

SKRIPSI

**PENURUNAN KONSENTRASI SURFAKTAN DBS
(*DODECYL BENZENE SULPHONATE*)
DENGAN OKSIDASI FENTON ($\text{Fe}^{2+}/\text{H}_2\text{O}_2$) DAN UV**

OLEH

EVA TRIYUNI PUJILESTARI

01.26.040



**JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

2006

LEMBAR PERSETUJUAN

SKRIPSI

**PENURUNAN KONSENTRASI SURFAKTAN DBS
(*DODECYL BENZENE SULPHONATE*)
DENGAN OKSIDASI FENTON ($\text{Fe}^{2+}/\text{H}_2\text{O}_2$) DAN UV**

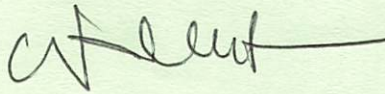
Oleh

Eva Triyuni Pujilestari

01.26.040

Menyetujui

Dosen Pembimbing



Prof. DR. Ir. Wahyono Hadi, MSc, PhD
NIP. 130806286

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Lingkungan



Sudiro, ST, MT
NIP. Y. 1039900327

LEMBAR PENGESAHAN

SKRIPSI

**PENURUNAN KONSENTRASI SURFAKTAN DBS
(*DODECYL BENZENE SULPHONATE*)
DENGAN OKSIDASI FENTON ($\text{Fe}^{2+}/\text{H}_2\text{O}_2$) DAN UV**

Oleh

Eva Triyuni Pujilestari

01.26.040

Telah dipertahankan di hadapan Dewan Penguji pada Ujian Komprehensif Skripsi Jurusan Teknik Lingkungan Jenjang Strata satu (S-1) dan diterima untuk memenuhi salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada tanggal 11 November 2006.

Mengetahui

Panitia Ujian Komprehensif Skripsi

Ketua



Sekretaris

Sudiro, ST, MT
NIP. Y. 1039900327

Dewan Penguji

Dosen Penguji I

Candra Dwiratna, ST, MT
NIP. P. 1030000349

Dosen Penguji II

Evy Hendriarianti, ST, MMT
NIP. P. 1030300382

Alhamdulillah hirobbilalamin...

First of all, I want to thank Allah Swt cause finally I was able to finish this final task

It's impossiblle for me if it's not because of God's help and guide

You may not give me things that I wanna have but You give things that I need most

My words are just not enough to show how grateful and thankful I am for every single thing that You give me

Mom and dad,

I'm so blessed to have such understanding parents like you

And I'm really grateful for that

I'm thanking you for all those prayers that you pray for me, the unconditional loves and supports that you give

You mean the world to me

I want you to know that I'll always try to be the best person I can be, be someone that you can count on and proud of

I dedicate this to you

I do love you both

My sister (mama Alik), my niece (Meme), my nephew (Caca),

Thank you for your loves

You always make me wanna come home

Mas Taufan (my brother in law),

Thank you for helping me and giving me advises

I also wanna take this opportunity to thank all the teachers and lecturers :

Sudiro, ST, MT ; DR. Ir. Hery Setyobudiarso, MSi ; Hardianto, ST ; Bovy Villa, ST ; Evy Hendriarianti, ST, MMT ; Candra Dwiratna, ST, MT ; Anis Artiyani, ST and Tuani Lidiawati, ST, MT

Bapak, ibu,

Thank you for teaching, giving and sharing your knowledges and experiences

I wouldn't be able to do this if it wasn't because of you all I've got and learnt lots of thing from you

Devi, Ika, Ina, Noi, Indra, Widi, Kadek, Putu, Taufik and Wawan,


Finally we could get through it and graduate this year

Last but off course not least,

All of my friends and everyone that I can't mention one by one (I'm sure there won't be enough spaces for that)

Thank you guys for things that you all have done for me

Ya!



SC,

You motivate me to do better and be a better person

You'll always be my inspiration

Senorita Maria (Mrs. 'throw up', oops..., sorry !!!),
Mpok Manik (Mrs. 'don't care), Lily (Mrs. Tough), Mak
Nila (Mrs. Hesitate) and Evelyn (Mrs. Active),
You all won't mind if I call you that way, will ya ? hi
hi hi

Girls, thank you for being good friends to me and for
every single thing that you all have done for me
I've never had kind of this relationship before
I won't forget all those good-bad times that we had
spent together

I'm gonna miss your jokes, laughs and our times
together

Gina,

Thank you for lending me your book and giving me the
information that I needed

It was really helpful and still it is

Meong,

My 'big niece' who's still learning how to behave like an adult
but you could understand me and you were being patience to me
even when I was't in my mood

Thank you for everything, especially for allowing me to use your
computer like my own

Krisna,

Thank you for your kindness

You know what ?

I was so glad to know that I was fit in

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penyusun dapat menyelesaikan laporan skripsi dengan judul Penurunan Konsentrasi Surfaktan DBS (*Dodecyl Benzene Sulphonate*) dengan Oksidasi Fenton ($\text{Fe}^{2+}/\text{H}_2\text{O}_2$) dan UV ini dengan baik.

Laporan skripsi ini dimaksudkan untuk memenuhi syarat menyelesaikan Program Pendidikan Sarjana (S1) di Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang.

Selama penyusunan laporan skripsi, penyusun memperoleh banyak bantuan dari berbagai pihak. Dan pada kesempatan ini, penyusun menyampaikan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. DR. Ir. Wahyono Hadi, MSc, PhD selaku Dosen Pembimbing.
2. Ibu Candra Dwiratna, ST, MT selaku Kepala Laboratorium Lingkungan.
3. Ibu Evy Hendriarianti, ST, MMT, Tuani Lidiawati, ST, MT, Candra Dwiratna, ST, MT, Anis Artiyani, ST dan Bapak DR. Ir. Hery Setyobudiarso, MSi atas saran dan bimbingannya.
4. Bapak Sudiro, ST, MT selaku Ketua Jurusan Teknik Lingkungan.
5. Papa dan ibu.
6. Teman-teman TL, khususnya 2001.

Penyusun menyadari bahwa laporan ini masih banyak kekurangan, oleh karena itu saran kritik penyusun harapkan untuk perbaikan laporan yang akan datang.

Akhir kata, penyusun berharap semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi para pembaca.

Malang, September 2006

Penyusun

Triyuni Pujilestari, Eva. 2006. Penurunan Konsentrasi Surfaktan DBS (*Dodecyl Benzene Sulphonate*) dengan Oksidasi Fenton ($\text{Fe}^{2+}/\text{H}_2\text{O}_2$) dan UV. Skripsi, Jurusan Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Nasional Malang. Pembimbing : Prof. DR. Ir. Wahyono Hadi, MSc, PhD.

ABSTRAK

Semakin banyaknya jumlah limbah deterjen yang dibuang ke badan air tidak jarang menyebabkan permasalahan seperti terbentuknya busa pada permukaan perairan, eutrofikasi, terganggunya proses transfer oksigen dan kesehatan masyarakat. Hal ini terjadi karena deterjen merupakan salah satu kontaminan yang tidak mudah diuraikan dengan menggunakan pengolahan biasa. Maka dalam penelitian ini dilakukan alternatif pengolahan limbah deterjen dengan proses oksidasi lanjut menggunakan *Fenton's reagent* dan UV. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui pengaruh penambahan *Fenton's reagent* dengan perbandingan konsentrasi yang berbeda dalam penurunan konsentrasi surfaktan dan pengaruh penggunaan UV terhadap optimalisasi oksidasi oleh *Fenton's reagent*.

Proses oksidasi *Fenton's reagent* dan UV merupakan sistem pengolahan dengan cara membangkitkan potensial oksidasi kimia yang besar seperti hidroksil radikal, yang diperoleh dari reaksi antara H_2O_2 sebagai oksidan dan ion besi dari FeSO_4 sebagai katalis. Proses oksidasi tersebut dilakukan dengan menggunakan reaktor *batch*. Limbah yang digunakan adalah surfaktan sintetis *Dodecyl Benzene Sulphonate* (DBS). Limbah tersebut akan mengalami variasi perlakuan berupa penambahan FeSO_4 dan H_2O_2 dengan perbandingan yang berbeda dan lama waktu oksidasi. Analisa konsentrasi surfaktan dilakukan dengan menggunakan metode MBAS.

Dari hasil penelitian diperoleh persentase penurunan surfaktan tertinggi 60,85%, terjadi pada penggunaan *Fenton's reagent* dengan perbandingan konsentrasi 1 : 15 waktu oksidasi 3 jam. Sedangkan dengan menggunakan kombinasi antara *Fenton's reagent* dan UV diperoleh persentase penurunan surfaktan tertinggi 99,83% yaitu pada penggunaan *Fenton's reagent* dengan perbandingan konsentrasi dan waktu oksidasi 3 jam.

Kata Kunci : Surfaktan, H_2O_2 , *Fenton's Reagent*, Ultraviolet, Hidroksil Radikal.

Triyuni Pujilestari, Eva. 2006. DBS (Dodecyl Benzene Sulphonate) Surfactan Concentration Reduction with Fenton ($\text{Fe}^{2+}/\text{H}_2\text{O}_2$) Oxidation and UV. Minithesis, Enviromental Engineering, National Institute of Technology Malang. Supervisor : Prof. DR. Ir. Wahyono Hadi, MSc, PhD.

ABSTRAC

Great amaount of detergent waste thrown into water bank often causes problems, such as foam formation at water surface, eutrophication, disturbed oxygen transfer process and public health. These problems remain important because the detergent refers to one of unlikely dissolved contaminant even through common processing. Research presents, therefore, the alternatives of detergent waste processing in advanced oxidation process through using Fenton's reagent and UV. Research objectives will be to be observe the effect of additional Fenton's reagent with different concentration comparison to reduce surfactant concentration and to examine the effect of UV utilization on oxidation optimization by Fenton's reagent.

Oxidation process of Fenton's reagent and UV constitutes the processing system involving the generation of higher chemical oxidation potentials, likes hydroxyl radical, resulted from reaction of H_2O_2 as oxidant and iron ion of FeSO_4 as catalyst. Oxidation process used concerns with batch reactor. The waste considered will be synthetic surfactant of Dodecyl Benzene Sulphonate (DBS). This waste receives treatment variation including additional FeSO_4 and H_2O_2 in different comparison and oxidation timing length. Analyzing surfactant concentration must be conducted by using MBAS method.

Results of research indicate that the highest surfactant decrement percentage reaches about 60.85% that occurring in Fenton's reagent within concentration comparison of 1 : 15 and oxidation timing of 3 hours. The use of combination between Fenton's reagent and UV results in the highest surfactant decrement percentage of 99.83%, especially the use of Fenton's reagent within concentration comparison of 1 : 5 and oxidation timing of 3 hours.

Keywords : Surfactant, H_2O_2 , Fenton's Reagent, Hydroxyl Radical.

DAFTAR ISI

Kata Pengantar	i
Abstrak	ii
Abstrac	iii
Daftar Isi	iv
Daftar Tabel	vii
Daftar Gambar	ix
Daftar Lampiran	x
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Permasalahan.....	2
1.3. Rumusan Masalah	2
1.4. Tujuan Penelitian.....	3
1.5. Manfaat Penelitian.....	3
1.6. Ruang Lingkup.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Deterjen.....	4
2.2. Surfaktan	6
2.3. Pengaruh Deterjen terhadap Lingkungan	8
2.4. Proses Oksidasi Lanjut (<i>Advanced Oxidation Processes- AOPs</i>).....	9
2.5. Hidrogen Peroksida (H ₂ O ₂).....	11
2.6. Cahaya	12
2.6.1. Teori Gelombang Elektromagnetik.....	12
2.6.2. Ultraviolet.....	13
2.6.3. Sifat Cahaya.....	15
2.6.4. Energi Cahaya.....	16
2.7. <i>Fenton's Reagent</i>	19
2.8. Mekanisme Reaksi.....	20

2.9. Metode Pengolahan Data	21
2.9.1. Statistik Deskriptif	21
2.9.2. Statistik Inferensi	24
2.9.3. Generalisasi dan Kesimpulan Analisa Data	27

BAB III METODOLOGI

3.1. Persiapan Bahan Kimia.....	28
3.2. Persiapan Alat	28
3.3. Kurva Kalibrasi	29
3.4. Variasi Perlakuan	30
3.5. Pengoperasian Reaktor	31
3.6. Analisa Parameter.....	32

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Radiasi Ultraviolet.....	34
4.1.1. Hasil Penelitian	34
4.1.2. Analisa Deskriptif	34
4.1.3. Analisa ANOVA.....	36
4.1.4. Analisa Korelasi.....	36
4.1.5. Analisa Regresi	37
4.1.6. Pembahasan Radiasi Ultraviolet.....	39
4.2. Oksidasi <i>Fenton's Reagent</i>	42
4.2.1. Hasil Penelitian	42
4.2.2. Analisa Deskriptif	42
4.2.3. Analisa ANOVA.....	44
4.2.4. Analisa Korelasi.....	44
4.2.5. Analisa Regresi	45
4.2.6. Pembahasan Oksidasi <i>Fenton's Reagent</i>	48
4.3. Oksidasi <i>Fenton's Reagent</i> dan Ultraviolet	50
4.3.1. Hasil Penelitian	50
4.3.2. Analisa Deskriptif	50
4.3.3. Analisa ANOVA.....	52

4.3.4. Analisa Korelasi.....	52
4.3.5. Analisa Regresi.....	53
4.3.6. Pembahasan Oksidasi <i>Fenton's Reagent</i> dan Ultraviolet.....	56
4.4. Pembahasan Radiasi Ultraviolet, Oksidasi <i>Fenton's Reagent</i> dan Oksidasi <i>Fenton's Reagent</i> /Ultraviolet.....	57

BAB V PENUTUP

5.1. Kesimpulan	60
5.2. Saran	60

Daftar Pustaka

Lampiran

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Potensial Oksidasi Beberapa Oksidator.....	10
Tabel 2.2.	Proses Oksidasi Lanjut dengan Kombinasi Katalis dan Oksidan yang Berbeda.....	10
Tabel 2.3.	Koefisien Korelasi <i>Guilford</i>	25
Tabel 3.1.	Pengoperasian Reaktor	31
Tabel 4.1.	Konsentrasi Akhir Surfaktan setelah Diradiasi dengan UV	34
Tabel 4.2.	Persentase Penurunan Surfaktan oleh Radiasi UV.....	35
Tabel 4.3.	Hasil Uji ANOVA Persentase Penurunan Surfaktan.....	36
Tabel 4.4.	Korelasi antara Persentase Penurunan Surfaktan dan Waktu	37
Tabel 4.5.	Koefisien Persamaan Regresi Persentase Penurunan Surfaktan	37
Tabel 4.6.	Hasil Uji Kelinieran Analisa Regresi Persentase Penurunan Surfaktan.....	39
Tabel 4.7.	Konsentrasi Akhir Surfaktan setelah Dioksidasi dengan <i>Fenton's Reagent</i>	42
Tabel 4.8.	Persentase Penurunan Surfaktan oleh <i>Fenton's Reagent</i>	43
Tabel 4.9.	Hasil Uji ANOVA Persentase Penurunan Surfaktan.....	44
Tabel 4.10.	Korelasi antara Persentase Penurunan Surfaktan, Konsentrasi dan Waktu.....	45
Tabel 4.11.	Koefisien Persamaan Regresi Persentase Penurunan Surfaktan	46
Tabel 4.12.	Hasil Uji Kelinieran Analisa Regresi Persentase Penurunan Surfaktan.....	47
Tabel 4.13.	<i>Fenton's Reagent</i> dan Aplikasinya.....	49
Tabel 4.14.	Konsentrasi Akhir Surfaktan setelah Dioksidasi dengan <i>Fenton's Reagent</i> dan UV	50
Tabel 4.15.	Persentase Penurunan Surfaktan oleh <i>Fenton's Reagent</i> dan UV...	51

Tabel 4.16.	Hasil Uji ANOVA Persentase Penurunan Surfaktan.....	52
Tabel 4.17.	Korelasi antara Persentase Penurunan Surfaktan, Konsentrasi dan Waktu.....	53
Tabel 4.18.	Koefisien Persamaan Regresi Persentase Penurunan Surfaktan	54
Tabel 4.19.	Hasil Uji Kelinieran Analisa Regresi Persentase Penurunan Surfaktan	55

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Bagian Hidrofobik dan Hidrofilik dari Surfaktan Anion.....	6
Gambar 2.2.	<i>Dodecyl Benzene Sulphonate</i> (DBS).....	7
Gambar 2.3.	Skema Cara Kerja Surfaktan.....	8
Gambar 2.4.	Struktur Hidrogen Peroksida.....	12
Gambar 2.5.	Pembagian Spektrum Elektromagnetik	13
Gambar 2.6.	Pembagian Spektrum Ultraviolet	14
Gambar 2.7.	Pemantulan Cahaya	15
Gambar 2.8.	Pembiasan Cahaya.....	16
Gambar 2.9.	Persamaan Planck Hubungan Antara Panjang Gelombang dan Energi Foton.....	17
Gambar 2.10.	<i>Lambert's Cosine Law</i>	18
Gambar 2.11.	Pengaruh Jarak terhadap Daya Radiasi.....	19
Gambar 2.12.	Diagram Kontrol <i>Shewart</i>	23
Gambar 3.1.	Reaktor Oksidasi	28
Gambar 3.2.	Kerangka Metodologi Penelitian.....	33
Gambar 4.1.	Grafik Penurunan Surfaktan oleh Radiasi UV	35
Gambar 4.2.	Grafik Penurunan Surfaktan oleh <i>Fenton's Reagent</i>	43
Gambar 4.3.	Grafik Penurunan Surfaktan oleh <i>Fenton's Reagent</i> dan Radiasi UV	51

DAFTAR LAMPIRAN

- **Prosedur Analisa Surfaktan**
- **Hasil Analisa Data Penelitian**
- **Hasil Analisa Statistik Data Penelitian**
- **Dokumentasi Penelitian**

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Dari tahun ke tahun kebutuhan deterjen sintetik oleh masyarakat terus mengalami peningkatan. Hal tersebut terjadi karena deterjen sebagai bahan pembersih mempunyai daya cuci yang lebih baik jika dibandingkan dengan bahan pembersih lain. Selain itu, deterjen tidak terpengaruh oleh adanya ion-ion kesadahan di dalam air. Peningkatan penggunaan deterjen sebagai bahan pembersih tersebut akan mempengaruhi jumlah limbah deterjen yang dibuang ke badan air. Banyaknya limbah deterjen yang dibuang secara langsung ke badan air dapat menimbulkan perubahan lingkungan bahkan tidak jarang menyebabkan terjadinya beberapa permasalahan seperti terbentuknya busa pada permukaan perairan, eutrofikasi, terganggunya proses transfer oksigen dan kesehatan masyarakat.

Untuk mengurangi dampak negatif dari keberadaan limbah deterjen di lingkungan, maka perlu dilakukan pengolahan limbah deterjen. Pada umumnya metode pengolahan yang digunakan adalah *trickling filter*, adsorpsi dan koagulasi. Namun, beberapa metode pengolahan limbah deterjen tersebut seringkali memberikan hasil yang kurang optimal dan memuaskan. Salah satu penyebabnya adalah keberadaan surfaktan sebagai bahan pembersih utama dalam deterjen memiliki struktur kimia yang tidak mudah untuk diuraikan.

Dalam penelitian ini, surfaktan akan diolah menggunakan proses oksidasi lanjut (*Advanced Oxidation Processes-AOPs*). Dalam pengolahan air limbah dan air minum, proses oksidasi lanjut merupakan teknologi yang relatif masih baru. Teknologi ini merupakan alternatif dari proses pengolahan konvensional yang berfungsi untuk mengolah kontaminan yang sulit dihilangkan dengan pengolahan biasa. Melalui proses oksidasi lanjut, penghilangan kontaminan yang sifatnya sulit terurai maupun toksik dapat hilang relatif permanen (Forbes, 1998 dalam Hariawan, 2004). Proses oksidasi lanjut akan mengubah zat-zat organik menjadi

produk yang tidak berbahaya seperti air, karbondioksida dan senyawa anorganik lainnya. Salah satu teknologi *AOPs* adalah oksidasi oleh Fenton atau *Fenton's reagent*. Proses oksidasi oleh *Fenton's reagent* merupakan proses oksidasi yang melibatkan H_2O_2 sebagai oksidan dan ion besi (Fe^{2+} atau Fe^{3+}) yang diperoleh dari garam FeSO_4 atau FeCl_3 sebagai katalis. Reaksi antara oksidan dan katalis tersebut akan menghasilkan hidroksil radikal ($\cdot\text{OH}$) yang memiliki kemampuan untuk mengoksidasi senyawa organik seperti surfaktan.

1.2. Permasalahan

Salah satu surfaktan anionik dalam deterjen yang umum digunakan adalah DBS (*Dodecyl Benzene Sulphonate*). Adanya rantai panjang hidrokarbon bercabang menyebabkan surfaktan jenis ini tidak mudah diuraikan oleh mikroorganisme sehingga dikategorikan sebagai senyawa '*non-biodegradable*'. Selain itu, cincin benzene yang terdapat dalam surfaktan dapat berikatan dengan klor membentuk organoklorin yang bersifat karsinogenik. Mengingat bahwa keberadaan surfaktan ini dapat terakumulasi di lingkungan, maka perlu dilakukan pengolahan agar nantinya tidak menimbulkan permasalahan dan pencemaran lingkungan.

