

**UJI KEMAMPUAN KALSIUM HIDROKSIDA (Ca(OH)₂) SEBAGAI
KOAGULAN PADA SUMBER AIR TAMBAK DI DESA PENATAR SEWU
KECAMATAN TANGGULANGIN KABUPATEN SIDOARJO JAWA TIMUR**

**LAPORAN SKRIPSI
MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN**

oleh :

AGUS ZAENI

NIM. 0210810001



**FAKULTAS PERIKANAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

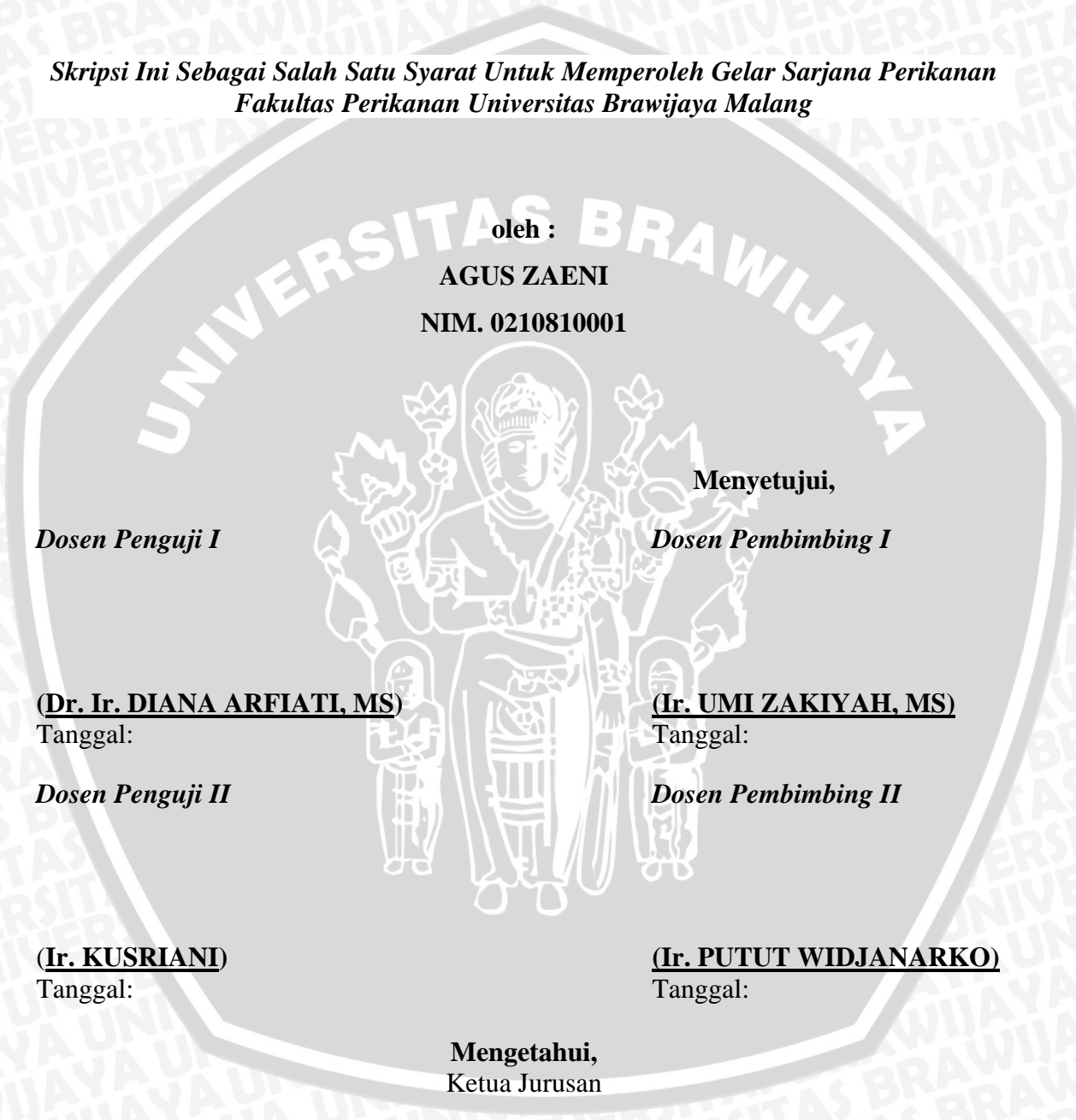
MALANG

2007



**UJI KEMAMPUAN KALSIUM HIDROKSIDA (Ca(OH)₂) SEBAGAI
KOAGULAN PADA SUMBER AIR TAMBAK DI DESA PENATAR SEWU
KECAMATAN TANGGULANGIN KABUPATEN SIDOARJO JAWA TIMUR**

*Skripsi Ini Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Perikanan
Fakultas Perikanan Universitas Brawijaya Malang*



oleh :
AGUS ZAENI
NIM. 0210810001

Dosen Penguji I

(Dr. Ir. DIANA ARFIATI, MS)
Tanggal:

Dosen Penguji II

(Ir. KUSRIANI)
Tanggal:

Dosen Pembimbing I

(Ir. UMI ZAKIYAH, MS)
Tanggal:

Dosen Pembimbing II

(Ir. PUTUT WIDJANARKO)
Tanggal:

Mengetahui,
Ketua Jurusan

(Ir. MAHENO SRI WIDODO, MS)
Tanggal:



DAFTAR ISI

PENGESAHAN	i
RINGKASAN	ii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	iv
DAFTAR LAMPIRAN	vii
 1. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Kegunaan Penelitian	5
1.5 Tempat dan Waktu Penelitian	6
1.6 Hipotesis	6
 2. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Pencemaran	7
2.1.1 Jenis pencemaran	7
2.1.2 Perairan umum	8
2.1.3 Pencemaran industri	9
2.1.4 Dampak pencemaran	11
2.2 Pengolahan Limbah	12
2.2.1 Proses pengolahan limbah	12
2.2.2 Pengolahan limbah dengan koagulasi	14
2.2.2.1 Kalsium hidroksida (Ca(OH) ₂)	14
2.2.2.2 Faktor yang mempengaruhi proses koagulasi	16
2.2.2.3 Proses koagulasi	17
2.3 Parameter Kualitas Air	18
2.3.1 Suhu	18
2.3.2 Derajat keasaman (pH)	19
2.3.3 Padatan tersuspensi (TSS)	20
2.3.4 Hidrogen sulfida (H ₂ S)	20
2.3.5 Total organic matter (TOM)	21
2.3.6 Nitrat	22
2.3.7 Oksigen terlarut (DO)	22

3. MATERI DAN METODE	
3.1 Materi Penelitian	24
3.1.1 Alat Penelitian	24
3.1.2 Bahan Penelitian	24
3.2 Metode Penelitian	24
3.2.1 Penelitian Pendahuluan	25
3.2.2 Penelitian Inti	27
3.3 Analisa Kualitas Air	28
3.4 Metode Analisa Logam Berat	31
3.5 Analisa Data	31
4. HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Penelitian Pendahuluan	33
4.2 Penelitian Inti	34
4.2.1 Total Suspended Solid (TSS)	34
4.2.2 Total Organic Matter (TOM)	37
4.2.3 Sulfide	40
4.2.4 Oksigen terlarut (DO)	43
4.2.5 Nitrat	46
4.2.6 pH	48
4.2.7 Konsentrasi Logam Berat	51
5. KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	55
5.2 Saran	56

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



RINGKASAN

AGUS ZAENI. Skripsi tentang Uji Kemampuan Kalsium hidroksida ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) sebagai Koagulan pada Sumber Air Tambak di Desa Penatar sewu, Kecamatan Tanggulangin, Kabupaten Sidoarjo, Jawa timur. Dibawah bimbingan **Ir. UMI ZAKIYAH, MS.** dan **Ir. PUTUT WIDJANARKO.**

Luapan Lumpur panas PT Lapindo Brantas mengandung padatan tersuspensi maupun terlarut dan bahan beracun yang berbahaya seperti hydrogen sulfida, amonia serta logam berat. Kandungan padatan tersuspensi, bahan organik dan logam berat tidak bisa mengendap secara alami. Bahan pencemar yang terkandung di dalam Lumpur panas apabila dibuang ke perairan umum akan menimbulkan pencemaran dan mempengaruhi kehidupan organisme akuatik terutama ikan dan udang. Lumpur jika ditambahkan dengan koagulan, maka akan membentuk endapan.

Fungsi pembubuhan koagulan adalah untuk membentuk partikel padat yang lebih besar supaya dapat diendapkan dari hasil reaksi partikel kecil (koloidal) dengan bahan atau zat koagulan yang dibubuhkan (Sutrisno, 2004). Manusia memanfaatkan koagulan Kalsium hidroksida untuk keperluan proses pengolahan limbah. Penggunaan Kalsium hidroksida sebagai koagulan mempunyai beberapa keunggulan yaitu sangat efektif dalam proses pengolahan bahan organik, harga satuan relatif murah, mudah dalam penggunaannya dan sudah dikenal dalam proses pengolahan limbah serta dapat menaikkan pH (menurunkan tingkat keasaman).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan Kalsium hidroksida dalam menurunkan kandungan padatan tersuspensi dan bahan organik pada air tambak, yang mampu menghasilkan air yang layak untuk digunakan dalam usaha perikanan tambak dan menentukan dosis optimum dari penggunaan Kalsium hidroksida, sehingga dapat diketahui kapasitas penggunaannya. Penelitian ini dilaksanakan di laboratorium Ilmu-ilmu Perairan, Universitas Brawijaya, dengan pengamatan parameter kualitas air yaitu TSS, TOM, H_2S , DO, nitrat dan derajat keasaman (pH), sedangkan analisis logam berat dilakukan di Laboratorium Lingkungan, Jurusan Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Brawijaya. Waktu penelitian dilakukan pada bulan Juni sampai dengan Agustus 2007.

Materi penelitian ini adalah koagulan Kalsium hidroksida untuk menurunkan kandungan padatan tersuspensi dan bahan organik pada sumber air tambak di Desa Penatarsewu, Kecamatan Tanggulangin, Kabupaten Sidoarjo. Efektifitas penggunaan Kalsium hidroksida ini dapat diketahui dengan mengukur kualitas air tambak sebelum dan sesudah diberi perlakuan penambahan Kalsium hidroksida. Parameter penelitian ini yaitu: TSS, TOM, H_2S , DO, nitrat, derajat keasaman (pH), dan Logam berat (Pb, Cu, Zn). Penelitian ini menggunakan metodologi eksperimen atau percobaan. Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) sederhana dengan tiga kali ulangan. Perlakuan yang diberikan berupa penambahan koagulan Kalsium hidroksida dengan dosis yang berbeda yaitu 800, 900, 1000, 1100, 1200 mg/lit dan kontrol (tanpa pemberian Kalsium hidroksida). Analisa data dengan menggunakan Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) dan uji linear.

Hasil pengamatan dari penambahan Kalsium hidroksida yang berbeda memberikan pengaruh penurunan terhadap parameter TSS, TOM, H₂S, nitrat dan Zn. Sedangkan terhadap parameter pH dan DO mengalami kenaikan. Perbedaan perlakuan penambahan Kalsium hidroksida menunjukkan pengaruh yang berbeda nyata.

Hasil rerata dengan penambahan Kalsium hidroksida terbanyak (1200 mg/l) menunjukkan bahwa : TSS dapat diturunkan dari 3586,667 mg/l menjadi 180,667 mg/l; TOM dapat diturunkan dari 33,285 mg/l menjadi 8,312 mg/l; H₂S dapat diturunkan dari 16,753 mg/l menjadi 3,337 mg/l; dan nitrat dapat diturunkan dari 0,106 mg/l menjadi 0,042 mg/l. Sedangkan hasil rerata dengan penambahan Kalsium hidroksida terbanyak (1200 mg/l) menunjukkan bahwa : pH mengalami kenaikan dari 7,02 menjadi 8,59 dan DO mengalami kenaikan dari 5,03 menjadi 5,707 mg/l.

Hasil penelitian tersebut maka disarankan perlu adanya penelitian lebih lanjut untuk menentukan penambahan dosis Kalsium hidroksida dengan metode yang lain sehingga didapatkan penurunan kandungan TOM dan TSS yang sesuai standard yaitu 12,5 mg/l dan < 1000 mg/l, serta adanya penanganan yang lain dengan harapan agar luapan Lumpur panas PT Lapindo Brantas tidak dibuang ke sungai.



1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan sektor perindustrian di Indonesia untuk mensejahterakan kehidupan bangsa berdampak negatif terhadap pencemaran lingkungan, baik darat, udara maupun air. Pencemaran ini antara lain berupa masuknya zat pencemar atau limbah yang dapat menyebabkan ketidakseimbangan ekosistem lingkungan dan mengganggu kehidupan populasi organisme.

Pencemaran lingkungan hidup dijelaskan dalam Undang-Undang No 23 Tahun 1997, tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup yang menyatakan bahwa pencemaran lingkungan hidup adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan atau komponen lain ke dalam lingkungan hidup oleh kegiatan manusia sehingga kualitasnya turun sampai ke tingkat tertentu, yang menyebabkan lingkungan hidup tersebut tidak dapat berfungsi sesuai dengan peruntukannya (Wardana, 2001).

Salah satu contoh mengenai dampak negatif dari perkembangan perindustrian yang berujung pada pencemaran terhadap lingkungan perairan adalah terjadinya semburan Lumpur panas dari rekahan bumi di sekitar pengeboran gas oleh PT Lapindo Brantas di Kelurahan Siring, Kecamatan Porong, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur. Volume Lumpur panas yang dikeluarkan sangat banyak dan terus bertambah serta tidak dapat dibendung lagi, maka pada akhirnya diputuskan bahwa, Lumpur panas tersebut dibuang ke perairan sekitar antara lain ke Kali Aloo, Desa Penatar Sewu (Anonymous^f, 2006).

Menurut hasil penelitian yang dilakukan oleh Soendoro (2006), Lumpur panas bercampur air dan gas tersebut mengandung padatan tersuspensi maupun terlarut dan bahan beracun yang berbahaya seperti *Hydrogen sulfida*, amonia serta logam berat antara lain Hg, Pb, Cd, Cr dan Cu. Senyawa beracun tersebut dapat menyebabkan perubahan fisika kimia perairan. Adanya buangan Lumpur panas ke Kali Aloo dan pengaruh bahan pencemar lainnya, seperti limbah domestik, dapat berakibat mencemari perairan dan berpengaruh terhadap usaha perikanan tambak, karena aliran sungai tersebut digunakan untuk mengalir tambak.

Banyak petani tambak dan sawah di Desa Penatar Sewu dan Gempolsari, Kecamatan Tanggulangin, mengalami kerugian, ikan dan udang banyak yang mati. Hal itu diduga terjadi, karena air yang berasal dari aliran air Kali Gempolsari dan Kali Aloo tercemar oleh luberan air Lumpur panas PT Lapindo (Anonymous^f, 2006).

Tambak perikanan di daerah Sidoarjo pada umumnya menggunakan aliran sungai untuk mengalir tambak. Saiful (2006) dalam Anonymous^e (2006), menyebutkan bahwa Kali Porong merupakan sumber pengairan lebih dari 4.000 hektar tambak di daerah Sidoarjo. Selanjutnya menurut Freddy (2006) dalam Anonymous^e (2006) bahwa, luapan Lumpur panas PT Lapindo mengakibatkan produksi tambak pada lahan seluas 989 hektar di dua kecamatan yaitu Tanggulangin dan Porong, Sidoarjo, Jawa Timur, mengalami kegagalan panen. Departemen Kelautan dan Perikanan (DKP) memperkirakan kerugian akibat luapan Lumpur panas pada budidaya tambak di dua kecamatan tersebut, mencapai Rp 10,9 miliar per tahun.

