TA/TL/2008/0264

TUGAS AKHIR

PENURUNAN *CHEMICAL OXYGEN DEMAND* (COD) PADA LIMBAH CAIR BATIK DENGAN MENGGUNAKAN MEMBRAN KERAMIK

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Untuk Memenuhi Sebagai Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Teknik Lingkungan



Disusun oleh:

Nama : MAHPUT BUDIANTO
No. Mhs : 02513044

JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
JOGJAKARTA
2008

LEMBAR PENGESAHAN

PENURUNAN *CHEMICAL OXYGEN DEMAND* (COD) PADA LIMBAH CAIR BATIK DENGAN MENGGUNAKAN MEMBRAN KERAMIK

Nama : Mahput Budianto

No. Mahasiswa : 02 513 044

Program Studi : Teknik Lingkungan

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Dosen Pembimbing I	Dosen Pembimbing II
Ir.Kasam, MT	**Eko Siswoyo, ST**

Mengetahui :

Ketua Jurusan Teknik Lingkungan

18 08.

Luqman Hakim, ST. MSi

Sepenuh hati, kupersembahkan karya ini kepada

Bapak dan Mama' Tercinta
Yang telah sepenuh hati berjuang mendidik dan
membesarkanku dengan ketulusan dan kasih sayang
serta lantunan doa yang selalu menyertaiku

"Sahabat ku"
Yang mengajariku arti "persahabatan dan yang selalu
memberiku semangat "

Kakakku- Kakakku Tersayang
Yang selalu memberiku semangat, mengajari ku arti kesabaran
dan kebersamaan
dengan ikatan persaudaraan



Διαλαη ψανγ μενφαδικαν βυμι σεβαγαι ηαμπαραν βαγιμυ δαν λανγι
τ σεβαγαι αταπ, δαν Δια μενυρυνκαν αιρ (ηυφαν) δαρι λανγιτ, λαλυ
Δια μενγηασιλκαν δενγαν ηυφαν ιτυ
σεγαλα βυαη–βυαηαν σεβαγαι ρεζκι υντυκμυ ; καρενα ιτυ φανγανλ
αη καμυ
μενγαδακαν σεκυτυ–σεκυτυ βαγι Αλλαη, παδαηαλ καμυ μενγεταηυι
(Αλ Βαθαραη 22)

Διαλαη ψανγ μενιυπκαν ανγιν (σεβαγαι) πεμβαωα καβαρ
γεμβιρα δεκατ σεβελυμ κεδατανγαν ραηματ–Νψα (ηυφαν) ; δαν Καμ
ι
τυρυνκαν δαρι λανγιτ αιρ ψανγ αματ βερσιη. Αγαρ Καμι μενγηιδυπ
καν δενγαν
αιρ ιτυ νεγερι (ταναη) ψανγ ματι, δαν αγαρ Καμι μεμβερι μερεκα δε
νγαν αιρ ιτυ
σεβαγιαν βεσαρ μακηλυκ Καμι, βινατανγ–βινατανγ τερνακ δαν
μανυσια ψανγ βανψακ (Αλ Φυρθααν 48–49)

P R A K A T A

Assalamu'alaikum Wr. Wb

Syukur Alhamdulillah, penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat hidayah serta inayah-Nya kepada kita semua. Sholawat serta salam senantiasa tercurahkan kepada baginda Nabi Muhammad SAW, yang telah membawa manusia dari alam kegelapan menuju alam yang terang benderang dengan ilmu pengetahuan. Dengan rahmat, hidayah serta inayah dari Allah SWT penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul PENURUNAN *CHEMICAL OXYGEN DEMAND* (COD) PADA LIMBAH CAIR BATIK DENGAN MENGGUNAKAN MEMBRAN KERAMIK.

Sejalan dengan proses pelaksanaan dan penulisan tugas akhir ini, tentu saja penulis mendapatkan begitu banyak bantuan dan dukungan dari berbagai pihak baik itu secara moral dan materil, langsung maupun tidak langsung yang akhirnya menghantarkan penulis untuk dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Untuk mengenang jasa tersebut penulis menghaturkan ucapan terima kasih yang ikhlas dan tulus kepada :

1. Bapak Luqman Hakim, ST.Msi selaku ketua jurusan Teknik Lingkungan
2. Bapak Ir. H. Kasam, MT, Selaku dosen pembimbing pertama yang tetap memberikan arahan dan bimbingannya di tengah kesibukannya yang sangat padat.

3. Bapak Eko Siswoyo, ST. Selaku dosen pembimbing kedua yang senantiasa memberikan bimbingannya selama proses penyusunan tugas akhir ini.
4. Semua dosen yang telah membekali ilmu pengetahuan selama penulis menempuh jenjang perkuliahan di UII.
5. Mas Agus yang telah banyak membantu proses pelaksanaan tugas akhir ini.
6. Kedua orang tuaku ; Bapak dan Mama' tercinta atas restu dan do'a yang selalu teriring tanpa henti, nasehat dan dukungan yang diberikan kepadaku hingga terselesaikannya tugas akhir ini.
7. Mas Muhaimin, dan kakakku-kakakku yang tersayang, atas restu dan do'anya yang menyertaiku selama perkuliahan.
8. Sohib ku Antung yang selalu setia membantu, terima kasih yang tulus untuk semua waktu, kesabaran, dukungan, semangat, dan do'a yang menyertaiku sampai akhir perjalanan tugas akhir ini.
9. Teman-teman kosku yang selalu membantu dan memberiku semangat sampai terselesaikannya tugas akhir ini.
10. Buat teman-teman seperjuangan, trima kasih atas kerjasamanya sampai terselesaikannya tugas akhir ini. Semoga persahabatan yang telah terbina tidak akan pudar begitu saja dan tak akan tergoyahkan sampai kapanpun.
11. Kepada semua pihak yang turut membantu kesuksesan penulis walaupun belum disebutkan disini tetapi kan selalu kuingat dan kukenang.

Penulis menyadari bahwa karya yang telah dihasilkan ini tidak luput dari kesalahan dan kekurangan, karena itu perkenankanlah permohonan maaf dari penulis. Akhirnya, penulis berharap karya ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan baik dikalangan pendidikan maupun dikalangan masyarakat umum, sehingga

dikemudian hari hasil dari penulis ini dapat lebih dikembangkan kearah yang lebih baik.

Wabbilahitaufiq Walhidayah
Wassalamu'alaikum Wr.Wb

Yogyakarta, Mei 2008

Penulis

Mahput Budianto

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL
HALAMAN PENGESAHAN i
HALAMAN PERSEMBAHAN ii
HALAMAN MOTTO iii
PRAKATA iv
DAFTAR ISI vii
DAFTAR TABEL x
DAFTAR GAMBAR xi
DAFTAR GRAFIK xii
DAFTAR LAMPIRAN xiii
ABSTRAKSI xiv
ABSTRACT xv

BAB I PENDAHULUAN
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 4
1.3 Batasan Masalah..... 4
1.4 Tujuan Penelitian 4
1.5 Manfaat Penelitian..... 5

BAB II TINJAUAN PUSTAKA
2.1 Pengertian Air Limbah 6
2.2 Karakteristik Air Limbah 7
2.3 Proses Pembuatan Batik 10
2.4 Limbah Industri Batik 13
2.5 Sumber Limbah Batik 14
2.6 Karakteristik Limbah Cair Batik 17
2.7 Pengolahan Limbah Cair Batik 20
2.7.1 Membran Keramik 20

2.7.2 Keramik 24
2.7.3 Bahan Baku Keramik 25
2.7.4 Pembuatan Keramik 35
2.8 Pengaruh Limbah Batik Terhadap Lingkungan 38
2.9 Parameter Penelitian 39
2.10 Hipotesa 42

BAB III METODE PENELITIAN
3.1 Umum 43
3.2 Jenis Penelitian 43
3.3 Objek Penelitian 43
3.4 Lokasi Penelitian 43
3.5 Waktu Penelitian 44
3.6 Metode Penelitian 44
3.7 Variabel Penelitian 44
3.8 Parameter Penelitian 45
3.9 Tahapan Penelitian 45
3.9.1 Desain Membran Keramik 45
3.9.2 Desain Reaktor Luar 46
3.9.3 Persiapan Alat dan Bahan Untuk Penelitian 46
3.10 Analisa Data 47

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN
4.1 Data Hasil Uji Laboratorium 50
4.1.1 Data Pengukuran *Chemical Oxygen Demand* (COD) 50
4.2 Analisa Data Dengan Mengunakan T-test 57
4.2.1 T-test Analisa COD Pada Membran Keramik Dengan Variasi Serbuk Gergaji 3%, 5% dan 7% 57
4.3 Pembahasan COD 62

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN
5.1 Kesimpulan 71
5.2 Saran 71

DAFTAR PUSTAKA
LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Zat Pencemar Dalam Limbah Batik Cair Pada Proses Pembuatan Batik	15
Tabel 2.2	Karakteristik Limbah Cair Industri Kecil Batik	20
Tabel 2.3	Perbandingan Adsorpsi Fisik dan Adsorpsi Kimia	22
Tabel 4.1	Diameter Porositas Membran Keramik	50
Tabel 4.2	Data COD Pada Membran Keramik Dengan Komposisi Serbuk Gergaji 3%	51
Tabel 4.3	Data COD Pada Membran Keramik Dengan Komposisi Serbuk Gergaji 5%	53
Tabel 4.4	Data COD Pada Membran Keramik Dengan Komposisi Serbuk Gergaji 7%	55
Tabel 4.5	Paired Samples Statistics Untuk COD Pada Membran Keramik Dengan Komposisi Serbuk Gergaji 3%	57
Tabel 4.6	Paired Samples Correlations Untuk COD Pada Membran Keramik Dengan Komposisi Serbuk Gergaji 3%	58
Tabel 4.7	Paired Samples Test Untuk Data COD Pada Membran Keramik Dengan Komposisi Serbuk Gergaji 3%	58
Tabel 4.8	Paired Samples Statistics Untuk COD Pada Membran Keramik Dengan Komposisi Serbuk Gergaji 5%	59
Tabel 4.9	Paired Samples Correlations Untuk COD Pada Membran Keramik Dengan Komposisi Serbuk Gergaji 5%	59
Tabel 4.10	Paired Samples Test Untuk Data COD Pada Membran Keramik Dengan Komposisi Serbuk Gergaji 5%	60
Tabel 4.11	Paired Samples Statistics Untuk COD Pada Membran Keramik Dengan Komposisi Serbuk Gergaji 7%	61
Tabel 4.12	Paired Samples Correlations Untuk COD Pada Membran Keramik Dengan Komposisi Serbuk Gergaji 7%	61
Tabel 4.13	Paired Samples Test Untuk Data COD Pada Membran Keramik Dengan Komposisi Serbuk Gergaji 7%	61

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Skema Pengelompokan Bahan Yang terkandung Didalam Air Limbah	7
Gambar 2.2	Diagram Alir Proses Pembuatan Batik	11
Gambar 2.3	Tahap Proses Pembuatan Batik Tulis Dengan Sumber Limbahnya	16
Gambar 2.4	Skema Perubahan Bentonit Alam Dalam Pembakaran	38
Gambar 3.1	Diagram alir Penelitian	44
Gambar 3.2	Membran Keramik.....	46

DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1	COD Pada Air Hasil Filtrasi Dengan Komposisi Serbuk Gergaji 3 %	52
Grafik 4.2	Hubungan Effisiensi Removal COD Dengan Variasi Waktu Sampling Pada Membran Keramik 3 %	52
Grafik 4.3	Hubungan Debit Outlet dengan Variasi Waktu Pada Membran Keramik Dengan Komposisi Serbuk Gergaji3 %	53
Grafik 4.4	COD Pada Air Hasil Filtrasi Dengan Komposisi Serbuk Gergaji 5 %	54
Grafik 4.5	Hubungan Effisiensi Removal COD Dengan Variasi Waktu Sampling Pada Membran Keramik 5 %	54
Grafik 4.6	Hubungan Debit Outlet dengan Variasi Waktu Pada Membran Keramik Dengan Komposisi Serbuk Gergaji5 %	55
Grafik 4.7	COD Pada Air Hasil Filtrasi Dengan Komposisi Serbuk Gergaji 7 %	56
Grafik 4.8	Hubungan Effisiensi Removal TSS Dengan Variasi Waktu Sampling Pada Membran Keramik 7 %	56
Grafik 4.9	Hubungan Debit Outlet dengan Variasi Waktu Pada Membran Keramik Dengan Komposisi Serbuk Gergaji 7 %	57

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran

1. Gambar-gambar
2. Hasil uji porositas
3. Sertifikat Hasil Uji Kualitas Air Limbah
4. Keputusan Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta No.281/KPTS/1998

ABSTRAKSI

Batik merupakan sektor andalan yang dapat meningkatkan pendapatan asli Daerah Istimewa Yogyakarta yang telah terkenal baik yaitu nasional maupun internasional. Banyaknya industri batik baik yang besar maupun yang berskala rumah tangga memunculkan masalah sosial lain, yaitu melimpahnya produksi limbah. Limbah usaha kerajinan batik sebagian besar dalam bentuk cair yang sebagian besar dihasilkan dari proses pembilasan/pencucian. Penelitian ini bertujuan menurunkan kadar Chemical Oxygen Demand (COD) pada limbah batik Nakula Sadewa dengan menggunakan Membran Keramik. Pada penelitian ini dipilih teknologi dengan menggunakan membran keramik dengan komposisi tanah lempung, pasir kwarsa, dan serbuk gergaji. Proses yang terjadi dalam membran keramik yaitu penyaringan (filtrasi) dan penyerapan (adsorpsi), dimana bahan-bahan tersuspensi disaring dan diserap oleh membran keramik. Teknologi ini memiliki kelebihan seperti bahan-bahannya telah ada di alam, murah dan mempunyai nilai ekonomis yang tinggi.

Tujuan penelitian adalah a) mengetahui effisiensi membran keramik dalam menurunkan kadar COD pada limbah air batik, b) mencari komposisi membran keramik yang paling efektif, dari komposisi serbuk gergaji 3%, 5% dan 7% dalam menurunkan kadar COD pada limbah cair batik, c) mengetahui waktu jenuh untuk menurunkan COD pada limbah cair batik.

Berdasarkan hasil analisa, membran keramik dengan komposisi serbuk gergaji 5% yang paling tinggi dalam menurunkan COD yaitu sebesar 80.43%. Selama 5 hari proses running, rata-rata dari ketiga membran keramik belum terjadi titik jenuh tetapi berdasarkan effisiensi removal menunjukkan terjadinya penurunan kadar COD dari awal sampai akhir proses running.

Kata kunci : Limbah batik, Membran keramik, Chemical Oxygen Demand (COD), Adsorpsi, filtrasi.

ABSTRACT

Batik is the main sector which can increase the income in D.I Yogyakarta which is famous either nationally or international. Some of the batik industry which from home to large scale industry has emerging some others social problem, there is the large amount of production waste. The most wastes from batik industry are in the from of liquid wastes which is yielded by washing off process. The objective of this research is decrease Chemical Oxygen Demand (COD) in batik wastewater using ceramic membran. The ceramic membrane technology is used in this research with composition of clay, quartz and saw dust. Process occurred on ceramic membrane is filtrastion and adsorption, where the suspended matters was filterize and adsorbed by ceramic membrane. There is a lot of benefit from this technology such as materials supply from the nature, cheap and high economic value.

The purpose of the research are a) To know efficiency of ceramic membrane to decrease Chemical Oxygen Demand in batik wastewater, b) to know the best composition of ceramic membrane from saw dust composition 3%, 5% and 7% to decrease Chemical Oxygen Demand (COD) in batik wastewater, and c) To know the surfeited time to decrease Chemical Oxygen Demand (COD) in batik wastewater.

The result of analysis, the hight decrease of Chemical Oxygen Demand (COD)) with ceramic membrane compotition sawdust 3% is 80,43%. Average three ceramic membrane not satisfieted time, but the removal efficiency shows that there is decrease of the Chemical Oxygen Demand in batik wastewater until 5 days running process.

Key words : Batik waste, Ceramic membrane, Chemical Oxygen Demand (COD), Adsoption, Filtration

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Banyaknya industri baik skala besar maupun kecil yang bermunculan serta pertumbuhan penduduk yang semakin pesat membawa dampak positif maupun negatif terhadap lingkungan dan secara otomatis akan berdampak pada kehidupan manusia. Sebagai contoh adalah timbulnya limbah, baik industri maupun domestik yang apabila tidak dikelola dengan baik akan menyebabkan kerusakan lingkungan dan gangguan kesehatan.

D.I.Yogyakarta terkenal sebagai daerah kerajinan batik. Batik merupakan ciri khas dan menjadi andalan bagi masyarakat Yogyakarta dan telah terkenal baik nasional maupun internasional. Perkembangan industri batik saat ini juga membawa dampak yang positif maupun negatif bagi manusia dan lingkungan sekitarnya. Dampak positif yang ditimbulkan bagi manusia antara lain yaitu terbukanya lapangan pekerjaan sehingga dapat meningkatkan taraf hidup masyarakat. Sedangkan dampak negatif bagi lingkungan yaitu tercemarnya tanah, air dan udara yang ditimbulkan dari sisa proses pembuatan batik.

Berkembangnya sektor industri di Daerah Istimewa Yogyakarta dapat menjadikan provinsi ini tidak hanya dikenal sebagai kota pelajar dan kota budaya, melainkan dikenal juga sebagai daerah industri yang terbukti dengan banyak berdirinya beberapa jenis industri. Salah satu dari sekian jenis industri adalah industri batik.