Salah satu alternatif pengolahan yang dapat digunakan adalah dengan metode oksidasi lanjut, menggunakan oksidasi oleh Fenton atau *Fenton's reagent*. Oksidasi oleh *Fenton's reagent* merupakan oksidasi yang melibatkan H_2O_2 sebagai oksidan dan ion besi (Fe^{2+} atau Fe^{3+}) sebagai katalis, menghasilkan hidroksil radikal ($\cdot\text{OH}$) yang mempunyai peranan dalam menguraikan polutan organik seperti surfaktan.

1.3. Rumusan Masalah

1. Bagaimanakah pengaruh variasi perbandingan FeSO_4 dan H_2O_2 terhadap penurunan konsentrasi surfaktan ?
2. Bagaimanakah pengaruh radiasi ultraviolet terhadap optimalisasi oksidasi oleh *Fenton's reagent* ?

1.4. Tujuan Penelitian

1. Mengetahui pengaruh variasi perbandingan FeSO_4 dan H_2O_2 terhadap penurunan konsentrasi surfaktan.
2. Mengetahui pengaruh radiasi ultraviolet terhadap optimalisasi oksidasi oleh *Fenton's reagent*.

1.5. Manfaat Penelitian

Sebagai teknologi alternatif dalam proses pengolahan limbah cair khususnya surfaktan yang terdapat dalam deterjen.

1.6. Ruang Lingkup

1. Penelitian ini dilakukan dalam skala laboratorium.
2. Proses yang digunakan untuk analisa adalah proses *batch*.
3. Sampel limbah yang digunakan adalah surfaktan sintetis, jenis DBS (*Dodecyl Benzene Sulphonate*) dengan konsentrasi 10 mg/L.
4. H_2O_2 yang digunakan adalah H_2O_2 50% teknis.
5. Parameter yang diukur adalah konsentrasi surfaktan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Deterjen

Deterjen adalah golongan molekul organik yang digunakan sebagai bahan pembersih pengganti sabun. Bahan dasar dari deterjen adalah minyak nabati atau minyak bumi. Fraksi minyak bumi yang digunakan adalah senyawa hidrokarbon parafin dan olefin (Sugiharto, 1987). Deterjen sebagai pembersih mengandung bahan yang mempunyai sifat aktif permukaan (surfaktan). Surfaktan ini digunakan untuk proses pembasahan dan pengikatan kotoran sehingga sifat deterjen dapat berbeda bergantung pada jenis surfaktannya (Kirk-Othmer, 1983). Pada umumnya deterjen yang ada di pasaran mengandung 20%-40% surfaktan, sedangkan sisanya adalah bahan kimia yang biasa disebut *additives* atau *detergent builders*, yang berfungsi untuk meningkatkan daya bersih deterjen (Longman, 1976 dalam Hariawan, 2004).

Menurut Malik dan Dhingra, 1975 (dalam Hariawan, 2004), secara umum *detergent builders* dapat dibagi menjadi beberapa golongan, yaitu :

1. Zat pengembang serabut

Adalah zat yang mampu mengembungkan serabut-serabut kain untuk membantu proses pembersihan. Mekanismenya adalah dengan membuat serabut-serabut lebih hidrofilik sehingga larutan dapat masuk ke sela-sela serabut tersebut.

Contoh : *buffer alkaline*.

2. *Sequestering* atau *Chelating agent*

Merupakan zat pelunak air yang apabila bergabung dengan ion-ion logam termasuk garam Ca dan Mg yang berada dalam air sadah akan membentuk senyawa kompleks yang dapat larut dalam air.

Contoh : *sodium tripolyphosphate* (STTP), $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ dan $\text{Na}_6\text{P}_6\text{O}_8$.

3. Zat-zat inhibitor

Zat-zat inhibitor ditambahkan dalam deterjen dengan maksud untuk mencegah terjadinya proses korosi atau penggoresan terhadap benda-benda yang dibersihkan.

Contoh : kromat, gelatin dan silikat.

4. Zat yang dapat meningkatkan sifat aktif permukaan

Yaitu senyawa yang dapat meningkatkan sifat aktif deterjen yang bersifat anionik.

Contoh : Na_2CO_3 .

5. Zat penstabil busa

Merupakan zat yang berguna untuk menstabilkan busa sehingga dapat meningkatkan daya bersih deterjen.

Contoh : trialkil melamin dan monokloro dialkil amino.

6. Zat anti redeposisi

Merupakan zat yang berguna untuk mempertahankan kotoran tersuspensi dalam air cucian setelah penghilangan kotoran dari bahan yang dicuci.

Contoh : *Carboxyl Methyl Cellulose (CMC)*.

7. Zat pewangi

Merupakan zat yang ditambahkan dalam deterjen untuk memberikan pengaruh bau harum.

8. Zat anti bakteri

Zat ini berfungsi untuk membunuh bakteri atau kuman yang berada dalam pakaian sehingga pakaian tidak bau apabila disimpan dalam waktu yang lama.

Contoh : TCC dan irgasan.

9. *Fluorescent brightening agent* atau *Optical brightening*

Adalah zat yang mampu meningkatkan kualitas kain atau benda yang sudah dicuci, seperti zat yang mampu memutihkan kain yang sudah kusam kekuningan atau zat yang mampu mencemerlangkan warna pada kain.

Contoh : diamino etil benzene dan *benzidine dazole benzo coumarin*.

2.2. Surfaktan

SURFace ACTive AgeNT (surfaktan) merupakan zat aktif permukaan atau tensides yang dapat menyebabkan turunnya tegangan permukaan cairan, khususnya air (Connel dan Miller, 1995).

Surfaktan (Kirk-Othmer, 1983) adalah bahan utama penyusun deterjen yang berfungsi dalam proses pembersihan (*cleaning*), pembusaan (*foaming*), pembasahan (*wetting*), pengemulsian (*emulsifying*), pelarutan (*solubizing*) dan pendispersi (*dispersing*).

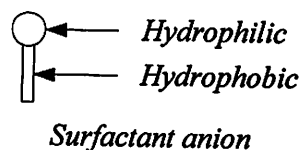
Berdasarkan sifat dari struktur molekul kimianya, surfaktan dapat dibedakan menjadi :

1. Bagian hidrofobik

Bagian surfaktan ini merupakan rantai panjang hidrokarbon parafin pada cincin aromatik yang bersifat non polar, menolak air (*hydrophobic*), larut dalam minyak dan lemak serta berfungsi untuk mengikat pengotor (*dirt*).

2. Bagian hidrofilik

Bagian surfaktan ini bersifat polar, suka terhadap air (*hydrophilic*) dan berfungsi sebagai pembasah dengan cara mematahkan ikatan hidrogen dalam air sehingga terjadi penurunan tegangan permukaan.



Gambar 2.1. Bagian Hidrofobik dan Hidrofilik dari Surfaktan Anion

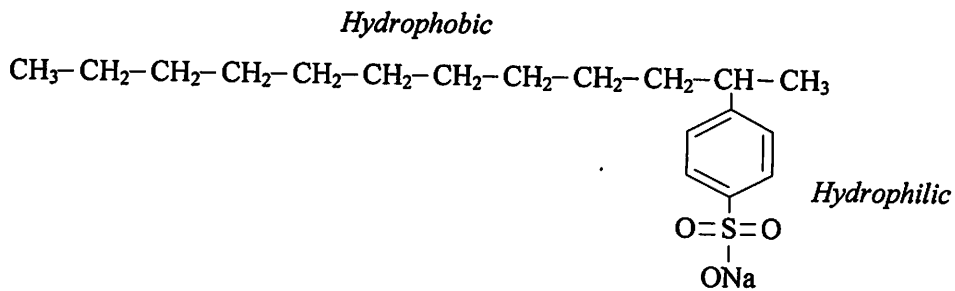
(Sumber : Kirk-Othmer, 1983)

Sedangkan menurut sifat penggugusan polarnya (bagian hidrofilik), struktur kimia surfaktan dapat dibagi lagi menjadi (Connel dan Miller, 1995 dan Kirk-Othmer, 1983) :

1. Anionik

Bagian hidrofilik ini mempunyai muatan negatif dan umumnya merupakan grup sulfat ($-\text{O}-\text{SO}_3^-$) dan gugus sulfonat ($-\text{SO}_3^-$).

Contoh : DBS (*Dodecyl Benzene Sulphonate*) dan LAS (*Linear Alkyl Sulphonate*).



Gambar 2.2. DBS (*Dodecyl Benzene Sulphonate*)

(Sumber : Fardiaz, 1992)

2. Kationik

Bagian hidrofiliknya mempunyai muatan positif dan umumnya merupakan senyawa amonium.

Contoh : *trimethyl ammonium chloride* dan $\text{RN}^+(\text{CH}_3)_3$.

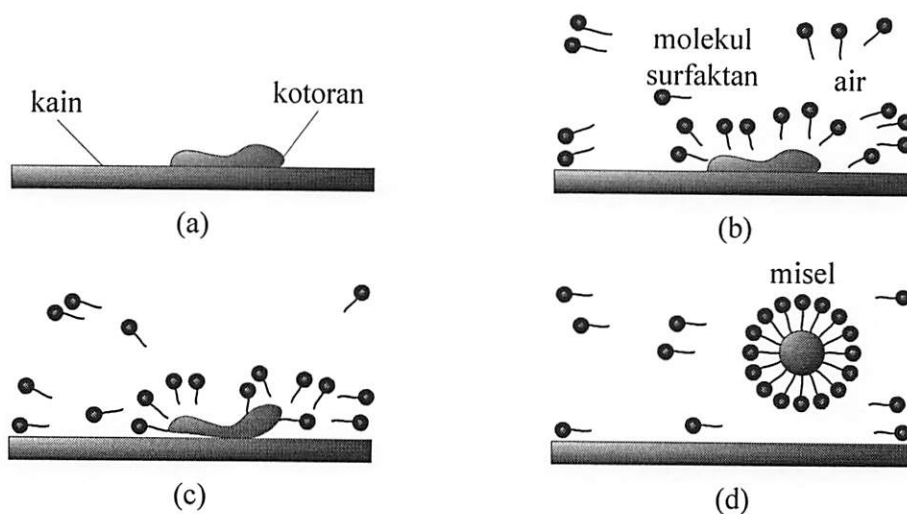
3. Nonionik

Bagian hidrofiliknya tidak mempunyai muatan dan umumnya berasal dari turunan struktur polihidroksi atau polietoksi.

Contoh : *ethoksilat fatty alcohol* dan *alcyl dietanol amide*.

Pengotor umumnya melekat pada kain dalam bentuk lapisan minyak yang tipis. Jika lapisan minyak ini dapat dibuang, maka partikel-partikel pengotor dapat dikatakan tercuci. Molekul-molekul surfaktan terdiri dari rantai hidrokarbon yang panjang dengan gugus ionik yang sangat polar pada salah satu ujungnya. Rantai karbon ini bersifat hidrofobik (tertarik atau larut dalam minyak dan lemak) dan ujungnya yang polar bersifat hidrofilik (tertarik atau larut dalam air). Rantai karbon yang non polar atau hidrofobik terdapat di bagian tengah misel (*micell*). Ujung yang polar atau hidrofilik membentuk permukaan misel yang berhubungan dengan air. Pada waktu bertindak dalam melepaskan kotoran, moleku-molekul surfaktan mengelilingi dan mengemulsikan butiran minyak atau lemak. Ekor molekul surfaktan yang hidrofobik larut dalam minyak. Ujung rantai yang

hidrofilik memanjang menuju ke air. Dengan cara ini, butiran minyak dimantapkan dalam larutan air, karena muatan permukaan yang negatif tidak akan bersentuhan langsung dengan molekul pengotor. Sifat lain yang menonjol dari surfaktan adalah rendahnya tegangan permukaan yang memberikan kekuatan pembasah pada surfaktan jika dibandingkan dengan air biasa. Gabungan kekuatan pengemulsi dan sifat permukaanlah yang memungkinkan surfaktan untuk melarutkan lemak, minyak, oli dari permukaan yang kotor. Surfaktan mengemulsikannya dan mencucinya.



Gambar 2.3. Skema Cara Kerja Surfaktan

Kotoran atau bercak lemak pada bahan cucian (a) ; Molekul surfaktan menarik kotoran dengan gugus non polarnya (b) ; Kotoran mulai terangkat (c) ; Kotoran didispersikan dalam air (d)

(Sumber : Purba, 1999)

2.3. Pengaruh Deterjen terhadap Lingkungan

Pengaruh deterjen terhadap lingkungan bergantung pada jenis zat-zat kimia yang terdapat dalam deterjen, terutama dari bentuk rantai kimia dan gugus fungsi surfaktan. Adapun beberapa dampak negatif yang ditimbulkan oleh keberadaan deterjen di lingkungan adalah sebagai berikut :

1. Reaksi antara benzene (yang terdapat dalam surfaktan) dan klor akan membentuk organoklorin yang bersifat karsinogenik (Anonymous, 2001).
2. Lapisan permukaan molekul surfaktan pada batas antarfase udara-air dapat mencegah perpindahan oksigen (Prat dan Giraud, 1961 dalam Connel dan Miller, 1995).
3. Selain sebagai *detergent builder*, fosfat juga berfungsi sebagai pupuk yang dapat merangsang pertumbuhan tanaman sedemikian besar (eutrofikasi perairan) sehingga menghabiskan oksigen yang larut dalam air dan menyebabkan kematian ikan-ikan (Hart-Suminar, 1983).

2.4. Proses Oksidasi Lanjut (*Advanced Oxidation Processes-AOPs*)

Dalam pengolahan air minum ataupun air limbah, proses oksidasi lanjut merupakan teknologi yang relatif masih baru. Teknologi ini merupakan alternatif dari proses pengolahan limbah konvensional yang berfungsi untuk mengolah kontaminan yang sulit dihilangkan dengan pengolahan biasa. Penghilangan kontaminan yang sifatnya sulit terurai maupun toksik dengan teknologi *AOPs* ini dapat hilang relatif permanen (Forbes, 1998 dalam Hariawan, 2004).

Proses oksidasi lanjut merupakan sistem pengolahan dengan cara membangkitkan potensial oksidasi kimia yang besar seperti hidroksil radikal ($\bullet\text{OH}$). Dalam penghilangan kontaminan organik, baik dalam udara maupun air yang tercemar, teknologi ini penting dan digunakan secara luas untuk mempercepat proses oksidasi.

Hidroksil radikal merupakan oksidator kuat dan salah satu spesimen kimia yang paling reaktif dibawah fluorin. Hidroksil radikal merupakan bentuk spesimen yang dibangkitkan karena kehilangan satu elektronnya sehingga sangat tidak stabil. Ketidakstabilan spesimen ini akan langsung bereaksi dengan senyawa kimia yang kontak dengan hidroksil radikal dan mengoksidasi dengan sempurna senyawa organik yang terlarut (Kito, 1998 dalam Hariawan, 2004).

Hidroksil radikal sangat reaktif walaupun tidak bermuatan positif atau negatif karena adanya elektron yang tidak berpasangan. Hidroksil radikal

mempunyai usia singkat, sangat reaktif dan berenergi tinggi (Fessenden dan Fessenden, 1986).

Dalam proses oksidasi lanjut, hidroksil radikal tersebut dapat mengubah senyawa organik menjadi produk yang tidak berbahaya seperti air, karbondioksida dan senyawa anorganik lainnya melalui 3 mekanisme (Huang et al., 1993 dalam Tang, 2004), yaitu : pemisahan hidrogen (*hydrogen abstraction*), transfer elektron (*electron transfer*) dan hidroksilasi (*hydroxylation*).

Tabel 2.1. Potensial Oksidasi Beberapa Oksidator

Reaktif Spesimen	Potensial Oksidasi (Volt)
<i>Fluorine</i>	3,0
<i>Hydroxyl radical</i>	2,8
<i>Ozone</i>	2,1
<i>Hydrogen peroxide</i>	1,8
<i>Potassium permanganate</i>	1,7
<i>Chlorine dioxide</i>	1,5
<i>Chlorine</i>	1,4

(Sumber : <http://www.H2O2.com>)

Tabel 2.2. Proses Oksidasi Lanjut dengan Kombinasi Katalis dan Oksidan yang Berbeda

Katalis	Logam/Ion			Oksida Logam		Oksidan			Foton	<i>Ultrasound</i>	Elektron
	Fe ²⁺	Fe	Pt	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	OH ⁻	O ₃	H ₂ O ₂	UV	US	e ⁻ (reduktan)
O ₃	x	x	x		x	x		x	x	x	
H ₂ O ₂	x	x	x	x	x		x		x	x	
O ₂	x	x	x	x						x	
H ₂ O				x						x	
TiO ₂									x		x

Catatan : x menunjukkan kombinasi yang dapat menghasilkan hidroksil radikal

(Sumber : Tang, 2004)

Di dalam reaksi fotokimia ada beberapa senyawa yang bisa mengganggu jalannya reaksi, yaitu :

1. Ion karbonat/bikarbonat

Ion karbonat dan bikarbonat seperti HCO_3^- dan CO_3^{2-} dapat mempengaruhi fotolisis hidrogen peroksida dalam media larutan. Ion-ion tersebut diindikasikan dapat mengkonsumsi hidroksil radikal. Reaksi antara hidroksil radikal dengan HCO_3^- dan CO_3^{2-} menghasilkan bentuk karbonat radikal (HCO_3^\bullet dan CO_3^\bullet). Peningkatan konsentrasi dari karbonat radikal ini akan mengurangi konsentrasi dari hidroksil radikal dan mengurangi laju penguraian dari zat organik.

2. Zat organik alami

Proses degradasi dari polutan organik bisa terjadi dengan fotolisis secara langsung. Namun, kehadiran beberapa pengabsorpsi UV memungkinkan adanya efek yang signifikan tidak hanya pada laju fotolisis hidrogen peroksida tetapi juga laju fotolisis dari substrat karena penyerapan foton terhalangi oleh kehadiran dari zat organik alami.

3. *Inorganic hydroxyl radical scavenger*

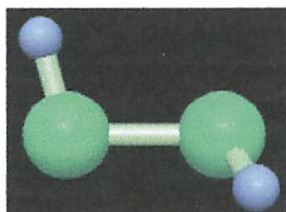
Scavenger adalah istilah yang digunakan bagi substrat yang bereaksi dengan hidroksil radikal tetapi tidak menghasilkan spesies, yang mempropagasi dalam rantai reaksi. *Scavenger* dapat menghalangi proses oksidasi dengan cara mengkonsumsi hidroksil radikal, hidrogen peroksida dan mengabsorpsi UV. Substrat yang termasuk *scavenger* adalah hidrogen peroksida berlebih, substansi humik, ion karbonat atau bikarbonat. *Scavenger* radikal bebas adalah senyawa yang mengkonsumsi spesies kimia, yang mempunyai setidaknya 1 elektron yang tidak berpasangan.

2.5. Hidrogen Peroksida (H_2O_2)

Hidrogen peroksida merupakan suatu asam lemah berupa cairan jernih, tidak berwarna yang tampak seperti air dan dapat larut dalam air dalam semua perbandingannya.

Hidrogen peroksida pertama kali diproduksi secara komersial pada tahun 1880 dengan membakar garam barium menjadi barium peroksida dan dilarutkan dalam air menghasilkan H_2O_2 . Dalam perkembangannya, H_2O_2 diproduksi dalam skala lebih besar melalui metode auto oksidasi (*auto oxidaton, AO*) dengan menggunakan hidrogen sebagai bahan baku.

Hidrogen peroksida adalah salah satu oksidator kuat, lebih kuat dari klorin, klorin dioksida dan kalium permanganat. Selain itu, hidrogen peroksida dapat membentuk hidroksil radikal ($\bullet OH$) yang reaktifitasnya hanya dibawah fluorin. Sebagai oksidator yang kuat, pada umumnya hidrogen peroksida digunakan sebagai pemutih (*bleaching*), bahan antiseptik, pengontrol bau maupun untuk mengolah air limbah.