Menurunnya kualitas air di Kali Aloo karena masuknya bahan pencemar baik oleh luapan Lumpur panas PT Lapindo dan masuknya limbah domestik memerlukan adanya penanganan yang efektif dan efisien karena alirannya digunakan untuk mengaliri tambak. Menurut Metcalf dan Eddy (1994), salah satu cara dalam pengolahan limbah cair adalah dengan koagulasi yaitu proses penambahan bahan kimia (koagulan) ke dalam air baku dengan maksud mengurangi daya tolak-menolak antara partikel koloid, sehingga partikel-partikel tersebut dapat bergabung menjadi flok-flok kecil. Penambahan koagulan dilakukan untuk membantu proses pengendapan bahan yang mengandung padatan tersuspensi, sehingga dapat mengurangi pencemaran lingkungan perairan.

Menurut Mariyanto (2004), koagulasi merupakan proses kimia untuk pengolahan limbah dengan cara menambahkan bahan kimia (koagulan) yang akan mengikat bahan pencemar sehingga mudah untuk dipisahkan atau diendapkan. Salah satu koagulan yang dapat digunakan adalah Kalsium hidroksida. Bahan kimia ini mempunyai keunggulan yaitu sangat efektif untuk menurunkan pencemaran organik.

Seperti halnya penggunaan Kalsium hidroksida dalam sistem pengolahan air limbah, dalam bidang perikanan masalah yang berhubungan dengan tingkat keasaman kolam ikan dapat dipecahkan dengan pengapuran. Menurut Widjanarko (2005), pengapuran dalam bidang perikanan dimaksudkan sebagai upaya untuk perbaikan yang diperlukan pada beberapa kolam yang memungkinkan respon populasi ikan secara normal terhadap pemupukan dan cara manajemen air lainnya.

Penelitian tentang uji kemampuan Kalsium hidroksida dalam pengolahan sumber air tambak di desa Penatar Sewu, Kecamatan Tanggulangin, Kabupaten Sidoarjo, belum dilakukan terutama dalam penanganan bahan pencemar untuk menurunkan padatan

tersuspensi dan bahan organik. Oleh sebab itu, perlu dilakukan penelitian dengan menggunakan Kalsium hidroksida untuk menurunkan padatan tersuspensi dan kandungan bahan organik.

1.2 Perumusan Masalah

Secara umum, kualitas perairan sangat menentukan kelangsungan hidup bagi makhluk hidup. Apabila perairan tersebut tercemar maka akan memberikan dampak yang buruk bagi kehidupan organisme perairan dan lingkungan sekitar. Adanya pencemaran limbah domestik dan peristiwa semburan Lumpur panas PT Lapindo Brantas, akan berpengaruh pada kualitas perairan tambak di Desa Penatarsewu, Kecamatan Tanggulangin, Kabupaten Sidoarjo, terutama terhadap padatan tersuspensi, dan bahan organik.

Mengingat cukup besarnya pengaruh luapan Lumpur panas PT Lapindo Brantas terhadap kehidupan organisme akuatik terutama ikan dan udang di area pertambakan di Desa Penatarsewu, Kecamatan Tanggulangin, Kabupaten Sidoarjo, maka perlu dilakukan penelitian tentang uji kemampuan Kalsium hidroksida sebagai koagulan dalam penanganan air untuk mengaliri tambak. Dari uraian tersebut di atas, maka dapat diambil permasalahan sebagai berikut:

1. Apakah pemberian Kalsium hidroksida dapat berfungsi untuk menurunkan kandungan padatan tersuspensi dan bahan organik yang terdapat pada sumber air tambak di Desa Penatarsewu, Kecamatan Tanggulangin, Kabupaten Sidoarjo. Dengan mengetahui perlakuan koagulan Kalsium hidroksida, dapat digunakan untuk menentukan jenis pengelolaan kualitas air sumber air tambak?

2. Sampai berapa besar peranan Kalsium hidroksida dapat menetralkan bahan pencemar dari sisa kegiatan rumah tangga atau limbah domestik masyarakat sekitar aliran Kali Aloo dan luapan Lumpur panas PT Lapindo Brantas?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan Kalsium hidroksida dalam menurunkan kandungan padatan tersuspensi dan bahan organik pada air tambak, yang mampu menghasilkan air yang layak untuk digunakan dalam usaha perikanan tambak dan menentukan dosis optimum dari penggunaan Kalsium hidroksida, sehingga dapat diketahui kapasitas penggunaannya.

1.4 Kegunaan Penelitian

Penelitian ini berupaya memberikan analisis efektifitas secara langsung pemberian Kalsium hidroksida terhadap sumber air tambak yang digunakan untuk mengalir tambak. Selanjutnya penelitian ini dapat memberikan tambahan informasi tentang, solusi dan sumbangan pemikiran bagi instansi, para peneliti, birokrasi dan akademis tentang uji kemampuan koagulan Kalsium hidroksida pada sumber air tambak yang terkena luapan Lumpur panas PT Lapindo, sehingga pada akhirnya bahaya pencemaran lingkungan karena masukan Lumpur panas PT Lapindo dan limbah domestik di Kali Aloo dapat dicegah. Dan bagi mahasiswa dapat meningkatkan pengetahuan, keterampilan dan pengalaman dalam menentukan tingkat pencemaran perairan dan analisa Kalsium hidroksida sebagai koagulan.

1.5 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di laboratorium Ilmu-ilmu Perairan, Universitas Brawijaya, dengan pengamatan parameter kualitas air yaitu *Total Suspended Solid* (TSS), *Total Organic Matter* (TOM), *Sulfide* (H_2S), oksigen terlarut (DO), nitrat dan derajat keasaman (pH), sedangkan analisis logam berat dilakukan di Laboratorium Lingkungan, Jurusan Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Brawijaya. Waktu penelitian dilakukan pada bulan Juni sampai dengan Agustus 2007.

1.6 Hipotesis

Diduga penambahan Kalsium hidroksida ($Ca(OH)_2$) dapat mengurangi kandungan padatan tersuspensi dan bahan organik yang terdapat pada sumber air tambak yang terkena luapan Lumpur panas PT Lapindo di Desa Penatarsewu, Kecamatan Tanggulangin, Kabupaten Sidoarjo.



2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pencemaran

Pencemaran adalah kondisi yang telah berubah dari bentuk asal pada keadaan yang lebih buruk, pergeseran bentuk tatanan dan kondisi asal pada kondisi buruk ini dapat terjadi sebagai akibat masukan dari bahan-bahan pencemar (Palar, 1994). Menurut Undang-Undang No. 23 Tahun 1997, tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup, dijelaskan bahwa pencemaran lingkungan hidup adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan atau komponen lain ke dalam lingkungan hidup oleh kegiatan manusia sehingga kualitasnya turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan lingkungan hidup tersebut tidak dapat berfungsi sesuai dengan peruntukannya (Wardana, 2001). Selanjutnya menurut Anonymous^a (1981), bahwa faktor-faktor yang menyebabkan pencemaran dan mempengaruhi kualitas air dapat disebabkan antara lain : erosi dan sedimentasi, buangan-buangan yang berasal dari penduduk, limbah pertanian dan perikanan, pembangkit listrik tenaga uap, limbah industri, tumpahan minyak dan pengambilan sumber daya laut.

2.1.1 Jenis Pencemaran

Menurut Bengen (2002), pencemaran dapat dibagi menjadi dua tipe yaitu: pertama, pencemaran limbah organik yang berasal dari pemukiman penduduk atau rumah tangga. Walaupun limbah organik dapat diuraikan tetapi dampaknya terhadap kestabilan hidup di perairan cukup besar. Melimpahnya limbah organik menyebabkan terjadinya *blooming* alga sehingga banyak ikan-ikan yang mengalami kematian karena alga berkembang biak sangat pesat dan terjadi persaingan dalam memperoleh oksigen.

Kedua, limbah anorganik yang berasal dari industri. Contohnya, merkuri, sianida, arsen, pestisida, dan limbah kimiawi lainnya. Limbah anorganik merupakan limbah yang tidak bisa teruraikan dan sangat berbahaya bagi manusia. Limbah anorganik ini dapat terserap lewat ikan yang dikonsumsi manusia sehingga dalam jangka panjang dapat merusak kesehatan manusia. Seperti halnya limbah anorganik, limbah organik juga merugikan. Sebab, dalam jumlah besar bisa memicu pertumbuhan pesat fitoplankton. Akibatnya, ikan-ikan akan kekurangan oksigen yang diimbangi dengan meningkatnya kompetisi untuk memperebutkan ruang hidup.

2.1.2 Perairan Umum

Ekosistem air tawar merupakan sumberdaya air yang paling praktis dan murah untuk kepentingan domestik atau industri. Selain itu, ekosistem air tawar menawarkan sistem pembuangan berbagai jenis limbah yang memadai dan paling murah sering disalah gunakan oleh manusia, dengan membuang segala macam limbah ke sistem perairan alami tersebut, tanpa melewati proses pengolahan terlebih dahulu (Barus, 2002). Diantara limbah rumah tangga dan industri ada yang merupakan bahan kimia yang tidak biasa terdapat di alam, zat itu menjadi produk baru (Winarno *et al.*, 1997),. Semuanya menjadi bahan pencemar dan dapat terbawa kemana-mana mengikuti aliran air, sehingga sungai, sumur dan mata air kita menjadi tercemar, bahkan tumbuhan dan binatangpun juga ikut tercemar karenanya.

Menurut Haslam (1990) dalam Mulyanto (1995), sungai merupakan rangkaian air dari berbagai macam sumber yang berhubungan, mengalir sepanjang permukaan bumi menuju ke satu arah yaitu muara. Kondisinya sangat bervariasi, tergantung daratan yang dilaluinya

2.1.3 Pencemaran Industri

Limbah industri adalah semua jenis bahan buangan yang berasal dari hasil samping suatu proses perindustrian, bahan buangan yang berasal dari limbah industri banyak dalam bentuk limbah cair. Menurut Palar (1994), limbah industri adalah semua jenis bahan sisa atau bahan buangan yang berasal dari hasil pembuangan suatu proses perindustrian, dapat menjadi limbah yang berbahaya bagi lingkungan hidup dan manusia.

Luapan Lumpur panas PT Lapindo juga merupakan salah satu contoh dari pencemaran industri. Hal ini dapat dilihat dari unsur-unsur kimia yang terkandung didalamnya. Berdasarkan penelitian yang dilakukan Soendoro (2006), bahwa Lumpur panas bercampur air dan gas tersebut mengandung padatan tersuspensi maupun terlarut dan bahan beracun yang berbahaya seperti *Hydrogen sulfida*, fenol, amonia serta logam berat antara lain Hg, Pb, Cu, Cd, dan Cr. Lumpur panas PT Lapindo mengandung 70 persen air, dan sisanya berupa endapan (Anonymous^f, 2006).

Pencemaran logam berat di lingkungan alam merupakan suatu proses yang erat hubungannya dengan penggunaan logam oleh manusia. Pada awal digunakannya logam sebagai alat, belum diketahui pengaruh pencemaran pada lingkungan. Pencemaran terjadi pada saat senyawa-senyawa yang dihasilkan dari kegiatan manusia ditambahkan ke lingkungan, menyebabkan perubahan yang buruk terhadap kekhasan fisika, kimia, biologis dan estetis. Semua makhluk hidup bukan manusia juga menghasilkan limbah yang dilepaskan ke lingkungan, namun umumnya dianggap bagian dari sistem alami, apakah mereka memiliki pengaruh buruk atau tidak (Sianainen, 2001).

Menurut Hutagalung (1991), berdasarkan densitasnya golongan logam dapat dibagi menjadi dua golongan, yaitu golongan logam ringan dan logam berat. Golongan logam ringan (*light metals*) mempunyai densitas $< 5 \text{ gr/cm}^3$, sedangkan golongan logam berat (*heavy metals*) mempunyai densitas $> 5 \text{ gr/cm}^3$.

Sedangkan berdasarkan sudut pandang toksikologi, logam berat dapat dibagi dalam dua jenis. Jenis pertama adalah logam berat esensial, dimana keberadaannya dalam jumlah tertentu berfungsi sebagai mikronutrien yang sangat dibutuhkan oleh organisme hidup, namun dalam jumlah yang berlebihan dapat menimbulkan efek racun. Contoh logam berat jenis ini adalah Zn, Cu, Fe, Co, Mn dan lain sebagainya. Sedangkan jenis kedua adalah logam berat tidak esensial atau beracun, dimana keberadaannya dalam tubuh meski dalam jumlah relatif kecil akan bersifat toksik, seperti Hg, Cd, Pb, Cr dan lain-lain (Vouk, 1986 *dalam* Anonymous^g, 2006). Hasil penelitian terdahulu yang pernah dilakukan terhadap kandungan Lumpur panas PT Lapindo dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Hasil Penelitian Kandungan Lumpur Panas PT Lapindo

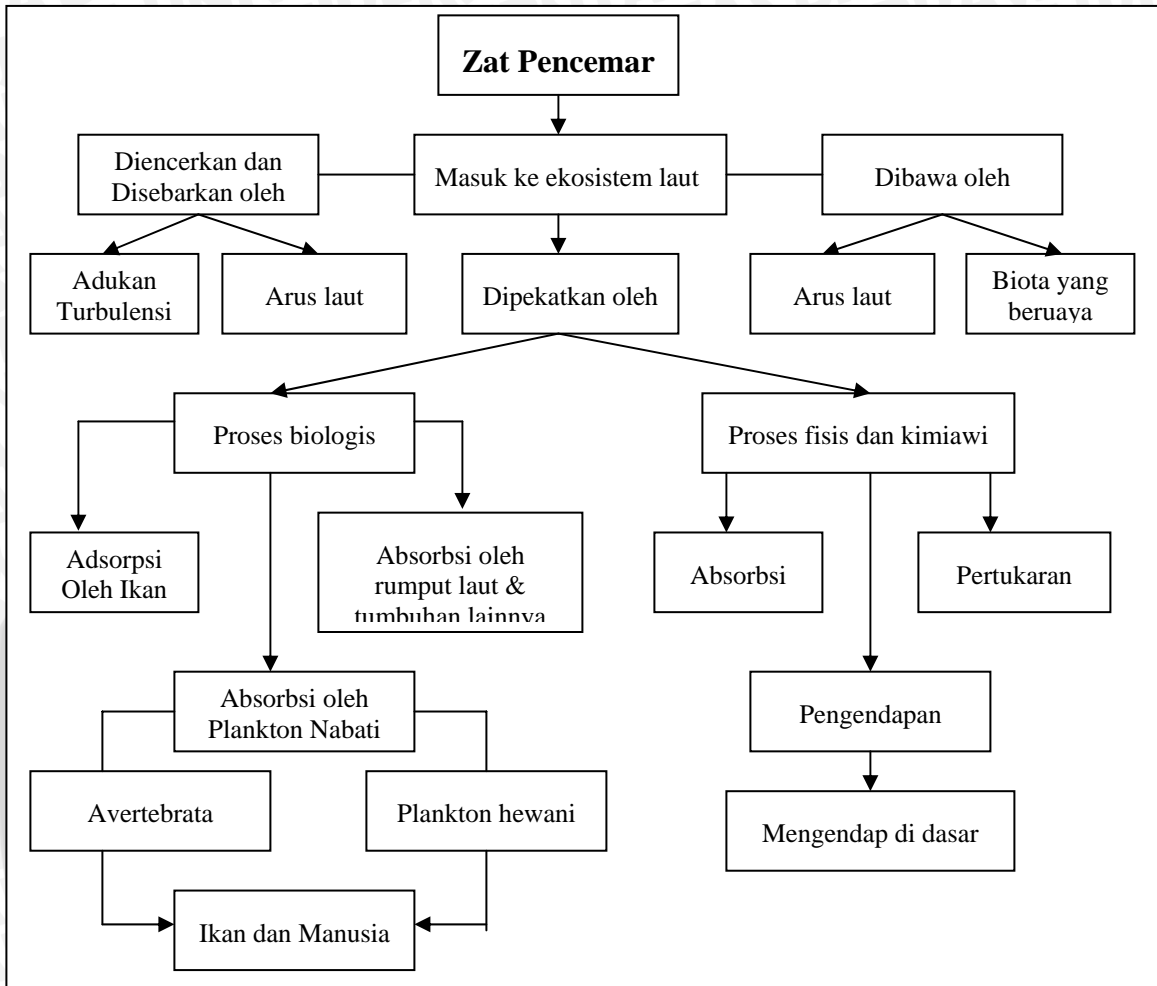
No	Waktu/tempat	Parameter	Hasil
1	5 Juni 2006/Desa Kedung Boto	pH	7,0
		COD	1898 mg/l
		Minyak dan lemak	$< 0,5 \text{ mg/l}$
		Sulfide sebagai H_2S	0,021 mg/l
		$\text{NH}_3\text{-N}$ total	31,0 mg/l
2	5 Juni 2006/Desa Kedung Boto	pH	7,0
		COD	4745 mg/l
		Minyak dan lemak	$< 0,5 \text{ mg/l}$

2.1.4 Dampak Pencemaran

Masuknya bahan pencemar ke dalam perairan, apabila tidak dikelola dengan baik akan dapat menimbulkan gangguan, baik terhadap lingkungan maupun terhadap kehidupan organisme. Menurut Sugiharto (1987), bahwa efek buruk yang ditimbulkan dari limbah dapat berakibat terjadinya gangguan terhadap kesehatan, gangguan terhadap kehidupan biotik, gangguan terhadap keindahan dan gangguan terhadap kerusakan benda. Padatan tersuspensi yang terminum oleh ikan, apabila TSS-nya tinggi maka akan banyak menggumpal di insang sehingga pernafasannya terganggu, akibatnya hilang keseimbangan, ikan bergerak tanpa arah dan pada akhirnya akan mati (Utomo, 2002). Proses yang dialami bahan penemar di lingkungan dapat dilihat pada Gambar 1.

