Water merupakan air limbah domestik yang berasal dari kegiatan sehari-hari seperti mandi, mencuci dan lain-lain.

Secara statistic sebanyak 62,14% masyarakat mempunyai sanitasi layak tetapi sebesar 46,17% berasal masyarakat tersebut masih mengalirkan air limbah ke dalam parit atau drainase di sekitar rumah. dalam pemakaian air bersih oleh masyarakat, sekitar 60-80% ialah air limbah. sebagai akibatnya air limbah domestik artinya kontaminan terbesar dalam pencemaran air.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui efektivitas penurunan kadar TDS (*Total Disolved Solid*), TSS (*Total Suspended Solid*) dan fosfat pada air limbah cair *laundry* menggunakan media adsorben yaitu karbon aktif dari tempurung kelapa dan manganese zeolit dengan menggunakan variasi MZ, KA, MZ-KA, DAN KA-MZ dengan masing-masing tinggi kolom adsorben yaitu 5 cm, 5 cm, 10 cm dan 10 cm.

#### **1.4. Hipotesis**

Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat dan berkontribusi untuk pengolahan limbah cair *laundry* dengan mengetahui efektivitas penurunan kadar TDS (*Total Dissolved Solid*) dan fosfat pada air limbah cair *laundry* dalam pengolahannya dan mendapatkan hasil yang optimal sehingga akan lebih ramah lingkungan.

#### **1.5. Kontribusi**

Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat dan berkontribusi untuk pengolahan limbah cair *laundry* sehingga akan lebih ramah lingkungan.

##### **1.5.1. Bagi Penulis**

Penelitian ini dapat memberikan tambahan ilmu pengetahuan dan pengalaman yang berhubungan dengan bidang pengolahan limbah cair *laundry*.

##### **1.5.2. Bagi Politeknik Negeri Lampung**

Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat untuk pengolahan limbah cair *laundry* sehingga limbah *laundry* akan lebih ramah lingkungan.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Limbah Domestik

Limbah domestik atau limbah rumah tangga terdiri dari pembuangan air kotor dari kamar mandi, kakus dan dapur. Kotoran-kotoran itu merupakan campuran dari zat-zat bahan mineral dan organik dalam banyak bentuk, termasuk partikel-partikel besar dan kecil, benda padat, sisa-sisa bahan-bahan larutan dalam keadaan terapung dan dalam bentuk koloid dan setengah koloid (Martopo,1987). Menurut Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No.112 Tahun 2003 yang dimaksud dengan air limbah domestik adalah air limbah yang berasal dari usaha dan atau kegiatan permukiman (*realestate*), rumahmakan (restauran), perkantoran, perniagaan, apartemen dan asrama.

Pada dasarnya limbah adalah bahan yang terbuang atau dibuang dari suatu sumber hasil aktivitas manusia maupun proses-proses alam atau belum mempunyai nilai ekonomi bahkan dapat mempunyai nilai ekonomi yang positif termasuk limbah domestik. Menurut sumbernya limbah dapat dibagi menjadi tiga yaitu:

- a) Limbah domestik (rumah tangga) yang berasal dari perumahan, perdagangan, dan rekreasi;
- b) limbah industri; dan
- c) limbah rembesan dan limpasan air hujan.

Sesuai dengan sumbernya maka limbah mempunyai komposisi yang sangat bervariasi bergantung kepada bahan dan proses yang dialaminya (Sugiharto, 1987). Penanggulangan pencemaran limbah domestik, terutama yang berasal dari rumah tangga sangatlah pelik. Disatu sisi jumlah limbah terus bertambah dengan naiknya jumlah penduduk, disisi lain kemampuan penjernihan air dan tempat pembuangan sampah makin terbatas serta rendahnya pendidikan dan kebiasaan menggunakan air tercemar dalam kegiatan sehari-hari (Soemarwoto, 1983).

Menurut Sugiharto (2008), air limbah (wastewater) adalah kotoran dari manusia dan rumah tangga serta berasal dari industri, atau air permukaan serta buangan lainnya. Air buangan ini merupakan hal yang bersifat kotoran umum. Batasan lain mengatakan bahwa air limbah adalah kombinasi dari cairan dan sampah yang berasal dari daerah permukiman, perdagangan dan industri, bersama-sama dengan air tanah, air permukaan dan air hujan yang mungkin ada. Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 tahun 2001, air limbah adalah sisa dari suatu usaha dan atau kegiatan yang berwujud cair. Air limbah dapat berasal dari rumah tangga (domestic), maupun industri (industry). Limbah cair adalah gabungan atau campuran dari air dan bahan-bahan pencemar yang terbawa oleh air, baik dalam keadaan terlarut maupun tersuspensi yang terbuang dari sumber domestik (perkantoran, perumahan, dan perdagangan), sumber industri dan pada saat tertentu tercampur dengan air tanah, air permukaan, atau air hujan (Suparman dan Suparmin, 2002).

Deterjen adalah produk konsumen dengan volume yang sangat besar, setelah pemakaiannya akan dibuang sebagai limbah domestik. Sebagai pengganti sabun, deterjen telah dianggap sebagai kotelah dianggap sebagai kontributor utama polusi air Air limbah deterjen termasuk polutan atau zat yang mencemari lingkungan karena di dalamnya terdapat zat yang disebut ABS (alkyl benzene sulphonate) yang merupakan detergen tergolong keras. Alkyl benzene sulphonate yang merupakan detergen tergolong keras. Deterjen tersebut umumnya nonbiodegradable. Surfaktan sebagai komponen utama dalam deterjen memiliki rantai kimia yang sulit didegradasi alam (Sutanto, 1996 dan Widiyani, 2010).

