

PERPUSTAKAAN FTSP UIN	
MAGANG/IBELI	
TGL. TERIMA :	6 Juli 2003
NO. JUDUL :	00 2015
NO. INV. :	0200002015001
NO. INDUK :	

TA/TL/2006/0050

TUGAS AKHIR

PENURUNAN KONSENTRASI COD DAN NETRALISASI pH LIMBAH CAIR INDUSTRI TEKSTIL POLYESTER DENGAN MENGGUNAKAN METODE FOTOKATALISIS UV/TiO₂

(Studi Kasus Limbah Cair PT. Indorama Synthetics, Tbk Purwakarta Jawa Barat)"

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



الجامعة الإسلامية
 Universitas Islam Indonesia

Disusun oleh:

Yeni Maliana Mustofa

NIM : 01 513 005

DI BACA DI TERIMA
 TEAK DEBAYA PULANG

JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

2006

HALAMAN PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

PENURUNAN KONSENTRASI COD DAN NETRALISASI pH LIMBAH CAIR INDUSTRI TEKSTIL POLYESTER DENGAN MENGGUNAKAN METODE FOTOKATALISIS UV/TiO₂

(Studi Kasus Limbah Cair PT. Indorama Synthetics, Tbk Purwakarta Jawa Barat)"

Nama : YENI MALIANA MUSTOFA
No. Mahasiswa : 01 513 005
Program Studi : Teknik Lingkungan



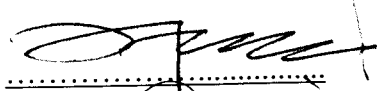
Telah diperiksa dan disetujui oleh :


Dosen Pembimbing I

Luqman Hakim, ST, Msi

Dosen Pembimbing II

Hudori, ST


.....
Tanggal :


.....
Tanggal : 18/2 '06

PENURUNAN KONSENTRASI COD DAN NETRALISASI pH LIMBAH CAIR INDUSTRI TEKSTIL POLYESTER DENGAN MENGGUNAKAN METODE FOTOKATALISIS UV/TiO₂

(Studi Kasus Limbah Cair PT. Indorama Synthetics, Tbk Purwakarta Jawa Barat)"

Abstraksi

PT. Indorama Synthetics, Tbk. adalah merupakan salah satu industri polyester di Indonesia yang bahan baku pembuatannya terdiri dari asam terephthalat murni (PTA) dan ethylene glycol (EG). Dengan perbandingan mol tertentu bahan baku tersebut bereaksi membentuk senyawa ester (monomer) dan air pada kondisi tekanan 1,5 bar dan temperatur 255 °C. Akan tetapi air yang dihasilkan masih mengandung EG sehingga perlu dipisahkan lagi melalui proses kolom destilasi. Selanjutnya dilakukan perlakuan awal dengan suatu proses stripping column. Pada proses stripping column diperlukan efisiensi perancangan stripping column yang sesuai yaitu dengan menghasilkan beban COD antara 3500 - 4000 ppm. Dalam kenyataannya dilapangan stripping column yang sudah dirancang dengan kapasitas ppm tertentu, hasilnya kadang tidak sesuai dengan yang diharapkan. Berdasarkan pertimbangan tersebut maka penerapan metoda lain perlu dilakukan, yang diharapkan dapat menggantikan metoda yang ada. Teknologi lain yang sedang dikembangkan saat ini yang diperkirakan cukup efektif untuk mendetruksi kontaminan organik adalah proses fotokatalisis dengan TiO₂ sebagai katalisnya dan lampu UV sebagai energi fotonnya. Fotokatalisis disini adalah suatu proses yang dibantu oleh adanya cahaya dan material katalis. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui tingkat efektifitas proses fotokatalisis untuk menurunkan konsentrasi COD dan perubahan tingkat keasaman (pH) limbah cair berskala laboratorium.

Proses fotokatalisis yang dikembangkan berupa reaktor berbentuk kolom dengan kapasitas sampel 10 L. Metode penelitian dilakukan dengan memvariasikan Laju alir volume limbah cair, Laju alir volume udara, dan konsentrasi katalis. Analisa laboratorium untuk COD menggunakan SNI - 06 - 2504 - 1991 dan penentuan pH menggunakan SNI - 06 - 2413 - 1991.

Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa fluktuasi pada konsentrasi COD terlihat relatif sama yaitu berkisar antara 6000 mg/L sampai 7000 mg/L kecuali pada konsentrasi COD sebesar 5929,437 mg/L. Dan efisiensi maksimal penurunan COD yang dapat dicapai sebesar 73 %.

Kata Kunci : *stripping column, Fotokatalisis, COD, pH*

WASTEWATER TREATMENT IN THE POLYESTER TEXTILE INDUSTRY TO REMOVE OF COD AND pH NEUTRALIZATION CONCENTRATIONS USING PHOTOCATALYSIS UV/ TiO₂ METHOD

(Wastewater Case Study of PT. Indorama Synthetics, Tbk Purwakarta West Java)"

Abstract

PT. Indorama Synthetics, Tbk. is one of polyester textile industries in Indonesia whose raw materials consist of pure terephthalic acid (PTA) and ethylene glycol (EG). With certain mole comparison the raw materials react to form ester compound (monomer) and water at pressure condition 1,5 bar and temperature 255 °C. However, the generated water still contain EG so that it should be re-abstracted by distillation column process. Furthermore, early treatment will be performed by a stripping column process. In stripping column process is needed efficiency of appropriate stripping column design, i.e by generating COD load between 3500 and 4000 ppm. However, in fact, the designed stripping column with certain ppm capacity, occasionally its result is not like expected. This is due to the possibility of decreased stripping column performance. Based on the consideration, it is needed to perform another method, which is expected to replace the existing method. Another developing technology which is presumed effective enough to destroy organic contaminant is photo catalysis process with TiO₂ as catalyst and UV lamp as photon energy. Here, photo catalysis is a process assisted by the presence of light and catalyst materials. The objective of this study is to know the effectiveness rate of photo catalysis process to degrade COD concentration and the change of acidity (pH) level of laboratory-based scale liquid waste.

The photo catalysis process developed is a column-shaped reactor with 10 litre capacity. This study was performed by making variations of flow rate of liquid waste volume, flow rate of air, and catalyst concentration. The analyze of laboratory for COD used the SNI – 06 – 2504 – 1991 and pH used the SNI – 06 – 2413 – 199).

According to research, COD fluctuation is relative same about 6000 mg/L until 7000 mg/L except 5929,437 mg/L. Maximum efficiency of COD degradation is approximately 73%.

Key Word : stripping column, Photocatalysis, COD, pH

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
ABTRAKSI	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
HALAMAN UCAPAN TERIMA KASIH	vi
HALAMAN MOTTO	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Perumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	5
1.5 Batasan Masalah	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Gambaran Umum PT. Indorama Syntetics, Tbk	6
2.2 Skema Proses Produksi PT.Indorama Synthetics,Tbk	7
2.3 Kandungan air limbah PT.Indorama Synthetics,Tbk	9
2.4 <i>Ethylene Glycol</i> (EG)	10
2.5 Proses <i>Stripping Column</i>	11
2.6 Proses fotokatalisis	14
2.7 Definisi fotokatalisis	16

2.8 Perilaku amfifilik permukaan TiO ₂	17
2.9 Jenis Fotokatalisis	18
2.9.1 Proses fotokatalisis homogen	18
2.9.2 Proses fotokatalisis heterogen	19
2.10 Fotoeksitasi Dan Deeksitasi Pada Semikonduktor	20
2.11 Titanium Dioksida dan Karakternya Sebagai Fotokatalis	23
2.12 Perspektif Persamaan Reaksi Oksidasi Yang Melibatkan Cahaya dan TiO ₂	25
2.13 Konfigurasi Reaktor Fotokatalisis	26
2.14 Pengaruh Beberapa Parameter Pada Kinetika Fotokatalisis TiO ₂	28
2.15 Landasan Teori	30
2.16 Hipotesa	35

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian	36
3.2 Objek Penelitian	36
3.3 Alat dan Bahan Penelitian	36
3.4 Bahan Penelitian	39
3.5 Penentuan Variabel Penelitian	39
3.6 Pengukuran	41
3.7 Metode Pengambilan Sampel	41
3.8 Pelaksanaan Penelitian	45
3.9 Analisis Data	48

BAB IV HASIL ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian Anova Pada Konsentrasi COD (mg/L)	68
4.2 Pengujian Anova Pada Tingkat Keasaman pH	78
4.3 Analisa Pengaruh Laju Alir Volume Limbah Cair dan Udara Pada Saat Proses Fotokatalisis Berlangsung	84

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan 85
5.2 Saran 86

DAFTAR PUSTAKA 87

LAMPIRAN



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Beberapa Sifat Fisika dan Kimia dari <i>Ethylene Glycol</i>	11
Tabel 2.2	Posisi Pita dari Beberapa Semikonduktor Fotokatalisis	22
Tabel 2.3	Hasil Studi Awal Running Reaktor Fotokatalisis	33
Tabel 3.2	Rencana Percobaan Penelitian	39
Tabel 3.3	Output Anova	49
Tabel 4.1.	Hasil Uji Anova	58
Tabel 4.2	Hasil Uji DMRT Berdasarkan Variasi Penelitian Dalam Proses Fotokatalisis	71
Tabel 4.3	Hasil Uji DMRT Berdasarkan Lama Waktu Kontak	76
Tabel 4.4	Hasil Uji DMRT Berdasarkan Lama Waktu kontak	80



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Skema Proses Produksi <i>Polyester</i> dan Pengolahan Limbah Cair PT. Indorama Synthetics, Tbk	8
Gambar 2.2	Diagram Alir <i>Stripping Column</i>	13
Gambar 2.3	Sifat Superhidrofilisitas Permukaan Lapisan Tipis TiO ₂ Dibawah Pengaruh Sinar UV.	17
Gambar 2.4	Foto dari tetesan air pada permukaan ZnO dan TiO ₂ sebelum penyinaran dan setelah penyinaran dengan lampu UV	18
Gambar 2.5	Ilustrasi Skematis Proses Foto-eksitasi dan De-eksitasi Pada Suatu Semikonduktor	20
Gambar 2.6	Perspektif struktur kristal Anatase (atas) dan Rutile	24
Gambar 2.7	Energi celah, posisi pita valensi, konduksi, dan potensial redoks dari berbagai semikonduktor.	25
Gambar 3.1	Skema Reaktor Fotokatalisis Untuk Sistem Immobilisasi Berbentuk Kolom	38
Gambar 3.2	Diagram Alir Penentuan COD Metode Tertutup	43
Gambar 3.3	Diagram Alir Penentuan pH Secara Potensiometer	45
Gambar 3.4	Diagram Alir Pelaksanaan Penelitian	47
Gambar 4.1	Signifikansi F konsentrasi COD Terhadap Variasi Penelitian Dalam Proses Fotokatalisis	69
Gambar 4.2	Signifikansi F Konsentrasi COD Terhadap Lama Waktu Kontak	69
Gambar 4.3	Signifikansi F Konsentrasi COD Terhadap Interaksi Variasi Penelitian Dalam Proses Fotokatalisis Dengan Lama Waktu Kontak	69
Gambar 4.4	Fluktuasi Konsentrasi COD Pada berbagai Variasi Penelitian Pada Proses Fotokatalisis	72
Gambar 4.5	Struktur Kristal Yang Terjadi Yang Dihubungkan Antara Temperatur Dengan tekanan	74

Gambar 4.6 Hubungan bentuk Kristal Dengan Tekanan Dan Energi Gap Yang Dihasilkan 75
Gambar 4.7 Flutuasi Konsentrasi COD Pada berbagai Lama Waktu Kontak 77
Gambar 4.8 Signifikansi F pH terhadap Variasi penelitian dalam proses Fotokatalisis 79
Gambar 4.9 Signifikansi F pH terhadap Lama waktu Kontak 79
Gambar 4.10 Signifikansi F pH terhadap interaksi Variasi penelitian dalam proses Fotokatalisis dengan Lama waktu Kontak 79
Gambar 4.11 Flutuasi Tingkat Keasaman (pH) Pada berbagai Variasi Penelitian Dalam Proses Fotokatalisis 81
Gambar 4.12 Fluktuasi Tingkat Keasaman Pada berbagai Lama Waktu Kontak	..83

DAFTAR LAMPIRAN

- LAMPIRAN A.1 Tabel Efisiensi Rata – Rata Hasil Penelitian
- LAMPIRAN A.2 Gambar Foto Penelitian
- LAMPIRAN A.3 Analysis Report Of External Special Sample From PT.Indorama
Synthetics, Tbk

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Dewasa ini perkembangan teknologi yang pesat dan berlanjut ditandai antara lain dengan tumbuhnya berbagai industri. Oleh karena industri merupakan salah satu sumber ekonomi dan lapangan kerja akibatnya arus urbanisasi tidak dapat dihindari. Tidak dapat diingkari, industri selain memberi dampak positif bagi pembangunan negara dan kemakmuran rakyatnya, dapat pula memberi dampak negatif pada lingkungannya. Dampak negatif terutama disebabkan oleh bahan buangan yang dihasilkan oleh industri tersebut. Keselarasan lingkungan seyogyanya dilindungi dan dipelihara seiring dengan berkembangnya berbagai macam industri.

Berbagai hal yang menyebabkan banyak industri masih mengeluarkan limbah yang menyebabkan pencemaran terhadap lingkungan, hal – hal itu antara lain karena mahalnya biaya pengolahan limbah yang dapat menambah biaya produksi, sehingga dapat terjadi biaya produksinya menjadi terlalu mahal. Dapat pula hal tersebut disebabkan karena sulitnya mengolah limbah yang dikeluarkannya sehingga belum dikuasainya teknologi pengolahan limbah.

Dengan tumbuhnya berbagai macam industri, maka semakin kompleks limbah industri yang dihasilkan. Pertanyaan yang timbul adalah bahan pencemar apa yang harus dipisahkan untuk melindungi lingkungan, dan

bagaimana cara pengolahannya. Pemecahannya tidak sederhana, karena diperlukan analisis kebutuhan dan kondisi setempat, penerapan ilmu pengetahuan dan teknologi yang berkaitan dengan masalah limbah, penetapan keputusan teknis berdasarkan pengalaman yang ada dan pertimbangan untuk memenuhi peraturan yang bersifat lokal atau nasional.

PT. Indorama Synthetics, Tbk. adalah merupakan salah satu industri polyester di Indonesia yang bahan baku pembuatannya terdiri dari asam terephthalat murni (PTA) dan *ethylene glycol* (EG). Dengan perbandingan mol tertentu bahan baku tersebut bereaksi membentuk senyawa ester (monomer) dan air pada kondisi tekanan 1,5 bar dan temperatur 255 °C. Akan tetapi air yang dihasilkan masih mengandung EG sehingga perlu dipisahkan lagi melalui proses kolom destilasi. Hasil dari proses kolom destilasi, EG dikembalikan kekolom destilasi dan airnya sebagai limbah cair. Selanjutnya dilakukan perlakuan awal dengan suatu proses *stripping column*. Dari hasil analisa kimia, limbah cair yang keluar dari kolom destilasi mempunyai konsentrasi COD berkisar antara 10.000 – 20.000 mg/L (Sumber : Lab.QCC Indorama).

Pada proses *stripping column* diperlukan efisiensi perancangan *stripping column* yang sesuai yaitu dengan menghasilkan beban COD antara 3500 - 4000 ppm, hal ini diperlukan untuk mengurangi beban pengolahan air limbah di *Effluent Treatment Plant (ETP)* agar hasil outlet yang keluar dapat sesuai dengan yang diharapkan. Namun dalam kenyataannya dilapangan *stripping column* yang sudah dirancang dengan kapasitas ppm tertentu, hasilnya

kadang tidak sesuai dengan yang diharapkan. Hal ini disebabkan kemungkinan kinerja *stripping column* sudah menurun efisiensinya yang mengakibatkan adanya massa dan panas yang hilang sehingga hasil yang telah ditetapkan kurang sesuai. Selain itu setelah dianalisa dari segi biaya baik dari segi perawatan dan pemeliharaan dibutuhkan biaya yang tidak sedikit. Berdasarkan pertimbangan tersebut maka penerapan metoda lain perlu dilakukan, yang diharapkan dapat menggantikan metoda yang ada. Teknologi lain yang sedang dikembangkan saat ini yang diperkirakan cukup efektif untuk mendetruksi kontaminan organik adalah proses fotokatalisis dengan TiO_2 sebagai katalisnya dan radiasi ultra violet (UV) sebagai energi fotonnya. Fotokatalisis disini adalah suatu proses yang dibantu oleh adanya cahaya dan material katalis. Dengan pencahayaan UV ($\lambda < 405 \text{ nm}$), permukaan TiO_2 mempunyai kemampuan mengionisasi reaksi kimiawi. Dalam media air, kebanyakan senyawa organik dapat dioksidasi menjadi karbon dioksida dan air, berarti proses tersebut dapat membersihkan air dari pencemar organik. Senyawa-senyawa anorganik seperti sianida dan nitrit yang beracun dapat diubah menjadi senyawa lain yang relatif tidak beracun. Sementara dengan mengelola sisa reduksi proses tersebut, karbon dioksida dapat diubah menjadi alkohol, suatu cara produksi zat organik yang berguna, mirip dengan proses fotosintesa pada tumbuhan.

Berlatar belakang masalah diatas, maka penelitian ini mencoba untuk meminimalkan kandungan COD dan netralisasi pH dari limbah cair dengan menggunakan metode fotokatalisis.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan dari latar belakang masalah diatas dapat dirumuskan masalah sebagai berikut :

1. Apakah proses fotokatalisis dapat menurunkan konsentrasi COD pada limbah cair?
2. Apakah proses fotokatalisis dapat merubah tingkat keasaman (pH) limbah cair menjadi normal (pH mendekati 7)?
3. Apakah waktu kontak limbah cair dalam proses fotokatalisis akan mempengaruhi tingkat keasaman dan konsentrasi COD pada limbah cair?
4. Apakah laju alir volume limbah dan udara akan mempengaruhi proses fotokatalisis?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah :

1. Mengetahui tingkat efektivitas fotokatalisis untuk menurunkan konsentrasi COD.
2. Mengetahui perubahan tingkat keasaman (pH) limbah cair.
3. Mengetahui pengaruh waktu kontak limbah cair pada saat proses fotokatalisis berlangsung.
4. Mengetahui pengaruh laju alir volume limbah cair dan udara pada saat proses fotokatalisis berlangsung

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang akan diperoleh dalam penelitian ini antara lain :

1. Menambah pengetahuan dalam pengolahan limbah cair dari industri tekstil polyester terutama penurunan COD dan pH dengan menggunakan metode fotokatalisis.
2. Memberikan suatu alternatif teknologi pengolahan limbah cair dengan metode fotokatalisis kepada PT. Indorama Synthetics, Tbk.
3. Memberikan informasi kepada PT. Indorama Synthetics, Tbk, untuk dilakukan evaluasi lebih lanjut.
4. Memberi dorongan pada peneliti lain untuk lebih melakukan penelitian dan menyempurnakan hasil - hasil yang telah diperoleh.

1.5 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Parameter limbah cair yang akan dianalisa adalah COD dan pH, sebelum dan sesudah proses fotokatalisis.
2. Penelitian dilakukan pada skala laboratorium
3. Lamanya Proses fotokatalisis diukur pada 20 menit, 40 menit dan 60 menit.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gambaran Umum PT. Indorama Syntetics, Tbk

Nama perusahaan adalah PT. Indorama Synthetics, Tbk, suatu perusahaan PMA (Pemilik Modal Asing) yang bergerak di bidang industri tekstil yang memproses benang polyester, benang tekstur, *polyester fiber* dan kain jadi / *Grey*. PT. Indorama Synthetics, Tbk berlokasi di jalan Industri, desa Kembang Kuning, Kecamatan Jatiluhur, Kabupaten Purwakarta, Propinsi Jawa Barat.

PT. Indorama Synthetics, Tbk, dalam menjalankan proses produksinya menggunakan bahan kimia yaitu *Pure Terephthalic Acid* (PTA) dan *Mono Ethylene Glycol* (MEG). Bahan baku tersebut tergolong dalam senyawa organik, maka limbah yang dihasilkannya banyak mengandung senyawa organik. Secara umum limbah yang dihasilkan mengandung senyawa *aldehyd* dan *glycol*. Suhu limbah cair dari proses produksi berkisar antara 60°C – 75°C dengan kandungan COD yang sangat tinggi antara 10.000 – 20.000 ppm dan dalam tingkat keasaman yang cukup tinggi pula berkisar antara 3 – 5. Dengan kondisi limbah cair yang demikian pihak perusahaan sudah memiliki unit – unit pengolahan limbah cair antara lain unit *Stripping Column* yang berguna untuk mengurangi beban pengolahan limbah cair sebelum memasuki proses di

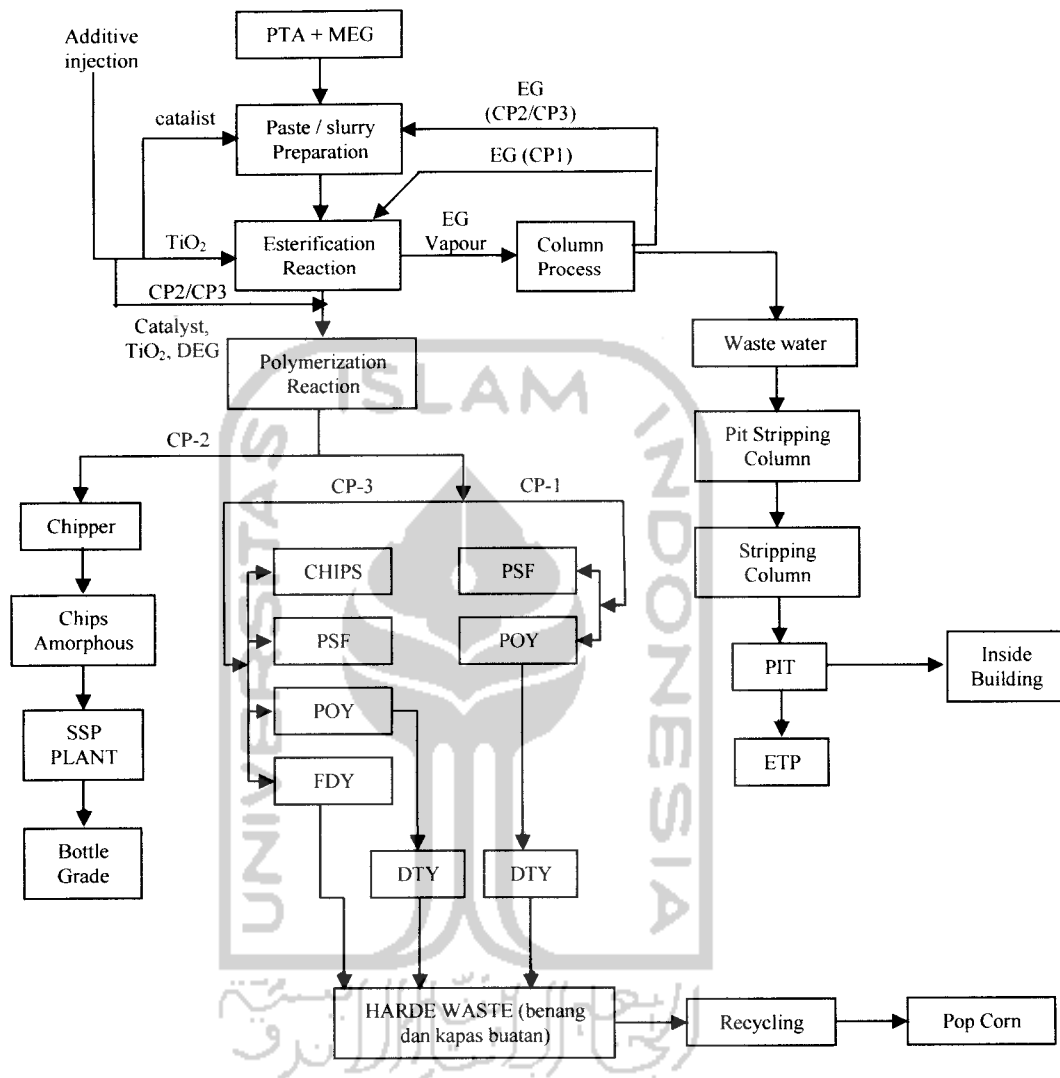
Effluent Treatment Plant (ETP). Didalam ETP proses pengolahan limbah cair menggunakan *Activated Sludge* yang berguna untuk menghilangkan kontaminan yang terkandung dalam limbah cair, sehingga limbah cair yang dibuang ke badan air penerima sudah memenuhi baku mutu yang berlaku.

Teknologi pengolahan limbah cair yang dimiliki oleh PT. Indorama Synthetics, Tbk, sudah cukup baik, akan tetapi seiring dengan perkembangan teknologi perlu dilakukan beberapa perbaikan teknologi dalam mengelola limbah cairnya supaya lebih efektif, efisien dan ekonomis dalam operasional dan pemeliharaan unit pengolahan limbah cair.

2.2 Skema Proses Produksi PT.Indorama Synthetics,Tbk

Skema proses produksi PT. Indorama Synthetics, Tbk Divisi Polyester dapat dilihat pada Gambar 2.1 berikut ini :





Gambar 2.1 Skema Proses Produksi *Polyester* dan Pengolahan Limbah Cair PT. Indorama Synthetics, Tbk

2.3 Kandungan air limbah PT.Indorama Synthetics,Tbk

Produk samping dari hasil proses esterifikasi pada pembuatan lelehan *polyester* adalah berupa limbah cair yang mengandung zat organik (*ethylene glycol* dan *aldehyd*) dengan kandungannya sebagai berikut :

1. *Ethylene glycol* 0,5 %
2. *Aldehyd* 0,5 %
3. Air 99 %

Produk samping tersebut dilakukan perlakuan awal terlebih dahulu menggunakan proses *Stripping Column*. Namun dalam kenyataannya dilapangan *stripping column* yang sudah dirancang dengan kapasitas ppm tertentu, hasilnya kadang tidak sesuai dengan yang diharapkan. Proses ini sering kali mengalami kesulitan dikarenakan :

1. Limbah cair yang mengandung *ethylene glycol* dan *aldehyd* mempunyai konsentrasi yang cukup tinggi yaitu berkisar antara 10.000 mg/L – 20.000 mg/L
2. Biaya operasi *Stripping Column* per hari sekitar Rp. 350.000,- (tiga ratus ribu rupiah)
3. Penurunan konsentrasi COD yang keluar dari proses *Stripping Column* seringkali tidak sesuai dengan perancangan inlet Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) yang ada, yaitu lebih kecil atau sama dengan 4000 mg/L.

Metode fotokatalisis TiO_2 merupakan salah satu metode untuk perlakuan limbah cair yang mengandung zat organik, karena kemampuan katalis TiO_2

sebagai semikonduktor yang mempunyai potensial elektroda 2,8 Volt, sehingga dapat merubah zat organik menjadi karbondioksida dan air.

Melihat limbah cair industri *polyester* yang juga mengandung zat organik mempunyai potensial elektroda lebih kecil dari 2,8 Volt, maka perlakuan limbah cair yang mengandung zat organik (*ethylene glycol* dan *aldehyd*) berskala laboratorium akan dilakukan untuk diteliti penurunan konsentrasi COD-nya pada waktu sirkulasi tertentu.

2.4 *Ethylene Glycol* (EG)

Ethylene glycol (EG) adalah pelarut dan agen pereduksi, dapat dicampur dengan alkohol, gliserin, asam asetat, aseton dan piridin. EG larut sedikit dalam eter, benzena, toluena, xylene, gasolin, minyak mineral, lemak, karbon disulfida dan hidrogen halida. Pada tempepratur sekitar 100°C, pembentukan asam di udara dan dapat menyebabkan korosi serta larut dalam air. Secara umum EG mempunyai sifat – sifat sebagai berikut :

1. Tidak berwarna
2. Sebagai pelumas
3. Cairan yang menyerap air
4. Dapat larut dalam air
5. Hampir tidak berbau
6. Mudah terbakar.

Selain dari sifat – sifat yang tersebut diatas EG ternyata mengandung uap yang lebih berat dari udara dan mudah meledak bila bercampur dengan udara pada temperatur tinggi. Dari segi kesehatan EG dapat berbahaya, karena dapat memberikan efek sedikit iritasi, dapat membahayakan usus dan kerusakan pada sistem pernapasan.

Untuk mengetahui beberapa sifat fisika dan kimia dari *ethylene glycol* dapat dilihat pada Tabel 2.1 :

Tabel 2.1 Beberapa Sifat Fisika dan Kimia dari *Ethylene Glycol*

No	Sifat fisika dan kimia dari <i>ethylene glycol</i>	
1	Titik didih pada tekanan 760 mm HG	197,3 °C
2	pH 10 % larutan dalam air	3
3	Kelarutan dalam air	larut sempurna
4	Titik nyala	111 °C
5	Titik leleh	-12,6 °C
6	Berat jenis	1110 kg / m ³
7	Temperatur pengapian	410 °C
8	Nama kimia	Ethylene Glycol
9	Formula	C ₂ H ₆ O ₂
10	Kebauan	manis (sweetly)
11	Tingkat kebauan	25 ppm
12	Berat molekul	62,07 Kg/K mol

2.5 Proses *Stripping Column*

Stripping Column adalah alat yang digunakan untuk mereduksi senyawa – senyawa organik dengan cara mengkontakkan cairan limbah dengan udara panas. Proses *stripping column* yang terjadi pada PT. Indorama Synthetics *Polyester Division* adalah menggunakan jenis *packed tower, stripping column*

digunakan untuk mengurangi zat organik yang berupa hidrokarbon hasil samping dari proses esterifikasi.

Hasil reaksi antara PTA dan EG didalam proses esterifikasi yang berlangsung didalam *heat exchanger* dilakukan secara vertikal dan pemisahan uap pada *heat exchanger* berjalan secara alami karena adanya reaksi keseimbangan tekanan hidrostatik antara cairan yang masuk dan campuran dua fase dalam tabung pemanasan.