Peristiwa Lumpur panas PT Lapindo Brantas juga berdampak terhadap pencemaran lingkungan sekitarnya. Menurut Freddy (2006) dalam Anonymous^e (2006) menyatakan bahwa, luapan Lumpur Lapindo mengakibatkan produksi tambak pada lahan seluas 989 hektar di Kecamatan Tanggulangin dan Porong, mengalami kegagalan panen. Departemen Kelautan dan Perikanan (DKP) memperkirakan kerugian akibat luapan Lumpur panas PT Lapindo pada budidaya tambak di dua kecamatan tersebut, mencapai Rp10,9 miliar per tahun.

Petani tambak dan sawah di Desa Gempolsari dan Penatar Sewu, Tanggulangin, mengalami kerugian. Banyak ikan dan udang ditambak warga mati. Hal itu terjadi, karena air yang berasal dari aliran air Kali Gempolsari dan Aloo tercemar oleh luapan air Lumpur panas PT Lapindo (Anonymous^e, 2006). Adapun daerah yang terkena dampak semburan Lumpur Lapindo dapat dilihat pada lampiran 1.



Gambar 1. Proses yang Dialami Bahan Pencemar di Lingkungan
(Sumber : Kartawinata *et al.*, 1987 dalam Harizal, 2006).

2.2 Pengolahan Limbah

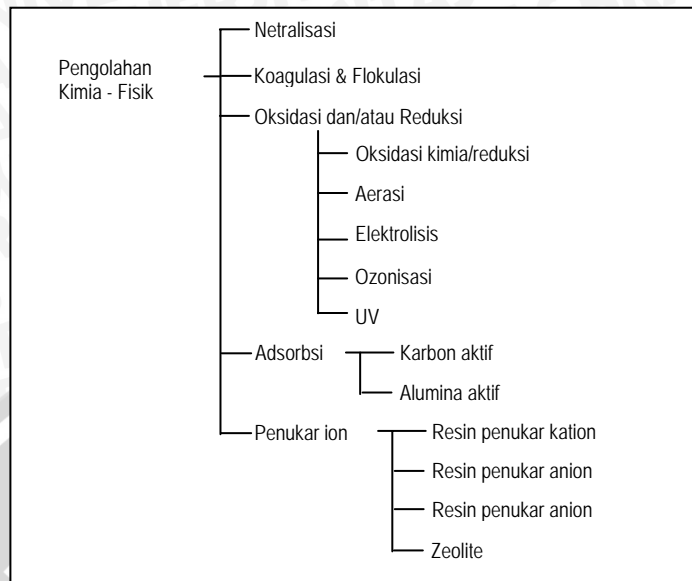
2.2.1 Proses Pengolahan Limbah

Tujuan utama pengolahan air limbah adalah untuk mengurangi bahan organik, partikel tercampur, serta membunuh organisme patogen. Selain itu diperlukan juga tambahan pengolahan untuk menghilangkan komponen beracun, serta bahan yang tidak dapat didegradasikan agar konsentrasi yang ada menjadi rendah. Untuk itu diperlukan pengolahan secara bertahap agar bahan tersebut diatas dapat dikurangi (Sugiharto, 1987)

Agar tidak menyebabkan pencemaran, air limbah sebelum dialirkan ke sungai terlebih dahulu diolah. Adapun proses pengolahan air menurut Fardiaz (1992), menyatakan bahwa proses penanganan limbah pada prinsipnya terdiri dari tiga tahap, yaitu : proses penanganan primer, sekunder dan tersier. Proses penanganan primer pada prinsipnya terdiri dari tahap-tahap untuk memisahkan air dari limbah padatan, antara lain melalui pengendapan. Proses penanganan sekunder dikenal dua macam proses, yaitu proses penyaringan *trikel* dan lumpur aktif. Dan proses penanganan tersier merupakan proses penanganan untuk menghilangkan komponen-komponen organik dan anorganik yang terlarut.

Selain sistem pengolahan limbah secara primer, sekunder dan tersier dikenal juga sistem pengolahan limbah secara fisika, kimia dan biologi. Pengolahan secara fisika bertujuan agar bahan-bahan tersuspensi berukuran besar dan yang mudah mengendap atau bahan-bahan yang terapung disisihkan terlebih dahulu. Sedangkan pengolahan secara kimia dilakukan untuk menghilangkan partikel-partikel yang tidak mudah mengendap (koloid), logam-logam berat, senyawa fosfor, dan zat organik beracun; dengan membubuhkan bahan kimia tertentu yang diperlukan (Anonymous^h. 2007).

Selanjutnya Widodo (2005), menyebutkan bahwa pengolah limbah cair secara kimia pada prinsipnya adalah menambahkan bahan kimia (koagulan) yang dapat mengikat bahan pencemar yang terdapat di air limbah, kemudian memisahkannya (mengendapkan atau mengapungkan). Adapun skema proses pengolahan limbah secara kimia-fisika dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Skema Diagram Pengolahan Limbah secara Kimia - Fisika

Sumber : <http://id.wikipedia.org>

2.2.2 Pengolahan Limbah dengan Koagulasi

Koagulasi digunakan didalam proses pengolahan limbah dengan menggunakan bahan kimia (koagulan) (Anonymous^d, 2003). Fungsi pembubuhan koagulan adalah untuk membentuk partikel padat yang lebih besar dari hasil reaksi partikel kecil (koloidal) dengan bahan atau zat koagulan yang dibubuhkan supaya dapat diendapkan (Sutrisno, 2004)

2.2.2.1 Kalsium Hidroksida (Ca(OH)₂)

Menurut Anonymousⁱ (2007), Kalsium hidroksida berupa kristal tak berwarna atau bubuk putih. Dihasilkan melalui reaksi Kalsium oksida (CaO) dengan air. Senyawa ini juga dapat dihasilkan dalam bentuk endapan melalui pencampuran larutan Kalsium klorida (CaCl₂) dengan larutan Natrium hidroksida (NaOH). Adapun mengenai bentuk Kalsium hidroksida dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Penampilan dari Kalsium hidroksida
Sumber : http://id.wikipedia.org/wiki/Kalsium_hidroksida

Selanjutnya Mariyanto (2004), menyebutkan bahwa penggunaan Kalsium hidroksida dalam koagulasi mampu menyediakan alkalinitas buatan dari air yang diberi perlakuan. Bila bahan ini ditambahkan maka akan membentuk ion Ca^+ dan OH^- yang terlarut dalam air. Dalam hal ini persamaan reaksi yang terjadi dapat ditulis sebagai berikut yaitu :



Dari persamaan reaksi di atas dapat dijelaskan bahwa, ion Ca^+ dalam air berfungsi untuk menggumpalkan partikel atau membentuk flok yang kemudian akan mengendap. Kalsium hidroksida selain berfungsi membentuk flok juga berfungsi untuk menaikkan nilai pH larutan. Ion OH^- dalam air sampel dapat mengikat asam sehingga pH air sampel dapat ditingkatkan

2.2.2.2 Faktor yang Mempengaruhi Proses Koagulasi

Faktor-faktor yang berpengaruh pada proses koagulasi yaitu:

a. Dosis Koagulan

Dosis koagulan pada proses koagulasi tergantung pada jenis sampel yang digunakan. Pada air sampel yang mempunyai tingkat pencemaran tinggi membutuhkan dosis koagulan yang tepat sehingga proses pengendapan bahan pencemar dapat berjalan dengan baik. Dosis koagulan yang tepat dapat mengendapkan bahan pencemar secara maksimal.

Menurut Jenie (1998), menyebutkan bahwa penentuan dosis koagulan pada jenis sampel tertentu dibutuhkan untuk mengetahui berapakah dosis koagulan yang mampu menurunkan bahan pencemar secara maksimal. Metode yang dapat digunakan yaitu dengan *jar test*.

b. Pengadukan

Pengadukan pada koagulasi dibutuhkan untuk reaksi antara koagulan dengan bahan organik, melarutkan bahan koagulan dalam air, menggabungkan inti endapan menjadi molekul lebih besar dan juga untuk memberi kesempatan flok kecil yang sudah terkoagulasi untuk bergabung menjadi flok yang ukurannya menjadi lebih besar (Metcalf dan Eddy, 1994).

c. pH

pH merupakan besaran yang menyatakan sifat asam basa suatu larutan. Sifat kimia koagulan juga tergantung pada pH, karena pada proses koagulasi batasan pH sangat penting mengingat nilai pH air dapat mempengaruhi kelarutan bahan kimia (Al Lyla, 1998 dalam Su'udah 2001).

d. Suhu

Temperatur yang rendah akan dapat menghambat proses koagulasi. Hampir semua reaksi kimia akan berjalan lambat pada suhu air yang mendekati titik beku. Pada suhu tersebut kelarutan koagulan juga akan sulit dan sebagai hasilnya proses koagulasi menjadi kurang efisien dan diperlukan koagulan yang semakin banyak untuk mengatasinya. Pada kondisi ini pembentukan flok relatif lebih sulit dan menyebabkan kekentalan air menjadi tinggi (Anonymous^c, 2000).

e. Waktu Pengendapan

Pengendapan dilakukan untuk menghilangkan atau memisahkan benda yang terlarut atau tersuspensi. Pengendapan juga merupakan suatu cara yang dipergunakan untuk pengurangan pasir, benda tercampur atau memisahkan lumpur yang terbentuk akibat penggunaan bahan kimia (koagulan). Waktu pengendapan adalah waktu yang dibutuhkan untuk mengendapkan bahan organik setelah proses koagulasi (Sugiharto, 1987).

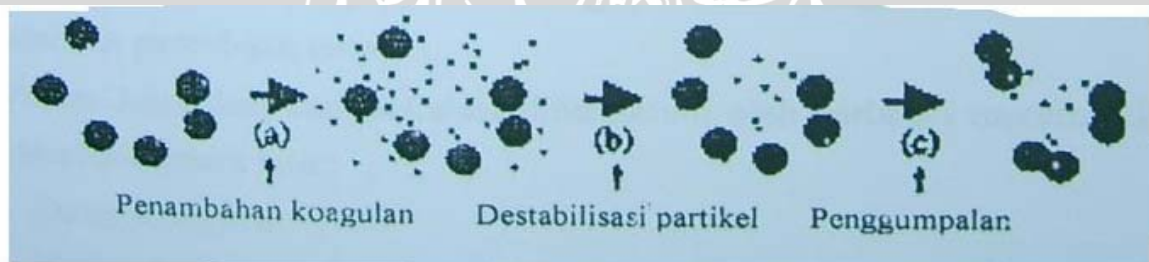
Sedangkan menurut Alaerts dan Santika (1987), menyebutkan bahwa partikel koloid terlalu ringan untuk mengendap sehingga diperlukan waktu untuk menyatukan, menggabungkan, dan menjadikan partikel koloid lebih besar. Penghapusan koloid dari larutan melalui sedimentasi memerlukan waktu 15-30 menit.

2.2.2.3 Proses Koagulasi

Menurut Metcalf dan Eddy (1994) Koagulasi adalah proses penambahan bahan kimia (koagulan) ke dalam air baku dengan maksud mengurangi daya tolak-menolak antara partikel koloid, sehingga partikel-partikel tersebut dapat bergabung menjadi flok-

flok kecil. Secara umum proses koagulasi merupakan serangkaian proses yang meliputi destabilisasi muatan partikel karena adanya penambahan koagulan, penyebaran pusat-pusat aktif partikel yang tidak stabil dan akan saling mengikat partikel-partikel pada air limbah (pembentukan inti endapan) kemudian proses pembentukan flok-flok (penggabungan inti endapan) dan yang terakhir proses pengendapan flok terjadi pada bak pengendapan.

Selanjutnya menurut Ali (2006), menyebutkan bahwa mekanisme proses koagulasi pada proses pengolahan air meliputi tiga tahap yaitu : penambahan dan pencampuran bahan koagulan, pemisahan antara partikel koloid (destabilitas) dan benturan antara partikel yang sudah mengalami destabilitas akibat gerakan molekul-molekul atau pengadukan. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 4. Proses Koagulasi : (a) penambahan bahan koagulan, (b) destabilisasi partikel dan (c) penggumpalan partikel yang telah mengalami destabilisasi

Sumber : www.dekker.com

2.3. Parameter Kualitas Air

2.3.1 Suhu

Suhu merupakan salah satu faktor yang penting dalam mengatur proses kehidupan dan penyebaran organisme. Suhu air secara tidak langsung akan mempengaruhi kelarutan O_2 dan secara langsung mempengaruhi proses kehidupan organisme seperti pertumbuhan dan reproduksi (Nyabakken, 1992).

Menurut Mulyanto (1992), suhu air sungai dipengaruhi oleh latitude, altitude, kekeruhan, komposisi substrat, masukan air tanah/hujan, angin dan penutupan tanaman. Secara umum suhu permukaan air mengikuti ambien suhu minimum udara, karena pengaruh pendinginan dan penguapan. Sedangkan menurut Hellawel (1986) dalam Mulyanto (1992), suhu air merupakan faktor pengontrol ekologi komunitas perairan, berpengaruh langsung dan akut terhadap batas letal organisme, pengaruh secara tidak langsung dan kronis terhadap proses fisiologi dan ini terlihat dari proses reproduksi, laju pertumbuhan, pencapaian kematangan seksual dan tingkah laku. Perubahan suhu dari pola yang normal khususnya secara tiba-tiba dapat mengganggu proses fisiologis, dapat mempercepat atau memperlambat pertumbuhan dan siklus hidup menjadi tidak normal.

2.3.2 Derajat Keasaman (pH)

Menurut Alaerts dan Santika (1987), pH menunjukkan kadar asam atau basa dalam suatu larutan, melalui konsentrasi (aktivitas) ion hidrogen H^+ . Ion hidrogen merupakan faktor utama untuk mengerti reaksi kimiawi karena ion H^+ selalu ada dalam keseimbangan dinamis dengan air, yang membentuk suasana untuk semua reaksi kimiawi yang berkaitan dengan masalah pencemaran air. Sumber ion hidrogen tidak pernah habis dan tidak hanya merupakan unsur molekul air saja, tetapi juga merupakan unsur banyak senyawa lain, sehingga jumlah reaksi tanpa H^+ dapat dikatakan hanya sedikit saja.

Aktivitas biologi juga dapat mengubah pH. Contoh reaksi biologi tersebut adalah fotosintesis, denitrifikasi, pemecahan nitrogen organik dan reduksi sulfat. Dari contoh reaksi tersebut yang dapat menyebabkan penurunan pH adalah oksidasi sulfat,

nitrifikasi, oksidasi karbon organik. Perubahan relatif dalam pH akan mempengaruhi kapasitas penyangga dari perairan (Jennie dan Rahayu, 1990).