### **2.1.1. Air Limbah Laundry**

Limbah *laundry* merupakan suatu proses kompleks yang melibatkan interaksi antara beberapa faktor fisik dan kimiawi. Pada proses ini kotoran yang melekat pada pakaian dibersihkan dengan mempergunakan air dan deterjen. Tahapan yang terjadi pada proses ini adalah kotoran yang melekat pada pakaian akan dilepaskan oleh larutan deterjen dan dilanjutkan dengan stabilisasi air yang berisi kotoran supaya kotoran Air pada proses *laundry* berfungsi sebagai pelarut bagi deterjen dan kotoran yang

menempel dipakaian. Air juga berfungsi sebagai media perpindahan untuk komponen tanah yang terlarut maupun terdispersi. Air limbah yang dihasilkan dari proses *laundry* mempunyai komposisi dan kandungan yang bervariasi. Hal ini dapat disebabkan karena adanya variasi kandungan kotoran dipakaian, komposisi dan jumlah deterjen yang digunakan serta teknologi yang digunakan. Untuk jasa *laundry*, kandungan air limbahnya mengandung deterjen dengan jumlah sedikit dikarenakan pemakaian yang lebih ekonomis dan juga penggunaan peralatan pelunakan air.

Air limbah *laundry* berasal dari sisa proses kegiatan mencuci pakaian. Oleh sebab itu, air limbah *laundry* digolongkan ke dalam kategori grey water. Pengaruh perubahan kualitas grey water selama 10 tahun terakhir ini adalah berubahnya formula pada produk *laundry* seperti deterjen, softener, pemutih, dan jenis produk *laundry* lainnya (Tjandraatmadja dan Diaper 2006).

Limbah cair *laundry* yang dihasilkan oleh deterjen umumnya tersusun atas lima jenis bahan, antara lain surfaktan yang merupakan senyawa Alkyl Bensen Sulfonat (ABS) yang berfungsi untuk mengangkat kotoran pakaian. Alkyl Bensen Sulfonat bersifat non-biodegradable atau sulit terurai di alam. Bahan utama dari pembuatan deterjen adalah suatu senyawa surfaktan. Surfaktan atau surface active agent atau wetting agent merupakan bahan organik yang berperan sebagai bahan aktif pada deterjen, sabun, dan shampoo. Surfaktan dapat menurunkan tegangan permukaan sehingga memungkinkan partikel-partikel yang menempel pada bahan-bahan yang dicuci terlepas dan mengapung atau terlarut dalam air (Putra, 2015).

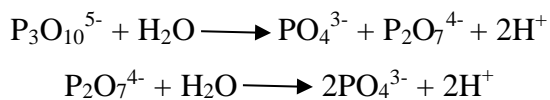
Pada penelitian kali ini, air limbah *laundry* yang digunakan merupakan air limbah *laundry* buatan. Cara pembuatan air limbah ini adalah dengan melarutkan deterjen 1% dalam 5000 liter air dengan deterjen sebanyak 50 gram. Pembuatan air limbah diulangi setiap melakukan percobaan.

### **2.1.2. Karakteristik Air Limbah Laundry**

Deterjen merupakan suatu senyawa sintesis zat aktif permukaan (surface active agent) yang dipakai sebagai zat pencuci yang baik untuk keperluan rumah tangga, industri tekstil, kosmetik, obat-obatan, logam, kertas, dan karet. Deterjen memiliki sifat

pendispersi, pencucian dan pengemulsi. Penyusun utama senyawa ini adalah Dodecyl Benzene Sulfonat (DBS) yang memiliki kemampuan untuk menghasilkan busa (Ginting, 2007).

Limbah *laundry* yang dihasilkan oleh deterjen mengandung fosfat yang tinggi. Fosfat ini berasal dari Sodium Tripolyphosphate (STPP) yang merupakan salah satu bahan yang kadarnya besar dalam deterjen (Hera, 2003). kemampuannya menonaktifkan mineral kesadahan dalam air sehingga deterjen dapat bekerja secara optimal. STPP akan terhidrolisa menjadi  $\text{PO}_4$  dan  $\text{P}_2\text{O}_7$  yang selanjutnya juga terhidrolisa menjadi  $\text{PO}_4$  (Hera, 2003). Reaksinya dijelaskan berikut ini :



### 2.1.3. Baku Mutu Air Limbah *Laundry*

Baku mutu limbah cair merupakan 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 berdasarkan ketetapan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah (Siahaan, 2016).



Tabel 1. Baku Mutu Air Limbah Industri Sabun, Deterjen, dan Produk Nabati

Parameter	Kadar Paling Tinggi (ppm)	Beban Pencemaran Paling Tinggi		
		Sabun	Minyak Nabati	Detergen
BOD <sub>5</sub>	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	2	0,016	0,05	0,002
MBAS	3	0,024	0,075	0,00
pH		6,0-9,0		
TDS		2000		

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

#### 2.1.4. Dampak Air Limbah *Laundry*

Menurut Asfawi dan Yuantari (2014), dampak negatif yang ditimbulkan oleh limbah *laundry* meliputi dampak bagi lingkungan dan dampak bagi kesehatan. Dampak bagi lingkungan dapat berupa pencemaran tanah, pencemaran air, aroma yang tidak sedap, serta kerusakan ekosistem lingkungan. dampak bagi kesehatan yaitu dapat menyebabkan diare dikarenakan virus serta dapat menimbulkan penyakit kulit seperti kudis dan kurap akibat iritasi.

Meningkatnya kegiatan *laundry* adalah sebuah dampak terhadap lingkungan yang sudah terlupakan, karena limbah *laundry* dalam skala rumahan masih belum memiliki IPAL. Lingkungan sekitar lah yang menjadi IPAL pada limbah itu, sehingga menyebabkan lingkungan itu tercemar. Sebagian besar para pengusaha selalu memakai deterjen, pewangi maupun pelembut yang curah untuk mendapatkan laba yang besar, karena harganya yang murah. Pengusaha *laundry* juga dapat membelinya dalam jumlah yang besar sehingga bertambah besar pula zat berbahaya dalam limbah yang dibuang.