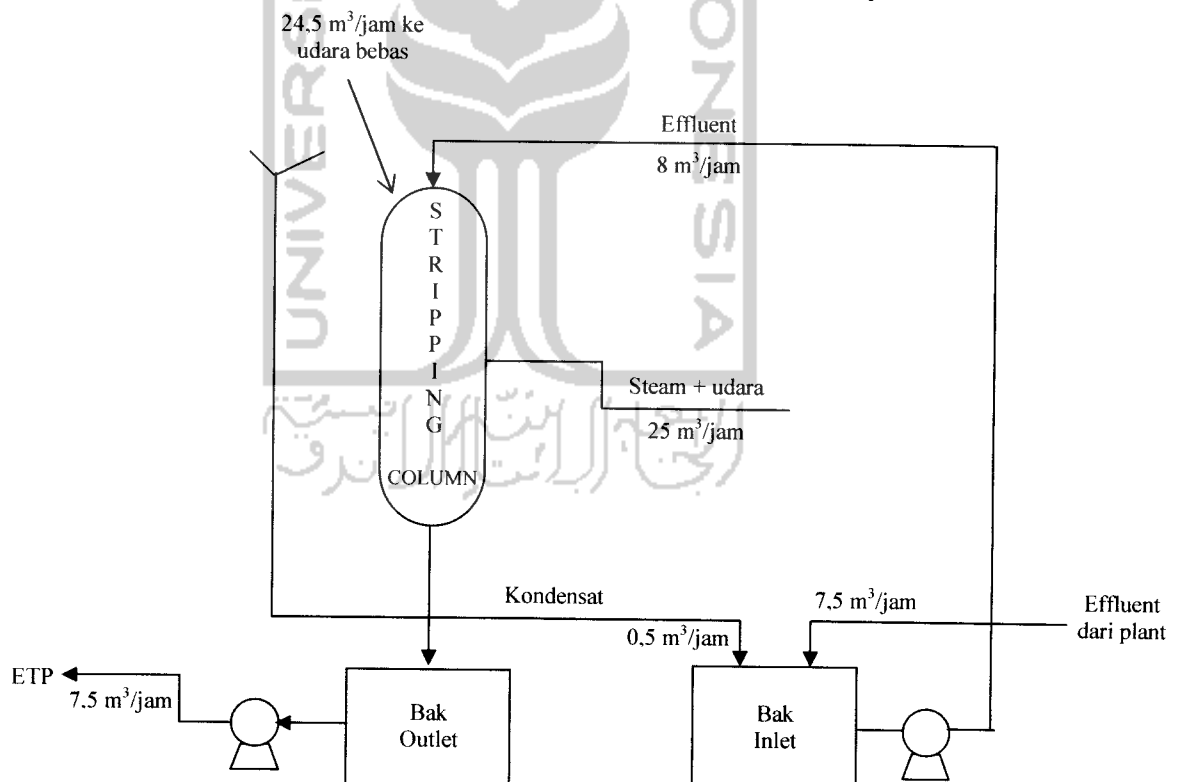
Dua mol air dibentuk dari setiap satu mol PTA dan dua mol EG, dan air yang dihasilkan adalah merupakan hasil samping dari *exces* EG, sebagian kecil oligomer dan hasil samping dari produk keluar lewat atas kolom pemisahan melewati *line* pipa berjaket.

Kelebihan uap pada *stripping column* didinginkan dalam *heat exchanger* dan dikumpulkan dalam *tank reflux*, kemudian sebagian dari kondensat tersebut dimasukkan dalam kolom destilasi dengan pompa. Dipasang temperatur kontrol untuk mengontrol temperatur pada kolom tersebut dan sebagian dari hasil kolom destilasi umumnya masih mengandung 0,1 – 0,5 %. EG keluar lewat *reflux column tank*, menuju *stripping column organic*, dengan *low boiler system* (sekitar 70°C) maka yang keluar ke udara adalah berupa steam. *Ethylene Glycol* tidak ikut keluar bersama *steam* karena EG titik didihnya jauh lebih tinggi dari proses *stripping column* (Titik didih EG sekitar 196°C dan proses *stripping column* hanya sekitar 70 °C. Namun demikian untuk memastikan apakah uap *steam* yang keluar dari proses *stripping column* benar –

benar tidak berbahaya, maka dilakukan pengukuran emisi yang keluar dari *stripping column*. Dari hasil pengukuran cerobong *stripping column* terhadap kandungan *hydrocarbon* maka didapatkan hasil sekitar $6,13 - 19,66 \text{ mg/m}^3$ (Nilai ambang batas *hydrocarbon* adalah 35 mg/m^3), sehingga kandungan *hydrocarbon* pada uap *steam* yang keluar dari *stripping column* masih jauh dari nilai ambang batas.

Setelah masuk ke unit *stripping column*, kemudian air dikirim ke *Effluent Treatment Plant* (ETP) atau Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL).

Skema diagram alir *stripping column* dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Diagram Alir *Stripping Column*

2.6 Proses Fotokatalisis

Proses ini secara luas telah ditetapkan sebagai alternatif proses kimia fisika untuk mengeliminasi zat toksik organik yang berbahaya dan metal dalam limbah cair maupun udara.

Sejak publikasi Fujishima dan Honda (Nature, 1972), fenomena fotokatalisis pada permukaan TiO_2 dan kemungkinan aplikasi teknologinya menjadi lahan penelitian yang luas. Akumulasi pengetahuan dari riset dasar dan terapan telah memberi gambaran umum yang sangat berguna untuk memahami fenomena fotokatalisis pada permukaan TiO_2 dan kemungkinan-kemungkinan aplikasi teknologinya bagi kehidupan praktis. Salah satu dari riset terapan yang menonjol adalah usaha-usaha mewujudkan teknologi sistem mineralisasi zat organik dan inaktivasi mikroorganisme, yang akan diterapkan dalam sistem pengolahan/pembersih air maupun gas. Riset lainnya dalam usaha mencari terapan fenomena fotokatalisis pada permukaan TiO_2 antara lain adalah reduksi fotokatalitik CO_2 menjadi hidrokarbon dan/atau alkohol, sel surya berbasis fotoelektrokimia dan treatment sel kanker.

Disamping fenomena fotokatalisis, TiO_2 juga menunjukkan perilaku unik lainnya, yakni permukaan TiO_2 akan bersifat hidrofob didalam gelap dan berubah menjadi hidrophil bila menerima cahaya yang sesuai. Dengan kata lain permukaan TiO_2 mempunyai sifat ampifilik. Pada akhir dekade 90'an Fujishima (Nature, 1997) mengungkap sifat ampifilik (superhidrofilisitas) permukaan TiO_2 yang

dapat dimanfaatkan untuk membuat permukaan material yang mempunyai kemampuan *self cleaning* dan anti *fogging* (anti kabut).

Proses fotokatalisis ini mempunyai beberapa kelebihan dibandingkan terhadap proses oksidasi kimia tradisional dan biologis, yaitu antara lain sebagai berikut :

1. Reaksi fotokatalisis tidak spesifik dan oleh karenanya mampu untuk merubah bentuk spektrum kimia organik, termasuk hidrokarbon dari bahan bakar, pelarut halogenasi, surfaktan, dan banyak lagi kimia organik yang berbahaya.
2. Proses ini sangat kuat, seringkali dapat mereduksi organik secara lengkap.
3. Proses fotokatalisis kebal terhadap toksik organik.
4. Proses fotokatalisis ini dapat diterapkan sama baiknya terhadap cairan dan aliran gas
5. Adanya potensi untuk pemanfaatan sinar matahari sebagai pengganti sumber lampu ultraviolet, hal ini dapat menurunkan biaya energi dari proses. (Aitali, Mk.2002)

Pada proses fotokatalisis konvensional, katalis TiO_2 serbuk digunakan untuk merubah zat organik, dimana TiO_2 serbuk disuspensasikan kedalam limbah cair yang diolah lalu diiluminasi dengan lampu UV yang sesuai dengan intensitas dan panjang gelombangnya. Dengan sistem ini muncul kendala teknis dalam hal memisahkan atau mengambil kembali suspensi TiO_2 dari limbah cair yang telah diolah.

Pada saat ini, reaktor dengan sistem TiO_2 yang diimmobilisasi dipandang mempunyai prospek aplikasi yang lebih baik. Beberapa contoh sistem immobilisasi yang telah dikembangkan, diantaranya adalah TiO_2 yang dilapiskan pada dinding kolom gelas kuarsa, lempengan kaca atau logam, butiran keramik dan lain sebagainya. Sistem lapisan tipis TiO_2 tersebut kemudian disusun menjadi suatu reaktor fotokatalisis dimana interaksi antara cahaya, katalisis, cairan atau gas yang diolah terjadi secara optimum sehingga reaksi fotokatalisis dapat berlangsung secara optimum pula.

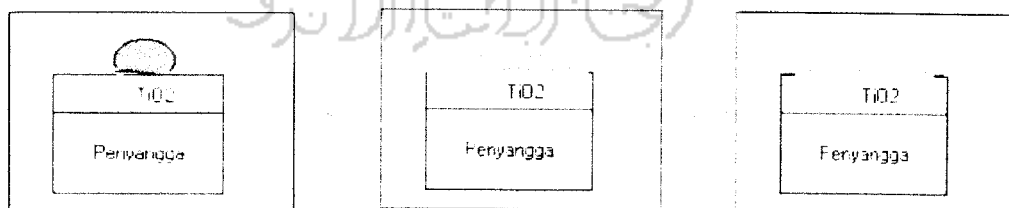
2.7 Definisi Fotokatalisis

Fotokatalisis adalah merupakan nama gabungan dari "photo" dan "katalisis". Jika diambil dari kamus Universal Baru Webster, maka photon adalah kuantum energi elektromagnetis yang memiliki partikel gelombang yang tidak memiliki beban atau massa tetapi memiliki momentum seperti energi cahaya, sinar X, sinar Gamma dsbnya. Sedangkan katalisis adalah merupakan gerak katalisator dalam reaksi kimia. Katalisator disini diartikan sebagai suatu substansi yang mempercepat atau memperlambat reaksi kimia, tetapi substansi itu sendiri mengalami perubahan kimia yang tidak permanen, hal ini disebabkan karena fenomena fotokatalisis yang dihubungkan dengan gerak photon untuk mempercepat reaksi kimia.

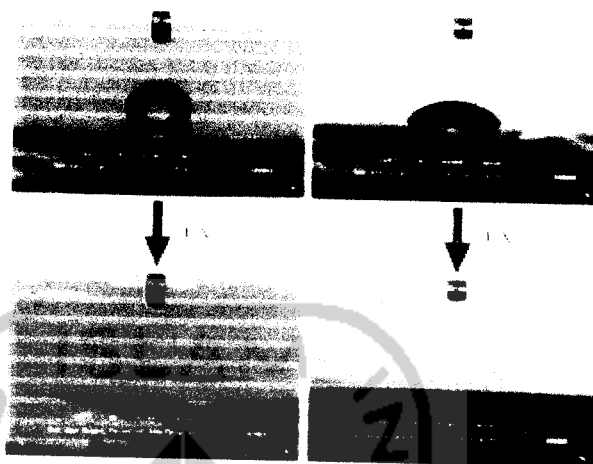
Sedangkan dari IUPAC, fotokatalisis didefinisikan sebagai suatu reaksi katalisis yang melibatkan penyerapan cahaya oleh katalisator atau oleh substrat.

2.8 Perilaku Ampifilik Permukaan TiO₂.

Lapisan tipis fotokatalis TiO₂ pada substrat tertentu menunjukkan sudut kontak dengan air kira-kira 50° (hidrofob). Pada permukaan tersebut, jika diiluminasi dengan sinar UV, air yang ada di atasnya akan mulai menurun sudut kontak. Sebagai akibatnya air tersebut cenderung menyebar rata pada permukaan bahan daripada membentuk partikel-partikel berupa butiran. Akhirnya sudut kontak air akan menjadi mendekati nol, pada keadaan ini permukaan bahan menjadi sama sekali tidak menolak air dan dinamakan berada dalam keadaan *superhydrophilic*. Bahan tersebut akan bertahan beberapa jam dengan sifat tersebut, meskipun lampu UV dipadamkan. Perlahan dalam keadaan gelap bahan tersebut akan bersifat hidrofob lagi, namun sifat superhidrofilisitas dapat dicapai kembali dengan bantuan sinar UV (lihat Gambar 2.3 dan 2.4., untuk ilustrasi)



Gambar 2.3 Sifat Superhidrofilisitas Permukaan Lapisan Tipis TiO₂ Dibawah Pengaruh Sinar UV.



Gambar 2.4. Foto dari tetesan air pada permukaan ZnO (kiri) dan TiO₂ (kanan) sebelum penyinaran (atas) dan setelah penyinaran dengan lampu UV (20 mW/cm²) selama 1 jam pada suhu kamar. Penyinaran UV mengubah sudut kontak air dari 109 ke 50 (ZnO) dan dari 54 ke 00 (TiO₂). [diambil dari Sun R.D. *etal.*2001]

2.9 Jenis Fotokatalisis

Secara garis besar fotokatalisis terbagi dalam dua jenis proses, yaitu proses fotokatalisis homogen dan proses fotokatalisis heterogen.

2.9.1 Proses Fotokatalisis Homogen

Proses fotokatalisis homogen atau dikenal dengan fotodegradasi homogen, bentuk penerapannya adalah untuk perlakuan air yang terkontaminasi dengan menggunakan UV/ozon dan UV/H₂O₂. Penggunaan sinar UV untuk fotodegradasi polutan dapat dibagi kedalam dua prinsip yaitu :

- a. Fotodegradasi langsung, yang mana hasilnya mengikuti eksitasi langsung polutan oleh sinar UV.

- b. Fotooksidasi, dimana sinar menggerakkan proses oksidasi dengan prinsip diinisiasi oleh radikal hidroksil. Ada tiga oksidan utama yang digunakan yaitu, Hidrogen Peroksida (H_2O_2), Ozon (O_3), dan system fotofenton(Fe^{3+}/H_2O_2).

Proses fotokatalisis homogen biayanya relatif mahal, karena tingginya biaya operasi maka akan menurunkan kelayakan penerapan sistem ini pada skala besar.

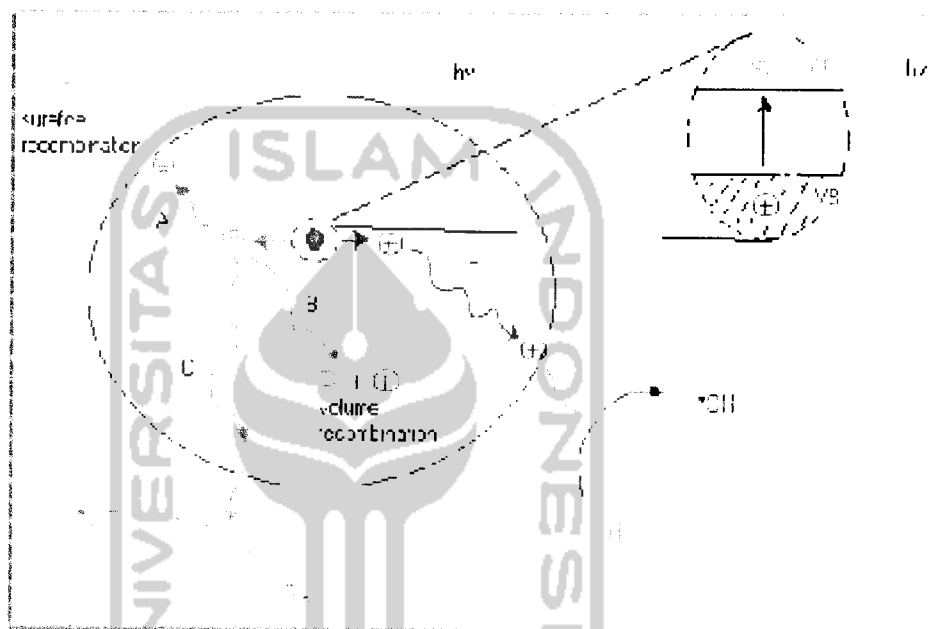
2.9.2 Proses Fotokatalisis Heterogen

Proses fotokatalisis heterogen secara umum dapat didefinisikan sebagai proses reaksi kimia yang dibantu oleh cahaya dan katalis padat. Satu atau lebih langkah reaksi melibatkan pasangan electron-hole (e^- dan h^+ , lubang positif-elektron) pada permukaan bahan semikonduktor. Definisi umum tersebut mempunyai implikasi bahwa beberapa langkah-langkah fotokatalisis adalah merupakan reaksi reduksi dan oksidasi (redoks) yang melibatkan pasangan e^- dan h^+ .

Proses fotokatalisis heterogen adalah suatu teknologi yang didasarkan pada penyinaran katalis berupa semikonduktor yang tereksitasi membentuk bagian donor elektron (bagian reduksi) dan bagian penerima elektron (bagian oksidasi), untuk lingkup yang lebih besar dikatakan sebagai reagen redoks. Proses ini dikatakan heterogen karena adadua fase aktif, yaitu fase padat dan fase cair.

2.10 Fotoeksitasi Dan Deeksitasi Pada Semikonduktor

Secara umum, fenomena fotokatalisis pada permukaan semikonduktor dapat dipahami dengan penjelasan sederhana Gambar.3.2 berikut ini

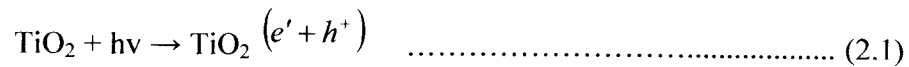


Gambar 2.5 Ilustrasi Skematis Proses Foto-eksitasi dan De-eksitasi Pada Suatu Semikonduktor. (Linsenberg et al, Chem.Rev.,95,735, 1995)

Jika suatu semikonduktor tipe n dikenai cahaya ($h\nu$) dengan energi yang sesuai, maka elektron (e^-) pada pita valensi akan pindah ke pita konduksi, dan meninggalkan lubang positif (hole+, disingkat sebagai h^+) pada pita valensi. Sebagian besar pasangan e^- dan h^+ ini akan berekombinasi kembali, baik di permukaan (jalur A) atau didalam bulk partikel (jalur B). Sementara itu sebagian pasangan e^- dan h^+ dapat bertahan sampai pada permukaan semikonduktor (jalur C dan D), dimana h^+ dapat menginisiasi

reaksi oksidasi dan dilain pihak e- akan menginisiasi reaksi reduksi zat kimia yang ada disekitar permukaan semikonduktor.

Persamaan reaksinya :



Pada prinsipnya, reaksi oksidasi pada permukaan semikonduktor dapat berlangsung melalui donasi elektron dari substrat ke h+ (menghasilkan radikal pada substrat yang akan menginisiasi reaksi berantai). Apabila potensial oksidasi yang dimiliki oleh h+ pada pita valensi ini cukup besar untuk mengoksidasi air dan/atau gugus hidroksil pada permukaan partikel maka akan dihasilkan radikal hidroksil. Radikal hidroksil adalah spesi pengoksidasi kuat - pada pH = 1 - memiliki potensial redoks sebesar 2,8 Volt (relatif terhadap eletroda hidrogen Nernst). Potensial sebesar ini cukup kuat untuk mengoksidasi kebanyakan zat organik menjadi air, asam mineral dan karbon dioksida.

Radikal hidroksil ini sangat reaktif dan dapat mendetruksi kebanyakan polutan organik menjadi karbondioksida dan asam - asam mineral. Selain itu TiO₂ bukan merupakan bahan beracun, dapat dipakai berkali - kali dan mudah diregenerasi dengan metode yang sederhana.

Oksidasi metal dan sulfide memperlihatkan kelompok besar material semikonduktor yang ada untuk tujuan proses fotokatalisis. Tabel 3.1 dibawah ini memperlihatkan daftar beberapa material semikonduktor yang dapat digunakan untuk reaksi fotokatalisis,berikut potensial pita valensi, pita konduksi dan celah pita energi serta panjang gelombang yang diperlukan untuk mengaktifkan katalis.Untuk mendapatkan celah ini, radiasinya harus sama dengan panjang gelombang atau lebih rendah dari nilai hasil perhitungan dengan menggunakan persamaan *Planck's*:

$$\lambda = \frac{h \times c}{E_{bg}}$$

Dimana : E_{bg} = celah energisemikonduktor (eV)
 h = tetapan Planck's
 c = kecepatan cahaya (m/detik)

Tabel 2.2 Posisi Pita dari Beberapa Semikonduktor Fotokatalisis

No	Semikonduktor	Pita valensi VB	Pita Konduksi CB	Pita Celah eV	Panjang gelombang pita celah E_{bg} (nm)
1	TiO ₂	+3,1	-0,1	3,2	387
2	SnO ₂	+4,1	+0,3	3,9	318
3	ZnO	+3,0	-0,2	3,2	387
4	ZnS	+1,4	-2,3	3,7	335
5	WO ₃	+3,0	+0,2	2,8	443
6	CdS	+2,1	-0,4	2,5	496
7	CdSe	+1,6	-0,1	1,7	729
8	GaAs	+1,0	-0,4	1,4	886
9	GaAp	+1,3	-1,0	2,3	539

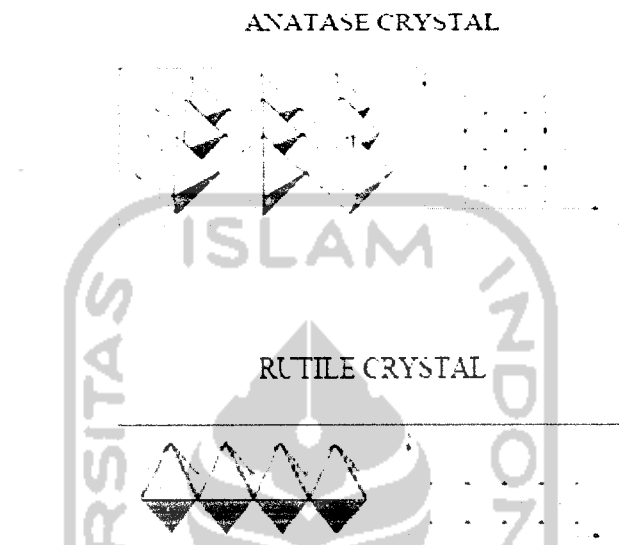
Dari tabel 2.2 terlihat bahwa TiO_2 mempunyai sifat inert terhadap sifat biologi dan kimia. Stabil terhadap sinar dan korosi kimia serta relatif murah.

2.11 Titanium Dioksida dan Karakternya Sebagai Fotokatalis

Beberapa faktor akan mempengaruhi aktivitas fotokatalis TiO_2 , salah satu yang terpenting adalah bentuk kristalnya. TiO_2 memiliki tiga macam bentuk kristal yaitu anatase, rutil dan brookit, namun yang memiliki aktivitas fotokatalis terbaik adalah anatase. Bentuk kristal anatase diamati terjadi pada pemanasan TiO_2 bubuk mulai dari suhu 120°C dan mencapai sempurna pada 500°C . Pada suhu 480°C mulai terbentuk kristal rutil (Ollis & Elkabi, 1993) dan terjadi penurunan luas permukaan serta pelemahan aktivitas fotokatalis secara drastis. Penelitian Nursiah (1999) menunjukkan bahwa kalsinasi yang paling baik adalah pada 550°C selama 30 menit.

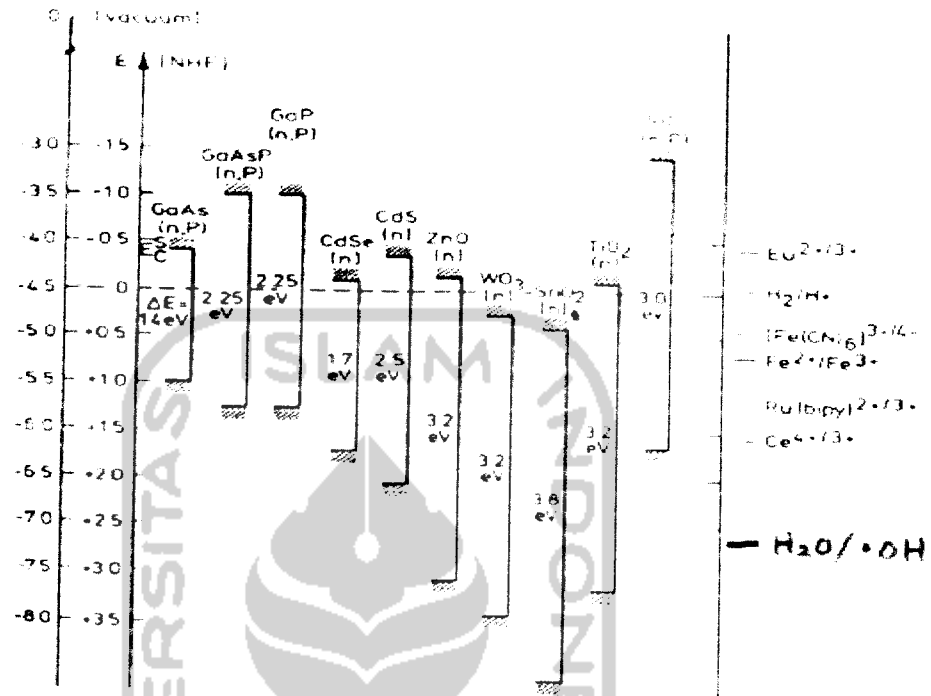
Perbedaan struktur kristal tersebut juga mengakibatkan perbedaan tingkat energi struktur pita elektroniknya. Tingkat energi hasil hibridisasi yang berasal dari kulit 3d titanium bertindak sebagai pita konduksi, sedangkan tingkat energi hasil hibridisasi dari kulit 2p oksigen bertindak sebagai pita valensi. Sebagai konsekuensinya posisi tingkat energi pita valensi, pita konduksi, dan besarnya energi gap diantara keduanya akan berbeda bila lingkungan dan/atau penyusunan atom Ti dan O didalam kristal TiO_2 berbeda, seperti pada struktur anatase ($E_g = 3,2 \text{ eV}$) dan rutil ($E_g = 3,0 \text{ eV}$).

Perspektif struktur kristal *anatase* dan *rutile* dapat dilihat pada Gambar 3.3 berikut ini.



Gambar 2.6 Perspektif struktur kristal Anatase (atas) dan Rutile (bawah).[diambil dari www.nl-ind.com/kronos/]

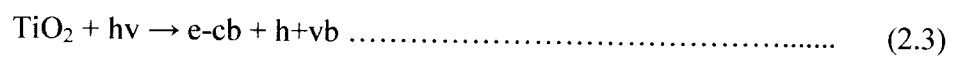
Besarnya energi celah (E_g), posisi energi pita konduksi dan pita valensi akan menentukan karakter fotokatalis dalam hal kebutuhan energi foton yang diperlukan untuk mengaktifkan dan berapa kekuatan oksidasi atau reduksinya setelah diaktifkan. Pada Gambar 2.7 berikut dibawah ini menunjukkan besarnya energi celah, posisi pita valensi, pita konduksi, dan komparasinya dengan besarnya potensial redoks relatif terhadap elektroda hidrogen (potensial hidrogen Nernst).

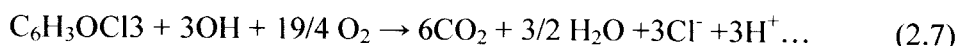
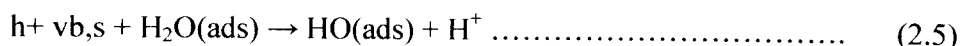


Gambar 2.7 Energi celah, posisi pita valensi (bawah), konduksi (atas), dan potensial redoks dari berbagai semikonduktor. [potensial reduksi bertanda negatif dan potensial oksidasi bertanda positif, satuan dalam Volt, diukur pada larutan elektrolit dengan pH=1]. (Linsebigler et al. Chem. Rev. Vol. 95. N0 3, 1995)

2.12 Perspektif Persamaan Reaksi Oksidasi Yang Melibatkan Cahaya dan TiO₂

Persamaan 2.3 sampai dengan 2.7 memberikan ilustrasi skema reaksi yang dimulai dari interaksi TiO₂ dengan foton dan diikuti dengan generasi oxydizing agent serta reaksinya dengan klorofenol.

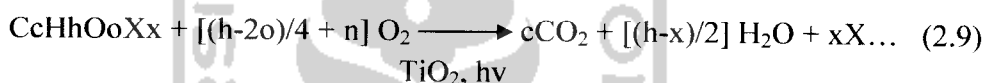




Secara umum persamaannya dapat dituliskan sebagai berikut :



Untuk haloorganik:



Oxydizing agent yang diproduksi tentu saja juga akan dapat menyebabkan kematian mikroorganisme melalui mekanisme yang belum mempunyai penjelasan yang lengkap, namun sementara dapat dispekulasikan sebagai *Oxydizing agent* yang terbentuk mampu menembus dinding sel mikroba dan selanjutnya merusak sistem hidup didalam sel.

2.13 Konfigurasi Reaktor Fotokatalisis

Pada awalnya para peneliti menggunakan reaktor sistem suspensi untuk melaksanakan reaksi fotokatalitik, dimana TiO_2 disuspensikan kedalam air yang diolah lalu diiluminasi dengan sinar UV yang sesuai. Dengan sistem suspensi ini muncul kendala teknis dalam hal memisahkan/mengambil

kembali suspensi TiO_2 dari air yang telah diolah. Pada saat ini, reaktor dengan sistem TiO_2 yang diimobilisasi pada bahan penyangga yang sesuai dipandang mempunyai prospek aplikasi yang lebih baik.

Beberapa contoh sistem imobilisasi telah dikembangkan. Diantaranya adalah TiO_2 yang dilapiskan pada dinding kolom gelas kuarsa, lempengan kaca atau logam, butiran keramik, glass woll, dan lain sebagainya. Sistem lapisan tipis TiO_2 tersebut kemudian disusun menjadi suatu reaktor fotokatalisis dimana interaksi antara cahaya, katalis, cairan dan/atau gas yang diolah terjadi secara optimum sehingga reaksi fotokatalisis dapat berlangsung secara optimum pula. Kami mendapatkan bahwa reaktor dengan sistem lapisan tipis TiO_2 pada logam memberikan kesempatan untuk memberikan medan listrik dengan bias potensial tertentu (fotoelektrokatalisis), yang akan membantu menaikkan laju reaksi degradasi (*Electricfield Enhancement Effect*, Butterfield et al. J. Water Research, 1997; Harper et al. J. Applied Electrochemistr, 2001). Sementara itu reaktor dengan lapisan tipis pada dinding bagian dalam kolom gelas mempunyai kemungkinan aplikasi yang paling cocok untuk keperluan khusus.

2.14 Pengaruh Beberapa Parameter Pada Kinetika Fotokatalisis TiO₂

Beberapa parameter tersebut antara lain :

1. Konsentrasi katalis.

Baik dalam aliran *static* atau *dynamic photoreactor*, laju reaksi initial berbanding lurus terhadap jumlah katalis. Akan tetapi jumlah katalis tersebut ada batas tertentu, hal ini tergantung pada senyawa yang akan mengalami perlakuan geometri dan kondisi kerja fotoreaktor yang ada hubungannya terhadap konsentrasi TiO₂ maksimum. Konsentrasi katalis optimal yang meyakinkan adsorpsi total dari efisiensi photon untuk TiO₂ Degusa P-25 berkisar antara 0,1 sampai 5,0 gram/L (Chen & Ray, 1999)

2. Konsentrasi senyawa initial

Secara umum kinetika degradasi suatu senyawa mengikuti mekanisme Langmuir. Pada variasi laju reaksi berbanding lurus terhadap fraksi permukaan. Untuk larutan encer, konsentrasi senyawa initial $\ll 1$ maka reaksi terlihat pada orde satu. Sedangkan untuk larutan pekat, konsentrasi senyawa initial $\gg 1$ dan laju reaksi adalah maksimum, maka reaksi terlihat orde nol. (Inel & Okte, 1996)

3. Temperatur

Banyak fotoreaksi tidak peka terhadap adanya sedikit variasi dari temperatur. Ukuran partikel, perubahan permukaan dan letak pita TiO₂

dikarenakan sifat impoteriknya memberikan pengaruh yang signifikan terhadap pH larutan cair.