2.3.3 Padatan Tersuspensi (TSS)

Padatan tersuspensi adalah bahan tersuspensi dan tidak larut dalam air. Padatan tersuspensi ini tertahan pada kertas saring dengan diameter $0,45\mu\text{m}$ (APHA, 1976). Mason (1981) menjelaskan bahwa, padatan tersuspensi dapat mengurangi penetrasi matahari ke dalam kolam air yang pada akhirnya mempengaruhi proses metabolisme organisme di perairan.

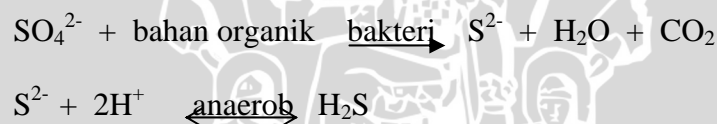
Menurut Fardiaz (1992), padatan tersuspensi adalah padatan yang menyebabkan kekeruhan air, tidak terlarut dan tidak dapat mengendap langsung. Padatan ini ukurannya lebih kecil dari pada ukuran sedimen dan butuh waktu yang lama untuk mengendap. Ukuran padatan tersuspensi menurut Alaerts dan Santika (1987), yaitu memiliki ukuran $1\mu\text{m}$ sampai dengan 1mm . Dalam analisa zat padat, pengertian zat padat total adalah semua zat-zat yang tersisa sebagai residu dalam suatu bejana, bila sampel air dalam bejana tersebut dikeringkan pada suhu tertentu.

2.3.4 Hidrogen Sulfida (H_2S)

Sulfida bersifat racun sebagai hasil dari dekomposisi anaerob bahan organik dan pada umumnya ditemukan dalam buangan rumah tangga dan limbah industri. Sulfida dapat berupa ion bebas sulfida (S^{2-}) atau dalam bentuk terikat Hidrogen sulfit (H_2S dan HS^-) (Anonymous^b, 1989).

Lebih lanjut dijelaskan bahwa, daya racun Hidrogen sulfida sama dengan Hidrogen cianida, tetapi bau yang menyengat dari Hidrogen sulfida dapat diketahui lebih dini sebelum mencapai daya racun yang tinggi. APHA (1985), juga menyebutkan bahwa konsentrasi yang dapat menimbulkan bau dari H₂S dalam air bersih yaitu antara 0,025 – 0,25 mg/lit.

Menurut Efendi (2003), Hidrogen sulfida (H₂S) merupakan sulfur dalam bentuk gas yang biasanya ditemukan di atmosfer. Sulfur di atmosfer diterima dari berbagai sumber, yaitu : aktivitas bakteri yang melepas Hidrogen sulfida; pembakaran bahan bakar fosil yang melepaskan Sulfur oksida; serta aktivitas vulkanik yang melepaskan hidrogen sulfida dan sulfat. Reduksi anion sulfat menjadi Hidrogen sulfida pada kondisi anaerob dalam proses dekomposisi bahan organik menimbulkan bau yang kurang sedap. Dalam hal ini dapat di lihat pada persamaan reaksi sebagai berikut:



2.3.5 Total Organic Matter (TOM)

Menurut Sugiharto (1987), bahan organik adalah zat yang pada umumnya merupakan bagian dari hewan atau tumbuh-tumbuhan dengan komponen utamanya adalah karbon, protein, dan lemak. Bahan organik ini mudah sekali mengalami pembusukan oleh bakteri dengan menggunakan oksigen terlarut dalam limbah.

Masukan bahan organik ke dalam perairan mempunyai akibat yang sangat kompleks, tidak hanya deoksigenasi dalam air yang disebabkan oleh aktivitas bakteri dalam merombak bahan organik, tetapi ada penambahan padatan tersuspensi, penambahan bahan beracun seperti amonia, sulfida dan sianida. Perubahan secara fisika

yaitu terjadinya modifikasi substrat oleh pengendapan organik, tetapi pengaruh ini dapat diperkecil oleh pengadukan dan pengenceran serta pengaruh terhadap gejala biologi, terjadi dalam dua fase yaitu fase penurunan oksigen dan fase *recovery* karena aerasi. (Mulyanto, 1992).

2.3.6 Nitrat

Nitrat (NO_3) adalah bentuk utama nitrogen di perairan alami dan merupakan nutrisi utama bagi pertumbuhan tanaman dan algae. Nitrat-nitrogen sangat mudah larut dalam air dan bersifat stabil. Senyawa ini dihasilkan dari proses oksidasi sempurna senyawa nitrogen di perairan. Nitrifikasi yang merupakan proses oksidasi amonia menjadi nitrit dan nitrat adalah proses yang penting dalam siklus nitrogen dan berlangsung pada kondisi aerob. Oksidasi amonia menjadi nitrit dilakukan oleh bakteri *Nitrosomonas*, sedangkan oksidasi nitrit menjadi nitrat dilakukan oleh bakteri *Nitrobacter* (Effendi, 2003).

Nitrogen adalah nutrisi penting dalam sistem pengolahan limbah secara biologis. Senyawa nitrogen organik dapat ditransformasikan menjadi nitrogen amonia dan dioksidasi menjadi nitrogen nitrit dan nitrat. Dalam air limbah nitrogen akan terdapat sebagai nitrogen organik dan nitrogen amonia, proporsinya tergantung degradasi bahan organik yang berlangsung (Jennie dan Rahayu, 1990)

Nitrat dapat digunakan untuk mengelompokkan tingkat kesuburan perairan. Perairan oligotrofik memiliki kadar nitrat antara 0-1 mg/L, mesotrofik memiliki kadar nitrat antara 1-5 mg/L, dan eutrofik memiliki kadar nitrat yang berkisar antara 5-50 mg/L (Wetzel dalam Effendi, 2003).

2.3.7 Oksigen terlarut (DO)

Oksigen terlarut merupakan kebutuhan dasar kehidupan organisme dalam air. Kehidupannya didalam air tergantung dari kemampuan air untuk mempertahankan konsentrasi oksigen minimal yang dibutuhkan untuk kehidupan (Fardiaz, 1992). Menurut Subarijanti (2000), Oksigen merupakan unsur vital yang diperlukan oleh semua organisme untuk respirasi dan sebagai zat pembakar dalam proses metabolisme

Lebih lanjut dijelaskan bahwa, kandungan oksigen air sungai pada umumnya tidak mengalami kisaran besar. Dangkalnya air, luasnya permukaan air dan air yang selalu bergerak mengakibatkan kandungan oksigen air sungai tinggi walaupun tidak terdapat tumbuhan hijau. Karena tinggi oksigen di sungai sehingga komunitas jasad sungai sangat peka terhadap rendahnya atau berkurangnya oksigen dalam air akibat pencemaran bahan organik atau limbah industri yang masuk ke dalam sungai.

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Materi Penelitian

Materi penelitian ini adalah koagulan Kalsium hidroksida ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) untuk menurunkan kandungan padatan tersuspensi dan bahan organik pada sumber air tambak di Desa Penatarsewu, Kecamatan Tanggulangin, Kabupaten Sidoarjo. Efektifitas penggunaan Kalsium hidroksida ini dapat diketahui dengan mengukur kualitas air tambak sebelum dan sesudah diberi perlakuan penambahan Kalsium hidroksida. Parameter penelitian ini meliputi : *Total Suspended Solid* (TSS), *Total Organic Matter* (TOM), *Sulfide* (H_2S), oksigen terlarut (DO), nitrat, derajat keasaman (pH), dan logam berat (Pb, Cu, Zn).

3.1.1 Alat Penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada lampiran 2.

3.1.2 Bahan Penelitian.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada lampiran 2.

3.2 Metodologi Penelitian

Penelitian ini menggunakan metodologi eksperimen atau percobaan. Menurut Steel dan Torrie (1991), percobaan adalah penyelidikan terencana untuk mendapatkan fakta baru, untuk memperkuat atau menolak hasil-hasil percobaan terdahulu. Sedangkan menurut Nazir (1988), menyebutkan bahwa dalam metode eksperimen observasi dilaksanakan di bawah kondisi buatan (*artificial condition*), dimana kondisi tersebut dibuat dan diatur oleh peneliti.

Penelitian dilakukan dalam dua tahap yaitu penelitian pendahuluan dan penelitian inti. Penelitian pendahuluan bertujuan untuk mengetahui kandungan awal air tambak dan menentukan dosis pemberian Kalsium hidroksida; sedangkan untuk penelitian inti bertujuan untuk mengetahui efektifitas pemberian Kalsium hidroksida terhadap penurunan padatan tersuspensi dan kandungan bahan organik pada air tambak di daerah Penatarsewu, Kecamatan Tanggulangin, Kabupaten Sidoarjo.

3.2.1 Penelitian Pendahuluan

Penelitian pendahuluan diawali dengan mengambil sampel berupa sumber air tambak di Desa Penatarsewu, Kecamatan Tanggulangin, Kabupaten Sidoarjo, selanjutnya diberi perlakuan dengan menggunakan koagulan Kalisum hidroksida. Air sampel dimasukkan kedalam beker gelas dengan volume 1000 ml. Adapun variasi dosis Kalsium hidroksida yang digunakan adalah 250, 500, 750,1000 mg/l^t dan kontrol (tanpa penambahan Kalsium hidroksida).

a. Prosedur Penelitian Pendahuluan

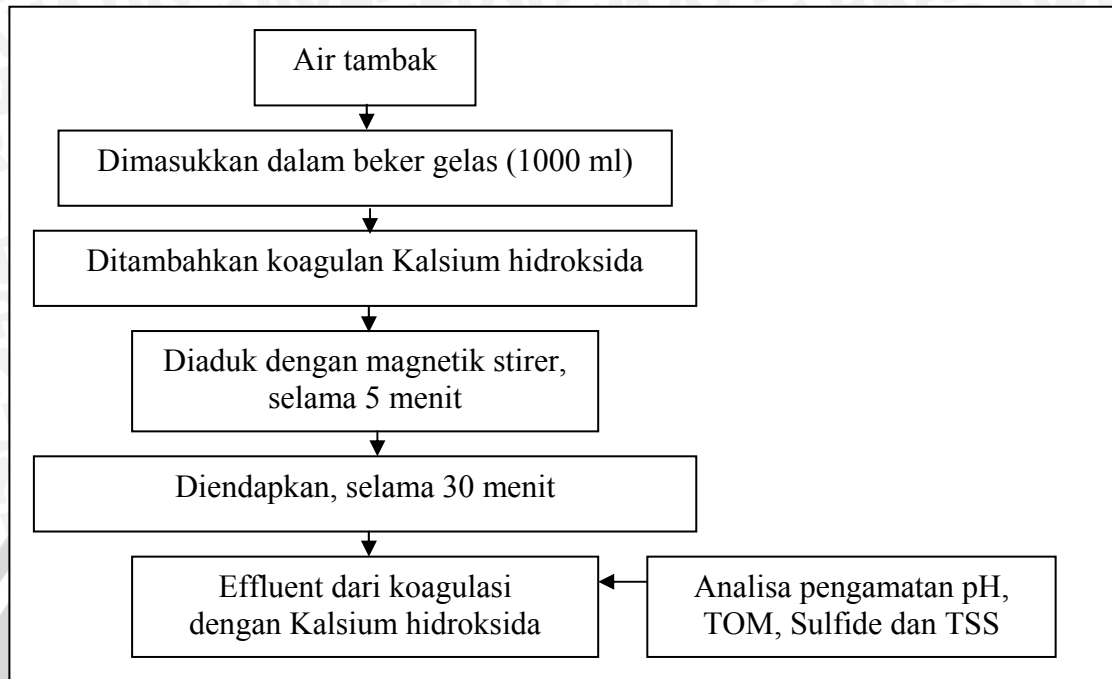
Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian pendahuluan dapat dilihat pada Gambar 5. Sedangkan mengenai proses pengadukan air sampel dalam beker gelas atau *jar test* (Anonymous^c, 2000) dapat dilihat pada Gambar 6:

Volume = 1000 ml.

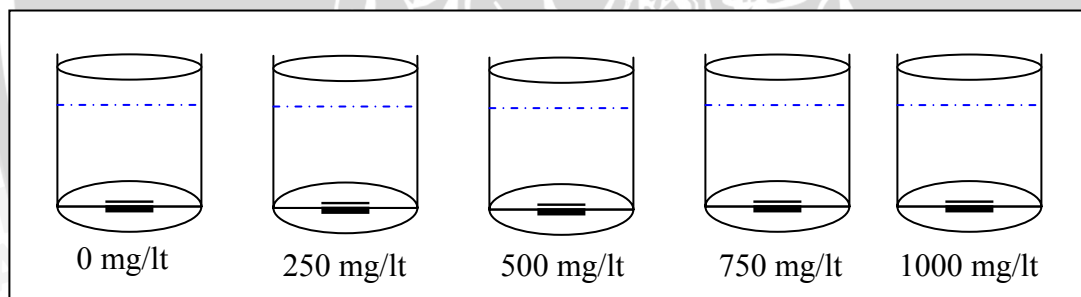
Dosis Kalisum hidroksida = 0, 250, 500, 750,1000 mg/l^t.

Kecepatan pengadukan = 100 rpm.

Waktu pengadukan = 5 menit.



Gambar 5. Diagram Alur Rancangan Pelaksanaan Percobaan



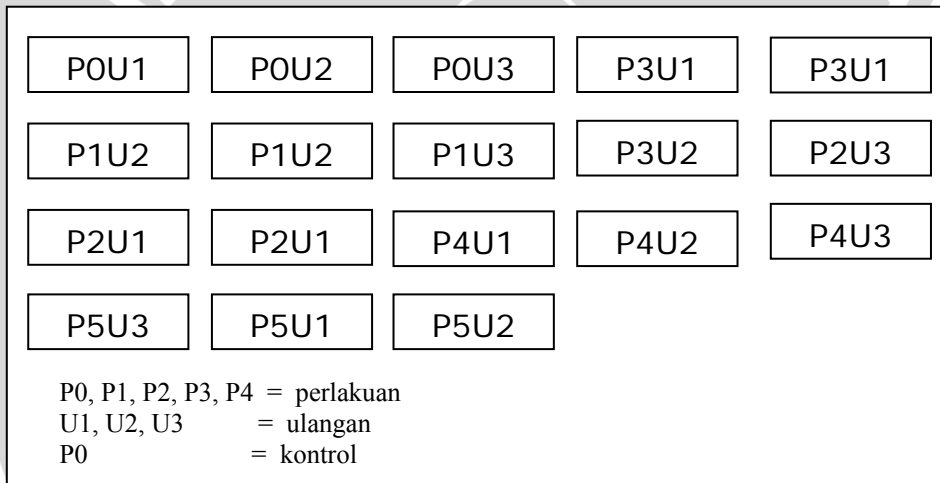
Gambar 6. Proses Pengadukan Menggunakan Magnetik Strirer

b. Tempat dan Waktu

Penelitian pendahuluan dilaksanakan di laboratorium Ilmu-ilmu Perairan, Universitas Brawijaya, dengan pengamatan parameter kualitas air yaitu *Total Suspended Solid* (TSS), *Total Organic Matter* (TOM), *Sulfide* (H_2S), dan derajat keasaman (pH). Sedangkan waktu penelitiannya dilakukan pada bulan April 2007.

