

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Air Limbah/ Air Buangan

2.1.1. Pengertian Air limbah/ Air Buangan

Sehubungan dengan penambahan penduduk yang semakin meningkat, maka permintaan akan pangan, sandang dan papan juga semakin meningkat. Hal ini mendorong peningkatan kegiatan pembangunan di berbagai sektor yang mengakibatkan pemanfaatan ekosistem secara tidak rasional dan tidak terkendali. Kegiatan pembangunan tersebut mengakibatkan penurunan kualitas bahkan merusak ekosistem itu sendiri serta berdampak lanjut terhadap gangguan ekosistem lain yang berada di sekitarnya, sehingga mengakibatkan gangguan kehidupan organisme yang hidup di dalamnya maupun terhadap organisme pemanfaatnya termasuk manusia.

Indonesia pada saat ini memiliki masalah mengenai pencemaran lingkungan terutama pencemaran lingkungan perairan antara lain oleh air limbah, baik limbah industri, pertanian maupun limbah rumah tangga. Akibat dari semakin bertambahnya tingkat konsumsi masyarakat serta aktivitas lainnya maka bertambah pula buangan/ limbah yang dihasilkan. Limbah/ buangan yang ditimbulkan dari aktivitas dan konsumsi masyarakat sering disebut limbah domestik.

Apabila suatu kota telah mempunyai sistem pembuangan air limbah yang berupa saluran tertutup dengan pengolahan yang tersendiri, maka setiap air limbah

dan kotoran rumah tangga yang dihasilkan oleh warga kota akan dibuang ke saluran kota terdekat untuk dialirkan ke tempat pengolahan yang tersedia. Akan tetapi apabila kota itu belum memiliki sistem pembuangan air limbah secara tertutup, maka umumnya hanya air limbah yang berasal dari kamar mandi dan cuci saja yang dibuang ke saluran limbah kota, sedangkan kotoran yang bersal dari WC akan dibuang ke tempat pembuangan khusus yang dikenal sebagai *septic tank*.

Air limbah merupakan air bekas yang sudah tidak terpakai lagi sebagai hasil dari adanya berbagai kegiatan manusia sehari-hari. Air limbah adalah kotoran dari masyarakat dan rumah tangga dan juga berasal dari industri, air tanah, air permukaan serta buangan lainnya. Air limbah tersebut biasanya dibuang ke alam yaitu tanah dan badan air. (Sugiarto, 1987). Limbah rumah tangga adalah air yang telah dipergunakan yang berasal dari rumah tangga atau pemukiman termasuk di dalamnya adalah berasal dari dapur, kamar mandi, cucian, kotoran manusia, WC, serta tempat memasak. Limbah tersebut menjadi permasalahan lingkungan karena kuantitas maupun tingkat bahayanya mengganggu kehidupan makhluk hidup lainnya.

2.1.2. Sumber Air limbah

Sumber utama limbah cair domestik (rumah tangga) berasal dari perumahan dan daerah perdagangan, termasuk daerah perkantoran atau lembaga, serta daerah fasilitas rekreasi. Adapun sumber lainnya yang tidak kalah

pentingnya adalah daerah perkantoran atau lembaga serta daerah fasilitas rekreasi (Sugiharo, 1987).

Untuk daerah perumahan yang kecil, aliran air limbah biasanya diperhitungkan melalui kepadatan penduduk dan rata-rata perorang dalam membuang air limbah. Sedangkan untuk daerah yang luas perlu diperhitungkan jumlah aliran air limbah dengan dasar penggunaan daerah, kepadatan penduduk, serta ada atau tidaknya daerah industri. Untuk daerah pemukiman, rata-rata aliran air limbah dapat dilihat pada Tabel 2.1 :

Tabel 2.1. Rata-rata Aliran Air Limbah dari Daerah Pemukiman.

No	Sumber	Unit	Jumlah Aliran L/ unit/ hari	
			Antara	Rata-rata
1	Apartemen	Orang	200-300	260
2	Hotel, penghuni tetap	Orang	150-220	190
3	Tempat tinggal keluarga :			
	Rumah pada umumnya	Orang	190-350	280
	Rumah yang lebih baik	Orang	250-400	310
	Rumah mewah	Orang	300-550	380
	Rumah agak modern	Orang	100-250	200
	Rumah pondok	Orang	100-240	190
4	Rumah gandengan	Orang	120-200	150

Sumber : Sugiharto, 1987

2.1.3. Komposisi Air Limbah

Sugiarto (1987) menjelaskan, air limbah yang dibuang ke alam (baik tanah maupun badan air) akan mengalami proses dekomposisi secara alami yang dilakukan oleh mikroorganisme baik organik yang terdapat dalam air limbah dapat menjadi bahan yang stabil dan diterima oleh lingkungan. Namun alam

memiliki keterbatasan dalam melakukan proses tersebut apabila jumlah limbah yang dibuang melebihi kemampuannya (daya dukungnya).

Proses dekomposisi air limbah seperti diuraikan di atas dapat diuraikan sebagai berikut :

1) Secara Anaerobik

Bahan organik terlarut akan dirombak/ diuraikan/ dibusukkan oleh bakteri anaerob (yang dapat hidup tanpa adanya O_2 = oksigen) menjadi senyawa organik sederhana seperti :

- Karbon dioksida (CO_2)
- Metan (CH_4)
- Hydrogen Sulfida (H_2S)
- Amonia (NH_3)
- Gas-gas bau

Dalam proses ini air limbah menjadi keruh, kotor, berbau busuk, serta terjadi pengendapan lumpur cukup besar. Proses perombakannya berjalan dalam waktu yang cukup lama.

2) Secara Aerobik

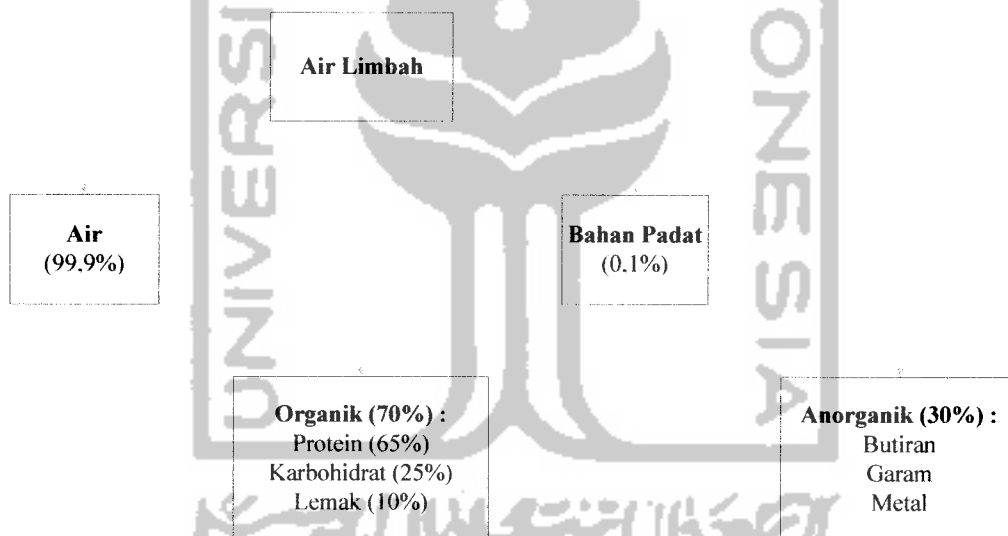
Bahan organik terlarut akan dirombak/ diuraikan/ dibusukkan oleh bakteri aerob (hidunya memerlukan O_2) dan fakultatif menjadi energi, gas, bakteri baru dan bahan buangan akhir yang stabil seperti :

- Karbon dioksida (CO_2)
- Nitrat (NO_3)
- Sulfat (SO_4)

- Senyawa organik stabil

Proses perombakan/ penguraian/ pembusukan biologis dilakukan oleh bakteri aerob dengan menggunakan/ memanfaatkan O_2 (yang terlarut dalam air limbah untuk mengoksidasi bahan organik terlarut sampai semuanya terurai secara lengkap. Agar proses pembusukan biologis dapat berjalan dengan baik maka diperlukan O_2 yang terlarut dalam air limbah dalam jumlah cukup besar.

Sesuai dengan sumber asalnya, maka air limbah mempunyai komposisi yang sangat bervariasi dari setiap tempat dan setiap saat. Akan tetapi, secara garis besar zat-zat yang terdapat dalam air limbah dapat dikelompokkan seperti pada Gambar 2.1. berikut :



Gambar 2.1. Skema Komposisi dan Prosentase Komponen Penyusun Limbah Domestik

Sumber : Hefni Effendi, 2003

Untuk mengetahui air limbah rumah tangga secara luas, diperlukan pengetahuan mendetail tentang komposisi atau kandungan yang ada didalamnya. Setelah diadakan analisis ternyata diketahui bahwa sekitar 75% dari benda-benda

terapung dan 40% dari benda-benda padat yang dapat disaring adalah berupa bahan organik. Komponen utama bahan organik tersebut adalah 40-60% protein, 25-50% karbohidrat dan 10% sisanya berupa lemak atau minyak.