4. Ion – ion anorganik

Beberapa anion umumnya menentukan dalam limbah cair, seperti klorida, bromida, sulfat, dan Fosfat menghalangi terhadap terjadinya proses fotokatalisis. Jika ion – ion tersebut terikat TiO_2 atau menutupi permukaan TiO_2 . Konsekuensiny, pH akan menentukan sifat – sifat terhadap pengaruh ion – ion, juga terhadap afinitas ion – ion TiO_2 . penghalang yang signifikan dalam laju degradasi berbagai senyawa telah diteliti yang diperlihatkan oleh Klorida pada $\text{pH}=3$.

5. Intensitas cahaya

Telah diungkapkan bahwa laju degradasi adalah berbanding lurus terhadap intensitas cahaya, yang mana penegasannya pada fotoinduksi alami dari aktivasi proses katalisis, dengan partisipasi foto induksi muatan listrik dalam mekanisme reaksi. Tenaga – cahaya yang optimal pemanfaatannya berhubungan dengan jumlah laju degradasi adalah berbanding lurus terhadap intensitas cahaya.

6. Oksigen

Kecepatan dan efisiensi fotodegradasi zat organik cukup signifikan perkembangannya dengan hadirnya oksigen atau dengan penambahan beberapa zat oksidasi seperti peroksida. (Legrini, 1993)

7. panjang Gelombang

Variasi laju reaksi sebagai fungsi dari panjang gelombang mengikuti spektrum adsorpsi dengan ambang penghubung adalah pita celah energi.

TiO₂ mempunyai pita celah energi 3,2 eV, menyerap sinar UV pada $\lambda < 387$ nm. (Herman, 1999)

8. Adsorpsi

Satu hal yang perlu dipertimbangkan dalam reaksi fotokatalisis TiO₂ adalah adsorpsi senyawa organik pada permukaan partikel semikonduktor.

2.15 Landasan Teori

Air buangan industri termasuk industri tekstil, banyak mengandung polutan organik yang beberapa diantaranya bersifat toksik, membahayakan manusia dan lingkungan sekitarnya. Ada beberapa teknologi yang dapat dipakai untuk mengolah limbah organik tersebut diantaranya adalah penyerapan dengan adsorber seperti karbon aktif yang berbentuk granula (Priyatna, R. dkk, 1994). Teknologi ini tidak menyelesaikan masalah sepenuhnya karena senyawa polutan organik hanya terserap oleh adsorber tetapi tidak terdegradasi. Dengan demikian

jika adsorber tersebut dibuang ke lingkungan akan tetap menimbulkan pencemaran lingkungan dalam bentuk lain karena sampai saat ini teknologi regenerasi adsorber masih tergolong sangat mahal .

Cara lain untuk mengolah limbah organik adalah dengan bioteknologi yaitu memanfaatkan mikroorganisme atau mikroba yang ada untuk menguraikan polutan organik (Lau, P.C.K., 1999). Akan tetapi dalam aplikasi bioteknologi kendala yang sudah sering dihadapi memilih atau menemukan mikroorganisme atau mikroba yang bisa mendegradasikan polutan organik secara efektif. Selain itu teknologi ini umumnya lebih lambat dari cara-cara kimiawi dan tidak semua polutan organik juga dapat terdegradasi dengan sempurna.

Teknologi lain yang sedang dikembangkan saat ini yang diperkirakan cukup efektif untuk mereduksi polutan organik yang terkandung dalam limbah cair adalah proses fotokatalitik dengan TiO_2 sebagai katalisnya dan radiasi UV sebagai energi fotonnya.

Hasil penelitian yang telah dilakukan oleh beberapa peneliti pada skala laboratorium yaitu diantaranya oleh Lianfeng, Tatsuo dan Norioki dari departemen Teknik Kimia, fakultas teknik, Institut teknologi Himeji, Jepang. Para peneliti tersebut telah melakukan penelitian dengan menggunakan kolom reaktor dan menunjukkan konsentrasi zat organik fenol dan TCE dari 6 mg/dm^3 menjadi 0 mg/dm^3 dalam waktu kurang dari 2 jam dengan memvariasikan laju alir volume zat organik dan laju alir udara secara sirkulasi pada kolom reaktor yang bagian dalamnya telah dilapisi katalis TiO_2 dan disinari lampu UV 30 Watt.

Studi - studi yang pernah pernah dilakukan dalam fotokatalisis kebanyakan masih terbatas pada mempelajari mekanisme degradasi beberapa spesies organik. Untuk itu perlu dilakukan studi yang mempelajari degradasi beberapa polutan organik yang terkandung dalam limbah cair.

Dalam penelitian ini proses fotokatalitik dilakukan dengan menggunakan limbah cair industri tekstil sebagai model sampelnya. Limbah cair industri tekstil tersebut dipilih karena mengandung konsentrasi COD yang sangat tinggi dan kondisi pH yang sangat rendah (asam), selain bersifat toksik beberapa kegiatan industri tekstil menghasilkan beberapa polutan organik seperti *aldehyd* dan *glycol*.

Zat organik seperti EG dan aldehid yang terkandung dalam limbah cair merupakan hasil samping proses esterifikasi dari bahan baku pure terephthalate acid (PTA) dan EG. Polutan organik yang dihasilkan selama ini sebelumnya dilakukan perlakuan awal pada *stripping column* agar limbah cair yang akan diolah pada Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) memenuhi persyaratan perancangan. Perlakuan awal pada *stripping column* ini biaya operasinya relatif cukup besar sehingga perlu dicarikan perlakuan lain yang lebih ekonomis dan lebih ramah lingkungan.

Metode fotokatalisis TiO_2 diharapkan dapat mensubstitusi proses perlakuan yang sudah ada dan dapat memberikan pengurangan biaya pengolahan limbah cair industri terutama industri yang menghasilkan polutan organik.

Secara garis besar hasil dari penelitian ini akan mendapatkan suatu rancangan teruji sistem reaktor yang dapat menurunkan konsentrasi COD dan menaikkan nilai pH (kondisi limbah cair menjadi netral atau $\text{pH} = 7$) dalam skala laboratorium yang nantinya diharapkan dapat dikembangkan lebih lanjut menjadi sistem pengolahan limbah cair berskala lapangan sesuai dengan kebutuhan.

Desain reaktor menggunakan sistem kolam terpisah dimana limbah cair dari kolam penampungan akan dipompa ke reaktor fotokatalisis. TiO_2 dalam reaktor dilapisi pada plat stainless steel yang telah dikalsinasi pada suhu 250°C dan lampu UV dipasang pada tengah reaktor. Efektifitas penurunan COD dan pH diuji dengan memonitor berkurangnya konsentrasi COD selama proses fotokatalisis berlangsung dalam periode waktu tertentu.

Saat ini studi awal sudah dilakukan dengan variasi waktu running reaktor selama 6 jam dan limbah cair dianalisa setelah 1 jam, 3 jam dan 6 jam. Untuk hasil studi awal dapat dilihat pada Tabel 2.1 halaman berikut ini.

Tabel 2.3 Hasil Studi Awal Running Reaktor Fotokatalisis

No	Tanggal	Keterangan	Sampel Awal	Setelah 1 jam	Setelah 3 jam	Setelah 6 jam	Efisiensi (%)
1	22 Maret 2005	Jam	9:00	12:15	14:15	15:00	60,84
		pH	3,5	3,9	4,17	4,36	
		COD	15559,02	6241,66	6125,6	6093,36	
2	23 Maret 2005	Jam	8:50	10:00	12:00	15:00	54,21
		pH	3,52	3,82	4,02	4,25	
		COD	12379,1	6063,36	5759,23	5668,63	
3	24 Maret 2005	Jam	9:00	10:20	12:20	15:20	67,48
		pH	3,42	3,65	4,25	4,56	
		COD	15715,66	5455,76	5270,5	5110,78	
4	29 Maret 2005	Jam	9:00	10:00	12:00	15:00	25,13
		pH	3,49	3,79	4,06	4,44	
		COD	8877,32	6462,59	6195,7	6646,87	
5	30 Maret 2005	Jam	9:10	10:10	12:10	15:10	55,90
		pH	3,44	3,81	4,16	4,52	
		COD	15084,96	6507,49	6254,28	6653,08	
6	31 Maret 2005	Jam	9:00	10:00	12:00	15:00	57,89
		pH	3,58	3,85	4,17	4,52	
		COD	14268,85	5674,75	5895,44	6008,93	
7	4 April 2005	Jam	9:45	11:00	13:00	16:00	60,98
		pH	4,75	4,98	5,21	5,49	
		COD	16804,76	6594,6	6397,27	6556,4	
8	5 April 2005	Jam	9:00	10:00	12:00	15:00	61,25
		pH	4,76	4,93	5,12	5,28	
		COD	16391,24	6896,51	6601,41	6351,21	
9	6 April 2005	Jam	9:30	10:55	12:55	15:55	61,48
		pH	5,33	5,54	5,72	5,96	
		COD	17142,66	6769,18	6654,56	6603,62	
10	7 April 2005	Jam	9:15	11:30	13:30	3:30	51,68
		pH	4,37	4,61	4,99	5,19	
		COD	11854,14	5854,29	5790,99	5727,71	
11	8 April 2005	Jam	9:50	10:00	12:00	15:00	46,31
		pH	3,67	3,99	4,34	4,48	
		COD	13217,91	6544,86	6993,57	7096,14	
12	11 April 2005	Jam	9:00	10:25	12:25	15:25	61,97
		pH	4,7	4,87	5,11	5,34	
		COD	16549,38	6133,68	5792,92	6294,42	
13	12 April 2005	Jam	10:00	11:30	13:30	16:30	63,29
		pH	4,52	4,73	4,91	5,13	
		COD	19542,75	7558,75	7162,26	7175,06	
14	13 April 2005	Jam	8:30	10:00	12:00	15:00	
		pH	4,73	4,92	5,17	5,41	

		COD	17330,66	6231,11	6474,21	6704,52	61,31
15	14 April 2005	Jam	8:45	10:00	12:00	15:00	
		pH	4,16	4,45	4,73	5,13	
		COD	13597,25	6316,22	6046,08	5878,85	56,76

Sumber : Data sekunder, 2005.

Dari Tabel 2.3 hasil studi awal yang sudah dilakukan dapat ditarik suatu dugaan bahwa proses fotokatalisis dapat menurunkan konsentrasi COD dan mengurangi intensitas keasaman pada limbah cair.

2.16 Hipotesa

Dari landasan teori yang ada dapat diambil beberapa hipotesa antara lain sebagai berikut :

1. Proses fotokatalisis dapat menurunkan konsentrasi COD dan merubah tingkat keasaman limbah cair mendekati kondisi normal.
2. Ada perbedaan yang signifikan antara konsentrasi COD dan nilai pH pada waktu kontak 20 menit, 40menit dan 60 menit.
3. Tidak ada perbedaan yang signifikan antara konsentrasi COD dan nilai pH pada waktu kontak 20 menit, 40menit dan 60 menit
4. Ada pengaruh laju alir volume limbah cair dan udara pada saat proses fotokatalisis berlangsung terhadap konsentrasi COD dan nilai pH pada waktu kontak 20 menit, 40menit dan 60 menit.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi penelitian

Penelitian ini dilakukan di Jalan Industri, Desa Kembang Kuning, Kecamatan Jatiluhur, Kabupaten Purwakarta, Propinsi Jawa Barat, sedangkan pemeriksaan COD dan pH dilakukan di Laboratorium Quality Control Chemical (QCC) PT. Indorama Synthetics, Tbk (peta lokasi terlampir).

3.2 Objek Penelitian

Objek yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah cair PT. Indorama Synthetics, Tbk hasil proses produksi *polyester*.

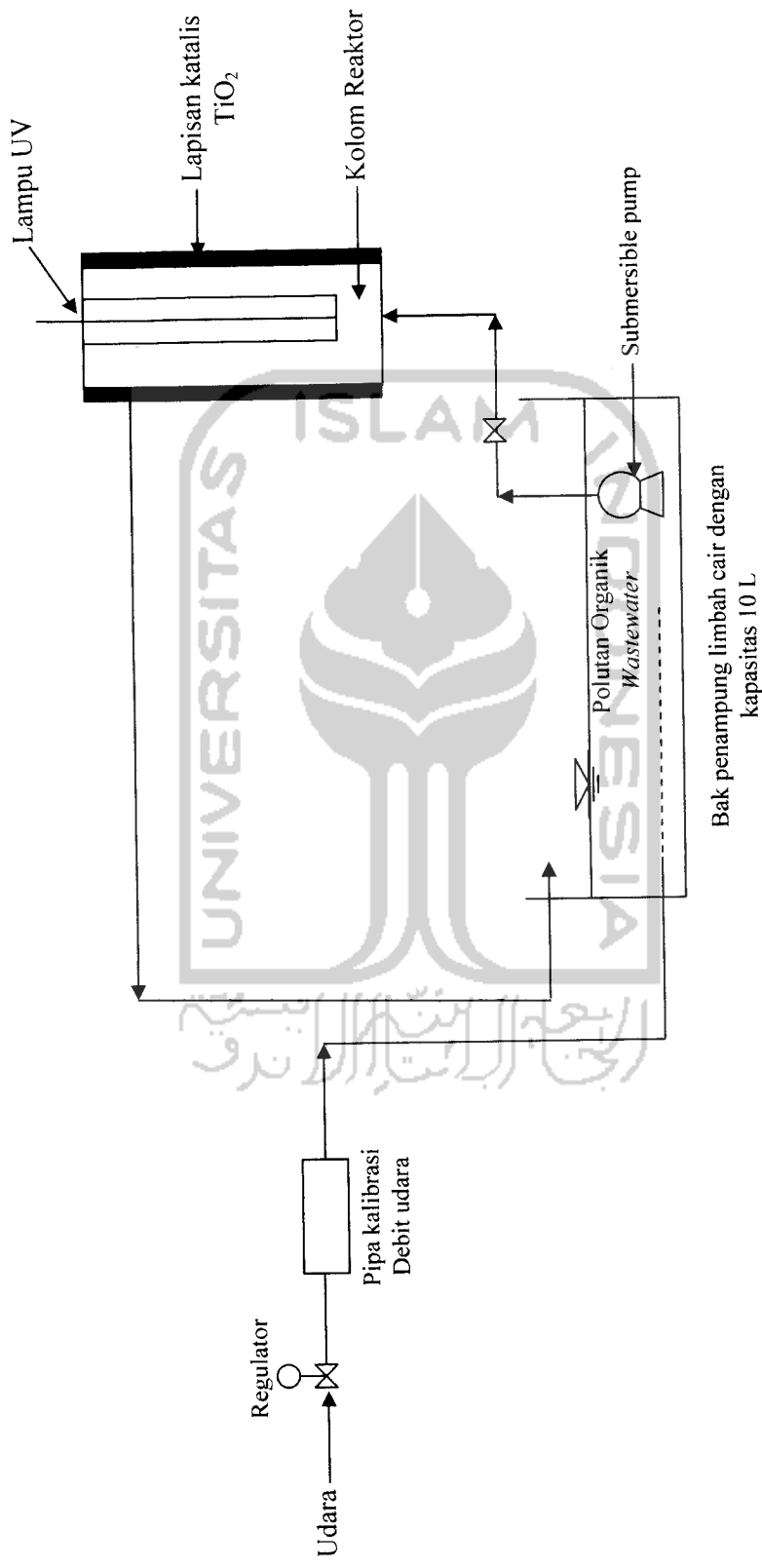
3.3 Alat Penelitian

Alat – alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain :

1. Peralatan gelas umum laboratorium
2. COD reactor dengan tumperatur 150 ± 5 °C
3. Tabung reaksi kapasitas 20 ml dengan tutup neraca analitik
4. Potensiometer 7,9 methrohm titropocessor
5. Elektroda kombinasi gelas
6. Lampu UV 15 watt

7. Gelas ukur 500 liter
8. *Submersible Utility Pump* 220 – 240 V, 100 Watt, *Single phase* dan kapasitas 930 G/jam untuk head 2 meter. Model : BPS – 101.
9. Rangkaian reaktor fotokatalisis terpapar pada Gambar 3.1 dihalaman berikut ini :





Gambar 3.1
Skema Reaktor Fotokatalisis
Untuk Sistem Immobilisasi Berbentuk Kolom

3.5 Bahan Penelitian

Bahan - bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Penelitian ini menggunakan limbah cair yang mengandung polutan organik yang diambil dari inlet *stripping column*
2. Katalis TiO_2 pada plat SS - 304 tipis ukuran 4×50 cm yang telah dikalsinasi dalam oven sampai temperature 250°C .
3. Ammonium Ferro Sulfat (FAS)
4. Kalium Dikromat ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$)
5. Perak Sulfat (AgSO_4)
6. Asam Sulfat (H_2SO_4)
7. Kalium Dihydrogen Pthalate (KHP)
8. Buffer pH 7
9. Buffer pH 10

3.5. Penentuan Variabel penelitian

a. Variabel bebas

Pada penelitian ini yang termasuk kedalam variabel bebas adalah :

1. Laju alir volume limbah cair : $1 \text{ m}^3/\text{jam}$, $1,5 \text{ m}^3/\text{jam}$, $2 \text{ m}^3/\text{jam}$
2. Laju alir volume udara : $1 \text{ m}^3/\text{jam}$, $1,5 \text{ m}^3/\text{jam}$, $2 \text{ m}^3/\text{jam}$
3. Konsentrasi katalis TiO_2 : 1,2 gram, 2,4 gram, 3,6 gram

a. Variabel terikat

Variabel terikat dalam penelitian ini adalah COD dan pH.

Adapun rencana percobaan penelitian dalam bentuk perancangan matrik variabel tertera pada Tabel 3.2 dibawah ini.

Tabel 3.2 Rencana Percobaan Penelitian

Running	Laju alir m^3/jam	Tekanan udara m^3/jam	Konsentrasi katalis gram
1	-1	-1	-1
2	-1	-1	0
3	-1	-1	+1
4	0	-1	-1
5	0	-1	0
6	0	-1	+1
7	+1	-1	-1
8	+1	-1	0
9	+1	-1	+1
10	0	0	0
11	0	0	-1
12	0	0	+1
13	+1	0	-1
14	+1	0	0
15	+1	0	+1
16	-1	0	-1
17	-1	0	0
18	-1	0	+1
19	+1	+1	+1
20	+1	+1	-1
21	+1	+1	0
22	-1	+1	0
23	-1	+1	-1
24	-1	+1	+1
25	0	+1	0
26	0	+1	-1
27	0	+1	+1

Keterangan :

-1 adalah kode nilai minimum dari variabel

0 adalah kode diantara nilai minimum dan nilai maksimum dari variabel

+1 adalah kode nilai maksimum dari variabel.

Jumlah total percobaan $27 \times 3 = 81$ running

Dalam setiap percobaan penelitian, dilakukan sebanyak 3 kali pengulangan pada masing – masing running. Hal ini dilakukan agar hasil yang diperoleh nantinya lebih akurat. Setiap running menghasilkan 3 sampel yang diukur pada waktu 20 menit, 40 menit, dan 60 menit. Sehingga total sekali running menghasilkan 9 sampel. Sedangkan total keseluruhan sampel dari seluruh percobaan penelitian yang akan diuji yaitu sebanyak 243 sampel.

3.6 Pengukuran.

Reaktor yang telah dipersiapkan dijalankan dengan variasi laju alir volume limbah cair, laju alir volume udara dan bentuk material katalis yang berbeda, sesuai dengan variasi variabel yang diinginkan. Pengukuran dilakukan setelah limbah cair disirkulasikan selama 20 menit, 40 menit, dan 60 menit.

3.7 Metode Pengambilan Sampel

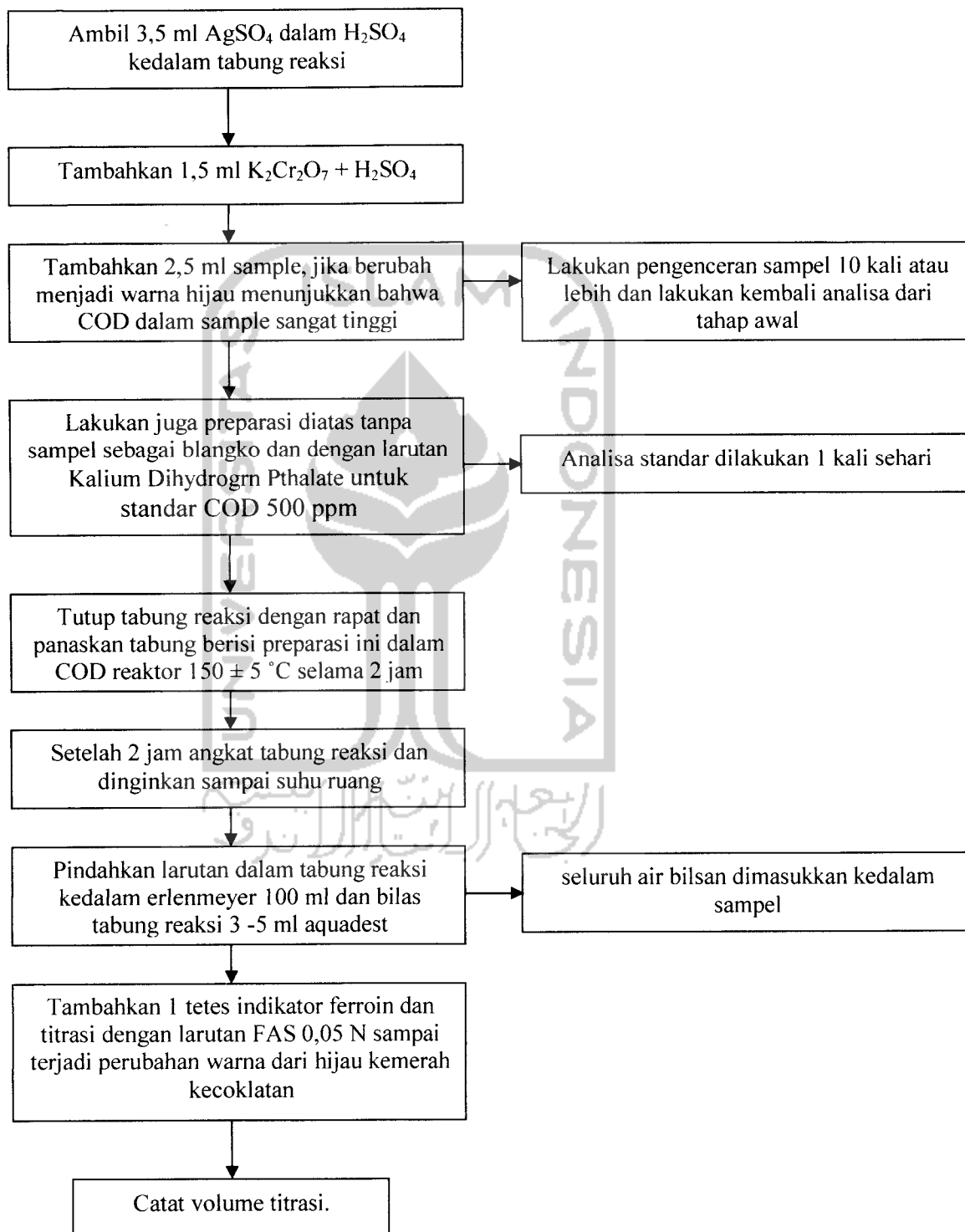
Metode yang akan digunakan untuk pengambilan sampel adalah:

1. Pengambilan sampel untuk penentuan COD pada saat sebelum dan sesudah proses fotokatalisis berlangsung menggunakan metoda COD reaktor tertutup dengan cara titimetri (SNI – 06 – 2504 – 1991)

Adapun cara kerjanya dapat dilihat dalam diagram alir dihalamn berikut ini :



a. Penentuan



Gambar 3.1 Diagram Alir Penentuan COD Metode Tertutup

b. Perhitungan :

$$\text{ppm COD} = \frac{(\text{Volume blangko} - \text{Volume titrasi}) \times \text{FFAS} \times \text{NFAS} \times 8 \times 1000}{\text{ml sampel}}$$

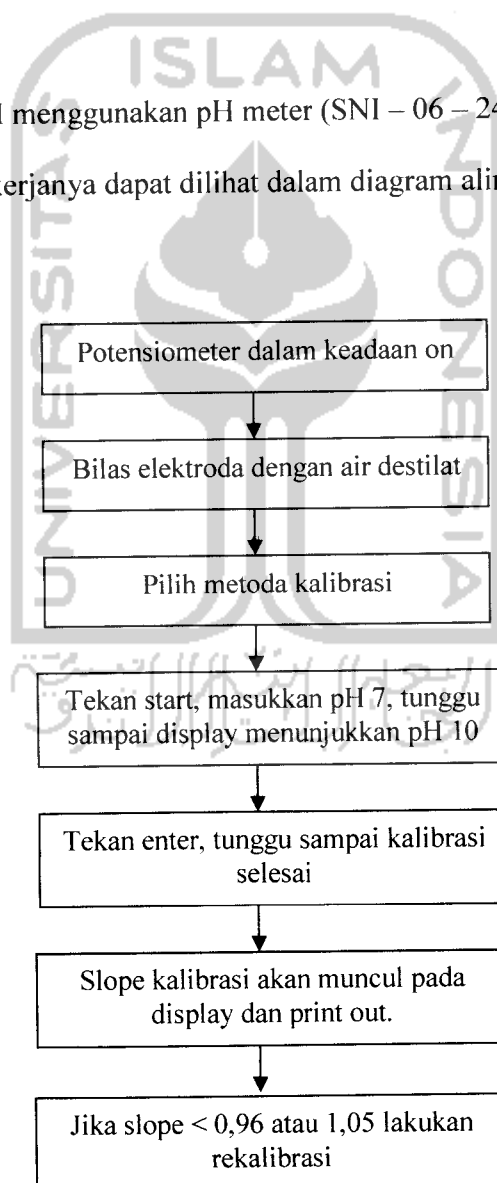
Bila dilakukan pengenceran pada sample (karena kadar COD sangat tinggi) maka:

$$\text{Total COD ppm} = \text{COD ppm} \times \text{faktor pengenceran}$$

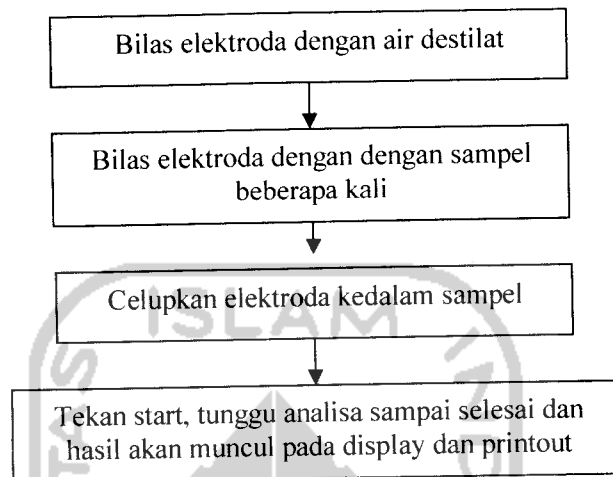
2. Penentuan pH menggunakan pH meter (SNI – 06 – 2413 – 1991)

Adapun cara kerjanya dapat dilihat dalam diagram alir dihalamn berikut ini :

a. Kalibrasi



b. Pengerjaan sampel



Gambar 3.2 Diagram alir penentuan pH secara potensiometer

3.8 Pelaksanaan Penelitian

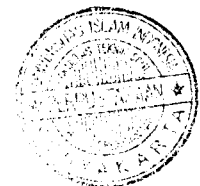
Pelaksanaan penelitian ini dilaksanakan sebagai berikut :

1. Kalibrasi.

Kalibrasi merupakan langkah pertama dalam penelitian ini. Kalibrasi dilakukan terhadap peralatan – peralatan yang akan digunakan agar hasil yang didapatkan sesuai dengan yang diharapkan. Kalibrasi dilakukan terhadap peralatan diantaranya laju alir volume limbah cair dan laju alir volume udara yang digunakan.

2. Kalsinasi Katalis TiO_2

Katalis TiO_2 dalam etilen glikol (berupa suspensi TiO_2) dengan konsentrasi 16,2 % ditimbang sesuai dengan kebutuhan katalis TiO_2 yang akan divariasikan dengan menggunakan persamaan :



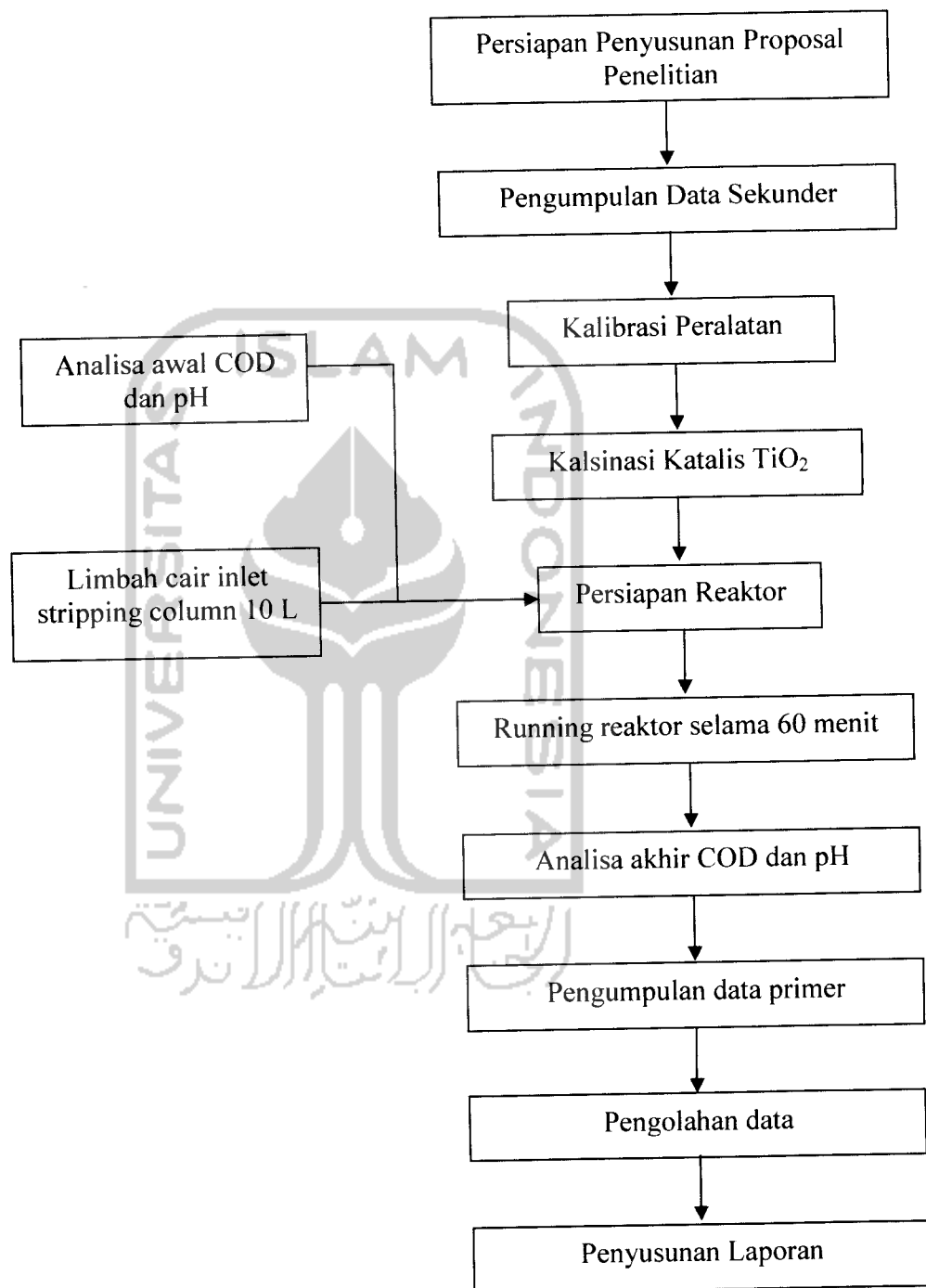
$$\text{Konsentrasi TiO}_2 \text{ dalam EG (\% berat)} = \frac{\text{Berat TiO}_2 \text{ (mg)}}{(\text{Berat TiO}_2 + \text{EG}) \text{ (mg)}}$$

3. Mempersiapkan reaktor.

Reaktor disusun seperti tertera pada Gambar 3.1. Bagian inlet reaktor dihubungkan dengan pipa melalui pompa yang disimpan dalam bak penampung yang berisi limbah cair. Bagian outlet dihubungkan ke bak penampung, sehingga jika pompa dijalankan akan terjadi sirkulasi limbah cair. Pada bagian dalam reaktor diletakkan lapisan katalis TiO_2 yang menempel pada plat SS – 304 ukuran 2×50 cm yang telah dikalsinasi serta lampu UV 15 Watt yang akan diletakkan ditengah reaktor yang dihubungkan dengan arus AC/listrik.