Pembuangan limbah *laundry* yang dibuang secara langsung kesungai maupun keselokan tanpa pengolahan terlebih dahulu memiliki berbagai dampak negatif. Beberapa dampak yang terjadi akibat pembuangan limbah tanpa pengolahan menurut Oktorina (2016), yaitu:

1. Mengganggu ekosistem ikan, limbah deterjen dari *laundry* yang tidak memiliki tempat pembuangan limbah yang jelas akan bermuara ke selokan, bahkan akan bermuara kesungai dan dapat mengganggu ekosistem ikan. Deterjen dapat menghancurkan lapisan eksternal lendir yang melindungi ikan, bakteri dan parasit. Selain itu juga dapat menyebabkan kerusakan pada insang.
2. Menyuburkan enceng gondok dan tanaman air lainnya, bahan kimia deterjen yang menggunakan fosfat dan nitrogen dapat menyebabkan alga dan tumbuhan air menjadi lebih subur, sehingga menyebabkan terjadinya eutrofikasi (perairan menjadi subur). Busa yang dihasilkan dari sabun dan deterjen dipermukaan air menjadi penyebab udara dan air terbatas sehingga menurunkan oksigen. Keadaan tersebut dapat menyebabkan organisme air kekurangan oksigen.
3. Berbahaya bagi kesehatan manusia, jika air minum yang telah terkontaminasi limbah *laundry* yang mengandung deterjen dapat menyebabkan penyakit kanker. Saat ini instalasi pengolahan air limbah industri belum mempunyai teknologi yang mampu mengolah limbah *laundry* yang mengandung deterjen secara sempurna.

## **2.2. Adsorpsi**

Terdapat beberapa proses pengendalian yang dapat dilakukan untuk pengendalian limbah pencucian pakaian atau *laundry*. Proses-proses yang dapat dilakukan yaitu, proses koagulasi dan flokulasi dan proses adsorpsi menggunakan karbon aktif. Proses pengendalian limbah dengan cara adsorpsi menggunakan karbon aktif sangat efektif dilakukan. Karena arang aktif atau karbon aktif memiliki sifat daya serap, dimana sifat ini dipengaruhi oleh beberapa faktor. Sifat yang mempengaruhi arang aktif adalah sifat adsorben, sifat serapan dan sifat pH (derajat keasaman).

Arang aktif yang merupakan adsorben adalah suatu padatan berpori, yang sebagian besar tersusun dari unsur karbon bebas dan masing-masing terikat secara kovalen. Struktur pori berhubungan dengan luas permukaan, semakin kecil pori-pori arang aktif,

mengakibatkan luas permukaan semakin besar, dengan demikian kecepatan adsorpsi bertambah (Oktorina, 2016).

Adsorpsi merupakan peristiwa penyerapan suatu substansi pada permukaan zat padat. Pada fenomena adsorpsi, terjadi gaya tarik-menarik antara substansi terserap dan penyerapnya. Dalam sistem adsorpsi, fasa teradsorpsi dalam solid disebut adsorbat sedangkan solid tersebut adalah adsorben. Pada proses adsorpsi, molekul adsorbat bergerak melalui bulk fasa gas atau cair menuju permukaan padatan dan berdifusi pada permukaan pori padatan adsorben. Proses adsorpsi hanya terjadi pada permukaan, tidak masuk dalam fasa bulk. Proses adsorpsi terjadi pada mikropori (pori-pori kecil), sedangkan tempat transfer adsorbat dari permukaan luar ke permukaan mikropori ialah makropori (Sitorus dan Desiani, 2014).

Menurut Nasruddin (2005), adsorpsi adalah proses dimana molekul- molekul fluida menyentuh dan melekat pada permukaan padatan. Adsorpsi adalah fenomena fisik yang terjadi saat molekul-molekul gas atau cair dikontakkan dengan suatu permukaan padatan dan sebagian dari molekul- molekul tadi mengembun pada permukaan padatan tersebut (Suryawan dan Bambang, 2004). Walaupun adsorpsi biasanya dikaitkan dengan perpindahan dari suatu gas atau cairan kesuatu permukaan padatan, perpindahan dari suatu gas kesuatu permukaan cairan juga terjadi. Adsorpsi adalah suatu proses yang terjadi ketika suatu fluida (cairan maupun gas) terikat kepada suatu padatan dan akhirnya membentuk suatu film (lapisan tipis) pada permukaan padatan tersebut.

Metode yang digunakan untuk menghilangkan zat pencemar dari air limbah adalah proses adsorpsi (Riosetal. 1999 dan saiful etal. 2005). Adsorpsi merupakan terjerapnya suatu molekul atau ion pada permukaan adsorben. Mekanisme penyerapan tersebut dapat dibedakan menjadi dua yaitu, penyerapan secara fisika (fisiosorpsi) dan penyerapan secara kimia (kemisorpsi). Pada proses fisiosorpsi gaya yang mengikata adsorbat oleh adsorben adalah gaya-gaya *van* adsorpsi fisika relatif rendah sekitar 20 kjataumol (Castellan 1982). Sedangkan pada adsorpsi kimia, interaksi adsorbat dengan adsorben melalui pembentukan ikatan kimia. Kemisorpsi terjadi diawali dengan adsorpsi fisik, yaitu partikel-partikel adsorbat mendekat ke permukaan adsorben

melalui gaya *van der waals* atau melalui ikatan hidrogen. Kemudian diikuti oleh adsorpsi kimia yang terjadi setelah adsorpsi fisika. Dalam adsorpsi kimia partikel melekat pada permukaan dengan membentuk ikatan kimia (biasanya ikatan kovalen) dan cenderung mencari tempat yang memaksimalkan bilangan koordinasi dengan substrat (Atkins, 1999). Mekanisme proses adsorpsi dapat digambarkan sebagai proses dimana molekul meninggalkan larutan dan menempel pada permukaan zat adsorben secara kimia dan fisika.