3.2.2 Penelitian Inti

Hasil penelitian pendahuluan dilanjutkan penelitian utama dengan menetapkan enam faktor perlakuan dosis koagulan Kalsium hidroksida yaitu menjadi 800, 900, 1000, 1100, 1200 dan mg/l serta kontrol (tanpa penambahan Kalsium hidroksida), sedangkan volume air sampel ditambahkan menjadi 5 lt dengan menggunakan bak plastik. Gambar pelaksanaan penelitian dapat dilihat pada Gambar 8. Dilakukan tiga kali ulangan untuk setiap perlakuan, sehingga dibutuhkan wadah percobaan sebanyak (6 perlakuan x 3 ulangan) = 18 unit. Rancangan perlakuan penelitian dapat dilihat pada gambar 7:



Gambar 7. Lay out Rancangan Denah Percobaan



Gambar 8. Pelaksanaan Lay out Denah Percobaan

3.3 Analisa Kualitas Air

Pengukuran nilai analisa parameter kualitas air yang meliputi pH, suhu, TOM dan *sulfide* menggunakan metode Hariyadi *et al.*, (1992), sedangkan TSS menurut Alaerts dan Santika (1987).

a. Derajat Keasaman (pH)

Prosedur pengukuran pH menggunakan pHmeter adalah sebagai berikut:

- Mengkalibrasi pHmeter dengan aquades.
- Memasukkan pHmeter ke dalam sampel dan dicatat angka yang ditunjukkan.
- Setiap akan mengukur pH sampel yang berbeda, pHmeter harus dikalibrasi.

b. Suhu

Prosedur pengukuran suhu dengan menggunakan thermometer adalah sebagai berikut:

- Memasukkan thermometer ke dalam sampel selama beberapa saat sampai air raksa dalam thermometer berhenti pada skala tertentu
- Mencatat angka dalam skala °C.

c. Total Suspended Solid (TSS)

Prosedur pengukuran TSS adalah sebagai berikut:

- Memanaskan kertas saring dalam oven pada suhu $\pm 105^{\circ}\text{C}$ selama 1 jam.
- Menimbang kertas saring dengan tepat.
- Menyaring 100 ml sampel dengan kertas saring yang telah dioven.
- Memasukkan kertas saring dan residu ke dalam oven dengan suhu $\pm 105^{\circ}\text{C}$ selama 1 jam.
- Menimbang kertas saring dan residu yang telah dioven

- Perhitungan TSS menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$TSS = \frac{(a - b) \times 1000000}{c}$$

Dimana:

a = berat filter dan residu sesudah pemanasan 105°C (mg).

b = berat filter kering (sudah dipanaskan 105°C) (mg).

c = ml sampel.

d. Total Organic Matter (TOM)

Prosedur pengukuran TOM adalah sebagai berikut:

- Mengambil 50 ml air sampel, dimasukkan ke dalam erlenmeyer.
- Menambahkan sebanyak 9,5 ml $KMnO_4$ langsung dari buret.
- Menambahkan 10 ml H_2SO_4 (1 : 4).
- Memanaskan sampai suhu 70-80°C kemudian diangkat.
- Bila suhu telah turun menjadi 60-70°C, langsung menambahkan Na-Oxalate 0,01 N secara perlahan-lahan sampai tidak berwarna.
- Segera melakukan titrasi dengan $KMnO_4$ 0,01 N sampai berubah warna menjadi pink dan kemudian dicatat ml titran (x ml).
- Mengambil 50 ml aquades, melakukan prosedur (1-6) dan dicatat titran yang digunakan (y ml).
- Perhitungan TOM menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$TOM \text{ (mg/l)} = \frac{(x - y) \times 31,6 \times 0,01 \times 1000}{ml \text{ sampel}}$$

Dimana:

x = ml titran untuk air sampel

y = ml titran untuk aquades (larutan blanko)

31,6 = seperlima dari BM KMnO_4 , karena tiap mol KMnO_4 melepaskan 5 oksigen dalam reaksi ini

0,01 = normalitas KMnO_4

c. Sulfide

Prosedur pengukuran *sulfide* adalah sebagai berikut:

- Pipet 5 ml Iodine 0,025 N, masukkan ke dalam Erlenmeyer.
- Tambahkan 0,5 ml HCl 6 N (masukkan ujung pipet dalam cairan).
- Pipet 50 ml air sampel “*supernatant*” (atau endapan yang telah dilarutkan kembali dengan aquades sampai 50 ml) masukkan ke dalam erlenmeyer.
- Titrasi dengan Natrium thiosulfate hingga kuning muda, kemudian tambahkan 2-3 tetes indikator amylum. Lanjutkan titrasi hingga terjadi perubahan warna dari biru menjadi tidak berwarna.
- Perhitungan kadar *sulfide* menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Sulfide (mg/l)} = \frac{0,4 \times 1000 \left[\frac{(\text{ml } I_0 \times N)}{0,025} - \frac{(\text{ml Thio} \times N)}{0,025} \right]}{\text{ml sampel}}$$

Dimana :

0,4 = 0,4 mg *sulfide* setara dengan 1 ml I_2 0,025 N.

I_0 = Iodine yang ditambahkan dalam prosedur pertama (5 ml).

3.4 Metode Analisis Logam Berat

Analisis logam berat Pb, Hg dan Zn pada air sampel dilakukan di Laboratorium Lingkungan, Jurusan Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Brawijaya dengan menggunakan AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometer*) merek Phillips tipe PU 9100X.

3.5 Analisis data

Rancangan penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) sederhana dengan enam perlakuan dan tiga kali ulangan. Selain perlakuan pada penelitian ini, semua media percobaan dan keadaan lingkungan lainnya serba sama atau homogen (Yitnosumarsono, 1993). Metode analisa yang digunakan adalah sidik ragam yang mengikuti model sebagai berikut:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + \varepsilon_{(ij)}; \quad \begin{array}{l} i = 1,2,\dots \\ j = 1,2,\dots \end{array}$$

Dimana : Y_{ijk} = respon atau nilai dari perlakuan ke-i dan ulangan ke-j.

μ = pengaruh rata-rata.

T_i = pengaruh perlakuan ke-i.

$\varepsilon_{(ij)}$ = pengaruh galat percobaan dari perlakuan ke-i dan ulangan ke-j.

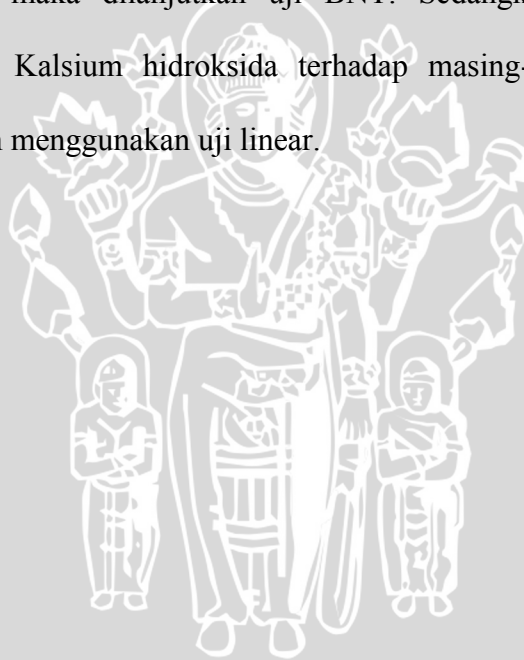
$$\text{Faktor koreksi} = \frac{\left(\sum_{ij=1}^m Y_{ij} \right)^2}{r \times n}$$

$$Jk \text{ total} = \sum_{ij=1}^m Y_{ij}^2 - FK$$

$$Jk \text{ perlakuan} = \frac{\sum_{ij=1}^m Y_{ij}^2}{n} - FK$$

$$JK \text{ acak} = JK \text{ total} - JK \text{ perlakuan}$$

Selanjutnya, untuk mengetahui ada atau tidak adanya pengaruh dari perlakuan dilakukan dengan uji F. Dalam tabel sidik ragam apabila didapatkan hasil perlakuan yang tidak berbeda nyata jika $F \text{ hitung} < F 5\%$, berbeda nyata jika $F 5\% < F \text{ hitung} < F 1\%$, dan berbeda sangat nyata bila $F \text{ hitung} > F 1\%$. Untuk hasil yang berbeda nyata atau sangat berbeda nyata, maka dilanjutkan uji BNT. Sedangkan untuk mengetahui hubungan antara dosis Kalsium hidroksida terhadap masing-masing parameter uji perlakuan adalah dengan menggunakan uji linear.



4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Penelitian Pendahuluan

Penelitian pendahuluan ini menggunakan koagulan Kalsium hidroksida dengan lima perlakuan, yaitu dengan menggunakan dosis koagulan 250, 500, 750, dan 1000 mg/l serta kontrol (tanpa penambahan Kalsium hidroksida). Parameter kualitas air yang diukur yaitu TSS, TOM, Hidrogen sulfida, pH dan suhu. Dari hasil penelitian pendahuluan didapatkan nilai parameter kualitas air yaitu TSS, TOM dan H₂S mengalami penurunan dibandingkan dengan tanpa penambahan Kalsium hidroksida (kontrol), sedangkan nilai pH mengalami kenaikan dengan semakin bertambahnya dosis koagulan Kalsium hidroksida dan nilai pengamatan suhu menunjukkan hasil yang tetap yaitu berada pada suhu 29°C atau dapat dikatakan bahwa dengan perlakuan koagulan Kalsium hidroksida ini tidak mempengaruhi suhu. Hasil analisa kualitas air pada penelitian pendahuluan ini dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Penelitian Pendahuluan

Parameter	P-O (0 mg/l)	P-1 (250 mg/l)	P-2 (500 mg/l)	P-3 (750 mg/l)	P-4 (1000 mg/l)
TSS	2854	2130	656	424	370
TOM	27.65	21.49	9.26	5.06	3.95
H ₂ S	17.44	15.39	10.13	8.67	7.70
pH	7.02	7.31	7.61	7.89	8.18
Suhu	29°C	29°C	29°C	29°C	29°C

4.2 Penelitian Inti

4.2.1 Total Suspended Solid (TSS)

Nilai rerata *Total Suspended Solid* (TSS) yang dihasilkan dari setiap perlakuan dalam penelitian ini berkisar antara 180,667 mg/l - 3586,667 mg/l. Nilai TSS hasil penelitian ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Rerata Total Suspended Solid (TSS) (mg/l).

Perlakuan	TSS			Jumlah	Rerata
	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3		
PO-kontrol	3828	3236	3696	10760	3586,667
P1-800 mg/l	487	471	492	1450	483,333
P2-900 mg/l	472	596	283	1351	450,333
P3-1000 mg/l	504	386	159	1049	349,667
P4-1100 mg/l	267	314	180	761	253,667
P5-1200 mg/l	183	194	165	542	180,667

Selanjutnya dari data rata-rata hasil penelitian nilai TSS, dilanjutkan perhitungan sidik ragam dosis Kalsium hidroksida dan penurunan nilai TSS Tabel 4. Hasil analisa sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan Kalsium hidroksida ada pengaruh berbeda nyata terhadap penurunan nilai TSS dengan $F 5\% < F \text{ hitung} < F 1\%$. Data hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai TSS dari perlakuan terbaik sebesar 1200 mg/l.

Tabel 4. Analisa Sidik Ragam Total Suspended Solid (TSS).

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F hitung	F 5%	F 1%
Perlakuan	5	26491552,94	5298310,588	202,3169722*	2.84	4.30
Acak	12	314258	26188,16667	-	-	-
Total	17	26805810,94		-	-	-

Keterangan: *; berbeda nyata.

Pada penelitian ini penurunan nilai TSS dengan Kalsium hidroksida berada di bawah batas baku mutu yang ditetapkan pemerintah. Menurut Keputusan Pemerintah KEP-02/MENKLH/I/1988, tentang Baku Mutu Air, Golongan C yaitu air yang dapat digunakan untuk keperluan perikanan kadar maksimum untuk TSS sebesar 1000 mg/lit. Sedangkan untuk mengetahui perbedaan antara perlakuan maka dilanjutkan dengan uji BNT. Hasil uji BNT dapat dilihat pada Lampiran 3.

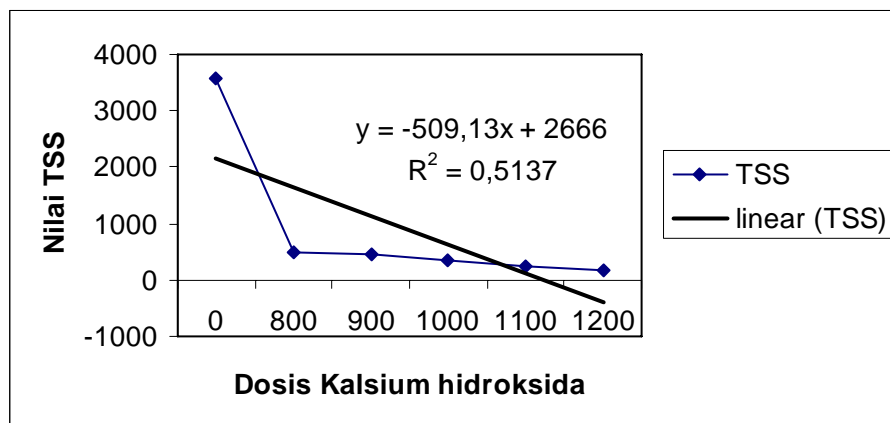
Berdasarkan uji BNT menunjukkan bahwa perlakuan dengan pemberian koagulan Kalsium hidroksida (P1-P5) menunjukkan hasil tidak berbeda nyata, akan tetapi berbeda sangat nyata dengan perlakuan kontrol (tanpa penambahan Kalsium hidroksida) dan BNT tersebut juga dapat diketahui melalui penambahan dosis koagulan yang dapat menurunkan nilai TSS. Pada dosis tertinggi (P-5) menunjukkan penurunan nilai TSS terbesar 542 mg/lit. Sedangkan pada perlakuan tanpa pemberian koagulan (P-0) nilai TSS masih tinggi yaitu 10760 mg/lit. Penurunan nilai TSS dengan penambahan koagulan ini karena adanya proses sedimentasi atau pengendapan. Menurut Matcalf dan Eddy (1994), bahwa tujuan utama dari pada penggunaan koagulan adalah untuk merubah kondisi fisik padatan tersuspensi atau terlarut yang terkandung di dalam limbah dan memudahkannya untuk menghilangkan padatan tersuspensi atau terlarut tersebut oleh adanya pengendapan.

Proses pengendapan ini terjadi karena : pertama, sebagai akibat sifat dari partikel yang terkandung dalam limbah (hidrophobik dan hidrophilik). Hal ini didasarkan atas pengikatan permukaan partikel terhadap air. Kedua, perbedaan muatan permukaan antara absorban dengan media. Hal ini merupakan suatu faktor terpenting yang mempengaruhi kestabilan koloidal atau keberadaan permukaan partikel. Ketiga adalah

gaya *van der Waals* yaitu bagian dari jarak tanpa-ikatan antara dua atom yang bersentuhan dalam molekul yang berdampingan.

Nilai TSS tinggi (P-0) hal ini karena tidak ada koagulan yang menyerap TSS tersebut. Sedangkan penurunan nilai TSS terbesar (P-5) karena pada perlakuan ini dosis Kalsium hidroksida yang diberikan terbanyak sehingga luas koagulan semakin banyak dan peluang ion Ca^{+2} untuk menyerap TSS semakin besar. Hal ini sesuai dengan pernyataan Matcalf dan Eddy (1994), bahwa jika air limbah ditambahkan ion logam bermuatan positif, maka muatan itu akan mengurangi gaya tarik-menarik antar sesama koloid, sehingga akan menjadi kondisi tidak stabil. Partikel tidak stabil memungkinkan terbentuknya flok yang merupakan kumpulan dari partikel-partikel. Kemudian flok tersebut bergabung menjadi flok yang lebih besar dan akhirnya mengendap.

Selanjutnya dari data hasil penelitian, untuk mengetahui hubungan antara penambahan dosis Kalsium hidroksida terhadap penurunan padatan tersuspensi dilakukan analisa regresi sederhana. Uji regresi sederhana didapatkan grafik regresi yang disajikan pada Gambar 9.



Gambar 9. Grafik Hubungan Dosis Kalsium hidroksida dengan TSS

Penambahan dosis Kalsium hidroksia cenderung menurunkan nilai TSS.