4. Pengambilan contoh limbah cair sebelum disirkulasi pada kolom reaktor dan pengambilan contoh limbah cair setelah disirkulasikan kekolom reaktor dengan waktu sirkulasi selama 20 menit, 40 menit dan 60 menit, sampai konsentrasi limbah cair tidak menunjukkan perubahan yang cukup berarti, dengan memvariasikan variabel bebas.

Secara garis besar metode penelitian dapat dilihat pada diagram alir berikut ini :



Gambar 3.3 Diagram alir pelaksanaan penelitian

3.9 Analisis Data

Data dari hasil analisa laboratorium pada contoh uji keluaran kolom reaktor fotokatalis dengan katalis TiO₂, dilakukan uji statistik dengan metoda analisa varian ganda (ANOVA satu jalur).

Anova adalah tergolong analisis komparatif lebih dari dua variabel atau lebih dari dua rata - rata. Tujuannya adalah untuk membandingkan lebih dari dua rata – rata. Gunanya untuk menguji kemampuan generalisasi artinya data sampel dianggap dapat mewakili populasi. Adapun cara kerjanya :

1. Dari menu utama SPSS, pilih menu *analyze* kemudian pilih submenu general linier model, lalu pilih *univariate analysis of varians*.
2. Melakukan pengisian data seperti *dependent variabel*. Dalam penelitian ini *dependent variabelnya* berupa COD dan pH.
3. Untuk kotak option, pilih Homogeneity test (menguji varians populasi variabel dependent). Abaikan yang lain dan tekan continue jika pengisian dianggap selesai.
4. Kemudian tekan OK untuk proses data.
5. Berikut ini output dari anova hasil penelitian :

Between-Subjects Factors

		Value Label	N
Variasi	1	(-1,-1,-1)	9
	2	(-1,-1,0)	9
	3	(-1,-1,+1)	9
	4	(0,-1,-1)	9
	5	(0,-1,0)	9
	6	(0,-1,+1)	9
	7	(+1,-1,-1)	9
	8	(+1,-1,0)	9
	9	(+1,-1,+1)	9
	10	(0,0,0)	9
	11	(0,0,-1)	9
	12	(0,0,+1)	9
	13	(+1,0,-1)	9
	14	(+1,0,0)	9
	15	(+1,0,+1)	9
	16	(-1,0,-1)	9
	17	(-1,0,0)	9
	18	(-1,0,+1)	9
	19	(+1,+1,+1)	9
	20	(+1,+1,-1)	9
	21	(+1,+1,0)	9
	22	(-1,+1,0)	9
	23	(-1,+1,-1)	9
	24	(-1,+1,+1)	9
	25	(0,+1,0)	9
	26	(0,+1,-1)	9
	27	(0,+1,+1)	9
Waktu	1	20 Menit	81
	2	40 Menit	81
	3	60 Menit	81

Descriptive Statistics

Dependent Variable: COD

Variasi	Waktu	Mean	Std. Deviation	N
(-1,-1,-1)	20 Menit	7502.14333	194.629249	3
	40 Menit	6504.54000	172.946415	3
	60 Menit	6262.94000	130.339414	3
	Total	6756.54111	587.235750	9
(-1,-1,0)	20 Menit	8313.75667	1499.833963	3
	40 Menit	6659.07000	1456.405225	3
	60 Menit	6201.81333	1018.939530	3
	Total	7058.21333	1509.349529	9
(-1,-1,+1)	20 Menit	7563.65667	888.868723	3
	40 Menit	6226.58333	438.292980	3
	60 Menit	5777.71000	651.968002	3
	Total	6522.65000	999.584858	9
(0,-1,-1)	20 Menit	7690.01000	956.701773	3
	40 Menit	7308.02000	1161.915111	3
	60 Menit	6425.70667	549.217215	3
	Total	7141.24556	978.313933	9
(0,-1,0)	20 Menit	7468.91667	685.267479	3
	40 Menit	6727.40333	853.045733	3
	60 Menit	6030.97333	207.431360	3
	Total	6742.43111	835.400384	9
(0,-1,+1)	20 Menit	7935.69000	861.609581	3
	40 Menit	6659.68333	106.267083	3
	60 Menit	6334.64000	477.011544	3
	Total	6976.67111	884.563087	9
(+1,-1,-1)	20 Menit	7587.44333	515.544081	3
	40 Menit	6747.89333	534.124340	3
	60 Menit	6489.47667	506.080396	3
	Total	6941.60444	670.031523	9
(+1,-1,0)	20 Menit	8119.69667	1552.062668	3
	40 Menit	6620.48667	97.527046	3
	60 Menit	6321.08333	131.722436	3
	Total	7020.42222	1142.574101	9
(+1,-1,+1)	20 Menit	7279.02333	542.946857	3
	40 Menit	6645.79000	446.696265	3

	60 Menit	6089.73333	282.497466	3
	Total	6671.51556	639.615265	9
(0,0,0)	20 Menit	7850.88333	1610.987029	3
	40 Menit	7054.38667	1323.510780	3
	60 Menit	6394.68667	944.108448	3
	Total	7099.98556	1307.034873	9
(0,0,-1)	20 Menit	7827.10000	1038.806042	3
	40 Menit	6595.19000	609.231632	3
	60 Menit	6265.80333	649.860467	3
	Total	6896.03111	987.986887	9
(0,0,+1)	20 Menit	7163.29333	612.230734	3
	40 Menit	6397.39667	897.551505	3
	60 Menit	6137.94000	895.874166	3
	Total	6566.21000	841.969144	9
(+1,0,-1)	20 Menit	7954.64667	636.362783	3
	40 Menit	7107.78000	207.086371	3
	60 Menit	6931.22000	243.584187	3
	Total	7331.21556	592.675075	9
(+1,0,0)	20 Menit	8008.58000	163.576530	3
	40 Menit	6440.56667	459.486394	3
	60 Menit	5943.56667	655.468066	3
	Total	6797.57111	1018.884298	9
(+1,0,+1)	20 Menit	6747.47333	134.439955	3
	40 Menit	6473.78667	120.364182	3
	60 Menit	6138.40000	92.312346	3
	Total	6453.22000	282.958775	9
(-1,0,-1)	20 Menit	7730.17333	532.436815	3
	40 Menit	6510.97333	526.527524	3
	60 Menit	5844.35667	607.831962	3
	Total	6695.16778	958.350843	9
(-1,0,0)	20 Menit	7533.85333	319.467305	3
	40 Menit	6831.88333	321.128641	3
	60 Menit	6413.01667	363.382274	3
	Total	6926.25111	569.972069	9
(-1,0,+1)	20 Menit	6974.46000	407.269529	3
	40 Menit	6249.78333	355.096203	3
	60 Menit	6170.49333	290.395503	3

	Total	6464.91222	491.221467	9
(+1,+1,+1)	20 Menit	6698.71000	809.094545	3
	40 Menit	5756.06667	582.379051	3
	60 Menit	5333.53333	732.203766	3
	Total	5929.43667	865.351200	9
(+1,+1,-1)	20 Menit	9308.37667	163.531260	3
	40 Menit	7462.35333	782.418256	3
	60 Menit	6815.66333	1079.383953	3
	Total	7862.13111	1306.120730	9
(+1,+1,0)	20 Menit	6743.23000	407.632627	3
	40 Menit	6258.97667	426.538030	3
	60 Menit	5246.30667	942.006531	3
	Total	6082.83778	863.982928	9
(-1,+1,0)	20 Menit	6852.78000	501.244249	3
	40 Menit	6054.64000	291.003257	3
	60 Menit	5878.11000	300.032401	3
	Total	6261.84333	555.660438	9
(-1,+1,-1)	20 Menit	8278.26333	368.584601	3
	40 Menit	6659.45000	61.208213	3
	60 Menit	6461.44000	122.278722	3
	Total	7133.05111	885.276643	9
(-1,+1,+1)	20 Menit	7209.57000	334.642459	3
	40 Menit	6846.29333	344.375281	3
	60 Menit	6247.26667	469.445830	3
	Total	6767.71000	538.371292	9
(0,+1,0)	20 Menit	7708.27333	883.760515	3
	40 Menit	6834.32000	513.187528	3
	60 Menit	6497.70667	585.683919	3
	Total	7013.43333	799.797951	9
(0,+1,-1)	20 Menit	7057.89000	695.409824	3
	40 Menit	6495.86333	323.785189	3
	60 Menit	6189.34667	341.937565	3
	Total	6581.03333	567.329259	9
(0,+1,+1)	20 Menit	7865.55333	826.800824	3
	40 Menit	6876.84667	772.298581	3
	60 Menit	6300.83333	796.071812	3
	Total	7014.41111	973.731930	9

Total	20 Menit	7591.60914	861.508073	81
	40 Menit	6629.85284	635.529170	81
	60 Menit	6190.50988	610.294292	81
	Total	6803.99062	919.650660	243

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: COD

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
TREAT.1	36162799.117	26	1390876.889	3.039	.000
TREAT.2	83189066.765	2	41594533.383	90.893	.000
TREAT.1 * TREAT.2	11186925.440	52	215133.182	.470	.999
Error	74134484.217	162	457620.273		
Total	204673275.500	242			

1. Variasi

Dependent Variable: COD

Variasi	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
(-1,-1,-1)	6756.541	225.492	6311.258	7201.824
(-1,-1,0)	7058.213	225.492	6612.930	7503.496
(-1,-1,+1)	6522.650	225.492	6077.367	6967.933
(0,-1,-1)	7141.246	225.492	6695.963	7586.528
(0,-1,0)	6742.431	225.492	6297.148	7187.714
(0,-1,+1)	6976.671	225.492	6531.388	7421.954
(+1,-1,-1)	6941.604	225.492	6496.322	7386.887
(+1,-1,0)	7020.422	225.492	6575.139	7465.705
(+1,-1,+1)	6671.516	225.492	6226.233	7116.798
(0,0,0)	7099.986	225.492	6654.703	7545.268
(0,0,-1)	6896.031	225.492	6450.748	7341.314
(0,0,+1)	6566.210	225.492	6120.927	7011.493
(+1,0,-1)	7331.216	225.492	6885.933	7776.498
(+1,0,0)	6797.571	225.492	6352.288	7242.854
(+1,0,+1)	6453.220	225.492	6007.937	6898.503

(-1,0,-1)	6695.168	225.492	6249.885	7140.451
(-1,0,0)	6926.251	225.492	6480.968	7371.534
(-1,0,+1)	6464.912	225.492	6019.629	6910.195
(+1,+1,+1)	5929.437	225.492	5484.154	6374.720
(+1,+1,-1)	7862.131	225.492	7416.848	8307.414
(+1,+1,0)	6082.838	225.492	5637.555	6528.121
(-1,+1,0)	6261.843	225.492	5816.560	6707.126
(-1,+1,-1)	7133.051	225.492	6687.768	7578.334
(-1,+1,+1)	6767.710	225.492	6322.427	7212.993
(0,+1,0)	7013.433	225.492	6568.150	7458.716
(0,+1,-1)	6581.033	225.492	6135.750	7026.316
(0,+1,+1)	7014.411	225.492	6569.128	7459.694

2. Waktu

Dependent Variable: COD

Waktu	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
20 Menit	7591.609	75.164	7443.182	7740.037
40 Menit	6629.853	75.164	6481.425	6778.280
60 Menit	6190.510	75.164	6042.082	6338.937

3. Variasi * Waktu

Dependent Variable: COD

Variasi	Waktu	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
				Lower Bound	Upper Bound
(-1,-1,-1)	20 Menit	7502.143	390.564	6730.891	8273.396
	40 Menit	6504.540	390.564	5733.287	7275.793
	60 Menit	6262.940	390.564	5491.687	7034.193
(-1,-1,0)	20 Menit	8313.757	390.564	7542.504	9085.009
	40 Menit	6659.070	390.564	5887.817	7430.323
	60 Menit	6201.813	390.564	5430.561	6973.066
(-1,-1,+1)	20 Menit	7563.657	390.564	6792.404	8334.909
	40 Menit	6226.583	390.564	5455.331	6997.836

	60 Menit	5777.710	390.564	5006.457	6548.963
(0,-1,-1)	20 Menit	7690.010	390.564	6918.757	8461.263
	40 Menit	7308.020	390.564	6536.767	8079.273
	60 Menit	6425.707	390.564	5654.454	7196.959
(0,-1,0)	20 Menit	7468.917	390.564	6697.664	8240.169
	40 Menit	6727.403	390.564	5956.151	7498.656
	60 Menit	6030.973	390.564	5259.721	6802.226
(0,-1,+1)	20 Menit	7935.690	390.564	7164.437	8706.943
	40 Menit	6659.683	390.564	5888.431	7430.936
	60 Menit	6334.640	390.564	5563.387	7105.893
(+1,-1,-1)	20 Menit	7587.443	390.564	6816.191	8358.696
	40 Menit	6747.893	390.564	5976.641	7519.146
	60 Menit	6489.477	390.564	5718.224	7260.729
(+1,-1,0)	20 Menit	8119.697	390.564	7348.444	8890.949
	40 Menit	6620.487	390.564	5849.234	7391.739
	60 Menit	6321.083	390.564	5549.831	7092.336
(+1,-1,+1)	20 Menit	7279.023	390.564	6507.771	8050.276
	40 Menit	6645.790	390.564	5874.537	7417.043
	60 Menit	6089.733	390.564	5318.481	6860.986
(0,0,0)	20 Menit	7850.883	390.564	7079.631	8622.136
	40 Menit	7054.387	390.564	6283.134	7825.639
	60 Menit	6394.687	390.564	5623.434	7165.939
(0,0,-1)	20 Menit	7827.100	390.564	7055.847	8598.353
	40 Menit	6595.190	390.564	5823.937	7366.443
	60 Menit	6265.803	390.564	5494.551	7037.056
(0,0,+1)	20 Menit	7163.293	390.564	6392.041	7934.546
	40 Menit	6397.397	390.564	5626.144	7168.649
	60 Menit	6137.940	390.564	5366.687	6909.193
(+1,0,-1)	20 Menit	7954.647	390.564	7183.394	8725.899
	40 Menit	7107.780	390.564	6336.527	7879.033
	60 Menit	6931.220	390.564	6159.967	7702.473
(+1,0,0)	20 Menit	8008.580	390.564	7237.327	8779.833
	40 Menit	6440.567	390.564	5669.314	7211.819
	60 Menit	5943.567	390.564	5172.314	6714.819
(+1,0,+1)	20 Menit	6747.473	390.564	5976.221	7518.726
	40 Menit	6473.787	390.564	5702.534	7245.039
	60 Menit	6138.400	390.564	5367.147	6909.653

(-1,0,-1)	20 Menit	7730.173	390.564	6958.921	8501.426
	40 Menit	6510.973	390.564	5739.721	7282.226
	60 Menit	5844.357	390.564	5073.104	6615.609
(-1,0,0)	20 Menit	7533.853	390.564	6762.601	8305.106
	40 Menit	6831.883	390.564	6060.631	7603.136
	60 Menit	6413.017	390.564	5641.764	7184.269
(-1,0,+1)	20 Menit	6974.460	390.564	6203.207	7745.713
	40 Menit	6249.783	390.564	5478.531	7021.036
	60 Menit	6170.493	390.564	5399.241	6941.746
(+1,+1,+1)	20 Menit	6698.710	390.564	5927.457	7469.963
	40 Menit	5756.067	390.564	4984.814	6527.319
	60 Menit	5333.533	390.564	4562.281	6104.786
(+1,+1,-1)	20 Menit	9308.377	390.564	8537.124	10079.629
	40 Menit	7462.353	390.564	6691.101	8233.606
	60 Menit	6815.663	390.564	6044.411	7586.916
(+1,+1,0)	20 Menit	6743.230	390.564	5971.977	7514.483
	40 Menit	6258.977	390.564	5487.724	7030.229
	60 Menit	5246.307	390.564	4475.054	6017.559
(-1,+1,0)	20 Menit	6852.780	390.564	6081.527	7624.033
	40 Menit	6054.640	390.564	5283.387	6825.893
	60 Menit	5878.110	390.564	5106.857	6649.363
(-1,+1,-1)	20 Menit	8278.263	390.564	7507.011	9049.516
	40 Menit	6659.450	390.564	5888.197	7430.703
	60 Menit	6461.440	390.564	5690.187	7232.693
(-1,+1,+1)	20 Menit	7209.570	390.564	6438.317	7980.823
	40 Menit	6846.293	390.564	6075.041	7617.546
	60 Menit	6247.267	390.564	5476.014	7018.519
(0,+1,0)	20 Menit	7708.273	390.564	6937.021	8479.526
	40 Menit	6834.320	390.564	6063.067	7605.573
	60 Menit	6497.707	390.564	5726.454	7268.959
(0,+1,-1)	20 Menit	7057.890	390.564	6286.637	7829.143
	40 Menit	6495.863	390.564	5724.611	7267.116
	60 Menit	6189.347	390.564	5418.094	6960.599
(0,+1,+1)	20 Menit	7865.553	390.564	7094.301	8636.806
	40 Menit	6876.847	390.564	6105.594	7648.099
	60 Menit	6300.833	390.564	5529.581	7072.086

COD

Duncan

Variasi	N	Subset					
		1	2	3	4	5	6
(+1,+1,+1)	9	5929.43667					
(+1,+1,0)	9	6082.83778	6082.83778				
(-1,+1,0)	9	6261.84333	6261.84333	6261.84333			
(+1,0,+1)	9	6453.22000	6453.22000	6453.22000	6453.22000		
(-1,0,+1)	9	6464.91222	6464.91222	6464.91222	6464.91222		
(-1,-1,+1)	9	6522.65000	6522.65000	6522.65000	6522.65000		
(0,0,+1)	9	6566.21000	6566.21000	6566.21000	6566.21000	6566.21000	
(0,+1,-1)	9	6581.03333	6581.03333	6581.03333	6581.03333	6581.03333	
(+1,-1,+1)	9		6671.51556	6671.51556	6671.51556	6671.51556	
(-1,0,-1)	9		6695.16778	6695.16778	6695.16778	6695.16778	
(0,-1,0)	9		6742.43111	6742.43111	6742.43111	6742.43111	
(-1,-1,-1)	9		6756.54111	6756.54111	6756.54111	6756.54111	
(-1,+1,+1)	9		6767.71000	6767.71000	6767.71000	6767.71000	
(+1,0,0)	9		6797.57111	6797.57111	6797.57111	6797.57111	
(0,0,-1)	9			6896.03111	6896.03111	6896.03111	
(-1,0,0)	9			6926.25111	6926.25111	6926.25111	
(+1,-1,-1)	9			6941.60444	6941.60444	6941.60444	
(0,-1,+1)	9			6976.67111	6976.67111	6976.67111	
(0,+1,0)	9			7013.43333	7013.43333	7013.43333	
(0,+1,+1)	9			7014.41111	7014.41111	7014.41111	
(+1,-1,0)	9			7020.42222	7020.42222	7020.42222	
(-1,-1,0)	9				7058.21333	7058.21333	
(0,0,0)	9				7099.98556	7099.98556	
(-1,+1,-1)	9				7133.05111	7133.05111	
(0,-1,-1)	9				7141.24556	7141.24556	
(+1,0,-1)	9					7331.21556	7331.21556
(+1,+1,-1)	9						7862.13111
Sig.		.083	.067	.057	.088	.055	.098

Means for groups in homogeneous subsets are displayed. Based on Type III Sum of Squares The error term is Mean Square(Error) = 457620.273.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 9.000.

b Alpha = .05.

COD

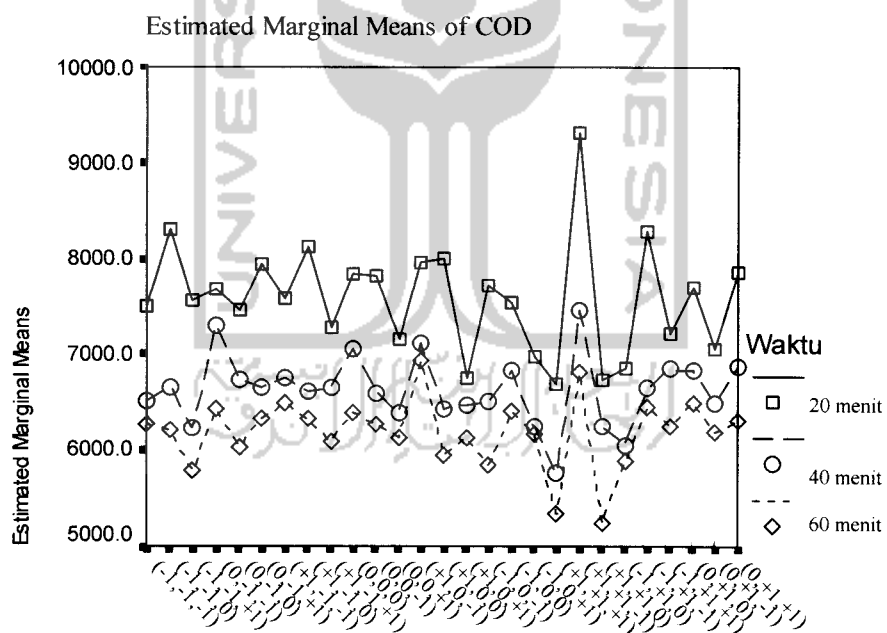
Duncan

Waktu	N	Subset		
		1	2	3
60 Menit	81	6190.50988		
40 Menit	81		6629.85284	
20 Menit	81			7591.60914
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed. Based on Type III Sum of Squares The error term is Mean Square(Error) = 457620.273.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 81.000.

b Alpha = .05.



Between-Subjects Factors

		Value Label	N
Variasi	1	(-1,-1,-1)	9
	2	(-1,-1,0)	9
	3	(-1,-1,+1)	9
	4	(0,-1,-1)	9
	5	(0,-1,0)	9
	6	(0,-1,+1)	9
	7	(+1,-1,-1)	9
	8	(+1,-1,0)	9
	9	(+1,-1,+1)	9
	10	(0,0,0)	9
	11	(0,0,-1)	9
	12	(0,0,+1)	9
	13	(+1,0,-1)	9
	14	(+1,0,0)	9
	15	(+1,0,+1)	9
	16	(-1,0,-1)	9
	17	(-1,0,0)	9
	18	(-1,0,+1)	9
	19	(+1,+1,+1)	9
	20	(+1,+1,-1)	9
	21	(+1,+1,0)	9
	22	(-1,+1,0)	9
	23	(-1,+1,-1)	9
	24	(-1,+1,+1)	9
	25	(0,+1,0)	9
	26	(0,+1,-1)	9
	27	(0,+1,+1)	9
Waktu	1	30 Menit	81
	2	60 Menit	81
	3	120 Menit	81

Descriptive Statistics

Dependent Variable: pH

Variasi	Waktu	Mean	Std. Deviation	N
(-1,-1,-1)	20 Menit	3.80667	.237557	3
	40 Menit	3.86000	.269629	3
	60 Menit	4.00333	.257358	3
	Total	3.89000	.237908	9
(-1,-1,0)	20 Menit	3.83000	.108167	3
	40 Menit	3.93333	.165025	3
	60 Menit	4.06000	.170587	3
	Total	3.94111	.164198	9
(-1,-1,+1)	20 Menit	3.84000	.342199	3
	40 Menit	3.88000	.367151	3
	60 Menit	4.02000	.398497	3
	Total	3.91333	.330719	9
(0,-1,-1)	20 Menit	3.81667	.237557	3
	40 Menit	3.85333	.266333	3
	60 Menit	3.97000	.266646	3
	Total	3.88000	.233292	9
(0,-1,0)	20 Menit	3.82000	.350286	3
	40 Menit	3.93667	.247857	3
	60 Menit	4.10000	.285832	3
	Total	3.95222	.285122	9
(0,-1,+1)	20 Menit	4.06667	.617765	3
	40 Menit	4.02000	.425088	3
	60 Menit	4.14000	.365923	3
	Total	4.07556	.420479	9
(,+1,-1,-1)	20 Menit	3.79000	.181934	3
	40 Menit	3.82000	.199249	3
	60 Menit	4.03000	.341174	3
	Total	3.88000	.245204	9
(,+1,-1,0)	20 Menit	4.11333	.803077	3
	40 Menit	4.19667	.765398	3
	60 Menit	4.32333	.829719	3
	Total	4.21111	.698703	9
(,+1,-1,+1)	20 Menit	3.81000	.187350	3
	40 Menit	3.88667	.155349	3

	60 Menit	4.09333	.192180	3
	Total	3.93000	.200375	9
(0,0,0)	20 Menit	3.80333	.189297	3
	40 Menit	3.88667	.148436	3
	60 Menit	3.99000	.145258	3
	Total	3.89333	.162173	9
(0,0,-1)	20 Menit	4.29333	.767941	3
	40 Menit	4.36667	.756924	3
	60 Menit	4.45000	.753459	3
	Total	4.37000	.661211	9
(0,0,+1)	20 Menit	3.78000	.242693	3
	40 Menit	3.85333	.275379	3
	60 Menit	3.98333	.453578	3
	Total	3.87222	.305073	9
(+1,0,-1)	20 Menit	4.22000	.814125	3
	40 Menit	4.25000	.796994	3
	60 Menit	4.37667	.760548	3
	Total	4.28222	.688690	9
(+1,0,0)	20 Menit	3.78667	.159478	3
	40 Menit	3.82333	.145717	3
	60 Menit	3.97000	.150000	3
	Total	3.86000	.156045	9
(+1,0,+1)	230 Menit	3.81667	.219621	3
	40 Menit	3.85333	.213854	3
	60 Menit	3.95000	.210000	3
	Total	3.87333	.195128	9
(-1,0,-1)	20 Menit	3.96000	.088882	3
	40 Menit	4.20000	.389358	3
	60 Menit	4.06667	.116762	3
	Total	4.07556	.232654	9
(-1,0,0)	20 Menit	3.72000	.234307	3
	40 Menit	3.96333	.578734	3
	60 Menit	3.95333	.161658	3
	Total	3.87889	.343818	9
(-1,0,+1)	20 Menit	3.76667	.185831	3
	40 Menit	3.76667	.247857	3
	60 Menit	4.07667	.387599	3

	Total	3.87000	.292532	9
(+1,+1,+1)	20 Menit	3.84333	.404640	3
	40 Menit	3.89333	.399291	3
	60 Menit	4.02333	.386825	3
	Total	3.92000	.353093	9
(+1,+1,-1)	20 Menit	4.27333	.361156	3
	40 Menit	4.30667	.369098	3
	60 Menit	4.48667	.459384	3
	Total	4.35556	.359587	9
(+1,+1,0)	20 Menit	3.96000	.297153	3
	40 Menit	4.00333	.300389	3
	60 Menit	4.10000	.288444	3
	Total	4.02111	.263223	9
(-1,+1,0)	20 Menit	3.92000	.390000	3
	40 Menit	4.02000	.378021	3
	60 Menit	4.63333	.418848	3
	Total	4.19111	.479047	9
(-1,+1,-1)	20 Menit	3.92667	.064291	3
	40 Menit	3.97000	.072111	3
	60 Menit	4.12667	.115036	3
	Total	4.00778	.118087	9
(-1,+1,+1)	20 Menit	3.86000	.200749	3
	40 Menit	3.91000	.202237	3
	60 Menit	3.99667	.177858	3
	Total	3.92222	.178310	9
(0,+1,0)	20 Menit	3.93333	.511599	3
	40 Menit	4.05000	.705479	3
	60 Menit	4.23000	1.043695	3
	Total	4.07111	.692052	9
(0,+1,-1)	20 Menit	3.93000	.173205	3
	40 Menit	4.00333	.217332	3
	60 Menit	4.15000	.135277	3
	Total	4.02778	.182468	9
(0,+1,+1)	20 Menit	3.91333	.110604	3
	40 Menit	3.94000	.101489	3
	60 Menit	4.14000	.251197	3
	Total	3.99778	.181437	9

Total	20 Menit	3.91111	.346399	81
	40 Menit	3.97951	.360732	81
	60 Menit	4.12753	.390245	81
	Total	4.00605	.375793	243

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: pH

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
TREAT.1	5.465	26	.210	1.314	.155
TREAT.2	1.983	2	.991	6.197	.003
TREAT.1 * TREAT.2	.816	52	.016	.098	1.000
Error	25.912	162	.160		
Total	34.175	242			

1. Variasi

Dependent Variable: pH

Variasi	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
(-1,-1,-1)	3.890	.133	3.627	4.153
(-1,-1,0)	3.941	.133	3.678	4.204
(-1,-1,+1)	3.913	.133	3.650	4.177
(0,-1,-1)	3.880	.133	3.617	4.143
(0,-1,0)	3.952	.133	3.689	4.215
(0,-1,+1)	4.076	.133	3.812	4.339
(+1,-1,-1)	3.880	.133	3.617	4.143
(+1,-1,0)	4.211	.133	3.948	4.474
(+1,-1,+1)	3.930	.133	3.667	4.193
(0,0,0)	3.893	.133	3.630	4.157
(0,0,-1)	4.370	.133	4.107	4.633
(0,0,+1)	3.872	.133	3.609	4.135
(+1,0,-1)	4.282	.133	4.019	4.545
(+1,0,0)	3.860	.133	3.597	4.123
(+1,0,+1)	3.873	.133	3.610	4.137
(-1,0,-1)	4.076	.133	3.812	4.339
(-1,0,0)	3.879	.133	3.616	4.142