Gambar 2.4. Struktur Hidrogen Peroksida

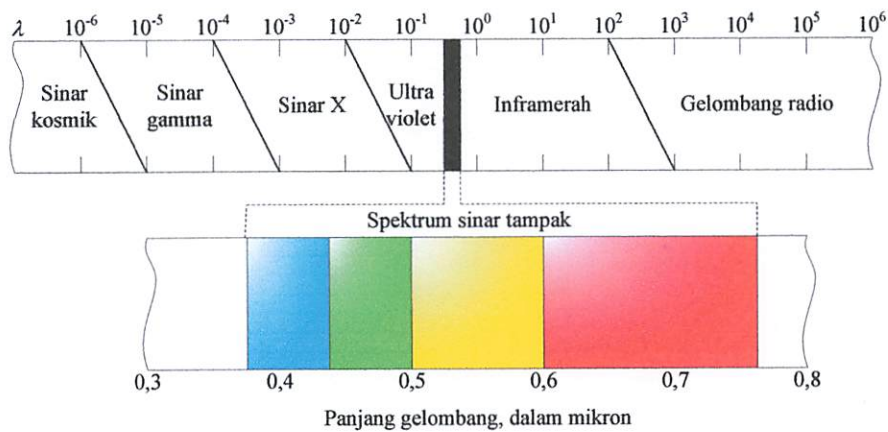
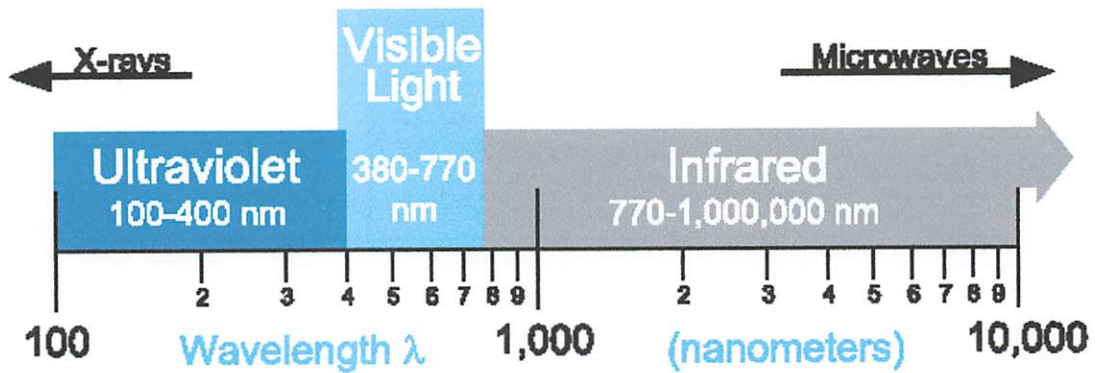
(Sumber : <http://www.H2O2.com>)

2.6. Cahaya

2.6.1. Teori Gelombang Elektromagnetik

Cahaya adalah salah satu bagian dari berbagai macam gelombang elektromagnetik yang melintasi angkasa. Spektrum elektromagnetik mencakup rentang yang sangat luas, mulai dari gelombang radio dengan panjang gelombang 1 meter atau lebih hingga sinar X yang mempunyai panjang gelombang sampai jutaan meter. Radiasi cahaya ini membentang antara spektrum gelombang radio dan sinar X, memperlihatkan campuran sinar unik, gelombang dan sifat kuantum (Ryer, 1998).

Seperti semua gelombang elektromagnetik, gelombang cahaya bisa tercampur dengan lainnya menjadi terpolarisasi secara langsung dan dibelokkan pada saat melewati tepian.



Gambar 2.5. Pembagian Spektrum Elektromagnetik

(Sumber : Ryer, 1998)

2.6.2. Ultraviolet

Ultraviolet mempunyai panjang gelombang pendek yang memperlihatkan sifat-sifat kuantum lebih daripada cahaya tampak dan inframerah. Berdasarkan efek yang dapat ditimbulkan, ultraviolet dapat dibagi menjadi :

1. UV-C

UV-C ini mempunyai panjang gelombang (λ) 100 nm-280 nm. UV-C di udara dapat diserap hampir sempurna dalam beberapa ratus meter. Ketika

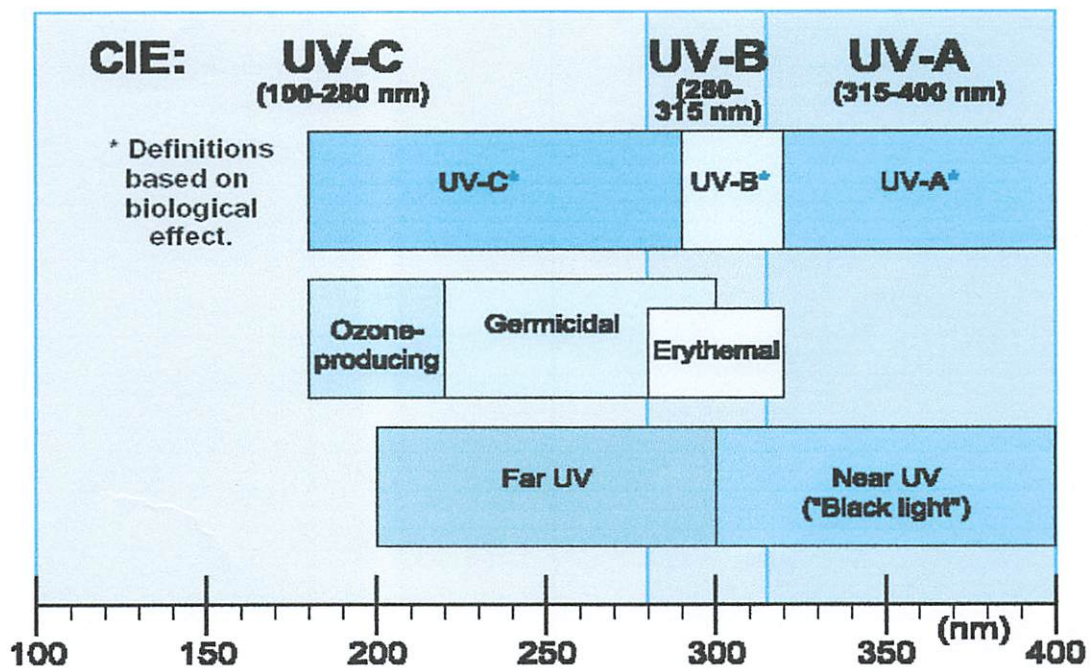
foton UV-C bertabrakan dengan atom O_2 , perubahan energi yang terjadi dapat menyebabkan terbentuknya ozon. UV-C hampir tidak ditemukan di alam karena dapat dengan cepat diserap.

2. UV-B

UV-B ini mempunyai panjang gelombang (λ) 280 nm-315 nm. UV-B merupakan jenis UV paling destruktif karena mempunyai cukup energi untuk membunuh jaringan yang bersifat biologi, dikenal dapat menyebabkan kanker kulit dan tidak cukup sempurna untuk diserap oleh atmosfer. Sebagian besar UV-B ditahan oleh atmosfer, perubahan yang terjadi pada lapisan ozon hanya sedikit saja sehingga dapat meningkatkan bahaya dari kanker kulit.

4. UV-A

UV-A ini mempunyai panjang gelombang (λ) 315 nm-400 nm. Tingkat bahaya dari UV-A ini adalah yang paling rendah dan merupakan tipe UV yang biasa ditemukan. UV-A biasa disebut dengan *black light* dan pada umumnya digunakan dalam fototerapi.



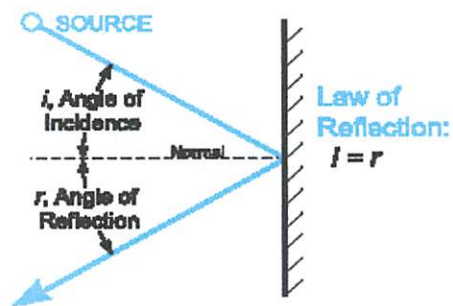
Gambar 2.6. Pembagian Spektrum Ultraviolet

(Sumber : Ryer, 1998)

2.6.3. Sifat Cahaya

Pemantulan

Cahaya yang mengenai permukaan yang mengkilat akan dipantulkan berdasarkan hukum pemantulan, yaitu : sudut antara sinar datang dan garis normal besarnya sama dengan sudut pantulnya.

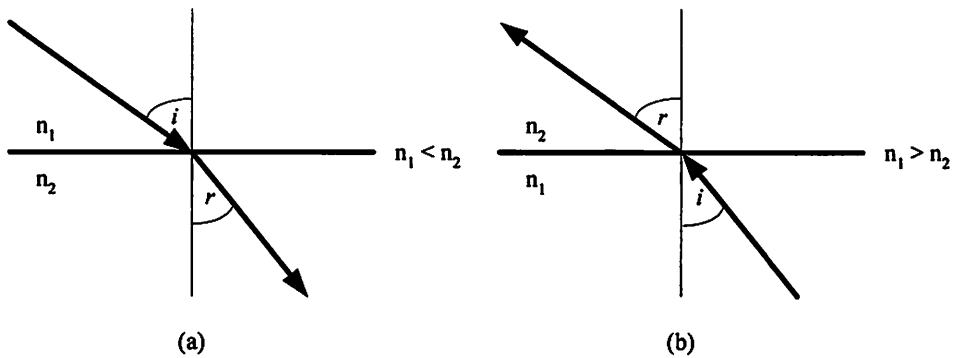


Gambar 2.7. Pemantulan Cahaya

(Sumber : Ryer, 1998)

Pembiasan

Pada saat cahaya melewati medium yang berbeda, maka cahaya akan mengalami pembelokan dan pengurangan kecepatan. Fenomena ini biasa disebut dengan pembiasan. Pembiasan suatu cahaya dipengaruhi oleh sudut sinar datang (i) dan indeks bias medium (n). Sinar datang yang melalui medium dengan indeks bias kecil menuju medium dengan indeks bias besar ($n_1 < n_2$), akan dibiaskan mendekati garis normal. Sedangkan cahaya yang datang melalui medium dengan indeks bias besar ke medium dengan indeks bias kecil ($n_1 > n_2$), maka akan dibiaskan menjauhi garis normal.



Gambar 2.8. Pembiasan Cahaya

$n_1 < n_2$ (a) ; $n_1 > n_2$ (b)

(Sumber : Tipler, 1991)

Besarnya sudut bias dapat ditentukan dengan persamaan berikut :

$$n_1 \cdot \sin i = n_2 \cdot \sin r$$

Dimana :

n_1 = Indeks bias medium pertama

n_2 = Indeks bias medium kedua

i = Sudut sinar datang

r = Sudut bias

2.6.4. Energi Cahaya

Suatu reaksi fotokimia menyangkut reaksi absorpsi radiasi elektromagnetik oleh satu molekul. Energi absorpsi terjadi dalam beberapa langkah dimana setiap langkah sesuai dengan absorpsi dari satu quanta energi (foton).

Besarnya energi suatu radiasi cahaya merupakan fungsi dari jumlah foton dan panjang gelombang dimana setiap foton membawa energi tertentu sesuai dengan persamaan Planck berikut :

$$Q = hc / \lambda$$

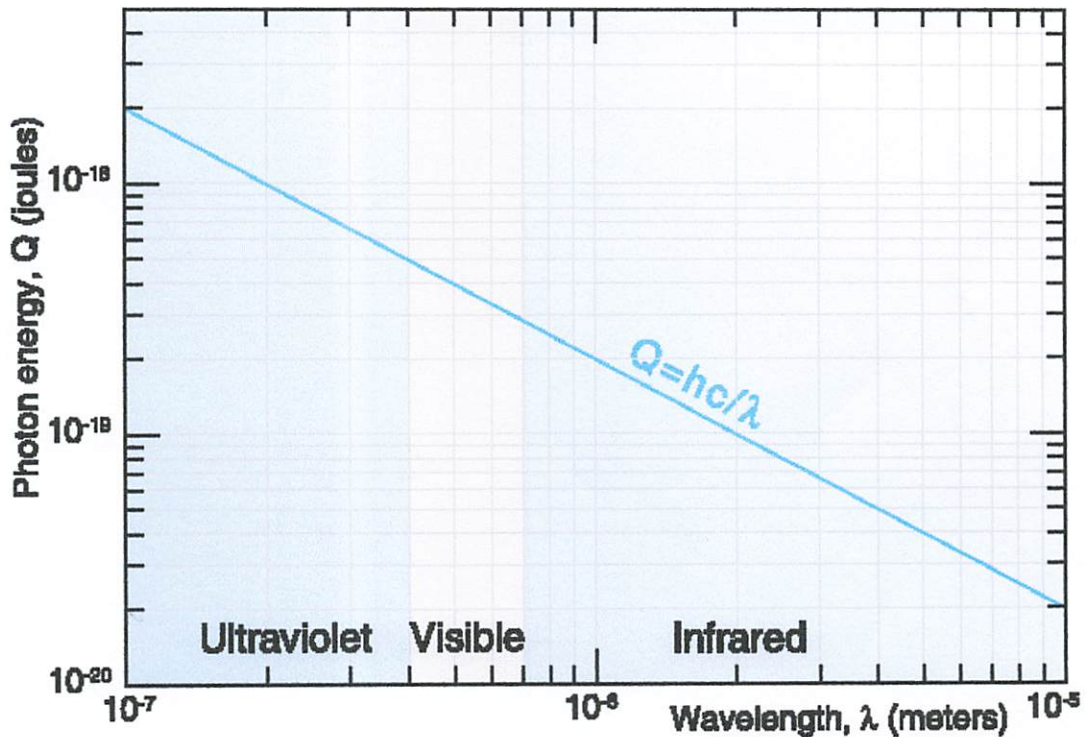
Dimana :

h = Konstanta Planck ($6,623 \cdot 10^{-34}$ J.dt)

c = Kecepatan cahaya ($2,998 \cdot 10^8$ m/dt)

λ = Panjang gelombang radiasi (m)

Dari persamaan diatas terlihat bahwa semakin pendek panjang gelombang suatu radiasi, energi yang dipancarkan akan semakin besar.



Gambar 2.9. Persamaan Planck

Hubungan Antara Panjang Gelombang dan Energi Foton

(Sumber : Ryer, 1998)

Nilai energi sinar yang jatuh pada permukaan bergantung pada cosinus sudut datang sinar tersebut. Besarnya energi sinar ditentukan dengan rumus sebagai berikut :

$$E_0 = E \cdot \cos \theta$$

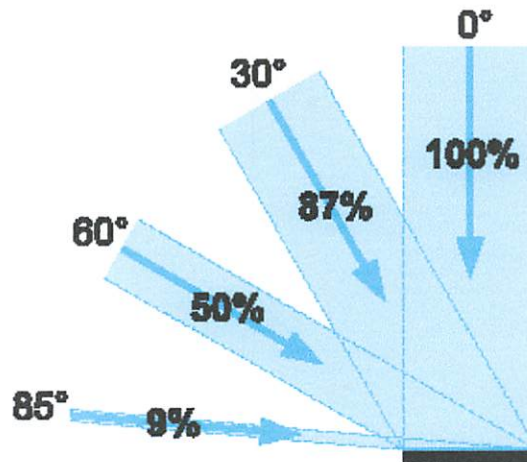
Dimana :

E_0 = Energi pada sudut θ

E = Energi pada sudut 0°

θ = Sudut sinar datang

Energi pada permukaan akan semakin kecil bila sudut sinar datang semakin besar (*Lambert's Cosine Law*).



Gambar 2.10. *Lambert's Cosine Law*

(Sumber : Ryer, 1998)

Dalam radiometri, bila daya yang dipancarkan mengenai suatu luasan area tertentu maka daya tersebut memiliki kepadatan daya per satuan luas yang disebut *flux density*. Dalam pengukuran pada detektor, kerapatan ini disebut *irradiance* atau radiasi pancaran (*radiant emittance*).

Flux density ini akan turun dengan bertambahnya jarak dari sumber radiasi. Besarnya dapat ditentukan dengan persamaan berikut :

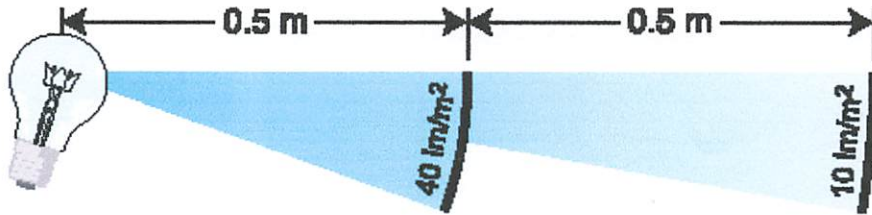
$$H_e = \frac{\Phi_e}{4\pi R^2}$$

Dimana :

H_e = Radiometric flux density (w/cm^2)

Φ_e = Daya radiasi (watt)

R = Jarak dari sumber radiasi (cm)



Gambar 2.11. Pengaruh Jarak terhadap Daya Radiasi

Selain hal tersebut diatas, intensitas juga berpengaruh pada radiasi yang dipancarkan. Dalam hal ini, intensitas radiasi adalah besarnya kerapatan flux atau *flux density* per satuan *solid angle*. *Solid angle* (ω) merupakan persentase atau ratio permukaan area dalam batas luasan tertentu dengan luas imajiner yang diukur dalam steradian (sr).

Secara umum persamaan untuk intensitas adalah :

$$I_e = \frac{\Phi_{ei}}{\omega}$$

Dimana :

I_e = Intensitas radiasi (watt/steradian, w/sr)

Φ_{ei} = Daya yang dipancarkan (watt)

ω = *Solid angle* (steradian, sr)

$$\omega = \frac{A}{R^2}$$

Dimana :

A = Luas section

R = Jari-jari *sphere*

Dari persamaan tersebut, didapat hubungan antara *irradiance* dengan intensitas radiasi sebagai berikut :

$$H_e = \frac{I_e}{R^2}$$

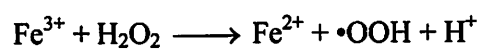
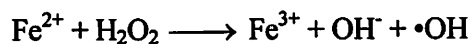
2.7. Fenton's Reagent

Fenton's reagent merupakan gabungan antara hidrogen peroksida (H_2O_2) dan ion besi (Fe^{2+} atau Fe^{3+}), dimana ion besi tersebut akan meningkatkan

kegunaan hidrogen peroksida dalam menghasilkan hidroksil radikal. Reaktifitas dari sistem ini pertama kali diteliti pada tahun 1894 oleh penemunya H.J.H. Fenton, tetapi kegunaannya tidak diketahui sampai tahun 1930. Saat ini, *Fenton's reagent* digunakan untuk mengolah berbagai macam buangan industri yang mengandung senyawa organik yang bersifat toksik, seperti : fenol, formaldehid, BTEX, senyawa kompleks yang berasal dari zat warna, pestisida, bahan pengawet kayu, zat aditif yang ditambahkan pada plastik dan senyawa kimia dari karet. *Fenton's reagent* ini dapat diaplikasikan pada air buangan, lumpur dan tanah yang terpolusi seperti :

- Destruksi polutan organik
- Reduksi toksisitas
- Peningkatan dari biodegradasi
- Removal COD atau BOD
- Removal warna dan bau

Reaksi oksidasi yang terjadi antara garam besi dan hidrogen peroksida :

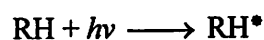


Pada reaksi pertama, *Fenton's reagent* menghasilkan hidroksil radikal melalui reaksi antara Fe^{2+} dan hidrogen peroksida. Pada reaksi kedua dihasilkan perhidroksil radikal sebagai oksidator yang lebih lemah daripada hidroksil radikal. Namun perhidroksil radikal tersebut nantinya akan memainkan peranan penting karena dapat menstimulasi reaksi lebih jauh dengan hidrogen peroksida untuk memproduksi lebih banyak hidroksil radikal.

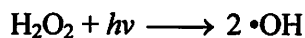
2.8. Mekanisme Reaksi

Beberapa mekanisme reaksi oksidasi yang mungkin terjadi antara $\text{Fe}^{2+}/\text{H}_2\text{O}_2/\text{UV}$ dengan senyawa organik, antara lain :

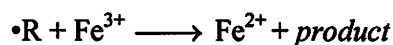
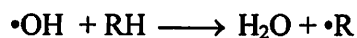
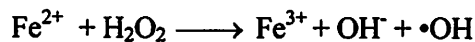
- Foton dapat langsung mengoksidasi molekul dari kontaminan organik sehingga terjadi penguraian (fotolisis) secara langsung.



- Foton mengoksidasi oksidan (H_2O_2) dan menghasilkan hidroksil radikal.

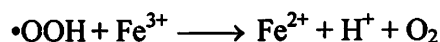
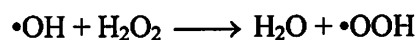
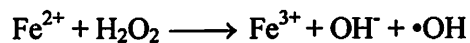


- Foton diserap langsung oleh katalis (Fe^{2+} dari FeSO_4) sehingga dapat mempercepat laju reaksi.



(Sumber : Walling dan Kato, 1976 dalam Tang, 2004)

Reaksi lain yang mungkin terjadi :



(Sumber : Barb et al., 1951 dalam Tang, 2004)

2.9. Metode Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan secara statistik. Sebagai alat yang berfungsi untuk mengolah suatu data, penjabaran metodologi statistik didasarkan pada tiga hal yakni proses analisa, asumsi bentuk distribusi, dan banyaknya variabel yang dilibatkan. Dalam Achmad Z. S., 2005, metodologi statistik berdasarkan proses analisisnya meliputi analisa deskriptif dan analisa konfirmatif (inferensi).

2.9.1. Statistik Deskriptif

Statistik deskriptif adalah statistik yang digunakan untuk menganalisa data dengan cara mendeskriptifkan atau menggambarkan data yang telah terkumpul sebagaimana adanya tanpa bermaksud membuat kesimpulan yang berlaku untuk umum. Statistik deskriptif memberikan informasi secara visual dan lebih bersifat subyektif dalam pembuatan analisisnya. Walaupun bersifat subyektif, analisa deskriptif sering digunakan dalam pengambilan keputusan khususnya dalam

memperhatikan perilaku data dan penentuan dugaan-dugaan yang selanjutnya akan diuji dalam analisa inferensi.