Secara lebih khusus, maka air limbah yang berasal dari kamar mandi dan WC yang berupa *faeces* dan *urine* mempunyai komposisi seperti Tabel 2.2 berikut:

Tabel 2.2. Komposisi Air Limbah yang Berasal dari Kamar Mandi dan WC.

Uraian	Faeces	Air Seni
Jumlah per orang per hari (dalam keadaan basah)	135-270 gr	1-1,31 gr
Jumlah per orang per hari (dalam keadaan kering)	20-35 gr	0,5-0,7 gr
Uap air (kelembaban)	66-80 %	93-96 %
Bahan organik	88-97 %	93-96 %
Nitrogen	5-7 %	15-19 %
Fosfor (sebagai P ₂ O ₅)	3-5,4 %	2,5-5 %
Potasium (K ₂ O)	1-2,5 %	3-4,5 %
Karbon	44-55 %	11-17 %
Kalsium (sebagai CaO)	4,5-5 %	4,5-6 %

Sumber : Sugiharto, 1987

Untuk lebih jelas, maka komposisi air limbah domestik dapat dilihat pada Tabel 2.3 berikut :

Tabel 2.3. Komposisi Air Limbah Domestik.

Kontaminan	Satuan	Konsentrasi		
		Rendah	Medium	Tinggi
Total Solid (TS)	mg/L	390	720	1230
Total Dissolved Solid (TDS)	mg/L	270	500	860
Fixed	mg/L	160	300	520
Volatil	mg/L	110	200	340
Total Suspended Solid (TSS)	mg/L	120	210	400
Fixed	mg/L	25	50	85
Volatil	mg/L	95	160	315
Settlable Solids	mg/L	5	10	20
BOD ₅ , 20 ⁰ C	mg/L	110	190	350
Total Organik Karbon (TOC)	mg/L	80	140	260

Sambungan Tabel 2.3

Kontaminan	Satuan	Konsentrasi		
		Rendah	Rendah	Rendah
COD	mg/L	250	430	800
Nitrogen (Total sebagai N)	mg/L	20	40	70
Organik	mg/L	8	15	25
Amonia bebas	mg/L	12	25	45
Nitrit	mg/L	0	0	0
Nitrat	mg/L	0	0	0
Phospor (Total sebagai P)	mg/L	4	7	12
Organik	mg/L	1	2	4
InOrganik	mg/L	3	5	10
Klorida	mg/L	30	50	90
Sulfat	mg/L	20	30	50
Minyak dan Lemak	mg/L	50	90	100
VOCs	mg/L	<100	100-400	>400
Total Coliform	No./100 mL	10^6-10^8	10^7-10^9	10^7-10^{10}
Fecal Coliform	No./100 mL	10^3-10^5	10^4-10^6	10^5-10^8

Sumber : Metclaf & Eddy, 2003, Wastewater Engineering Treatment and Reuse, hal 168.

2.1.4. Sifat Air Limbah

Kualitas air merupakan karakteristik air yang dicerminkan oleh parameter kimia organik, kimia anorganik, fisik, biotik, dan radioaktif bagi perlindungan dan pembagian air untuk berbagai peruntukkan tertentu (Anonim, 1990). Pencemaran air dapat disebabkan karena limbah yang masuk kedalam danau, sungai, estuaria, perairan pantai, laut bebas atau badan air lainnya yang dapat menyebabkan terjadinya perubahan kualitas air. Untuk mengetahui lebih luas tentang air limbah, perlu diketahui secara mendalam tentang kandungan yang ada didalam air limbah dan juga sifat-sifatnya. Sugiharto (1987), membedakan air limbah berdasarkan atas sifatnya, yaitu sifat fisik, sifat kimia dan sifat biologisnya.

a. Sifat fisik air

Sebagian besar penyusun air limbah rumah tangga berupa bahan-bahan ini akan menyebabkan munculnya kekeruhan. Selain itu kekeruhan juga diakibatkan oleh lumpur, tanah liat, zat koloid dan benda-benda terapung yang tidak segera mengendap. Penentuan derajat kekotoran air limbah sangat dipengaruhi oleh adanya sifat fisik air limbah tersebut. Termasuk sifat fisik yang penting antara lain adalah kandungan zat padat, kejernihan, suhu, warna dan bau (Mahida, 1984), juga menganalisis kekeruhan dalam uji coba terhadap sifat fisik air.

Temperatur air limbah biasanya rata-rata antara 10⁰C dan 20⁰C. Pada umumnya temperatur air limbah akan lebih tinggi dari pada air bersih. Ini disebabkan karena adanya penambahan air hangat dari rumah tangga dan pemanasan pada struktur sistem perpipaan. Berikut ini Tabel 2.4. penyebab dan pengaruh dari sifat fisik air limbah domestik/ rumah tangga.

Tabel 2.4. Sifat Fisik dari Air Limbah Rumah Tangga.

Sifat-Sifat	Penyebab	Pengaruh
Suhu	Kondisi udara sekitarnya, air panas yang dibuang ke saluran dari rumah maupun dari industri.	Mempengaruhi kehidupan biologis kelarutan oksigen/ gas lain. Juga kerapatan air, daya viskositas dan tekanan permukaan.
Kekeruhan	Benda-benda tercampur seperti limbah padat, garam tanah liat, bahan organik yang halus dari buah-buahan asli, algae, organisme kecil.	Memantulkan sinar, jadi mengurangi produksi oksigen yang dihasilkan tanaman. Mengotori pemandangan dan mengganggu kehidupan.
Warna	Benda terlarut seperti sisa bahan organik dari daun dan tanaman (kulit, gula, besi), buangan industri.	Umumnya tidak berbahaya dan berpengaruh terhadap kualitas keindahan air.

Sambungan Tabel 2.4.

Bau	Bahan volatile, gas terlarut, selalu hasil pembusukan bahan organik, minyak utama dari mikroorganisme.	Petunjuk adanya pembusukan air limbah, untuk itu perlu adanya pengolahan, merusak keindahan.
Rasa	Bahan penghasil bau, benda terlarut dan beberapa ion.	Mempengaruhi kualitas keindahan air.
Benda Padat	Benda organik dan anorganik yang terlarut ataupun tercampur.	Mempengaruhi jumlah organik padat, garam, juga merupakan petunjuk pencemaran atau kepekatan limbah meningkat.

Sumber : Metcalf & Eddy, 1979 dalam (Sugiharto,1987)

b. Sifat kimia air

Kandungan bahan kimia yang terdapat dalam air limbah dapat merugikan lingkungan dalam berbagai cara. Bahan kimia dan limbah dapat merubah pH, alkalinitas, kandungan benda padat terlarut, kandungan nutrisi kimia. Pemeriksaan kimia air selain meliputi tolak ukur konsentrasi hidrogenion (pH), alkalinitas, kandungan benda padat terlarut, kandungan nutrisi kimia seperti zat organik, amoniak, nitrogen, nitrat, nitrit, sulfida, khlorida, dan kimia toksis juga menganalisis kandungan oksigen terlarut, BOD, dan COD. Namun demikian Mahida (1984) mengatakan bahwa penentuan konsentrasi hidrogen ion (pH), dan kebutuhan khlor bukan merupakan uji coba baku.

Di dalam air limbah rumah tangga dijumpai karbohidrat dalam jumlah yang cukup banyak, baik dalam bentuk gula, kanji, dan selulosa. Gula cenderung mudah terurai, sedangkan kanji dan selulosa lebih bersifat stabil dan tahan terhadap pembusukan (Sugiharto, 1987).

Untuk memberikan gambaran secara menyeluruh tentang kandungan bahan kimia maka dapat dilihat pada Tabel 2.5. berikut :

Tabel 2.5. Kandungan Bahan Mineral yang Ada di dalam Air Limbah Rumah Tangga.

No	Bahan Mineral yang Ada	Keadaan Normal
1	Zat padat terlarut	100-300
2	Baron (B)	0,1-0,4
3	Sodium (%)	1-15%
4	Sodium (Na)	40-70
5	Potasium (K)	7-15
6	Magnesium ($MgCO_3$)	15-40
7	Kalsium ($CaCO_3$)	15-40
8	Nitrogen total (N)	20-40
9	Fosfat (PO_4)	20-40
10	Sulfat (SO_4)	15-30
11	Klorida (Cl)	20-50
12	Kesadahan total ($CaCO_3$)	100-150

Sumber : P. Walton Purdom dalam (Sugiharto,1987)

c Sifat biologi air

Indikator biologis didalam air dan air limbah yang digunakan sebagai indikator adanya pertumbuhan bakteri pathogen. Biasanya dinyatakan dengan perkiraan jumlah terdekat (*MPN*) bakteri bentuk Coli. Kelompok bakteri bentuk Coli sebagai indikator mikroba patogen dikarenakan bahwa bakteri ini berasal dari usus dan mempunyai ketahanan hidup didalam air yang cukup lama.