Adsorpsi merupakan proses yang terjadi apabila suatu fluida (cairan atau gas) terikat kepada suatu padatan dan akan membentuk suatu *film* (lapisan tipis) pada permukaan padatan tersebut. Berbeda dengan absorpsi, dimana fluida terserap oleh fluida lainnya dengan akan membentuk suatu larutan. Dalam Adsorpsi digunakan istilah adsorbat dan adsorben, dimana adsorbat adalah substansi yang terserap atau substansi yang akan dipisahkan dari pelarutnya, sedangkan adsorben merupakan suatu media penyerap yang dalam hal ini berupa senyawa karbon.

Menurut Reynold (1982) adsorpsi ialah reaksi eksoterm. Maka dari itu tingkat adsorpsi umumnya meningkat seiring dengan menurunnya suhu. Waktu kontak merupakan hal yang menentukan dalam proses adsorpsi. Gaya adsorpsi molekul dari suatu zat terlarut akan meningkat apabila waktukontaknya dengan karbon aktif makin lama. Waktu kontak yang lama memungkinkan proses difusi dan penempelan molekul zat terlarut yang teradsorpsi berlangsung lebih baik. Permukaan padatan yang kontak dengan suatu larutan cenderung untuk menghimpun lapisan dari molekul-molekul zat terlarut pada permukaannya akibat ketidak seimbangan gaya-gaya pada permukaan. Adsorpsi kimia menghasilkan pembentukan lapisan monomolekular adsorbat pada permukaan melalui gaya-gaya dari valensi sisa dari molekul-molekul pada permukaan. Adsorpsi fisika diakibatkan kondensasi molekular dalam kapiler-kapiler dari padatan. Secara umum, unsur-unsur dengan berat molekul yang lebih besar akan lebih mudah diadsorpsi.

Proses adsorpsi tergantung pada sifat zat padat yang mengadsorpsi, sifat atom atau molekul yang diserap, konsentrasi, temperatur dan lain-lain. Pada proses adsorpsi terbagi menjadi 4 tahap yaitu:

1. Transfer molekul-molekul zat terlarut yang teradsorpsi menuju lapisan film yang mengelilingi adsorben;
2. Difusi zat terlarut yang teradsorpsi melalui lapisan film (*film diffusion process*);
3. Difusi zat terlarut yang teradsorpsi melalui kapiler atau pori dalam adsorben (*porediffusion process*);
4. Adsorpsi zat terlarut yang teradsorpsi pada dinding pori atau permukaan adsorben yang merupakan proses adsorpsi yang sebenarnya.

Faktor-faktor yang mempengaruhi adsorpsi :

1. Bahan penyerap

Bahan yang digunakan untuk menyerap mempunyai kemampuan berbeda-beda, tergantung dari bahan asal dan juga metode aktivasi yang digunakan.

2. Ukuran butir

Semakin kecil ukuran butir, maka semakin besar permukaan sehingga dapat menyerap kontaminan makin banyak. Secara umum kecepatan adsorpsi ditunjukkan oleh kecepatan difusi zat terlarut ke dalam pori-pori partikel adsorben. Ukuran partikel yang baik untuk proses penjerapan antara -100 atau +200 mesh.

3. Derajat keasaman (pH larutan)

Pada pH rendah, ion H akan berkompetisi dengan kontaminan yang akan diserap, sehingga efektif penyerapan turun. Proses penyerapan akan berjalan baik bila pH larutan tinggi. Derajat keasaman mempengaruhi adsorpsi karena pH menentukan tingkat ionisasi larutan, pH yang baik berkisar antara 8-9. Senyawa asam organik dapat diadsorpsi pada pH rendah dan sebaliknya basa organik dapat diadsorpsi pada pH tinggi.

4. Waktu serap

Waktu serap yang lama akan memungkinkan proses difusi dan penempelan molekul zat terlarut yang terserap berlangsung dengan baik.

## 5. Konsentrasi

Pada konsentrasi larutan rendah, jumlah bahan diserap sedikit, sedang pada konsentrasi tinggi jumlah bahan yang diserap semakin banyak. Hal ini disebabkan karena kemungkinan frekuensi tumbukan antara partikel semakin besar.

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

1. Cara statis (batch) yaitu memasukkan larutan dengan komponen yang diinginkan ke dalam wadah berisi adsorben, selanjutnya diaduk dalam waktu tertentu. Kemudian dipisahkan dengan cara penyaringan atau dekantasi. Komponen yang telah terikat pada adsorben dilepaskan kembali dengan melarutkan adsorben dalam pelarut tertentu dan volumenya lebih kecil dari volume larutan mula-mula.
2. Cara dinamis (kolom) yaitu memasukkan larutan dengan komponen yang diinginkan ke dalam wadah berisi yang telah terserap dilepaskan kembali dengan mengalirkan pelarut (efluen) sesuai yang volumenya lebih kecil (Apriliani, 2010 dalam Mirandha, 2016).

Adsorpsi ada 2 macam, yaitu:

- *Physisorption* (adsorpsi fisika) terjadi karena gaya Van der Waals dimana ketika gaya tarik molekul antara larutan dan permukaan media lebih besar dari ada gaya tarik substansi terlarut dan larutan, maka substansi terlarut akan diadsorpsi oleh permukaan media. Adsorpsi ini memiliki gaya tarik Van der Waals yang kekuatannya relatif lemah.
- *Chemisorption* (adsorpsi kimia) *Chemisorption* terjadi ketika permukaan semakin luas permukaan adsorben, maka makin banyak zat yang teradsorpsi. Luas permukaan adsorben ditentukan oleh ukuran partikel dan jumlah dari adsorben.