Sebagian pengelola industri batik di Yogyakarta belum menangani secara serius terhadap limbah yang dihasilkan. Beberapa diantaranya langsung membuang limbah batik ke sungai, karena hingga saat ini belum ditemukan teknik untuk menangani limbah yang murah dan sederhana yang dapat digunakan untuk mendaur ulang limbah cair industri batik. Limbah yang berasal dari perindustrian, contohnya adalah substansi-substansi organik seperti detergen, bahan farmasi, minyak-minyak, pestisida, garam-garam logam, partikel-partikel baik organik

maupun anorganik mengendap. Untuk mengatasi permasalahan tersebut diperlukan suatu alternatif pengolahan dan pengelolaan secara teknologi sebelum limbah batik dibuang kelingkungan.

Air Limbah merupakan bahan sisa suatu produk sisa dari suatu aktifitas/kegiatan manusia yang dapat menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan sekitarnya apabila tidak dikelola secara tepat akan dapat mengakibatkan pencemaran terhadap lingkungan baik udara, air, maupun tanah. Adapun dampak negatif yang ditimbulkan dengan adanya limbah antara lain: 1) Dapat berbahaya bagi kesehatan manusia, 2) Dapat merusak kestabilan dan kehidupan ekosistem dalam suatu perairan dan dapat mengganggu estetika lingkungan.

Dari proses produksinya, industri batik banyak menggunakan bahan-bahan kimia dan air. Bahan kimia ini biasanya digunakan pada proses pewarnaan dan pencelupan. Pada umumnya polutan yang terkandung dalam industri batik dapat berupa padatan tersuspensi, organik dan *Chemical Oxygen Demand* (COD), COD yang terdapat dalam limbah batik secara tidak langsung sangat berbahaya bagi lingkungan dan mahluk hidup lainnya. Konsentrasi *Chemical Oxygen Demand* (COD) yang berlebihan pada suatu badan air tidak diinginkan bagi kepentingan perikanan dan pertanian, oleh karena itu apabila air buangan batik ini dialirkan langsung kelingkungan, tanpa adanya pengolahan terlebih dahulu maka akan menurunkan kualitas lingkungan dan merusak kehidupan yang ada di lingkungan dan menyebabkan ikan-ikan pada mati. Sebagai salah satu alternatif pengolahan untuk menurunkan konsentrasi konsentrasi limbah batik dengan parameter *Chemical Oxygen Demand* (COD*)* dapat dilakukan dengan menggunakan teknologi membran keramik. Teknologi yang proses pemisahan sedang berkembang dalam beberapa dekade saat ini dan keberadaannya penting adalah teknologi membran, teknologi tersebut antara lain adalah teknologi *membran keramik*, dimana keramik berfungsi sebagai media filter. Dalam prakteknya teknologi *membran keramik* digunakan dalam pengolahan air baik pada air baku maupun pada air limbah, sehingga dengan adanya teknologi *membran keramik* ini diharapkan dapat meremoval kandungan COD. Hasil akhir yang diperoleh dengan

menggunakan teknologi membran keramik diharapkan menghasilkan effluent yang berkualitas lebih baik dan dapat dimanfaatkan untuk kebutuhan-kebutuhan yang lain. Pada penelitian ini menggunakan komposisi bahan baku antara lain tanah lempung, pasir kuarsa dan serbuk gergaji. Teknologi membran keramik merupakan teknologi yang kini sedang berkembang. Teknologi membran keramik ini memiliki kelebihan-kelebihan antara lain:

1. Bahan-bahannya mudah ditemukan karena telah ada dialam (alami)
2. Murah dan mudah dalam pembuatannya
3. Mempunyai nilai ekonomis yang tinggi

Untuk teknologi membran telah ada penelitian sebelumnya antara lain yang dilakukan oleh Wahyono Hadi, dari provinsi Jawa Timur yang meneliti tentang effisiensi pemisahan optimum untuk purifikasi air dan konsentrasi logam berat pada limbah elektroplacting pada penggunaan kembali bahan baku dengan tujuan untuk menyediakan air tawar di daerah pesisir dan menyediakan konsentrat logam berat dari suatu limbah pelapisan logam sejenisnya agar dapat diproses kembali untuk bahan baku. Hasil dari penelitian tersebut yaitu: Effisiensi pemisahan optimum untuk salinitas berkisar antara 32-38% untuk material dengan komposisi keramik karang pilang/pasir/SG 10/ 5/2,5 dengan kecepatan filtrasi 5 liter per jam. Air baku yang dengan kadar klorida 1000, 5000, dan 10000 mg/L terpisahkan alinitasnya masing-masing sebesar 33, 32, dan 38% dengan kecepatan filtrasi masing-masing sebesar 5.96, 4.32 dan 4.7 l/jam. Komposisi material keramik Sidoarjo/ pasir/ arang 10/ 5/ 1, keramik Sidoarjo/ pasir/ SG 10/ 5/ 2, keramik karang Pilang/ pasir/ arang 10/ 5/ 1,5 dan keramik/ SG 10/ 2,5, ditengarai mempunyai kemampuan pemisahan terbaik untuk logam tembaga. Effisiensi pemisahan tertinggi untuk logam kromium terjadi pada komposisi material keramik Sidoarja/ pasir/ arang 10/ 5/ 2, keramik Sidoarjo/ pasir/ SG 10/ 5/ 1, keramik karang pilang/ pasir/ arang 10/5/2,5, keramik karang pilang/ pasir/ SG 10/ 5/ 1 dan keramik/ SG 10/ 2,5.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang ada diatas maka permasalahan yang akan diangkat yaitu:

1. Apakah membran keramik dapat digunakan untuk menurunkan COD pada air limbah sisa pembuatan batik dan berapa besar efisiensinya.
2. Pada komposisi berapakah serbuk gergaji efektif dalam menurunkan COD.
3. Berapa lama waktu jenuh dari "membran keramik" dalam menurunkan COD pada air limbah sisa proses pembuatan batik.

1.3 Batasan Masalah

Dari rumusan maslaah yang ditentukan dan agar penelitian dapat berjalan sesuai dengan keinginan sehingga tidak terjadi penyimpangan, maka batasan masalah pada penelitian tugas akhir ini yaitu:

1. Metode yang digunakan yaitu metode filtrasi dengan menggunakan reaktor membran keramik, dengan komposisi reaktor adalah tanah lempung, pasir kuarsa dan serbuk gergaji.
2. Jenis tanah lempung yang digunakan adalah tanah lempung dengan bakaran suhu rendah.
3. Sampel yang digunakan dalam penelitian adalah air limbah sisa proses pembuatan batik**.**
4. Parameter yang diuji dalam penelitian adalah COD
5. Variasi dari serbuk gergaji adalah 3 %, 5 %, 7 %.
6. Variasi dari waktu adalah : 12 jam, 24 jam, 36 jam, 48 jam, 60 jam, 72 jam, 84 jam, 96 jam, 108 jam dan 120 jam

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Mengetahui efisiensi penurunan COD pada limbah proses pembuatan batik.

2. Mencari komposisi membran keramik yang paling efektif, dari komposisi sebuk gergaji 3%, 5%, dan 7% dalam menurunkan kadar COD dalam air buangan limbah batik.
3. Mengetahui waktu jenuh untuk menurunkan COD pada limbah proses pembuatan batik.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitan ini adalah sebagai berikut:

1. Mendapatkan suatu teknologi yang murah dan sederhana yang dapat menurunkan COD dalam air buangan industri batik
2. Memberikan salah satu alternatif pengolahan air buangan dalam menurunkan COD.
3. Sebagai referensi dan bahan kajian bagi peneliti berikutnya untuk mengembangkan hasil yang diperoleh dari penelitian ini dan mencoba berbagai variasi sehingga akan diperoleh data yang lebih lengkap tentang kemampuan membran keramik dalam menurunkan COD dalam air buangan industri batik.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Air Limbah

Secara umum yang dimaksud dengan air limbah atau air buangan adalah campuran dari bahan cair dan bahan padat yang berasal dari kegiatan rumah tangga, pemukiman perkantoran, bangunan-bangunan, perdagangan, industri, bersama-sama dengan air bawah tanah, air permukaaan dan air hujan yang ada.

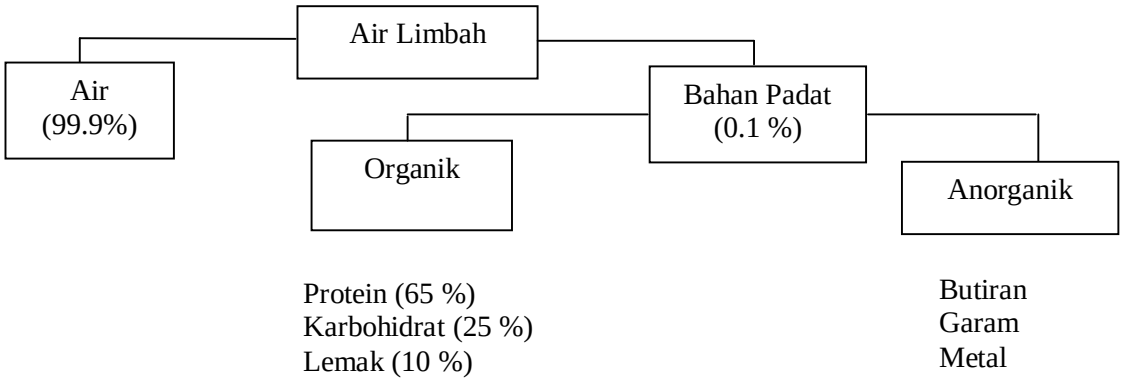
Air limbah dapat diartikan sebagai suatu kejadian masuknya atau dimasukannya benda padat, cair dan gas ke dalam air dengan sifat yang dapat berupa endapan/padat, padat tersuspensi, terlarut/koloid, emulsi yang menyebabkan air sehingga harus dipisahkan atau dibuang. (Tjokrokusumo,1998).

Air limbah yang di dalamnya terkandung polutan gas adalah merupakan bahan yang harus ditangani secara semestinya untuk tidak menimbulkan kerugian kesehatan atau secara luas tidak menimbulkan kerugian-kerugian ekonomi dan kesehatan (Technobanoglus, 1979).

Menurut Sugiharto (1987) air limbah merupakan bahan sisa yang merupakan kotoran dari masyarakat dan rumah tangga dan juga yang berasal dari industri, air tanah, air permukaan serta buangan lainnya. Dengan demikian air buangan ini merupakan hal yang bersifat kotoran umum.

Air limbah yang tidak mengalami pengelolaan terlebih dahulu maka air ini akan terakumulasi dan terjadi dekomposisi bahan organik yang menghasilkan bau yang tidak sedap dan banyak mengandung bakteri patogen penyebab penyakit pada manusia.

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 didalam air limbah dapat dikelompokkan seperti pada skema berikut ini :



Gambar 2.1 Skema Pengelompokan Bahan yang Terkandung didalam Air Limbah

Sumber: Sugiharto, 1987

2.2 Karakteristik Air Limbah

Karakteristik air limbah perlu diketahui untuk dijadikan sebagai dasar dalam menentukan jenis pengolahan dari air limbah tersebut. Menurut sifat dan karakteristik air limbah dapat dikelompokkan menjadi 3 bagian yaitu :

1. Sifat Fisik Air Limbah

   Penentuan derajat kekotoran air limbah sangat dipengaruhi oleh adanya sifat fisik yang mudah terlihat. Parameter yang tergolong dalam sifat fisik ini meliputi kandungan zat padat sebagai efek estetika dari kejernihan serta bau, warna dan temperatur. Sifat fisik dari air limbah dapat dilihat dengan cara visual dimana meliputi kandungan zat padat sebagai efek estetika, bau yang dikarenakan adanya bahan-bahan organik yang dapat membusuk serta dapat mengganggu estetika, warna yang dipengaruhi oleh masuknya zat terlarut seperti unsur kimia organik dan anorganik yang dapat mengurangi penetrasi sinar/cahaya ke dalam air sehingga akan mempengaruhi regenerasi oksigen secara fotosintesis (Tjokrokusumo, 1998).

   Air yang mempunyai standar kualitas harus bebas dari bau atau tidak berbau. Adanya bau disebabkan oleh bahan-bahan organik yang dapat membusuk serta senyawa kimia lain seperti phenol. Jika air berbau maka akan mengganggu estetika.

Bau merupakan parameter yang subjektif. Pengukuran bau tergantung pada sensitivitas indera penciuman seseorang. Kehadiran bau-bauan yang lain menunjukkan adanya komponen-komponen lain dalam air. Misalnya bau seperti bau telur busuk menunjukkan adanya hidrogen sulfida yang dihasilkan oleh permukaan zat-zat organik dalam kondisi anaerobik. (Siregar, 2005).

Kimia organik dan anorganik (Tjokrokusumo, 1998). Warna jika berada dalam air terlihat dengan jelas akan mengurangi penetrasi sinar atau cahaya ke dalam air, sehingga mempengaruhi regenerasi oksigen seacra fotosintesis dan akan mengganggu aktifitas biologi yang berada di dalamnya. Pada kenyataannya pencemaran oleh zat warna juga dapat menyebabkan gangguan estetika lingkungan. Apabila kondisi tersebut berlangsung terus-menerus dapat mengakibatkan terputusnya proses yang merupakan siklus pendukung lingkungan hidup (Fardiaz, 1992).

Pada air limbah, warna biasanya disebabkan oleh kehadiran meteri-materi *dissolved*, *suspended*, dan senyawa-senyawa koloidal, yang dapat dilihat dari spektrum warna yang terjadi. Padatan yang terdapat di dalam air limbah dapat diklasifikasikan menjadi *floating*, *setteable*, *suspended*, atau *dissolved*.(Siregar, 2005).

Temperatur menunjukkan derajat atau tingkat panas air limbah yang diterakan ke dalam skala-skala. Skala temperatur yang biasa digunakan adalah skala Fahrenheit (ºF) dan skala Celcius (ºC). Kedua skala tersebut berhubungan dengan persamaan sebagai berikut :

$$ºC = 5/9 (ºF – 32)$$

$$ºF = 9/5 \ (ºC) + 32$$

Temperatur merupakan parameter yang penting dlam pengoperasian unit pengolahan limbah karena berpengaruh terhadap proses biologi dan fisika.

Temperatur, temperatur air akan mempengaruhi kesukaan masyarakat terhadap air tersebut. Temperatur yang diharapkan adalah antara 10-15º C, bila terjadi penyimpangan akan mengakibatkan meningkatnya daya

toksisitas bahan kimia atau bahan pencemar dalam air, pertumbuhan mikrobiologi dalam air.

2. Sifat Kimia Air Limbah

Sifat kimia air limbah meliputi senyawa organik dan senyawa anorganik. Senyawa organik adalah karbon yang dikombinasi dengan satu atau lebih elemen-elemen lain (O, N, P, H). Saat ini terdapat lebih dari dua juta jenis senyawa organik yang telah diketahui. Senyawa anorganik terdiri atas semua kombinasi elemen yang bukan tersusun dari karbon organik. Karbon anorganik dalam air limbah pada umumnya terdiri atas sand, grit, dan mineral-mineral, baik *suspended* maupun *dissolved*. Misalnya : klorida, ion hidrogen, nitrogen, fosfor, logam berat, dan asam. Elemen-elemen yang terdapat dalam jumlah berlebihan akan bersifat toksik dan menghalangi proses-proses biologi (Siregar, 2005).

Kandungan bahan kimia yang ada di dalam air limbah dapat merugikan lingkungan. Bahan organik terlarut dapat menghasilkan oksigen dalam limbah serta akan menimbulkan rasa dan bau yang tidak sedap. Selain itu akan lebih berbahaya apabila bahan kimia merupakan bahan kimia yang beracun. Adapun bahan kimia yang penting yang ada di dalam air limbah pada umumnya dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

a. Bahan Organik, secara umum bahan organik terdiri dari kombinasi dari karbon, hidrogen, oksigen dengan nitrogen. Elemen lainnya yang penting seperti belerang, fosfor dan besi juga dapat dijumpai. Pada umumnya kandungan bahan organik yang dijumpai dalam air limbah berisikan 40-60% adalah protein, 25-50% berupa karbohidrat serta 10% lainnya berupa lemak atau minyak. Semakin lama, jumlah dan jenis bahan organik semakin banyak, hal ini akan mempersulit dalam pengolahan air limbah, sebab beberapa zat tidak dapat diuraikan oleh mikroorganisme.
b. Bahan anorganik, beberapa komponen anorganik dari air limbah dan air alami adalah sangat penting untuk peningkatan dan pengawasan kualitas air minum. Jumlah kandungan bahan anorganik meningkat

sejalan dan dipengaruhi oleh formasi geologis dari asal air limbah berasal. Bahan yang banyak digunakan sebagai indikator untuk mengetahui kualitas air limbah. Bahan anorganik meliputi: pH, klorida, kebasaan, sulfur, zat beracun, logam berat, metan, Nitrogen, fosfor, gas (Sugiharto, 1985).