Keterangan biologis ini diperlukan untuk mengukur kualitas air terutama bagi air yang dipergunakan sabagai air minum serta untuk keperluan kolam renang. Selain itu menaksir tingkat kekotoran air limbah sebelum dibuang ke badan air. Berikut Tabel 2.6. adalah pembagian kelompok berikut anggota spesiesnya.

Tabel 2.6. Klasifikasi Mikroorganisme yang Ada di Dalam Air Limbah.

No	Kelompok Besar	Anggota
1	Binatang	Bertulang belakang (Rotifers)
		Kerang-kerangan (Crustaceans)
		Kutu dan Larva (Worm and Larvae)
2	Tumbuh-tumbuhan	Lumut (Mosses)
		Pakis/ paku (Fens)
3	Protista	Bakteri
		Ganggang (Algae)
		Jamur (Fungi)
		Hewan bersel satu (Protozoa)

Sumber : Donald W. Sundstrom, 1979

Bakteri

Adalah organisme kecil bersel satu di mana benda-benda organik menembus sel dan dipergunakan sebagai makanan bakteri dijumpai di air, tanah, serta udara yang dipengaruhi oleh suhu, kelembapan, konsentrasi oksigen, keasaman. Bakteri ini dapat berbentuk bulat, lonjong, ataupun berbentuk spiral dengan diameter sel 0,5-3 mikron, meskipun berbentuk spiral dapat mencapai panjang sampai 15 mikron. Alasan inilah yang dipergunakan sebagai dasar 0,45 mikron saringan diperlukan untuk menyaring benda terlarut atau bakteri.

Jamur

Jamur sangat penting dalam penjernihan air seperti halnya dengan bakteri mereka menggunakan partikel organik terlarut. Adapun ukuran jamur berkisar antara 5-10 mikron dan dapat diidentifikasi oleh sebuah mikroskop. Jamur berbiak melalui spora sementara bakteri berbiak melalui pembelahan sel.

Ganggang

Ganggang berbeda dengan bakteri dan jamur pada kemampuannya dalam mengadakan fotosintesis, pemanfaatan oksigen pada pertumbuhannya. Ganggang diklasifikasikan melalui pigmen warna yang ada, biasanya bening, hijau, motile green, kuning hijau, coklat emas, dan abu-abu hijau.

Protozoa

Protozoa adalah sekelompok binatang sebagaimana halnya dengan kelompok protista dan dijumpai pada air permukaan dan air tanah, mereka ini adalah besar dalam ukuran apabila dibandingkan dengan bakteri adalah beberapa ratus kali lebih besar. Biasanya jenis *paramecium* berbentuk elips dengan panjang 200 mikron dan lebar 40 mikron. Protozoa mempunyai beberapa kelas antara lain :

- Sarkodina
- Cilliata
- Mastigofora
- Sporozoa
- Suktoria

Dalam hal lumpur yang aktif maka protozoa dan kelas cilliata serta suktoria yang ada di dalamnya.

Rotifea dan Krustacea

Rotifera adalah binatang bersel banyak yang aerobik dengan makanan utama bakteri. Rotifera memerlukan kadar oksigen terlarut yang banyak, sehingga akan dijumpai pada air yang sudah relatif bersih dan

mengandung sedikit bahan organis. Adapun krustacea adalah binatang aerob dengan makanan bakteri dan algae dan mempunyai sel yang kaku.

Virus

Adalah benda parasit yang kecil yang bukan merupakan sel di mana mereka tidak mempunyai inti sel, membran sel, ataupun dinding sel. Ukuran virus berkisar antara 20-200 milimikron, lebih kurang 1-2 kali lebih kecil dari bakteri. Di dalam air limbah rata-rata terdapat 100-500 virus setiap 100 mililiternya.

2.2. Pengolahan Air Buangan Rumah Tangga/ Limbah Domestik

2.2.1. Membran Keramik

Membran Keramik merupakan suatu proses penyaringan air (dalam penelitian ini adalah air limbah domestik) dimana air yang akan diolah ditampung pada suatu media proses yaitu reaktor *membran keramik*. Dengan bantuan pompa dialirkan ke reaktor, sehingga diharapkan air yang masuk ke dalam reaktor dapat merembes melewati pori-pori dinding reaktor, sehingga dapat menurunkan konsentrasi COD dan TSS dalam limbah domestik. Hal ini mungkin dipengaruhi oleh faktor kombinasi campuran antara tanah lempung, pasir kuarsa dan serbuk gergaji yang ada pada *membran keramik*.

Mekanisme proses yang terjadi dalam proses filtrasi adalah kombinasi dari beberapa fenomena yang berbeda, yang paling penting adalah antara lain:

- a. *Mechanical Straining*, yaitu proses penyaringan partikel *suspended matter* yang terlalu besar untuk bisa lolos melalui lubang antara butiran pasir,

yang berlangsung diseluruh permukaan saringan pasir dan sama sekali tidak bergantung pada kecepatan penyaringan. Proses penyaringan adalah proses pemurnian air dari partikel-partikel zat tersuspensi yang terlalu besar dengan jumlah pemisahan melalui celah-celah diantara butiran pasir (pori) yang berlangsung diantara permukaan pasir

- b. Sedimentasi, akan mengendapkan partikel *suspended matter* yang lebih halus ukurannya dari lubang pori pada permukaan butiran. Proses pengendapan terjadi pada seluruh permukaan pasir. Proses Sedimentasi adalah proses pengendapan yang terjadi tidak berbeda seperti pada bak pengendap biasa, tetapi pada bak pengendap biasa endapan akan berbentuk hanya pada dasar bak, sedangkan pada filtrasi endapan dapat terbentuk pada seluruh permukaan butiran.
- c. Adsorption adalah proses yang paling penting dalam proses filtrasi. Proses adsorpsi dalam saringan pasir lambat terjadi akibat tumbukan antara partikel-partikel tersuspensi dengan butiran pasir saringan dan dengan bahan pelapis seperti gelatin yang pekat yang terbentuk pada butiran pasir oleh endapan bakteri dan partikel koloid. Proses ini yang lebih penting terjadi sebagai hasil daya tarik menarik elektrostatis, yaitu antara partikel-partikel yang mempunyai muatan listrik yang berlawanan. Media pasir yang bersih mempunyai muatan listrik negatif dengan demikian mampu mengadsorpsi partikel-partikel positif
- d. Aktivitas Kimia, beberapa reaksi kimia akan terjadi dengan adanya oksigen maupun bikarbonat.

- e. Aktivitas biologis yang disebabkan oleh mikroorganisme yang hidup dalam filter.

Adsorpsi secara umum adalah proses pengumpulan substansi terlarut yang ada dalam larutan oleh permukaan zat atau benda penyerap dimana terjadi suatu ikatan kimia fisik antara substansi dengan zat penyerap. Karena keduanya sering muncul bersamaan dalam suatu proses maka ada yang menyebut sorpsi, baik adsorpsi sebagai sorpsi yang terjadi pada karbon aktif maupun padatan lainnya. Namun unit operasinya dikenal sebagai adsorpsi. Adapun adsorpsi dapat dikelompokkan menjadi dua:

- a. Adsorpsi fisik, yaitu terutama terjadi adanya gaya *van der Waals* dan berlangsung bolak-balik. Ketika gaya tarik-menarik molekul antara zat terlarut dengan adsorben lebih besar dari gaya tarik-menarik zat terlarut dengan pelarut, maka zat terlarut akan teradsorpsi di atas permukaan adsorben.
- b. Adsorpsi kimia yaitu reaksi kimia yang terjadi antara zat padat dengan adsorbat larut dan reaksi ini tidak berlangsung bolak-balik.

Untuk lebih jelas berikut ini adalah perbandingan antara adsorpsi fisik dan adsorpsi kimia.

Tabel 2.7. Perbandingan Adsorpsi Fisik dan Adsorpsi Kimia.

	Adsorpsi fisik	Adsorpsi Kimia
Sifat adsorpsi	Bolak-balik.	Tidak bolak-balik
Panas adsorpsi	Kecil, ordernya jauh lebih kecil dari panas reaksi.	Besar, ordernya sama dengan panas reaksi.
Kecepatan adsorpsi	Tahanan terhadap "massa transfer" menentukan.	Tahan terhadap "surface reaction" menentukan.