Tabel 2. Perbedaan adsorpsi fisik dan kimia

<b>Adsorpsi Fisik</b>	<b>Adsorpsi Kimia</b>
Molekul terikat pada adsorben oleh gaya van der Waals	Molekul terikat pada adsorben oleh ikatan kimia
Mempunyai entalpi reaksi -4 sampai -40 kJ/atomol	Mempunyai entalpi reaksi -40 sampai -800 kJ/atomol
Dapat membentuk lapisan <i>Multilayer</i>	Membentuk lapisan <i>monolayer</i>
Adsorpsi hanya terjadi pada suhu dibawah titik didih adsorbat	Adsorpsi dapat terjadi pada suhu tinggi
Jumlah adsorpsi pada permukaan merupakan Fungsi adsorbat	Jumlah adsorpsi pada permukaan merupakan karakteristik adsorben dan adsorbat
Tidak melibatkan energi aktivasi tertentu	Melibatkan energi aktivasi tertentu
Bersifat tidak spesifik	Bersifat sangat spesifik

Sumber : Atkin, 1999

### 2.3. Adsorben

Adsorben merupakan 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 pada adsorben yang dibutuhkan saat proses adsorpsi yang baik, yaitu:

- Memiliki daya serap yang tinggi
- Berbentuk padat dan yang mempunyai luas permukaan yang besar

- Tidak dapat 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

Adsorben dapat didefinisikan sebagai zat padat yang dapat menyerap komponen tertentu dari suatu fase fluida (Arfan, 2006). Adsorben adalah zat atau material yang memiliki kemampuan untuk mengikat dan mempertahankan cairan atau gas didalamnya. Adsorben merupakan bahan berpori, dan proses adsorpsi berlangsung di dinding pori-pori atau pada lokasi tertentu pada pori-pori tersebut.

Adsorben dapat digolongkan menjadi 2 jenis, yaitu adsorben tidak berpori (non-porous sorbents) dan adsorben berpori (porous sorbents). (Arfan, 2006)

1. Adsorben tidak berpori (*non-porous sorbents*)

Adsorben tidak berpori dapat diperoleh dengan cara pengendapan kristalin seperti BaSO<sub>4</sub>, atau penghalusan padatan kristal. Luas permukaan spesifiknya kecil, tidak lebih dari 10 mataug dan umumnya antara 0,1 sataud 1 mataug. Adsorben tidak berpori seperti filter karet (rubber filter) dan karbon hitam bergrafit (graphitized carbon blacks) adalah jenis adsorben tidak berpori yang telah mengalami perlakuan khusus sehingga permukaannya dapat mencapai ratusan mataug.

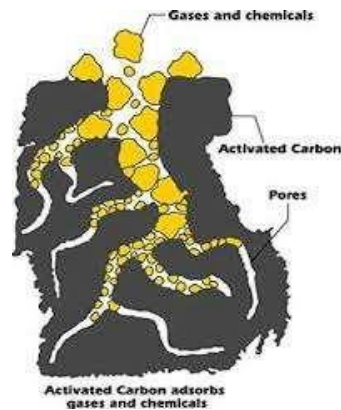
2. Adsorben berpori (*porous sorbents*)

Luas permukaan spesifik adsorben berpori berkisar antara 100 sataud 1000 mataug. Biasanya digunakan sebagai penyangga katalis, dehidrator, dan penyeleksi komponen. Adsorben pada umumnya berbentuk granular.

Klasifikasi pori menurut *Interational Union of Pure and Applied Chemistry* (IUPAC) adalah :

- Mikropori : Diameter  $< 2$  nm
- Mesopori : Diameter  $2 < d < 50$  nm
- Makropori : Diameter  $d > 50$  nm





Gambar 1. Gambar ilustrasi potongan adsorben jenis karbon aktif

Jaworski,2008




### 2.2.1. Karbon Aktif

Karbon aktif adalah bahan karbon yang telah mengalami proses karbonisasi untuk meningkatkan porositasnya (Asuquo dkk., 2017). Karbon aktif merupakan salah satu jenis adsorben yang umum digunakan dalam pengolahan limbah cair. Bahan ini mampu mengadsorpsi ion, kation dan molekul dalam bentuk senyawa organik dan anorganik. Karbon aktif juga digunakan sebagai adsorben dalam pengolahan air untuk menyingkirkan rasa, bau atau warna yang disebabkan oleh kandungan bahan organik dalam air, produk samping disinfeksi, pestisida dan bahan organik sintesis (Masduqi, 2012). Kemampuan adsorpsi karbon aktif bersifat selektif, tergantung pada besar atau volume pori-pori dan luas permukaan. Semakin banyak pori-pori pada permukaan karbon aktif maka daya adsorpsinya juga semakin meningkat. Luas permukaan karbon aktif berkisar antara 300-3500 m<sup>2</sup>/g dan ini yang menyebabkan karbon aktif mempunyai sifat sebagai dsorben.

Penggunaan karbon aktif dalam proses pengolahan air berbeda antara karbon aktif berbentuk bubuk dan butiran. Karbon aktif bubuk biasanya dibubuhkan pada air yang diolah dan diaduk secara merata agar terjadi kontak, lalu diendapkan. Karbon aktif berbentuk butiran, karbon aktif digunakan sebagai media filter dalam sebuah kolom adsorpsi yang dipasang setelah filter pasir konvensional atau disebut *post filtration* (Masduqi, 2012).

Karbon aktif tidak menyerap secara optimal pada bahan-bahan kimia tertentu seperti alkohol, glikol, amonia, logam, dan bahan-bahan non-organik seperti lithium, sodium, besi, timah, arsenik, florin, dan boric acid. Karbon aktif juga tidak menyerap secara optimal pada iodin, padahal faktanya zat ini digunakan untuk menentukan suatu nilai sifat fisik (physical properties) dari karbon aktif yaitu Iodine Number (mg/g) sebagai indikator nilai total luas permukaan berdasarkan pada standar metode pengujian ASTM D28 (Wikipedia Contributors, 2008).