Berdasarkan grafik gambar 9, diketahui bahwa nilai TSS semakin menurun ketika dosis Kalsium hidroksia ditingkatkan hingga 1200 mg/lt. Penurunan TSS seiring dengan semakin banyaknya dosis Kalsium hidroksia yang ditambahkan karena semakin banyak ion Ca^+ maka semakin banyak media untuk mengikat dan membentuk partikel dengan ukuran lebih besar. Hubungan dosis Kalsium hidroksida terhadap nilai TSS dinyatakan dalam persamaan regresi yaitu : $y = -509,13x + 2666$, dengan nilai determinan ($R^2=0,5137$), yang berarti apabila nilai dosis koagulan ditambah, akan menghasilkan penurunan nilai TSS.

4.2.2 Total Organic Matter (TOM)

Nilai rerata *Total Organic Matter* (TOM) yang dihasilkan dari setiap perlakuan dalam penelitian ini berkisar antara 8,312 mg/l – 33,285 mg/l. Nilai rata-rata hasil penelitian TOM dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Rerata Total Organic Matter (mg/l).

Perlakuan	TOM			Jumlah	Rerata
	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3		
PO-kontrol	45,504	25,28	29,072	99,856	33,285
P1-800 mg/l	12,976	17,696	18,848	49,52	16,507
P2-900 mg/l	12,352	15,565	14,252	42,169	14,056
P3-1000 mg/l	8,848	13,904	10,112	32,864	10,955
P4-1100 mg/l	9,808	9,072	8,28	27,16	9,053
P5-1200 mg/l	8,848	7,448	8,64	24,936	8,312

Selanjutnya dari data rata-rata hasil penelitian nilai TOM, dilanjutkan perhitungan sidik ragam dosis Kalsium hidroksida dan penurunan nilai TOM (tabel 6). Hasil analisa sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan Kalsium hidroksida ada pengaruh berbeda nyata terhadap penurunan nilai TOM dengan $F 5\% < F \text{ hitung} < F 1\%$.

Tabel 6. Analisa Sidik Ragam TOM.

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F hitung	F 5%	F 1%
Perlakuan	5	1299,562	259,912	11,472*	2.84	4.30
Acak	12	271,870	22,656	-	-	-
Total	17	1571,432		-	-	-

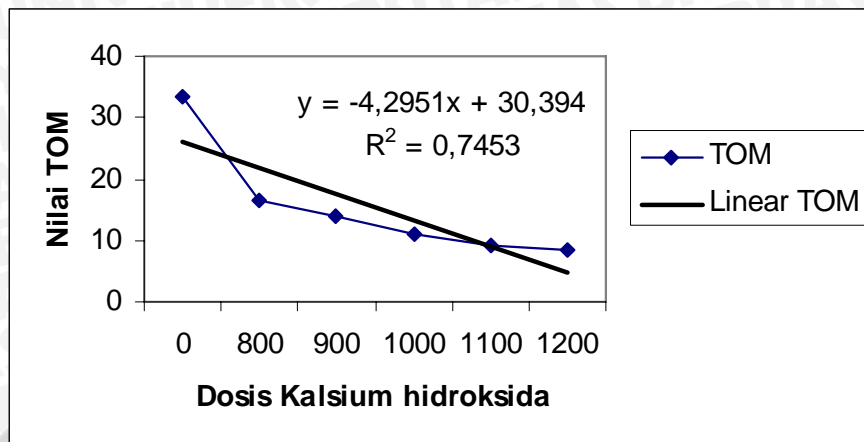
Keterangan: *; berbeda nyata,**; berbeda sangat nyata

Pada penelitian ini menunjukkan bahwa penurunan nilai TOM dengan Kalsium hidroksida sudah terbukti dan masih memenuhi kemampuan untuk membersihkan diri, sedangkan dengan tanpa perlakuan pemberian koagulan bersifat telah tercemar. Menurut Ruttner (1965) dalam Karim (2006), perairan dengan nilai total organik lebih besar dari 12,5 mg/lit tergolong eutrofik. Sedangkan untuk mengetahui perlakuan terbaik terhadap penurunan nilai bahan organik dapat diketahui dengan melakukan uji beda nyata terkecil (BNT). Hasil analisa uji BNT dapat dilihat pada Lampiran 4.

Berdasarkan uji BNT dapat diketahui bahwa perlakuan dengan pemberian koagulan Kalsium hidroksida (P1-P5) menunjukkan hasil tidak berbeda nyata, akan tetapi berbeda sangat nyata dengan perlakuan kontrol (tanpa penambahan Kalsium hidroksida) dan BNT tersebut juga dapat diketahui melalui penambahan dosis koagulan dapat menurunkan nilai TOM, dimana pada dosis tertinggi (P-5) menunjukkan penurunan nilai TOM sebesar 8,312 mg/lit. Sedangkan pada perlakuan kontrol (P-0) nilai TOM masih tinggi yaitu 33,285 mg/lit.

Proses penurunan nilai TOM ini oleh koagulan terjadi karena semakin bertambahnya dosis koagulan. Penyerapan bahan organik dan partikel-partikel disekitarnya tidak lepas dari sifat kimia dari koagulan itu sendiri. Sifat kimia yang berperan adalah sifat elektrolit dari koagulan yang bermuatan positif yaitu ion Ca^{2+} . Elektrolit ini menyebabkan terjadinya tarik menarik antara partikel lumpur dengan koagulan sehingga terjadi pengikatan bahan organik oleh koagulan dan membentuk menjadi inti endapan kemudian bergabung menjadi flok-flok dan mengendap bersama koagulan sehingga partikel kolid berupa bahan organik yang tersuspensi semakin berkurang. Koagulan yang merupakan senyawa kation bermuatan positif dapat mengikat bahan koloidal organik sehingga sifat fisik bahan organik tersebut bertambah besar yang selanjutnya akan mengendap. Hal ini sesuai dengan pernyataan Anonymous^h (2007), bahwa pengolahan secara kimia dilakukan untuk menghilangkan partikel-partikel yang tidak mudah mengendap (koloid), logam-logam berat, senyawa fosfor, dan zat organik beracun; dengan membubuhkan bahan kimia tertentu yang diperlukan)

Selanjutnya dari data hasil penelitian, untuk mengetahui hubungan antara penambahan dosis Kalsium hidroksida terhadap penurunan TOM dilakukan analisa regresi. Grafik penurunan TOM selama penelitian dapat dilihat pada gambar 10. Penurunan TOM seiring dengan semakin banyaknya koagulan yang ditambahkan karena semakin banyak koagulan maka semakin banyak media untuk menjerap bahan organik.



Gambar 10. Grafik Hubungan Dosis Kalsium hidroksida dengan TOM

Hubungan dosis Kalsium hidroksida terhadap nilai TOM dinyatakan dalam persamaan regresi yaitu : $y = -4,2951x + 30,394$, dengan nilai determinan ($R^2=0,7453$), yang berarti apabila nilai dosis koagulan ditambah, akan menghasilkan penurunan nilai TOM.

4.2.3 Sulfide

Nilai rerata *sulfide* dari setiap perlakuan dalam penelitian ini berkisar antara 3.337 mg/l - 16.753 mg/l. Nilai *sulfide* hasil penelitian ditunjukkan pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil Rerata Sulfide (mg/l).

Perlakuan	Sulfide			Jumlah	Rerata
	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3		
PO-kontrol	16.72	17.01	16.53	50.26	16.753
P1-800 mg/l	8.35	8.51	8.75	25.61	8.537
P2-900 mg/l	7.30	7.70	7.54	22.54	7.513
P3-1000 mg/l	6.73	7.03	7.27	21.03	7.010
P4-1100 mg/l	4.87	5.03	4.87	14.77	4.923
P5-1200 mg/l	3.25	3.41	3.35	10.01	3.337

Selanjutnya dari data hasil penelitian, dilanjutkan perhitungan sidik ragam. Perhitungan sidik ragam dosis Kalsium hidroksida dan penurunan nilai *sulfide* dapat dilihat pada Tabel 8. Hasil analisa sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan Kalsium hidroksida ada pengaruh berbeda sangat nyata terhadap penurunan nilai *sulfide* dengan $F_{1\%} < F_{hitung}$. Untuk mengetahui perbedaan antara perlakuan maka dilanjutkan dengan uji BNT. Hasil uji BNT dapat dilihat pada Lampiran 5.

Tabel 8. Perhitungan Sidik Ragam Sulfide

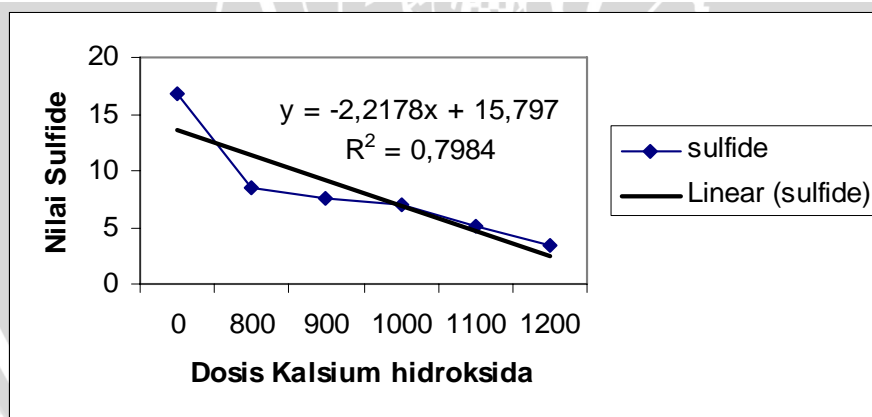
Sumber Keragaman	db	JK	KT	F hitung	F 5%	F 1%
Perlakuan	5	323,4193	64,68385	1498,468*	0.05	0.01
Acak	12	0,518	0,518	-	-	-
Total	17	323,9373	-	-	-	-

Keterangan: *, berbeda nyata.

Berdasarkan uji BNT menunjukkan bahwa perlakuan dengan pemberian koagulan Kalsium hidroksida (P1-P5) menunjukkan hasil berbeda nyata dengan perlakuan kontrol (tanpa penambahan Kalsium hidroksida). BNT tersebut juga dapat diketahui melalui penambahan dosis koagulan yang dapat menurunkan nilai Hasil Rerata *Sulfide*, dimana pada dosis tertinggi (P-5) menunjukkan penurunan nilai *sulfide* terbesar yaitu 3.337 mg/lit. Sedangkan pada perlakuan tanpa pemberian koagulan (P-0) nilai *sulfide* masih tinggi yaitu 16.753 mg/lit. Meskipun hasil akhir yang diperoleh masih tergolong tinggi, namun perlakuan dengan koagulan Kalsium hidroksida ini sudah terbukti untuk menurunkan nilai *sulfide* air sampel. Penurunan nilai *sulfide* ini terjadi karena dengan penambahan koagulan Kalsium hidroksida dapat meningkatkan pH. Pada pH tinggi, Hidrogen sulfida membentuk sulfat (SO_4^{2-}). Maka ion Sulfat direduksi ini membentuk ion Sulfit (SO_3^-), yang relatif tidak racun dari pada H_2S , dan membentuk

kesetimbangan dengan ion hidrogen untuk membentuk Hidrogen sulfida. Hidrogen sulfida membentuk kesetimbangan dengan HS^- dan S^{2-} . Hal ini sesuai dengan Efendi (2002), dimana pada pH tinggi (pH 9), sebagian besar sulfur (99%) berada dalam bentuk ion HS^- . Pada kondisi ini, jumlah Hidrogen sulfida sangat sedikit. Ion sulfida berada pada pH tinggi, yakni mendekati 14, tidak ditemukan pada perairan alami.

Untuk mengetahui hubungan antara penambahan dosis Kalsium hidroksida terhadap penurunan *sulfide* dilakukan analisa regresi sederhana. Uji regresi sederhana didapatkan grafik regresi yang disajikan pada Gambar 11. Penurunan *sulfide* seiring dengan semakin banyaknya dosis Kalsium hidroksida yang ditambahkan maka semakin meningkatkan nilai pH. Hal ini sesuai dengan pengamatan parameter pH yang mengalami kenaikan. Nilai kenaikan pH dapat dilihat pada bab selanjutnya mengenai parameter pH.



Gambar 11. Grafik Hubungan Dosis Kalsium hidroksida dengan Sulfide

Hubungan dosis Kalsium hidroksida terhadap nilai *sulfide* dinyatakan dalam persamaan regresi yaitu : $y = -2,2178x + 15,797$, dengan nilai determinan ($R^2=0,7984$), yang berarti apabila nilai dosis koagulan ditambah, akan menghasilkan penurunan nilai H_2S .

4.2.4 Oksigen terlarut (DO)

Nilai rerata Oksigen terlarut dari penelitian ini berkisar antara 5,03 mg/l - 5,707 mg/l. Nilai DO hasil penelitian dapat dilihat pada Tabel 9. Selanjutnya dari data hasil penelitian nilai DO, dilanjutkan perhitungan sidik ragam dosis Kalsium hidroksida dan penurunan nilai DO dapat dilihat pada Tabel 10 berikut. Hasil analisa sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan Kalsium hidroksida ada pengaruh berbeda sangat nyata terhadap kenaikan nilai DO dengan $F 1\% < F$ hitung.

Tabel 9. Hasil Rerata Oksigen Terlarut (mg/l).

Perlakuan	DO			Jumlah	Rerata
	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3		
PO-kontrol	5,01	5,05	5,03	15,09	5,03
P1-800 mg/l	5,66	5,73	5,25	16,64	5,547
P2-900 mg/l	5,54	5,58	5,58	16,7	5,567
P3-1000 mg/l	5,7	5,71	5,33	16,74	5,58
P4-1100 mg/l	5,82	5,55	5,49	16,86	5,62
P5-1200 mg/l	5,74	5,65	5,73	17,12	5,707

Pada penelitian ini kenaikan nilai DO oleh Kalsium hidroksida tergolong berada di atas batas minimum baku mutu yang ditetapkan pemerintah. Menurut Keputusan Pemerintah KEP-02/MENKLH/I/1988, tentang Baku Mutu Air, Golongan C yaitu air yang dapat digunakan untuk keperluan perikanan, kadar minimum oksigen yang diperbolehkan berada pada kisaran 5-9 mg/l.

Tabel 10. Perhitungan Sidik Ragam DO

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F hitung	F 5%	F 1%
Perlakuan	5	0,87185	0,17437	7,050**	0.05	0.01
Acak	12	0,2968	0,2968	-	-	-
Total	17	1,16865		-	-	-

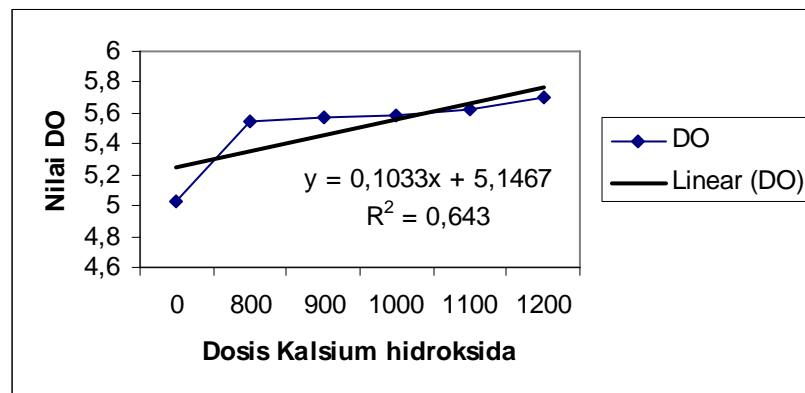
Keterangan: **; berbeda sangat nyata

Untuk mengetahui perbedaan antara perlakuan maka dilanjutkan dengan uji BNT. Hasil uji BNT dapat dilihat pada Lampiran 6. Berdasarkan uji BNT menunjukkan bahwa perlakuan dengan pemberian koagulan Kalsium hidroksida (P1-P5), menunjukkan hasil berbeda nyata dengan perlakuan kontrol (tanpa penambahan Kalsium hidroksida) dan BNT tersebut juga dapat diketahui melalui penambahan dosis koagulan dapat menaikkan nilai DO, dimana pada dosis tertinggi (P-5) menunjukkan kenaikan nilai DO terbesar yaitu 5,707 mg/l. Sedangkan pada perlakuan tanpa pemberian koagulan (P-0) nilai DO masih rendah yaitu 5,03 mg/l.