Berikut ini adalah beberapa rumus yang biasa digunakan dalam statistik deskriptif :

1. *Mean* atau Rataan sampel (\bar{x})

Rumus yang digunakan adalah :

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$$

Dimana :

\bar{x} = Rata-rata hitung dari sampel

$\sum x$ = Total jumlah sampel

n = Banyaknya sampel

2. Simpangan baku (s)

Rumus yang digunakan adalah :

$$s = \sqrt{\frac{n(\sum x^2) - (\sum x)^2}{n(n-1)}}$$

Dimana :

s = Standar deviasi yang dicari

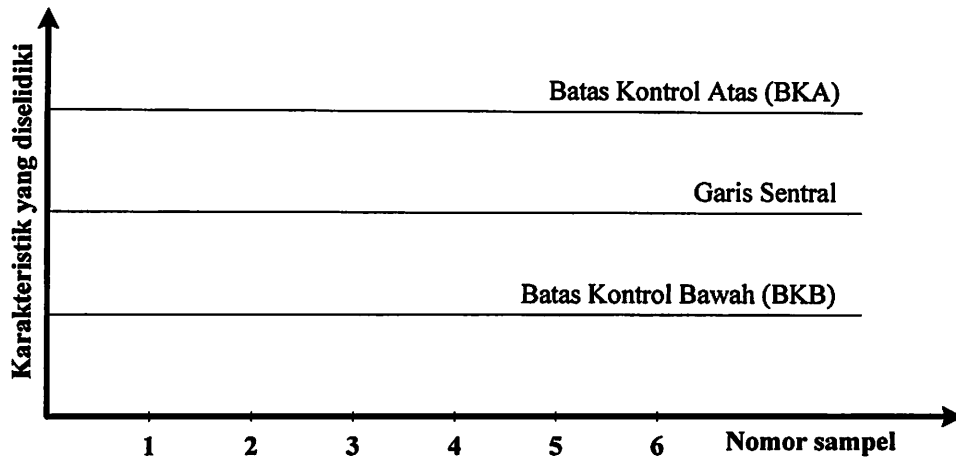
$\sum x$ = Jumlah semua harga sampel

n = Banyaknya sampel

3. Keseragaman data

Pengujian keseragaman data perlu dilakukan terlebih dahulu sebelum dilakukan pengolahan data. Pada pengujian keseragaman data ini data akan diuji apakah data yang terkumpul seragam dan selanjutnya mengidentifikasi data yang ekstrim. Data ekstrim yang dimaksud adalah data yang terlalu besar atau data yang terlalu kecil dan jauh menyimpang dari trend rata-ratanya.

Untuk memudahkan pengujian maka digunakan diagram kontrol *Shewhart* dengan contoh sebagai berikut :



Gambar 2.12. Diagram Kontrol *Shewhart*

Garis sentral melukiskan 'nilai baku' yang akan menjadi pangkal perhitungan terjadinya penyimpangan hasil pengamatan untuk tiap sampel. Garis bawah yang sejajar dengan garis sentral dinamakan batas kontrol bawah (BKB). Ini merupakan penyimpangan paling rendah yang diijinkan dihitung dari 'nilai baku'. Garis yang menyatakan penyimpangan paling tinggi dari 'nilai baku' terdapat sejajar diatas sentral dan dinamakan batas kontrol atas (BKA).

Rumus yang digunakan untuk mengetahui sentral BKA dan BKB (Sudjana, 1992) adalah :

$$\text{sentral} = \bar{x}$$

$$BKA = \bar{x} + K\bar{s}$$

$$BKB = \bar{x} - K\bar{s}$$

Dimana :

\bar{x} = Rata-rata harga sampel

K = Indeks (tergantung tingkat kepercayaan yang diambil)

Untuk kepercayaan 95%, nilai K = 2

\bar{s} = Standar deviasi rata-rata

2.9.2. Statistik Inferensi

Statistik inferensi mencakup semua metode yang berhubungan dengan analisa data untuk kemudian sampai pada peramalan atau penarikan kesimpulan. Statistik inferensi dapat memberikan informasi lebih obyektif terutama dalam proses pengambilan keputusan yang ditunjang dengan adanya nilai tingkat kesalahan pengukuran. Statistik inferensi selanjutnya akan dijabarkan kembali ke dalam penaksiran titik dan penaksiran selang dari suatu nilai parameter dan juga pengujian hipotesis dari suatu masalah. Beberapa analisa yang terdapat dalam statistik inferensi adalah sebagai berikut :

1. Analisa korelasi

Untuk mengetahui derajat hubungan antar variabel digunakan analisa korelasi. Ukuran yang dipakai untuk mengetahui derajat hubungan, terutama untuk data kuantitatif dinamakan koefisien korelasi. Koefisien korelasi adalah indeks atau bilangan yang digunakan untuk mengukur derajat hubungan, meliputi kekuatan hubungan dan bentuk atau arah hubungan. Nilai hubungan berada pada selang tertutup $(-1, 1)$. Untuk membaca besarnya derajat keeratan dari hubungan terdapat dua hal yang harus diperhatikan, yakni :

- Melihat tanda dari derajat keeratan, positif atau negatif. Hubungan statistika kedua peubah akan negatif apabila salah satu variabel memiliki hubungan yang bertolakbelakang dengan peubah lainnya. Atau dengan kata lain, apabila nilai satu peubah membesar maka nilai peubah lainnya mengecil. Sedangkan hubungan statistika kedua peubah akan bernilai positif jika hubungan kedua peubah searah atau dengan kata lain apabila satu peubah nilainya membesar maka peubah lainnya ikut membesar dan sebaliknya.
- Melihat besarnya nilai derajat keeratan. Untuk membaca nilai dari derajat keeratan dapat digunakan klasifikasi hubungan statistika dua peubah menurut *Guilford* berikut ini :

Tabel 2.3. Koefisien Korelasi *Guilford*

Nilai Hubungan Statistika Dua Peubah	Keterangan
< 0,2	Tidak terdapat hubungan antara kedua peubah
Antara 0,2 s/d 0,4	Hubungan kedua peubah lemah
Antara 0,4 s/d 0,7	Hubungan kedua peubah sedang
Antara 0,7 s/d 0,9	Hubungan kedua peubah kuat
Antara 0,9 s/d 1	Hubungan kedua peubah sangat kuat

(Sumber : Achmad Z. S., 2005)

Sebagai catatan penting, nilai hubungan statistika dua peubah sama dengan '1' memiliki makna bahwa terdapat hubungan yang sempurna antara kedua peubah. Atau dengan kata lain, nilai suatu peubah dapat dengan tepat atau pasti dijelaskan oleh peubah lainnya. Lain halnya dengan nilai statistika dua peubah sama dengan '0' menunjukkan tidak adanya hubungan diantara kedua peubah (Achmad Z. S., 2005).

Untuk keperluan perhitungan koefisien korelasi berdasarkan sekumpulan data berukuran n dapat digunakan rumus (Sudjana, 1992) :

$$r = \frac{n\sum x_i y_i - (\sum x_i)(\sum y_i)}{\sqrt{\{n\sum x_i^2 - (\sum x_i)^2\} \{n\sum y_i^2 - (\sum y_i)^2\}}}$$

Dimana :

r = Koefisien korelasi

x_i = Variabel bebas

y_i = Variabel terikat

n = Jumlah data

2. Analisa regresi

Analisa regresi adalah suatu analisa untuk menyatakan hubungan fungsional antara variabel-variabel ke dalam bentuk persamaan matematis. Untuk analisa regresi akan dibedakan dua jenis variabel, yaitu variabel bebas atau variabel

prediktor dan variabel tak bebas atau variabel respon. Pembuatan persamaan matematis dimaksudkan untuk membantu peneliti dalam melihat pola atau karakteristik hubungan antara variabel bebas dengan variabel tak bebas atau terikat, bahkan biasanya digunakan untuk memprediksi kondisi masa yang akan datang.

Jika variabel bebas dan variabel terikat yang terlibat dalam penelitian masing-masing hanya satu, maka dinamakan 'Regresi Linear Sederhana'. Kemudian apabila hanya ada satu variabel terikat dan beberapa variabel bebas maka persamaan regresinya disebut 'Regresi Linear Berganda'. Bentuk persamaan regresi secara umum adalah :

$$Y = a + bX_1 + cX_2 + \dots + kX_z$$

Dimana :

- Y = Variabel terikat
- a = Konstanta
- b = Koefisien regresi
- $X_{1,2,\dots,z}$ = Variabel bebas

Pada analisa regresi juga diperlukan beberapa pengujian, yaitu :

- Uji F yang digunakan untuk mengetahui apakah persamaan regresi bisa dipakai untuk memprediksi variabel terkait.
- Uji T digunakan untuk mengetahui signifikansi koefisien dari variabel bebas.

3. Analisa varian

Pengujian menggunakan analisa varian dalam statistika parametrik diantara kelompok yang saling memiliki perbedaan sebagai akibat adanya perlakuan dilakukan dengan menggunakan *Analysis of Varian* (ANOVA). Uji ini dilakukan berdasarkan distribusi nilai F. Nilai F diperoleh dari rata-rata jumlah kuadrat (*mean square*) antar kelompok yang dibagi dengan rata-rata jumlah kuadrat dalam kelompok dengan rumus :

$$F = \frac{S_B^2}{S_W^2}$$

Dimana :

S_B^2 = Varians antar kelompok

S_W^2 = Varians dalam kelompok

2.9.3. Generalisasi dan Kesimpulan Analisa Data

Generalisasi adalah penarikan suatu kesimpulan umum dari suatu analisa penelitian. Generalisasi yang dibuat harus berkaitan dengan teori yang mendasari penelitian yang dilakukan.

Generalisasi ini dibuat setelah interpretasi data atau penemuan yang telah dilakukan. Setelah melakukan generalisasi, selanjutnya dibuat kesimpulan-kesimpulan yang lebih khusus (terinci) dari penelitian berdasarkan generalisasi yang telah dibuat (Hasan, M. Iqbal, 2002 hal 100-138 dalam P. Juli Ni Ketut, 2005).

BAB III METODOLOGI

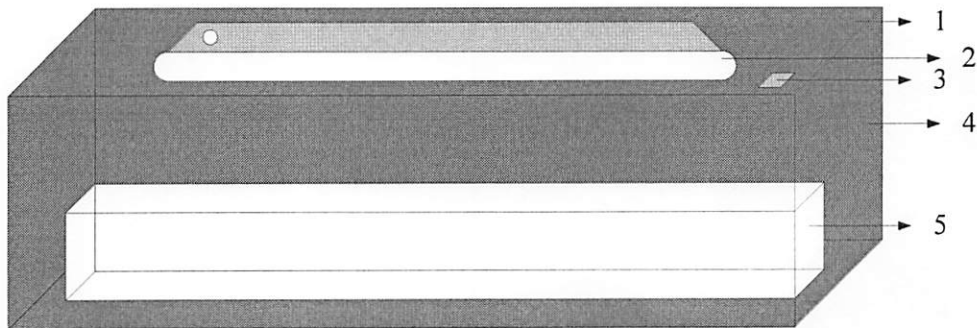
3.1. Persiapan Bahan Kimia

Bahan kimia yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Limbah surfaktan sintetis buatan, jenis DBS (*Dodecyl Benzene Sulphonate*) dengan konsentrasi 10 mg/L.
2. Hidrogen peroksida (H_2O_2) 50% teknis sebagai oksidan.
3. Ferro sulfat ($FeSO_4 \cdot 7 H_2O$) jenis 'p.a.' sebagai katalis.

3.2. Persiapan Alat

Reaktor oksidasi sebagai tempat terjadinya proses oksidasi dilengkapi dengan lampu UV, kotak kaca dan penutup.



Gambar 3.1. Reaktor Oksidasi

Keterangan gambar :

1. Penutup kotak
Terbuat dari lembaran alumunium
2. Lampu UV (lampu gas merkuri), daya 36 watt (UV-C, λ : 100 nm-280 nm)
(Setyo Hariawan, 2004 : variasi daya radiasi UV)
3. Lubang (untuk mengambil sampel yang akan dianalisa)
Dimensi : 5 cm x 5 cm

4. Kotak kaca

Dimensi : P = 140 cm
 L = 35 cm
 T = 30 cm

5. Reaktor oksidasi

- Digunakan sebagai wadah untuk mengolah limbah
- Terbuat dari kaca setebal 5 mm
- Dimensi : P = 120 cm
 L = 15 cm
 T = 10 cm
- Volume limbah yang diolah 3,6 liter (tinggi = 2 cm)
 (Gina Widiyari, 2006 : variasi ketinggian limbah)
- Jarak lampu UV ke permukaan limbah 10 cm
 (Meria Fifiani, 2004 : variasi jarak peletakan lampu UV)

3.3. Kurva Kalibrasi

Dalam penelitian ini, konsentrasi surfaktan akan dianalisa menggunakan metode spektrofotometri. Metode spektrofotometri adalah metode pengukuran konsentrasi sampel yang mempunyai kecenderungan menyerap pancaran dari gelombang elektromagnetik dengan panjang gelombang tertentu. Pada prinsip ini terdapat hubungan matematis antara absorbansi (A) dengan konsentrasi sampel (C), seperti dinyatakan dalam rumus (Beer, 1852 dalam Alaerts dan Santika, 1984) berikut :

$$A = - \log T = - \log P/P_0 = k.C.I$$

Dimana :

- A = Absorbansi pada panjang gelombang tertentu
- T = % transmisi
- P = Intensitas sinar awal
- P₀ = Intensitas sinar pada panjang gelombang perjalanan
- k = Konstanta yang bergantung pada sifat larutan

I = Panjang perjalanan sinar

C = Konsentrasi sampel

Adapun prosedur pembuatan kurva kalibrasi dilakukan dengan langkah-langkah berikut :

1. Membuat larutan surfaktan dengan konsentrasi 0,25 mg/L, 0,5 mg/L, 1 mg/L, 2 mg/L dan 4 mg/L.
2. Melakukan analisa MBAS untuk memperoleh nilai absorbansi dari masing-masing konsentrasi surfaktan tersebut.
3. Memplot kurva kalibrasi pada grafik /antara nilai absorbansi (A) dan konsentrasi surfaktan (C) sebagai mg/L MBAS.
4. Melakukan regresi linier antara nilai absorbansi dan konsentrasi surfaktan, kemudian menentukan persamaan dari regresi linier. Persamaan tersebut nantinya akan digunakan untuk menentukan konsentrasi surfaktan dan persentase penurunan surfaktan.

3.4. Variasi Perlakuan

Dalam penelitian ini dilakukan beberapa variasi, yaitu :

1. Variasi $\text{FeSO}_4 : \text{H}_2\text{O}_2$

Perbandingan konsentrasi :

- 1 : 5 (50 mg/L : 250 mg/L)
- 1 : 10 (50 mg/L : 500 mg/L)
- 1 : 15 (50 mg/L : 750 mg/L)

Variasi ini dimaksudkan untuk mengetahui pengaruh penambahan konsentrasi $\text{FeSO}_4 : \text{H}_2\text{O}_2$ dengan perbandingan yang berbeda terhadap penurunan konsentrasi surfaktan.

2. Variasi waktu oksidasi

Lama waktu oksidasi :

- 1 jam
- 2 jam
- 3 jam

Variasi ini dimaksudkan untuk mengetahui pengaruh lama waktu oksidasi terhadap penurunan konsentrasi surfaktan.

3.5. Pengoperasian Reaktor

Skema operasional dari reaktor *batch* terdiri dari 3 perlakuan, yaitu :

1. Radiasi ultraviolet

Limbah yang akan diolah dimasukkan ke dalam reaktor dan dilakukan radiasi dengan lampu UV, kemudian sampel diambil dalam rentang waktu 1 jam selama 3 jam pengoperasian.

2. Oksidasi *Fenton's reagent*

Limbah yang akan diolah dimasukkan ke dalam reaktor dan dilakukan penambahan FeSO_4 dan H_2O_2 sesuai dengan variasi yang dilakukan, kemudian sampel diambil dalam rentang waktu 1 jam selama 3 jam pengoperasian.

3. Oksidasi *Fenton's reagent* dan ultraviolet

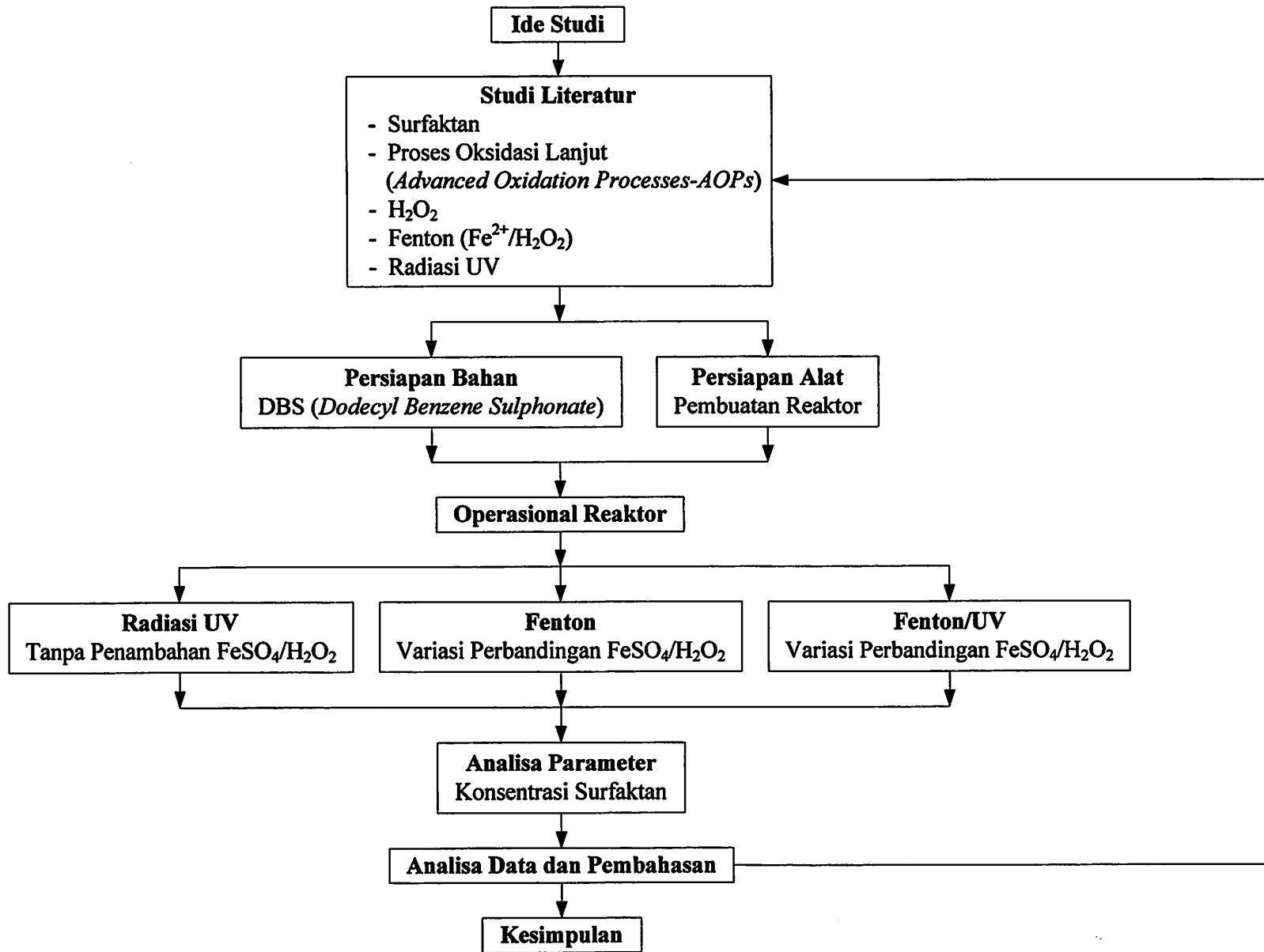
Limbah yang akan diolah dimasukkan ke dalam reaktor dan dilakukan penambahan FeSO_4 dan H_2O_2 sesuai dengan variasi yang dilakukan serta diradiasi dengan lampu UV, kemudian sampel diambil dalam rentang waktu 1 jam selama 3 jam pengoperasian.

Tabel 3.1. Pengoperasian Reaktor

Reaktor	Lampu UV 36 watt	Tanpa FeSO_4 : H_2O_2
	Tanpa Lampu UV 36 watt	FeSO_4 : H_2O_2
		50 mg/L : 250 mg/L
		50 mg/L : 500 mg/L
		50 mg/L : 750 mg/L
	Lampu UV 36 watt	FeSO_4 : H_2O_2
		50 mg/L : 250 mg/L
50 mg/L : 500 mg/L		
50 mg/L : 750 mg/L		

3.6. Analisa Parameter

Metode yang digunakan untuk analisa penurunan konsentrasi surfaktan adalah *Methylen Blue Active Substances* (MBAS). Metode ini didasarkan pada pembentukan senyawa garam yang berwarna biru apabila surfaktan anionik termasuk LAS, alkil sulfat dan alkil politoksil sulfat bereaksi dengan *methylen blue*. Garam tersebut larut dalam *chloroform* (CHCl_3) dan intensitas warnanya setara dengan panjang gelombang 652 nm (Standar Nasional Indonesia, 1991).