(-1,0,+1)	3.870	.133	3.607	4.133
(+1,+1,+1)	3.920	.133	3.657	4.183
(+1,+1,-1)	4.356	.133	4.092	4.619
(+1,+1,0)	4.021	.133	3.758	4.284
(-1,+1,0)	4.191	.133	3.928	4.454
(-1,+1,-1)	4.008	.133	3.745	4.271
(-1,+1,+1)	3.922	.133	3.659	4.185
(0,+1,0)	4.071	.133	3.808	4.334
(0,+1,-1)	4.028	.133	3.765	4.291
(0,+1,+1)	3.998	.133	3.735	4.261

2. Waktu

Dependent Variable: pH

Waktu	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
20 Menit	3.911	.044	3.823	3.999
40 Menit	3.980	.044	3.892	4.067
60 Menit	4.128	.044	4.040	4.215

3. Variasi * Waktu

Dependent Variable: pH

Variasi	Waktu	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
				Lower Bound	Upper Bound
(-1,-1,-1)	20 Menit	3.807	.231	3.351	4.263
	40 Menit	3.860	.231	3.404	4.316
	60 Menit	4.003	.231	3.547	4.459
(-1,-1,0)	20 Menit	3.830	.231	3.374	4.286
	40 Menit	3.933	.231	3.477	4.389
	60 Menit	4.060	.231	3.604	4.516
(-1,-1,+1)	20 Menit	3.840	.231	3.384	4.296
	40 Menit	3.880	.231	3.424	4.336
	60 Menit	4.020	.231	3.564	4.476
(0,-1,-1)	20 Menit	3.817	.231	3.361	4.273
	40 Menit	3.853	.231	3.397	4.309

	60 Menit	3.970	.231	3.514	4.426
(0,-1,0)	20 Menit	3.820	.231	3.364	4.276
	40 Menit	3.937	.231	3.481	4.393
	60 Menit	4.100	.231	3.644	4.556
(0,-1,+1)	20 Menit	4.067	.231	3.611	4.523
	40 Menit	4.020	.231	3.564	4.476
	60 Menit	4.140	.231	3.684	4.596
(+1,-1,-1)	20 Menit	3.790	.231	3.334	4.246
	40 Menit	3.820	.231	3.364	4.276
	60 Menit	4.030	.231	3.574	4.486
(+1,-1,0)	20 Menit	4.113	.231	3.657	4.569
	40 Menit	4.197	.231	3.741	4.653
	60 Menit	4.323	.231	3.867	4.779
(+1,-1,+1)	20 Menit	3.810	.231	3.354	4.266
	40 Menit	3.887	.231	3.431	4.343
	60 Menit	4.093	.231	3.637	4.549
(0,0,0)	20 Menit	3.803	.231	3.347	4.259
	40 Menit	3.887	.231	3.431	4.343
	60 Menit	3.990	.231	3.534	4.446
(0,0,-1)	20 Menit	4.293	.231	3.837	4.749
	40 Menit	4.367	.231	3.911	4.823
	60 Menit	4.450	.231	3.994	4.906
(0,0,+1)	20 Menit	3.780	.231	3.324	4.236
	40 Menit	3.853	.231	3.397	4.309
	60 Menit	3.983	.231	3.527	4.439
(+1,0,-1)	30 Menit	4.220	.231	3.764	4.676
	60 Menit	4.250	.231	3.794	4.706
	120 Menit	4.377	.231	3.921	4.833
(+1,0,0)	20 Menit	3.787	.231	3.331	4.243
	40 Menit	3.823	.231	3.367	4.279
	60 Menit	3.970	.231	3.514	4.426
(+1,0,+1)	20 Menit	3.817	.231	3.361	4.273
	40 Menit	3.853	.231	3.397	4.309
	60 Menit	3.950	.231	3.494	4.406
(-1,0,-1)	20 Menit	3.960	.231	3.504	4.416
	40 Menit	4.200	.231	3.744	4.656
	60 Menit	4.067	.231	3.611	4.523

(-1,0,0)	20 Menit	3.720	.231	3.264	4.176
	40 Menit	3.963	.231	3.507	4.419
	60 Menit	3.953	.231	3.497	4.409
(-1,0,+1)	20 Menit	3.767	.231	3.311	4.223
	40 Menit	3.767	.231	3.311	4.223
	60 Menit	4.077	.231	3.621	4.533
(+1,+1,+1)	20 Menit	3.843	.231	3.387	4.299
	40 Menit	3.893	.231	3.437	4.349
	60 Menit	4.023	.231	3.567	4.479
(+1,+1,-1)	20 Menit	4.273	.231	3.817	4.729
	40 Menit	4.307	.231	3.851	4.763
	60 Menit	4.487	.231	4.031	4.943
(+1,+1,0)	20 Menit	3.960	.231	3.504	4.416
	40 Menit	4.003	.231	3.547	4.459
	60 Menit	4.100	.231	3.644	4.556
(-1,+1,0)	20 Menit	3.920	.231	3.464	4.376
	40 Menit	4.020	.231	3.564	4.476
	60 Menit	4.633	.231	4.177	5.089
(-1,+1,-1)	20 Menit	3.927	.231	3.471	4.383
	40 Menit	3.970	.231	3.514	4.426
	60 Menit	4.127	.231	3.671	4.583
(-1,+1,+1)	20 Menit	3.860	.231	3.404	4.316
	40 Menit	3.910	.231	3.454	4.366
	60 Menit	3.997	.231	3.541	4.453
(0,+1,0)	20 Menit	3.933	.231	3.477	4.389
	40 Menit	4.050	.231	3.594	4.506
	60 Menit	4.230	.231	3.774	4.686
(0,+1,-1)	20 Menit	3.930	.231	3.474	4.386
	40 Menit	4.003	.231	3.547	4.459
	60 Menit	4.150	.231	3.694	4.606
(0,+1,+1)	20 Menit	3.913	.231	3.457	4.369
	40 Menit	3.940	.231	3.484	4.396
	60 Menit	4.140	.231	3.684	4.596

pH

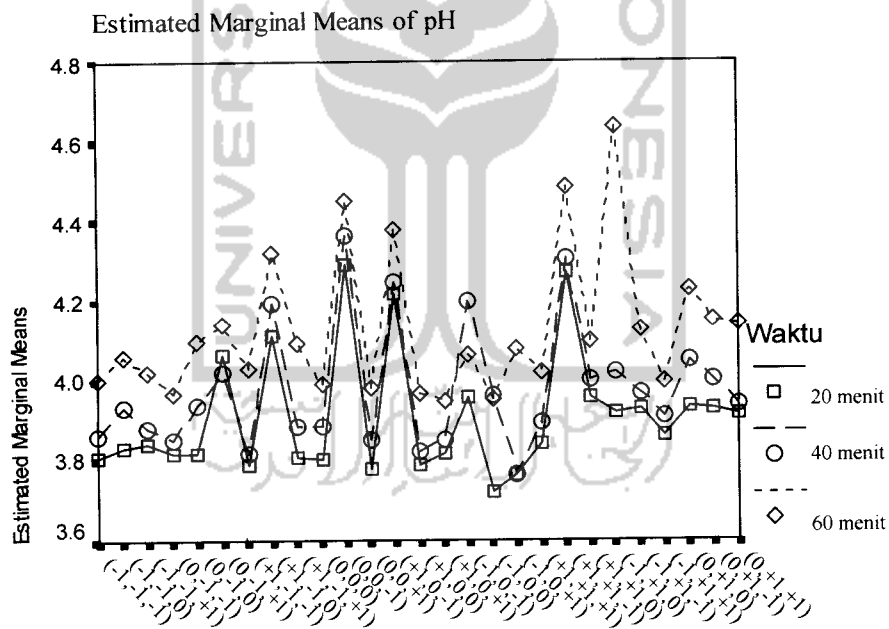
Duncan

Waktu	N	Subset	
		1	2
20 Menit	81	3.91111	
40 Menit	81	3.97951	
60 Menit	81		4.12753
Sig.		.278	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed. Based on Type III Sum of Squares The error term is Mean Square(Error) = .160.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 81.000.

b Alpha = .05.



Variasi

BAB IV

HASIL ANALISIS DAN PEMBAHASAN

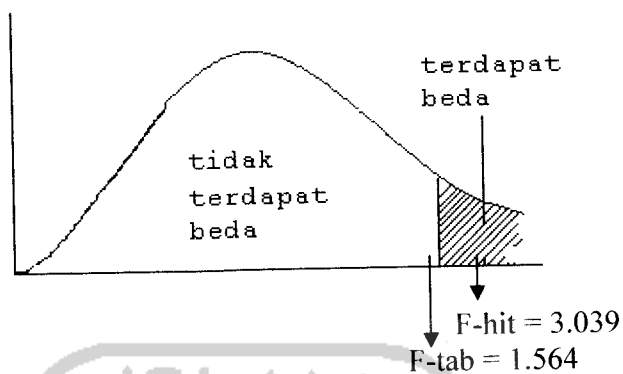
Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, diketahui adanya konsentrasi COD (mg/L) yang berubah-ubah mengikuti variasi penelitian yang dilakukan dalam proses fotokatalisis. Untuk mengetahui perubahan konsentrasi COD tersebut dapat dilihat pada tabel 4.1 nilai F hitung yang dihasilkan oleh uji anova :

Tabel 4.1. Hasil Uji Anova

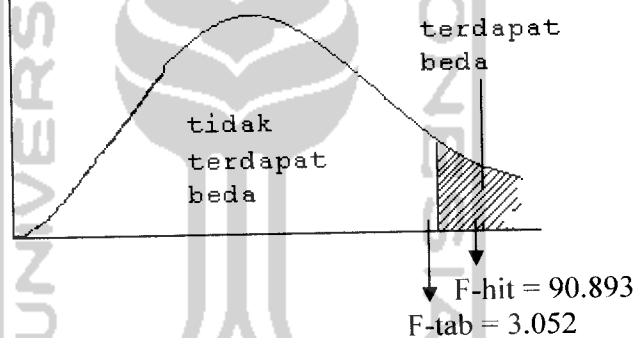
Parameter	Treatmen	F-hitung	F-tabel
COD	Variasi Fotokatalis	3.039	1.564
	Lama Kontak	90.893	3.052
	Interaksi Variasi-Lama Kontak	0.470	1.423
pH	Variasi Fotokatalis	1.314	1.564
	Lama Kontak	6.197	3.052
	Interaksi Variasi-Lama Kontak	0.098	1.423

4.1 Pengujian Anova Pada Konsentrasi COD (mg/L)

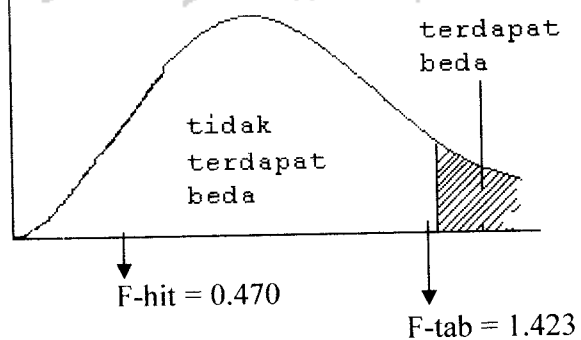
Hasil F-hitung yang ditunjukkan pada tabel 4.1 selanjutnya dibandingkan dengan F-tabel, bila F-hitung lebih besar dibandingkan F-tabel berarti perubahan (Perbedaan) konsentrasi COD (mg/L) akibat penelitian yang diberikan dinyatakan signifikan. Visualisasi gambar 4.1 sampai 4.3 menunjukkan signifikansi F-hitung akibat variasi fotokatalisis, lama waktu kontak dan interaksinya :



Gambar 4.1. Signifikansi F Konsentrasi COD terhadap Variasi penelitian dalam proses Fotokatalisis



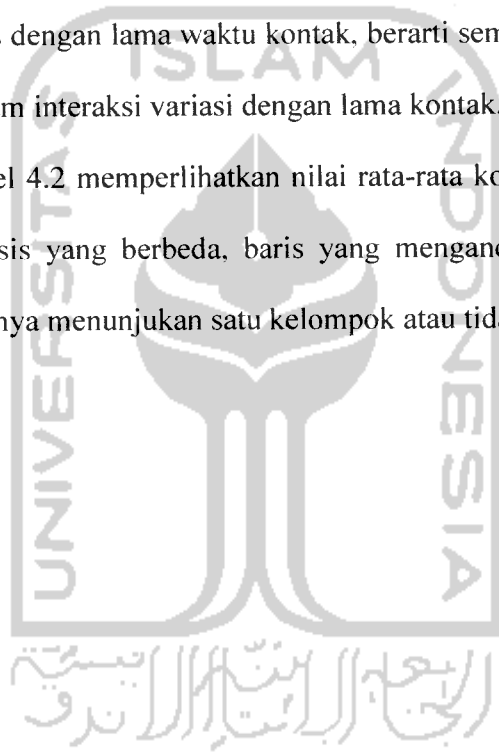
Gambar 4.2. Signifikansi F Konsentrasi COD terhadap Lama waktu Kontak



Gambar 4. 3. Signifikansi F Konsentrasi COD terhadap interaksi Variasi penelitian dalam proses Fotokatalis dengan Lama waktu Kontak.

Gambar 4.1 dan 4.2 menjelaskan terdapat perubahan (perbedaan) konsentrasi COD (mg/L) yang signifikan akibat variasi penelitian dalam proses fotokatalisis dan lama waktu kontak, berarti ada salah satu atau kelompok variasi penelitian yang dapat menurunkan konsentrasi COD (mg/L) lebih baik dari yang lain. Sedangkan Gambar 4.3 menjelaskan tidak terdapat perubahan konsentrasi COD (mg/L) akibat interaksi variasi fotokatalis dengan lama waktu kontak, berarti semua konsentrasi COD (mg/L) sama pada beragam interaksi variasi dengan lama kontak.

Pada Tabel 4.2 memperlihatkan nilai rata-rata konsentrasi COD (mg/L) pada variasi fotokatalisis yang berbeda, baris yang mengandung salah satu huruf sama dengan baris lainnya menunjukkan satu kelompok atau tidak ada perbedaan.

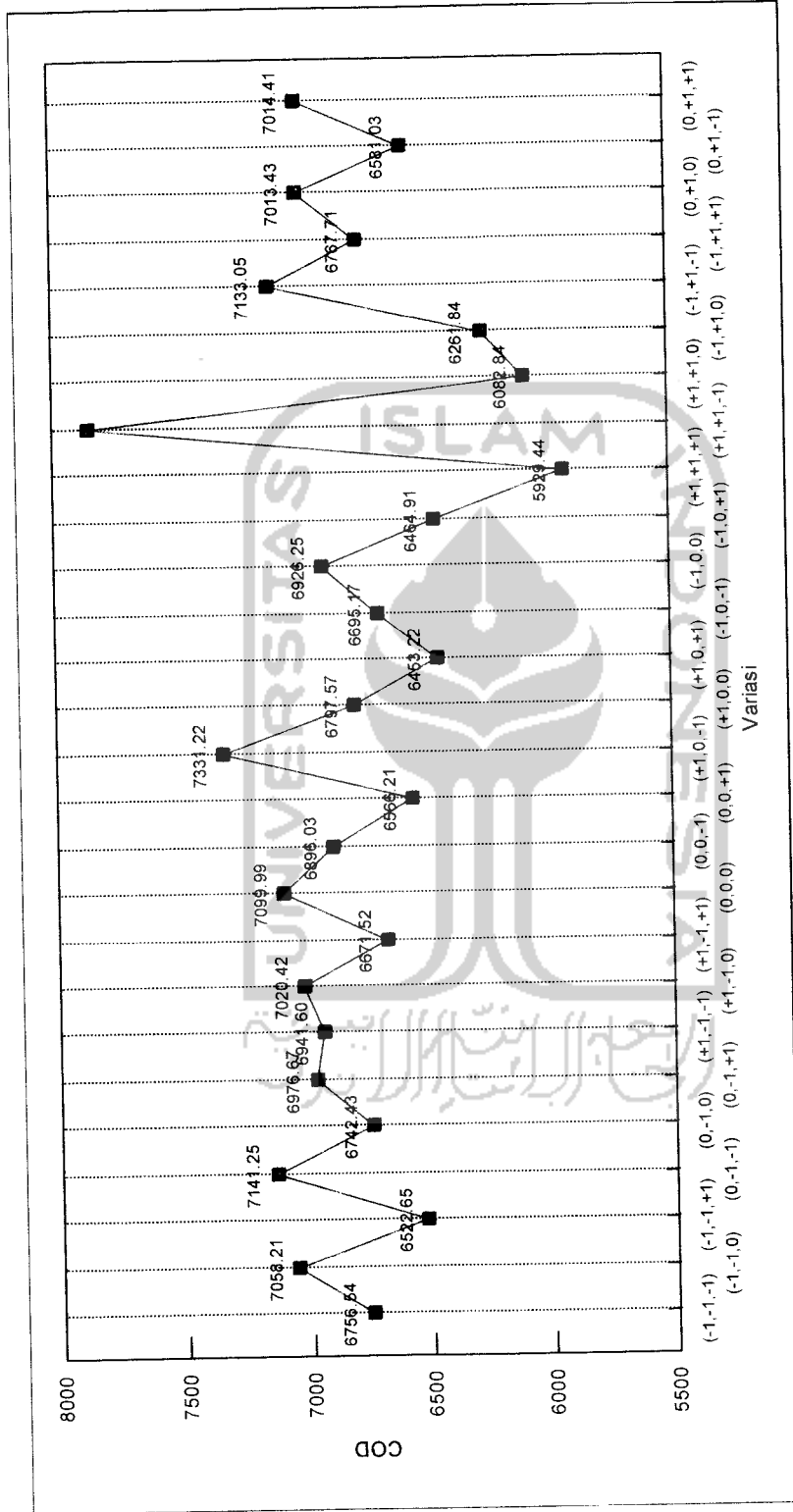


Tabel 4.2 Hasil Uji DMRT Berdasarkan Variasi Penelitian Dalam Proses Fotokatalisis

No	Variasi Fotokatalis	Rata-rata	Kelompok
1	(+1,+1,+1)	5929.437	a
2	(+1,+1,0)	6082.838	ab
3	(-1,+1,0)	6261.843	abc
4	(+1,0,+1)	6453.22	abcd
5	(-1,0,+1)	6464.912	abcd
6	(-1,-1,+1)	6522.65	abcd
7	(0,0,+1)	6566.21	abcde
8	(0,+1,-1)	6581.033	abcde
9	(+1,-1,+1)	6671.516	bcde
10	(-1,0,-1)	6695.168	bcde
11	(0,-1,0)	6742.431	bcde
12	(-1,-1,-1)	6756.541	bcde
13	(-1,+1,+1)	6767.71	bcde
14	(+1,0,0)	6797.571	bcde
15	(0,0,-1)	6896.031	cde
16	(-1,0,0)	6926.251	cde
17	(+1,-1,-1)	6941.604	cde
18	(0,-1,+1)	6976.671	cde
19	(0,+1,0)	7013.433	cde
20	(0,+1,+1)	7014.411	cde
21	(+1,-1,0)	7020.422	cde
22	(-1,-1,0)	7058.213	de
23	(0,0,0)	7099.986	de
24	(-1,+1,-1)	7133.051	de
25	(0,-1,-1)	7141.246	de
26	(0,-1,-1)	7331.216	ef
27	(0,-1,-1)	7862.131	f

Untuk mengetahui perubahan konsentrasi COD tersebut dapat dilihat pada Gambar

4.4 :



Gambar 4.4 Fluktuasi konsentrasi COD pada berbagai variasi penelitian pada proses fotokatalisis.

Keterangan :

Keterangan variasi	Laju alir volume limbah cair	Laju alir volume udara	Konsentrasi katalis
-1	1 m ³ /jam	1 m ³ /jam	1,2 gram
0	1,5 m ³ /jam	1,5 m ³ /jam	2,4 gram
+1	2 m ³ /jam	2 m ³ /jam	3,6 gram

Berdasarkan hasil penelitian sebagai ditunjukkan pada Gambar 4.4 diketahui bahwa fluktuasi pada konsentrasi COD (mg/L) terlihat relatif sama yaitu berkisar antara 6000 mg/L sampai 7000 mg/L kecuali pada konsentrasi COD sebesar 5929,437 mg/L. Dan efisiensi maksimal penurunan COD yang dapat dicapai sebesar 73 %. Hal ini diakibatkan karena adanya interaksi antara cahaya, katalis, cairan dan/atau gas yang diolah terjadi secara optimum sehingga reaksi fotokatalisis dapat berlangsung secara optimum pula. Persamaan reaksinya adalah sebagai berikut:

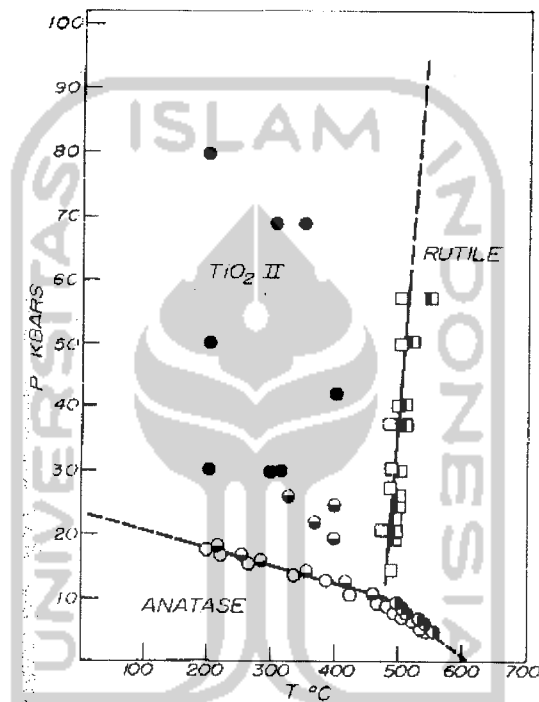


Pada prinsipnya, reaksi oksidasi pada permukaan semikonduktor dapat berlangsung melalui donasi elektron dari substrat ke h^+ (menghasilkan radikal pada substrat yang akan menginisiasi reaksi berantai).

Selain karena faktor diatas diketahui juga bahwa reaktor dengan sistem lapisan tipis TiO_2 pada logam memberikan kesempatan untuk memberikan medan listrik dengan bias potensial tertentu (fotoelektrokatalisis), yang akan membantu menaikkan laju reaksi degradasi (*Electricfield Enhancement Effect*, Butterfield et al. J. Water Research, 1997; Harper et al. J. Applied Electrochemistr , 2001)

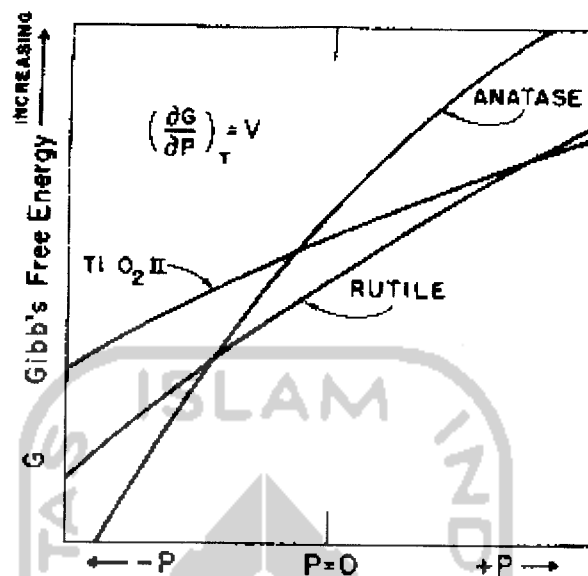
Pada penelitian ini, pemanasan TiO_2 yang dilakukan hanya sebesar 250 °C selama 2 jam. Hal ini agar mendapatkan bentuk kristal anatase. Faktor yang akan mempengaruhi proses fotokatalisis dalam aktivitas fotokatalis TiO_2 , salah satu yang terpenting adalah bentuk kristalnya. Bentuk kristal anatase diamati terjadi pada

pemanasan TiO_2 mulai dari suhu $120\text{ }^\circ\text{C}$ dan mencapai sempurna pada $500\text{ }^\circ\text{C}$. Pada suhu $480\text{ }^\circ\text{C}$ mulai terbentuk kristal rutil (Ollis & Elkabi, 1993) dan terjadi penurunan luas permukaan serta pelemahan aktivitas fotokatalis secara drastis. Hal ini dapat dilihat pada gambar berikut dibawah ini :



Gambar 4.5 Struktur kristal yang terjadi yang dihubungkan antara temperatur dengan tekanan. (sumber : *Environ. Sci. Technol.*2001)

Bentuk kristal anatase dianggap paling baik dalam proses fotokatalisis, apabila terjadi penurunan luas permukaan serta pelemahan aktivitas fotokatalis. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 4.6 :



Gambar 4.6 Hubungan bentuk kristal dengan tekanan dan energi gap yang dihasilkan. (sumber : *Environ. Sci. Technol.* 2001)

Gambar 4.6 diatas memperlihatkan bahwa perbedaan struktur kristal tersebut dapat mengakibatkan perbedaan tingkat energi struktur pita elektroniknya. Tingkat energi hasil hibridisasi yang berasal dari kulit 3d titanium bertindak sebagai pita konduksi, sedangkan tingkat energi hasil hibridisasi dari kulit 2p oksigen bertindak sebagai pita valensi. Sebagai konsekuensinya posisi tingkat energi pita valensi, pita konduksi, dan besarnya energi gap diantara keduanya akan berbeda bila lingkungan dan/atau penyusunan atom Ti dan O didalam kristal TiO₂ berbeda, seperti pada struktur anatase ($E_g = 3,2 \text{ eV}$) dan rutile ($E_g = 3,0 \text{ eV}$).

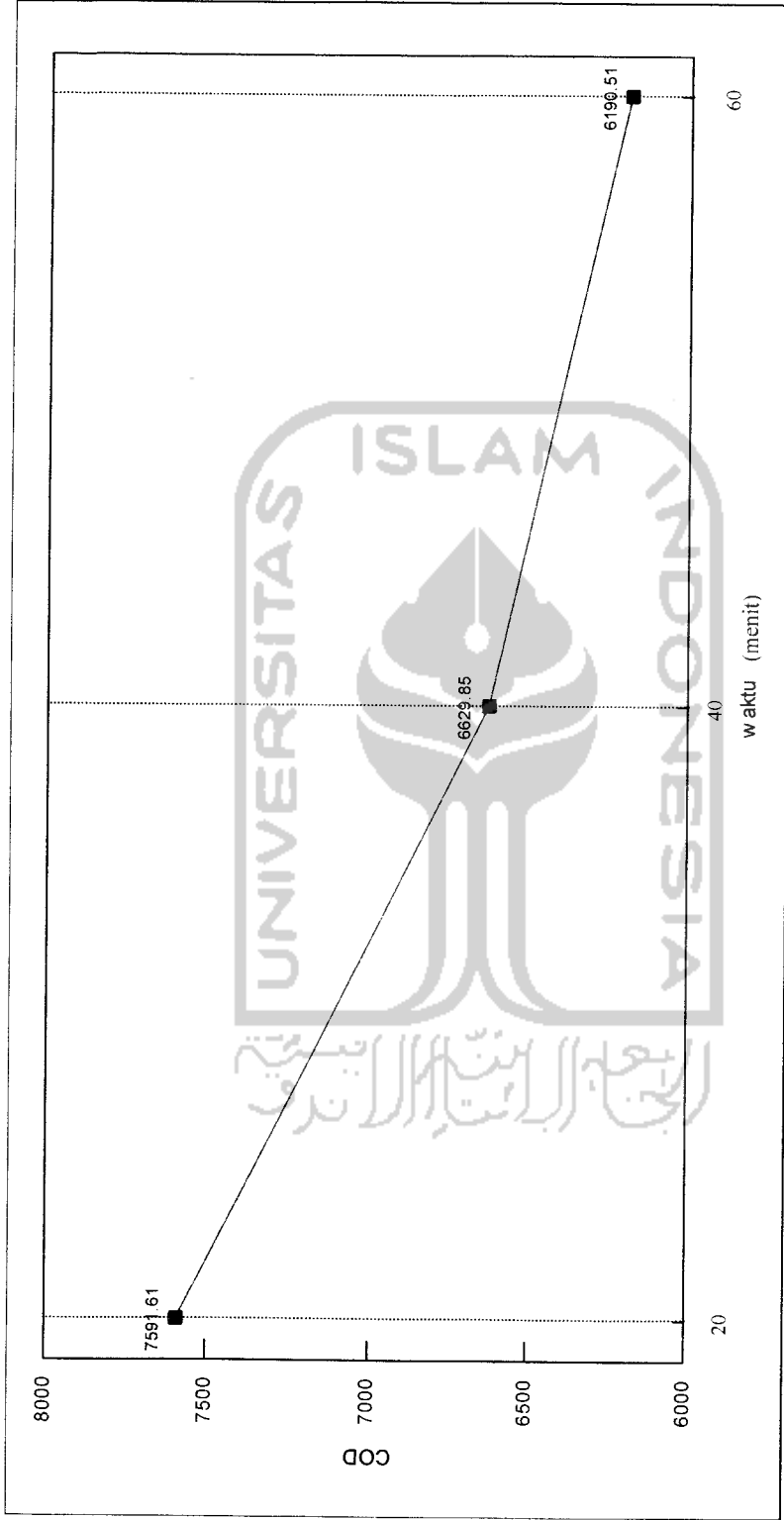
Besarnya energi celah (E_g), posisi pita konduksi dan pita valensi akan menentukan karakter fotokatalis dalam hal kebutuhan energi foton yang diperlukan untuk mengaktifkan dan berap kekuatan oksidasi atau reduksinya setelah diaktifkan.