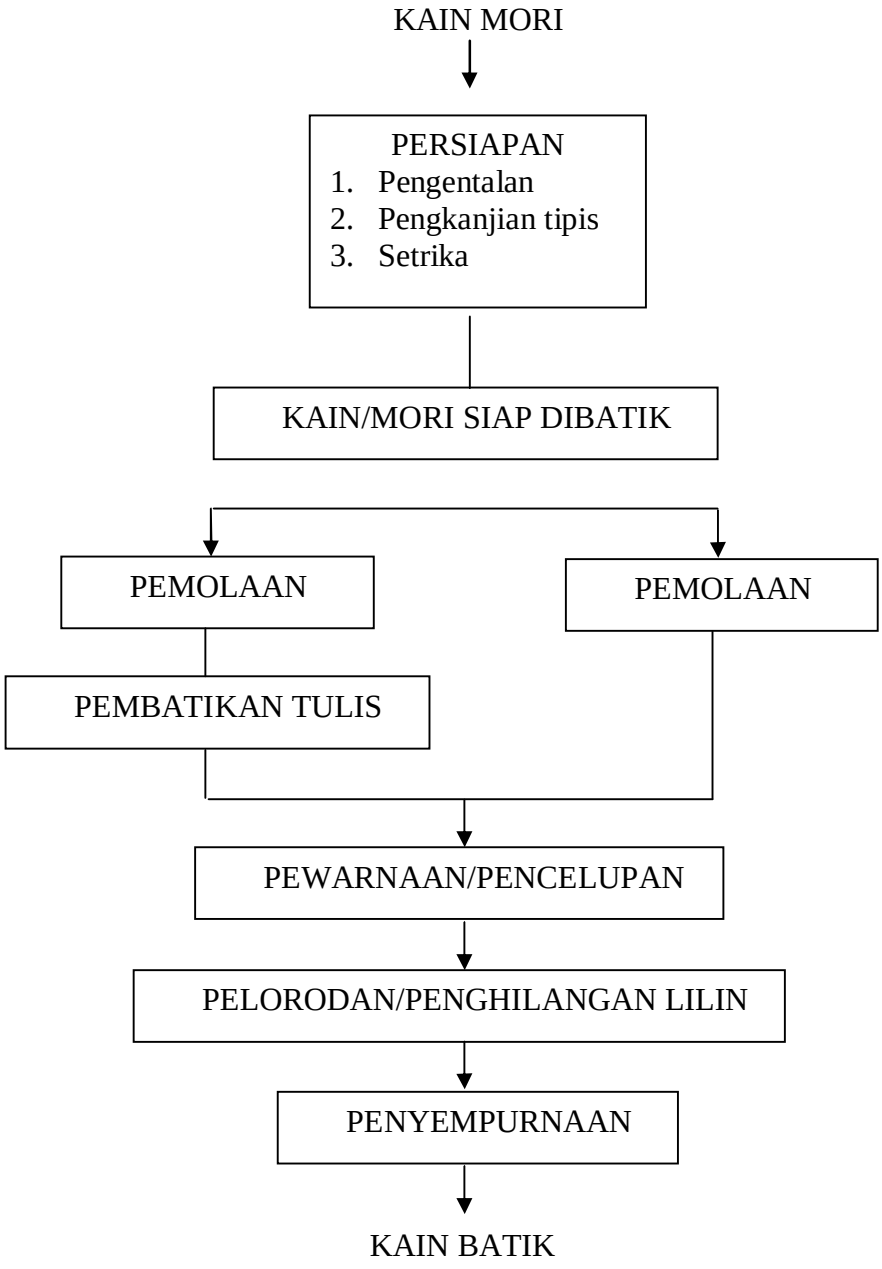
3. Sifat Biologis Air Limbah

Pencemaran bakteriologis terjadi akibat adanya kontaminasi dari tinja yang terjangkit oleh penyakit yang diderita oleh manusia dengan akibat air menjadi pembawa bibit penyakit dari bakteri, virus, protozoa dan cacing parasit yang bersifat patogenik. Bakteri penyakit dari air diantaranya penyebab penyakit tipus, berasal dari bakteri *salmonia typhosa*, penyakit kolera dari bakteri *vibrio cholera* dan penyakit disentri yang disebabkan oleh basil disentri. Virus *poliomycelities* dan *hepatities* menular, terdapat di air dari buangan tinja yang terkena penyakit itu. Parasit protozoa diantaranya adalah *entamoeba istolyca* dan *grardia lamblia*, keduanya merupakan penyebab penyakit perut yang cukup berbahaya. Indikator yang digunakan untuk mengetahui besar dan kecilnya pencemaran bakteriologis adalah berapa jumlah bakteri koliform per seratus ml larutan dengan singkatan MPN (*Most Probable Number*) (Tjokrokusumo, 1998).

Mikroorganisme ditemukan dalam jenis yang sangat bervariasi hampir dalam semua bentuk limbah, biasanya dengan konsentrasi 10^5-10^8 organisme/ml. Kebanyakan merupakan sel tunggal yang bebas ataupun berkelompok dan mampu melakukan proses-proses kehidupan (tumbuh, metabolisme, dan reproduksi). Keberadaan bakteri dalam unit pengolahan air limbah merupakan kunci efisiensi proses biologis. Bakteri juga berperan penting untuk mengevaluasi kualitas air (Siregar, 2005).

2.3 Proses Pembuatan Batik

Dalam proses pembuatan batik bahan baku yang digunakan diataranya yaitu kain mori, bahan lilin, bahan batik dan zat warna sebagai bahan pembantu. Proses pembuatan batik dapat dilihat dalam Gambar 2.2 dibawah ini:



Gambar 2.2 Diagram Alir Proses Pembuatan Batik

Proses pembuatan batik adalah sebagai berikut:

1. Persiapan

   Pada proses ini meliputi penyediaan kain atau mori, pengetelan, pengkanjian tipis, penghalusan permukaan dan pemolaan. Langkah

pertama mori dipotong sesuai dengan ukuran tertentu kemudian diketel. Proses pengetelan dimaksudkan untuk menstabilkan dimensi, menghilangkan kanji dan zat penyempurnaan yang ditambahkan oleh pabrik mori. Setelah proses pengetelan dilanjutkan dengan pengkanjian tipis menggunakan 5 gr/L tapioka yang dimaksudkan untuk mendapatkan permukaan yang rata sehingga memudahkan proses pembatikan dan pelepasan lilin. Selanjutnya kain dikeringkan, dipres atau disetrika dan dipola. Proses pemolaan merupakan proses menggambar motif dengan pensil pada kain yang akan dibatik tulis.

2. Proses Pembatikan

   Proses ini merupakan proses melekatnya lilin batik pada mori, batik menggunakan canting maupun cap sesuai pola yang diinginkan. Suhu lilin batik untuk diletakkan berkisar antara 100º-110ºC, sedangkan batik tulis dan batik cap suhunya berkisar 150 ºC.

   Ada beberapa cara pelekatan lilin batik pada mori antara lain:

   a. Pelekatan lilin secara tulis dengan alat canting tulis, urutan pekerjaannya sebagai berikut :
      1. Pembatikan Kowong
      2. Pembatikan Isen-isen
   b. Pembatikan tembokan, pekerjaannya sebagai berikut :
      1. Pembatiakan klowong
      2. Pembatikan Isen-isen
      3. Pembatikan Tembokan

      Ketiga tahapan pembatikan dengan alat canting tulis dikerjakan pada dua permukaan.
   c. Pelekatan lilin dengan alat cap, urutan pengerjaannya adalah sebagai berikut :
      1. Pencapan Klowong dan Isen-isen
      2. Pencapan tembokan

      Untuk bahan mori yang tebal dan rapat kedua urutan pengecapan dilakukan pada kedua permukaan bahan, sedangkan untuk bahan

mori yang tipis pengecapan dilakukan hanya pada satu permukaan saja.

3. Proses Pewarnaan

   Proses pewarnaan batik dilakukan pada suhu kamar dan secara garis besar dilakukan dengan dua cara, yaitu :

   a. Pewarnaan secar coletan, jenis warna yang digunakan antar lain zat rapid, zat warna indigosol dan zat warna reaktif.
   b. Pewarnaan secar celupan, zat warna yang digunakan dalam pewarnaan batik secara celupan anatara lain zat warna napthol, zat warna indanthren, zat warna reaktif dan zat warna soga alam.

4. Proses Pelepasan Lilin

   Terdiri dari 2 pelepasan, yaitu :

   a) Proses kerokan (proses pelepasan sebagian lilin), adalah proses pelepasan sebagian lilin batik dengan cara dikerok dan untuk penyempurnaan proses ini dilakukan adanya penyikatan dimana terlebih dahulu dalam larutan kostik soda.
   b) Proses lorodan (proses pelepasan seluruh lilin), adalah proses lilin batik dengan cara direbus dalam air mendidih yang diberi kanji atau soda atau natrium silikat tergantung jenis bahan zat pewarna yang digunakan supaya proses pelepasan lilin secara keseluruhan dapat sempurna.

5. Proses penyelesaian

   Maksud dari proses penyelesaian adalah memperbaiki penampilan produk batik yang dihasilkan, termasuk meningkatkan ketahanan warna dan pengemasan.

2.4 Limbah Industri Batik

Kualitas limbah cair industri batik sangat tergantung jenis proses yang dilakukan, pada umumnya limbah cair bersifat basa dan kadar organik yang tinggi yang disebabkan oleh sisa-sisa pembatikan.

Pada proses pencelupan (pewarnaan) umumnya merupakan penyumbang sebagian kecil limbah organik, namun menyumbang warna yang kuat, yang mudah terdeteksi, dan hal ini dapat mengurangi keindahan sungai maupun perairan.

Pada proses persiapan, yaitu proses nganji atau menganji, menyumbang zat organik yang banyak mengandung zat padat tersuspensi. Zat padat tersuspensi apabila tidak segera diolah akan menimbulkan bau yang tidak sedap dan dapat digunakan untuk menilai kandungan COD dan BOD.

Kebanyakan penggunaan bahan pencelup dengan struktur molekul organik yang amat stabil tidak dapat dihancurkan dengan proses biologis, untuk menghilangkan warna air limbah yang efisien dan efektif adalah dengan perlakuan secara biologis, fisik dan kimia .

2.5 Sumber Limbah Batik

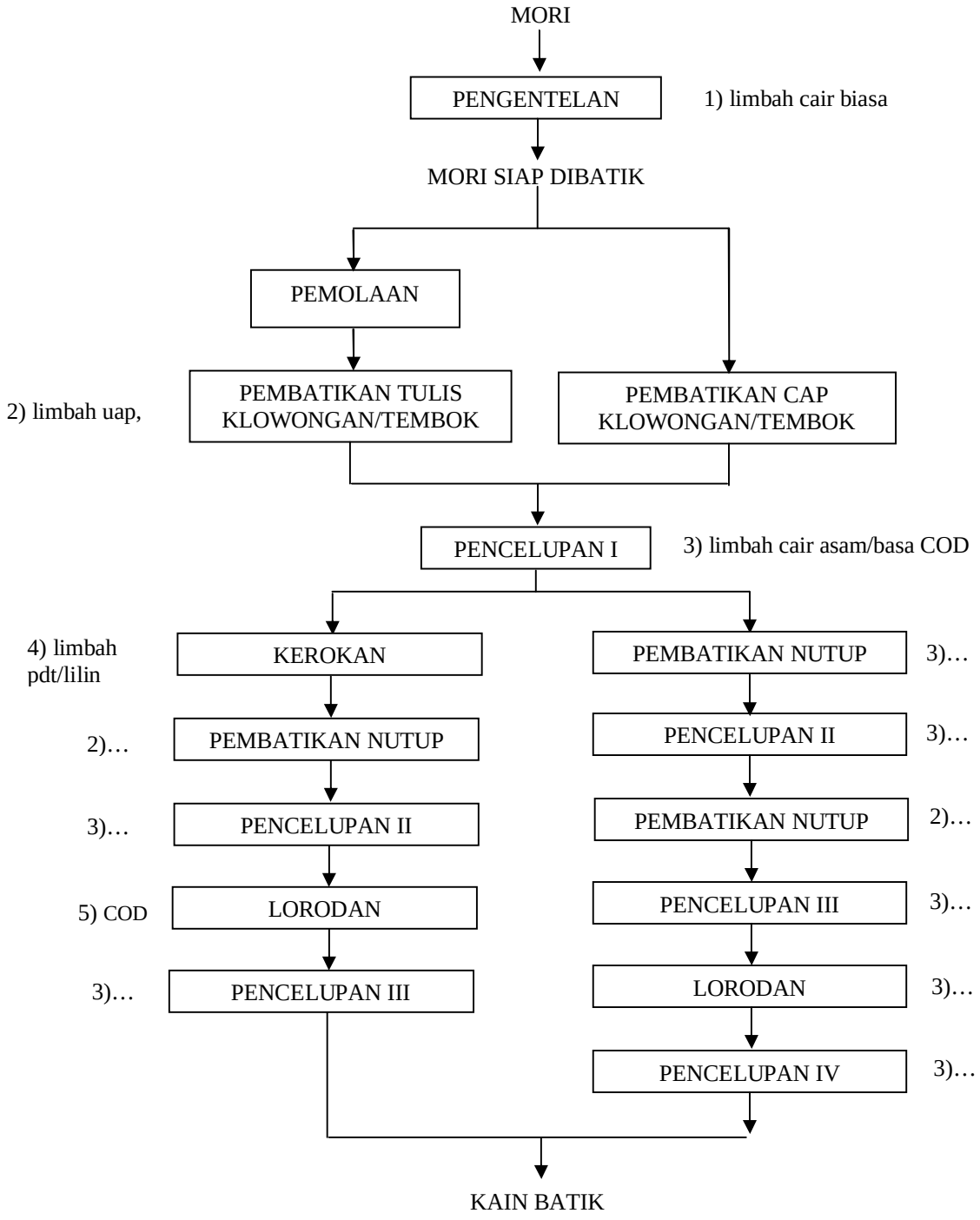
Dalam setiap proses produksinya, industri batik banyak menggunakan bahan-bahan kimia dan air. Bahan kimia ini biasanya digunakan pada proses pewarnaan dan pencelupan. Pada umumnya polutan yang terkandung dalam limbah industri batik dapat berupa padatan tersuspensi, atau zat organik. Oleh karena itu apabila air buangan batik ini dialirkan langsung ke lingkungan, tanpa adanya pengolahan terlebih dahulu maka akan menurunkan kualitas lingkungan dan merusak kehidupan yang ada di lingkungan tersebut.

Setiap tahapan proses yang dilakukan pada pembuatan batik merupakan sumber limbah yang mengandung zat pencemar seperti terlihat pada Tabel 2.1 dibawah ini:

Tabel 2.1 Zat Pencemar Dalam Limbah Batik Cair Pada Proses Pembuatan Batik

No	Tahapan Proses	Zat Pencemar	Beban Pencemaran
1	Persiapan	Kanji, zat penyempurnaan, Na_2CO_3, minyak kacang	Rendah (cair)
2	Pembatikan	Uap lilin batik, uap sisa pembakaran	Kontak langsung (gas)
3	Pewarnaan a. Napthol b. Indigosol c. Reaktif dingin d. Rapid e. Iindanthreen	 Napthol, garam Diazonium, NaOH, TRO Kanji Indigosol, $NaOH_2$, HCL, H_2SO_4, TRO, kation aktif, kanji Rapid, NaOH, $Na_2S_2O_3$, TRO, NaCL H_2O_2, CH_3COOH, kanji	Sangat tinggi (cair)
4	Pelepasan lilin	Minyak, lemak, NaOH, kanji dan lilin batik	Tinggi (cair, padat)
5	Penyempurnaan	Zat kation aktif, kanji	Rendah (cair)

Sebagai gambaran sumber-sumber limbah pada tahapan proses pembuatan batik, berikut ini alur proses pembuatan batik, yang dapat dilihat pada Gambar 2.3 berikut ini:



Gambar 2.3 Tahap Proses Pembuatan Batik Tulis dengan sumber limbahnya

Keterangan:

1. Rangkaian proses pengetelan: pengetelan → penirisan → pencucian → pengkanjian tipis → pengeringan.
2. Rangkaian proses pencelupan warna I/II: pencelupan → pencucian → pertama → pencucian kedua dan seterusnya → pengeringan.
3. Rangkaian proses pelodoran: pelodoran → pencucian → pengeringan.

2.6 Karakteristik Limbah Cair Batik

Karakteristik limbah cair batik dapat digolongkan dalam sifat fisika, kimia dan biologi, namun untuk limbah cair industri kecil batik biasanya hanya terdiri dari karakteristik fisika dan kimia, seperti pada tabel berikut :

1. Karakteristik fisik

   Parameter yang tergolong karakteristik fisik, yaitu :

   a. Zat padat (solid)

      penyebab adanya zat padat dalam air biasanya benda organik dan anorganik yang terlarut maupun yang tidak terlarut dalam air limbah. Pengaruh yang dapat ditimbulkan oleh adanya zat padat dalam air limbah adalah jumlah organik padat, garam juga merupakan petunjuk pencemaran atau kepekatan limbah meningkat.

      Limbah cair industri batik juga mengandung zat padat. Berdasrkan ukuran partikel, zat padat dibedakan dalam padatan terlarut, koloid dan suspensi. Dalam industri batik beberapa zat warna dan kimia merupakan padatan terlarut, misalnya : larutan warna reaktif, kostik soda, asam dan zat pembasah. Sedangkan yang merupakan padatan koloid dan tersuspensi, misalnya : gabungan zat warna Napthol dan garam Diazo, zat warna Indigosol, Rapid, tapioka dan lilin batik.

   b. Suhu

      Suhu mempunyai pengaruh besar terhadap kelarutan oksigen. Kenaikan suhu air menyebabkan oksigen terlarut dalam air menurun. Kenaikan suhu diakibatkan oleh adanya bahan pencemar di dalam air. Pengaruh terhadap

besarnya suhu mempengaruhi kehidupan biologis kelarutan oksigen/gas lain, juga kerapatan air, daya viskositas dan tekanan permukaan.

Suhu limbah cair yang terutama ditimbulkan dari proses yang menggunakan pemanasan.

c. Warna

Untuk keadaan air limbah dapat ditandai dari warna dan bau air limbah, yang biasanya berwarna agak kelabu, tetapi apabila senyawa organik dipecah oleh bakteri, oksigen terlarut direduksi sampai nol dan warna berubah menjadi hitam. Pada keadaan ini limbah telah mengalami pembusukan.

Warna limbah cair batik terutama ditimbulkan oleh sisa-sisa zat warna yang masih ada dalam bekas larutan proses pencelupan. Selain mengganggu keindahan, beberapa zat warna diduga bersifat racun. Warna pada limbah cair industri batik umumnya sukar dihilangkan. Genangan air berwarna banyak menyerap oksigen terlarut, sehingga lama kelamaan membuat air berwarna hitam dan berbau.

d. Bau

Air buangan mempunyai bau seperti sabun atau lemak. Bau berasal dari bahan volatil, gas terlarut dan pembusukan bahan organik.