Sambungan Tabel 2.7

	Adsorpsi fisik	Adsorpsi Kimia
Specificity”	Rendah, seluruh permukaan mampu mengadakan adsorpsi fisik.	Tinggi, “chemi sorption” terbatas pada “active centers” yang terdapat pada permukaan.
Penutupan permukaan	Sempurna dan dapat terbentuk “multilayers”	Tidak sempurna dan terbatas pada permukaan lapisan tunggal.
Energi aktivasi	Rendah, hampir dapat diabaikan.	Tinggi, sama dengan reaksi kimia.
Banyaknya zat yang teradsorpsi per satuan massa	Banyak.	Sedikit

Sumber : Subiarto, 2005

Mekanisme adsorpsi dapat digambarkan sebagai proses dimana molekul meninggalkan larutan dan menempel pada permukaan zat adsorban akibat kimia dan fisika (Reynolds, 1982). Pada proses adsorpsi terhadap air limbah mempunyai empat tahapan antara lain:

1. Transfer molekul-molekul adsorbat menuju lapisan film yang mengelilingi adsorban.
2. Difusi adsorbat melalui lapisan film (*film diffusin process*).
3. Difusi adsorbat melalui kapiler atau pori-pori dalam adsorban (*pore diffusion*).
4. Adsorpsi adsorbat pada dinding kapiler atau permukaan adsorban (proses adsorpsi sebenarnya), (Reynolds, 1982).

Bahan penyerap merupakan suatu padatan yang mempunyai sifat mengikat molekul pada permukaannya dan sifat ini menonjol pada padatan yang berpori-pori. Semakin halus atau kecil ukuran partikel adsorban, semakin luas

permukaannya dan daya serap semakin besar. Beberapa sifat yang harus dipenuhi oleh zat penyerap yaitu:

1. Mempunyai luas permukaan yang besar.
2. Berpori-pori.
3. Aktif dan murni.
4. Tidak bereaksi dengan zat yang akan diserap.

Pemilihan adsorban pada proses adsorpsi sangat mempengaruhi sorpsi. Beberapa adsorban yang sering digunakan pada proses adsorpsi misalnya: bentonit, tuff, pumice, zeolit, dan silika gel. Pemilihan adsorban juga mempengaruhi kapasitas adsorpsi. Adapun faktor yang mempengaruhi kapasitas adsorpsi yaitu :

1. Luas permukaan adsorben.

Semakin luas permukaan adsorban, semakin banyak adsorbat yang dapat diserap, sehingga proses adsorpsi dapat semakin efektif. Semakin kecil ukuran diameter partikel maka semakin luas permukaan adsorban.

2. Ukuran partikel

Makin kecil ukuran partikel yang digunakan maka semakin besar kecepatan adsorpsinya. Ukuran diameter dalam bentuk butir adalah lebih dari 0,1 mm, sedangkan ukuran diameter dalam bentuk serbuk adalah 200 mesh (Tchobanoglous, 1991).

3. Waktu kontak

Waktu kontak merupakan suatu hal yang sangat menentukan dalam proses adsorpsi. Waktu kontak yang lebih lama memungkinkan proses difusi dan

penempelan molekul adsorbat berlangsung lebih baik. Konsentrasi zat-zat organik akan turun apabila waktu kontakannya cukup dan waktu kontak berkisar 10 – 15 menit (Reynolds, 1982).

4. Distribusi ukuran pori

Distribusi pori akan mempengaruhi distribusi ukuran molekul adsorbat yang masuk kedalam partikel adsorban.

2.2.2. Keramik

Istilah "keramik" dalam buku "Dictionary of Art" tulisan Bernard. S. Myers (1969), dikatakan berasal dari bahasa Yunani kuno "Keramos" yang berarti tanah liat. Ditelusuri lebih jauh, sebenarnya kata keramos itu adalah nama salah satu Dewa Yunani. "Encyclopedia of The Art" menjelaskan bahwa dalam mitologi Yunani, Keramos merupakan dewa pelindung dari para pembuat kerajinan tanah liat atau keramik. Keramos adalah putra dari Dewa Baccus dan Dewi Ariadne. Dalam hal ini, gerabah termasuk dalam pengertian keramik jenis bakaran rendah (di bawah suhu 1000°C , sekitar 350°C - 500°C) disebut juga earthenware atau aardewerk atau terracotta, dimana struktur dan teksturnya sangat rapuh, kasar, berpori-pori dan merupakan kualitas paling rendah (Agus Mulyadi Utomo, 2003).

Yang dimaksud dengan keramik adalah segala macam benda yang dibuat dari tanah liat, setelah kering kemudian dibakar hingga pijar sampai suhu tertentu, setelah itu didinginkan sehingga menjadi keras. Menurut golongannya, keramik dapat dibagi dalam dua kelompok yaitu :

1. Keramik bakaran rendah (gerabah lunak)

Keramik bakaran rendah adalah semua bahan keramik yang dibakar dan dapat mencapai suhu pembakaran antara 900°C sampai 1050°C, misalnya keramik Plered Purwakarta, Kasongan, Keramik Pejaten, Bali dan lain-lain. Keramik bakaran rendah pada umumnya berpori (*porous*), sehingga air di dalamnya dapat merembes keluar melalui pori-pori dindingnya. Sering kita jumpai sebuah kendi terbuat dari tanah liat merah setelah diisi air tampak basah bagian dinding luarnya.

2. Keramik bakaran tinggi (gerabah keras)

Keramik bakaran tinggi adalah semua barang keramik yang dibakar hingga mencapai suhu pembakaran antara 1250°C dan 1350°C atau lebih. Yang termasuk dalam kelompok gerabah keras diantaranya adalah *stoneware* (lempung batu) dan porselen. Pada umumnya barang-barang keramik hasil dari bakaran tinggi sangat baik untuk tempat menyimpan air, jelasnya air tidak akan merembes keluar dari dinding keramik yang diisi air itu, karena tidak berpori-pori. Bila dipukul-pukul suaranya berdencing nyaring serta tidak akan mudah pecah bila saling bersentuhan dengan benda lainnya. Benda-benda porselen dapat dibuat setipis mungkin, seperti misalnya cangkir porselen yang biasa kita pakai untuk minum tipis sekali sehingga dapat ditembus cahaya lampu.

2.2.3. Bahan Baku Keramik

Bahan pembuat keramik dapat berupa bahan plastis dan bahan non plastis. Yang termasuk bahan plastis antara lain adalah *kaolin*, *ball clay* (tanah bola), *stone ware clay* (tanah benda batu), *earthen ware clay* (tanah batu merah), *fire clay* (tanah api) dan *bentonit*, sedangkan bahan non plastis antara lain *silika* (SiO_2) disebut juga *glass former*, *flint* (SiO_2), *feldspar* ($\text{KNaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$), Kapur/ *calcite* dan *magnesit* (CaO dan MgO), *aluminium* (Al_2O_3), *talk* ($3\text{MgO} \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$) *chamotte* atau *Grog*, *cornwall stone*, *nepheline syenite* ($\text{KNaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2$), *ptalite/ lithium feldspat* ($\text{Li}_2\text{O}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 8\text{SiO}_2$), dan *stone ash/ calcium phosphate* ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$). Bahan baku untuk produk-produk keramik berupa bahan alami yaitu bahan-bahan asli yang berasal dari alam dan belum mengalami proses pengolahan oleh manusia, seperti deposit, mineral *feldspar* (K, Na, Ca) AlSi_3O_8 ; mineral lempung seperti *kaolinit* ($\text{Al}_2(\text{Si}_2\text{O}_3)(\text{OH})_4$) dan *bentonit* (Al, Na, Ca, Mg) $(\text{Si}_2\text{O}_5)(\text{OH})_2$; SiO_2 – containing mineral seperti pasir silika, kuarsa/ pasir pantai (SiO_2 kristalin), tanah diatomae dan abu sekam (SiO amorphous) serta abu terbang batu bara; bauksit (Al_2O_3); TiO_2 – containing mineral seperti *rutile* (TiO_2), *ilmenit* (FeTiO_3) baik dalam mineral pasir besi ataupun mineral bauksit; *zircon* (ZrSiO_4); dan mineral barite. Dalam penelitian ini bahan baku keramik terdiri dari komposisi tanah lempung (liat) lokal, pasir kuarsa dan serbuk gergaji. Adapun bahan mentah keramik digolongkan menjadi 5 (lima) yaitu :

1. Bahan Pengikat, contoh : *kaolin*, *ball clay*, *fire clay*, *red clay*
2. Bahan Pelebur, contoh : *feldspar*, *kapur*

3. Bahan Pengisi, contoh : *silika, grog (samot)*
4. Bahan Tambahan, contoh : *water glass, talk, pyrophillit*
5. Bahan Mentah Glasir

Berikut ini akan dibahas komposisi-komposisi yang digunakan dalam pembuatan bahan baku *membran keramik* :

1. Mineral Lempung

a. Susunan Tanah Lempung

Mineral lempung adalah mineral yang mempunyai komposisi silikat terhidrat aluminium dan magnesium dan mempunyai ciri-ciri sebagai berikut:

- 1) Berukuran lebih kecil dari 0,002 m
- 2) Struktur terutama berbentuk lapisan dan sebagian kecil berbentuk rantai.
- 3) Berdosiasi permukaan.