Dilihat dari lamanya waktu kontak atau waktu detensi limbah, dari tiga kombinasi perlakuan waktu semuanya memberikan perbedaan signifikan, waktu paling lama (60 menit) mampu menurunkan konsentrasi COD (mg/L) paling besar, dan waktu paling cepat (20 menit) memberikan penurunan konsentrasi COD (mg/L) paling sedikit. Lihat Tabel 4.3 :

Tabel 4.3 Hasil Uji DMRT Berdasarkan Lama Waktu Kontak

No	Lama Kontak	Rata-rata	Kelompok
1	60 menit	6190.5098	a
2	40 menit	6629.8528	b
3	20 menit	7591.6091	c

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 4.7, Fluktuasi konsentrasi COD (mg/L) pada berbagai lama waktu kontak dibawah ini :

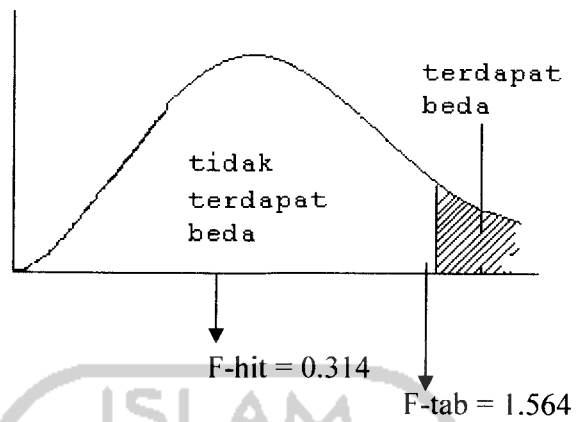


Gambar 4.7 Fluktuasi konsentrasi COD pada berbagai lama waktu kontak

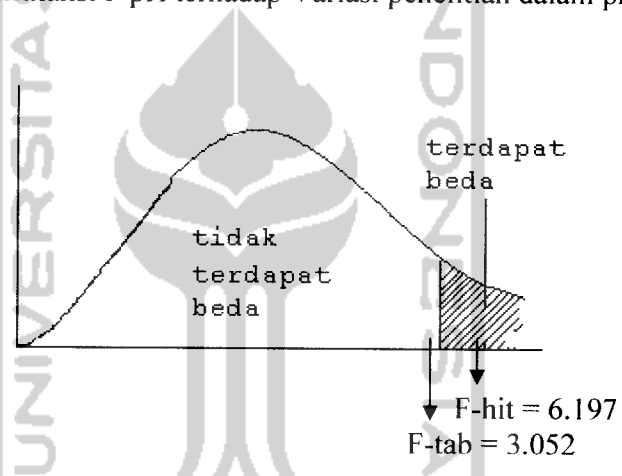
Berdasarkan Gambar 4.7 diketahui terjadinya perubahan yang teratur sejalan dengan bertambahnya lama waktu kontak. Semakin lama waktu kontak semakin menurun konsentrasi COD (mg/L), hal ini disebabkan bila TiO_2 diradiasi dengan menggunakan sinar lampu UV, akan membentuk pasangan dari elektron (e^-) dan *hole* (h^+) yang mampu menginisiasi reaksi kimia seperti oksidasi dan reduksi. *Hole* (h^+) yang terbentuk bereaksi dengan air membentuk ion hidroksil, sedangkan elektron (e^-) yang terbentuk bereaksi dengan O_2 membentuk ion superoksida (O_2^{-2}), yang selanjutnya dengan atom C kromofor yang mempunyai elektron yang tereksitasi akan membentuk CO_2 . Oleh karena itu semakin lama proses fotokatalisis itu berlangsung semakin baik proses degradasinya. Sehingga COD akan semakin menurun.

4.2 Pengujian Anova Pada Tingkat Keasaman (pH)

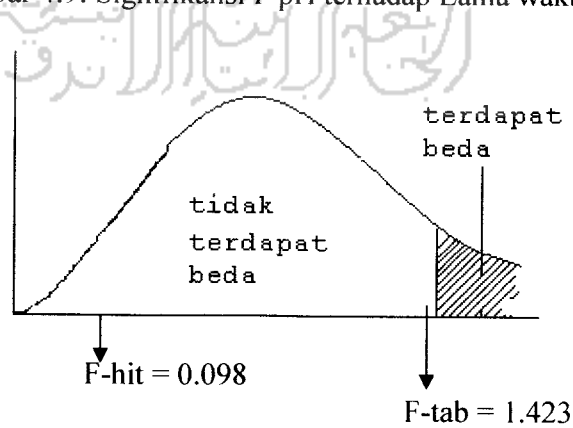
Hasil uji anova seperti pada COD hasil F-hitung yang terlihat pada Tabel 4.1, bila F-hitung lebih besar dibandingkan F-tabel berarti perubahan (Perbedaan) tingkat keasaman akibat penelitian yang diberikan dinyatakan signifikan. Visualisasi Gambar 4.5 sampai 4.7 menunjukkan F-hitung akibat variasi penelitian dalam proses fotokatalisis, lama waktu kontak dan interaksinya.



Gambar 4.8. Signifikansi F pH terhadap Variasi penelitian dalam proses Fotokatalisis



Gambar 4.9. Signifikansi F pH terhadap Lama waktu Kontak



Gambar 4.10. Signifikansi F pH terhadap interaksi Variasi penelitian dalam proses Fotokatalisis dengan Lama waktu Kontak

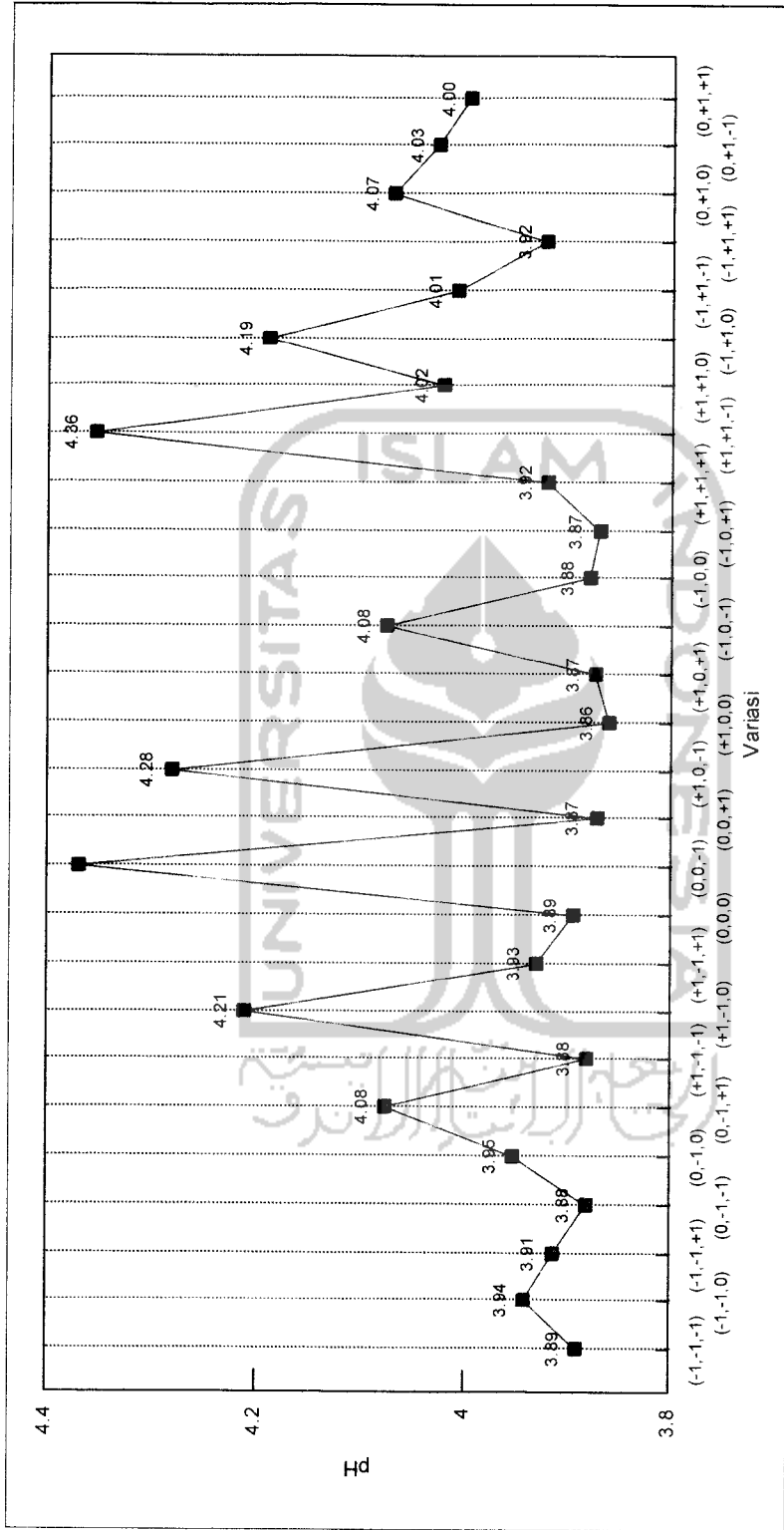
Gambar 4.8 dan 4.10 menjelaskan tidak terdapat perubahan (perbedaan) pH yang signifikan akibat variasi penelitian dalam proses fotokatalisis dan interaksi antara variasi fotokatalisis dengan lama waktu kontak. Berarti tidak ada kombinasi variasi penelitian dalam proses fotokatalisis dan interaksinya yang dapat menurunkan pH secara signifikan. Gambar 4.8 menjelaskan terdapat perubahan pH yang signifikan akibat lama waktu kontak.

pH paling rendah dapat diturunkan dengan lama waktu kontak 20 menit dan 40 menit. Sedangkan pH paling besar dapat diturunkan dengan lama waktu kontak 60 menit. Lihat Tabel 4.4:

Tabel 4.4 Hasil Uji DMRT Berdasarkan Lama Waktu kontak

No	Lama Kontak	Rata-rata	Kelompok
1	20 menit	3.91111	a
2	40 menit	3.97951	a
3	60 menit	4.12750	b

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 4.11 dibawah ini :



Gambar 4.1.1 Fluktuasi tingkat keasaman (pH) pada berbagai variasi penelitian dalam proses fotokatalis

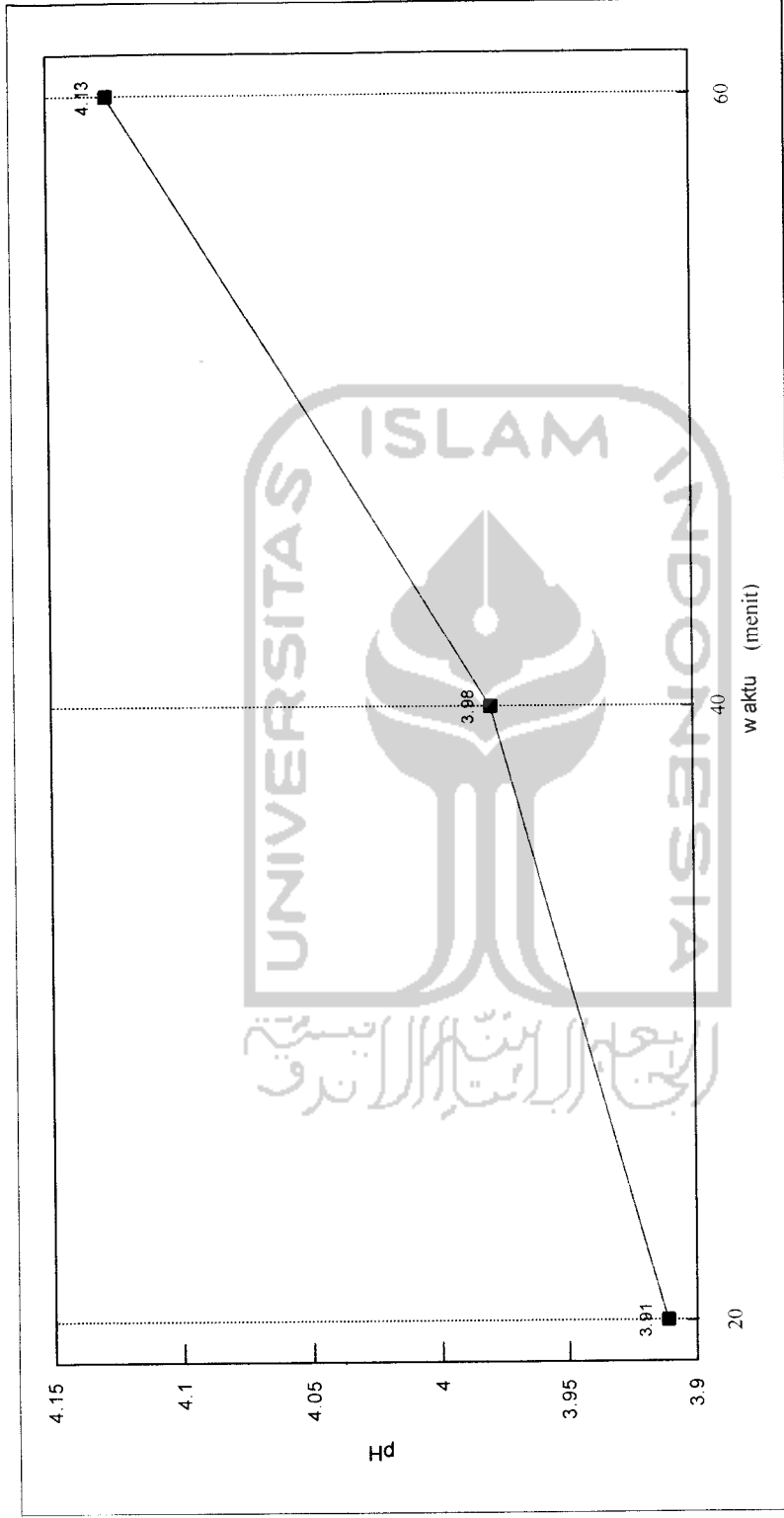
Keterangan :

Keterangan variasi	Laju alir volume limbah cair	Laju alir volume udara	Konsentrasi katalis
-1	1 m ³ /jam	1 m ³ /jam	1,2 gram
0	1,5 m ³ /jam	1,5 m ³ /jam	2,4 gram
+1	2 m ³ /jam	2 m ³ /jam	3,6 gram

Dari Gambar 4.11 menunjukkan bahwa kenaikan pH tidak terlalu signifikan, hal ini diakibatkan karena banyak fotoreaksi tidak peka terhadap adanya sedikit variasi dari temperatur. Ukuran partikel, perubahan permukaan dan letak pita TiO_2 dikarenakan sifat amphoteriknya memberikan pengaruh yang signifikan terhadap pH larutan cair (Fernande-Ibanez, 2000). Pada pH netral tidak ada perubahan pada permukaan oksida TiO_2 . Sedangkan pH asam atau basa, katalis akan memberikan muatan positif atau negatif, hal ini digambarkan pada reaksi sebagai berikut dibawah ini :



Ditinjau dari lama waktu kontak, tingkat keasaman juga berubah pada lama waktu kontak yang berbeda. Diperoleh hasil adanya perubahan yang teratur mengikuti lama waktu kontak. Lihat Gambar 4.12 berikut dibawah ini :



Gambar 4.12 Fluktuasi tingkat keasaman pada berbagai lama kontak

4.3 Analisa Pengaruh Laju alir volume limbah cair dan udara pada saat proses fotokatalisis berlangsung.

Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa volume limbah cair dan udara mempengaruhi efektivitas degradasi COD dan netralisasi pH. Dari beberapa studi terdahulu menunjukkan bahwa efektivitas degradasi dipengaruhi oleh kecepatan pembentukan radikal. Sedang untuk kecepatan produksi radikal ini sangat tergantung pada nilai *flux Ia* dari foton yang terabsorpsi (Sun L dan Bolton J.R, 1996).

Makin besar *flux Ia* nya, akan makin cepat produksi radikalnya. Sedang pada intensitas sinar lampu UV yang sepadan kekuatannya, makin besar volume sampel akan makin kecil *flux Ia* nya. Karena makin besar volume sampel, penetrasi energi foton terhadap molekul katalis makin berkurang. Dengan demikian kecepatan pembentukan radikalnya juga semakin kecil. Sinar UV dengan bantuan katalisator TiO₂ ternyata mampu meningkatkan kereaktifan oksigen.

Untuk menaikkan efektivitas degradasi pada sampel yang bervolume 10 liter, perlu dilakukan beberapa perubahan kondisi operasi seperti penambahan kekuatan lampu sampai dengan 30 Watt dan pelarutan oksigen sebagai *electron acceptor* perlu ditingkatkan.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang dapat diambil dari hasil penelitian ini adalah :

1. Proses fotokatalisis dapat menurunkan konsentrasi COD pada limbah cair dengan efisiensi maksimal penurunan COD yang dapat dicapai sebesar 73 %.
2. Proses fotokatalisis tidak dapat merubah tingkat keasaman (pH) limbah cair menjadi normal (pH mendekati 7) hal ini diakibatkan karena banyak fotoreaksi tidak peka terhadap adanya sedikit variasi dari temperatur.
3. Adanya pengaruh laju alir volume limbah cair dan laju alir volume udara pada saat proses fotokatalisis berlangsung, Karena makin besar volume sampel, penetrasi energi foton terhadap molekul katalis makin berkurang. Dengan demikian kecepatan pembentukan radikalnya juga semakin kecil. Sinar UV dengan bantuan katalisator TiO_2 ternyata mampu meningkatkan kereaktifan oksigen.
4. Adanya pengaruh waktu kontak atau waktu detensi limbah cair pada saat proses fotokatalisis berlangsung.

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat diambil dari hasil penelitian ini adalah :

1. Untuk menaikkan efektivitas degradasi pada sampel yang bervolume 10 liter atau lebih perlu dilakukan perubahan kondisi operasi seperti penambahan kekuatan lampu UV sampai dengan 200 Watt atau memanfaatkan sistem solar energi sebagai sumber radiasi.
2. Meningkatkan pelarutan oksigen sebagai *electron acceptor* .



DAFTAR PUSTAKA

- Ajay K. ray dan Antonie A. C. M. Benackers. 1998. *Novel photocatalytic reactor for water purification*. Department of Chemical Engineering, University of Groningen. Netherland.
- Anonim, *Water treatment through semiconductor photocatalysis*. POSTECH Advanced Remediation and Treatment Lab.
- Berthouex, P.M.. 1994. *Statistics for Environmental Engineers*. Lewis Publishers is an imprint of CRC press.
- Chanon M. 1997. *Homogeneous photocatalysis :Wiley series in photoscience and photoengineering volume 2*. Perancis : John Wiley and Sons.
- Gunlazuardi J. 2001. *Fotokatalisis Pada Permukaan TiO₂ ; Aspek Fundamental dan Aplikasinya*. Jurusan Kimia FMIPA – UI.
- Gunlazuardi J. 2001. *Preparasi Lapisan Tipis TiO₂ Sebagai Fotokatalis; Keterkaitan antara Ketebalan Dan Aktivitas Fotokatalisis* . Jurusan Kimia FMIPA – UI.
- Kim Chang – Yoon dkk. 2000. *Relationship between theoretical oxygen demand and photocatalytic chemical oxygen demand for specific classes of organic chemical*. Research center for advanced science and technology. Jepang. The University of Tokyo.
- Lei Lecheng dkk. 1999. *Preparation of heterogeneous photocatalyst (TiO₂/alumina) by metallo-organic chemical vapor deposition*. Department of Chemical Engineering. Hongkong University of Science and technology.

- Lindu M. 1997. *Fotolisis Deterjen ABS dalam air tersuspensi 0,1% TiO₂ Oleh UV : reaktor Curah dan Kontinyu*. Departemen Teknik Lingkungan. Institut Teknologi Bandung (ITB).
- Rich, Linvil. 1973. *Environmental System Engineer Handbook, 2nd edition*. New York : Boca Raton.
- Saifudin. 2001. *Fotokatalisis 4-Nitrofenol dalam Suspensi TiO₂*. Departemen Teknik Lingkungan. Institut Teknologi Bandung (ITB).
- Sopyan Iis.2000. *Fotokatalisis Film TiO₂ Untuk Aplikasi Lingkungan*.
- Suhardono E. 1999. *Studi Efektivitas Degradasi Polutan Organik Secara Fotokatalitik Dalam Reaktor Kolam Dan Kolom Berskala Laboratorium*.
- Sumestri, S. dan Alaerts, G. 1987. *Metode Penelitian Air*. Surabaya : Usaha Nasional.
- Sun L dan Bolton .J.R. 1996. *Determination of the quantum yield for the photochemical generation of hydroxyl radicals in TiO₂ suspensions*. J.Phys.Chem.100.4127-4134.
- Zhang L, T Kanki, N Sano and A Toyoda; *On Practical use of TiO₂ Photocatalyst Reactor To Water Purification*. Elsevier Science in press.
- Zhu Chunmei, Wang Liangyan, Kong Linren. 1999. *Photocatalytic degradation of AZO dyes by supported TiO₂ + UV in Aqueous solution*. Department of Environmental Science and Engineering. Nanjing University. Republic of China.

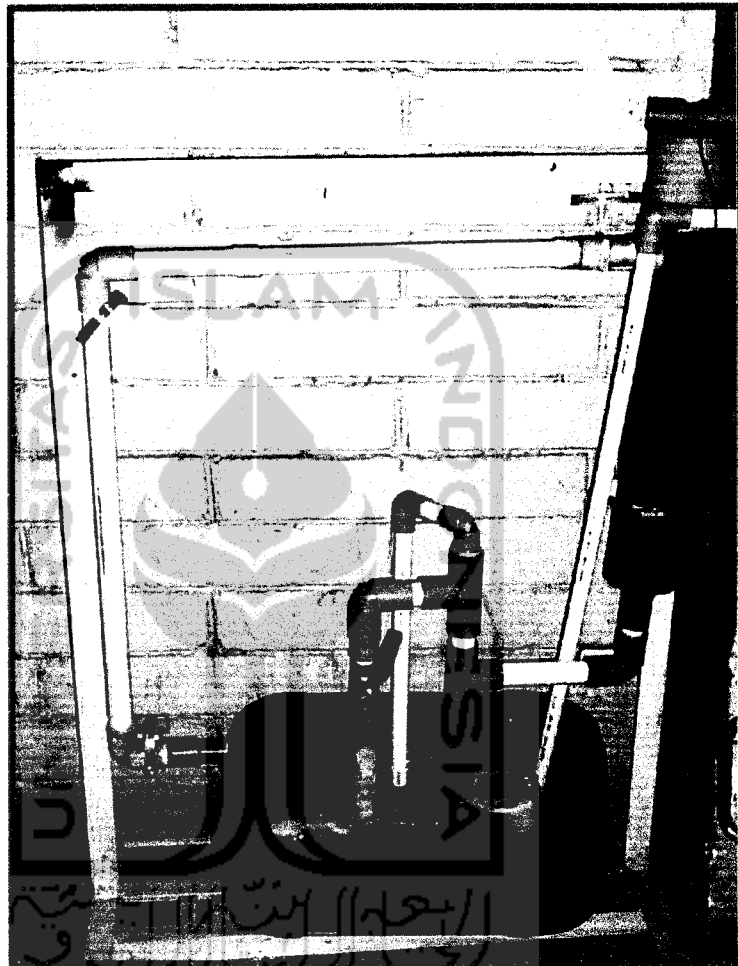
LAMPIRAN A.1 Tabel Efisiensi Rata – Rata Hasil Penelitian

No	Variasi	Sampel Awal		Setelah 20 menit		Setelah 40 menit		Setelah 60 menit		Efisiensi	Efisiensi rata - rata
		COD	pH	COD	pH	COD	pH	COD	pH		
1	(-1,-1,-1)	19361.27	4.01	7678.46	4.08	6310.02	4.17	6113.62	4.30	68.423	67.663
		18839.93	3.50	7293.30	3.65	6562.66	3.68	6353.91	3.87	66.274	
		19935.88	3.60	7534.67	3.69	6640.94	3.73	6321.29	3.84	68.292	
2	(-1,-1,0)	21840.81	3.83	7362.29	3.92	5084.37	4.07	5036.43	4.25	76.940	71.494
		21902.66	3.58	10042.70	3.86	7957.65	3.98	6924.68	4.01	68.384	
		21542.38	3.53	7536.28	3.71	6935.19	3.75	6644.33	3.92	69.157	
3	(-1,-1,+1)	19918.52	4.16	6671.95	4.23	5886.38	4.30	5503.60	4.48	72.369	71.104
		19677.61	3.46	7569.36	3.59	6072.19	3.62	5307.55	3.78	73.027	
		20326.57	3.62	8449.66	3.70	6721.18	3.72	6521.98	3.80	67.914	
4	(0,-1,-1)	20115.52	4.04	6829.52	4.09	6626.79	4.16	5898.22	4.27	70.678	68.013
		19953.76	3.63	8720.21	3.66	8649.63	3.68	6994.34	3.88	64.947	
		20212.42	3.62	7520.30	3.70	6647.64	3.72	6384.56	3.76	68.413	
5	(0,-1,0)	19763.68	4.13	7067.80	4.20	6186.72	4.22	6033.48	4.42	69.472	69.893
		19887.76	3.55	8260.17	3.75	7710.79	3.83	6237.14	4.01	68.638	
		20478.69	3.48	7078.78	3.51	6284.70	3.76	5822.30	3.87	71.569	
6	(0,-1,+1)	20153.50	4.42	7351.05	4.78	6575.25	4.51	5812.16	4.56	71.161	68.654
		20369.15	3.60	7530.86	3.71	6624.79	3.75	6444.88	3.97	68.360	
		20105.70	3.60	8925.16	3.71	6779.01	3.80	6746.88	3.89	66.443	
7	(0,-1,-1)	19319.89	3.89	7133.62	4.00	6176.98	4.05	5936.23	4.41	69.274	66.699
		19318.12	3.65	7480.71	3.68	6831.28	3.71	6603.14	3.93	65.819	
		19800.00	3.63	8148.00	3.69	7235.42	3.70	6929.06	3.75	65.005	
8	(0,-1,0)	19963.68	4.97	6889.03	5.04	6729.41	5.08	6173.93	5.28	69.074	68.630
		20540.87	3.51	7606.76	3.68	6590.79	3.78	6427.98	3.89	68.706	
		19946.70	3.51	9863.30	3.62	6541.26	3.73	6361.34	3.80	68.108	
9	(0,-1,+1)	19274.76	3.94	7824.03	4.02	6182.99	4.06	5950.40	4.30	69.129	68.936
		20130.40	3.47	6738.16	3.66	6679.96	3.76	6414.83	3.92	68.134	
		19386.75	3.52	7274.88	3.75	7074.42	3.84	5903.97	4.06	69.546	

No	Variasi	Sampel Awal		Setelah 20 menit		Setelah 40 menit		Setelah 60 menit		Efisiensi	Efisiensi rata - rata
		COD	pH	COD	pH	COD	pH	COD	pH		
10	(0,0,0)	20289.71	3.91	6023.95	4.02	5663.27	4.05	5321.58	4.13	73.772	68.553
		20464.28	3.57	8461.01	3.67	8297.92	3.76	7097.59	3.84	65.317	
		20235.96	3.60	9067.69	3.72	7201.97	3.85	6764.89	4.00	66.570	
11	(0,0,-1)	19089.67	3.90	8063.80	5.18	6295.26	5.24	5829.18	5.32	69.464	67.193
		19162.29	3.71	8727.13	3.84	7296.24	3.90	7012.64	4.01	63.404	
		19033.38	3.76	6690.37	3.86	6194.07	3.96	5955.59	4.02	68.710	
12	(0,0,+1)	18776.42	3.95	6466.21	4.05	6007.03	4.12	5704.42	4.33	69.619	67.225
		18585.75	3.47	7613.73	3.58	7424.03	3.57	7168.11	3.47	61.432	
		18862.38	3.60	7409.94	3.71	5761.13	3.87	5541.29	4.15	70.623	
13	(+1,0,-1)	19170.45	5.10	8446.88	5.16	7284.87	5.17	7208.26	5.25	62.399	63.749
		19119.23	3.63	7236.05	3.74	6880.08	3.77	6750.63	3.86	64.692	
		19067.51	3.67	8181.01	3.76	7158.39	3.81	6834.77	4.02	64.155	
14	(+1,0,0)	18964.28	3.89	8137.40	3.97	5910.05	3.99	5195.03	4.12	72.606	68.364
		18522.67	3.60	7824.54	3.68	6712.29	3.72	6414.83	3.82	65.368	
		18918.52	3.63	8063.80	3.71	6699.36	3.76	6220.84	3.97	67.118	
15	(+1,0,+1)	19643.26	3.95	6605.80	4.07	6580.04	4.10	6058.83	4.19	69.156	68.405
		19446.45	3.63	6763.35	3.68	6343.07	3.74	6116.76	3.86	68.546	
		19206.62	3.61	6873.27	3.70	6498.25	3.72	6239.61	3.80	67.513	
16	(-1,0,-1)	18689.67	3.90	8056.62	3.99	6783.84	4.64	6441.42	4.09	65.535	68.948
		18881.56	3.97	7115.77	4.03	5904.02	4.06	5865.35	4.17	68.936	
		18918.32	3.78	8018.13	3.86	6845.06	3.90	5226.30	3.94	72.374	
17	(-1,0,0)	19964.28	3.88	7624.85	3.99	7124.97	4.63	6732.65	4.10	66.277	67.774
		20085.05	3.45	7178.76	3.57	6488.62	3.59	6017.78	3.78	70.039	
		19666.07	3.48	7797.95	3.60	6882.06	3.67	6488.62	3.98	67.006	
18	(-1,0,+1)	18119.71	3.87	6722.04	3.98	5864.73	4.05	5845.25	4.38	67.741	65.923
		18008.58	3.59	6757.04	3.68	6320.27	3.66	6262.46	4.21	65.225	
		18194.72	3.57	7444.30	3.64	6564.35	3.59	6403.77	3.64	64.804	

No	Variasi	Sampel Awal		Setelah 20 menit		Setelah 40 menit		Setelah 60 menit		Efisiensi	Efisiensi rata - rata
		COD	pH	COD	pH	COD	pH	COD	pH		
19	(0,+1,+1)	20086.48	4.24	7370.51	4.31	6328.68	4.35	6102.19	4.47	69.620	73.284
		20209.78	3.47	5800.54	3.59	5164.39	3.61	4644.25	3.80	77.020	
		19613.83	3.48	6925.08	3.63	5775.13	3.72	5254.16	3.80	73.212	
20	(0,+1,-1)	19862.38	3.90	9122.39	4.15	6568.38	4.19	5570.65	4.38	71.954	65.649
		19512.64	3.80	9373.10	4.68	8022.42	4.72	7387.91	4.99	62.138	
		20159.71	3.85	9429.64	3.99	7796.26	4.01	7488.43	4.09	62.854	
21	(0,+1,0)	18589.75	3.99	6709.91	4.30	5860.72	4.35	5706.32	4.42	69.304	71.400
		18221.20	3.77	6353.28	3.83	6207.15	3.84	5869.92	4.02	67.785	
		18185.62	3.71	7166.50	3.75	6709.06	3.82	4162.68	3.86	77.110	
22	(0,-1,0)	18294.72	4.11	6438.46	4.37	6059.72	4.45	5976.28	4.89	67.333	67.727
		18005.65	3.61	7409.94	3.71	5761.13	3.87	5541.29	4.15	69.225	
		18326.17	3.60	6709.94	3.68	6343.07	3.74	6116.76	4.86	66.623	
23	(0,-1,-1)	20973.69	3.86	8594.94	4.00	6667.94	4.05	6323.37	4.24	69.851	68.051
		20256.64	3.75	7873.67	3.88	6715.97	3.91	6556.06	4.01	67.635	
		19514.68	3.97	8366.18	3.90	6594.44	3.95	6504.89	4.13	66.667	
24	(0,-1,+1)	19356.32	3.99	7546.66	4.09	6980.98	4.14	6511.73	4.19	66.359	67.466
		19420.65	3.68	7204.62	3.77	7102.97	3.83	6524.82	3.84	66.403	
		18789.16	3.69	6877.43	3.72	6454.93	3.76	5705.25	3.96	69.635	
25	(0,+1,0)	18673.45	4.17	8633.82	4.52	6579.68	4.86	6085.40	5.42	67.411	65.059
		18524.58	3.49	7617.73	3.58	7425.03	3.57	7168.11	3.47	61.305	
		18603.15	3.62	6873.27	3.70	6498.25	3.72	6239.61	3.80	66.459	
26	(0,+1,-1)	18236.33	3.89	6265.95	4.13	6125.57	4.25	5915.00	4.29	67.565	67.517
		19666.19	3.68	7568.83	3.83	6636.30	3.84	6572.43	4.02	66.580	
		19246.40	3.72	7338.89	3.83	6725.72	3.92	6080.61	4.14	68.407	
27	(0,+1,+1)	19985.15	3.97	8780.87	4.03	7758.79	4.05	7218.82	4.43	63.879	66.932
		18418.16	3.67	7172.85	3.90	6321.52	3.92	5883.14	4.00	68.058	
		18626.53	3.64	7642.94	3.81	6550.23	3.85	5800.54	3.99	68.859	