Tabel 3. Karakteristik karbon aktif

<b>Jenis Karbon Aktif</b>	<b>Ukuran (mm)</b>	<b>Kegunaan</b>	<b>Bentuk</b>
<i>Powdered Activated Carbon (PAC)</i>	<0,18	Digunakan pada industri pengolahan air minum, industry farmasi, bahan tambahan makanan, penghalus gula, pemurnian glukosa dan pengolahan zat pewarna kadar tinggi.	
<i>Granular Activated Carbon (GAC)</i>	0,2 – 5	Digunakan untuk : pemurnian emas, pengolahan air, air limbah dan air tanah, pemurni pelarut dan penghilang bau busuk.	
<i>Extruded Activated Carbon (EAC)</i>	0,8 – 5	Digunakan untuk pemurnian udara, control emisi, tromol otomotif, penghilang bau kotoran dan pengontrol emisi padagas buang.	

Sumber : martin, 2008

Tempurung kelapa merupakan bagian buah kelapa yang fungsinya secara biologis adalah pelindung inti buah dan terletak di bagian sebelah dalam sabut dengan ketebalan berkisar antara (3-6) mm. Tempurung kelapa yang memiliki kualitas yang baik yaitu tempurung kelapa tua dan kering yang ditunjukkan dengan warna gelap kecoklatan. Tempurung kelapa dikategorikan sebagai kayu keras tetapi mempunyai kadar lignin yang lebih tinggi dan kadar selulosa lebih rendah dengan kadar air sekitar (6-9)% (Maryono dkk., 2013). Secara kimiawi tempurung kelapa memiliki komposisi yang sama dengan kayu yaitu tersusun dari lignin, selulosa dan hemiselulosa. Komposisi kimia tempurung kelapa dapat dilihat di Tabel berikut:

Tabel 4. Komposisi Kimia Tempurung Kelapa

<b>Komponen</b>	<b>Presentase (%)</b>
Lignin	35,51
Hemiselulosa	19,27
Selulosa	33,6

Sumber: Tamado, 2013

Tempurung kelapa merupakan bahan terbaik karena memiliki mikropori sangat banyak, kadar abu rendah, dan kelarutan dalam air sangat tinggi. Beberapa sifat karbon aktif dari tempurung kelapa antara lain adalah strukturnya sebagian besar mikropori, kekerasannya tinggi, mudah diregenerasi dan daya serap iodinnya tinggi sebesar 1100 mg/g (Pambayun dkk., 2013).

### 2.2.2. Zeolit

Nama zeolit diberikan oleh Cronsted, seorang ahli mineral berkebangsaan Swedia untuk mineral yang ditemukannya pada tahun 1756. Istilah zeolit ini berasal dari bahasa Yunani yaitu *Zeo* yang berarti *membuih* dan *Lithos* berarti *batu*. Nama tersebut sesuai dengan sifat zeolit yang akan membuih bila dipanaskan pada temperatur 100°C (Sutarti dan Rachmawati, 1994).

Aktivasi merupakan proses untuk menaikkan kapasitas adsorpsi sehingga diperoleh sifat yang diinginkan sesuai dengan penggunaannya. Aktivasi zeolit alam dapat dilakukan baik secara fisika maupun secara kimia. Aktivasi secara fisika dilakukan melalui pengecilan ukuran butir, pengayakan, dan pemanasan pada suhu tinggi, tujuannya untuk menghilangkan pengotor-pengotor organik, memperbesar pori,

dan memperluas permukaan. Aktivasi dengan pemanasan dapat dilakukan pada suhu 200-900°C (Rakhmatullah, 2007).

Zeolit adalah suatu aluminosilikat yang mempunyai struktur berpori dengan saluran dalam rangka kristal, yang di dalamnya ditempati oleh molekul air dan ion ion logam alkali. Unit dasar pembentuk zeolit adalah  $\text{SiO}_4$  dan  $\text{AlO}_4$  yang membentuk tetrahedral. Unit unit tersebut saling berikatan membentuk jaringan anionik dalam tiga dimensi. Perbandingan antara Si dan Al berkisar antara 1:1 sampai 100:1. Struktur yang paling stabil adalah zeolit yang perbandingan Si dan Al nya adalah 1:1. Dengan sifat di atas maka zeolit dapat bekerja sebagai penukar ion dan sebagai penyaring melalui adsorpsi selektif atau penolakan molekul karena adanya penolakan molekul karena adanya perbedaan dalam ukuran molekul dan faktor lainnya.

Selanjutnya dari hasil pengujian terhadap beberapa aspek yang ada kaitannya dengan pertukaran ion pada zeolit (Komar bersama rekan, 1985) menjelaskan bahwa:

- Kecepatan pertukaran kation dalam zeolit dipengaruhi oleh besar butiran zeolit.
- Zeolit yang diaktifkan maupun yang tidak diaktifkan menyerap ion amonium dari air buangan lebih kecil dari pada larutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$ . Hal ini dikarenakan dalam air buangan zeolit selain menyerap ion amonium juga menyerap ion lain seperti  $\text{Ag}^+$ ,  $\text{K}^+$  dan lain-lain.
- Kapasitas penyerap zeolit akan bertambah dengan bertambah nya berat zeolit.