Meskipun hasil akhir yang diperoleh masih tergolong cukup rendah, namun perlakuan dengan koagulan Kalsium hidroksida sudah cukup terbukti untuk menaikkan nilai DO air sampel. Perbedaan nilai DO disebabkan oleh adanya perbedaan penggunaan dosis Kalsium hidroksida pada proses koagulasi. Perbedaan ini menyebabkan penurunan bahan organik yang dapat digumpalkan dan diendapkan, hal ini dapat dilihat dari penurunan nilai TOM di atas yang berkurang dengan pemberian koagulan. Semakin banyak bahan organik yang dapat diendapkan maka nilai oksigen terlarut (DO) semakin meningkat. Dengan adanya pengaruh pengendapan ini, maka jumlah bahan organik berkurang sehingga dapat mengurangi pemanfaatan kebutuhan oksigen terlarut oleh bakteri dalam mendegradasi bahan organik tersebut. Adanya peningkatan nilai oksigen terlarut maka kualitas air sampel menjadi lebih baik dan kandungan oksigen terlarut diperairan masih tetap tinggi Hal ini sesuai dengan pernyataan Efendi (2003), bahwa dekomposisi bahan organik dan oksidasi bahan anorganik dapat mengurangi kadar oksigen terlarut hingga mencapai nol (anaerob). Semakin besar kandungan oksigen terlarut maka menunjukkan kandungan parameter bahan organik yang relatif kecil,

karena oksigen terlarut ini digunakan dalam mengetahui kandungan parameter kualitas air (Sugiharto, 1987).

Selanjutnya untuk mengetahui hubungan antara penambahan dosis Kalsium hidroksida terhadap kenaikan nilai DO dilakukan analisa regresi sederhana. Uji regresi sederhana didapatkan grafik regresi yang disajikan pada Gambar 12.



Gambar 12. Grafik Hubungan Dosis Kalsium hidroksida dengan DO

Grafik diatas menunjukkan bahwa kenaikan nilai DO seiring dengan semakin banyaknya dosis Kalsium hidroksida yang ditambahkan. Perbedaan penggunaan dosis Kalsium hidroksida menyebabkan perbedaan jumlah ion positif (Ca^+) dalam mengikat partikel bahan organik dan partikel koloid tersuspensi yang dapat digumpalkan dan diendapkan.

Hubungan dosis Kalsium hidroksida terhadap nilai DO dinyatakan dalam persamaan regresi yaitu: $y = -0.1033x + 5.1467$, dengan nilai determinan ($R^2=0,643$), yang berarti apabila nilai dosis koagulan ditambah, akan menghasilkan kenaikan nilai DO. Proses koagulasi dengan menambahkan Kalsium hidroksida mampu menaikkan nilai DO.

4.2.5 Nitrat

Nilai rerata nitrat dari penelitian ini berkisar antara 0,042 mg/lit - 0,106 mg/lit.

Rerata nitrat hasil penelitian dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 11. Hasil Rerata Nitrat (mg/lit).

Perlakuan	Nitrat			Jumlah	Rerata
	U1*	U2*	U3*		
PO-kontrol	0,113	0,110	0,095	0,318	0,106
P1-800 mg/lit	0,023	0,045	0,013	0,081	0,027
P2-900 mg/lit	0,035	0,032	0,039	0,106	0,035
P3-1000 mg/lit	0,042	0,049	0,046	0,137	0,046
P4-1100 mg/lit	0,042	0,075	0,039	0,156	0,052
P5-1200 mg/lit	0,048	0,037	0,042	0,127	0,042

Selanjutnya dari data rata-rata hasil penelitian nilai nitrat, dilanjutkan perhitungan sidik ragam dosis Kalsium hidroksida dan penurunan nilai nitrat dapat dilihat pada Tabel 12. Dari hasil analisa sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan Kalsium hidroksida ada pengaruh berbeda nyata terhadap penurunan nilai nitrat dengan $F 5\% < F \text{ hitung} < F 1\%$.

Tabel 12. Analisa Sidik Ragam Nitrat

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F hitung	F 5%	F 1%
Perlakuan	5	0,597	0,119	3,396*	2.84	4.30
Acak	12	0,422	0,035	-	-	-
Total	17	1,019		-	-	-

Keterangan: *; berbeda nyata.

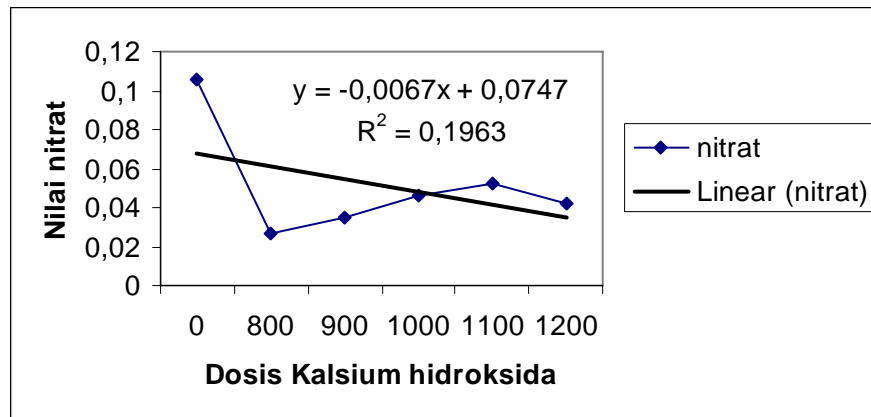
Sedangkan untuk mengetahui perbedaan antara perlakuan maka dilanjutkan dengan uji BNT. Hasil uji BNT dapat dilihat pada Lampiran 7. Berdasarkan uji BNT menunjukkan bahwa perlakuan dengan pemberian koagulan Kalsium hidroksida (P1-P5) menunjukkan hasil tidak berbeda nyata, akan tetapi berbeda sangat nyata dengan

perlakuan kontrol (tanpa penambahan Kalsium hidroksida) dan BNT tersebut juga dapat diketahui melalui penambahan dosis koagulan yang dapat menurunkan nilai nitrat, dimana pada dosis tertinggi (P-5) menunjukkan penurunan nilai nitrat terbesar yaitu: 0,042 mg/l. Sedangkan pada perlakuan tanpa pemberian koagulan (P-0) nilai nitrat masih tinggi yaitu 0.113 mg/l. Penurunan nilai nitrat ini diduga karena adanya perombakan bahan organik. Proses ini berhubungan erat dengan pH.

Nitrifikasi terjadi pada pH perairan berkisar antara 6,5-7,5 (pH optimal). Dari penelitian ini penambahan koagulan dapat meningkatkan pH. Pada penelitian ini peningkatan pH didapatkan amonia yang dibebaskan dari proses perombakan bahan organik. Hal ini karena pada pH hasil penelitian yaitu 7,02-8,59 amonia yang bebaskan sebagian besar berada dalam bentuk amonia yang tidak terionisasi (NH_3). NH_3 ini tidak bisa mengalami proses nitrifikasi lebih baik, oleh karena itu dengan penambahan koagulan Kalsium hidroksida mengalami penurunan nilai kandungan nitrat.

Pada penelitian ini, penurunan nilai nitrat oleh koagulasi Kalsium hidroksida untuk standard kualitas air untuk perikanan hasil tersebut baik. Menurut Goldman and Horne (1983), nitrat bukan merupakan racun di sungai sampai jumlah 1 mg/l. Umumnya sungai dalam kondisi baik, jika jumlah nitrat dalam perairan < 1 mg/l.

Selanjutnya dari data hasil penelitian, untuk mengetahui hubungan antara penambahan dosis Kalsium hidroksida terhadap penurunan nitrat dilakukan analisa regresi sederhana. Uji regresi sederhana didapatkan grafik regresi yang disajikan pada Gambar 13.



Gambar 13. Grafik Hubungan Dosis Kalsium hidroksid dengan Nitrat

Dari grafik diatas menunjukkan bahwa pada perlakuan kedua terjadi penurunan nitrat, namun pada perlakuan ketiga dan keempat mengalami kenaikan dibandingkan dengan perlakuan kedua, akan tetapi pada kelima dan keenam menurun kembali. Hubungan dosis Kalsium hidroksida terhadap nilai nitrat dinyatakan dalam persamaan regresi yaitu : $y = -0.0067x + 0.0747$, dengan nilai determinan ($R^2=0,1963$), yang berarti apabila nilai dosis koagulan ditambah, akan menghasilkan penurunan nilai nitrat.

4.2.6 pH

Nilai rerata pH yang dihasilkan dari penelitian ini berkisar antara 7.02 – 8,81. Nilai rerata pH dapat dilihat pada Tabel 13. Selanjutnya dari data rata-rata hasil penelitian nilai pH, dilanjutkan perhitungan sidik ragam dosis Kalsium hidroksida dan penurunan nilai pH dapat dilihat pada Tabel 14.

Tabel 13 Hasil Rerata pH

Perlakuan	pH			Jumlah	Rerata
	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3		
PO-kontrol	7,01	7,03	7,02	21,06	7,02
P1-800 mg/lt	7,45	7,94	7,93	23,32	7,77
P2-900 mg/lt	8,65	8,11	8,15	24,91	8,30
P3-1000 mg/lt	8,71	8,16	8,19	25,06	8,35
P4-1100 mg/lt	8,59	8,29	8,32	25,2	8,40
P5-1200 mg/lt	8,81	8,51	8,47	25,79	8,59

Hasil analisa sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan Kalsium hidroksida ada pengaruh berbeda nyata terhadap penurunan nilai pH dengan $F 5\% < F \text{ hitung} < F 1\%$. Sedangkan untuk mengetahui perbedaan antara perlakuan maka dilanjutkan dengan uji BNT. Hasil uji BNT dapat dilihat pada Lampiran 8. Berdasarkan uji BNT menunjukkan bahwa perlakuan dengan pemberian koagulan Kalsium hidroksida (P1-P5) menunjukkan hasil tidak berbeda nyata, akan tetapi berbeda sangat nyata dengan perlakuan kontrol (tanpa penambahan Kalsium hidroksida) dan BNT tersebut juga dapat diketahui melalui penambahan dosis koagulan yang dapat menaikkan nilai pH, dimana pada dosis tertinggi (P-5) menunjukkan kenaikan nilai pH terbesar 8,59. Sedangkan pada perlakuan tanpa pemberian koagulan (P-0) nilai pH masih tinggi yaitu 7,01.

Tabel 14. Analisa Sidik Ragam pH

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F hitung	F 5%	F 1%
Perlakuan	5	5,134	1,027	18,868*	2.84	4.30
Acak	12	0,653	0,054	-	-	-
Total	17	5,787		-	-	-

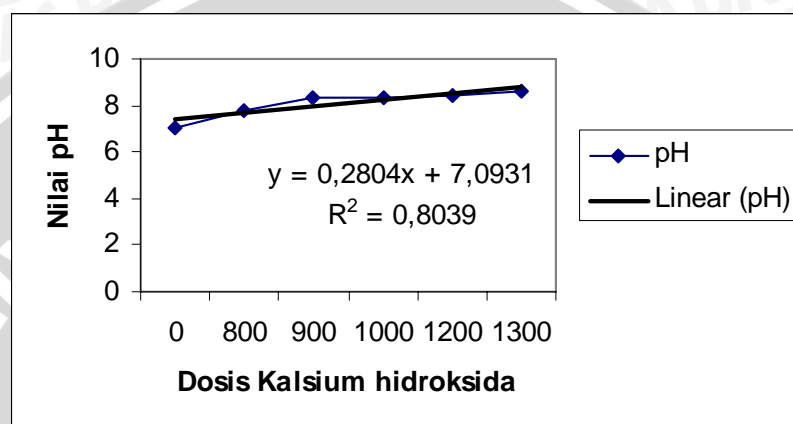
Keterangan: *; berbeda nyata.

Mekanisme peningkatan pH pada proses koagulasi dapat dijelaskan sebagai berikut yaitu dimana Kalsium hidroksida bertindak sebagai elektrolit yang dapat meningkatkan pH dengan menggunakan ion OH^- . pH koagulan memberikan pengaruh terhadap peningkatan pH air sampel karena nilai pH koagulan bersifat basa ($\text{pH} > 7$), sehingga air sampel yang bersifat netral akan meningkat setelah ditambahkan koagulan yang bersifat basa. Mekanisme peningkatan pH ini terjadi karena Kalsium hidroksida bertindak sebagai elektrolit menggunakan ion OH^- menjadi garam. Menurut Efendi (2003) menyebutkan bahwa jika basa kuat ditambahkan ke dalam perairan maka basa tersebut akan bereaksi dengan asam karbonat membentuk garam bikarbonat dan akhirnya menjadi karbonat. Bahan kimia yang digunakan dalam proses koagulasi air bereaksi membentuk presipitasi hidroksida yang tidak larut. Ion hidrogen yang dilepaskan bereaksi dengan ion-ion penyusun alkalinitas.

Kalsium hidroksida memiliki kecenderungan untuk meningkatkan nilai keasaman (pH), dikarenakan terjadinya ketidakseimbangan ion positif dan ion negatif yang berasal dari Kalsium hidroksida dengan air sampel sehingga dengan bertambahnya ion positif dari penambahan koagulan Kalsium hidroksida dapat meningkatkan nilai keasaman (pH).

Pada penelitian ini kenaikan nilai pH dengan Kalsium hidroksida berada di dalam kisaran baku mutu yang ditetapkan pemerintah. Menurut Keputusan Pemerintah KEP-02/MENKLH/I/1988, tentang Baku Mutu Ambein Air, Golongan C yaitu air yang dapat digunakan untuk keperluan perikanan nilai pH sebesar 6-9.

Selanjutnya dari data hasil penelitian, untuk mengetahui hubungan antara penambahan dosis Kalsium hidroksida terhadap peningkatan pH dilakukan analisa regresi sederhana. Uji regresi sederhana didapatkan grafik regresi yang disajikan pada Gambar 14.



Gambar 14. Grafik Hubungan Dosis Kalsium hidroksida dengan Nilai pH

Peningkatan pH seiring dengan semakin banyaknya dosis Kalsium hidroksida yang ditambahkan karena semakin banyak ion OH^- . Hubungan dosis Kalsium hidroksida terhadap nilai pH dinyatakan dalam persamaan regresi yaitu : $y = -0.2804x + 7.0931$, dengan nilai determinan ($R^2=0,8039$), yang berarti apabila nilai dosis koagulan ditambah, akan menghasilkan peningkatan nilai pH.

4.2.7. Konsentrasi Logam Berat

Analisa parameter logam berat diawali dengan mengambil sample air sebelum diberi perlakuan Kalsium hidroksida, tiga parameter logam berat yang diukur yaitu : Cu, Pb dan Zn. Penentuan jenis parameter logam berat ini antara lain didasarkan pada analisa hasil penelitian sebelumnya. Dalam hal ini untuk mengetahui ada tidaknya

konsentrasi logam berat yang dimaksud. Hasil pengamatan ini dapat dilihat pada Tabel 15 dibawah ini.

Tabel 15. Analisa Awal Pengukuran Logam Berat

No	Parameter	Hasil Analisa		Metode Analisa	
		Kadar	Satuan	Pereaksi	Metode
1	Cu	Tidak terdeteksi		HNO ₃	AAS
2	Pb	Tidak terdeteksi		HNO ₃	AAS
3	Zn	0.18 ± 0.00	ppm	HNO ₃	AAS

Tabel di atas menunjukkan pengukuran logam berat Cu dan Pb tidak terdeteksi. Sedangkan Zn terdeteksi dengan diperoleh nilai sebesar 0.18 ppm. Selanjutnya dari data hasil pengukuran konsentrasi Zn, maka dilanjutkan dengan pengukuran konsentrasi Zn setelah diberi perlakuan koagulan Kalsium hidroksida. Hasil analisa pengaruh koagulan Kalsium hidroksida terhadap Zn dapat dilihat pada Tabel 16 berikut ini.