2. Karakteristik kimia

Senyawa organik maupun anorganik yang banyak terdapat dalam air limbah cair industri batik berupa : karbohidrat, protein, lemak, sulfaktan, zat organik aromatik seperti zat warna, zat pencelupan, alkali, asam dan garam. Parameter-parameter kimia dinyatakan dalam indikasi sebagai berikut :

a. BOD (*Biological Oxygen Demand*)

BOD didefinisikan sebagai jumlah oksigen terlarut dalam limbah cair yang dipakai untuk menguraikan sejumlah senyawa organik dengan bantuan mikroorganisme pada kondisi dan waktu tertentu. Pada umumnya waktu untuk reaksi penguraian zat organik tersebut diambil lima hari sehingga ditulis dengan BOD_5.

Zat-zat organik dalam limbah cair terutama tersusun dari unsur-unsur C, H, O dan sedikit N, S yang berpotensi menyerap oksigen. Oksigen tersebut digunakan untuk menguraikan atau membongkar senyawa organik. Dengan demikian kadar oksigen dalam limbah cair lama kelamaan berkurang dan limbah cair bertambah keruh serta berbau.

b. COD (*Chemical Oxygen Demand*)

COD merupakan banyaknya oksigen terlarut dalam ppm atau mg/L yang dibutuhkan pada kondisi khusus untuk menguraikan bahan organik secara kimiawi (Sugiharto, 1989). COD juga merupakan parameter yang digunakan untuk menentukan bahan-bahan organik yang ada di dalam air.

Nilai COD menunjukkan banyaknya oksigen yang diperlukan untuk mnegoksidasi bahan organik menjadi CO_2 dan air dengan perantara oksidator kuat dalam suasana asam.

c. pH

pH merupakan parameter penting untuk kehidupan biota air, tanaman dan industri. Limbah cair dikatakan bersifat asam apabila pH< 7 dan alkalis atau basa apabila pH> 7. air limbah proses pencelupan batik, ada yang bersifat asam dan ada pula yang bersifat basa.

d. Logam berat

Zat warna merupakan senyawa aromatik kompleks yang pada umumnya sukar diuraikan. Beberapa jenis zat warna mengandung logam-logam berat seperti Cr dan Cu, misalnya zat warna Ergan Soga. Disamping zat warna beberapa zat pembantu pencelupan juga mengandung unsur-unsur logam berat seperti : senyawa-senyawa krom asetat, kalium bikromat, kalium permanganat. Zat warna Ergan Soga dan zat-zat pembantu seperti diatas sudah tidak dipakai lagi dalam pembatikan.

Tabel 2.2 Karakteristik Limbah Cair Industri Kecil Batik

No	Parameter	Satuan	Nilai	Baku Mutu
1	pH	-	5,8	6-9
2	BOD	mg/L	1260	30-300
3	COD	mg/L	3039,7	60-600
4	TSS	mg/L	855	100-400
5	Minyak/Lemak	mg/L	60,0	1,0-20,0
6	Phenol	mg/L	0,926	0,1-2,0
7	Warna	mg/L	185	50
8	Nitrat	mg/L	82,17	0,06-5,0
9	Cr	mg/L	0,0	2,0
10	Sisa Khlor	mg/L	-	600-1,200

2.7 Pengolahan Limbah Cair Batik

2.7.1 Membran Keramik

Membran keramik merupakan suatu proses penyaringan air (dalam penelitian ini adalah limbah cair batik) 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 dalam limbah cair batik.

Mekanisme proses yang terjadi dalam proses filtrasi adalah kontaminan dari beberapa fenomena yang berbeda, yang palilng 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 tergantung 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 yang berlangsung diantara permukaan pasir.

b. Sedimentasi, akan mengendapkan partikel *suspended matter* yang lebih halus ukurannya dari lubang pori pada permukaan butiran. pada proses ini pengendapan terjadi pada seluruh permukaan pasir. Proses pengendapan yang terjadi tidak 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. Adsorpstion 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. Adapun adsorpsi dapat dikelompokan menjadi:

a. Adsorpsi fisik

   Yaitu terutama tejadi adanya gaya *van der walls* dan berlangsung bolak-balik. Ketika gaya tarik-menarik molekul antara zat terlarut dengan adsorban lebih besar dari gaya tarik-menarik zat terlarut dengan pelarut, maka zat terlarut akan teradsorpsi diatas permukaan adsorben.

b. Adsorpsi kimia

Yaitu reaksi kimia yang terjadi antara zat padat dengan adsorbat dan reaksi ini tidak berlangsung bolak-balik.

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

Tabel 2.3 Perbandingan Adsorpsi Fisik dan Adsorpsi Kimia

	Adsorpsi fisik	**Adsorpsi kimia**
Sifat adsorpsi	Bolak-balik	Tidak bolak-balik
Panas adsorpsi	Kecil, ordenya jauh lebih kecil dari panas reaksi	Besar, ordenya sama dengan panas reaksi
Kecepatan adsorpsi	Tahan terhadap “massa transfer” menentukan	Tahan terhadap “surface reaction”menentukan
specificity	Rendah, seluruh permukaan mampu mengadakan adsorpsi fisik	Tinggi, “chemisorption” 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 persatuan 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 adsorban menuju lapisan film yang mengelilingi adsorban.
2. Difusi adsorbat melalui lapisan film (*film diffusion process*).

3. Difusi adsorbat melalui kapiler atau pori-pori dalam adsorban (*pore diffuison*)
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 dipenuhi oleh zzat 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. Faktor yang mempengaruhi adsorpsi yaitu:

1. Luas permukaan adsorben

   Semakin luas permukaan adsorpsi, semakin banyak adsorban 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.

Konsentrasinya zat-zat organik akan turun apabila waktu kontaknya 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.

2.7.2 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, sebernarnya 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 1000ºC, sekitar 350º-500ºC) disebut juga earthenware atau eadeewerk atau terracotta, dimana struktur dan teksturnya sangat rapuh, kasar, berpori-pori dan merupakan kualitas paling rendah .

Yang dimaksud 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. Sedangkan menurut istilah keramik adalah semua barang atau bahan yang dibuat dari bahan-bahan tanah atau batuan silika dan yang proses pembuatannya melalui pembakaran pada suhu tinggi. Keramik sebagai karya seni dan ilmu pengetahuan, yang terbuat dan menggunakan material padat dengan keutamaan komponennya dan dokomposisikan dalam bagian besar material non metal anorganik (Kingery W.D, 1975).

Keramik mencakup komoditi yang sangat luas. Atas dasar fungsi dan mikrostruktur produknya, keramik dapat dibagi menjadi dua golongan yaitu keramik konvensional dan keramik maju (*advanced ceramic*). Keduanya dibedakan terutama atas dasar presisinya dalam pemakaian seperti ketetapan dimensi, sifat fisis, mekanisme magnit, listrik optik dan termis/suhu.

Keramik konvensional mempunyai struktur makro, sebagian besar terdiri dari fase gelas sebagai matrik diantara kristal yang terdispersi di dalamnya, bahan baku utamanya adalah lempung. Produk yang dihasilkan antara lain batu bata, genteng, semen portland dan lain-lain. Keramik maju lebih berstruktur mikro, sebagian besar terdiri dari fase kristal. Bahan baku utamanya adalah oksida dan non oksida (Astuti, 1997).

Menurut golongannya keramik dapat dibagi dalam dua kelompok yaitu:

1. Keramik Bakaran Rendah

   Keramik bakaran rendah adalah semua bahan keramik yang dibakar dan dapat mencapai suhu pembakaran antara 900º-1050ºC, 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 senua barang keramik yang dibakar hingga mencapai suhu pembakaran antara 1250º-1350ºC 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 disi 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.

2.7.3 Bahan Baku Keramik

Bahan pembuat keramik dapat berupa bahan plastis dan bahan non plastis. Yang termasuk bahan plastis antara lain adalah *kaolin, ball clay, 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 ($KnaO.Al_2O_3.6SiO_2$), kapur/calcite dan magnesit (CaO dan MgO), alumunium (Al_2O_3), talk ($3MgO.4SiO_2.H_2O$) chamotte atau grog, cornwall stone, nepheline syenite ($KnaO.Al_2O_3.4SiO_2$), ptalite/lithium feldspat ($Li_2O_2.Al_2O_3.8SiO_2$), dan stone ash/calcium phosphate ($Ca_2(PO4)_2$). Bahan baku untuk produk-produk keramik berupa bahan alami yaitu bahan-bahan asli dari alam dan belum mengalami proses pengolahan oleh manusia, deposit, mineral *feldspar* (K, Na, Ca)$AlSiO_8$; mineral lempung seperti kaolinit $(Al_2(Si_2O_3)(OH)_4$ dan bentonit (Al, Na, Ca, Mg) $(Si_2O_5)(OH)_2$; SiO_2 - containing mineral seperti pasir silica, 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 dapat 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, pyrophilit
5. Bahan mentah glasir (Bahan yang membuat lapisan gelas pada permukaan benda keramik setelah melalui proses pembakaran pada suhu tertentu). Diantaranya adalah :
    a. Bahan mengandung SiO_2 - pasir kuarsa – lempung – feldspar
    b. Bahan mengandung oksida basa – potas felspar – batu kapur – soda abu
    c. Bahan mengandung Al_2O_3 – kaolin – feldspar
    d. Bahan pewarna contoh : senyawa cobalt, senyawa besi, senyawa nikel, senyawa chrom dan sebagainya
    e. Bahan perekat contoh : gum
    f. Bahan penutup contoh : oksida sirkon, oksida seng

g. Bahan pelebur contoh : asam borat, borax, Na_2CO_3, K_2CO_3, $BaCO_3$, Pb_3O_4 dan sebagainya..

Jenis badan keramik menurut kepadatan :

1. Gerabah (*earthenware*) : dibuat dari semua jenis bahan tanah liat yang plastis dan mudah dibentuk dan mudah dibakar pada suhu maksimum 1000ºC. Keramik jenis ini struktur dan teksturnya sangat rapuh, kasar dan masih berpori. Agar supaya kedap air, gerabah kasar harus dilapisi glasir, semen atau bahan pelapis lainnya. Gerabah termasuk keramik dengan kualitas rendah apabila dibandingkan dengan keramik batu (*stoneware*) atau porselin. Bata, genteng, paso, pot, anglo, kendi, gentong dan sebagainya termasuk jenis keramik gerabah. Genteng telah banyak dibuat berglasir dengan warna yang menarik sehingga menambah kekuatannya.
2. Keramik Batu (*Stoneware*) dibuat dari bahan lempung plastis yang dicampur dengan bahan api sehingga dapat dibakar pada suhu tinggi (1200ºC- 1300ºC). Keramik jenis ini mempunyai struktur dan tekstur halus dan kokoh, kuat dan berat seperti batu. Keramik jenis ini termasuk kualitas golongan menengah.
3. Porselin (*Porcelain*) adalah jenis keramik bakaran suhu tinggi yang dibuat dibuat dari bahan lempung murni yang tahan api, seperti kaolin, alumina, dan silika. Oleh karena itu badan porselin jenis ini berwarna putih bahkan bisa tembus cahaya, maka sering disebut keramik putih. Pada umumnya, porselin dipijar sampai suhu 1350ºC atau 1400ºC, bahkan ada yang lebih tinggi lagi hingga mencapai 1500ºC. Porselin yang tampaknya tipis dan rapuh sebenarnya mempunyai kekuatan karena struktur dan teksturnya rapat serta keras seperti gelas. Oleh karena keramik ini dibakar pada suhu tinggi maka dalam bodi porselin terjadi penggelasan atau *vitrifikasi*. Secara teknis keramik jenis ini mempunyai kualitas tinggi dan bagus, disamping mempunyai daya tarik karena keindahan dan kelembutan khas porselin.juga bahannya juga sangat peka dan cemerlang terhadap warna-warna glasir.

4. Keramik Baru (*New Ceramic*) adalah keramik yang secara teknis, diproses untuk keperluan teknologi tinggi seperti peralatan mobil, listrik, konstruksi komputer, cerobong pesawat, kristal optik, keramik metal, keramik multi lapis, keramik multi fungsi, komposit keramik, silikon, *bioceramic*, dan keramik magnit. Sifat khas dari material keramik jenis ini disesuaikan dengan keperluan yang bersifat teknis seperti tahan beturan, tahan gesek, tahan panas, tahan karat, tahan suhu kejut seperti isolator, bahkan pelapis dan komponen teknis lainnya.

Komposisi yang digunakan dalam pembuatan membran keramik:

1. Mineral lempung

a. Susunan Tanah Lempung

Mineral lempung adalah mineral yang mempunyai komposisi silika terhidrat alumunium 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 alumunium silikat yang terdiri dari satu atau dua unit dasar yaitu tetrahedral dan alumunium oktahendra. Setiap unit tentrahendra (berisi empat) terdiri dari empat atom oksigen mengelilingi satu atom silicon. Kombinasi dari unit-unit silica tetrahendra membentuk lembaran silica (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 silica tentrahendra dan satu lapisan alumunium oktahedra).

      i. Ekuidimensional

         Kelompok kaolinite: kaolinite, nactrite, dicirite

      ii. Memanjang

         Kelompok halloysite

   b. Tipe tiga lapisan (struktur-struktur lembaran yang tersusun oleh dua lapisan silica tentrahedron dan satu pusat lapisan dioktahendral atau triohedral).

      i. Kisi yang mengembang

         a. Ekuidimensional

            Kelompok montmorillonite : monmoriloni, saukonit, vermikulit

         b. Memanjang

            Kelompok montmoriloni : nonterit, saonit, hektrorit

      ii. Kisi yang tidak mengembang

         Kelompok illite

   c. Tipe lapisan campuran yang benar 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 miselanous: atapulgit, sepiolite, poligorskit.

c. Sifat Fisik Mineral Lempung

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

1) Flokulasi dan deflokulasi

   Flokulasi dan deflokulasi melakukan keadaan agregasi dari butir-butir lempung-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 100-200ºC. Folukasi 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) Thixoptropy

   Thixoptropy atau daya bersuspensi adalah suatu sifat mineral lempung atau mineral 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 diatas suhu 150ºC, sedangkan pemanasan pada suhu 400-900ºC air akan meloncat ke atas dari kisi-kisi sebagai kelompok OH dan struktur-struktur akan terhancurkan sebagian atau terubah.

d. Sifat Kimiawai Mineral Lempung

Mineral lempung mempunyai sifat-sifat kimiawi sebagai berikut:

1. Penukaran 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 menetralisir, artinya dengan mudah digantikan oleh anion dan kation lain saat kontak dengan ion-ion lain pada larutan yang encer (Olphen, 1993).

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, 1993).

   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 elektris. Dasarnya adalah lapisan lempung berharga negatif menyebabkan penarikan kation dan penolakan anion (Olphen, 1993).

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 tertutup, 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 dipermukaan dinetralkan oleh adanya *exchangeable cation* (ion-ion positif yang mudah diganti) lempung tersebut dan terikat pada partikel oleh gaya tarik menarik elektristik. 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 energi yang lebih rendah. (Cristady, 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 didalamnya 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. Menurut Sarwo Hardjowigeno udara dan air mengisi pori-pori tanah. Banyaknya pori-pori ± 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 menggunakan 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 mengenal sifat-sifatnya. Adapun sifat-sifat tersebut antara lain sebagai berikut:

a. Bentuk butiran pasir. Bentuk butiran pasir dapat dibagi menjadi 4 (empat) macam yaitu: membulat, menyudut tanggung, menyudut dan gabungan. 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 empat 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. $Al2O_3$: 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, 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 pengolahaannya sebagai bahan bakar, yang menjadi masalah adalah limbah penggergajian yang kenyataannya di lapangan masih ada sebagian tumpukan yang dibuang ke aliran sungai yang menyebabkan pencemaran air, atau dibakar secara langsung sehingga ikut menambah emisi karbon di atmosfer. Serbuk gergaji umumnya banyak dimanfaaatkan 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 persemaiain dan sebagai bahan baku pembuatan briket arang.

2.7.4 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. Penyaringan dapat dilakukan dengan cara basah atau kering.

2. Pembentukan Badan Keramik

   Pembentukan badan keramik ada beberapa cara antara lain *die pressing*, r*ubber mold pressing, extrusion molding, slip casting dan injection molding* (Ichinose, 1987). *Die pressing* (tekan mati) digunakan pada bahan pembuat lempung dengan kadar cairan 10-20% dan cukup menjadi padat dengan tekanan. Produknya antara lain ubin lantai dan ubin dinding.

   R*ubber mold pressing* digunakan pada bubuk padat seragam. Disebut r*ubber mold pressing* karena penggunaan cetakan seperti sarung dari batu penggosok. Bahan diletakkan dalam cetakan dan ditekan dengan menggunakan tekanan hidrostatik dalam ruangan.

Extrusion molding merupakan pembentukan bahan dengan menggunakan menggeser bahan campuran 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 hanya bisa 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. 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 *sinering 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 1700ºC-1800ºC pada gas Nitrogen (N_2). *Hot pressing* dengan bahan dasar Si_3N_4 memerlukan suhu 1700ºC-1800ºC dengan tekanan 200-500 kg/cm^2. *reaction sintering* dengan bahan dasar SiO_2 dibakar pada suhu 1350ºC -1600ºC. *Chemical vapour deposition* (VCD) dengan bahan dasar SiH_4 dan NH_3 dipanaskan pada suhu 800ºC - 1400ºC. Selain itu masih ada metode-metode lain seperti *hot isolatic press* (HIP), *atmospheric pressure sintering*, *ultra high pressure*

sintering, post reaction sintering dan *recrystallition sintering* (Ihhinose, 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. Adapun tahap-tahap dalam pembakaran yaitu:

a. Tahap penghilangan uap

   Suhu bakar tahap ini berlangsung dari awal sampai sekitar suhu 500ºC. Tujuannya adalah untuk menghilangkan molekul-molekul air pada bahan, membakar unsur karbon dan unsur organis bahan. Pembakaran ini harus dilakukan perlahan-lahan sampai semua molekul air hilang, jangan sampai ada molekul air yang tejebak dalam bahan karena akan terjadi letupan yang merusak bahan. Pada suhu 300-400ºC zat-zat organis dan unsur karbon akan terbakar habis.