Mineral alam zeolit biasanya masih tercampur dengan mineral lainnya seperti kalsit, gypsum, feldspar dan kuarsa dan ditemukan di daerah sekitar gunung berapi atau mengendap pada daerah sumber air panas (hot spring). Zeolit juga ditemukan sebagai batuan endapan pada bagian tanah jenis basalt dan komposisi kimianya tergantung pada kondisi hidrotermal lingkungan lokal, seperti suhu, tekanan uap air setempat dan komposisi air tanah lokasi kejadiannya. Hal itu menjadikan zeolit dengan warna dan tekstur yang sama mungkin berbeda komposisi kimianya bila diambil dari lokasi yang berbeda disebabkan karena kombinasi mineral yang berupa partikel halus dengan impurities lainnya. Pemanfaatan zeolit masih belum banyak diketahui secara luas, yang pada saat ini zeolit di Indonesia dipasarkan masih dalam bentuk alam.

Mineral zeolit telah dikenal sejak tahun 1756 oleh Cronstedt ketika menemukan Stilbit yang bila dipanaskan seperti batuan mendidih (boiling stone) karena dehidrasi molekul air yang dikandungnya. Pada tahun 1954 zeolit diklasifikasi sebagai golongan mineral tersendiri, yang saat itu dikenal sebagai molecular materials. Dengan demikian, zeolit merupakan mineral yang terdiri dari kristal alumino silikat terhidrasi yang mengandung kation alkali atau alkali tanah dalam kerangka tiga dimensi. Ion-ion logam tersebut dapat diganti oleh kation lain tanpa merusak struktur zeolit dan dapat menyerap air secara reversible. Zeolit biasanya ditulis dengan rumus kimia oksida atau berdasarkan satuan sel kristal. Zeolit tidak dapat diidentifikasi hanya berdasarkan analisa komposisi kimianya saja, melainkan harus dianalisa strukturnya. Struktur kristal zeolit dimana semua atom Si dan Al dalam bentuk tetrahedral ( $TO_4$ ) disebut unit bangun primer, zeolit hanya dapat diidentifikasi berdasarkan unit bangun sekunder.

Pada saat ini dikenal sekitar 40 jenis zeolit alam, meskipun yang mempunyai nilai komersial ada sekitar 12 jenis, diantaranya klinoptilolit, mordenit, filipsit, kabarsit dan erionit. Zeolit sintetis dihasilkan dari beberapa perusahaan seperti Union Carbide, ICI dan Mobil Oil dan lebih dari 100 jenis telah dikenal strukturnya antara lain zeolit A, X, Y, grup ZSM atau  $AlPO_4$  (Zeolit Sieving Materials atau Aluminium Fosfat) dan bahkan akhir-akhir ini dikenal grup zeolit, yaitu material seperti zeolit tetapi bukan senyawa alumino-silikat. Berdasarkan UBS semua zeolit baik dalam bentuk alami atau sintetis.

Kemampuan pertukaran ion (adakalanya dengan istilah kemampuan penyerapan ion atau sorpsi) zeolit merupakan parameter utama dalam menentukan kualitas zeolit yang akan digunakan, biasanya dikenal sebagai Kemampuan Tukar Kation (KTK). KTK adalah jumlah meq ion logam yang dapat diserap maksimum oleh 1 gram zeolit dalam kondisi kesetimbangan. KTK dari zeolit bervariasi dari 1,5 – 6 meq/g. Nilai KTK zeolit ini banyak bergantung pada jumlah atom Al dalam struktur zeolit, yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan KTK batuan lempung, seperti kaolinit (0,03-0,15 meq/g), bentonit (0,80-1,50 meq/g) dan vermikulit (1-1,50 meq/g).

Zeolit mempunyai struktur berongga dan biasanya rongga ini diisi oleh air dan kation yang bisa dipertukarkan serta memiliki ukuran pori yang tertentu. Oleh karena

itu zeolit dapat dimanfaatkan sebagai : penyaring molekuler, penukar ion, penyerap bahan dan katalisator. Sifat zeolit meliputi :

#### 1. Dehidrasi

Sifat dehidrasi dari zeolit akan berpengaruh terhadap sifat adsorpsinya. Zeolit dapat melepaskan molekul air dari dalam rongga permukaan yang menyebabkan medan listrik meluas ke dalam rongga utama dan akan efektif berinteraksi dengan molekul yang akan diadsorpsi. Jumlah molekul air sesuai dengan jumlah pori-pori atau volume ruang hampa yang akan terbentuk bila unit sel kristal zeolit terus dipanaskan.

#### 2. Adsorpsi

Zeolit juga mampu memisahkan molekul zat berdasarkan ukuran dan kepolarannya, dimana untuk molekul yang tidak jenuh atau bersifat polar akan lebih mudah lolos daripada molekul yang jenuh atau tidak polar.

#### 3. Penukar ion

Ion-ion pada rongga atau kerangka elektrolit berguna untuk menjaga kenetralan zeolit. Ion-ion ini dapat bergerak bebas sehingga pertukaran ion yang terjadi tergantung dari ukuran dan muatan maupun jenis zeolitnya. Sifat sebagai penukarion dari zeolit antara lain tergantung dari : sifat kation, suhu, dan jenis anion. Penukaran kation dapat menyebabkan perubahan beberapa sifat zeolit seperti stabilitas terhadap panas, sifat Adsorpsi dan aktif katalis.

#### 4. Katalis

Zeolit merupakan katalisator yang baik karena mempunyai pori-pori yang besar dengan permukaan yang maksimum.

#### 5. Penyaring atau pemisah

Volume dan ukuran garis tengah ruang hampa dalam kisi-kisi kristal menjadi dasar kemampuan zeolit untuk bertindak sebagai penyaring molekuler. Molekul yang berukuran kecil dapat melintas sedangkan yang berukuran besar dari ruang hampa akan ditahan atau ditolak.

### 2.3. Media Kolom Adsorpsi

Adsorpsi atau penyerapan adalah proses pemisahan bahan dari campuran gas atau cair, bahan yang akan dipisahkan oleh permukaan zat padat yang menyerap (adsorben). partikel-partikel kecil penyerap ditempatkan ke suatu tempat untuk menjaga dan kemudian mendukung melalui tetap tersebut sampai zat padat itu mendekati dan biasanya yang tidak dapat berlangsung lagi. Kebanyakan zat pengadsorpsi adalah adsorben. Bahan-bahan yang berpori, dan adsorpsi berlangsung terutama pada dinding-dinding pori.