Beberapa lempung terdiri dari sebuah mineral tunggal, tetapi ada juga yang tersusun dari campuran beberapa mineral lempung. Beberapa bahan lempung mengandung variasi dari sejumlah mineral non lempung seperti kuarsa, kalsit, pirit dan *feldspar* yang merupakan contoh-contoh penting. Selain itu juga, mengandung bahan-bahan organik dalam air (Grim, 1953).

Mineral lempung merupakan senyawa aluminium silikat yang terdiri dari satu atau dua unit dasar yaitu tetrahedral dan aluminium oktahendra. Setiap unit tetrahendra (berisi empat) terdiri dari empat

atom oksigen mengelilingi satu atom silikon. Kombinasi dari unit-unit silika tetrahedra membentuk lembaran silika (*silica sheet*).

b. Klasifikasi Mineral Lempung

Berdasarkan struktur mineral lempung dapat diklasifikasikan sebagai berikut (Grim, 1953) :

1) Amorf

Kelompok alofan

2) Kristalin

a. Tipe dua lapisan (struktur-struktur lembaran yang tersusun oleh satu lapisan silika tetrahedra dan satu lapisan aluminium oktahedra).

i. Ekuidimensional

Kelompok kaolinite : kaolinite, nacrite, dictrite

ii. Memanjang

Kelompok halloysite

b. Tipe tiga lapisan (struktur-struktur lembaran yang tersusun oleh dua lapisan silika tetrahedron dan satu pusat lapisan dioktahedral atau triohedral).

i. Kisi yang mengembang

▪ Ekuidimensional

Kelompok montmorillonite : montmoriloni, saukonit, vermikulit

- Memanjang

Kelompok montmoriloni : nontronit, saonit, hektorit

- ii. Kisi yang tidak mengembang

Kelompok illite

c. Tipe lapisan campuran yang teratur (susunan yang teratur pada lapisan yang bergantian dari tipe yang berbeda).

d. Tipe struktur rantai (rantai yang mirip *hornblende* pada silica tetrahedron yang mengandung atom Al dan Mg).

Kelompok miselaneous: atapulgit, sepiolite, poligorskit.

c. Sifat Fisik Mineral Lempung

Mineral lempung mempunyai sifat-sifat sebagai berikut (Grim,1953) :

1) Flokulasi dan Deflokulasi

Flokulasi dan deflokulasi melukiskan keadaan agregasi dari butir-butir lempung bila bercampur dengan air, lempung-lempung kering atau mineral lempung dengan cepat akan menyerap air, dan air yang terserap itu akan mengendap

dengan pemanasan 100-200°C. Flokulasi adalah proses penggumpalan butir-butir lempung menjadi gumpalan yang lebih besar, sedangkan deflokulasi merupakan kebalikannya yaitu proses dispersi gumpalan-gumpalan menjadi bagian-bagian yang kecil.

2) Plastisitas

Plastisitas adalah sifat yang memungkinkan lempung dapat diberi bentuk tanpa rekahan-rekahan dan bentuk tersebut akan tetap setelah gaya pembentuknya dihilangkan.

3) Thixotropy

Thixotropy atau daya bersuspensi adalah suatu sifat mineral lempung atau material lempung yang bila bercampur dengan suatu cairan akan membentuk suspensi. Sifat ini berkaitan dengan keplastisan.

4) Tekstur mineral lempung

Tekstur mineral lempung meliputi ukuran dan bentuk partikel lempung yang mempengaruhi keplastisan, kekuatan, mekanis, kemudahan pada pengeringan dan karakter produk setelah dibakar.

5) Warna lempung

Warna lempung ditentukan oleh kandungan senyawa-senyawa besi atau bahan-bahan karbon, kadang-kadang juga mineral mangan dan titan dalam jumlah yang cukup bisa mempengaruhi warna pada lempung.

6) Kekuatan panas pada mineral lempung

Mineral lempung akan kehilangan air pori-pori bila dilakukan pemanasan di atas suhu 150°C , sedangkan pemanasan pada suhu $400-900^{\circ}\text{C}$ air akan meloncat ke atas dari kisi-kisi

sebagai kelompok OH dan struktur kristal akan terhancurkan sebagian atau berubah.

d. Sifat Kimiawi Mineral Lempung

Mineral lempung mempunyai sifat-sifat kimiawi sebagai berikut :

1. Pertukaran ion

Salah satu sifat yang penting dari mineral lempung adalah pertukaran elektrik pada partikel dengan mineral lempung akan menarik kation dan anion melalui cara penukaran atau menetralsir, artinya dengan mudah digantikan oleh anion dan kation lain saat kontak dengan ion-ion lain pada larutan yang encer (Olphen, 1963).

2. Interaksi dengan air

a. Sifat hidrasi pada kandungan air yang relatif rendah

Sifat mineral lempung dalam air adalah kompleks dan penting sekali. Sifat ini mempertimbangkan penyerapan air oleh mineral lempung dari suatu keadaan yang relatif kering, yaitu interaksi terjadi ketika molekul air melekat pada permukaan partikel atau berhubungan dengan kation yang dapat berpindah. Penyerapan air oleh mineral lempung dapat terjadi baik oleh hidrasi permukaan kristal ataupun pertukaran kation (Olphen, 1963).

b. Kandungan air yang tinggi (sifat lempung koloid)

Pengembangan osmosis pada ruang antar lapisan relatif besar diperlihatkan oleh bentuk pertukaran Na^+ dan Li^+ pada montmorilonit yang dapat dijelaskan dari teori lapisan ganda elektrik. Dasarnya adalah lapisan lempung berharga negatif menyebabkan penarikan kation dan penolakan anion (Olphen, 1963).

c. Interaksi dengan bahan organik

Beberapa molekul organik yang terdapat di air, dapat dengan mudah diserap oleh mineral lempung. Pada beberapa, kejadian terutama untuk molekul organik tak terkutub, kekuatan interaksinya relatif lemah hanya dengan penyerapan secara fisik. Ikatan antara mineral lempung dan bahan organik terjadi melalui :

- i. Ikatan hidrogen
- ii. Kekuatan ion dwi kutub
- iii. Pertukaran kation
- iv. Pertukaran anion

Pada lempung-lempung yang kering, muatan negatif di permukaan dinetralkan oleh adanya *exchangable cation* (ion-ion positif yang mudah diganti) lempung tersebut dan terikat pada partikel oleh gaya tarik menarik elektrostik. Bila air kemudian ditambahkan pada lempung tersebut,

kation-kation dan sejumlah kecil anion-anion (ion-ion bermuatan negatif) akan “berenang” diantara partikel-partikel itu. Keadaan seperti ini disebut sebagai lapisan ganda terdifusi (*diffuse double Layer*).

e. Permeabilitas Tanah (Lempung)

Permeabilitas didefinisikan sebagai bahan berpori yang memungkinkan aliran rembesan dari cairan yang cair atau minyak mengalir lewat rongga pori. Pori-pori tanah saling berhubungan antara yang satu dengan yang lainnya, sehingga air dapat mengalir dari titik dengan energi tinggi ke titik energi yang lebih rendah. (Christady, 2002). Untuk tanah lempung yang dibuat gerabah mengalami perlakuan seperti pemadatan, pengeringan, pembakaran. Gerabah yang masih mentah pori-porinya lebih kecil, karena pori lempung berisi air dan udara, setelah mengalami pembakaran air dan udara menguap sehingga pori melebar.

f. Porositas Tanah (Lempung)

Porositas merupakan sejumlah ruang pori-pori yang berisi air dan udara. Ruang pori-pori ini menjadi penting karena di dalamnya air dan udara bebas bergerak. Banyaknya air yang bergerak melalui tanah lempung berkaitan erat dengan jumlah dan ukuran pori-pori tanah.

Banyaknya ruang kosong di dalam tanah tergantung pada butir-butir, semakin besar butir-butir semakin besar pula ruang pori demikian juga sebaliknya (Kartasapoetra, 1991). Menurut Sarwo Hardjowigeno

udara dan air mengisi pori-pori tanah. Banyaknya pori-pori $\pm 50\%$ dari volume tanah, sedangkan jumlah air dan udara berubah-ubah.