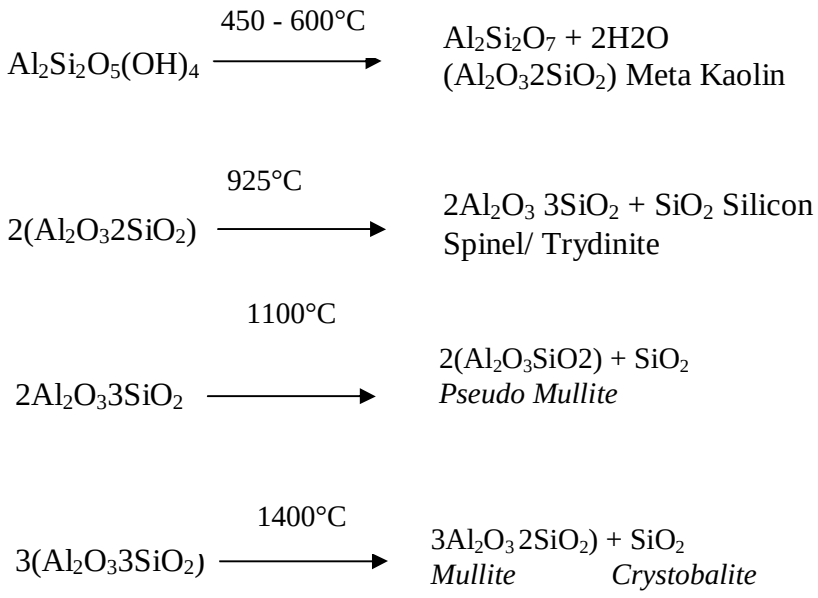
b. Tahap Penggelasan

   Setelah air dalam bahan habis, suhu dapat ditingkatkan sedikit demi sedikit. Pembakaran suhu yang paling menentukan adalah pada suhu 573ºC. 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 600ºC tingkat bakar dapat dipercepat sampai terbentuk sinter (kilau) dari bahan yaitu terjadi pada suhu 900-1200°C.

c. 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 tungku bakar (Astuti, 1997). Untuk tungku bakar yang bagus disediakan fasilitas pendingin dengan mengairkan udara.

Proses perubahan bentonit alam dalam pembakaran



Gambar 2.4 Skema Perubahan Bentonit Alam Dalam Pembakaran

2.8 Pengaruh Limbah Batik Terhadap Lingkungan

Air bekas cucian pembuatan batik yang menggunakan bahan-bahan kimia banyak mengandung zat pencemar/racun yang dapat mengakibatkan gangguan terhadap lingkungan, kehidupan manusia, binatang maupun tumbuh-tumbuhan. Zat warna dapat mengakibatkan penyakit kulit dan yang sangat membahayakan adalah dapat mengakibatkan kanker kulit (Sugiharto,1987) dengan banyaknya zat pencemar yang ada di dalam air limbah,akan menyebabkan menurunnya kadar oksigen yang terlarut dalam air. Hal ini mengakibatkan matinya ikan dan bakteri-bakteri di dalam air, juga dapat menimbulkan kerusakan pada tanaman atau tumbuhan air, sehingga proses self purification yang seharusnya dapat terjadi pada air limbah menjadi terhambat (Sugihato, 1987).

Semakin banyak zat organik dalam perairan yang mengalami pembusukan, akibatnya adalah timbulnya bau hasil penguraian zat organik. Disamping bau yang ditimbulkannya, maka menumpuknya ampas akan memerlukan tempat yang banyak dan mengganggu keindahan tempat sekitarnya. Dan selain bau dan

tumpukan ampas yang mengganggu, maka warna air limbah yang kotor akan menimbulkan gangguan pemandangan.

2.9 Parameter Penelitian

Pada penelitian ini parameter yang akan diteliti adalah parameter *Chemical Oxygen Demand* (COD).

***Chemical Oxygen Demand* (COD).**

Chhemical oxygen demand (COD) atau kebutuhan oksigen kimia yaitu jumlah oksigen yang diperlukan agar bahan buangan yang ada didalam air dapat teroksidasi melalui reaksi kimia atau banyaknya oksigen-oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat organik menjadi CO_2 dan H_2O serta sejumlah ion chrom. Pada reaksi oksigen ini hampir semua zat yaitu sekitar 85 % dapat teroksidasi menjadi CO_2 dan H_2O dalam suasana asam, sedangkan penguraian secara biologi (BOD) tidak semua zat organik dapat diuraikan oleh bakteri (Fardiaz, 1976). Nilai COD merupakan ukuran bagi tingkat pencemaran oleh bahan organik.

COD menggambarkan jumlah total oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan organik secara kimiawi, baik yang dapat didegradasi secara biologis (*biodegradable*) maupun yang sukar didegradasi secara biologis (*non biodegradable*) menjadi H_2O dan CO_2. pada prosedur penentuan COD, oksigen yang dikonsumsi setara dengan dengan jumlah dikromat yang diperlukan untuk mengoksidasi air sampel.

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 tidak stabil. COD tidak dapat menjadi petunjuk tingkat dimana bahan-bahan secara biologis dapat diseimbangkan. Namun untuk semua tujuan yang praktis COD dapat dengan cepat sekali memberikan perkiraan yang diteliti 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 dalam air.

Perbedaan COD dan BOD (Benefield, 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 teratur 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.

Angka COD merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat-zat organis yang secara alamiah dapat dioksidasikan melalui proses mikrobiologis dan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut di dalam air.

COD atau kebutuhan oksigen kimiawi adalah jumlah oksigen yang diperlukan agar limbah organik yang ada didalam air dapat teroksidasi melalui reaksi kimia. Limbah organik akan dioksidasi oleh *kalium bichromat* ($K_2Cr_2O_7$) sebagai sumber oksigen menjadi gas CO_2 dan H_2O serta sejumlah ion chrom. Nilai COD merupakan ukuran bagi tingkat pencemaran oleh bahan organik.

COD ditentukan dengan mengukur ekuivalen oksigen darizat-zat organik dalam sampel dengan oksidator kimia yang kuat. COD merupakan parameter yang sangat penting, yakni parameter pengukuran cepat yang digunakan sebagai parameter untuk steram dan limbah industri serta mengontrol unit pengolah air limbah (Siregar, 2005).

Metode pengukuran COD yang biasa digunakan adalah dengan menggunakan asam dihkromat dan asam sulfat (50%) dengan tambahan garam perak dan garam merkuri sebagai katalis. Sampel dididihkan selama dua jam. Perbedaan kandungan dihkromat sebelum dan sesudah pendidihan merupakan jumlah oksigen ekuivalen. Dengan cara tersebut. BOD dan COD dapat dibandingkan (Siregar, 2005).

Oksidator kimia yang kuat adalah potasium permanganat dan asam sulfat. Pengukuran dengan menggunakan oksidator ini lebih mudah dibandingkan dengan pengukuran mengunakan khromat. Namun, beberapa produk industri tidak dapat dioksidasi dengan mengguanakan permanganat.

Pada penentuan COD, kalium dikromat yang ditambahkan harus melebihi kebutuhan untuk mengosidasi bahan organik. Kelebihan oksidator ini dititrasi kembali untuk mengetahui oksidator yang sesungguhnya terpakai. Asam lemak dan hidrokarbon aromatik tidak dapat dioksidasi oleh kalium dikromat.

Kalium dikromat dapat mengoksidasi bahan organik secara sempurna apabila berlangsung dalam suasana asam dan suhu tinggi. Oleh karena itu, bahan-bahan mudah menguap (*volatile)* yang terdapat dalam air akan menguap selama proses oksidasi berlangsung, jika tidak dilakukan pencegahan. Salah satu untuk mencegah bahan-bahan mudah ini adalah dengan menggunakan kondensor refluks. Pada metode ini refluks, air sampel dapat didihkan tanpa kehilangan bahan-bahan mudah menguap.

Jika pada perairan terdapat bahan organik yang resisten terhadap degradasi biologis, misalnya selulosa, tanin, lignin, fenol, polisakarida, benzena dan sebagainya, maka lebih cocok dilakukan pengukuran nilai COD dibandingkan dengan nilai BOD.

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.

2.10 Hipotesa

Kombinasi dari tanah lempung, pasir kuarsa dan serbuk gergaji dalam reaktor membran keramik akan memberikan tingkat penurunan konsentrasi COD yang terkandung dalam limbah batik.

BAB III
METODE PENELITIAN

3.1 Umum

Pada penelitian dengan menggunakan membran keramik ini terdapat 2 proses yang terjadi yaitu: filtrasi dan adsorpsi, dimana air dialirkan ke membran keramik melalui pipa dengan menggunakan bantuan pompa dengan Q = 1300 L/jam, Ac = 220-240 v/Hz dan w = 15 watt.

Membran keramik direncanakan terbuat dari komposisi tanah lempung, pasir kuarsa dan serbuk gergaji. Tanah lempung yang digunakan dalam pembuatan gerabah adalah tanah lempung yang berasal dari tanah lempung lokal yaitu tanah kasongan. Dengan ukuran gerabah yaitu : tinggi 20 cm dan diameter 11 cm, dengan komposisi serbuk gergaji 3 %, 5 %, dan 7 %.

3.2 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang dilakukan adalah penelitian lapangan (*field eksperiment*), yang dilakukan dengan percobaan dalam batasan waktu tertentu terhadap penurunan COD dari sumber air limbah batik dengan menggunakan membran keramik.

3.3 Objek Penelitian

Parameter yang akan diuji pada penelitian ini adalah kadar COD air limbah batik.

3.4 Lokasi Penelitian

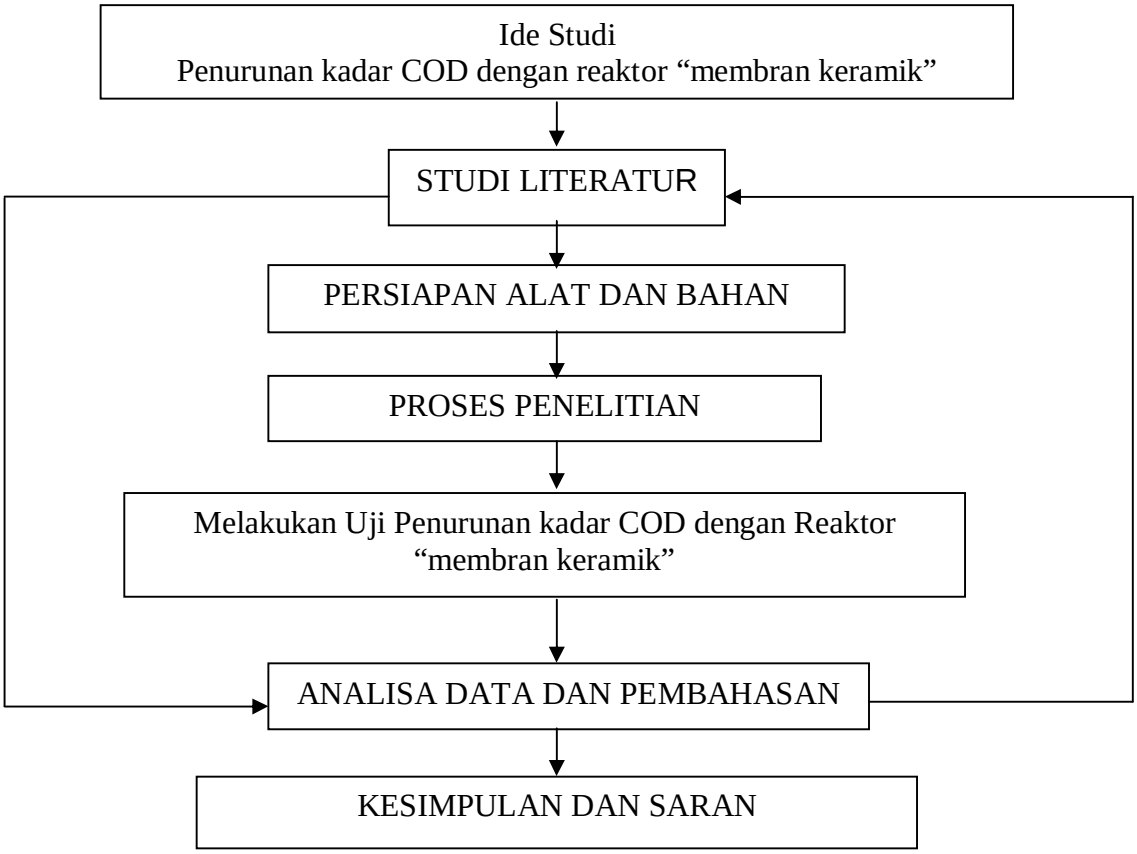
Lokasi pengambilan air limbah batik didaerah Sleman (Nakula Sadewa) sebagai sampelnya. Sedangkan untuk penelitian dan analisis parameter sample dilakukan di laboratorium Kualitas Air Jurusan Teknik Lingkungan, UII Jogjakarta.

3.5 Waktu Penelitian

Waktu penelitian dilakukan pada bulan November - Januari 2008 yang dilanjutkan dengan pengolahan data, penyusunan data dan penyusunan skripsi.

3.6 Metode Penelitian

Adapun tahapan penelitian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut:



Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian

3.7 Variabel Penelitian

1. Variabel bebas (*Independed Variable*)
   a. Variasi komposisi serbuk gergaji 3%, 5% dan 7% dalam menurunkan konsentrasi COD.

b. Variasi waktu 12 jam, 24 jam, 36 jam, 48jam, 60 jam, 72 jam, 84 jam, 96 jam, 108 jam, dan 120 jam untuk menghitung penurunan COD.
c. Tinggi membran keramik : 20 cm
d. Diameter membran keramik : 11 cm

2. Variabel terikat (Depended Variable)
   Parameter yang diteliti adalah COD

3.8 Parameter Penelitian

Pada penelitian ini yang akan dianalisa adalah parameter *Chemical Oxygen Demand* (COD). Metode pengujian yang digunakan yaitu SNI M-70-1990.

3.9 Tahapan penelitian

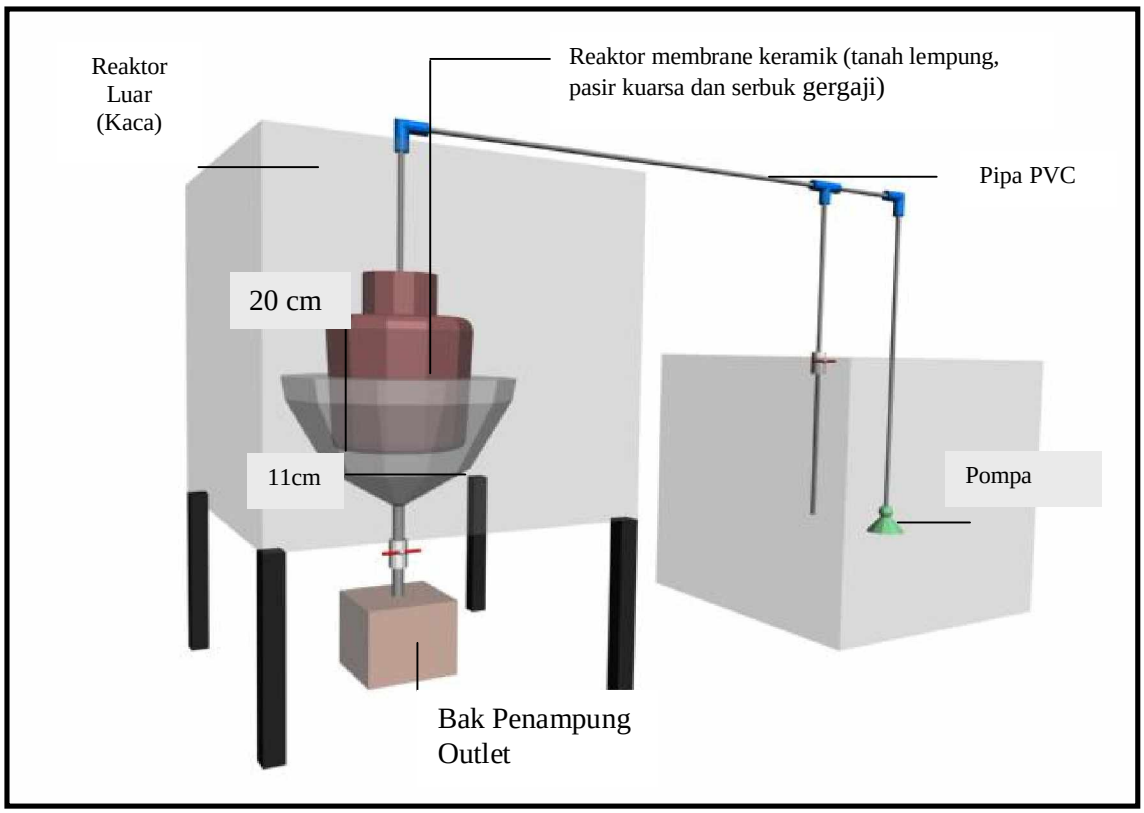
3.9.1 Desain Membran Keramik

Desain Membran keramik yang digunakan terbuat dari komposisi antara lain: tanah lempung, pasir kuarsa dan serbuk gergaji.