Gambar 3.2. Kerangka Metodologi Penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Radiasi Ultraviolet

4.1.1. Hasil Penelitian

Sebelum dilakukan proses oksidasi dengan menggunakan *Fenton's reagent* dan UV, dalam penelitian ini dilakukan proses pengolahan surfaktan dengan radiasi UV terlebih dahulu. Hal tersebut bertujuan untuk mengetahui apakah radiasi UV dapat menguraikan surfaktan. Berdasarkan hasil penelitian, diperoleh data sebagai berikut :

Tabel 4.1. Konsentrasi Akhir Surfaktan Setelah Diradiasi dengan UV

Waktu (jam)	Konsentrasi Awal (mg/L)	Konsentrasi Akhir (mg/L)			Rata-Rata (mg/L)
		I	II	III	
1	10	6,963	6,971	6,715	6,883
2		6,515	6,207	6,822	6,515
3		5,825	5,836	5,877	5,846

Sumber : Hasil Penelitian

4.1.2. Analisa Deskriptif

Berdasarkan tabel 4.1. menunjukkan bahwa radiasi UV mampu menurunkan konsentrasi surfaktan. Untuk mengetahui besar persentase penurunan surfaktan tersebut dapat digunakan rumus sebagai berikut :

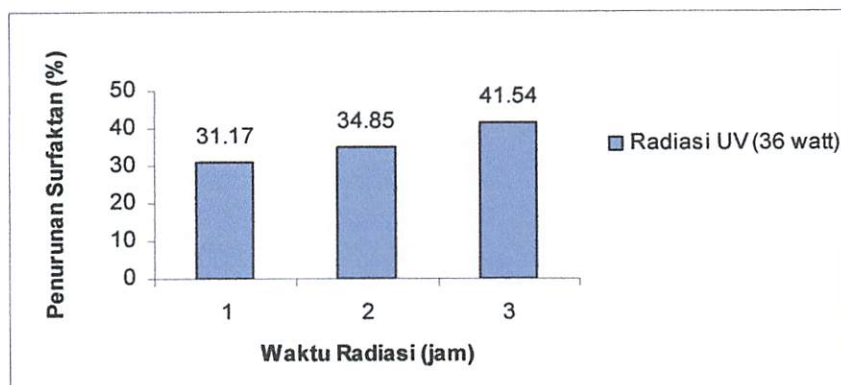
$$\% \text{ Penurunan} = \frac{\text{KonsentrasiAwal} - \text{KonsentrasiAkhir}}{\text{KonsentrasiAwal}} \times 100\%$$

Dengan menggunakan rumus tersebut diperoleh persentase penurunan surfaktan sebagai berikut :

Tabel 4.2. Persentase Penurunan Surfaktan oleh Radiasi UV

Waktu (jam)	Persentase Penurunan (%)
1	31,17
2	34,85
3	41,54

Sumber : Hasil Penelitian



Gambar 4.1. Grafik Penurunan Surfaktan oleh Radiasi UV

Berdasarkan tabel 4.2. dan gambar 4.1. persentase penurunan surfaktan terendah terjadi pada waktu radiasi 1 jam, dengan persentase penurunan sebesar 31,17% dan persentase penurunan surfaktan tertinggi terjadi pada waktu radiasi 3 jam, dengan persentase penurunan sebesar 41,54%. Hal ini menunjukkan bahwa persentase penurunan surfaktan meningkat seiring dengan semakin lamanya waktu radiasi.

4.1.3. Analisa ANOVA

Untuk mengetahui ada/tidaknya pengaruh perlakuan dalam penurunan surfaktan maka dilakukan analisa dengan menggunakan uji ANOVA. Hasil tersebut adalah sebagai berikut :

Tabel 4.3. Hasil Uji ANOVA Persentase Penurunan Surfaktan

Source	DF	SS	MS	F	P
Perlakuan	2	165,82	82,91	21,35	0,002
Error	6	23,30	3,88		
Total	8	189,11			

S = 1,971 R-Sq = 87,68% R-Sq(adj) = 83,57%

Dengan melihat tabel 4.3. dapat ditentukan apakah terdapat perbedaan yang nyata antara persentase penurunan surfaktan diantara kelompok perlakuan. Hipotesis yang diberikan adalah :

- H_0 = Ketiga perlakuan adalah identik
- H_1 = Ketiga perlakuan adalah tidak identik

Pengambilan keputusan berdasarkan :

- Jika probabilitas $> 0,05$, H_0 diterima
- Jika probabilitas $< 0,05$, H_0 ditolak

Berdasarkan tabel 4.3. nilai F hitung sebesar 21,35 dan jika dilihat pada tabel distribusi F, nilai F tabel adalah 5,14. Karena nilai F hitung lebih besar daripada F tabel maka keputusannya adalah menolak hipotesis awal (H_0). Dengan nilai probabilitas 0,002, maka H_0 ditolak. Artinya ketiga perlakuan adalah tidak identik atau berbeda nyata.

4.1.4. Analisa Korelasi

Untuk mengetahui ada/tidaknya dan kuat/lemahnya hubungan antara variabel yang diamati, maka digunakan analisa korelasi. Hasil dari analisa korelasi tersebut adalah sebagai berikut :

Tabel 4.4. Korelasi Antara Persentase Penurunan Surfaktan dan Waktu

		Waktu (jam)
% Penurunan Surfaktan	Pearson Correlation	0,924
	P-Value	0,000

Tabel 4.4. menunjukkan bahwa tingkat hubungan persentase penurunan surfaktan dengan variasi waktu radiasi adalah 0,924. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel sangat kuat karena berada diantara 0,9 dan 1 (Achmad Z. S., 2005). Hubungan kedua variabel searah, hal ini ditunjukkan dengan nilai positif pada nilai koefisien korelasi. Hal tersebut berarti bahwa semakin lama waktu radiasi maka persentase penurunan surfaktan akan semakin meningkat. Tingkat signifikan persentase penurunan surfaktan dan variasi waktu radiasi yang ditunjukkan dengan nilai 0,000 ($<0,05$) maka korelasinya nyata (signifikan).

4.1.5. Analisa Regresi

Untuk mengetahui besarnya hubungan antara variabel bebas dan variabel terikat maka digunakan uji regresi sehingga dapat diketahui ketepatan atau signifikansi prediksi dari hubungan atau korelasi data. Hasil analisa tersebut dapat dilihat pada tabel 4.5. dan 4.6. berikut :

Tabel 4.5. Koefisien Persamaan Regresi Persentase Penurunan Surfaktan

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	25,484	1,758	14,50	0,000
Waktu (jam)	5,1850	0,8137	6,37	0,000

S = 1,99314 R-Sq = 85,3% R-Sq(adj) = 83,2%

- Persamaan regresi

$$y = 25,484 + 5,1850x_1$$

Dimana :

y = Persentase penurunan surfaktan

x_1 = Variasi waktu radiasi (jam)

Konstanta sebesar 25,484 menyatakan bahwa jika variasi waktu radiasi konstan maka persentase penurunan surfaktan adalah sebesar 25,484%. Koefisien regresi sebesar 5,1850 untuk variabel x_1 (variasi waktu radiasi) menyatakan bahwa setiap penambahan 1 jam waktu radiasi akan meningkatkan persentase penurunan surfaktan sebesar 5,185%.

- Uji signifikan koefisien regresi

Hipotesis :

H_0 = Koefisien regresi tidak signifikan

H_1 = Koefisien regresi signifikan

Pengambilan keputusan :

1. Berdasarkan nilai T

Jika $T_{hitung} < T_{tabel}$, H_0 diterima

Jika $T_{hitung} > T_{tabel}$, H_0 ditolak

Nilai T tabel adalah 2,36, sedangkan nilai T hitung berdasarkan tabel 4.5. untuk variasi waktu radiasi adalah 6,37. Nilai T hitung lebih besar dari T tabel, maka koefisien regresi signifikan.

2. Berdasarkan probabilitas

Jika probabilitas $> 0,05$, H_0 diterima

Jika probabilitas $< 0,05$, H_0 ditolak

Nilai P pada tabel 4.5. adalah 0,000 yang berarti probabilitas jauh dibawah 0,05. Dengan demikian, H_0 ditolak atau koefisien regresi signifikan atau variasi waktu radiasi benar-benar berpengaruh secara signifikan terhadap persentase penurunan surfaktan.

- Dari hasil analisa regresi juga didapatkan nilai *R square* sebesar 85,3%. Hal ini berarti bahwa 85,3% penurunan surfaktan ditentukan oleh variasi waktu radiasi dan sisanya sebesar 14,7% ditentukan oleh sebab-sebab lain yang tidak masuk dalam model.

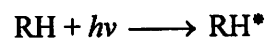
Tabel 4.6. Hasil Uji Kelinearan
Analisa Regresi Persentase Penurunan Surfaktan

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	161,31	161,31	40,60	0,000
Residual	7	27,81	3,97		
Total	8	189,11			

- Dari uji kelinearan untuk analisa regresi atau F test didapat nilai F hitung 40,60. Dan tabel distribusi F didapatkan nilai F tabel 5,59. Karena F hitung lebih besar dari F tabel, maka kesimpulannya adalah variabel y (variabel terikat) dan x (variabel bebas) mempunyai hubungan linier atau dengan kata lain persentase penurunan surfaktan dengan waktu radiasi mempunyai hubungan linier.
- Nilai probabilitas 0,000, jauh lebih kecil dari 0,05, maka model regresi bisa dipakai untuk memprediksi persentase penurunan surfaktan.

4.1.6. Pembahasan Radiasi Ultraviolet

Mekanisme penurunan konsentrasi surfaktan oleh UV terjadi karena senyawa surfaktan akan mengabsorpsi sejumlah energi foton yang diemisikan oleh adanya radiasi UV sehingga molekul zat tersebut teroksidasi dan menyebabkan terbentuknya spesies tereksitasi yang bersifat radikal. Spesies tersebut sangat reaktif sehingga sangat memungkinkan terjadinya pemutusan ikatan kimia dalam senyawa surfaktan atau proses fotolisis secara langsung (Tang, 2004).



Data pada tabel 4.2. dan gambar 4.1. menunjukkan bahwa persentase penurunan surfaktan terendah yaitu 31,17% terjadi pada waktu radiasi 1 jam dan persentase penurunan tertinggi yaitu 41,54% terjadi pada waktu radiasi 3 jam. Sehingga dapat disimpulkan bahwa persentase penurunan surfaktan meningkat seiring dengan bertambahnya waktu radiasi. Persentase penurunan surfaktan tersebut dipengaruhi oleh beberapa hal, seperti : volume limbah yang diolah

(ketinggian limbah dalam reaktor), intensitas radiasi UV yang digunakan (daya lampu UV) dan peletakan sumber radiasi, dalam hal ini adalah lampu UV.

Tinggi volume limbah dalam reaktor akan mempengaruhi kemampuan UV dalam menetrasi polutan organik. Semakin tinggi volume limbah maka waktu yang dibutuhkan UV untuk menetrasi polutan organik tersebut semakin lama.

Intensitas radiasi UV berhubungan dengan daya lampu UV dan jumlah atau kuantitas energi foton yang dihasilkan oleh lampu UV tersebut. Semakin besar intensitas radiasi UV maka energi foton yang dihasilkan semakin banyak sehingga laju penguraian polutan organik semakin cepat.

Pada penelitian ini, sumber UV diperoleh dari lampu merkuri dengan daya 36 watt dengan panjang gelombang dominan, yaitu antara 100 nm-280 nm.

Energi foton yang dihasilkan lampu tersebut dapat dihitung dengan menggunakan persamaan Planck di bawah ini :

$$Q = hc / \lambda$$

Dimana :

h = Konstanta Planck ($6,623 \cdot 10^{-34}$ J.detik)

c = Kecepatan cahaya ($2,998 \cdot 10^8$ m/detik)

λ = Panjang gelombang radiasi (meter)

Energi foton yang dihasilkan oleh lampu UV dengan panjang gelombang 100-280 nm tersebut adalah sebagai berikut :

$$Q_{100 \text{ nm}} = \frac{(6,623 \cdot 10^{-34} \text{ J.dt.} 2,998 \cdot 10^8 \text{ m / dt})}{100 \cdot 10^{-6} \text{ m}}$$

$$= 7,091 \cdot 10^{-22} \text{ joule}$$

$$Q_{280 \text{ nm}} = \frac{(6,623 \cdot 10^{-34} \text{ J.dt.} 2,998 \cdot 10^8 \text{ m / dt})}{280 \cdot 10^{-6} \text{ m}}$$

$$= 1,985 \cdot 10^{-22} \text{ joule}$$

Jadi energi foton yang dihasilkan oleh lampu UV berkisar antara $7,091 \cdot 10^{-22}$ joule hingga $1,985 \cdot 10^{-22}$ joule. Dari hasil tersebut juga dapat disimpulkan bahwa nilai energi foton berbanding terbalik dengan nilai panjang gelombang. Artinya semakin pendek panjang gelombang suatu sinar maka energi foton yang dihasilkan semakin besar.

Peletakan sumber radiasi juga memiliki peranan penting dalam laju penguraian polutan organik. Peletakan sumber radiasi tersebut berhubungan dengan jumlah kepadatan daya (*flux density*) yang diserap oleh polutan per satuan luas reaktor. Semakin dekat jarak peletakan sumber radiasi maka jumlah kepadatan daya (*flux density*) semakin besar dan persentase penurunan polutan yang dihasilkan akan semakin besar pula.

Besarnya *flux density* dari lampu UV 36 watt yang dipancarkan dalam jarak 10 cm dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$H_e = \frac{I_e}{R^2}$$

Dimana :

H_e = Radiometric flux density (w/cm²)

I_e = Intensitas radiasi (watt/steradian)

R = Jarak dari sumber radiasi (cm)

Dalam Ryer (1998) disebutkan bahwa nilai intensitas radiasi (I_e) pada sumber *isotropic* (sumber yang memancar ke segala arah) adalah 1 watt/steradian (I_e) = 12,566 watt.

Dengan menggunakan persamaan diatas, diperoleh *flux density* sebagai berikut :

$$\begin{aligned} H_e &= \frac{(36\text{ watt} / 12,566)}{(10\text{ cm})^2} \\ &= 0,028 \text{ watt/cm}^2 \end{aligned}$$

Beberapa penelitian dengan menggunakan variasi berbeda, seperti variasi daya radiasi, ketinggian limbah, jarak peletakan sumber radiasi dan luas permukaan reaktor telah dilakukan untuk mengetahui kemampuan radiasi UV dalam menguraikan polutan organik. Salah satu penelitian dengan metode radiasi ini adalah penggunaan radiasi UV untuk menguraikan warna pada limbah tekstil (Fifiani, 2004 dan Widiasari, 2006). Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan tersebut diperoleh kesimpulan bahwa penurunan warna dengan menggunakan radiasi UV kurang efektif. Hal tersebut terjadi karena syarat terjadinya proses fotolisis oleh UV tidak dapat terpenuhi, dimana energi foton yang dihasilkan dari

radiasi UV tersebut harus optimal atau setidaknya cukup untuk membuat molekul-molekul senyawa warna tereksitasi sehingga terjadi penguraian secara langsung.

4.2. Oksidasi *Fenton's Reagent*

4.2.1. Hasil Penelitian

Tabel 4.7. Konsentrasi Akhir Surfaktan Setelah Dioksidasi dengan *Fenton's Reagent*

Konsentrasi <i>Fenton's Reagent</i> (mg/L)	Waktu (jam)	Konsentrasi Awal (mg/L)	Konsentrasi Akhir (mg/L)			Rata-Rata (mg/L)
			I	II	III	
50 FeSO ₄ : 250 H ₂ O ₂	1	10	6,965	6,750	6,861	6,859
	2		5,565	4,795	5,326	5,229
	3		5,295	5,035	5,189	5,173
50 FeSO ₄ : 500 H ₂ O ₂	1		4,800	4,860	4,846	4,835
	2		4,485	4,855	4,705	4,682
	3		4,835	4,345	4,625	4,602
50 FeSO ₄ : 750 H ₂ O ₂	1		4,855	4,195	4,531	4,527
	2		4,220	4,270	4,302	4,264
	3		3,302	4,555	3,889	3,915

Sumber : Hasil Penelitian

4.2.2. Analisa Deskriptif

Berdasarkan tabel 4.7. menunjukkan bahwa konsentrasi surfaktan mengalami penurunan setelah dioksidasi menggunakan *Fenton's reagent*. Untuk mengetahui besar persentase penurunan surfaktan tersebut dapat digunakan rumus sebagai berikut :

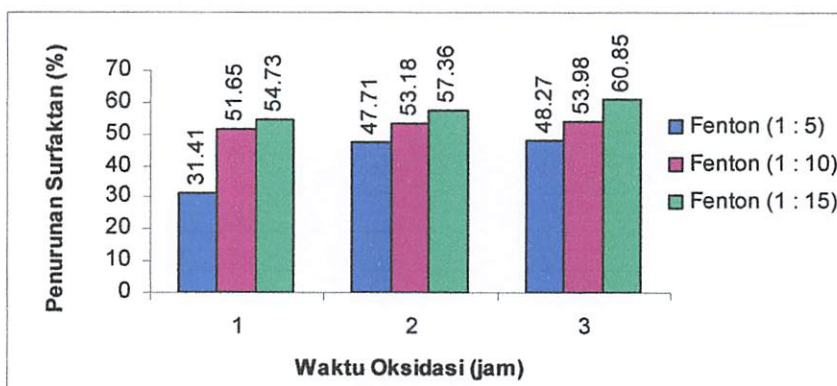
$$\% \text{ Penurunan} = \frac{\text{KonsentrasiAwal} - \text{KonsentrasiAkhir}}{\text{KonsentrasiAwal}} \times 100\%$$

Dengan menggunakan rumus tersebut diperoleh persentase penurunan surfaktan sebagai berikut :

Tabel 4.8. Persentase Penurunan Surfaktan oleh *Fenton's Reagent*

Waktu (jam)	Persentase Penurunan (%)		
	Konsentrasi <i>Fenton's Reagent</i> (mg/L)		
	50 FeSO ₄ : 250 H ₂ O ₂	50 FeSO ₄ : 500 H ₂ O ₂	50 FeSO ₄ : 750 H ₂ O ₂
1	31,41	51,65	54,73
2	47,71	53,18	57,36
3	48,27	53,98	60,85

(Sumber : Hasil Penelitian)



Gambar 4.2. Grafik Penurunan Surfaktan oleh *Fenton's Reagent*

Berdasarkan tabel 4.8. dan gambar 4.2. persentase penurunan surfaktan terendah yaitu sebesar 31,41% terjadi pada waktu oksidasi 1 jam dengan perbandingan konsentrasi *Fenton's reagent* sebesar 1 : 5. Dan persentase penurunan surfaktan tertinggi yaitu sebesar 60,85% terjadi pada waktu oksidasi 3 jam, dengan perbandingan konsentrasi *Fenton's reagent* sebesar 1 : 15.

Hal tersebut menunjukkan bahwa persentase penurunan surfaktan meningkat seiring dengan semakin besarnya konsentrasi oksidan yang digunakan dan lamanya waktu oksidasi.

4.2.3. Analisa ANOVA

Untuk mengetahui ada/tidaknya pengaruh berbagai perlakuan dalam penurunan surfaktan maka dilakukan analisa dengan menggunakan uji ANOVA. Hasil tersebut adalah sebagai berikut :

Tabel 4.9. Hasil Uji ANOVA Persentase Penurunan Surfaktan

Source	DF	SS	MS	F	P
Perlakuan	8	1701,88	212,74	24,43	0,000
Error	18	156,74	8,71		
Total	26	1858,62			

S = 2,951 R-Sq = 91,57% R-Sq(adj) = 87,82%

Dengan melihat tabel 4.9. dapat ditentukan apakah terdapat perbedaan yang nyata antara persentase penurunan surfaktan diantara kelompok perlakuan. Hipotesis yang diberikan adalah :

- H_0 = Kesembilan perlakuan adalah identik
- H_1 = Kesembilan perlakuan adalah tidak identik

Pengambilan keputusan berdasarkan :

- Jika probabilitas $> 0,05$, H_0 diterima
- Jika probabilitas $< 0,05$, H_0 ditolak

Berdasarkan tabel 4.9. nilai F hitung sebesar 24,43 dan jika dilihat pada tabel distribusi F, nilai F tabel adalah 2,51. Karena nilai F hitung lebih besar daripada F tabel maka keputusannya adalah menolak hipotesis awal (H_0). Dengan nilai probabilitas 0,000, maka H_0 ditolak. Artinya kesembilan perlakuan adalah tidak identik atau berbeda nyata.