Tabel 16. Analisa Pengaruh Kalsium hidroksida terhadap Zn

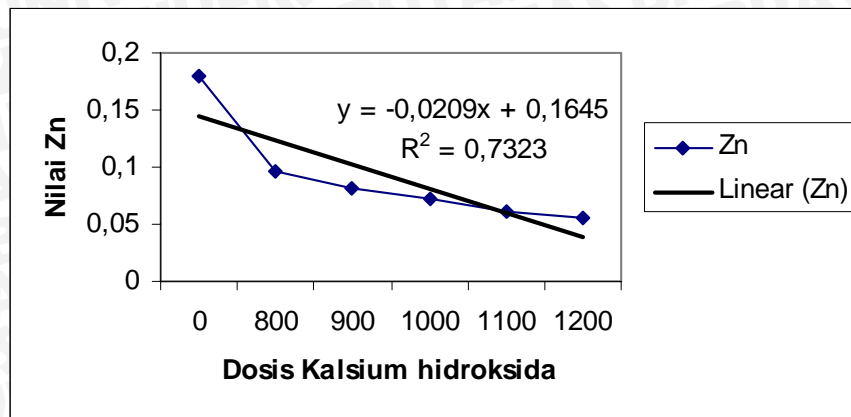
No	Perlakuan	Hasil Analisa		Metode Analisa	
		Kadar	Satuan	Pereaksi	metode
1	PO-kontrol	0.18 ± 0.00	ppm	HNO ₃	AAS
2	P1-800 mg/lt	0.096 ± 0.001	ppm	HNO ₃	AAS
3	P2-900 mg/lt	0.082 ± 0.002	ppm	HNO ₃	AAS
4	P3-1000 mg/lt	0.072 ± 0.001	ppm	HNO ₃	AAS
5	P4-1100 mg/lt	0.062 ± 0.001	ppm	HNO ₃	AAS
6	P5-1200 mg/lt	0.056 ± 0.001	ppm	HNO ₃	AAS

Berdasarkan tabel di atas, analisa logam berat Zn menunjukkan adanya penurunan dengan perlakuan Kalsium hidroksida (P-1, P-2, P-3, P-4, dan P-5), dibandingkan dengan tanpa penambahan Kalsium hidroksida (P-0). Nilai terkecil terdapat pada perlakuan P-5 dengan nilai Zn sebesar 0.056 ± 0.001 ppm, sedangkan nilai terbesar pada P-0 (kontrol) dengan nilai Zn sebesar 0.18 ± 0.00 ppm.

Penurunan nilai Zn dengan penambahan koagulan ini diduga karena adanya proses peningkatan nilai pH dengan penambahan koagulan Kalsium hidroksida. Dalam hal ini, pH air setelah diberi perlakuan koagulan akan mempengaruhi kelarutan Zn menjadi menurun karena pH menjadi meningkat. pH bereaksi dengan karbon dan pada hasil penelitian ini didapatkan nilai pH berkisar antara 7,01-8,59, pada pH ini unsur Zn berreaksi dengan karbon. Dalam hal ini diketahui senyawa karbon mempunyai kebutuhan yang sangat besar. Oleh karena itu, dengan penambahan koagulan dipengaruhi kelarutannya dari pada Zn.

Ion Zn membentuk senyawa kompleks anorganik dengan karbonat atau hidroksida. Di dalam perairan kelarutan Zn dipengaruhi oleh pH. Menurut Efendi (2003) menunjukkan bahwa jika perairan bersifat asam, kelarutan Zn meningkat. Pada penelitian ini penurunan nilai Zn dengan perlakuan Kalsium hidroksida untuk standard kualitas air untuk perikanan hasil tersebut diatas ambang batas minimum baku mutu kualitas air yang baik untuk perikanan dan peternakan, kadar maksimal Seng (Zn) yaitu : 0.02 mg/l (Effendi, 2003).

Selanjutnya dari data hasil penelitian, untuk mengetahui hubungan antara penambahan dosis Kalsium hidroksida terhadap penurunan nilai Zn dilakukan analisa regresi sederhana. Uji regresi sederhana didapatkan grafik regresi yang disajikan pada Gambar 15.



Gambar 15. Grafik Hubungan Dosis Kalsium hidroksida dengan Zn

Berdasarkan grafik diatas menunjukkan bahwa penurunan nilai Zn seiring dengan semakin banyaknya dosis Kalsium hidroksida yang ditambahkan karena semakin banyak ion OH^- maka akan meningkatkan nilai pH sehingga akan mempengaruhi kelarutan Zn diperairan menjadi sukar terlarut.

Hubungan dosis Kalsium hidroksida terhadap nilai Zn dinyatakan dalam persamaan regresi yaitu : $y = -0.0209x + 0.1645$, dengan nilai determinan ($R^2=0,7323$), yang berarti apabila nilai dosis koagulan ditambah, akan menghasilkan penurunan nilai kandungan Zn.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

- ❖ Penambahan koagulan Kalsium hidroksida dengan dosis yang berbeda pada sumber air tambak di Desa Penatarsewu, memberikan pengaruh yang berbeda nyata terhadap parameter utama yaitu nilai TSS, TOM, DO, Sulfide, pH dan Nitrat. Dimana semakin besar dosis Kalsium hidroksida yang ditambahkan maka nilai TSS, TOM, Sulfide, nitrat dan Zn mengalami penurunan, sedangkan nilai DO dan pH mengalami kenaikan.
- ❖ Hasil rerata dengan penambahan Kalsium hidroksida terbanyak (1200 mg/lt) menunjukkan bahwa : TSS dapat diturunkan dari 3586,667 mg/lt menjadi 180,667 mg/lt; TOM dapat diturunkan dari 33,285 mg/lt menjadi 8,312 mg/lt; H₂S dapat diturunkan dari 16.753 mg/lt menjadi 3.337 mg/lt; dan nitrat dapat diturunkan dari 0,106 mg/lt menjadi 0,042 mg/lt. Sedangkan hasil rerata penambahan Kalsium hidroksida terbanyak (1200 mg/lt) menunjukkan bahwa : pH mengalami kenaikan dari 7,02 menjadi 8,59 dan DO mengalami kenaikan dari 5,03 menjadi 5,707 mg/lt.
- ❖ Hasil pengukuran parameter kualitas air secara keseluruhan menunjukkan sumber air tambak tersebut masih belum layak digunakan untuk keperluan mengaliri tambak di Desa Penatarsewu, Kecamatan Tanggulangin, Kabupaten Sidoarjo, antara lain karena masih ada parameter kualitas air yang nilainya cukup tinggi yaitu Zn (0.056 ± 0.001 ppm).

5.2. Saran

- Diharapkan agar luapan Lumpur panas PT Lapindo Brantas tidak dibuang ke sungai.
- Perlu adanya penelitian lebih lanjut untuk menggunakan alternatif koagulan yang lain yang mungkin lebih efektif dan efisien dari penggunaan koagulan dalam penelitian ini.
- Perlu adanya penanganan semburan Lumpur panas PT Lapindo dengan lebih baik sehingga tidak dibuang ke sungai karena menyebabkan pencemaran perairan yang berujung pada penurunan kualitas air tambak.



DAFTAR PUSTAKA

- Anonymous ^a. 1981. Hasil Analisis Logam Berat pada Effluen Industri di JABOTABEK. Laporan Pencemaran Logam Berat di JABOTABEK. Kantor Menteri Negara Pengawasan Pembangunan dan Lingkungan Hidup RI. Jakarta.
- ^b. 1989. Panduan Pengambilan Contoh Uji Kualitas Penelitian Air. Pusat Penelitian dan Pengembangan Pengairan. Badan Penelitian Pengembangan Pekerjaan Umum. Departemen Pekerjaan Umum.
- ^c. 2000. Metode Pengujian Koagulasi Flokulasi dengan Cara Jar. SNI 19-6449-2000. (Pd M-14-1999-03).
- ^d. 2003. Pengolahan dan Pemanfaatan Limbah.
<http://www.menlh.go.id>.5Mei2007.
- ^e. 2006. Akibat Lumpur Lapindo, Budidaya Tambak Rugi Rp10,9 Miliar
<http://www.mediaindonesia.co.id>.3Juli2006
- ^f. 2006. Banjir Lumpur Panas Sidoarjo 2006.
<http://id.wikipedia.org/wiki>.21Maret2007.
- ^g. 2006. Pendugaan Tingkat Akumulasi Logam Berat Pb, Cd, Cu, Zn dan Ni pada Kerang Hijau (*Perna viridis*) Ukuran < 5 cm di Perairan Kamal Muara, Teluk Jakarta. <http://www.telukjakarta.net>.22Mei2007
- ^h. 2007. Dasar-dasar Teknologi, Pengolahan Limbah Cair.www.wikipedia.org.4Mei2007
- ⁱ. 2007. Kalsium_hidroksida.
http://id.wikipedia.org/wiki/Kalsium_hidroksida.4Mei2007
- Alaerts, G. dan Santika, S. S. 1987. Metod Peneltian Air. Usaha Nasional. Surabaya.
- Ali, U. 2006. Pengaruh Valome Air Terhadap Karakteristik Penurunan Kekeruhan dengan Menggunakan Koagulan Alami (*Moringa Oliefera*) dan Koagulasi Bahan Kimia (*Alum*), Laporan Tugas Akhir Jurusan Pengairan, Fakultas Teknik Pengairan, Universitas Brawijaya, Malang
- Al Layla. 1978. Water Suplay Engineering Design. Ann Arbor Science. Ann Arbor. Michigan.

APHA (America Public Health Association). 1976. Standart Methode for The Examination of Water and wastewater. 14th ed. APHA, AWWA (American Water Work Association) and WPCF (Water Pollution Control Federaton) Washington D.C.

-----, 1985. Standard Methods for Examination of Water and Wastewater. 16th edition. American Public Health Association 1015 Fifteenth Street NW. Washington DC.

Barus, T. A. 2002. Pengantar Limnologi. Jurusan Biologi FMIPA USU. Medan.

Bengen, D.G. 2002. Sinopsis Ekosistem dan Sumberdaya Alam Pesisir dan Laut Serta Prinsip Pengelolaannya. Pusat Kajian Sumberdaya Pesisir dan Lautan. Institut Pertanian Bogor. Bogor.

Effendi, H. 2003. Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumberdaya dan Lingkungan Perairan. Kanisius. Yogyakarta

Fardiaz, S. 1992. Polusi Air dan Polusi Udara. Institut Pertanian Bogor. Bogor.

Goldman, C. R and Horne, J. 1983.Limnology. International Student Edition. Mc Graw Hill International Book Company. Tokyo. Japan.

Hariyadi, S., Suryadiputra, I.N.N., dan Widigdo, B. 1992. Penuntun Praktikum dan Metode Analisis Kualitas Air. Fakultas Perikanan Universitas Brawijaya. Malang.

Harizal. 2006 Studi Konsentrasi Logam Berat Merkuri (Hg) Pada Kerang Hijau (*Perna viridis* L) Sebagai Biomonotoring Pencemaran Perairan Pantai Banyu Urip, Kecamatan Ujung Pangkah, Kabupaten Gresik, Propinsi Jawa Timur. Manajemen Sumberdaya Perairan. Fakultas Perikanan Universitas Brawijaya Malang. Jawa Timur.

Hellawell, J. M. 1986. Biological Indicator of Freshwater Pollution and Enviromental Management. Elsevier Aplied Science Publishing. London. 546 p

Hutagalung, H. P. 1991. Pencemaran Laut Oleh Logam Berat Dalam Status Pencemaran Laut di Indonesia dan Teknik Pemantauannya. P3O LIPI. Jakarta.

Jenie, B. S. 1998. Sanitasi Dalam Industri Pangan. Lembaga Sumberdaya Informasi Institut Pertanian Bogor.

Jennie, B. E. dan Rahayu. W. 1990. Penanganan Limbah Industri Pangan. Penerbit Kanisius. Jakarta.

- Karim, A. 2006 Studi Pencemaran Bahan Organik di Rawa Bureng, Kecamatan Gondang Legi. Kabupaten Malang, Jawa Timur. Manajemen Sumberdaya Perairan. Fakultas Perikanan Universitas Brawijaya Malang. Jawa Timur.
- Mahida, UN., 1984. Pencemaran Air dan Pemanfaatan Limbah Industri. CV. Rajawali. Jakarta.
- Matcalf and Eddy. 1994. Wastewater Engineering Treatment and Reuse. Mc Graw Hill. New York.
- Mariyanto, A. V. 2004. Penentuan Dosis Kalsium Hidroksida Pada Koagulasi Air Limbah Tahu, Laporan Tugas Akhir Jurusan Teknologi Industri Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Brawijaya, Malang.
- Mason , C. F. 1981. Biological of Freshwater Pollution. Longman inc. London.
- Mulyanto. 1992. Diklat Kuliah Manajemen Perairan. Fakultas Perikanan. Universitas Brawijaya. Malang.
- 1995. Makrozoobentos sebagai Indikator Biologi Perubahan Kualitas Air di Sungai Amrong, Malang. Fakultas Perikanan Universitas Brawijaya. Malang.
- Nazir, M. 1988. Metode Penelitian. Penerbit Ghalia. Jakarta.
- Nybakken, J W. 1992. Biologi Laut: Suatu pendekatan Ekologi. Alih Bahasa Edman, H. M, D. G. Bengen , M. Hutomodan S. Sukardo. Marine Biology: An Ecological Approach. Gramedia. Jakarta.
- Palar, H. 1994. Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat. Rineka Cipta. Jakarta.
- Sianainenia, L. 2001. Pencemaran Laut, Dampak dan Penanggulangannya. Makalah Falsafah Sains. Program Pasca Sarjana/ S3. Institut Pertanian Bogor. Bogor. <http://www.forek.or.id/detail.php?rubrik=pendidikan&beritaID=.21Februari2007>
- Soendoro, 2006. Survey Cepat Dampak Sembran Lumpur Panas di Kecamatan Porong Kabupaten Sidoarjo Jawa Timur. Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan. Departemen Kesehatan Repblik Indonesia.
- Subarinjati, H.U. 2000. Ekologi Perairan. Fakultas Perikanan. Universitas Brawijaya. Malang
- Sugiharto. 1987. Dasar-dasar Pengolahan Air Limbah. Universitas Indonesia Press. Jakarta.

- Steel, R. G. D. Dan Torrie, J. H. 1991. Prinsip dan Prosedur Statistika.-Suatu Pendekatan Biometrik. Gramedia. Jakarta
- Sutrisno, T. C. Dan Sucastuti, E. 2004. Teknologi Penyedia Air Bersih. Penerbit Rineka Cipta. Jakarta.
- Su'udah, A. 2001. Pengaruh Dosis Koaagulan Terhadap Efisiensi Penurunan Warna Air Baku PDAM Delta Tirta, Sidoarjo, Cabang Wonoayu. Laporan Tugas Akhir Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya
- Utomo, W.S. 2002. Monitoring Hasil Akhir Penanganan Limbah Industri Silica dengan Bioindikator Ikan Bandeng pada Perusahaan INEOS Silicas-Laporan Praktek Kerja Lapang. Fakultas Perikanan. Universitas Brawijaya. Malang.
- Wardana, W. A. 2001. Dampak Pencemaran Lingkungan. Edisi kedua. Penerbit PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta
- Widjanarko, P. 2005. Diktat Kuliah Manajemen Kualitas Air. Fakultas Perikanan Universitas Brawijaya. Malang.
- Widodo, A. 2005. Studi Kandungan Logam Berat Merkuri (Hg) pada Organisme Kerang Putih (*Corbula faba*) dan Kerang Bulu (*Anadara antiquata*) Sebagai Biomonitoring Pencemaran Lingkungan di Muara Sungai Rejoso, Kabupaten Pasuruan. Skripsi. Fakultas Perikanan Universitas Brawijaya. Malang. Tidak diterbitkan.
- Winarno, R., Susilo, H., Syamsuri, L., Soebagio dan Astina, I.K., 1997. Lingkungan Hidup Kita. PKPKLH Lembaga Penelitian IKIP Malang. Malang.
- Yitnosumarsono, S. 1993. Rancangan Percobaan: Rancangan, Analisa dan Interpretasi. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta

www.dekker.com.4Februari2007