2. Pasir Kuarsa

Pasir adalah media filter yang paling umum dipakai dalam proses penjernihan air, karena pasir dinilai ekonomis, tetapi tidak semua pasir dapat dipakai sebagai media filter. Artinya diperlukan pemilihan jenis pasir, sehingga diperoleh pasir yang sesuai dengan syarat-syarat media pasir. Dalam memilih jenis pasir sebagai media filter hal-hal yang diperhatikan adalah :

- a. Senyawa kimia pada pasir
- b. Karakteristik fisik pasir
- c. Persyaratan kualitas pasir yang disyaratkan
- d. Jenis pasir dan ketersediaannya

Dalam penelitian ini digunakan pasir kuarsa, pasir kuarsa ini sebagai komposisi campuran dalam pembuatan reaktor *membran keramik*. Pasir kuarsa mempunyai beberapa sifat cukup spesifik, sehingga untuk pemanfaatannya yang maksimal diperlukan pengetahuan yang cukup mengenai sifat-sifatnya. Adapun sifat-sifat tersebut antara lain sebagai berikut :

- a. Bentuk butiran pasir. Bentuk butiran pasir dapat dibagi 4 (empat) macam yaitu: membulat (*rounded*), menyudut tanggung (*sub-angular*), menyudut (*angular*), dan gabungan (*compound*). Pasir

- yang berbentuk bundar memberikan kelolosan yang lebih tinggi daripada bentuk yang menyudut.
- b. Ukuran butiran pasir. Butiran pasir yang berukuran besar/ kasar memberikan kelolosan yang lebih besar sedangkan yang berbutir halus memberikan kelolosan yang lebih rendah. Pasir yang berbutir halus mempunyai luas permukaan yang lebih luas.
- c. Sebaran ukuran butiran pasir, dapat dibagi menjadi 4 macam, yaitu:
1. Sebaran ukuran butir sempit, yaitu susunan ukuran butir hanya terdiri dari kurang lebih 2 (dua) macam saja.
 2. Sebaran ukuran butir sangat sempit, yaitu 90 % ukuran butir pasir terdiri dari satu macam saja.
 3. Sebaran butir pasir lebar, yaitu susunan ukuran butir terdiri dari kurang lebih 3 (tiga) macam.
 4. Sebaran ukuran butir pasir sangat lebar, yaitu susunan ukuran butiran pasir terdiri dari lebih dari tiga macam.
- d. Susunan kimia, beberapa senyawa kimia yang perlu diperhatikan dalam pasir kuarsa adalah SiO_2 , Na_2O , CaO , Fe_2O_3 . Kandungan SiO_2 dipilih setinggi mungkin dan kandungan senyawa yang lain serendah mungkin. Makin tinggi kandungan SiO_2 makin tinggi daya penyerapannya. Secara umum pasir kuarsa Indonesia mempunyai komposisi :

- a. SiO_2 : 35,50 – 99,85 %
- b. Fe_2O_3 : 0,01 – 9,14 %
- c. Al_2O_3 : 0,01 – 18,00 %
- d. CaO : 0,01 – 0,29 %

3. Serbuk Gergaji

Serbuk gergaji digunakan sebagai campuran dalam pembuatan reaktor *membran keramik*. Serbuk gergaji merupakan limbah yang selalu ada pada tiap industri pengolahan kayu. Pada industri penggergajian, serbuk gergaji yang dihasilkan berkisar 11-15%, sedang pada industri kayu lapis dan molding biasanya lebih kecil. Besarnya persentase limbah serbuk gergaji yang dihasilkan pada proses pengolahan kayu seperti penggergajian, tergantung dari beberapa faktor seperti jenis kayu, tipe gergaji, tebal bilah gergaji (*kerf*), diameter log, kualitas yang ingin dihasilkan dan lain-lain.

Di Indonesia ada tiga macam industri kayu yang secara dominan mengkonsumsi kayu dalam jumlah relatif besar, yaitu: penggergajian, vinir/ kayu lapis, dan pulp/ kertas. Seberapa jauh limbah biomassa dari industri tersebut telah dimanfaatkan kembali dalam proses pengolahannya sebagai bahan bakar, yang menjadi masalah adalah limbah penggergajian yang kenyataannya di lapangan masih ada yang tumpuk sebagian dibuang ke aliran sungai yang menyebabkan pencemaran air, atau dibakar secara langsung sehingga ikut menambah emisi karbon di atmosfer. Serbuk gergaji umumnya banyak dimanfaatkan untuk bahan baku tungku

pemanas atau bila diperkirakan akan menguntungkan, dimanfaatkan sebagai bahan baku pada pembuatan papan partikel. Ada juga yang dimanfaatkan sebagai media pertumbuhan di persemaian dan sebagai bahan baku pembuatan briket arang. Sumber dan besarnya limbah serbuk gergaji di Kalimantan Timur dapat dijadikan sebagai contoh. Berikut ini Tabel 2.8. macam dan perkiraan jumlah limbah serbuk gergaji di Kalimantan Timur :

Tabel 2.8. Macam dan Perkiraan Jumlah Limbah Serbuk Gergaji di Kalimantan Timur.

No	Kegiatan Sumber Limbah	Volume Per tahun m ²
1	Pemotongan	37,625
1	Pemotongan Kayu Lapis	1254,000
2	Penghalusan/ Amplas	1756,000
3	Sawmil	79,136
Jumlah		3126,761

Sumber : Laporan Penelitian, Studi Pemanfaatan Limbah Serbuk Gergaji untuk Bahan Baku briket Arang oleh Bandi Suprpto dkk, Lemlit Unmul 1995.

Jenis kayu yang diolah di Kalimantan Timur beserta kandungan kimianya dapat dilihat dalam Tabel 2.9. berikut ini:

Tabel 2.9. Jenis Kayu dan Kandungan Kimianya yang Banyak Diolah di Kalimantan Timur.

Kandungan Kimia	Jenis Kayu		
	Kapur	Meranti	Bangkirai
Sellulosa (%)	60,0	50,76	52,9
Lignin (%)	26,9	30,60	24,0
Pentosa (%)	11,7	17,76	21,7
Abu (%)	0,8	0,68	1,0
Silika (%)	0,6	0,29	0,4

Sumber : Laporan Penelitian, Studi Pemanfaatan Limbah Serbuk Gergaji untuk Bahan Baku briket Arang oleh Bandi Suprpto dkk, Lemlit Unmul 1995.

Jika serbuk gergaji tersebut diolah sebagai karbon aktif, nilai tambahnya akan besar. Karbon aktif merupakan bahan karbon yang memiliki pori-pori dan daya serap tinggi. Daya serapnya banyak dimanfaatkan dalam industri, misalnya untuk menghilangkan bau dan warna cairan. Kegiatan ini bertujuan membuat alat untuk proses karbonisasi serbuk gergaji kayu karet.

2.2.4. Pembuatan Keramik

Pembuatan keramik dimulai dari proses pengolahan tanah, pembentukan badan keramik, pengeringan, penyusunan dalam tungku pembakaran :

1. Pengolahan bahan baku.

Bahan pembuat keramik harus diolah terlebih dahulu sebelum bahan siap dibentuk karena hampir semua bahan alami murni mengandung banyak *grit*. Pemisahan dapat dilakukan secara manual atau secara mekanis. Bahan-bahan keramik alam dihancurkan, disaring dan diambil ukuran butir bahan yang dikehendaki. Penyarangan dapat dilakukan dengan cara basah atau kering.

2. Pembentukan badan keramik

Pembentukan badan keramik ada beberapa cara antara lain *die pressing*, *rubbermold pressing*, *extrusion molding*, *slip testing* dan *injection molding* (Ichinose, 1997). *Die Pressing* (tekan mati) digunakan pada bahan pembuat tepung dengan kadar cairan 10-20% dan cukup menjadi padat dengan tekanan. Produknya antara lain ubin lantai dan ubin dinding.

Rubber mold pressing digunakan pada bubuk padat seragam. Disebut *rubber mold pressing* karena penggunaan cetakan yang seperti sarung dari batu penggosok. Bahan diletakkan dalam cetakan dan ditekan dengan menggunakan tekanan hidrostatik dalam ruang.

Ektrusion molding merupakan pembentukan bahan dengan menggunakan menggeser campuran bahan plastis kaku pada lubang mati, contoh produknya adalah pipa selokan dan ubin lekuk. *Slip casting* dipakai jika larutan bahan cukup encer dan dimanfaatkan untuk membuat barang-barang yang cukup banyak. *Injection molding* merupakan teknik pembuatan badan keramik dengan cara menekan bahan keramik pada cetakan.

3. Pengeringan

Pengeringan disini dimaksudkan untuk menghilangkan apa yang disebut dengan plastisnya saja, sedang air yang terikat dalam molekul tanah liat (air kimia) hanya bias dihilangkan melalui pembakaran. Tujuan dari pembakaran adalah untuk memberikan kekuatan kepada barang-barang mentah sehingga dapat disusun dalam tungku dan menghilangkan air yang berlebihan, yang menimbulkan kesukaran-kesukaran dalam proses pembakaran. Kerusakan yang dapat terjadi antara lain perubahan bentuk dan retak-retak. Beberapa cara pengeringan yang dapat dilakukan antara lain diangin-anginkan, dipanaskan dalam alat khusus dan membungkus benda dengan kain yang agak basah (Astuti, 1997). Pada pembuatan

keramik dengan teknologi maju, proses pengeringan ini dilakukan langsung dengan proses pembakaran.