1. Tanah Lempung
   Tanah lempung yang digunakan adalah tanah lempung lokal yaitu tanah kasongan sebanyak 2.5 kg setiap satu membran.
2. Pasir Kuarsa
   Komposisi pasir kuarsa adalah 10% dari berat tanah lempung.
3. serbuk Gergaji
   serbuk gergaji diambil dari sisa penggergajian dengan penggunaan mesin listrik, yang berukuran sekitar 50 mesh.untuk disaring dengan ayakan, serbuk gergaji berasal dari kayu mahoni dan jati dengan komposisi serbuk gergaji yaitu 3%, 5% dan 7% dari berat tanah lempung.

3.9.2 Desain reaktor Luar

Dimensi reaktor luar yang direncanakan terbuat dari kaca yang berbentuk segiempat. Gambar reaktor keramik dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 3.2. Membran keramik

3.9.3 Persiapan Alat dan Bahan Untuk Penelitian

Adapun alat dan bahan-bahan yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Membran Keramik
2. Pompa aquarium
3. Dirigen
4. Pipa PVC: 2 meter
5. Stop kran ½": 1 buah
6. Corong 1 buah
7. Ember (bak penampung inlet)
8. Botol sampel

3.10 Analisa Data

Data hasil percobaan disajikan dalan bentuk tabel dan grafik. Untuk mengetahui effisiensi penurunan kadar COD pada limbah batik dalam penelitian ini digunakan rumus sebagai berikut:

$$E = \frac{KadarAwal - KadarAkhir}{KadarAwal} \times 100\%$$

Tujuan dari dilakukannya uji t-test dua variabel tersebut adalah untuk membandingkan apakah kedua variabel tersebut sama atau berbeda. Gunanya untuk menguji kemampuan generalisasi (signifikansi) hasil penelitian yang berupa perbandingan keadaan variabel dari dua rata-rata sampel. Atau dengan kata lain, t-test digunakan untuk menguji rataan tetapi variannya tidak diketahui.

Adapun langkah-langkah dalam mengerjakan uji t dua variabel adalah sebagai berikut:

Langkah 1. Membuat Ha dan Ho dalam bentuk kalimat

Ha: terdapat perbedaan yang signifikan antara kedua variabel yang dibandingkan (dibedakan)

Ho: tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara kedua variabel yang dibandingkan (dibedakan)

Langkah 2. Membuat Ha dan Ho model statistik:

Ha : $\mu_1 \neq \mu_2$

Ho : $\mu_1 = \mu_2$

Langkah 3. Mencari rata-rata (x), standar deviasi (s) dan varians (S)

Langkah 4. Mencari t_{hitung} dengan rumus :

$$t_{hitung} = \frac{x1 - x2}{\sqrt{\frac{S1}{n1} + \frac{S2}{n2} - 2r\left(\frac{s1}{\sqrt{n1}}\right)+\left(\frac{s2}{\sqrt{n2}}\right)}}$$

r = nilai korelasi X1 dengan X2

n = jumlah sampel

x_1 = rata-rata sampel ke-1

x_2 = rata-rata sampel ke-2

s_1 = standar deviasi sampel ke-1

s_2 = standar deviasi sampel ke-2

S_1 = varians sampel ke-1

S_2 = varians sampel ke-2

Langkah 5. Menentukan kaidah pengujian:

Taraf signifikasinya

Dengan menggunakan rumus dk = $n_1 + n_2 - 2$ akan diperoleh nilai t_{tabel}

Kriteria pengujian dua pihak

Jika $-t_{tabel} \leq t_{hitung} \leq t_{tabel}$ maka Ho diterima dan Ha ditolak

Langkah 6. Membandingkan t_{tabel} dengan t_{hitung}

Langkah 7. Membuat kesimpulan

BAB IV
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pengolahan limbah cair sangat penting dilakukan untuk mengetahui apakah limbah cair yang akan dibuang ke badan air tersebut telah memenuhi standar kualitas air buangan atau belum**.** Oleh karena itu, penelitian ini mencoba untuk mengolah dan memeriksa limbah cair batik yang berasal dari limbah batik Nakula Sadewa Sleman, Yogyakarta dengan menggunakan *membran keramik*.

Jumlah air limbah industri batik yang dibuang akan selalu bertambah dengan meningkatnya jumlah penduduk dengan segala kegiatannya. Sebagai salah satu alternatif pengolahan untuk menurunkan konsentrasi limbah domestik dengan parameter *Chemical Oxygen Demand* (COD) dapat dilakukan dengan menggunakan teknologi *membran keramik*.

Penggunaan keramik berpori sebagai filter atau membran semakin meningkat dewasa ini dan terdapat peluang untuk memanfaatkan limbah anorganik seperti serbuk gergaji sebagai bahan baku keramik. Pengembangan produk keramik berpori (membran keramik) dengan memanfaatkan serbuk gergaji akan menjadi kajian yang relevan dan inovatif, khususnya di Indonesia. Sehingga dengan menggunakan reaktor ini diharapakan limbah cair hasil pengolahan telah memenuhi standar kualitas air buangan.

Prinsip dasar dari *membran keramik* adalah mengalirkan air limbah dalam membran keramik melalui pipa dengan menggunakan bantuan pompa dengan Q = 1300 L/ jam, Ac = 220 – 240 Volt/ Hz, dan W = 15 watt. Dimana akan terjadi proses filtrasi dan adsorpsi didalamnya yang pada akhirnya akan menghasilkan effluent melalui pori-pori pada dinding keramik, ukuran pori juga akan turut berperan sehingga dapat menurunkan konsentrasi COD pada limbah cair industri batik.

Sebelum dilakukan pengujian menggunakan *membran keramik*, dilakukan pencucian terlebih dahulu pada *membran keramik* tersebut dengan menggunakan air bersih. Proses pencucian ini bertujuan untuk menghilangkan kotoran-kotoran

sisa dari hasil pembakaran keramik agar tidak bercampur dengan effluent yang dihasilkan pada *membaran keramik* tersebut. Air limbah yang digunakan adalah air limbah batik dari industri batik Nakula Sadewa Sleman Yogyakarta, yang diambil dari bak tempat pewarnaan (pencelupan) kain batik. Untuk selanjutnya kemudian dilakukan proses *running,* variasi pengambilan sampel dengan menggunakan *membran keramik* diambil dari setiap inlet dan outletnya yang dilakukan per 12 jam (12, 24, 36, 48, 60, 72, 84, 96, 108, dan 120 jam selama 5 hari. Pemeriksaan porositas membran keramik dilakukan di BATAN Yogyakarta, adapun ukuran porositas yang dihasilkan pada membran keramik dengan komposisi serbuk gergaji 3%, 5% dan 7% dapat dilihat pada Tabel 4.1 dibawah ini:

Tabel 4.1 Diameter Porositas Membran Keramik

No	Komposisi Serbuk Gergaji (%)	Diameter Porositas Membran Keramik (mikro)
1	3	48.279676×10^{-4}
2	5	$122.945544 \times 10^{-4}$
3	7	60.07876×10^{-4}

Tujuan dilakukan uji porositas membran keramik yaitu untuk mengetahui berapa besar ukuran diameter pori-pori untuk setiap membran, karena komposisi serbuk gergaji setiap membran berbeda. Dimana ukuran pori turut berperan dalam menurunkan kadar COD dalam limbah batik. Semakin kecil ukuran pori-pori membran semakin baik effluent yang dihasilkan. Ukuran partikel yang terlalu besar akan tertahan di membran keramik yang memiliki pori kecil.

Berikut ini adalah hasil dari uji laboratorium untuk parameter *Chemical Oxygen Demand* (COD) adalah sebagai berikut :

4.1 Data Hasil Uji Laboratorium

4.1.1 Data Pengukuran *Chemical Oxygen Demand* (COD)

Pengukuran *Chemical Oxygen Demand* (COD) dilakukan pada *membran keramik* dengan komposisi serbuk gergaji 3 %, 5 %, dan *membran keramik*

dengan komposisi serbuk gergaji 7 %, dengan variasi waktu pengambilan sampel per 12 jam selama 5 hari. Berikut adalah hasil pengukuran dan grafik COD serta grafik effisiensi removal COD pada *membran keramik* dengan variasi serbuk gergaji.

a. Membran Keramik dengan Komposisi Serbuk Gergaji 3 %

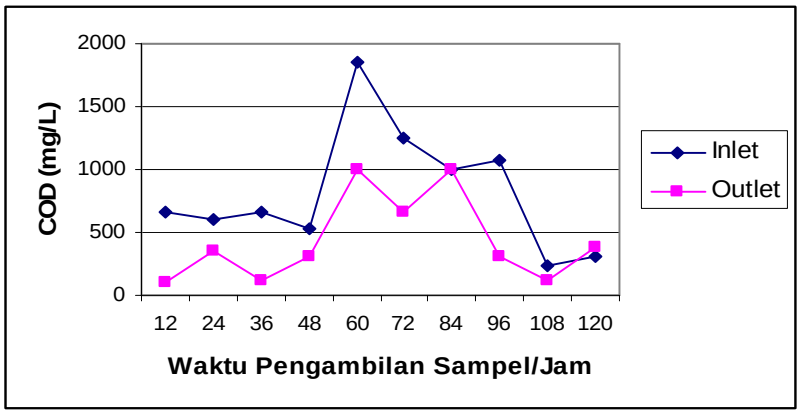
Dari proses running yang telah dilakukan didapatkan hasil bahwa *membran keramik* dengan komposisi serbuk gergaji 3 % mampu mengolah air limbah batik.Untuk lebih jelasnya hasil pengukuran dan grafik COD serta grafik effisiensi removal COD pada *membran kramik* dengan komposisi serbuk gergaji 3 % dapat dilihat pada Tabel 4.2, Gambar 4.1, Gambar 4.2 dan Gambar 4.3 berikut ini :

Tabel 4.2. Data COD pada Membran Keramik dengan Komposisi Serbuk Gergaji 3 %.

Waktu (jam)	Inlet (mg/l)	Outlet (mg/l)	Effisiensi Removal (%)	Debit (l/Jam)
12	667.97	99.84	85.05	0.162
24	602.62	349.44	42.01	0.12
36	657.28	122.88	81.3	0.198
48	532.48	309.48	41.88	0.198
60	1849.6	998.4	46.02	0.192
72	1248	665.6	46.67	0.138
84	998.4	998.4	0	0.132
96	1075.2	307.2	71.43	0.132
108	230.4	122.8	46.7	0.09
120	307.2	384	-25	0.06
Σ	8169.15	4358		1.422
rata-rata	816.915	435.8	46.65	0.1422

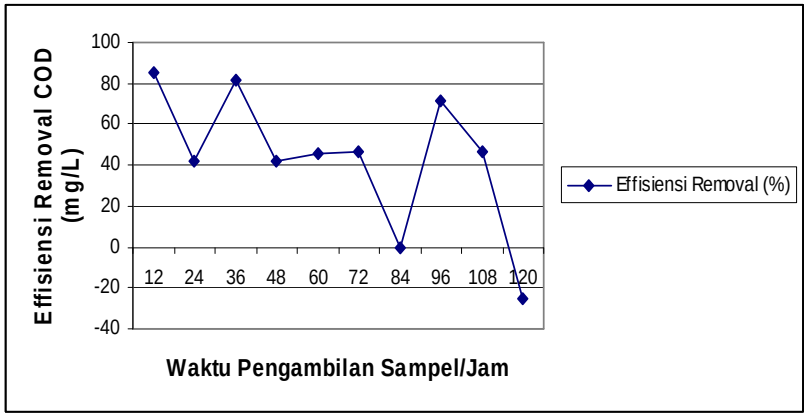
Sumber : Data Primer, 2007

$$\text{Efisiensi rata-rata COD} = \frac{816{,}915 - 435.8}{816{,}915} x100 = 46.65\%$$

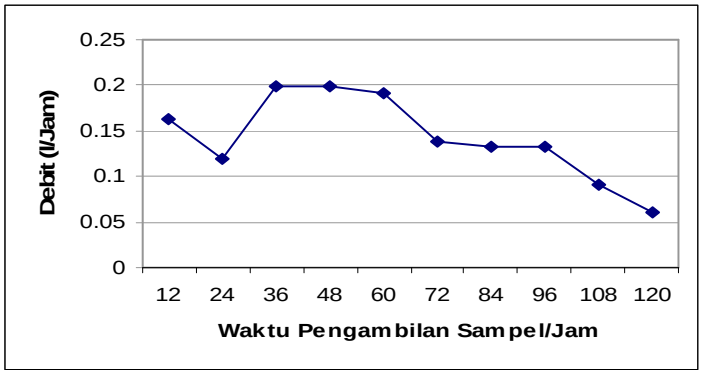


Gambar 4.1. COD Pada Air Hasil Filtrasi Dengan Komposisi Serbuk Gergaji 3 %

Grafik hubungan antara effisiensi removal COD dengan variasi waktu sampling pada *membran keramik* dengan komposisi serbuk gergaji 3 % dapat ditunjukan pada Gambar 4.2. berikut ini :



Gambar 4.2 Hubungan Effisiensi Removal COD Dengan Variasi Waktu Sampling Pada Membran Keramik 3 %



Gambar 4.3 Hubungan Debit Outlet Dengan Variasi Waktu Pada Membran Keramik Dengan Komposisi Serbuk Gergaji 3%

b. Membran Keramik dengan Komposisi Serbuk Gergaji 5 %

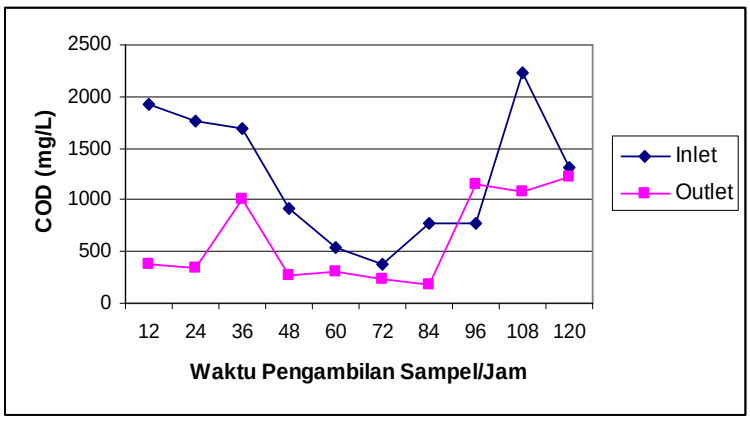
Hasil pengukuran dan grafik COD serta effisiensi removal COD pada membran keramik dengan komposisi serbuk gergaji 5 %, dapat dilihat pada Tabel 4.3, Gambar 4.4, Gambar 4.5 dan Gambar 4.6 berikut ini :

Tabel 4.3 Data COD Pada Membran Keramik Dengan Komposisi Serbuk Gergaji 5 %

Waktu (Jam)	Inlet (mg/l)	Outlet (mg/l)	Effisiensi Removal (%)	Debit (l/Jam)
12	1920	384	80	0.174
24	1766.4	345.6	80.43	0.132
36	1689.6	998.4	40.91	0.24
48	921.6	261.12	71.67	0.288
60	537.6	307.2	42.86	0.246
72	384	238.08	38	0.186
84	768	176.64	77	0.18
96	768	1152	-50	0.138
108	2227.2	1075.2	51.72	0.126
120	1305.6	1228.8	5.882	0.12
Σ	12288	6167		1.83
Rata-rata	1228.8	616.7	49.81	0.183

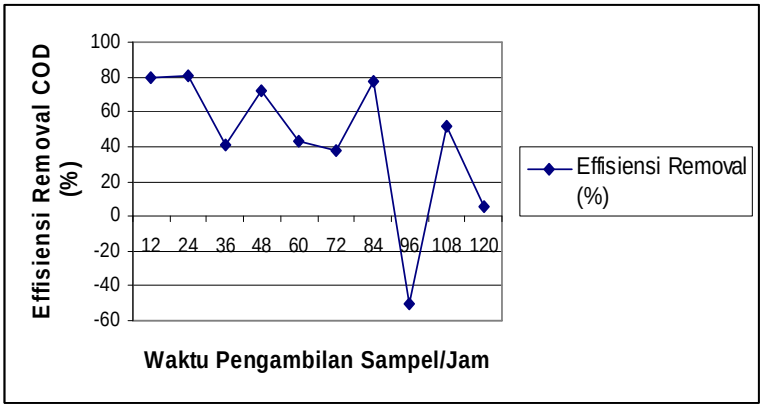
Sumber : Data Primer, 2007

$$\text{Efisiensi rata-rata COD} = \frac{1228{,}8 - 616.7}{1228{,}8} x100 = 49.81\%$$

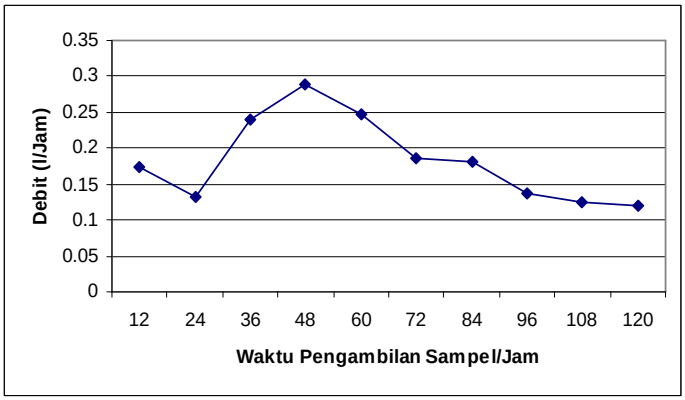


Gambar 4.4 COD Pada Air Hasil Filtrasi Dengan Komposisi Serbuk Gergaji 5 %.