4.2.4. Analisa Korelasi

Untuk mengetahui ada/tidaknya dan kuat/lemahnya hubungan antara variabel yang diamati, maka digunakan analisa korelasi. Hasil dari analisa korelasi tersebut adalah sebagai berikut :

Tabel 4.10. Korelasi Antara Persentase Penurunan Surfaktan, Konsentrasi dan Waktu

		Konsentrasi (mg/L)	Waktu (jam)
% Penurunan Surfaktan	Pearson Correlation	0,747	0,415
	P-Value	0,000	0,031

Tabel 4.10. menunjukkan tingkat hubungan antara variabel yang dapat diketahui dengan melihat koefisien korelasi berikut :

- Besar hubungan persentase penurunan surfaktan dengan variasi konsentrasi *Fenton's reagent* adalah 0,747. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel kuat karena berada diantara 0,7 dan 0,9 (Achmad Z. S., 2005). Hubungan kedua variabel searah, hal ini ditunjukkan dengan nilai positif pada nilai koefisien korelasi. Hal tersebut berarti bahwa semakin besar konsentrasi *Fenton's reagent* yang digunakan maka persentase penurunan surfaktan akan semakin meningkat. Tingkat signifikan persentase penurunan surfaktan dan variasi konsentrasi *Fenton's reagent* yang ditunjukkan dengan nilai 0,000 (<0,05) maka korelasinya nyata (signifikan).
- Besar hubungan persentase penurunan surfaktan dengan variasi waktu oksidasi adalah 0,415. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel sedang karena berada diantara 0,4 dan 0,7 (Achmad Z. S., 2005). Hubungan kedua variabel searah, hal ini ditunjukkan dengan nilai positif pada nilai koefisien korelasi. Hal tersebut berarti bahwa semakin lama waktu oksidasi maka persentase penurunan surfaktan akan semakin meningkat. Tingkat signifikan persentase penurunan surfaktan dan variasi waktu oksidasi yang ditunjukkan dengan nilai 0,031 (<0,05) maka korelasinya nyata (signifikan).

4.2.5. Analisa Regresi

Untuk mengetahui besarnya hubungan antara variabel bebas dan variabel terikat maka digunakan uji regresi sehingga dapat diketahui ketepatan atau

signifikansi prediksi dari hubungan atau korelasi data. Hasil analisa tersebut dapat dilihat pada tabel 4.11. dan 4.12. berikut :

Tabel 4.11. Koefisien Persamaan Regresi Persentase Penurunan Surfaktan

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	27,400	3,172	8,64	0,000
Konsentrasi (mg/L)	7,590	1,077	7,05	0,000
Waktu (jam)	4,218	1,077	3,92	0,001

S = 4,57063 R-Sq = 73,0% R-Sq(adj) = 70,8%

- Persamaan regresi

$$y = 27,4 + 7,59x_1 + 4,218x_2$$

Dimana :

y = Persentase penurunan surfaktan

x_1 = Variasi konsentrasi *Fenton's reagent* (mg/L)

x_2 = Variasi waktu oksidasi (jam)

Konstanta sebesar 27,4 menyatakan bahwa jika variasi konsentrasi *Fenton's reagent* dan waktu oksidasi konstan maka persentase penurunan surfaktan adalah sebesar 27,4%. Koefisien regresi sebesar 7,59 untuk variabel x_1 (variasi konsentrasi *Fenton's reagent*) menyatakan bahwa setiap penambahan 1 mg/L *Fenton's reagent* akan meningkatkan persentase penurunan surfaktan sebesar 7,59% dengan anggapan variabel lain besarnya konstan. Sedangkan koefisien regresi sebesar 4,218 untuk variabel x_2 (variasi waktu oksidasi) menyatakan bahwa setiap penambahan 1 jam waktu oksidasi akan meningkatkan persentase penurunan surfaktan sebesar 4,218% dengan anggapan variabel lain besarnya konstan.

- Uji signifikan koefisien regresi

H_0 = Koefisien regresi tidak signifikan

H_1 = Koefisien regresi signifikan

Pengambilan keputusan :

1. Berdasarkan nilai T

Jika T hitung $<$ T tabel, H_0 diterima

Jika T hitung $>$ T tabel, H_0 ditolak

Nilai T tabel adalah 2,06, sedangkan nilai T hitung berdasarkan tabel 4.11. untuk variasi konsentrasi *Fenton's reagent* adalah 7,05 dan untuk variasi waktu oksidasi adalah 3,92. Semua nilai T hitung lebih besar dari T tabel, maka koefisien regresi signifikan.

2. Berdasarkan probabilitas

Jika probabilitas $>$ 0,05, H_0 diterima

Jika probabilitas $<$ 0,05, H_0 ditolak

Nilai P pada tabel 4.11. adalah 0,000 dan 0,001 yang berarti probabilitas jauh dibawah 0,05. Dengan demikian, H_0 ditolak atau koefisien regresi signifikan atau variasi konsentrasi *Fenton's reagent* dan waktu oksidasi benar-benar berpengaruh secara signifikan terhadap persentase penurunan surfaktan.

- Dari hasil analisa regresi juga didapatkan nilai *R square* sebesar 73%. Hal ini berarti bahwa 73% penurunan surfaktan ditentukan oleh variasi konsentrasi *Fenton's reagent* dan waktu oksidasi. Sedangkan sisanya sebesar 27% ditentukan oleh sebab-sebab lain yang tidak masuk dalam model.

**Tabel 4.12. Hasil Uji Kelinieran
Analisa Regresi Persentase Penurunan Surfaktan**

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	2	1357,24	678,62	34,48	0,000
Residual	24	501,38	20,89		
Total	26	1858,62			

- Dari uji kelinieran untuk analisa regresi atau F test didapat nilai F hitung 34,48. Dan tabel distribusi F didapatkan nilai F tabel 3,4. Karena F hitung lebih besar dari F tabel, maka kesimpulannya adalah variabel y (variabel terikat) dan x (variabel bebas) mempunyai hubungan linier atau dengan kata

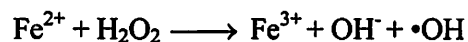
lain persentase penurunan surfaktan dengan konsentrasi *Fenton's reagent* dan waktu oksidasi mempunyai hubungan linier.

- Nilai probabilitas 0,000, jauh lebih kecil dari 0,05, maka model regresi bisa dipakai untuk memprediksi persentase penurunan surfaktan.

4.2.6. Pembahasan Oksidasi *Fenton's Reagent*

Fenton's reagent merupakan gabungan reaksi antara hidrogen peroksida (H_2O_2) dan ion besi (Fe^{2+} atau Fe^{3+}) yang berasal dari garam FeSO_4 atau FeCl_3 . Ion besi tersebut akan meningkatkan kegunaan hidrogen peroksida dalam menghasilkan hidroksil radikal.

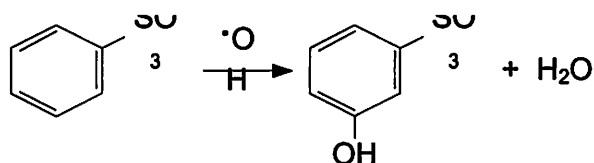
Menurut Barb et al. (dalam Tang, 2004), reaksi antara hidrogen peroksida (H_2O_2) dan ion besi Fe^{2+} dapat dituliskan sebagai berikut :



Proses penurunan konsentrasi surfaktan terjadi melalui mekanisme reaksi berikut :

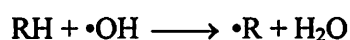
1. Hidroksilasi (Tang, 2004)

Hidroksil radikal yang dihasilkan dari adanya reaksi antara H_2O_2 dan Fe^{2+} akan 'menyerang' gugus yang terikat pada cincin benzene dan menggantikan posisi gugus tersebut, dalam hal ini adalah gugus alkil. Tersubstitusinya gugus alkil oleh hidroksil radikal tersebut akan menyebabkan benzene menjadi stabil, artinya benzene tidak akan mudah bereaksi dengan senyawa kimia lain.



2. Pemisahan hidrogen (Eckenfelder, 2000)

Reaksi antara hidroksil radikal dan gugus alkil pada senyawa surfaktan adalah sebagai berikut :



Tabel 4.8. dan gambar 4.2. menunjukkan bahwa persentase penurunan surfaktan terendah adalah sebesar 31,41%, terjadi pada penggunaan *Fenton's reagent* dengan perbandingan konsentrasi 1 : 5 dan waktu oksidasi selama 1 jam. Dan persentase penurunan surfaktan tertinggi adalah sebesar 60,85%, terjadi pada penggunaan *Fenton's reagent* dengan perbandingan konsentrasi 1 : 15 dan waktu oksidasi selama 3 jam. Kesimpulannya adalah semakin besar konsentrasi oksidan (H_2O_2) dan semakin lama waktu oksidasi yang digunakan maka hidroksil radikal yang terbentuk akan semakin banyak. Hidroksil radikal yang terbentuk tersebut akan membuat proses penguraian berlangsung dengan cepat sehingga persentase penurunan surfaktan semakin meningkat.

Sebenarnya *Fenton's reagent* ini dapat diaplikasikan tidak hanya pada air buangan saja tetapi juga pada lumpur dan tanah dengan jenis polutan yang berbeda. Salah satu pemanfaatan *Fenton's reagent* adalah untuk mengoksidasi senyawa warna dari limbah pabrik tekstil (Widiasari, 2006). Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa persentase penurunan warna semakin meningkat seiring dengan semakin besarnya konsentrasi oksidan (H_2O_2) yang digunakan.

Tabel 4.13. *Fenton's Reagent* dan Aplikasinya

Peneliti	Jenis Polutan
1. Eisenhauer (1964)	Fenol
2. Martin et al. (1989)	Asam hidroksimetansulfonik
3. Sedlak dan Andren (1991)	Benzene
4. Kuo (1992)	Warna
5. Mohanty dan Wei (1993)	Toluen
6. Pignatello (1994)	Herbisida
7. Sedlak dan Andren (1994)	PCB
8. Tang dan Tassos (1997)	Trihalometan
9. Arnold et al. (1995)	Pestisida (atrazin)
10. Lou dan Lee (1995)	BTX

(Sumber : Tang, 2004)

4.3. Oksidasi *Fenton's Reagent* dan Ultraviolet

4.3.1. Hasil Penelitian

Tabel 4.14. Konsentrasi Akhir Surfaktan Setelah Dioksidasi dengan *Fenton's Reagent* dan UV

Konsentrasi <i>Fenton's Reagent</i> (mg/L)	Waktu (jam)	Konsentrasi Awal (mg/L)	Konsentrasi Akhir (mg/L)			Rata-Rata (mg/L)
			I	II	III	
50 FeSO ₄ : 250 H ₂ O ₂	1	10	0,023	0,066	0,050	0,046
	2		0,067	0,000	0,041	0,036
	3		0,031	0,000	0,020	0,017
50 FeSO ₄ : 500 H ₂ O ₂	1		0,126	0,101	0,115	0,114
	2		0,077	0,073	0,081	0,077
	3		0,070	0,035	0,063	0,056
50 FeSO ₄ : 750 H ₂ O ₂	1		0,103	0,131	0,202	0,145
	2		0,092	0,076	0,088	0,085
	3		0,064	0,079	0,075	0,073

Sumber : Hasil Penelitian

4.3.2. Analisa Deskriptif

Berdasarkan tabel 4.14. menunjukkan bahwa konsentrasi surfaktan mengalami penurunan setelah dioksidasi menggunakan *Fenton's reagent* dan UV. Untuk mengetahui besar persentase penurunan surfaktan tersebut dapat digunakan rumus sebagai berikut :

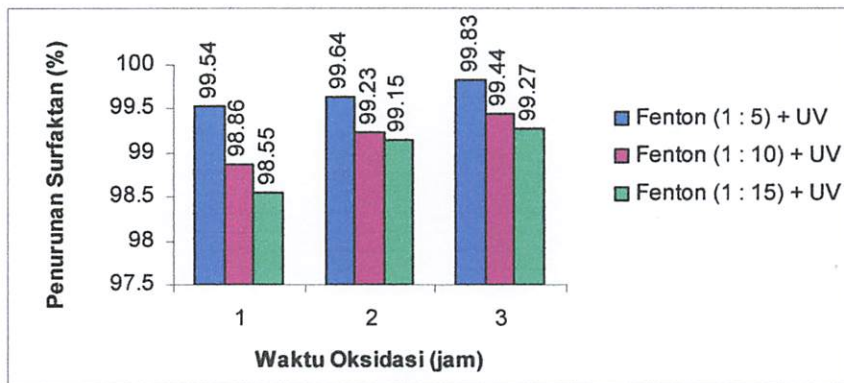
$$\% \text{ Penurunan} = \frac{\text{KonsentrasiAwal} - \text{KonsentrasiAkhir}}{\text{KonsentrasiAwal}} \times 100\%$$

Dengan menggunakan rumus tersebut diperoleh persentase penurunan surfaktan sebagai berikut :

Tabel 4.15. Persentase Penurunan Surfaktan oleh *Fenton's Reagent* dan UV

Waktu (jam)	Persentase Penurunan (%)		
	Konsentrasi <i>Fenton's Reagent</i> (mg/L)		
	50 FeSO ₄ : 250 H ₂ O ₂	50 FeSO ₄ : 500 H ₂ O ₂	50 FeSO ₄ : 750 H ₂ O ₂
1	99,54	98,86	98,55
2	99,64	99,23	99,15
3	99,83	99,44	99,27

(Sumber : Hasil Penelitian)



Gambar 4.3. Grafik Penurunan Surfaktan oleh *Fenton's Reagent* dan UV

Berdasarkan tabel 4.15. dan gambar 4.3. persentase penurunan surfaktan terendah yaitu sebesar 98,55% terjadi pada waktu oksidasi 1 jam dengan perbandingan konsentrasi *Fenton's reagent* sebesar 1 : 15. Dan persentase penurunan surfaktan tertinggi yaitu sebesar 99,83% terjadi pada waktu oksidasi 3 jam, dengan perbandingan konsentrasi *Fenton's reagent* sebesar 1 : 5.

4.3.3. Analisa ANOVA

Untuk mengetahui ada/tidaknya pengaruh berbagai perlakuan dalam penurunan surfaktan maka dilakukan analisa dengan menggunakan uji ANOVA. Hasil tersebut adalah sebagai berikut :

Tabel 4.16. Hasil Uji ANOVA Persentase Penurunan Surfaktan

Source	DF	SS	MS	F	P
Perlakuan	8	3,7741	0,4718	8,31	0,000
Error	18	1,0221	0,0568		
Total	26	4,7962			

$S = 0,2383$ $R\text{-Sq} = 78,69\%$ $R\text{-Sq}(\text{adj}) = 69,22\%$

Dengan melihat tabel 4.16. dapat ditentukan apakah terdapat perbedaan yang nyata antara persentase penurunan surfaktan diantara kelompok perlakuan.

Hipotesis yang diberikan adalah :

- H_0 = Kesembilan perlakuan adalah identik
- H_1 = Kesembilan perlakuan adalah tidak identik

Pengambilan keputusan berdasarkan :

- Jika probabilitas $> 0,05$, H_0 diterima
- Jika probabilitas $< 0,05$, H_0 ditolak

Berdasarkan tabel 4.16. nilai F hitung sebesar 8,31 dan jika dilihat pada tabel distribusi F, nilai F tabel adalah 2,51. Karena nilai F hitung lebih besar daripada F tabel maka keputusannya adalah menolak hipotesis awal (H_0). Dengan nilai probabilitas 0,000, maka H_0 ditolak. Artinya kesembilan perlakuan adalah tidak identik atau berbeda nyata.

4.3.4. Analisa Korelasi

Untuk mengetahui ada/tidaknya dan kuat/lemahnya hubungan antara variabel yang diamati, maka digunakan analisa korelasi. Hasil dari analisa korelasi tersebut adalah sebagai berikut :

**Tabel 4.17. Korelasi Antara Persentase Penurunan Surfaktan,
Konsentrasi dan Waktu**

		Konsentrasi (mg/L)	Waktu (jam)
% Penurunan Surfaktan	Pearson Correlation	-0,659	0,517
	P-Value	0,000	0,006

Tabel 4.17. menunjukkan tingkat hubungan antara variabel yang dapat diketahui dengan melihat koefisien korelasi berikut :

- Besar hubungan persentase penurunan surfaktan dengan variasi konsentrasi *Fenton's reagent* adalah -0,659. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel sedang karena berada diantara 0,4 dan 0,7 (Achmad Z. S., 2005). Hubungan kedua variabel berlawanan arah, hal ini ditunjukkan dengan nilai negatif pada nilai koefisien korelasi. Hal tersebut berarti bahwa semakin besar konsentrasi *Fenton's reagent* yang digunakan maka persentase penurunan surfaktan akan semakin menurun. Tingkat signifikan persentase penurunan surfaktan dan variasi konsentrasi *Fenton's reagent* yang ditunjukkan dengan nilai 0,000 (<0,05) maka korelasinya nyata (signifikan).
- Besar hubungan persentase penurunan surfaktan dengan variasi waktu oksidasi adalah 0,517. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel sedang karena berada diantara 0,4 dan 0,7 (Achmad Z. S., 2005). Hubungan kedua variabel searah, hal ini ditunjukkan dengan nilai positif pada nilai koefisien korelasi. Hal tersebut berarti bahwa semakin lama waktu oksidasi maka persentase penurunan surfaktan akan semakin meningkat. Tingkat signifikan persentase penurunan surfaktan dan variasi waktu oksidasi yang ditunjukkan dengan nilai 0,006 (<0,05) maka korelasinya nyata (signifikan).

4.3.5. Analisa Regresi

Untuk mengetahui besarnya hubungan antara variabel bebas dan variabel terikat maka digunakan uji regresi sehingga dapat diketahui ketepatan atau

signifikasi prediksi dari hubungan atau korelasi data. Hasil analisa tersebut dapat dilihat pada tabel 4.18. dan 4.19. berikut :

Tabel 4.18. Koefisien Persamaan Regresi Persentase Penurunan Surfaktan

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	99,4248	0,1697	585,90	0,000
Konsentrasi (mg/L)	-0,34000	0,05764	-5,90	0,000
Waktu (jam)	0,26667	0,5764	4,63	0,000

S = 0,244558 R-Sq = 70,1% R-Sq(adj) = 67,6%

- Persamaan Regresi

$$y = 99,4248 - 0,34x_1 + 0,26667x_2$$

Dimana :

y = Persentase penurunan surfaktan

x₁ = Variasi konsentrasi *Fenton's reagent* (mg/L)

x₂ = Variasi waktu oksidasi (jam)

Konstanta sebesar 99,4248 menyatakan bahwa jika variasi konsentrasi *Fenton's reagent* dan waktu oksidasi konstan maka persentase penurunan surfaktan adalah sebesar 99,4248%. Koefisien regresi sebesar -0,34 untuk variabel x₁ (variasi konsentrasi *Fenton's reagent*) menyatakan bahwa setiap penambahan 1 mg/L *Fenton's reagent* akan menurunkan persentase penurunan surfaktan sebesar 0,34% dengan anggapan variabel lain besarnya konstan. Sedangkan koefisien regresi 0,26667 untuk variabel x₂ (variasi waktu oksidasi) menyatakan bahwa setiap penambahan 1 jam waktu oksidasi akan meningkatkan persentase penurunan surfaktan sebesar 0,26667% dengan anggapan variabel lain besarnya konstan.

- Uji signifikan koefisien regresi

H₀ = Koefisien regresi tidak signifikan

H₁ = Koefisien regresi signifikan

Pengambilan keputusan :

1. Berdasarkan nilai T

Jika T hitung < T tabel, H_0 diterima

Jika T hitung > T tabel, H_0 ditolak

Nilai T tabel adalah 2,06, sedangkan nilai T hitung berdasarkan tabel 4.18. untuk variasi konsentrasi *Fenton's reagent* adalah -5,9 dan untuk variasi waktu oksidasi adalah 4,63. Semua nilai T hitung lebih besar dari T tabel, maka koefisien regresi signifikan.

2. Berdasarkan probabilitas

Jika probabilitas > 0,05, H_0 diterima

Jika probabilitas < 0,05, H_0 ditolak

Nilai P pada tabel 4.18. adalah 0,000 dan 0,000 yang berarti probabilitas jauh dibawah 0,05. Dengan demikian, H_0 ditolak atau koefisien regresi signifikan atau variasi konsentrasi dan waktu oksidasi benar-benar berpengaruh secara signifikan terhadap persentase penurunan surfaktan.

- Dari hasil analisa regresi juga didapatkan nilai *R square* sebesar 70,1%. Hal ini berarti bahwa 70,1% penurunan surfaktan ditentukan oleh variasi konsentrasi *Fenton's reagent* dan waktu oksidasi. Sedangkan sisanya sebesar 29,9% ditentukan oleh sebab-sebab lain yang tidak masuk dalam model.

Tabel 4.19. Hasil Uji Kelinieran

Analisa Regresi Persentase Penurunan Surfaktan

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	2	3,3608	1,6804	28,10	0,000
Residual	24	1,4354	0,0598		
Total	26	4,7962			

- Dari uji kelinieran untuk analisa regresi atau F test didapat nilai F hitung 28,1. Dan tabel distribusi F didapatkan nilai F tabel 3,4. Karena F hitung lebih besar dari F tabel, maka kesimpulannya adalah variabel y (variabel terikat) dan x (variabel bebas) mempunyai hubungan linier atau dengan kata lain persentase

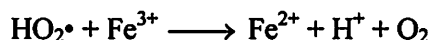
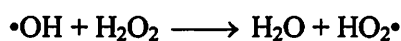
penurunan surfaktan dengan konsentrasi *Fenton's reagent* dan waktu oksidasi mempunyai hubungan linier.

- Nilai probabilitas 0,000, jauh lebih kecil dari 0,05, maka model regresi bisa dipakai untuk memprediksi persentase penurunan surfaktan.