4. Pembakaran

Proses pembakaran bahan keramik sering juga disebut *sintering processes*. Suhu yang dipakai dalam pembakaran sangat tergantung dari metode, bahan yang akan dibakar dan benda hasil bakar. Sebagai contoh pada metode standar *pressure sintering* dengan materi dasar Si_3N_4 memerlukan suhu 1700°C - 1800°C pada gas Nitrogen (N_2). *Hot pressing* dengan bahan dasar Si_3N_4 memerlukan suhu 1700°C - 1800°C dengan tekanan 200-500 Kg/cm^2 . *Reaction sintering* dengan bahan dasar SiO_2 dibakar pada suhu 1350°C - 1600°C . *Chemical vapor deposition (CVD)* dengan bahan dasar SiH_4 dan NH_3 dipanaskan pada suhu 800°C - 1400°C . Selain itu masih ada metode-metode lain seperti *hot isostatic press (HIP)*, *atmospheric pressure sintering*, *ultra high pressure sintering*, *post reaction sintering* dan *recrystallization sintering* (Ichinose, 1987). Dalam proses pembakaran, jenis air yang harus dihilangkan adalah air suspensi, air antar partikel, air pori antar partikel setelah pengerutan, air terserap (*adsorpsi*) pada partikel dan air kisi dalam struktur kristalnya (Hartono, 1992). Adapun tahap-tahap dalam pembakaran dapat dijelaskan sebagai berikut :

1) Tahap penghilangan uap

Suhu bakar tahap ini berlangsung dari awal sampai sekitar suhu 500°C . Tujuannya adalah untuk menghilangkan molekul-molekul air pada bahan, membakar unsur karbon dan unsur organik bahan.

Pembakaran harus dilakukan perlahan-lahan sampai semua molekul air hilang, jangan sampai ada molekul air yang terjebak dalam bahan karena akan terjadi letupan yang merusak bahan. Pada suhu 300°C-400°C zat-zat organik dan unsur karbon akan terbakar habis.

2) Tahap penggelasan

Setelah air dalam bahan habis, suhu dapat ditingkatkan sedikit demi sedikit. Pembakaran suhu yang paling menentukan adalah pada suhu 573°C. Pada suhu ini tungku pembakaran mulai menjadi merah panas dan terjadi penggantian fisik silika. Pada proses pendinginan suhu 573°C juga merupakan titik kritis, sehingga sering disebut sebagai *inverse kuarsa*. Setelah suhu mencapai 600°C tingkat bakar dapat dipercepat sampai terbentuk sinter (kilau) dari bahan yaitu terjadi pada suhu 900°C-1200°C.

3) Tahap pendinginan

Pendinginan dilakukan perlahan-lahan, setelah suhu bakar yang dikehendaki tercapai. Jika suhu pembakaran dihentikan maka suhu tungku akan turun sedikit demi sedikit, sampai pada suhu kamar. Penurunan suhu yang demikian bertujuan untuk menghindari terjadinya keretakan pada keramik dan menjaga kondisi tungku bakar (Astuti, 1997). Untuk tungku bakar yang bagus disediakan fasilitas pendingin dengan mengalirkan udara.

2.3. Parameter-Parameter Penelitian

Pada penelitian ini parameter yang akan diteliti adalah parameter *Chemical oxygen demand* (COD) dan parameter *Total Suspended Solid* (TSS).

2.3.1. COD (*Chemical Oxygen Demand*)

Chemical oxygen demand (COD) atau kebutuhan oksigen kimiawi yaitu jumlah oksigen yang diperlukan agar bahan buangan yang ada didalam air dapat teroksidasi melalui reaksi kimiawi, atau banyaknya oksigen-oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat organik menjadi CO₂ dan H₂O serta sejumlah ion chrom. Pada reaksi oksigen ini hampir semua zat yaitu sekitar 85 % dapat teroksidasi menjadi CO₂ dan H₂O dalam suasana asam, sedangkan penguraian secara biologi (BOD) tidak sama semua zat organik dapat diuraikan oleh bakteri (Fardiaz, 1976). Nilai COD merupakan ukuran bagi tingkat pencemaran oleh bahan organik.

Menurut *Metcalf and Eddy* (1991). COD adalah banyaknya oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi senyawa organik dalam air, sehingga parameter COD mencerminkan banyaknya senyawa organik yang dioksidasi secara kimia. Tes COD digunakan untuk menghitung kadar bahan organik yang dapat dioksidasi, dihitung dengan menggunakan bahan kimia oksidator kuat dalam media asam.

COD ini secara khusus bernilai apabila BOD tidak dapat ditentukan karena terdapat bahan-bahan beracun. Waktu pengukurannya juga lebih singkat dibandingkan pengukuran BOD. Namun demikian bahwa BOD dan COD tidak menentukan hal yang sama dan karena itu nilai-nilai secara langsung COD tidak

dapat dikaitkan dengan BOD. Hasil pengukuran COD tidak dapat membedakan antara zat organik yang stabil dan yang tidak stabil. COD tidak dapat menjadi petunjuk tentang tingkat dimana bahan-bahan secara biologis dapat diseimbangkan. Namun untuk semua tujuan yang praktis COD dapat dengan cepat sekali memberikan perkiraan yang teliti tentang zat-zat arang yang dapat dioksidasi dengan sempurna secara kimia (Mahida, 1984).

Untuk mengetahui jumlah bahan organik di dalam air dapat dilakukan suatu uji yang lebih cepat dibandingkan dengan uji BOD, yaitu berdasarkan reaksi kimia dari suatu bahan oksidan yang disebut uji COD. Uji COD yaitu suatu uji yang menentukan jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh bahan oksidan seperti kalium dikromat yang digunakan untuk mengoksidasi bahan-bahan organik yang terdapat di dalam air.

Perbedaan COD dan BOD (Benfield, 1980) adalah sebagai berikut :

1. Angka BOD adalah jumlah komponen organik biodegradable dalam air buangan, sedangkan tes COD menentukan total organik yang dapat teroksidasi, tetapi tidak dapat membedakan komponen biodegradable/ non biodegradable.
2. Beberapa substansi inorganik seperti sulfat dan tiosulfat, nitrit dan besi ferrous yang tidak akan terukur dalam tes BOD akan teroksidasi oleh kalium dikromat, membuat nilai COD-inorganik yang menyebabkan kesalahan dalam penetapan komposisi organik dalam laboratorium.
3. Hasil COD tidak tergantung pada aklimasi bakteri, sedangkan hasil tes BOD sangat dipengaruhi aklimasi seeding bakteri.

Uji COD pada umumnya menghasilkan nilai kebutuhan oksigen yang lebih tinggi dibandingkan dengan uji BOD, karena bahan-bahan yang stabil terhadap reaksi biologi dan mikroorganisme dapat ikut teroksidasi dalam uji COD. *Selulosa* adalah salah satu contoh yang sulit diukur melalui uji BOD karena sulit dioksidasi melalui reaksi biokimia, akan tetapi dapat diukur melalui uji COD. (Pramudya Sunu, 2001).

Angka COD merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat-zat organik yang secara alamiah dapat dioksidasikan melalui proses mikrobiologis, dan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut didalam air. Analisa COD berbeda dengan analisa BOD namun perbandingan antara angka COD dan angka BOD dapat ditetapkan dalam Tabel 2.11. berikut ini :

Tabel 2.11. Perbandingan Rata-rata Angka BOD₅/COD untuk Beberapa Jenis Air.

Jenis Air	BOD ₅ / COD
Air buangan domestik (penduduk)	0,40-0,60
Air buangan domestik setelah pengendapan primer	0,60
Air buangan domestik setelah pengolahan secara biologis	0,20
Air sungai	0,10

Sumber : G. Alaerts, 1984

Air yang telah tercemar limbah organik sebelum reaksi oksidasi berwarna kuning, dan setelah reaksi oksidasi berubah menjadi warna hijau. Jumlah oksigen yang diperlukan untuk reaksi oksidasi terhadap limbah organik seimbang dengan jumlah kalium bichromat yang digunakan pada reaksi oksidasi. Makin banyak kalium bikarbonat yang digunakan pada reaksi oksidasi, berarti semakin banyak oksigen yang diperlukan.