Grafik hubungan antara effisiensi removal COD dengan variasi waktu sampling pada membran keramik dengan komposisi serbuk gergaji 5 % dapat ditunjukkan pada Gambar 4.5 berikut ini :



Gambar 4.5 Hubungan Effisiensi Removal COD Dengan Variasi Waktu Sampling Pada Membran Keramik Serbuk Gergaji 5 %



Gambar 4.6 Hubungan Debit Outlet Dengan Variasi Waktu Pada Membran Keramik Dengan Komposisi Serbuk Gergaji 5%

c. Membran Keramik dengan Komposisi Serbuk Gergaji 7 %

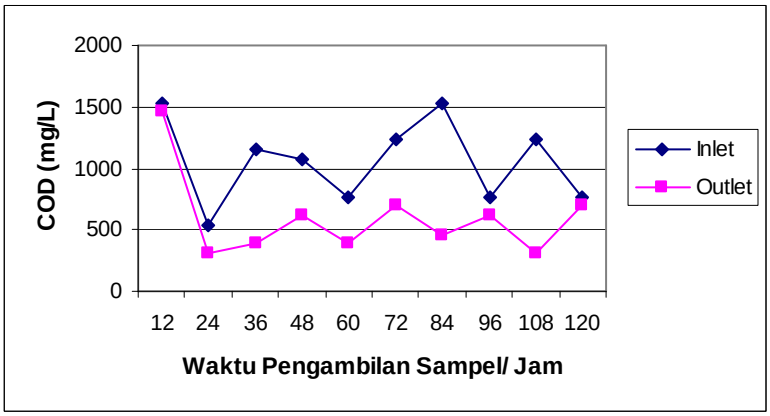
Hasil pengukuran dan grafik COD serta grafik effisiensi removal COD pada membran keramik dengan komposisi serbuk gergaji 7 %, dapat dilihat pada Tabel 4.4, Gambar 4.7, Gambar 4.8 dan Gambar 4.9 berikut ini:

Tabel 4.4 Data COD Pada Membran Keramik Dengan Komposisi Serbuk Gergaji 7 %

Waktu (Jam)	Inlet (mg/l)	Outlet (mg/l)	Effisiensi Removal (%)	Debit (l/Jam)
12	1536	1459.2	5	0.348
24	537.6	307.2	42.86	0.294
36	1152	384	66.67	0.24
48	1075.2	614.4	42.86	0.21
60	768	384	50	0.18
72	1228.8	691.2	43.75	0.174
84	1536	460.8	70	0.15
96	768	614.4	20	0.132
108	1228.8	307.2	75	0.12
120	768	691.2	10	0.108
Σ	10598.4	5913.6		1.956
Rata-rata	1059.84	591.36	44.2	0.1956

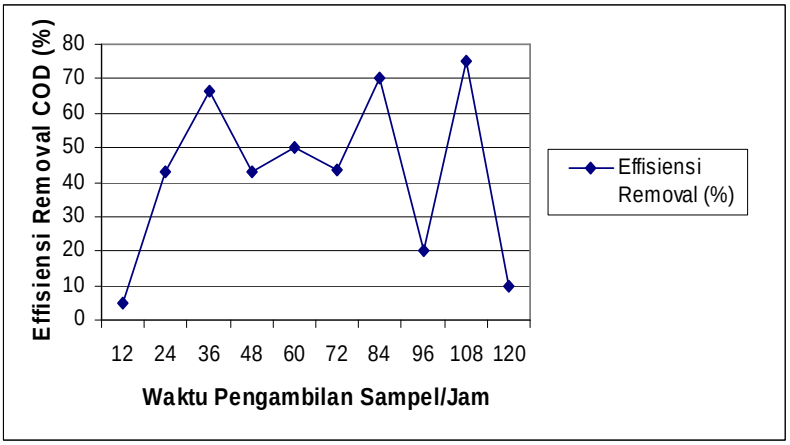
Sumber : Data Primer, 2007

$$\text{Efisiensi rata-rata COD} = \frac{11059{,}84 - 591{,}36}{1059{,}84} x100 = 44{,}2\%$$

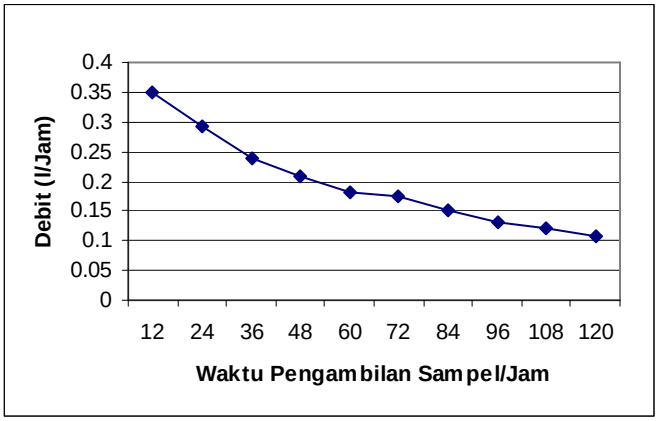


Gambar 4.7 COD Pada Air Hasil Filtrasi Dengan Komposisi Serbuk Gergaji 7 %.

Grafik hubungan antara effisiensi removal COD dengan variasi waktu sampling pada membran dengan komposisi serbuk gergaji 7 % dapat ditunjukkan pada Gambar 4.8 berikut ini :



Gambar 4.8 Hubungan Effisiensi Removal COD Dengan Variasi Waktu Sampling Pada Membran Keramik 7 %



Gambar 4.9 Hubungan Debit Outlet Dengan Variasi Waktu Pada Membran Keramik Dengan Komposisi Serbuk Gergaji 7%

4.2 Analisa Data Dengan Menggunakan T-Test

Tujuan dari dilakukannya uji t dua variabel bebas adalah untuk membandingkan (membedakan) apakah kedua variabel tersebut sama atau berbeda. gunanya untuk menguji kemampuan generalisasi (*signifikansi*) hasil penelitian yang berupa perbandingan keadaan variabel dari dua rata-rata sampel. Atau dengan kata lain, t-test digunakan untuk menguji rataan tetapi variannya tidak diketahui. Dikatakan signifikan jika hasil analisis data yang diperoleh besarnya kurang dari 5% (0,05).

4.2.1 T test Analisa COD Pada Membran Keramik Dengan Variasi Serbuk Gergaji 3%, 5% dan 7%

Analisa COD dengan menggunakan t-test dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 4.5 Paired Samples Statistic Untuk COD Pada Membran Keramik Dengan Serbuk Gergaji 3%

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	Inlet	816,9150	10	486,50949	153,84781
	Outlet	435,8040	10	339,48304	107,35396

Tabel 4.6 Paired Samples Correlations Untuk COD Pada Membran Keramik Dengan Serbuk Gergaji 3%

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	Inlet & Outlet	10	,749	,013

Tabel 4.7 Paired Samples Test Untuk COD Pada Membran Keramik Dengan Serbuk Gergaji 3%

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	Inlet - Outlet	381,11100	323,30918	102,23934	149,82955	612,39245	3,728	9	,005

Dari tabel analisa t-test diatas dapat disimpulkan:

1. Dari hasil analisis data Paired Samples Statistic untuk COD diatas dapat ditarik suatu kesimpulan bahwa rata-rata inlet berdasarkan dari waktu awal sampai akhir sebesar 816,9150 mg/L, sedangkan rata-rata outlet sebesar 435,8040 mg/L. Hasil dari kedua sampel tersebut menujukkan perbedaan yang cukup jauh (signifikan).
2. Dari hasil analisis data Paired Samples Test untuk COD berdasarkan tabel diatas, diperoleh nilai signifikan pada tabel Paired Sampel Test sebesar 0,005 atau 0,5% yang berarti lebih kecil dari 0,05 atau 5%. Artinya rata-rata perbandingan inlet dan outlet terdapat perbedaan yang cukup signifikan. (dikatakan signifikan jika pada tabel Paired Sampel Test besarnya kurang dari 5%)

Tabel 4.8 Paired Samples Statistic Untuk COD Pada Membran Keramik Dengan Serbuk Gergaji 5%

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	Inlet	1228,8000	10	640,51180	202,54761
	Outlet	616,7040	10	435,12545	137,59875

Tabel 4.9 Paired Samples Correlations Untuk COD Pada Membran Keramik Dengan Serbuk Gergaji 5%

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	Inlet & Outlet	10	,388	,268

Tabel 4.10 Paired Samples Test Untuk COD Pada Membran Keramik Dengan Serbuk Gergaji 5%

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	Inlet - Outlet	612,09600	619,12900	195,78578	169,19779	1054.994	3,126	9	,012

Dari hasil analisa COD dengan menggunakan t-test dapat ditarik kesimpulan:

1. Dari hasil analisis data diatas dapat ditarik suatu kesimpulan bahwa rata-rata inlet dari jam ke-12 sampai jam ke-120 sebesar 1228,8000 mg/L jam , sedangkan rata-rata outlet sebesar 616,7040 mg/L. Hasil dari kedua sampel antara inlet dan outlet berbeda cukup jauh (signifikan).
2. Dari hasil analisis data diatas, diperoleh nilai signifikan pada tabel Paired Sampel Test sebesar 0,012 atau 0,12% yang berarti lebih kecil dari 0,05 atau 5%. Artinya rata-rata perbandingan inlet dan outlet untuk membran keramik dengan serbuk gergaji 5% terdapat perbedaan yang cukup signifikan. (dikatakan signifikan jika pada tabel Paired Sampel Test besarnya kurang dari 5%).

Tabel 4.11 Paired Samples Statistic Untuk COD Pada Membran Keramik Dengan Serbuk Gergaji 7%

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	Inlet	1059,8400	10	341,16262	107,88509
	Outlet	591,3600	10	339,71885	107,42853

Tabel 4.12 Paired Samples Correlations Untuk COD Pada Membran Keramik Dengan Serbuk Gergaji 7%

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	Inlet & Outlet	10	,455	,187

Tabel 4.13 Paired Samples Test Untuk COD Pada Membran Keramik Dengan Serbuk Gergaji 7%

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	Inlet - Outlet	468,48000	355,55442	112,43618	214,13169	722,82831	4,167	9	,002

Dilihat dari tabel analisis diatas dapat ditarik kesimpulan:

1. Dari hasil analisis data diatas dapat ditarik suatu kesimpulan bahwa rata-rata inlet untuk membran keramik dengan komposisi serbuk gergaji 7% dari jam ke-12 sampai jam ke-120 sebesar 1059,8400 mg/L, sedangkan rata-rata outlet dari jam ke-12 sampai jam ke-120 sebesar 591,3600 mg/L. Hasil dari kedua sampel tersebut berbeda cukup jauh (signifikan).
2. Dari hasil analisis data diatas, diperoleh nilai signifikan pada tabel Paired Sampel Test sebesar 0,002 atau 0,2% yang berarti lebih kecil dari 0,05 atau 5%. Artinya rata-rata perbandingan inlet dan outlet terdapat perbedaan yang cukup signifikan. (dikatakan signifikan jika pada tabel Paired Sampel Test besarnya kurang dari 5%).

4.3 Pembahasan COD

Pengujian parameter COD pada penelitian ini menggunakan *membran keramik* dengan variasi komposisi serbuk gergaji 3 %, 5 %, dan *membran keramik* dengan komposisi serbuk gergaji 7 %, karena berdasarkan tabel 4.2, tabel 4.3 dan tabel 4.4 diketahui bahwa konsentrasi COD masih berada diatas batas kadar yang telah ditetapkan dalam Keputusan Gubernur Kepala Daerah Istimewa Yogyakarta No: 214/KPTS/1991 Tentang Baku Mutu Limbah Cair yaitu sebesar 100 mg/L untuk golongan II. Pengambilan sampel dilakukan per 12 jam selama 5 hari, baik untuk inlet maupun outletnya, hal ini dikarenakan disetiap menitnya konsentrasi COD berubah-ubah. Pengambilan sampel yang dilakukan setiap 12 jam tersebut untuk mengetahui pada waktu berapakah *membran keramik* paling efektif dalam menurunkan konsentrasi *Chemical Oxygen Demand* (COD). Perhitungan variasi waktu dimulai setelah air limbah mulai merembes (berupa butiran-butiran seperti keringat) keluar melewati pori-pori dinding *membran keramik*, air limbah hasil akhir ditampung di dalam botol sampel kemudian diuji parameter CODnya di laboratorium.

Dari proses *running* yang telah dilakukan, untuk *membran keramik* dengan komposisi serbuk gergaji 3% mampu menurunkan konsentrasi inlet yaitu sebesar 667,97 mg/L menjadi sebesar 99,84 mg/L, untuk *membran keramik* dengan

komposisi serbuk gergaji 5% juga mampu menurunkan konsentrasi inlet, sebesar 1766,4 mg/L menjadi sebesar 345,6 mg/L. Sedangkan untuk *membran keramik* dengan komposisi serbuk gergaji 7% mampu menurunkan konsentrasi inlet, sebesar 1228,8 mg/L menjadi sebesar 307,2 mg/L, Karena dalam membran keramik terjadi proses filtrasi dan adsorpsi yang berperan dalam menurunkan kadar COD pada limbah batik hal ini disebabkan oleh adanya proses aerasi yang menyebabkan terjadi proses transfer oksigen yang membantu terjadinya proses oksidasi sehingga menyebabkan menurunnya nilai COD pada air limbah, penurunan konsentrasi nilai COD juga bisa disebabkan oleh kemampuan dari pasir kuarsa yang digunakan sebagai media filtrasi didalam membran keramik untuk menyaring zat-zat lewat.

Penurunan COD dengan menggunakan *membran keramik* juga dapat terjadi karena COD yang terkandung dalam air limbah batik merupakan partikel yang tak terlarut sehingga bentuk dari COD pada air limbah dari batik berupa partikel organik. Dimana partikel organik ini nantinya dapat tertahan pada dinding membran, sehingga partikel yang tertahan pada dinding membran dapat disaring dan diserap oleh membran keramik sehingga dapat menurunkan konsentrasi COD pada limbah cair batik. Hal ini disebabkan karena dalam membran keramik terjadi adanya proses penyaringan (*filtrasi*) dimana proses filtrasi pada membran berfungsi untuk menyaring dan menangkap partikel-partikel organik pada limbah batik. Media filter merupakan alat filtrasi/ penyaring yang memisahkan sebanyak mungkin partikel organik yang paling halus. Penyaringan ini merupakan proses pemisahan antara partikel organik/ koloid dengan cairan. Dikarenakan air olahan yang akan disaring berupa cairan yang mengandung butiran halus/ bahan-bahan yang larut dan menghasilkan endapan, maka bahan-bahan tersebut dapat dipisahkan dari cairan melalui filtrasi (Ridwan Saifudin, 2005). Selain itu juga terjadi proses penyerapan (*adsorpsi*), hal ini dapat terjadi karena adanya aerasi pada air limbah selama proses adsorbsi berlangsung, dimana aerasi terjadi karena adanya udara pada pori-pori membran keramik, semakin kecil ukuran pori maka semakin luas permukaannya dan daya serap semakin tinggi sehingga proses aerasi pun semakin besar. Hal tersebut dapat terjadi karena pada membran keramik

memiliki pori yang lebih kecil terjadi proses aerasi yang maksimal, dimana air yang terserap oleh membran dibagi dalam bentuk yang lebih kecil sehingga proses aerasi lebih merata dan maksimal sedangkan pada membran keramik yang memiliki pori yang lebih besar air limbah yang terserap pun menjadi lebih besar menyebabkan proses aerasi yang berlangsung tidak maksimal. Dengan bantuan tanah lempung, pasir kuarsa dan serbuk gergaji membuat membran keramik sebagai alat penyaring yang dapat menurunkan COD pada air limbah secara maksimal hal ini dapat terjadi karena membran keramik memiliki sifat adsorbsi, yaitu suatu proses dimana molekul meninggalkan larutan dan menempel pada permukaan zat adsorben akibat kimia dan fisika (Reynolds, 1982). Tanah lempung mempunyai sifat kimiawi yaitu interaksi dengan bahan organik, yaitu molekul organik dapat diserap oleh lempung sehingga partikel organik yang terdapat pada air limbah batik diserap dan disaring oleh membran keramik, dengan berkurangnya partikel-partikel organik maka kebutuhan oksigen yang dibutuhkan untuk menguraikan partikel organik juga akan berkurang.

Proses adsorpsi dapat terjadi akibat tumbukan antara partikel-partikel dengan *membran keramik*, yang merupakan hasil daya tarik menarik elektrostatis antara partikel-partikel yang bermuatan listrik berlawanan (Razif, 1985). Tingkat adsorbsi menentukan waktu detensi yang dibutuhkan untuk pengolahan, dan ukuran atau skala dari sistem adsorbsi yang akan diterapkan. Kinetika proses menggambarkan tahapan dimana molekul dipindahkan dari larutan kepori-pori adsorbent. Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi tingkatan terjadinya adsorbsi adalah agitasi, karakteristik adsorben, daya larut, ukuran molekul zat terlarut, pH larutan dan temperatur larutan (Poerwadio Andreas, 2004).

Pompa tekanan yang kuat menyebabkan bahan-bahan organik menempel pada dinding membran keramik. Penurunan COD bisa juga disebabkan oleh adanya material soluble yang tertahan pada membran keramik, dan menghasilkan effluent akhir menjadi lebih baik. Ukuran partikel yang terlalu besar akan tertahan di *membran keramik* yang memiliki pori kecil.

Selain itu pasir juga mampu menarik partikel-partikel organik yang lewat sebagai hasil daya tarik menarik elektrostatis, yaitu antara partikel-partikel yang

mempunyai muatan listrik yang berlawanan (*Razif*, 1985). Diameter porositas membran keramik dengan komposisi serbuk gergaji 3% sebesar $48.279676x10^{-4}$ mikro, membran keramik dengan komposisi serbuk gergaji 5% sebesar $122.945544x10^{-4}$ mikro sedangkan membran keramik komposisi serbuk gergaji 7% memiliki ukuran pori $60.07876x10^{-4}$ mikro. Ukuran partikel yang lebih kecil dari pada pori-pori membran menyebabkan partikel akan lolos pada saat penyaringan akan tetapi adanya proses adsorbsi menyebabkan partikel diserap oleh membran keramik sehingga partikel-partikel akan menempel pada dinding keramik.