4.3.6. Pembahasan Oksidasi *Fenton's Reagent* dan Ultraviolet

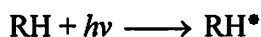
Dari tabel 4.15. dan gambar 4.3. dapat disimpulkan bahwa penurunan surfaktan yang paling optimal adalah pada penggunaan *Fenton's reagent* dengan perbandingan sebesar 1 : 5 dan waktu oksidasi 3 jam. Pada perbandingan *Fenton's reagent* sebesar 1 : 10 dan 1 : 15, laju reaksi penguraian surfaktan berjalan lambat. Hal ini terjadi karena hidroksil radikal ($\bullet\text{OH}$) yang dihasilkan dari kombinasi reaksi antara *Fenton's reagent* dan UV jumlahnya berlebihan.

Menurut Barb et al., 1951 (dalam Tang 2004) hidroksil radikal berlebihan akan menjadi senyawa pengganggu (*scavengers*) dan dapat bereaksi dengan H_2O_2 membentuk $\text{HO}_2\bullet$, yang lebih lemah dalam menguraikan senyawa organik jika dibandingkan dengan hidroksil radikal.

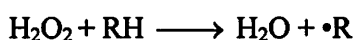
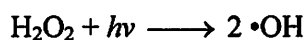


Namun demikian, pengolahan limbah surfaktan dengan menggunakan kombinasi reaksi antara *Fenton's reagent* dan UV ini menghasilkan penguraian senyawa surfaktan yang lebih optimal. Hal ini disebabkan karena terdapat beberapa mekanisme reaksi yang dapat terjadi pada penggunaan kombinasi antara *Fenton's reagent* dan UV secara bersama-sama sebagai berikut :

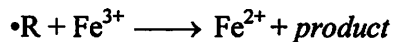
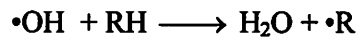
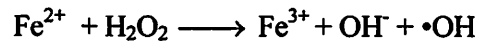
- Foton dapat langsung mengoksidasi molekul dari kontaminan organik sehingga terjadi penguraian (fotolisis) secara langsung (Tang, 2004).



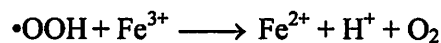
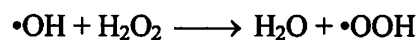
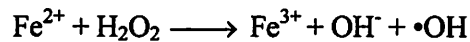
- Foton mengoksidasi oksidan (H_2O_2) dan menghasilkan hidroksil radikal (Eckenfelder, 2000).



- Foton diserap langsung oleh katalis (Fe^{2+} dari FeSO_4) sehingga dapat mempercepat laju reaksi (Walling & Kato, 1976 dan Barb et al., 1951 dalam Tang, 2004).



Reaksi lain yang mungkin terjadi :



Masih berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Widiyari (2006), diperoleh kesimpulan bahwa penambahan penggunaan UV mampu meningkatkan kemampuan oleh *Fenton's reagent* dalam mengoksidasi warna.

4.4. Pembahasan Radiasi Ultraviolet, Oksidasi *Fenton's Reagent* dan Oksidasi *Fenton's Reagent*/Ultraviolet

Pada perlakuan pertama, limbah surfaktan hanya diradiasi menggunakan UV dengan waktu radiasi yang berbeda. Hal tersebut bertujuan untuk mengetahui apakah radiasi UV mampu menguraikan limbah surfaktan. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, diperoleh data (tabel 4.1.) yang menunjukkan bahwa radiasi UV mampu menguraikan surfaktan. Pada waktu radiasi selama 3 jam, diperoleh persentase penurunan surfaktan tertinggi, yaitu sebesar 41,54% (tabel 4.2.). Dari hasil tersebut juga dapat disimpulkan bahwa waktu radiasi yang dibutuhkan untuk menguraikan surfaktan relatif lama dan persentase penurunan yang dihasilkan relatif kecil.

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam desain pengolahan limbah dengan menggunakan radiasi UV, yaitu :

- Volume atau debit limbah dan waktu radiasi

Volume atau debit limbah yang diolah berhubungan dengan tinggi limbah di dalam reaktor. Semakin tinggi limbah yang diolah, semakin lama waktu yang

dibutuhkan oleh foton dari radiasi UV untuk berinteraksi dan memenetrasi polutan organik hingga ke dasar reaktor.

- **Intensitas UV**

Intensitas UV berhubungan dengan jumlah (kuantitas) energi foton yang dihasilkan dari radiasi UV. Jumlah energi foton yang dihasilkan berbanding lurus dengan laju penguraian polutan organik, semakin besar energi foton yang dihasilkan maka laju penguraian polutan organik akan semakin cepat.

- **Kekeruhan**

Adanya partikel-partikel koloid penyebab kekeruhan akan mengurangi kemampuan radiasi UV dalam menurunkan polutan organik, partikel-partikel koloid tersebut akan menghalangi penetrasi dan penyerapan energi foton oleh polutan organik.

Pada perlakuan kedua dilakukan pengolahan limbah surfaktan menggunakan oksidasi oleh *Fenton's reagent* dengan perbandingan konsentrasi dan waktu oksidasi yang berbeda. Data pada tabel 4.8. menunjukkan bahwa persentase penurunan surfaktan meningkat seiring dengan semakin besarnya konsentrasi oksidan yang digunakan. Persentase penurunan surfaktan tertinggi, yaitu sebesar 60,85% diperoleh pada penggunaan konsentrasi *Fenton's reagent* dengan perbandingan 1 : 15 dan waktu oksidasi 3 jam. Sehingga kesimpulan dari perlakuan kedua adalah laju penguraian surfaktan berbanding lurus dengan jumlah hidroksil radikal, konsentrasi oksidan dan waktu oksidasi.

Perlakuan ketiga merupakan kombinasi antara perlakuan pertama dan kedua, dimana limbah surfaktan dioksidasi menggunakan *Fenton's reagent* dan UV. Pada perlakuan ketiga ini juga dilakukan variasi perbandingan konsentrasi *Fenton's reagent* dan waktu oksidasi yang berbeda. Data hasil penelitian (tabel 4.14.) menunjukkan bahwa persentase penurunan surfaktan tertinggi, yaitu sebesar 99,83% terjadi pada penggunaan konsentrasi *Fenton's reagent* dengan perbandingan 1 : 5 dan waktu oksidasi 3 jam.

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam desain pengolahan limbah menggunakan proses fotokimia adalah sebagai berikut :

- CO_3^{2-} dan HCO_3^-

Ion-ion karbonat dan bikarbonat tersebut dapat mengkonsumsi hidroksil radikal ($\bullet\text{OH}$) sehingga laju penguraian polutan organik berjalan lambat.

- Dosis oksidan

Jumlah oksidan berlebih dapat bereaksi dengan hidroksil radikal ($\bullet\text{OH}$) menyebabkan lambatnya laju penguraian polutan organik.

- Zat organik

Keberadaan zat-zat organik dalam limbah dapat menghalangi penyerapan energi foton oleh polutan organik.

Dari ketiga perlakuan tersebut diatas dapat disimpulkan bahwa persentase penurunan surfaktan paling optimal diperoleh pada perlakuan ketiga dimana dilakukan kombinasi reaksi antara *Fenton's reagent* dan UV.

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

1. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut :
 - Limbah surfaktan dapat diuraikan hanya dengan menggunakan radiasi UV dan menghasilkan persentase penurunan tertinggi sebesar 41,54% selama 3 jam.
 - Untuk persentase penurunan konsentrasi surfaktan tertinggi dengan oksidasi oleh *Fenton's reagent* adalah sebesar 60,85%, terjadi pada penggunaan *Fenton's reagent* dengan perbandingan konsentrasi 1 : 15 dan waktu oksidasi 3 jam.
 - Sedangkan persentase penurunan konsentrasi surfaktan tertinggi dengan kombinasi antara oksidasi oleh *Fenton's reagent* dan UV adalah sebesar 99,83%, terjadi pada penggunaan *Fenton's reagent* dengan perbandingan 1 : 5 dan waktu oksidasi 3 jam.
(artinya, penggunaan *Fenton's reagent* dengan konsentrasi oksidan yang berbeda memberikan pengaruh terhadap penurunan konsentrasi surfaktan yang berbeda pula)
2. Penggunaan radiasi UV terbukti dapat meningkatkan kemampuan *Fenton's reagent* dalam mengoksidasi limbah surfaktan.

5.2. Saran

Berikut saran-saran yang dapat dilakukan guna perbaikan dan penyempurnaan penelitian dengan *Advanced Oxidation Processes-AOPs* menggunakan *Fenton's reagent* dan UV :

1. Perlu dilakukan penelitian dengan menggunakan range konsentrasi *Fenton's reagent* dan waktu oksidasi yang berbeda sehingga dapat diperoleh persentase penurunan surfaktan yang paling optimal.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan proses kontinyu.
3. Penelitian dengan menggunakan limbah deterjen dengan jenis lain perlu dilakukan untuk mengetahui kemampuan *Fenton's reagent* dalam mengoksidasi polutan organik lain yang terdapat dalam deterjen tersebut.
4. Perlu dilakukannya proses koagulasi sebagai *pretreatment* untuk limbah dengan tingkat kekeruhan tinggi agar kemampuan UV dalam menguraikan polutan dapat optimal.
5. Kemungkinan dilakukannya pengolahan dengan menggunakan kombinasi antara oksidasi oleh *Fenton's reagent* dan proses biologi.

DAFTAR PUSTAKA

- Alaerts, G. dan Santika, Sri Simestri, **Metode Penelitian Air**, Usaha Nasional, Surabaya, 1984.
- Connel, Des W. dan Miller, Gregory J., **Kimia dan Ekotoksikologi Pencemaran**, UI-Press, Jakarta, 1995.
- Departemen Pekerjaan Umum, **Kumpulan SNI Bidang Pekerjaan Umum Mengenai Kualitas Air**, Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta, 1991.
- Eckenfelder Jr., W. Wesley, **Industrial Water Pollution Control**, Third Edition, The McGraw-Hill Companies Inc., Singapore, 2000.
- Fardiaz, Srikandi, **Polusi Air dan Udara**, Kanisius, Jogjakarta, 1992.
- Fessenden, Ralp J. dan Fessenden, Joan S./Pudjaatmaka, Aloysius Hadyana, **Kimia Organik**, Erlangga, Jakarta, 1986.
- Fifiani, Meria, **Studi Penurunan Warna Reaktif pada Air Limbah Tekstil dengan Proses Fotokimia UV/H₂O₂/TiO₂**, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Lingkungan FTSP ITS, Surabaya, 2004.
- Hariawan, Setyo, **Studi Penurunan Konsentrasi Surfaktan Dengan Proses Oksidasi UV-H₂O₂**, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Lingkungan FTSP ITS, Surabaya, 2004.
- Hart, Harold/Achmadi, Suminar, **Kimia Organik**, Edisi Keenam, Erlangga, Jakarta, 1983.
- Iriawan, Nur dan Astuti, Septin Puji, **Mengolah Data Statistik dengan Mudah Menggunakan Minitab 14**, Andi, 2006.

- Kirk-Othmer, *Encyclopedia of Chemical Technology*, Third Edition, Volume 22 : *Sulfonation and Sulfation to Thorium and Thorium Compounds*, John Wiley & Sons Inc., New York, 1983.
- Perry, John H., *Chemical Engineers Handbook*, Third Edition, Mc Graw-Hill Book Company Inc., 1950.
- Purba, Michael, *Ilmu Kimia*, Erlangga, Jakarta, 1999.
- Ryer, Alex, *Light Measurement Handbook*, International Light Inc., 1998.
- Soleh, Achmad Zanbar, *Ilmu Statistika Pendekatan Teoritis dan Aplikatif disertai Contoh Penggunaan SPSS*, Rekayasa Sains, Bandung, 2005.
- Sudjana, *Metode Statistika*, Edisi Kelima, Tarsito, Bandung, 1992.
- Sugiharto, *Dasar-Dasar Pengelolaan Air Limbah*, UI-Press, Jakarta, 1987.
- Tang, Walter Z., *Physicochemical Treatment of Hazardous Wastes*, Lewis Publishers, A CRC Company, 2004.
- Tipler, Paul A., *Fisika Untuk Sains dan Teknik*, Edisi Ketiga, Jilid 2, Erlangga, Jakarta, 1991.
- Widiasari, Gina, *Studi Penurunan Warna pada Limbah Pencelupan Benang secara Fotokatalis UV/H₂O₂/Fe²⁺*, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Lingkungan FTSP ITS, Surabaya, 2006.
- www. Google.com. **Air PDAM Diduga Mengandung Karsinogenik.**
- www. H2O2.com, *Introduction of Hydrogen Peroxide.*

LAMPIRAN

Prosedur Analisa Surfaktan

2.1. Persiapan Sampel

1. Mengukur sampel sebanyak 100 mL secara duplo dan memasukkan ke dalam corong pemisah 250 mL
2. Menambahkan 3-5 tetes indikator fenolftalin dan larutan NaOH 1 N tetes demi tetes ke dalam sampel hingga timbul warna merah muda, kemudian menghilangkannya dengan menambahkan H₂SO₄ 1 N tetes demi tetes
3. Menambahkan larutan biru metilena sebanyak 25 mL, kadar surfaktan tinggi sekali jika warna biru hilang atau menjadi pucat sekali selama ekstraksi, maka perlu membuang sampel tersebut kemudian membuat sampel seperti pada tabel 1
4. Menambahkan 10 mL CHCl₃, mengocok kuat-kuat selama 30 detik, sekali-kali membuka tutup corong untuk mengeluarkan gas
5. Membiarkan terjadinya pemisahan fase, menggoyang perlahan-lahan, menambahkan sedikit isopropil alkohol (mL) jika terbentuk emulsi, mengeluarkan lapisan bawah (CHCl₃) dan menampungnya dalam corong pemisah yang lain
6. Mengulangi ekstraksi seperti pada butir 2 dan 3 sebanyak 2 kali dan menyatukan larutan ekstrak tersebut dengan larutan ekstrak pada butir 2
7. Menambahkan 50 mL pencuci ke dalam larutan ekstrak kloroform gabungan, mengocok kuat-kuat selama 30 detik
8. Membiarkan hingga terjadi pemisahan fase, menggoyang perlahan-lahan kemudian mengeluarkan lapisan bawah (kloroform) melalui serabut kaca, memasukkan ke dalam labu ukur (menjaga agar lapisan air tidak terbawa)
9. Mengulangi ekstraksi terhadap larutan pencuci dengan kloroform seperti pada butir 2 sebanyak 2 kali
10. Mencuci serabut kaca dengan kloroform sebanyak 10 mL dan menyatukan dengan larutan ekstrak diatas
11. Memasukkan larutan ekstrak ke dalam labu ukur 100 mL dan menempatkan kloroform hingga tepat pada tanda tera
12. Sampel siap diuji

Tabel 1. Perkiraan Volume Sampel

Perkiraan Kadar Surfaktan (mg/L MBAS)	Volume Sampel (mL)
0,025-0,08	400
0,08-0,4	250
0,4-2	100
2-10	20
10-100	2

Bila di dalam tabel dinyatakan volume lebih besar dari 100 mL maka ekstraksi dilakukan seluruhnya, sedangkan bila volume lebih kecil dari 100 mL maka diperlukan pengenceran dengan air suling hingga volume 100 mL.

2.2. Cara Uji

1. Mengambil sampel pada sub bab 2.1., butir 12
2. Memasukkan ke dalam kuvet pada alat spektrofotometer, membaca dan mencatat serapan-masuknya pada panjang gelombang 652 nm, pembacaan dilakukan tidak lebih dari 3 jam setelah ekstraksi
3. Memeriksa alat dan mengulangi pekerjaan dari langkah 1 apabila perbedaan pengukuran lebih besar dari 2% dan merata-ratakan hasilnya apabila lebih kecil atau sama dengan 2%

2.3. Perhitungan

Menghitung kadar surfaktan di dalam sampel dengan menggunakan kurva kalibrasi atau persamaan garis lurusnya dan memperhatikan hal-hal sebagai berikut :

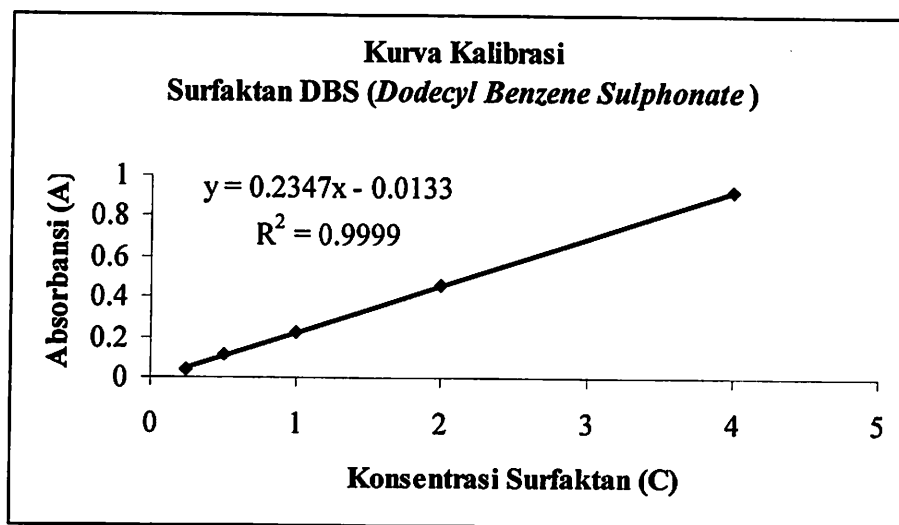
1. Selisih kadar maksimum yang diperbolehkan antara dua pengukuran duplo adalah 2%, kemudian merata-ratakan hasilnya
2. Mengulangi pengujian dengan cara mengencerkan sampel apabila hasil perhitungan kadar surfaktan lebih besar dari 2 mg/L
3. Kadar surfaktan dinyatakan dalam mg/L MBAS

Prosedur Pembuatan Kurva Kalibrasi

1. Membuat larutan surfaktan dengan konsentrasi 0.25 mg/L, 0.5 mg/L, 1 mg/L, 2 mg/L dan 4 mg/L
2. Melakukan analisa MBAS untuk memperoleh nilai absorbansi dari masing-masing konsentrasi surfaktan tersebut
3. Memplot kurva kalibrasi pada grafik antara nilai absorbansi (A) dan konsentrasi surfaktan (C) sebagai mg/L MBAS
4. Melakukan regresi linier antara nilai absorbansi dan konsentrasi surfaktan, kemudian menentukan persamaan dari regresi linier

Tabel Kurva Kalibrasi

Konsentrasi Surfaktan (C, mg/L MBAS)	Absorbansi (A)
4	0,924
2	0,458
1	0,222
0,5	0,108
0,25	0,040



Grafik Persamaan Kurva Kalibrasi

Nomor : 064 S/LKA MLG/II/06

Halaman 2 dari 2
Page 2 of 2

Kode Contoh Uji : Ext 45-49/AJ/II/2006/83-87
Sample Code

Metode Pengambilan Contoh Uji : -
Sampling Method

Tempat Analisa : Laboratorium Kualitas Air PJT I Malang
Place of Analysis

Tanggal Analisa : 24 Pebruari 2006
Testing Date(s)

HASIL ANALISA
Result of Analysis

No	Parameter	Satuan	Hasil	Metode Analisa	Ket.
1	Kurva Surfaktan (4 mg/L)		0,924	QI/LKA/26 (Spektofotometri)	-
2	Kurva Surfaktan (2 mg/L)		0,458	QI/LKA/26 (Spektofotometri)	-
3	Kurva Surfaktan (1 mg/L)		0,222	QI/LKA/26 (Spektofotometri)	-
4	Kurva Surfaktan (0,5 mg/L)		0,108	QI/LKA/26 (Spektofotometri)	-
5	Kurva Surfaktan (0,25 mg/L)		0,040	QI/LKA/26 (Spektofotometri)	-

Kesimpulan : -
Conclusion

*Sertifikat atau laporan ini hanya berlaku pada contoh uji di atas dan dilarang memperbanyak dan atau mempublikasikan isi sertifikat ini tanpa izin dari
Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I*

*Sertifikat atau laporan ini sah bila dibubuhi cap oleh Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I
This Certificate or report is valid just for sample mentioned above and shall not be reproduced and or publicated without any approval from
Water Quality Laboratory of Jasa Tirta I Public Corporation
This Certificate or report is valid after being stamped by Water Quality Laboratory Of Jasa Tirta I Public Corporation*

Nomor : 086 S/LKA MLG/II/06

Halaman 2 dari 2
Page 2 of 2

Kode Contoh Uji : Ext 126-134/AJ/II/2006/172-180
Sample Code

Metode Pengambilan Contoh Uji : -
Sampling Method

Tempat Analisa : Laboratorium Kualitas Air PJT I Malang
Place of Analysis

Tanggal Analisa : 24 Pebruari 2006
Testing Date(s)