Gambar 2. Gambar Carbon adsorber

Pemisahan terjadi karena perbedaan bibit atau karena perbedaan polaritas menyebabkan sebagian molekul menempel pada permukaan itu lebih erat. Di bandingkan molekul - molekul lainnya. Misalnya, limbah usaha *laundry* diadsorpsi menggunakan arang tempurung kelapa yang sudah diaktifkan.

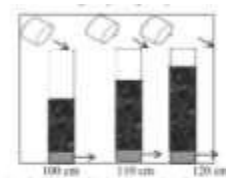
Pengoperasian peralatan kolom adsorpsi. Kolom adsorpsi dilengkapi dengan peralatan :

1. Pipa PVC bening dengan tinggi 40 cm dan diameter 2,5 cm, wadah sebagai penampung, kapas busa filter, penutup pipa, keran, botol sample.
2. Mengisi kolom dengan karbon aktif dan zeolit sesuai dengan ketinggian media yang telah ditentukan sebelumnya.
3. Menyiapkan air limbah cair *laundry* (detergen 1%).

4. Alat yang di operasikan dengan mengalirkan sampel air limbah *laundry* secara terus menerus kemudian limbah *laundry* mengalir melewati media yang terdapat dalam kolom.
5. Pada setiap waktu ke 10 menit , 20 menit, 30 menit dan 40 menit akan dilakukan pengambilan sample yang telah di Adsorpsi secukupnya untuk dianalisa fosfat-menggunakan spektrofotometer, TSS secara gravimetri dan TDS meter.
6. Setelah operasional alat dengan waktu tertentu dilakukan pengambilan sampel pada masing-masing outlet yang selanjutnya sampel siap untuk dianalisis.

#### 2.4. Penelitian Terdahulu

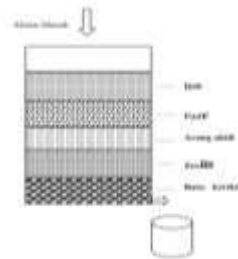
Adsorben	Tinggi Kolom	Penurunan	Keterangan	Sumber Jurnal
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Arang tempurung kelapa dan sabut kelapa	100cm,110cm,120cm.	COD = 75% BOD = 86% TSS = 69% pH = 7	Efektif adsorpsi arang tempurung kelapa ( <i>cocos Nucifera l</i> ) dalam menurunkan kadar bod, cod, tss dan Ph pada limbah cair detergen rumah tangga	(Rusdianto et al., 2022)
batu kerikil, pasir, ijuk, arang aktif, dan zeolit	Alat ini menggunakan ember plastik dengan panjang 20 cm, lebar 20 cm dan	BOD=64,12 % COD=80,78 % TSS=85,35 %	Penerapan metode filtrasi dan adsorpsi Dalam pengolahan limbah laboratorium	(Sulistiyanti et al., 2018)



Gambar 1. Set Alat dan Bahan Penelitian:  
Keterangan:



tinggi 30 cm.



Gambar 1. Atri pengolahan limbah

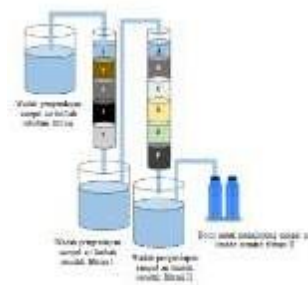
arang aktif dari tempurung kelapa, butiran zeolit, pasir silika, antrasit, ferolit (pasiraktif), batu kerikil kecil diameter 0,5 – 1 cm, ijuk, pasir biasa, arang biasa.

ketinggian yang sama yaitu ±18 cm, mulai dari batas busa filter hingga ke bagian atas botol.

fosfat: 83,3%  
amonia:63,6%.

Penggunaan kombinasi adsorben sebagai media filtrasi dalam menurunkan kadar fosfat dan amonia air limbah laundry

(Palilingan et al., 2019)



Gambar 1. Rangkaian Proses Filtrasi Sederhana Limbah Cair Laundry

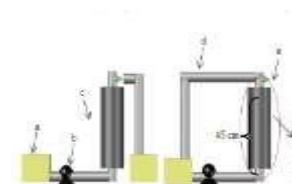
Granular Activated Carbon (GAC)

GAC 4x8 mesh(11.3 mm<sup>2</sup>) 200 gram(K1); GAC 4x8 mesh300 gram (K2); GAC 6x12mesh (5.6 mm<sup>2</sup>) 200 gram (K3) dan; GAC 6x12 mesh 300 gram (K4)

Kolom terbaik menyisihkan fosfat adalah K4 menghilangkan kadar fosfat sebanyak 70.79 – 74.68%.

Penurunan Kadar Fosfat Air Limbah Laundry Menggunakan Kolom Adsorpsi Media Granular Activated Carbon (GAC)

(Suharto et al., 2020)



Gambar 1. Rangkaian kolom adsorpsi (a) bejana, (b) pompa, (c) kolom, (d) pipa penghubung, (e) kran dan (f) GAC

ijuk, arang aktif dan zeolit.	Tinggi adsorben dalam kolom yaitu 30; 60; 90 cm.	persen <i>removal</i> COD paling besar yaitu 67,5 % dan tinggi kolom adsorben 90 cm. Sedangkan persen <i>removal</i> TSS paling besar yaitu 40% dan tinggi kolom adsorben 90cm.	Pengolahan Limbah Cair Industri Cat dengan Proses Adsorpsi untuk Menurunkan COD dan TSS	(Albathomi et al., 2019)
-------------------------------	--	---	---	--------------------------

---