2.3.2. TSS (*Total Suspended Solid*)

TSS adalah jumlah berat dalam mg/L kering lumpur yang ada didalam air limbah setelah mengalami penyaringan dengan membran berukuran 0,45 mikron (Sugiharto, 1987). Total Suspended Solid adalah bahan-bahan tersuspensi (diameter > 1 μm) yang tertahan pada saringan millipore dengan diameter pori 0,45 μm . TSS terdiri atas lumpur dan pasir halus serta jasad-jasad renik, yang terutama disebabkan oleh kikisan tanah atau erosi tanah yang terbawa ke badan air (Hefni Effendi, 2003). Materi yang tersuspensi adalah materi yang mempunyai ukuran lebih besar daripada molekul/ ion yang terlarut. Padatan tersuspensi adalah padatan yang menyebabkan kekeruhan air, tidak terlarut dan tidak dapat mengendap langsung. Dalam air alam ditemui dua kelompok zat, yaitu zat terlarut seperti garam dan molekul organis, dan zat padat tersuspensi dan koloidal seperti tanah liat, kwarts. Perbedaan pokok antara kedua kelompok zat ini ditentukan melalui ukuran/ diameter partikel-partikel. Perbedaan ukuran diameter padatan dapat dilihat pada Tabel 2.12. berikut ini :

Tabel 2.12. Klasifikasi Padatan di Perairan Berdasarkan Ukuran Diameter

Klasifikasi Padatan	Ukuran Diameter (μm)	Ukuran Diameter (mm)
Padatan Terlarut	$< 10^{-3}$	$< 10^{-6}$
Koloid	$10^{-3} - 1$	$10^{-6} - 10^{-3}$
Padatan Tersuspensi	> 1	$> 10^{-3}$

Sumber : Hefni Effendi, 2003

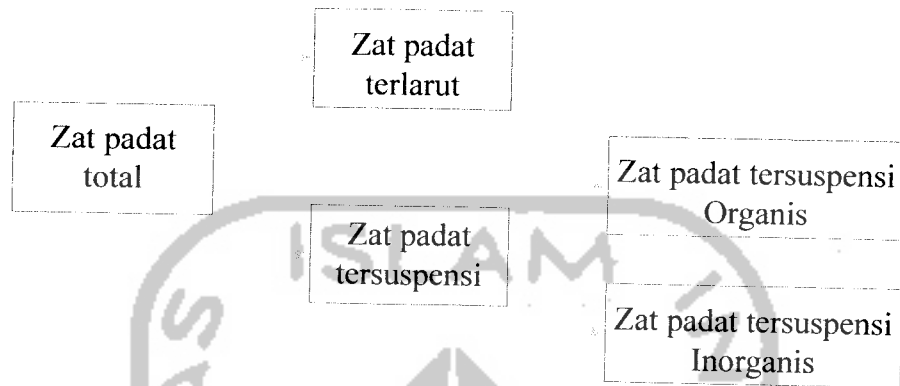
Perbedaan antara kedua kelompok zat yang ada dalam air alam cukup jelas dalam praktek manum kadang-kadang batasan itu tidak dapat dipastikan secara definitif. Dalam kenyataan sesuatu molekul organis polimer tetap bersifat zat yang terlarut, walaupun panjangnya lebih dari 10 μm , sedangkan beberapa jenis zat padat koloid mempunyai sifat dapat bereaksi seperti sifat zat-zat yang terlarut.

Analisa zat padat dalam air sangat penting bagi penentuan komponen-komponen air secara lengkap, juga untuk perencanaan serta pengawasan proses-proses pengolahan dalam bidang air minum maupun dalam bidang air buangan. Zat-zat padat yang berada dalam suspensi dapat dibedakan menurut ukurannya sebagai partikel tersuspensi koloidal (partikel koloid) dan partikel tersuspensi biasa (partikel tersuspensi). Zat padat tersuspensi dapat mengendap apabila keadaan air cukup tenang, ataupun mengapung apabila sangat ringan, materi inipun dapat disaring. Koloid sebaliknya sulit mengendap dan tidak dapat disaring dengan saringan (*filter*) air biasa.

Jenis partikel koloid tersebut adalah penyebab kekeruhan dalam air (*efek tyndall*) yang disebabkan oleh penyimpangan sinar nyata yang menembus suspensi tersebut. Partikel-partikel koloid tidak terlihat secara visual sedangkan larutannya (tanpa partikel koloid) yang terdiri dari ion-ion dan molekul-molekul tidak pernah keruh. Larutan menjadi keruh bila terjadi pengendapan (*presipitasi*) yang merupakan keadaan kejenuhan dari suatu senyawa kimia. Partikel-partikel tersuspensi biasa, mempunyai ukuran lebih besar dari partikel koloid dan dapat menghalangi sinar yang akan menembus suspensi, sehingga suspensi tidak dapat dikatakan keruh, karena sebenarnya air diantara partikel-partikel tersuspensi tidak keruh dan sinar tidak menyimpang.

Seperti halnya ion-ion dan molekul-molekul (zat yang terlarut), zat padat koloidal dan zat padat tersuspensi dapat bersifat inorganik (tanah liat, kwarts) dan organis (protein, sisa makanan dan ganggang, bakteri). Dalam metode analisa zat padat, pengertian zat padat total adalah semua zat-zat yang tersisa sebagai residu

dalam suatu bejana, bila sampel air dalam bejana tersebut dikeringkan pada suhu tertentu. Zat padat total terdiri dari zat padat terlarut dan zat padat tersuspensi yang dapat bersifat organis dan inorganis seperti pada skema dibawah ini :



Gambar 2.3. Skema Pembagian Zat Padat Total

Zat padat tersuspensi sendiri dapat diklarifikasikan sekali lagi antara lain zat padat terapung yang selalu bersifat organis dan zat padat terendap yang dapat bersifat organis dan inorganis. Zat padat terendap adalah zat padat dalam suspensi yang dalam keadaan tenang dapat mengendap setelah waktu tertentu karena pengaruh gaya beratnya. Penentuan zat padat terendap ini dapat melalui volumenya, disebut Analisa Volume Lumpur (sludge volume), dan dapat melalui beratnya disebut analisa lumpur kasar atau umumnya disebut zat padat terendap (*settleable solids*). Dimensi dari zat-zat padat diatas adalah dalam mg/L atau g/L, namun sering pula ditemui % berat yaitu kg zat padat / kg larutan, atau % volume yaitu dm^3 zat padat/ liter larutan.

Apabila jumlah materi tersuspensi ini banyak dan kemudian mengendap, maka pembentukan lumpur dapat sangat mengganggu aliran dalam saluran, pendangkalan cepat terjadi, sehingga diperlukan pengerukan lumpur yang lebih

sering. Apabila zat-zat ini sampai di muara sungai dan bereaksi dengan air yang asin, maka baik koloid maupun zat terlarut dapat mengendap di muara-muara dan proses inilah yang menyebabkan terbentuknya delta-delta. Dapat dimengerti, bahwa pengaruh terhadap kesehatan pun menjadi titik langsung.

2.4. Penelitian Terdahulu

Selain Prof. Ir. Wahyono Hadi Msc. PhD dari provinsi Jawa Timur, Badan Pengelolaan Lingkungan Hidup Daerah Provinsi DKI Jakarta bekerja sama dengan pengrajin keramik Plered Purwakarta telah melakukan uji coba efektivitas saringan keramik buatan Plered sebagai alat untuk memperoleh air minum bebas bakteri yang murah dan hemat energi. Alat ini berfungsi sebagai dispenser air minum yang dilengkapi dengan saringan keramik berpori-pori mikro dengan lapisan partikel perak dari koloid perak yang dikeringkan dan melekat pada pori-pori keramik secara permanen sebagai disinfektan. Keramik perak penjernih air minum buatan Plered adalah penjernih air bebas bakteri yang ringan, ekonomis, efektif, mudah dipindah-pindahkan serta mudah perawatannya.

Keramik Penjernih Air terbuat dari tanah Nat yang umumnya berwarna merah karena penggunaan tanah Nat Plered, dengan campuran berbagai bahan yang habis terbakar saat proses pembakaran keramik dan menjadi pori-pori yang sangat kecil, untuk pori-pori keramik campuran tanah Nat yang dipilih adalah serbuk gergaji. Untuk meningkatkan nilai estetika maka dibuat keramik penjernih yang berwarna putih dengan menggunakan tanah Nat Sukabumi dengan bahan campuran diatomite dan tepung terigu untuk membuat pori-pori. Setelah dicetak

dengan tekanan hidrolis kemudian dikeringkan dan dipanaskan hingga 850 °C untuk tanah Plered atau 1200 °C untuk tanah Sukabumi.

Penjernihan air keramik ini terdiri atas dua bagian yakni bejana penyaring dan bejana penampung air hasil penyaringan. Air yang dituangkan pada bejana penampungan akan merembes melalui saringan keramik ke bejana penampung. Air yang menetes tertampung di bejana penampung dan siap diminum. Hanya saja air yang siap diminum barulah hasil penyaringan yang kedua karena hasil penyaringan yang pertama masih berbau tanah. Ini karena ada sisa abu pembakaran keramik dan sisa koloid perak yang melekat pada abu. Setelah air hasil penyaringan pertama dibuang, air hasil penyaringan berikutnya sudah jernih, bebas bakteri, dan layak minum (BPLHD Provinsi DKI Jakarta, 2005).

2.5. Hipotesa

- Terjadi penurunan kandungan COD dan TSS setelah melalui proses filtrasi dengan menggunakan *membran keramik*.