LAMPIRAN A.2 Gambar Foto Penelitian



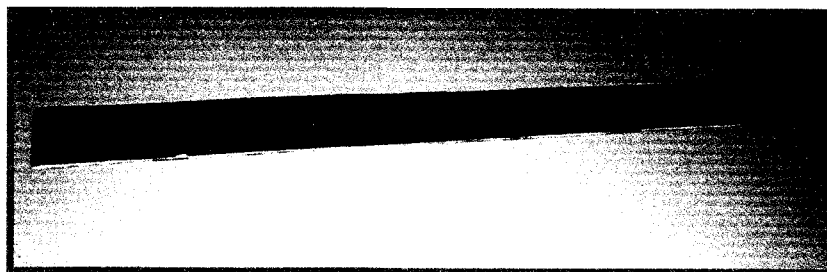
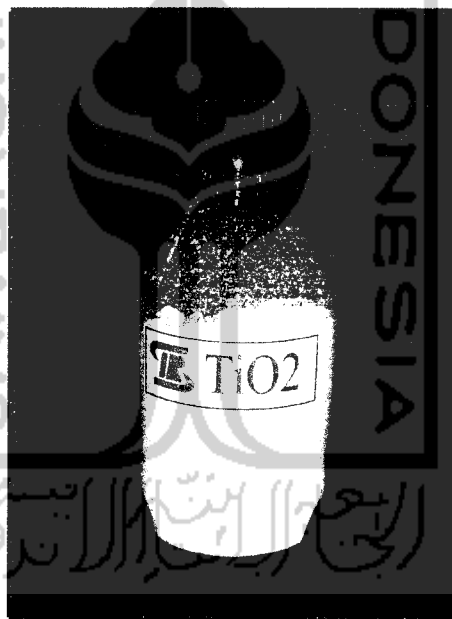
Rangkaian Reaktor fotokatalisis



lampu Philips UV 15 Watt



Botol sampel

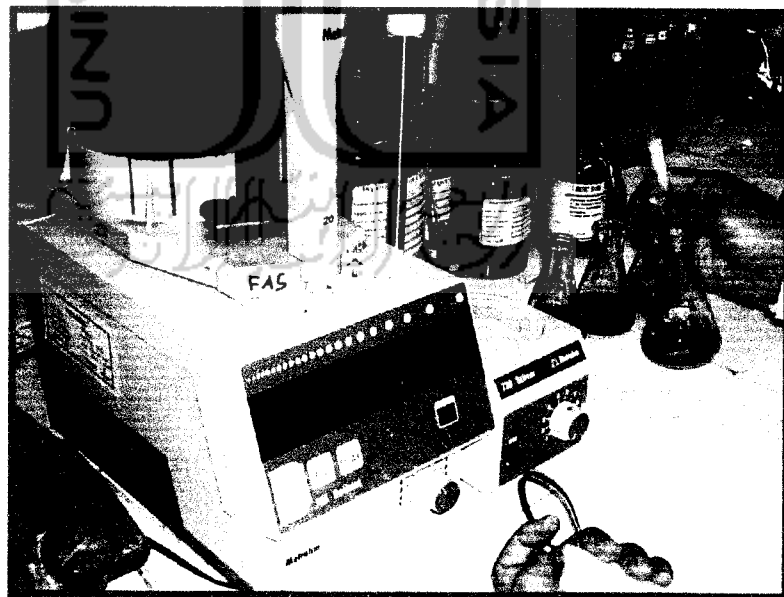


Plat SS - 304 tipis ukuran 4 × 50 cm

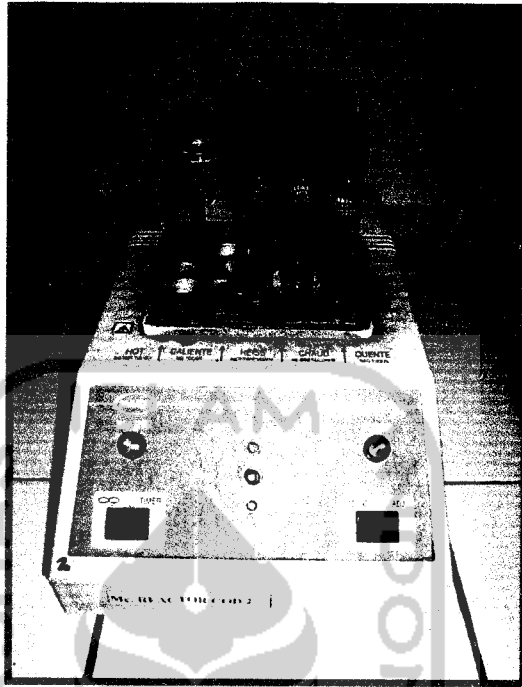


Potensiometer 7,9 methrohm titropocessor dan fлектroda kombinasi gelas untuk mengukur pft

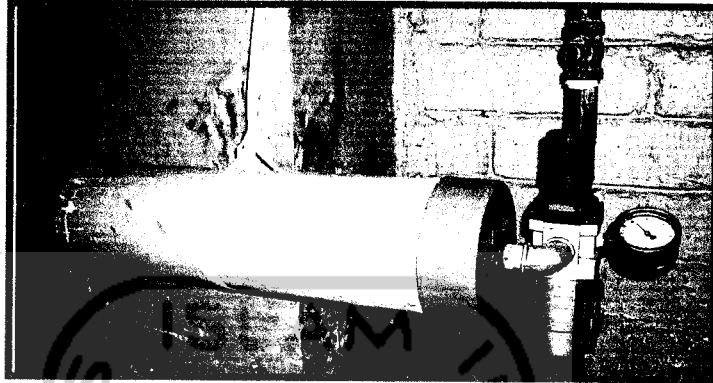




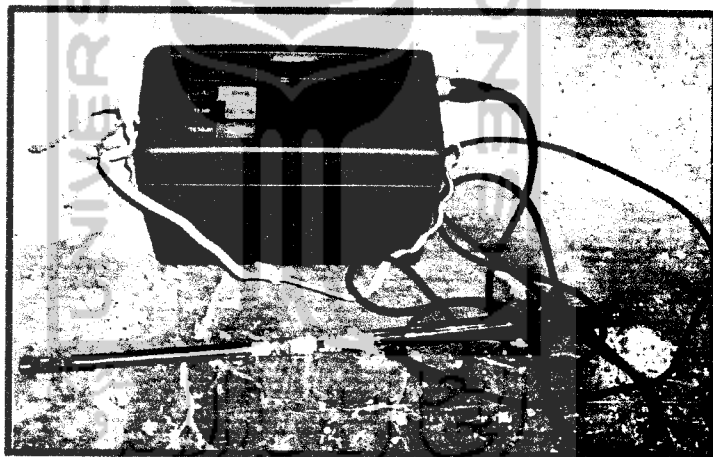
Alat titrasi



COD reactor



Jabung kalibrasi udara



Anemometer

ANALYSIS REPORT OF EXTERNAL SPECIAL SAMPLE
SPECIAL SAMPLE
(Form QCC-01c)

No of report	: 021/SPC/QCC/08/2005	Condition of sample	: Good
Revision	:	Date of sampling	: 01 August 2005
Date of issue	: 01 August 2005	Time of sampling	: Unknown
Type of sampling	: Sample water	Time of analysis	: 14.00
Sender of sample	: Poly CPI (HSE)	Reference merge	:
Page	: 1 of 1		

No	PROPERTIES	UNIT	METHOD NUMBER	Results				Remark
				Sample awal 8.30	After 20 min 8.50	After 40 min 9.10	After 1 hrs 9.30	
1	pH		IRS-024	4.01	4.08	4.17	4.30	
2	Chemical Oxygen Demand	ppm	IRS-049	19361.27	7678.46	6310.02	6113.62	

No	PROPERTIES	UNIT	METHOD NUMBER	Results				Remark
				Sample awal 10.00	After 20 min 10.20	After 40 min 10.40	After 1 hrs 11.00	
1	pH		IRS-024	3.50	3.65	3.68	3.87	
2	Chemical Oxygen Demand	ppm	IRS-049	18839.93	7293.30	6562.66	6353.91	

No	PROPERTIES	UNIT	METHOD NUMBER	Results				Remark
				Sample awal 12.00	After 20 min 12.20	After 40 min 12.40	After 1 hrs 13.00	
1	pH		IRS-024	3.60	3.69	3.73	3.84	
2	Chemical Oxygen Demand	ppm	IRS-049	19935.88	7534.67	6640.94	6321.29	

REPORT SUMMARY

Prepared by, Name : Yeni Maliana M Designation : Analyst Date : 01-08-2005	Corrected by, Name : Wirdalina Designation : Sr. Chemist Date : 01-08-2005	Approved by, Name : Kusmiyati Designation : Incharge Date : 01-08-2005
-------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------

- NB :**
- The result of analysis are valid for the sample specified above only
 - Sampling procedure as per ILK-009

ANALYSIS REPORT OF EXTERNAL SPECIAL SAMPLE
SPECIAL SAMPLE
(Form QCC-01c)

No of report	: 022/SPC/QCC/08/2005	Condition of sample	: Good
Revision	:	Date of sampling	: 02 August 2005
Date of issue	: 02 August 2005	Time of sampling	: Unknown
Type of sampling	: Sample water	Time of analysis	: 14.00
Sender of sample	: Poly CPI (HSE)	Reference merge	:
Page	: 1 of 1		

No	PROPERTIES	UNIT	METHOD NUMBER	Results				Remark
				Sample awal 8.30	After 20 min 8.50	After 40 min 9.10	After 1 hrs 9.30	
1	pH		IRS-024	3.83	3.92	4.07	4.25	
2	Chemical Oxygen Demand	ppm	IRS-049	21840.81	7362.29	5084.37	5036.43	

No	PROPERTIES	UNIT	METHOD NUMBER	Results				Remark
				Sample awal 10.00	After 20 min 10.20	After 40 min 10.40	After 1 hrs 11.00	
1	pH		IRS-024	3.58	3.86	3.98	4.01	
2	Chemical Oxygen Demand	ppm	IRS-049	21902.66	10042.70	7957.65	6924.68	

No	PROPERTIES	UNIT	METHOD NUMBER	Results				Remark
				Sample awal 12.00	After 20 min 12.20	After 40 min 12.40	After 1 hrs 13.00	
1	pH		IRS-024	3.53	3.71	3.75	3.92	
2	Chemical Oxygen Demand	ppm	IRS-049	21542.38	7536.28	6935.19	6644.33	

REPORT SUMMARY

Prepared by, Name : Yeni Maliana M	Corrected by, Name : Wirdalina	Approved by, Name : Kusmiyati
Designation : Analyst	Designation : Sr. Chemist	Designation : Incharge
Date : 02-08-2005	Date : 02-08-2005	Date : 02-08-2005

- NB :**
- The result of analysis are valid for the sample specified above only
 - Sampling procedure as per ILK-009

ANALYSIS REPORT OF EXTERNAL SPECIAL SAMPLE
SPECIAL SAMPLE
(Form QCC-01c)

No of report	: 023/SPC/QCC/08/2005	Condition of sample	: Good
Revision	:	Date of sampling	: 03 August 2005
Date of issue	: 03 August 2005	Time of sampling	: Unknown
Type of sampling	: Sample water	Time of analysis	: 14.00
Sender of sample	: Poly CPI (HSE)	Reference merge	:
Page	: 1 of 1		

No	PROPERTIES	UNIT	METHOD NUMBER	Results				Remark
				Sample awal 8.30	After 20 min 8.50	After 40 min 9.10	After 1 hrs 9.30	
1	pH		IRS-024	4.16	4.23	4.30	4.48	
2	Chemical Oxygen Demand	ppm	IRS-049	19918.52	6671.95	5886.38	5503.60	

No	PROPERTIES	UNIT	METHOD NUMBER	Results				Remark
				Sample awal 10.00	After 20 min 10.20	After 40 min 10.40	After 1 hrs 11.00	
1	pH		IRS-024	3.46	3.59	3.62	3.78	
2	Chemical Oxygen Demand	ppm	IRS-049	19677.61	7569.36	6072.19	5307.55	

No	PROPERTIES	UNIT	METHOD NUMBER	Results				Remark
				Sample awal 12.00	After 20 min 12.20	After 40 min 12.40	After 1 hrs 13.00	
1	pH		IRS-024	3.62	3.70	3.72	3.80	
2	Chemical Oxygen Demand	ppm	IRS-049	20326.57	8449.66	6721.18	6521.98	

REPORT SUMMARY

Prepared by, Name : Yeni Maliana M	Corrected by, Name : Wirdalina	Approved by, Name : Kusmiyati
Designation : Analyst	Designation : Sr. Chemist	Designation : Incharge
Date : 03-08-2005	Date : 03-08-2005	Date : 03-08-2005

- NB :
1. The result of analysis are valid for the sample specified above only
 2. Sampling procedure as per ILK-009

ANALYSIS REPORT OF EXTERNAL SPECIAL SAMPLE
SPECIAL SAMPLE
(Form QCC-01c)

No of report	: 024/SPC/QCC/08/2005	Condition of sample	: Good
Revision	:	Date of sampling	: 04 August 2005
Date of issue	: 04 August 2005	Time of sampling	: Unknown
Type of sampling	: Sample water	Time of analysis	: 14.00
Sender of sample	: Poly CP1 (HSE)	Reference merge	:
Page	: 1 of 1		

No	PROPERTIES	UNIT	METHOD NUMBER	Results				Remark
				Sample awal 8.30	After 20 min 8.50	After 40 min 9.10	After 1 hrs 9.30	
1	pH		IRS-024	4.04	4.09	4.16	4.27	
2	Chemical Oxygen Demand	ppm	IRS-049	20115.52	6829.52	6626.79	5898.22	

No	PROPERTIES	UNIT	METHOD NUMBER	Results				Remark
				Sample awal 10.00	After 20 min 10.20	After 40 min 10.40	After 1 hrs 11.00	
1	pH		IRS-024	3.63	3.66	3.68	3.88	
2	Chemical Oxygen Demand	ppm	IRS-049	19953.76	8720.21	8649.63	6994.34	

No	PROPERTIES	UNIT	METHOD NUMBER	Results				Remark
				Sample awal 12.00	After 20 min 12.20	After 40 min 12.40	After 1 hrs 13.00	
1	pH		IRS-024	3.62	3.70	3.72	3.76	
2	Chemical Oxygen Demand	ppm	IRS-049	20212.42	7520.30	6647.64	6384.56	

REPORT SUMMARY

Prepared by, Name : Yeni Maliana M Designation : Analyst Date : 04-08-2005	Corrected by, Name : Wirdalina Designation : Sr. Chemist Date : 04-08-2005	Approved by, Name : Kusmiyati Designation : Incharge Date : 04-08-2005
-------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------

NB :

1. The result of analysis are valid for the sample specified above only
2. Sampling procedure as per ILK-009

ANALYSIS REPORT OF EXTERNAL SPECIAL SAMPLE
SPECIAL SAMPLE
(Form QCC-01c)

No of report	: 025/SPC/QCC/08/2005	Condition of sample	: Good
Revision	:	Date of sampling	: 05 August 2005
Date of issue	: 05 August 2005	Time of sampling	: Unknown
Type of sampling	: Sample water	Time of analysis	: 14.00
Sender of sample	: Poly CP1 (HSE)	Reference merge	:
Page	: 1 of 1		

No	PROPERTIES	UNIT	METHOD NUMBER	Results				Remark
				Sample awal 8.30	After 20 min 8.50	After 40 min 9.10	After 1 hrs 9.30	
1	pH		IRS-024	4.13	4.20	4.22	4.42	
2	Chemical Oxygen Demand	ppm	IRS-049	19763.68	7067.80	6186.72	6033.48	

No	PROPERTIES	UNIT	METHOD NUMBER	Results				Remark
				Sample awal 10.00	After 20 min 10.20	After 40 min 10.40	After 1 hrs 11.00	
1	pH		IRS-024	3.55	3.75	3.83	4.01	
2	Chemical Oxygen Demand	ppm	IRS-049	19887.76	8260.17	7710.79	6237.14	

No	PROPERTIES	UNIT	METHOD NUMBER	Results				Remark
				Sample awal 12.00	After 20 min 12.20	After 40 min 12.40	After 1 hrs 13.00	
1	pH		IRS-024	3.51	3.51	3.76	3.87	
2	Chemical Oxygen Demand	ppm	IRS-049	20478.69	7078.78	6284.70	5822.30	

REPORT SUMMARY

Prepared by, Name : Yeni Maliana M	Corrected by, Name : Wirdalina	Approved by, Name : Kusmiyati
Designation : Analyst	Designation : Sr. Chemist	Designation : Incharge
Date : 05-08-2005	Date : 05-08-2005	Date : 05-08-2005

- NB :**
- The result of analysis are valid for the sample specified above only
 - Sampling procedure as per ILK-009

ANALYSIS REPORT OF EXTERNAL SPECIAL SAMPLE
SPECIAL SAMPLE
(Form QCC-01c)

No of report	: 026/SPC/QCC/08/2005	Condition of sample	: Good
Revision	:	Date of sampling	: 06 August 2005
Date of issue	: 06 August 2005	Time of sampling	: Unknown
Type of sampling	: Sample water	Time of analysis	: 14.00
Sender of sample	: Poly CP1 (HSE)	Reference merge	:
Page	: 1 of 1		

No	PROPERTIES	UNIT	METHOD NUMBER	Results				Remark
				Sample awal 8.30	After 20 min 8.50	After 40 min 9.10	After 1 hrs 9.30	
1	pH		IRS-024	4.42	4.78	4.51	4.56	
2	Chemical Oxygen Demand	ppm	IRS-049	20153.50	7351.05	6575.25	5812.16	

No	PROPERTIES	UNIT	METHOD NUMBER	Results				Remark
				Sample awal 10.00	After 20 min 10.20	After 40 min 10.40	After 1 hrs 11.00	
1	pH		IRS-024	3.60	3.71	3.75	3.97	
2	Chemical Oxygen Demand	ppm	IRS-049	20369.15	7530.86	6624.79	6444.88	

No	PROPERTIES	UNIT	METHOD NUMBER	Results				Remark
				Sample awal 12.00	After 20 min 12.20	After 40 min 12.40	After 1 hrs 13.00	
1	pH		IRS-024	3.60	3.71	3.80	3.89	
2	Chemical Oxygen Demand	ppm	IRS-049	20105.70	8925.16	6779.01	6746.88	

REPORT SUMMARY

Prepared by, Name : Yeni Maliana M Designation : Analyst Date : 06-08-2005	Corrected by, Name : Wirdalina Designation : Sr. Chemist Date : 06-08-2005	Approved by, Name : Kusmiyati Designation : Incharge Date : 06-08-2005
--------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------

- NB :**
- The result of analysis are valid for the sample specified above only
 - Sampling procedure as per ILK-009

ANALYSIS REPORT OF EXTERNAL SPECIAL SAMPLE
SPECIAL SAMPLE
 (Form QCC-01c)

No of report	: 027/SPC/QCC/08/2005	Condition of sample	: Good
Revision	:	Date of sampling	: 08 August 2005
Date of issue	: 08 August 2005	Time of sampling	: Unknown
Type of sampling	: Sample water	Time of analysis	: 14.00
Sender of sample	: Poly CPI (HSE)	Reference merge	:
Page	: 1 of 1		

No	PROPERTIES	UNIT	METHOD NUMBER	Results				Remark
				Sample awal 8.30	After 20 min 8.50	After 40 min 9.10	After 1 hrs 9.30	
1	pH		IRS-024	3.89	4.00	4.05	4.41	
2	Chemical Oxygen Demand	ppm	IRS-049	19319.89	7133.62	6176.98	5936.23	

No	PROPERTIES	UNIT	METHOD NUMBER	Results				Remark
				Sample awal 10.00	After 20 min 10.20	After 40 min 10.40	After 1 hrs 11.00	
1	pH		IRS-024	3.65	3.68	3.71	3.93	
2	Chemical Oxygen Demand	ppm	IRS-049	19318.12	7480.71	6831.28	6603.14	

No	PROPERTIES	UNIT	METHOD NUMBER	Results				Remark
				Sample awal 12.00	After 20 min 12.20	After 40 min 12.40	After 1 hrs 13.00	
1	pH		IRS-024	3.63	3.69	3.70	3.75	
2	Chemical Oxygen Demand	ppm	IRS-049	19800.00	8148.00	7235.42	6929.06	

REPORT SUMMARY

Prepared by, Name : Yeni Maliana M	Corrected by, Name : Wirdalina	Approved by, Name : Kusmiyati
Designation : Analyst	Designation : Sr. Chemist	Designation : Incharge
Date : 08-08-2005	Date : 08-08-2005	Date : 08-08-2005

NB :

- The result of analysis are valid for the sample specified above only
- Sampling procedure as per ILK-009

ANALYSIS REPORT OF EXTERNAL SPECIAL SAMPLE
SPECIAL SAMPLE
(Form QCC-01c)

No of report	: 028/SPC/QCC/08/2005	Condition of sample	: Good
Revision	:	Date of sampling	: 09 August 2005
Date of issue	: 09 August 2005	Time of sampling	: Unknown
Type of sampling	: Sample water	Time of analysis	: 14.00
Sender of sample	: Poly CP1 (HSE)	Reference merge	:
Page	: 1 of 1		

No	PROPERTIES	UNIT	METHOD NUMBER	Results				Remark
				Sample awal 8.30	After 20 min 8.50	After 40 min 9.10	After 1 hrs 9.30	
1	pH		IRS-024	4.97	5.04	5.08	5.28	
2	Chemical Oxygen Demand	ppm	IRS-049	19963.68	6889.03	6729.41	6173.93	

No	PROPERTIES	UNIT	METHOD NUMBER	Results				Remark
				Sample awal 10.00	After 20 min 10.20	After 40 min 10.40	After 1 hrs 11.00	
1	pH		IRS-024	3.51	3.68	3.78	3.89	
2	Chemical Oxygen Demand	ppm	IRS-049	20540.87	7606.76	6590.79	6427.98	

No	PROPERTIES	UNIT	METHOD NUMBER	Results				Remark
				Sample awal 12.00	After 20 min 12.20	After 40 min 12.40	After 1 hrs 13.00	
1	pH		IRS-024	3.51	3.62	3.73	3.80	
2	Chemical Oxygen Demand	ppm	IRS-049	19946.70	9863.30	6541.26	6361.34	

REPORT SUMMARY

Prepared by, Name : Yeni Maliana M Designation : Analyst Date : 09-08-2005	Corrected by, Name : Wirdalina Designation : Sr. Chemist Date : 09-08-2005	Approved by, Name : Kusmiyati Designation : Incharge Date : 09-08-2005
-------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------

- NB :
- The result of analysis are valid for the sample specified above only
 - Sampling procedure as per ILK-009

ANALYSIS REPORT OF EXTERNAL SPECIAL SAMPLE
SPECIAL SAMPLE
(Form QCC-01c)

No of report	: 029/SPC/QCC/08/2005	Condition of sample	: Good
Revision	:	Date of sampling	: 10 August 2005
Date of issue	: 10 August 2005	Time of sampling	: Unknown
Type of sampling	: Sample water	Time of analysis	: 14.00
Sender of sample	: Poly CP1 (HSE)	Reference merge	:
Page	: 1 of 1		

No	PROPERTIES	UNIT	METHOD NUMBER	Results				Remark
				Sample awal 8.30	After 20 min 8.50	After 40 min 9.10	After 1 hrs 9.30	
1	pH		IRS-024	3.94	4.02	4.06	4.30	
2	Chemical Oxygen Demand	ppm	IRS-049	19274.76	7824.03	6182.99	5950.40	

No	PROPERTIES	UNIT	METHOD NUMBER	Results				Remark
				Sample awal 10.00	After 20 min 10.20	After 40 min 10.40	After 1 hrs 11.00	
1	pH		IRS-024	3.47	3.66	3.76	3.92	
2	Chemical Oxygen Demand	ppm	IRS-049	20130.40	6738.16	6679.96	6414.83	

No	PROPERTIES	UNIT	METHOD NUMBER	Results				Remark
				Sample awal 12.00	After 20 min 12.20	After 40 min 12.40	After 1 hrs 13.00	
1	pH		IRS-024	3.52	3.75	3.84	4.06	
2	Chemical Oxygen Demand	ppm	IRS-049	19386.75	7274.88	7074.42	5903.97	

REPORT SUMMARY

Prepared by, Name : Yeni Maliana M	Corrected by, Name : Wirdalina	Approved by, Name : Kusmiyati
Designation : Analyst	Designation : Sr. Chemist	Designation : Incharge
Date : 10-08-2005	Date : 10-08-2005	Date : 10-08-2005

NB :

1. The result of analysis are valid for the sample specified above only
2. Sampling procedure as per ILK-009

ANALYSIS REPORT OF EXTERNAL SPECIAL SAMPLE
SPECIAL SAMPLE
(Form QCC-01c)

No of report	: 030/SPC/QCC/08/2005	Condition of sample	: Good
Revision	:	Date of sampling	: 11 August 2005
Date of issue	: 11 August 2005	Time of sampling	: Unknown
Type of sampling	: Sample water	Time of analysis	: 14.00
Sender of sample	: Poly CP1 (HSE)	Reference merge	:
Page	: 1 of 1		

No	PROPERTIES	UNIT	METHOD NUMBER	Results				Remark
				Sample awal 8.30	After 20 min 8.50	After 40 min 9.10	After 1 hrs 9.30	
1	pH		IRS-024	3.91	4.02	4.05	4.13	
2	Chemical Oxygen Demand	ppm	IRS-049	20289.71	6023.95	5663.27	5321.58	

No	PROPERTIES	UNIT	METHOD NUMBER	Results				Remark
				Sample awal 10.00	After 20 min 10.20	After 40 min 10.40	After 1 hrs 11.00	
1	pH		IRS-024	3.57	3.67	3.76	3.84	
2	Chemical Oxygen Demand	ppm	IRS-049	20464.28	8461.01	8297.92	7097.59	

No	PROPERTIES	UNIT	METHOD NUMBER	Results				Remark
				Sample awal 12.00	After 20 min 12.20	After 40 min 12.40	After 1 hrs 13.00	
1	pH		IRS-024	3.60	3.72	3.85	4.00	
2	Chemical Oxygen Demand	ppm	IRS-049	20235.96	9067.69	7201.97	6764.89	

REPORT SUMMARY

Prepared by, Name : Yeni Maliana M	Corrected by, Name : Wirdalina	Approved by, Name : Kusmiyati
Designation : Analyst	Designation : Sr. Chemist	Designation : Incharge
Date : 11-08-2005	Date : 11-08-2005	Date : 11-08-2005

- NB :
1. The result of analysis are valid for the sample specified above only
 2. Sampling procedure as per ILK-009

ANALYSIS REPORT OF EXTERNAL SPECIAL SAMPLE
SPECIAL SAMPLE
(Form QCC-01c)

No of report	: 031/SPC/QCC/08/2005	Condition of sample	: Good
Revision	:	Date of sampling	: 12 August 2005
Date of issue	: 12 August 2005	Time of sampling	: Unknown
Type of sampling	: Sample water	Time of analysis	: 14.00
Sender of sample	: Poly CP1 (HSE)	Reference merge	:
Page	: 1 of 1		

No	PROPERTIES	UNIT	METHOD NUMBER	Results				Remark
				Sample awal 8.30	After 20 min 8.50	After 40 min 9.10	After 1 hrs 9.30	
1	pH		IRS-024	3.90	5.18	5.24	5.32	
2	Chemical Oxygen Demand	ppm	IRS-049	19089.67	8063.80	6295.26	5829.18	

No	PROPERTIES	UNIT	METHOD NUMBER	Results				Remark
				Sample awal 10.00	After 20 min 10.20	After 40 min 10.40	After 1 hrs 11.00	
1	pH		IRS-024	3.71	3.84	3.90	4.01	
2	Chemical Oxygen Demand	ppm	IRS-049	19162.29	8727.13	7296.24	7012.64	

No	PROPERTIES	UNIT	METHOD NUMBER	Results				Remark
				Sample awal 12.00	After 20 min 12.20	After 40 min 12.40	After 1 hrs 13.00	
1	pH		IRS-024	3.76	3.86	3.96	4.02	
2	Chemical Oxygen Demand	ppm	IRS-049	19033.38	6690.37	6194.07	5955.59	

REPORT SUMMARY

Prepared by, Name : Yeni Maliana M Designation : Analyst Date : 12-08-2005	Corrected by, Name : Wirdalina Designation : Sr. Chemist Date : 12-08-2005	Approved by, Name : Kusmiyati Designation : Incharge Date : 12-08-2005
-------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------

- NB:
1. The result of analysis are valid for the sample specified above only
 2. Sampling procedure as per ILK-009

ANALYSIS REPORT OF EXTERNAL SPECIAL SAMPLE
SPECIAL SAMPLE
(Form QCC-01c)

No of report	: 032/SPC/QCC/08/2005	Condition of sample	: Good
Revision	:	Date of sampling	: 13 August 2005
Date of issue	: 13 August 2005	Time of sampling	: Unknown
Type of sampling	: Sample water	Time of analysis	: 14.00
Sender of sample	: Poly CP1 (HSE)	Reference merge	:
Page	: 1 of 1		

No	PROPERTIES	UNIT	METHOD NUMBER	Results				Remark
				Sample awal 8.30	After 20 min 8.50	After 40 min 9.10	After 1 hrs 9.30	
1	pH		IRS-024	3.95	4.05	4.12	4.33	
2	Chemical Oxygen Demand	ppm	IRS-049	18776.42	6466.21	6007.03	5704.42	