HASIL ANALISA
Result of Analysis

No	Parameter	Satuan	Hasil	Metode Analisa	Ket.
1	Kode 1	mg/L	6,963	QI/LKA/26 (Spektofotometri)	-
2	Kode 2	mg/L	6,971	QI/LKA/26 (Spektofotometri)	-
3	Kode 3	mg/L	6,715	QI/LKA/26 (Spektofotometri)	-
4	Kode 4	mg/L	6,207	QI/LKA/26 (Spektofotometri)	-
5	Kode 5	mg/L	6,822	QI/LKA/26 (Spektofotometri)	-
6	Kode 6	mg/L	6,515	QI/LKA/26 (Spektofotometri)	-
7	Kode 7	mg/L	5,836	QI/LKA/26 (Spektofotometri)	-
8	Kode 8	mg/L	5,877	QI/LKA/26 (Spektofotometri)	-
9	Kode 9	mg/L	5,825	QI/LKA/26 (Spektofotometri)	-

Kesimpulan : -
Conclusion

Sertifikat atau laporan ini hanya berlaku pada contoh uji di atas dan dilarang memperbanyak dan atau mempublikasikan isi sertifikat ini tanpa izin dari Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I

*Sertifikat atau laporan ini sah bila dibubuhi cap oleh Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I
This Certificate or report is valid just for sample mentioned above and shall not be reproduced and or published without any approval from Water Quality Laboratory of Jasa Tirta I Public Corporation*

This Certificate or report is valid after being stamped by Water Quality Laboratory Of Jasa Tirta I Public Corporation

Nomor : 073 S/LKA MLG/II/06

Halaman 2 dari 2
Page 2 of 2

Kode Contoh Uji : Ext 80-85/AJ/II/2006/118-123
Sample Code

Metode Pengambilan Contoh Uji : -
Sampling Method

Tempat Analisa : Laboratorium Kualitas Air PJT I Malang
Place of Analysis

Tanggal Analisa : 22 Pebruari 2006
Testing Date(s)

HASIL ANALISA *Result of Analysis*

No	Parameter	Satuan	Hasil	Metode Analisa	Ket.
1	I.1	mg/L	6,965	QI/LKA/26 (Spektofotometri)	-
2	I.1 + UV	mg/L	0,023	QI/LKA/26 (Spektofotometri)	-
3	I.2	mg/L	6,750	QI/LKA/26 (Spektofotometri)	-
4	I.2 + UV	mg/L	0,066	QI/LKA/26 (Spektofotometri)	-
5	I.3	mg/L	6,861	QI/LKA/26 (Spektofotometri)	-
6	I.3 + UV	mg/L	0,050	QI/LKA/26 (Spektofotometri)	-

Kesimpulan : -
Conclusion

Sertifikat atau laporan ini hanya berlaku pada contoh uji di atas dan dilarang memperbanyak dan atau mempublikasikan isi sertifikat ini tanpa izin dari Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I

*Sertifikat atau laporan ini sah bila dibubuhi cap oleh Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I
This Certificate or report is valid just for sample mentioned above and shall not be reproduced and or publicated without any approval from Water Quality Laboratory of Jasa Tirta I Public Corporation
This Certificate or report is valid after being stamped by Water Quality Laboratory Of Jasa Tirta I Public Corporation*

Nomor : 074 S/LKA MLG/II/06

Halaman 2 dari 2
Page 2 of 2

Kode Contoh Uji : Ext 86-91/AJ/II/2006/124-129
Sample Code

Metode Pengambilan Contoh Uji : -
Sampling Method

Tempat Analisa : Laboratorium Kualitas Air PJT I Malang
Place of Analysis

Tanggal Analisa : 22 Pebruari 2006
Testing Date(s)

HASIL ANALISA
Result of Analysis

No	Parameter	Satuan	Hasil	Metode Analisa	Ket.
1	II.1	mg/L	5,565	QI/LKA/26 (Spektofotometri)	-
2	II.1 + UV	mg/L	0,067	QI/LKA/26 (Spektofotometri)	-
3	II.2	mg/L	4,795	QI/LKA/26 (Spektofotometri)	-
4	II.2 + UV	mg/L	tt	QI/LKA/26 (Spektofotometri)	Tidak terdeteksi
5	II.3	mg/L	5,326	QI/LKA/26 (Spektofotometri)	-
6	II.3 + UV	mg/L	0,041	QI/LKA/26 (Spektofotometri)	-

Kesimpulan : -
Conclusion

Sertifikat atau laporan ini hanya berlaku pada contoh uji di atas dan dilarang memperbanyak dan atau mempublikasikan isi sertifikat ini tanpa izin dari Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I

*Sertifikat atau laporan ini sah bila dibubuhi cap oleh Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I
This Certificate or report is valid just for sample mentioned above and shall not be reproduced and or publicated without any approval from Water Quality Laboratory of Jasa Tirta I Public Corporation*

This Certificate or report is valid after being stampped by Water Quality Laboratory Of Jasa Tirta I Public Corporation

Nomor : 075 S/LKA MLG/II/06

Halaman 2 dari 2
Page 2 of 2

Kode Contoh Uji : Ext 92-97/AJ/II/2006/130-135
Sample Code

Metode Pengambilan Contoh Uji : -
Sampling Method

Tempat Analisa : Laboratorium Kualitas Air PJT I Malang
Place of Analysis

Tanggal Analisa : 22 Pebruari 2006
Testing Date(s)

HASIL ANALISA
Result of Analysis

No	Parameter	Satuan	Hasil	Metode Analisa	Ket.
1	III.1	mg/L	5,295	QI/LKA/26 (Spektofotometri)	-
2	III.1 + UV	mg/L	0,031	QI/LKA/26 (Spektofotometri)	-
3	III.2	mg/L	5,035	QI/LKA/26 (Spektofotometri)	-
4	III.2 + UV	mg/L	tt	QI/LKA/26 (Spektofotometri)	Tidak terdeteksi
5	III.3	mg/L	5,189	QI/LKA/26 (Spektofotometri)	-
6	III.3 + UV	mg/L	0,020	QI/LKA/26 (Spektofotometri)	-

Kesimpulan : -
Conclusion

*Sertifikat atau laporan ini hanya berlaku pada contoh uji di atas dan dilarang memperbanyak dan atau mempublikasikan isi sertifikat ini tanpa izin dari
Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I*

*Sertifikat atau laporan ini sah bila dibubuhi cap oleh Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I
This Certificate or report is valid just for sample mentioned above and shall not be reproduced and or publicated without any approval from
Water Quality Laboratory of Jasa Tirta I Public Corporation
This Certificate or report is valid after being stamppped by Water Quality Laboratory Of Jasa Tirta I Public Corporation*

Nomor : 077 S/LKA MLG/II/06

Halaman 2 dari 2
Page 2 of 2

Kode Contoh Uji : Ext 94-99/AJ/II/2006/132-137
Sample Code

Metode Pengambilan Contoh Uji : -
Sampling Method

Tempat Analisa : Laboratorium Kualitas Air PJT I Malang
Place of Analysis

Tanggal Analisa : 24 Pebruari 2006
Testing Date(s)

HASIL ANALISA
Result of Analysis

No	Parameter	Satuan	Hasil	Metode Analisa	Ket.
1	I.1	mg/L	4,800	QI/LKA/26 (Spektofotometri)	-
2	I.1 + UV	mg/L	0,126	QI/LKA/26 (Spektofotometri)	-
3	I.2	mg/L	4,860	QI/LKA/26 (Spektofotometri)	-
4	I.2 + UV	mg/L	0,101	QI/LKA/26 (Spektofotometri)	-
5	I.3	mg/L	4,846	QI/LKA/26 (Spektofotometri)	-
6	I.3 + UV	mg/L	0,115	QI/LKA/26 (Spektofotometri)	-

Kesimpulan : -
Conclusion

Sertifikat atau laporan ini hanya berlaku pada contoh uji di atas dan dilarang memperbanyak dan atau mempublikasikan isi sertifikat ini tanpa izin dari Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I

*Sertifikat atau laporan ini sah bila dibubuhi cap oleh Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I
This Certificate or report is valid just for sample mentioned above and shall not be reproduced and or publicated without any approval from Water Quality Laboratory of Jasa Tirta I Public Corporation*

This Certificate or report is valid after being stamppped by Water Quality Laboratory Of Jasa Tirta I Public Corporation

Nomor : 078 S/LKA MLG/II/06

Halaman 2 dari 2
Page 2 of 2

Kode Contoh Uji : Ext 100-105/AJ/II/2006/138-143
Sample Code

Metode Pengambilan Contoh Uji : -
Sampling Method

Tempat Analisa : Laboratorium Kualitas Air PJT I Malang
Place of Analysis

Tanggal Analisa : 24 Pebruari 2006
Testing Date(s)

HASIL ANALISA
Result of Analysis

No	Parameter	Satuan	Hasil	Metode Analisa	Ket.
1	II.1	mg/L	4,485	QI/LKA/26 (Spektofotometri)	-
2	II.1 + UV	mg/L	0,077	QI/LKA/26 (Spektofotometri)	-
3	II.2	mg/L	4,855	QI/LKA/26 (Spektofotometri)	-
4	II.2 + UV	mg/L	0,073	QI/LKA/26 (Spektofotometri)	-
5	II.3	mg/L	4,705	QI/LKA/26 (Spektofotometri)	-
6	II.3 + UV	mg/L	0,081	QI/LKA/26 (Spektofotometri)	-

Kesimpulan : -
Conclusion

Sertifikat atau laporan ini hanya berlaku pada contoh uji di atas dan dilarang memperbanyak dan atau mempublikasikan isi sertifikat ini tanpa izin dari Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I

Sertifikat atau laporan ini sah bila dibubuhi cap oleh Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I

This Certificate or report is valid just for sample mentioned above and shall not be reproduced and or published without any approval from Water Quality Laboratory of Jasa Tirta I Public Corporation

This Certificate or report is valid after being stamped by Water Quality Laboratory Of Jasa Tirta I Public Corporation

Nomor : 079 S/LKA MLG/II/06

Halaman 2 dari 2
Page 2 of 2

Kode Contoh Uji : Ext 106-111/AJ/II/2006/144-149
Sample Code

Metode Pengambilan Contoh Uji : -
Sampling Method

Tempat Analisa : Laboratorium Kualitas Air PJT I Malang
Place of Analysis

Tanggal Analisa : 24 Pebruari 2006
Testing Date(s)

HASIL ANALISA
Result of Analysis

No	Parameter	Satuan	Hasil	Metode Analisa	Ket.
1	III.1	mg/L	4,835	QI/LKA/26 (Spektofotometri)	-
2	III.1 + UV	mg/L	0,070	QI/LKA/26 (Spektofotometri)	-
3	III.2	mg/L	4,345	QI/LKA/26 (Spektofotometri)	-
4	III.2 + UV	mg/L	0,035	QI/LKA/26 (Spektofotometri)	-
5	III.3	mg/L	4,625	QI/LKA/26 (Spektofotometri)	-
6	III.3 + UV	mg/L	0,063	QI/LKA/26 (Spektofotometri)	-

Kesimpulan : -
Conclusion

*Sertifikat atau laporan ini hanya berlaku pada contoh uji di atas dan dilarang memperbanyak dan atau mempublikasikan isi sertifikat ini tanpa izin dari
Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I*

*Sertifikat atau laporan ini sah bila dibubuhi cap oleh Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I
This Certificate or report is valid just for sample mentioned above and shall not be reproduced and or publicated without any approval from
Water Quality Laboratory of Jasa Tirta I Public Corporation*

This Certificate or report is valid after being stamped by Water Quality Laboratory Of Jasa Tirta I Public Corporation



Nomor : 082 S/LKA MLG/II/06

Halaman 2 dari 2
Page 2 of 2

Kode Contoh Uji : Ext 113-118/AJ/II/2006/159-164
Sample Code

Metode Pengambilan Contoh Uji : -
Sampling Method

Tempat Analisa : Laboratorium Kualitas Air PJT I Malang
Place of Analysis

Tanggal Analisa : 24 Februari 2006
Testing Date(s)

HASIL ANALISA
Result of Analysis

No	Parameter	Satuan	Hasil	Metode Analisa	Ket.
1	I.1	mg/L	4,855	QI/LKA/26 (Spektofotometri)	-
2	I.1 + UV	mg/L	0,103	QI/LKA/26 (Spektofotometri)	-
3	I.2	mg/L	4,195	QI/LKA/26 (Spektofotometri)	-
4	I.2 + UV	mg/L	0,131	QI/LKA/26 (Spektofotometri)	-
5	I.3	mg/L	4,531	QI/LKA/26 (Spektofotometri)	-
6	I.3 + UV	mg/L	0,202	QI/LKA/26 (Spektofotometri)	-

Kesimpulan : -
Conclusion

Sertifikat atau laporan ini hanya berlaku pada contoh uji di atas dan dilarang memperbanyak dan atau mempublikasikan isi sertifikat ini tanpa izin dari Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I

Sertifikat atau laporan ini sah bila dibubuhi cap oleh Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I

This Certificate or report is valid just for sample mentioned above and shall not be reproduced and or published without any approval from Water Quality Laboratory of Jasa Tirta I Public Corporation

This Certificate or report is valid after being stamped by Water Quality Laboratory Of Jasa Tirta I Public Corporation

Nomor : 083 S/LKA MLG/II/06

Halaman 2 dari 2
Page 2 of 2

Kode Contoh Uji : Ext 119-124/AJ/II/2006/165-170
Sample Code

Metode Pengambilan Contoh Uji : -
Sampling Method

Tempat Analisa : Laboratorium Kualitas Air PJT I Malang
Place of Analysis

Tanggal Analisa : 24 Pebruari 2006
Testing Date(s)

HASIL ANALISA
Result of Analysis

No	Parameter	Satuan	Hasil	Metode Analisa	Ket.
1	II.1				
		mg/L	4,220	QI/LKA/26 (Spektofotometri)	-
2	II.1 + UV				
		mg/L	0,092	QI/LKA/26 (Spektofotometri)	-
3	II.2				
		mg/L	4,270	QI/LKA/26 (Spektofotometri)	-
4	II.2 + UV				
		mg/L	0,076	QI/LKA/26 (Spektofotometri)	-
5	II.3				
		mg/L	4,302	QI/LKA/26 (Spektofotometri)	-
6	II.3 + UV				
		mg/L	0,088	QI/LKA/26 (Spektofotometri)	-

Kesimpulan : -
Conclusion

Sertifikat atau laporan ini hanya berlaku pada contoh uji di atas dan dilarang memperbanyak dan atau mempublikasikan isi sertifikat ini tanpa izin dari
Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I

Sertifikat atau laporan ini sah bila dibubuhi cap oleh Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I

This Certificate or report is valid just for sample mentioned above and shall not be reproduced and or publicated without any approval from
Water Quality Laboratory of Jasa Tirta I Public Corporation

This Certificate or report is valid after being stamped by Water Quality Laboratory Of Jasa Tirta I Public Corporation



Nomor : 084 S/LKA MLG/II/06

Halaman 2 dari 2
Page 2 of 2

Kode Contoh Uji : Ext 125-130/AJ/II/2006/171-176
Sample Code

Metode Pengambilan Contoh Uji : -
Sampling Method

Tempat Analisa : Laboratorium Kualitas Air PJT I Malang
Place of Analysis

Tanggal Analisa : 24 Pebruari 2006
Testing Date(s)

HASIL ANALISA
Result of Analysis

No	Parameter	Satuan	Hasil	Metode Analisa	Ket.
1	III.1	mg/L	3,302	QI/LKA/26 (Spektofotometri)	-
2	III.1 + UV	mg/L	0,064	QI/LKA/26 (Spektofotometri)	-
3	III.2	mg/L	4,555	QI/LKA/26 (Spektofotometri)	-
4	III.2 + UV	mg/L	0,079	QI/LKA/26 (Spektofotometri)	-
5	III.3	mg/L	3,889	QI/LKA/26 (Spektofotometri)	-
6	III.3 + UV	mg/L	0,075	QI/LKA/26 (Spektofotometri)	-

Kesimpulan : -
Conclusion

Sertifikat atau laporan ini hanya berlaku pada contoh uji di atas dan dilarang memperbanyak dan atau mempublikasikan isi sertifikat ini tanpa izin dari Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I

Sertifikat atau laporan ini sah bila dibubuhi cap oleh Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I

This Certificate or report is valid just for sample mentioned above and shall not be reproduced and or published without any approval from Water Quality Laboratory of Jasa Tirta I Public Corporation

This Certificate or report is valid after being stamped by Water Quality Laboratory Of Jasa Tirta I Public Corporation

Regression Analysis: % Removal versus Waktu (jam)

The regression equation is
% Removal = 25,5 + 5,18 Waktu (jam)

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	25,484	1,758	14,50	0,000
Waktu (jam)	5,1850	0,8137	6,37	0,000

S = 1,99314 R-Sq = 85,3% R-Sq(adj) = 83,2%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	161,31	161,31	40,60	0,000
Residual Error	7	27,81	3,97		
Total	8	189,11			

One-way ANOVA: % Removal versus Perlakuan

Source	DF	SS	MS	F	P
Perlakuan	2	165,82	82,91	21,35	0,002
Error	6	23,30	3,88		
Total	8	189,11			

S = 1,971 R-Sq = 87,68% R-Sq(adj) = 83,57%

Correlations: Waktu (jam); % Removal

Pearson correlation of Waktu (jam) and % Removal = 0,924
P-Value = 0,000

Regression Analysis: % Removal versus Konsentrasi (mg/L); Waktu (jam)

The regression equation is

$$\% \text{ Removal} = 27,4 + 7,59 \text{ Konsentrasi (mg/L)} + 4,22 \text{ Waktu (jam)}$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	27,400	3,172	8,64	0,000
Konsentrasi (mg/L)	7,590	1,077	7,05	0,000
Waktu (jam)	4,218	1,077	3,92	0,001

S = 4,57063 R-Sq = 73,0% R-Sq(adj) = 70,8%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	2	1357,24	678,62	32,48	0,000
Residual Error	24	501,38	20,89		
Total	26	1858,62			

One-way ANOVA: % Removal versus Perlakuan

Source	DF	SS	MS	F	P
Perlakuan	8	1701,88	212,74	24,43	0,000
Error	18	156,74	8,71		
Total	26	1858,62			

S = 2,951 R-Sq = 91,57% R-Sq(adj) = 87,82%

Correlations: Waktu (jam); Konsentrasi (mg/L); % Removal

	Waktu (jam)	Konsentrasi
Konsentrasi	-0,000 1,000	
% Removal	0,415 0,031	0,747 0,000

Cell Contents: Pearson correlation
P-Value

Regression Analysis: % Removal versus Konsentrasi (mg/L); Waktu (jam)

The regression equation is

$$\% \text{ Removal} = 99,4 - 0,340 \text{ Konsentrasi (mg/L)} + 0,267 \text{ Waktu (jam)}$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	99,4248	0,1697	585,90	0,000
Konsentrasi (mg/L)	-0,34000	0,05764	-5,90	0,000
Waktu (jam)	0,26667	0,05764	4,63	0,000

S = 0,244558 R-Sq = 70,1% R-Sq(adj) = 67,6%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	2	3,3608	1,6804	28,10	0,000
Residual Error	24	1,4354	0,0598		
Total	26	4,7962			

One-way ANOVA: % Removal versus Perlakuan

Source	DF	SS	MS	F	P
Perlakuan	8	3,7741	0,4718	8,31	0,000
Error	18	1,0221	0,0568		
Total	26	4,7962			

S = 0,2383 R-Sq = 78,69% R-Sq(adj) = 69,22%

Correlations: % Removal; Konsentrasi (mg/L); Waktu (jam)

	% Removal	Konsentrasi
Konsentrasi	-0,659 0,000	
Waktu (jam)	0,517 0,006	-0,000 1,000

Cell Contents: Pearson correlation
P-Value

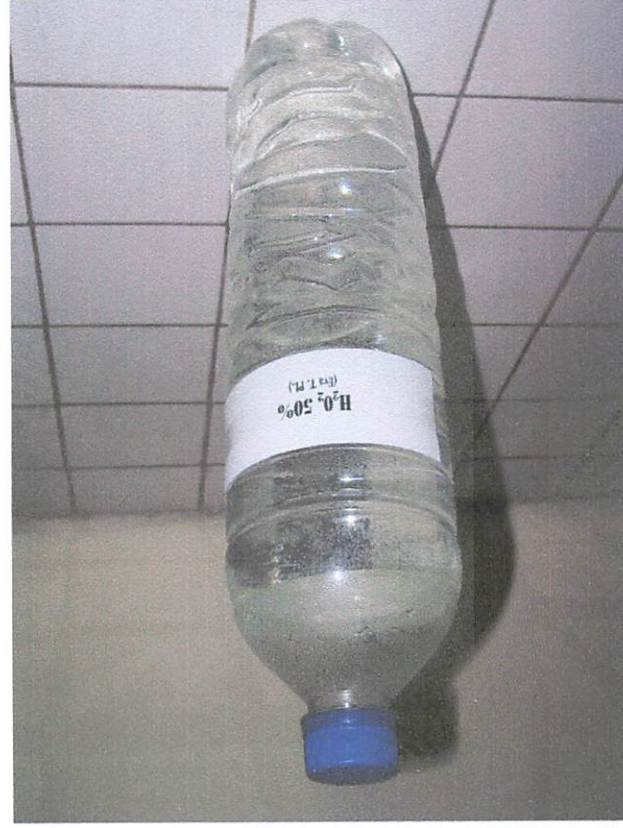


Reaktor Oksidasi



Dodecyl Benzene Sulphonate

H_2O_2 50%



FeSO_4