Diantara ketiga buah *membran keramik* tersebut, membran keramik dengan komposisi serbuk gergaji 5% yang memiliki efektifitas yang tinggi dalam menurunkan COD, hal ini dapat terlihat dari nilai efisiensinya yaitu 80,43%, meskipun dalam membran hanya mampu menurunkan COD sebesar 80,43% tetapi dilihat dari rata-rata effisiensi removal membran keramik dengan komposisi serbuk gergaji 5% dapat menurunkan COD sebesar 49,81% dibandingkan dengan membran keramik dengan komposisi serbuk gergaji 3% dan 7% hanya mampu menurunkan effisisensi removal rata-rata sebesar 46,65% dan 44,2%, sedangkan untuk *membran keramik* dengan komposisi serbuk gergaji 3% mampu menurunkan COD sebesar 85,05%, dan untuk *membran keramik* dengan komposisi serbuk gergaji 7% mampu menurunkan COD sebesar 75%.Waktu yang paling efektif dalam menurunkan COD adalah pada jam ke-12 untuk membran dengan komposisi serbuk gergaji 3% dan jam ke-24 untuk membran keramik dengan serbuk gergaji 5%, dimana effisiensi yang diperoleh pada jam ke-12 untuk *membran keramik* dengan komposisi serbuk gergaji 3% adalah sebesar 85,05% dan 80,43% untuk membran keramik dengan komposisi serbuk gergaji 5% pada jam ke-24. Sedangkan untuk *membran keramik* dengan komposisi serbuk gergaji 7 % waktu yang paling efektif untuk menurunkan konsentrasi COD adalah pada jam ke-108, dimana effisiensi yang diperoleh sebesar 75 %.

Hal tersebut diatas dapat terjadi karena *membran keramik* mampu untuk menyaring (*filtrasi*) dan menyerap (*adsorpsi*) partikel-partikel organik yang terdapat pada air limbah batik. *Membran keramik* sebagai penyaring (filter),

karena pada *membran keramik* terdapat campuran serbuk gergaji berukuran 50 mess yang berfungsi untuk merembeskan air. Sedangkan fungsi membran keramik sebagai penyerap (adsorpsi) dapat terjadi karena pada membran keramik terdapat mineral lempung yang dapat dengan mudah menyerap beberapa partikel organik yang terdapat di dalam air limbah batik.

Pada beberapa kejadian, terutama untuk molekul organik tak berkutub, kekuatan interaksi antara mineral lempung dengan bahan organik relatif lemah, hanya sesuai dengan penyerapan secara fisik. Ikatan antara mineral lempung dan bahan organik terjadi melalui :

1. Ikatan hidrogen

   Ikatan hidrogen adalah ikatan antara atom-atom yang terdapat pada air (H_2O) yang membentuk kutub-kutub (polar).
2. Kekuatan ion dwi-kutub

   Kekuatan ion dwi-kutub adalah molekul-molekul air yang berkelakuan seperti batang-batang kecil yang mempunyai muatan positif di satu sisi dan muatan negatif di sisi yang lain.
3. Pertukaran ion

   Pertukaran ion adalah pertukaran elektrik pada partikel-partikel dengan mineral lempung akan menarik kation dan anion melalui cara penukaran atau menetralisir, artinya dengan mudah digantikan oleh anion dan kation lain saat kontak dengan ion lain pada larutan yang encer (*Van Olphen, 1993)*.

Pada proses adsorpsi air limbah mempunyai empat tahapan antara lain :

1. Tansfer molekul-molekul adsorbad menuju lapisan film yang mengelilingi adsorben.
2. Difusi adsorbad melalui lapisan film (*film diffusin process*).
3. Difusi adsorbad melalui kapiler atau pori-pori dalam adsorben (*pore diffusion*).
4. Adsorpsi adsorbad pada dinding kapiler atau permukaan adsorben (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 adsorben, semakin luas permukaannya dan daya serap semakin besar.

Pada jam ke-120 diperoleh effisiensi removal bernilai negatif untuk *membran keramik* dengan serbuk gergaji 3% yaitu sebesar -25%. Sedangkan pada jam ke-96 diperoleh effisiensi removal bernilai negatif untuk *membran keramik* dengan serbuk gergaji 5% yaitu sebesar -50%, dimana outlet yang dihasilkan dari *membran keramik* dengan komposisi serbuk gergaji 3% dan 5% lebih besar daripada inletnya sehingga effisiensi yang diperoleh bernilai negatif (terjadi kenaikan effisiensi), kemungkinan hal ini disebabkan oleh partikel-partikel yang menempel pada dinding membran ikut larut dan menyebabkan kenaikan pada hasil outlet. Dari hasil data COD pada membran keramik dengan komposisi serbuk gergaji 5% terjadi kenaikan nilai inlet sebesar 2227.2 mg/L pada jam ke-108, hal ini dikarenakan proses aerasi yang terjadi pada membran keramik tidak bekerja secara maksimal dalam menurunkan partikel organik yang terdapat pada inlet, sehingga inlet mengalami kenaikan.

Dari proses running yang telah dilakukan selama 5 hari dengan menggunakan ketiga buah membran keramik, diketahui bahwa belum terjadi waktu jenuh. Hal ini dapat dilihat dari membran keramik yang masih dapat menurunkan konsentrasi COD pada limbah batik dengan membran keramik komposisi serbuk gergaji 3% pada jam ke-96 dimana nilai effisiensi yang dihasilkan 71,43%, sedangkan untuk membran keramik dengan komposisi serbuk gergaji 5% diperoleh effisiensi removal sebesar 77% pada jam ke-84. Dan untuk membran keramik dengan komposisi serbuk gergaji 7% pada jam ke-108 diperoleh effisiensi removal sebesar 75%, hal ini berarti bahwa ketiga membran yang digunakan masih dapat menurunkan kinsentrasi COD. Untuk mengetahui kejenuhan pada membran keramik dapat dilihat dari debit yang dihasilkan melalui outlet, kejenuhan yang dimaksud dalam hal ini yaitu dimana kemampuan membran keramik dalam menghasilkan debit terus-menerus mengalami penurunan sampai titik puncak dimana debit sudah tidak dapat turun lagi karena

pori-pori pada membran keramik mengalami penyumbatan. Sehingga bisa dikatakan bahwa membran keramik belum mengalami titik jenuh, tetapi trendnya pada saat proses running debit telah mengalami penurunan pada ketiga buah membran hal ini dapat dilihat pada tabel 4.2, 4.3 dan 4.4. Kejenuhan dapat dilihat dari ketidakmampuan dari membran dalam menyaring partikel organik yang terdapat dalam air limbah. Membran keramik dikatakan belum mengalami kejenuhan karena membran masih mampu menyaring partikel organik meskipun debit yang dihasilkan terlalu kecil, karena terbatasnya waktu yang dipakai dalam penelitian.

Untuk penelitian selanjutnya diharapkan untuk menambah waktu detensi agar dapat diketahui waktu jenuh yang terjadi pada membran keramik. Jika dilihat dari debit outlet untuk ketiga membran, debit membran dengan komposisi serbuk gergaji 7% mengalami penurunan terus-menerus dari jam awal hingga akhir, hal ini bisa disebabkan oleh komposisi serbuk gergaji membran keramik 7% lebih banyak bila dibandingkan dengan membran 3% dan 5%.

Bilamana adsorban dibiarkan berkontak dengan suatu larutan, jumlah zat yang terlarut yang diadsorpsi pada permukaan adsorban akan meningkat sehingga konsentrasi zat terlarut akan menurun setelah beberapa saat. Kesetimbangan adsorpsi akan tercapai bilamana jumlah molekul yang meninggalkan permukaan adsorban sama dengan jumlah molekul yang diadsorpsi pada permukaan adsorban. Sifat-sifat reaksi adsorpsi yang dapat dilihat dengan mengkaitkan kapasitas adsorpsi (massa zat terlarut yang dapat diadsorpsi per satuan massa adsorban) pada konsentrasi kesetimbangan zat terlarut yang tertinggal dalam larutan (Tebbutt T.H.Y, 1960).

Adsorpsi merupakan fenomena fisik yang menyangkut permukaan suatu material maka adsorban yang baik harus berupa struktur berpori yang memiliki permukaan yang cukup luas setara dengan volumenya, dimana dalam hal ini *membran keramik* berfungsi sebagai adsorban sedangkan air limbah berfungsi sebagai adsorbat. (Weber, 1972), dalam adsorpsi digunakan istilah adsorbat dan adsorban. Adsorbat adalah substansi yang terserap atau substansi yang dipisahkan dari pelarutnya, sedangkan adsorban adalah suatu media penyerap. Bahan

penyerap merupakan suatu padatan yang mempunyai sifat mengikat partikel pada permukaan dan sifat ini menonjol pada padatan yang berpori. Beberapa sifat yang harus dipenuhi oleh zat penyerap, yaitu :

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

Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi kapasitas adsorpsi, yaitu :

1. Luas permukaan adsorban

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

2. Ukuran partikel

   Semakin kecil ukuran partikel yang digunakan maka semakin besar kecepatan adsorpsinya. Ukuran diameter dalam bentuk butir adalah dari 0,1 mm, sedangkan ukuran diameter dalam bentuk serbuk adalah 200 mess (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 menempel adsorbat berlangsung lebih baik. Konsentrasi zat-zat organik akan turun apabila waktu kontaknya cukup dan waktu kontak berkisar antara 10-15 menit (Reynold, 1982).

4. Distribusi ukuran pori

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

Berdasarkan penelitian terdahulu tentang penurunan COD pada air limbah domestik dengan menggunakan membran keramik, membran dengan komposisi serbuk gergaji 7.5% yang paling efektif dalam menurunkan COD pada air limbah domestik, sedangkan untuk membran dengan komposisi serbuk gergaji 5% tidak dapat digunakan karena membran keramik tersebut tidak mampu mengolah limbah domestik sehingga tidak menghasilkan effluent yang cukup untuk

dilakukan penelitian. Hal ini disebabkan limbah domestik dari IPAL Sewon Yogyakarta sedikit pekat karena bahan-bahan yang terkandung dalam limbah domestik tersebut berbeda untuk setiap harinya. Jika dilihat dari hasil analisa penurunan COD pada limbah batik, variasi serbuk gergaji yang paling efektif yaitu komposisi serbuk gergaji 5%, sedangkan pada penelitian terdahulu komposisi serbuk gergaji 7.5% yang paling efektif dalam menurunkan COD pada air limbah domestik. Perbedaan ini dapat disebabkan oleh tingkat kepekatan setiap limbah yang berbeda (Kusuma Dian, 2006).

Konsentrasi *Chemical Oxygen Demand* (COD) yang berlebihan pada suatu badan air tidak diinginkan bagi kepentingan perikanan dan pertanian, karena akan mengganggu proses fotosintesis pada kepentingan pertanian dan menyebabkan ikan-ikan pada mati. COD setelah melalui proses pengolahan dengan *membran keramik*, masih berada diatas batas kadar yang telah ditetapkan dalam Keputusan Gubernur Kepala Daerah Untuk Wilayah Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta bagi Baku Mutu Limbah Cair untuk golongan II, yaitu sebesar 100 mg/L, penurunan COD yang paling efektif setelah melalui proses pengolahan dengan *membran keramik* terjadi pada jam ke-12 sebesar 99,84 mg/L untuk *membran keramik* dengan komposisi serbuk gergaji 3%, 345,6 mg/L untuk *membran keramik* dengan komposisi serbuk gergaji 5%, dan 307,2 mg/L untuk membran keramik dengan komposisi serbuk gergaji 7% pada jam ke-108.

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil pengujian, analisa dan pembahasan yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa :

1. *Membran keramik* bakaran rendah dapat menurunkan *Chemical Oxygen Demand* (COD) pada air limbah Batik, Nakula Sadewa Yogyakarta.
2. *Membran keramik* dengan komposisi serbuk gergaji 3%, COD mengalami penurunan sebesar 85,05% dari 667,97 mg/L menjadi 99,84 mg/L, pada membran keramik dengan komposisi serbuk gergaji 5% terjadi penurunan sebesar 80,43% dari 1766,4 mg/L menjadi sebesar 345 mg/L, sedangkan untuk *membran keramik* dengan komposisi serbuk gergaji 7 % terjadi penurunan sebesar 75% dari 1228,8 mg/L menjadi 307,2 mg/L.
3. Dari ketiga *membran keramik* , *membran keramik* yang paling efektif dalam menurunkan COD adalah membran keramik dengan komposisi serbuk gergaji 5%.
4. Untuk penggunaan *membran keramik* dengan komposisi serbuk gergaji 3% dan 5%, waktu yang paling efektif dalam menurunkan COD adalah pada jam ke-12 dan jam ke-24, sedangkan untuk *membran keramik* dengan komposisi serbuk gergaji 7% waktu yang paling efektif dalam menurunkan COD adalah pada jam ke-108.
5. Dari proses selama 5 (lima) hari belum terjadi titik jenuh karena membran keramik masih mampu menurunkan COD pada limbah batik, tetapi dilihat dari effisiensi removal sudah terjadi penurunan dari jam awal sampai akhir proses running.

5.2. Saran

Setelah dilakukan pengujian terhadap COD dengan menggunakan *membran keramik* terdapat beberapa kesulitan, sehingga dapat disarankan :

1. Sebelum melakukan *running* dengan menggunakan air limbah batik sebaiknya membran keramik/ gerabah terlebih dahulu di*running* dengan menggunakan air bersih, jangan hanya dicuci/ dibilas saja.
2. Menambah variasi waktu sehingga diketahui dengan pasti pada variasi waktu berapa *membran keramik* tidak mampu melakukan proses filtrasi dan adsorpsi lagi. Selain itu, untuk penelitian selanjutnya diharapkan adanya penambahan variasi komposisi serbuk gergaji sehingga dapat membandingkan kualitas effluent yang dihasilkan.

Daftar Pustaka

Alaerts, G. dan Sumestri, S. 1984. *Metode Penelitian Air*. Usaha Nasional. Surabaya, Indonesia

Ali, A.M. 2006. *Penurunan Kadar Biologi Oxygen Demand (BOD) dan Total Suspended Solid (TSS) Pada Limbah Cair Peternakan Sapi Dengan Menggunakan Teknologi Membran Keramik*. Skripsi Pada Program SI, FTSP, UII Yogyakarta.

Anonim. 1998. *Pengembangan Teknologi Maju Berbasis Sumber Daya Lokal, Tim Laboratorium Teknologi Keramik. Jurusan Teknik Kimia*. Fakultas Teknik UGM. Yogyakarta.

Anonim. 2001. *Industri Penyamakan Kulit*. PT Budi Makmur Jaya Murni. Yogyakarta.

Astuti, A. 1997. *Pengetahuan Keramik*. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.

Baraba, W. 1999. *Membangun Struktur Keramik Maju Indonesia Berbasis Sumber Daya Lokal*. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Industri Keramik. Bandung.

Benefit, D.L and Judkins, Jr. *Prosess Chemistry for Water and Wastewater Treatment*. Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs. Newjersey.

Cristiady, H.H. 2002. *Mekanika Tanah 1*, Edisi Kedua. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.

Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Kanisius. Yogyakarta.

Fardiaz, S. 1992. *Polusi Air dan Udara*. Kanisius. Yogyakarta.

Grim, R.E. 1953. *Clay Mineralogy*, Second Edition. Mc Graw Hill Book Company, New York.

Ichinose, N. 1987. *Introduction to Fine Ceramics Application on Engineering*. John Wiley and Sons LTD. New York.

Kingery, W.D. 1975. *Intoduction to Ceramics, A Wiley-interscience publication*. John wiley and Sons. New York.

Kusuma, D. 2006. *Penurunan Kadar Chemical Oxygen Demand (COD) Dan Total Suspended Solid (TSS) Pada air Limbah Domestik Dengan Menggunakan Membran Keramik.* Skripsi Pada Program SI. FTSP, UII. Yogyakarta.

Mahida, C.F. 1981. *Biologi of Fresh Water Pollution*. Long Man. London and NewYork.

Met Calf and Eddy. 1991. *Wastewater Engineering Treatment Disposal Reuse*. Mc Graw Hill. International Edition. Third Edition.

Olphen, V. 1993. *An introduction to Clay Colloid Chemistry*. Willey Interscience. New York.

Razif, M. 1985. *Pengolahan Air Minum*. Diktat TP-FTSP-ITS. Surabaya.

Reynold, T.D. 1982. *Unit Operation and Proces in Environmental Engineering*. Texas A&M University, Brooks/Cole Engineering Division, Monterey, California. USA.

Saifudin, R. Dan Astuti, D. 2005. *Kombinasi Media Filter Untuk Menurunkan Kadar Besi. Jurnal Penelitian Sains Dan Teknologi*, Vol. 6 No.1, Juni 2005. Diambil dari website www.google.com. Didownloud 4 Mei 2008, 10:20.

Siregar. 2005, *Instalasi Pengolahan Air Limbah*, Kanisius. Yogyakarta.

Sugiharto. 1989. *Dasar-dasar Pengelolaan Air Limbah*. Universitas Indonesia. Jakarta.

Tebbutt, T.H.Y. 1960. *Prinsip-prinsip Pengendalian Kualitas Air*. Departement of Civil Engineering University of Birmingham.

Tchobanoglous, G and Burton, F.L. 1991. *Wastewater Engineering*. Third Edition. McGraw-Hill. New York.

Tjokrokusumo. 1998. *Konsep Teknologi Bersih*. STTL. Jogjakarta.

Webar, W.M. 1972. *Adsorption in heterogenes Aqua in Sistem*. Jaour AWWA.