No	PROPERTIES	UNIT	METHOD NUMBER	Results				Remark
				Sample awal 10.00	After 20 min 10.20	After 40 min 10.40	After 1 hrs 11.00	
1	pH		IRS-024	3.47	3.58	3.57	3.47	
2	Chemical Oxygen Demand	ppm	IRS-049	18585.75	7613.73	7424.03	7168.11	

No	PROPERTIES	UNIT	METHOD NUMBER	Results				Remark
				Sample awal 12.00	After 20 min 12.20	After 40 min 12.40	After 1 hrs 13.00	
1	pH		IRS-024	3.60	3.71	3.87	4.15	
2	Chemical Oxygen Demand	ppm	IRS-049	18862.38	7409.94	5761.13	5541.29	

REPORT SUMMARY

Prepared by, Name : Yeni Maliana M Designation : Analyst Date : 13-08-2005	Corrected by, Name : Wirdalina Designation : Sr. Chemist Date : 13-08-2005	Approved by, Name : Kusmiyati Designation : Incharge Date : 13-08-2005
-------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------

NB :

1. The result of analysis are valid for the sample specified above only
2. Sampling procedure as per ILK-009

ANALYSIS REPORT OF EXTERNAL SPECIAL SAMPLE
SPECIAL SAMPLE
(Form QCC-01c)

No of report	: 033/SPC/QCC/08/2005	Condition of sample	: Good
Revision	:	Date of sampling	: 15 August 2005
Date of issue	: 15 August 2005	Time of sampling	: Unknown
Type of sampling	: Sample water	Time of analysis	: 14.00
Sender of sample	: Poly CP1 (HSE)	Reference merge	:
Page	: 1 of 1		

No	PROPERTIES	UNIT	METHOD NUMBER	Results				Remark
				Sample awal 8.30	After 20 min 8.50	After 40 min 9.10	After 1 hrs 9.30	
1	pH		IRS-024	5.10	5.16	5.17	5.25	
2	Chemical Oxygen Demand	ppm	IRS-049	19170.45	8446.88	7284.87	7208.26	

No	PROPERTIES	UNIT	METHOD NUMBER	Results				Remark
				Sample awal 10.00	After 20 min 10.20	After 40 min 10.40	After 1 hrs 11.00	
1	pH		IRS-024	3.63	3.74	3.77	3.86	
2	Chemical Oxygen Demand	ppm	IRS-049	19119.23	7236.05	6880.08	6750.63	

No	PROPERTIES	UNIT	METHOD NUMBER	Results				Remark
				Sample awal 12.00	After 20 min 12.20	After 40 min 12.40	After 1 hrs 13.00	
1	pH		IRS-024	3.67	3.76	3.81	4.02	
2	Chemical Oxygen Demand	ppm	IRS-049	19067.51	8181.01	7158.39	6834.77	

REPORT SUMMARY

Prepared by, Name : Yeni Maliana M	Corrected by, Name : Wirdalina	Approved by, Name : Kusmiyati
Designation : Analyst	Designation : Sr. Chemist	Designation : Incharge
Date : 15-08-2005	Date : 15-08-2005	Date : 15-08-2005

- NB :**
1. The result of analysis are valid for the sample specified above only
 2. Sampling procedure as per ILK-009

ANALYSIS REPORT OF EXTERNAL SPECIAL SAMPLE
SPECIAL SAMPLE
(Form QCC-01c)

No of report	: 034/SPC/QCC/08/2005	Condition of sample	: Good
Revision	:	Date of sampling	: 16 August 2005
Date of issue	: 16 August 2005	Time of sampling	: Unknown
Type of sampling	: Sample water	Time of analysis	: 14.00
Sender of sample	: Poly CPI (HSE)	Reference merge	:
Page	: 1 of 1		

No	PROPERTIES	UNIT	METHOD NUMBER	Results				Remark
				Sample awal 8.30	After 20 min 8.50	After 40 min 9.10	After 1 hrs 9.30	
1	pH		IRS-024	3.89	3.97	3.99	4.12	
2	Chemical Oxygen Demand	ppm	IRS-049	18964.28	8137.40	5910.05	5195.03	

No	PROPERTIES	UNIT	METHOD NUMBER	Results				Remark
				Sample awal 10.00	After 20 min 10.20	After 40 min 10.40	After 1 hrs 11.00	
1	pH		IRS-024	3.60	3.68	3.72	3.82	
2	Chemical Oxygen Demand	ppm	IRS-049	18522.67	7824.54	6712.29	6414.83	

No	PROPERTIES	UNIT	METHOD NUMBER	Results				Remark
				Sample awal 12.00	After 20 min 12.20	After 40 min 12.40	After 1 hrs 13.00	
1	pH		IRS-024	3.63	3.71	3.76	3.97	
2	Chemical Oxygen Demand	ppm	IRS-049	18918.52	8063.80	6699.36	6220.84	

REPORT SUMMARY

Prepared by, Name : Yeni Maliana M Designation : Analyst Date : 16-08-2005	Corrected by, Name : Wirdalina Designation : Sr. Chemist Date : 16-08-2005	Approved by, Name : Kusmiyati Designation : Incharge Date : 16-08-2005
--------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------

NB :

1. The result of analysis are valid for the sample specified above only
2. Sampling procedure as per ILK-009

ANALYSIS REPORT OF EXTERNAL SPECIAL SAMPLE
SPECIAL SAMPLE
(Form QCC-01c)

No of report	: 035/SPC/QCC/08/2005	Condition of sample	: Good
Revision	:	Date of sampling	: 18 August 2005
Date of issue	: 18 August 2005	Time of sampling	: Unknown
Type of sampling	: Sample water	Time of analysis	: 14.00
Sender of sample	: Poly CP1 (HSE)	Reference merge	:
Page	: 1 of 1		

No	PROPERTIES	UNIT	METHOD NUMBER	Results				Remark
				Sample awal 8.30	After 20 min 8.50	After 40 min 9.10	After 1 hrs 9.30	
1	pH		IRS-024	3.95	4.07	4.10	4.19	
2	Chemical Oxygen Demand	ppm	IRS-049	19643.26	6605.80	6580.04	6058.83	

No	PROPERTIES	UNIT	METHOD NUMBER	Results				Remark
				Sample awal 10.00	After 20 min 10.20	After 40 min 10.40	After 1 hrs 11.00	
1	pH		IRS-024	3.63	3.68	3.74	3.86	
2	Chemical Oxygen Demand	ppm	IRS-049	19446.45	6763.35	6343.07	6116.76	

No	PROPERTIES	UNIT	METHOD NUMBER	Results				Remark
				Sample awal 12.00	After 20 min 12.20	After 40 min 12.40	After 1 hrs 13.00	
1	pH		IRS-024	3.61	3.70	3.72	3.80	
2	Chemical Oxygen Demand	ppm	IRS-049	19206.62	6873.27	6498.25	6239.61	

REPORT SUMMARY

Prepared by, Name : Yeni Maliana M Designation : Analyst Date : 18-08-2005	Corrected by, Name : Wirdalina Designation : Sr. Chemist Date : 18-08-2005	Approved by, Name : Kusmiyati Designation : Incharge Date : 18-08-2005
--------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------

NB :

1. The result of analysis are valid for the sample specified above only
2. Sampling procedure as per ILK-009

ANALYSIS REPORT OF EXTERNAL SPECIAL SAMPLE
SPECIAL SAMPLE
(Form QCC-01c)

No of report	: 036/SPC/QCC/08/2005	Condition of sample	: Good
Revision	:	Date of sampling	: 19 August 2005
Date of issue	: 19 August 2005	Time of sampling	: Unknown
Type of sampling	: Sample water	Time of analysis	: 14.00
Sender of sample	: Poly CPI (HSE)	Reference merge	:
Page	: 1 of 1		

No	PROPERTIES	UNIT	METHOD NUMBER	Results				Remark
				Sample awal 8.30	After 20 min 8.50	After 40 min 9.10	After 1 hrs 9.30	
1	pH		IRS-024	3.90	3.99	4.64	4.09	
2	Chemical Oxygen Demand	ppm	IRS-049	18689.67	8056.62	6783.84	6441.42	

No	PROPERTIES	UNIT	METHOD NUMBER	Results				Remark
				Sample awal 10.00	After 20 min 10.20	After 40 min 10.40	After 1 hrs 11.00	
1	pH		IRS-024	3.97	4.03	4.06	4.17	
2	Chemical Oxygen Demand	ppm	IRS-049	18881.56	7115.77	5904.02	5865.35	

No	PROPERTIES	UNIT	METHOD NUMBER	Results				Remark
				Sample awal 12.00	After 20 min 12.20	After 40 min 12.40	After 1 hrs 13.00	
1	pH		IRS-024	3.78	3.86	3.90	3.94	
2	Chemical Oxygen Demand	ppm	IRS-049	18918.32	8018.13	6845.06	5226.30	

REPORT SUMMARY

Prepared by, Name : Yeni Maliana M Designation : Analyst Date : 19-08-2005	Corrected by, Name : Wirdalina Designation : Sr. Chemist Date : 19-08-2005	Approved by, Name : Kusmiyati Designation : Incharge Date : 19-08-2005
--------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------

NB :

1. The result of analysis are valid for the sample specified above only
2. Sampling procedure as per ILK-009

ANALYSIS REPORT OF EXTERNAL SPECIAL SAMPLE
SPECIAL SAMPLE
(Form QCC-01c)

No of report	: 037/SPC/QCC/08/2005	Condition of sample	: Good
Revision	:	Date of sampling	: 20 August 2005
Date of issue	: 20 August 2005	Time of sampling	: Unknown
Type of sampling	: Sample water	Time of analysis	: 14.00
Sender of sample	: Poly CP1 (HSE)	Reference merge	:
Page	: 1 of 1		

No	PROPERTIES	UNIT	METHOD NUMBER	Results				Remark
				Sample awal 8.30	After 20 min 8.50	After 40 min 9.10	After 1 hrs 9.30	
1	pH		IRS-024	3.88	3.99	4.63	4.10	
2	Chemical Oxygen Demand	ppm	IRS-049	19964.28	7624.85	7124.97	6732.65	

No	PROPERTIES	UNIT	METHOD NUMBER	Results				Remark
				Sample awal 10.00	After 20 min 10.20	After 40 min 10.40	After 1 hrs 11.00	
1	pH		IRS-024	3.45	3.57	3.59	3.78	
2	Chemical Oxygen Demand	ppm	IRS-049	20085.05	7178.76	6488.62	6017.78	

No	PROPERTIES	UNIT	METHOD NUMBER	Results				Remark
				Sample awal 12.00	After 20 min 12.20	After 40 min 12.40	After 1 hrs 13.00	
1	pH		IRS-024	3.48	3.60	3.67	3.98	
2	Chemical Oxygen Demand	ppm	IRS-049	19666.07	7797.95	6882.06	6488.62	

REPORT SUMMARY

Prepared by, Name : Yeni Maliana M Designation : Analyst Date : 20-08-2005	Corrected by, Name : Wirdalina Designation : Sr. Chemist Date : 20-08-2005	Approved by, Name : Kusmiyati Designation : Incharge Date : 20-08-2005
----------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------

- NB :**
- The result of analysis are valid for the sample specified above only
 - Sampling procedure as per ILK-009

ANALYSIS REPORT OF EXTERNAL SPECIAL SAMPLE
SPECIAL SAMPLE
(Form QCC-01c)

No of report	: 038/SPC/QCC/08/2005	Condition of sample	: Good
Revision	:	Date of sampling	: 22 August 2005
Date of issue	: 22 August 2005	Time of sampling	: Unknown
Type of sampling	: Sample water	Time of analysis	: 14.00
Sender of sample	: Poly CP1 (HSE)	Reference merge	:
Page	: 1 of 1		

No	PROPERTIES	UNIT	METHOD NUMBER	Results				Remark
				Sample awal 8.30	After 20 min 8.50	After 40 min 9.10	After 1 hrs 9.30	
1	pH		IRS-024	3.87	3.98	4.05	4.38	
2	Chemical Oxygen Demand	ppm	IRS-049	18119.71	6722.04	5864.73	5845.25	

No	PROPERTIES	UNIT	METHOD NUMBER	Results				Remark
				Sample awal 10.00	After 20 min 10.20	After 40 min 10.40	After 1 hrs 11.00	
1	pH		IRS-024	3.59	3.68	3.66	4.21	
2	Chemical Oxygen Demand	ppm	IRS-049	18008.58	6757.04	6320.27	6262.46	

No	PROPERTIES	UNIT	METHOD NUMBER	Results				Remark
				Sample awal 12.00	After 20 min 12.20	After 40 min 12.40	After 1 hrs 13.00	
1	pH		IRS-024	3.57	3.64	3.59	3.64	
2	Chemical Oxygen Demand	ppm	IRS-049	18194.72	7444.30	6564.35	6403.77	

REPORT SUMMARY

Prepared by, Name : Yeni Maliana M Designation : Analyst Date : 22-08-2005	Corrected by, Name : Wirdalina Designation : Sr. Chemist Date : 22-08-2005	Approved by, Name : Kusmiyati Designation : Incharge Date : 22-08-2005
----------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------

NB :

- The result of analysis are valid for the sample specified above only
- Sampling procedure as per ILK-009

ANALYSIS REPORT OF EXTERNAL SPECIAL SAMPLE
SPECIAL SAMPLE
(Form QCC-01c)

No of report	: 039/SPC/QCC/08/2005	Condition of sample	: Good
Revision	:	Date of sampling	: 23 August 2005
Date of issue	: 23 August 2005	Time of sampling	: Unknown
Type of sampling	: Sample water	Time of analysis	: 14.00
Sender of sample	: Poly CP1 (HSE)	Reference merge	:
Page	: 1 of 1		

No	PROPERTIES	UNIT	METHOD NUMBER	Results				Remark
				Sample awal 8.30	After 20 min 8.50	After 40 min 9.10	After 1 hrs 9.30	
1	pH		IRS-024	4.24	4.31	4.35	4.47	
2	Chemical Oxygen Demand	ppm	IRS-049	20086.48	7370.51	6328.68	6102.19	

No	PROPERTIES	UNIT	METHOD NUMBER	Results				Remark
				Sample awal 10.00	After 20 min 10.20	After 40 min 10.40	After 1 hrs 11.00	
1	pH		IRS-024	3.47	3.59	3.61	3.80	
2	Chemical Oxygen Demand	ppm	IRS-049	20209.78	5800.54	5164.39	4644.25	

No	PROPERTIES	UNIT	METHOD NUMBER	Results				Remark
				Sample awal 12.00	After 20 min 12.20	After 40 min 12.40	After 1 hrs 13.00	
1	pH		IRS-024	3.48	3.63	3.72	3.80	
2	Chemical Oxygen Demand	ppm	IRS-049	19613.83	6925.08	5775.13	5254.16	

REPORT SUMMARY

Prepared by, Name : Yeni Maliana M Designation : Analyst Date : 23-08-2005	Corrected by, Name : Wirdalina Designation : Sr. Chemist Date : 23-08-2005	Approved by, Name : Kusmiyati Designation : Incharge Date : 23-08-2005
----------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------

- NB :**
- The result of analysis are valid for the sample specified above only
 - Sampling procedure as per ILK-009

ANALYSIS REPORT OF EXTERNAL SPECIAL SAMPLE
SPECIAL SAMPLE
(Form QCC-01c)

No of report	: 040/SPC/QCC/08/2005	Condition of sample	: Good
Revision	:	Date of sampling	: 24 August 2005
Date of issue	: 24 August 2005	Time of sampling	: Unknown
Type of sampling	: Sample water	Time of analysis	: 14.00
Sender of sample	: Poly CP1 (HSE)	Reference merge	:
Page	: 1 of 1		

No	PROPERTIES	UNIT	METHOD NUMBER	Results				Remark
				Sample awal 8.30	After 20 min 8.50	After 40 min 9.10	After 1 hrs 9.30	
1	pH		IRS-024	3.90	4.15	4.19	4.38	
2	Chemical Oxygen Demand	ppm	IRS-049	19862.38	9122.39	6568.38	5570.65	

No	PROPERTIES	UNIT	METHOD NUMBER	Results				Remark
				Sample awal 10.00	After 20 min 10.20	After 40 min 10.40	After 1 hrs 11.00	
1	pH		IRS-024	3.80	4.68	4.72	4.99	
2	Chemical Oxygen Demand	ppm	IRS-049	19512.64	9373.10	8022.42	7387.91	

No	PROPERTIES	UNIT	METHOD NUMBER	Results				Remark
				Sample awal 12.00	After 20 min 12.20	After 40 min 12.40	After 1 hrs 13.00	
1	pH		IRS-024	3.85	3.99	4.01	4.09	
2	Chemical Oxygen Demand	ppm	IRS-049	20159.71	9429.64	7796.26	7488.43	

REPORT SUMMARY

Prepared by, Name : Yeni Maliana M Designation : Analyst Date : 24-08-2005	Corrected by, Name : Wirdalina Designation : Sr. Chemist Date : 24-08-2005	Approved by, Name : Kusmiyati Designation : Incharge Date : 24-08-2005
-------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------

- NB :**
- The result of analysis are valid for the sample specified above only
 - Sampling procedure as per ILK-009

ANALYSIS REPORT OF EXTERNAL SPECIAL SAMPLE
SPECIAL SAMPLE
(Form QCC-01c)

No of report	: 041/SPC/QCC/08/2005	Condition of sample	: Good
Revision	:	Date of sampling	: 25 August 2005
Date of issue	: 25 August 2005	Time of sampling	: Unknown
Type of sampling	: Sample water	Time of analysis	: 14.00
Sender of sample	: Poly CPI (HSE)	Reference merge	:
Page	: 1 of 1		

No	PROPERTIES	UNIT	METHOD NUMBER	Results				Remark
				Sample awal 8.30	After 20 min 8.50	After 40 min 9.10	After 1 hrs 9.30	
1	pH		IRS-024	3.99	4.30	4.35	4.42	
2	Chemical Oxygen Demand	ppm	IRS-049	18589.75	6709.91	5860.72	5706.32	

No	PROPERTIES	UNIT	METHOD NUMBER	Results				Remark
				Sample awal 10.00	After 20 min 10.20	After 40 min 10.40	After 1 hrs 11.00	
1	pH		IRS-024	3.77	3.83	3.84	4.02	
2	Chemical Oxygen Demand	ppm	IRS-049	18221.20	6353.28	6207.15	5869.92	

No	PROPERTIES	UNIT	METHOD NUMBER	Results				Remark
				Sample awal 12.00	After 20 min 12.20	After 40 min 12.40	After 1 hrs 13.00	
1	pH		IRS-024	3.71	3.75	3.82	3.86	
2	Chemical Oxygen Demand	ppm	IRS-049	18185.62	7166.50	6709.06	4162.68	

REPORT SUMMARY

Prepared by, Name : Yeni Maliana M Designation : Analyst Date : 25-08-2005	Corrected by, Name : Wirdalina Designation : Sr. Chemist Date : 25-08-2005	Approved by, Name : Kusmiyati Designation : Incharge Date : 25-08-2005
-------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------

- NB :**
- The result of analysis are valid for the sample specified above only
 - Sampling procedure as per ILK-009

ANALYSIS REPORT OF EXTERNAL SPECIAL SAMPLE
SPECIAL SAMPLE
(Form QCC-01c)

No of report	: 042/SPC/QCC/08/2005	Condition of sample	: Good
Revision	:	Date of sampling	: 26 August 2005
Date of issue	: 26 August 2005	Time of sampling	: Unknown
Type of sampling	: Sample water	Time of analysis	: 14.00
Sender of sample	: Poly CPI (HSE)	Reference merge	:
Page	: 1 of 1		

No	PROPERTIES	UNIT	METHOD NUMBER	Results				Remark
				Sample awal 8.30	After 20 min 8.50	After 40 min 9.10	After 1 hrs 9.30	
1	pH		IRS-024	4.11	4.37	4.45	4.89	
2	Chemical Oxygen Demand	ppm	IRS-049	18294.72	6438.46	6059.72	5976.28	

No	PROPERTIES	UNIT	METHOD NUMBER	Results				Remark
				Sample awal 10.00	After 20 min 10.20	After 40 min 10.40	After 1 hrs 11.00	
1	pH		IRS-024	3.61	3.71	3.87	4.15	
2	Chemical Oxygen Demand	ppm	IRS-049	18005.65	7409.94	5761.13	5541.29	

No	PROPERTIES	UNIT	METHOD NUMBER	Results				Remark
				Sample awal 12.00	After 20 min 12.20	After 40 min 12.40	After 1 hrs 13.00	
1	pH		IRS-024	3.60	3.68	3.74	4.86	
2	Chemical Oxygen Demand	ppm	IRS-049	18326.17	6709.94	6343.07	6116.76	

REPORT SUMMARY

Prepared by, Name : Yeni Maliana M Designation : Analyst Date : 26-08-2005	Corrected by, Name : Wirdalina Designation : Sr. Chemist Date : 26-08-2005	Approved by, Name : Kusmiyati Designation : Incharge Date : 26-08-2005
--------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------

NB :

1. The result of analysis are valid for the sample specified above only
2. Sampling procedure as per ILK-009

ANALYSIS REPORT OF EXTERNAL SPECIAL SAMPLE
SPECIAL SAMPLE
(Form QCC-01c)

No of report	: 043/SPC/QCC/08/2005	Condition of sample	: Good
Revision	:	Date of sampling	: 27 August 2005
Date of issue	: 27 August 2005	Time of sampling	: Unknown
Type of sampling	: Sample water	Time of analysis	: 14.00
Sender of sample	: Poly CP1 (HSE)	Reference merge	:
Page	: 1 of 1		

No	PROPERTIES	UNIT	METHOD NUMBER	Results				Remark
				Sample awal 8.30	After 20 min 8.50	After 40 min 9.10	After 1 hrs 9.30	
1	pH		IRS-024	3.86	4.00	4.05	4.24	
2	Chemical Oxygen Demand	ppm	IRS-049	20973.69	8594.94	6667.94	6323.37	

No	PROPERTIES	UNIT	METHOD NUMBER	Results				Remark
				Sample awal 10.00	After 20 min 10.20	After 40 min 10.40	After 1 hrs 11.00	
1	pH		IRS-024	3.75	3.88	3.91	4.01	
2	Chemical Oxygen Demand	ppm	IRS-049	20256.64	7873.67	6715.97	6556.06	

No	PROPERTIES	UNIT	METHOD NUMBER	Results				Remark
				Sample awal 12.00	After 20 min 12.20	After 40 min 12.40	After 1 hrs 13.00	
1	pH		IRS-024	3.97	3.90	3.95	4.13	
2	Chemical Oxygen Demand	ppm	IRS-049	19514.68	8366.18	6594.44	6504.89	

REPORT SUMMARY

Prepared by, Name : Yeni Maliana M Designation : Analyst Date : 27-08-2005	Corrected by, Name : Wirdalina Designation : Sr. Chemist Date : 27-08-2005	Approved by, Name : Kusmiyati Designation : Incharge Date : 27-08-2005
--------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------

NB :

1. The result of analysis are valid for the sample specified above only
2. Sampling procedure as per ILK-009

ANALYSIS REPORT OF EXTERNAL SPECIAL SAMPLE
SPECIAL SAMPLE
(Form QCC-01c)

No of report	: 044/SPC/QCC/08/2005	Condition of sample	: Good
Revision	:	Date of sampling	: 29 August 2005
Date of issue	: 29 August 2005	Time of sampling	: Unknown
Type of sampling	: Sample water	Time of analysis	: 14.00
Sender of sample	: Poly CP1 (HSE)	Reference merge	:
Page	: 1 of 1		

No	PROPERTIES	UNIT	METHOD NUMBER	Results				Remark
				Sample awal 8.30	After 20 min 8.50	After 40 min 9.10	After 1 hrs 9.30	
1	pH		IRS-024	3.99	4.09	4.14	4.19	
2	Chemical Oxygen Demand	ppm	IRS-049	19356.32	7546.66	6980.98	6511.73	

No	PROPERTIES	UNIT	METHOD NUMBER	Results				Remark
				Sample awal 10.00	After 20 min 10.20	After 40 min 10.40	After 1 hrs 11.00	
1	pH		IRS-024	3.68	3.77	3.83	3.84	
2	Chemical Oxygen Demand	ppm	IRS-049	19420.65	7204.62	7102.97	6524.82	

No	PROPERTIES	UNIT	METHOD NUMBER	Results				Remark
				Sample awal 12.00	After 20 min 12.20	After 40 min 12.40	After 1 hrs 13.00	
1	pH		IRS-024	3.69	3.72	3.76	3.96	
2	Chemical Oxygen Demand	ppm	IRS-049	18789.16	6877.43	6454.93	5705.25	

REPORT SUMMARY

Prepared by, Name : Yeni Maliana M Designation : Analyst Date : 29-08-2005	Corrected by, Name : Wirdalina Designation : Sr. Chemist Date : 29-08-2005	Approved by, Name : Kusmiyati Designation : Incharge Date : 29-08-2005
--------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------

- NB :**
- The result of analysis are valid for the sample specified above only
 - Sampling procedure as per ILK-009

ANALYSIS REPORT OF EXTERNAL SPECIAL SAMPLE
SPECIAL SAMPLE
(Form QCC-01c)

No of report	: 045/SPC/QCC/08/2005	Condition of sample	: Good
Revision	:	Date of sampling	: 30 August 2005
Date of issue	: 30 August 2005	Time of sampling	: Unknown
Type of sampling	: Sample water	Time of analysis	: 14.00
Sender of sample	: Poly CPI (HSE)	Reference merge	:
Page	: 1 of 1		

No	PROPERTIES	UNIT	METHOD NUMBER	Results				Remark
				Sample awal 8.30	After 20 min 8.50	After 40 min 9.10	After 1 hrs 9.30	
1	pH		IRS-024	4.17	4.52	4.86	5.42	
2	Chemical Oxygen Demand	ppm	IRS-049	18673.45	8633.82	6579.68	6085.40	

No	PROPERTIES	UNIT	METHOD NUMBER	Results				Remark
				Sample awal 10.00	After 20 min 10.20	After 40 min 10.40	After 1 hrs 11.00	
1	pH		IRS-024	3.49	3.58	3.57	3.47	
2	Chemical Oxygen Demand	ppm	IRS-049	18524.58	7617.73	7425.03	7168.11	

No	PROPERTIES	UNIT	METHOD NUMBER	Results				Remark
				Sample awal 12.00	After 20 min 12.20	After 40 min 12.40	After 1 hrs 13.00	
1	pH		IRS-024	3.62	3.70	3.72	3.80	
2	Chemical Oxygen Demand	ppm	IRS-049	18603.15	6873.27	6498.25	6239.61	

REPORT SUMMARY

Prepared by, Name : Yeni Maliana M Designation : Analyst Date : 30-08-2005	Corrected by, Name : Wirdalina Designation : Sr. Chemist Date : 30-08-2005	Approved by, Name : Kusmiyati Designation : Incharge Date : 30-08-2005
--------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------

- NB :**
- The result of analysis are valid for the sample specified above only
 - Sampling procedure as per ILK-009

ANALYSIS REPORT OF EXTERNAL SPECIAL SAMPLE
SPECIAL SAMPLE
(Form QCC-01c)

No of report	: 046/SPC/QCC/08/2005	Condition of sample	: Good
Revision	:	Date of sampling	: 31 August 2005
Date of issue	: 31 August 2005	Time of sampling	: Unknown
Type of sampling	: Sample water	Time of analysis	: 14.00
Sender of sample	: Poly CPI (HSE)	Reference merge	:
Page	: 1 of 1		

No	PROPERTIES	UNIT	METHOD NUMBER	Results				Remark
				Sample awal 8.30	After 20 min 8.50	After 40 min 9.10	After 1 hrs 9.30	
1	pH		IRS-024	3.89	4.13	4.25	4.29	
2	Chemical Oxygen Demand	ppm	IRS-049	18236.33	6265.95	6125.57	5915.00	

No	PROPERTIES	UNIT	METHOD NUMBER	Results				Remark
				Sample awal 10.00	After 20 min 10.20	After 40 min 10.40	After 1 hrs 11.00	
1	pH		IRS-024	3.68	3.83	3.84	4.02	
2	Chemical Oxygen Demand	ppm	IRS-049	19666.19	7568.83	6636.30	6572.43	

No	PROPERTIES	UNIT	METHOD NUMBER	Results				Remark
				Sample awal 12.00	After 20 min 12.20	After 40 min 12.40	After 1 hrs 13.00	
1	pH		IRS-024	3.72	3.83	3.92	4.14	
2	Chemical Oxygen Demand	ppm	IRS-049	19246.40	7338.89	6725.72	6080.61	

REPORT SUMMARY

Prepared by, Name : Yeni Maliana M Designation : Analyst Date : 31-08-2005	Corrected by, Name : Wirdalina Designation : Sr. Chemist Date : 31-08-2005	Approved by, Name : Kusmiyati Designation : Incharge Date : 31-08-2005
-------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------

- NB :**
1. The result of analysis are valid for the sample specified above only
 2. Sampling procedure as per ILK-009

ANALYSIS REPORT OF EXTERNAL SPECIAL SAMPLE
SPECIAL SAMPLE
(Form QCC-01c)

No of report	: 047/SPC/QCC/08/2005	Condition of sample	: Good
Revision	:	Date of sampling	: 1 Sept 2005
Date of issue	: 1 September 2005	Time of sampling	: Unknown
Type of sampling	: Sample water	Time of analysis	: 14.00
Sender of sample	: Poly CPI (HSE)	Reference merge	:
Page	: 1 of 1		

No	PROPERTIES	UNIT	METHOD NUMBER	Results				Remark
				Sample awal 8.30	After 20 min 8.50	After 40 min 9.10	After 1 hrs 9.30	
1	pH		IRS-024	3.97	4.03	4.05	4.43	
2	Chemical Oxygen Demand	ppm	IRS-049	19985.15	8780.87	7758.79	7218.82	

No	PROPERTIES	UNIT	METHOD NUMBER	Results				Remark
				Sample awal 10.00	After 20 min 10.20	After 40 min 10.40	After 1 hrs 11.00	
1	pH		IRS-024	3.67	3.90	3.92	4.00	
2	Chemical Oxygen Demand	ppm	IRS-049	18418.16	7172.85	6321.52	5883.14	

No	PROPERTIES	UNIT	METHOD NUMBER	Results				Remark
				Sample awal 12.00	After 20 min 12.20	After 40 min 12.40	After 1 hrs 13.00	
1	pH		IRS-024	3.64	3.81	3.85	3.99	
2	Chemical Oxygen Demand	ppm	IRS-049	18626.53	7642.94	6550.23	5800.54	

REPORT SUMMARY

Prepared by, Name : Yeni Maliana M Designation : Analyst Date : 01-09-2005	Corrected by, Name : Wirdalina Designation : Sr. Chemist Date : 01-09-2005	Approved by, Name : Kusmiyati Designation : Incharge Date : 01-09-2005
--------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------

- NB :**
1. The result of analysis are valid for the sample specified above only
 2. Sampling procedure as per ILK-009