

STUDI PENENTUAN KADAR KARBON ORGANIK TOTAL GLUKOSA
DALAM AIR MENGGUNAKAN OKSIDATOR $K_2Cr_2O_7$ DAN $KMnO_4$
SEGARA SPEKTROFOTOMETRI UV-VIS

SKRIPSI



Maka UPT Perpustakaan
UNIVERSITAS JEMBER

Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan Penyelesaian Program Sarjana Sains
Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Jember

Oleh :

Agyptin Nawang Mastuti

NIM. 971810301045

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER

2002

| Asal: | Hadiah | Klass |
|---------------|----------------------|-------|
| | Pembelian | 547 |
| Terima : | 04 JUL 2002 | MAS |
| No. : | 1118 | S |
| KLASIFIKASI : | SKS. | |

Motto

“Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan, maka apabila kamu telah selesai (dari suatu urusan), kerjakanlah dengan sungguh-sungguh (urusan) yang lain, dan hanya kepada Allah-lah hendaknya kamu berharap”

(Q.S. Al Insyiraah Ayat 6-8)

“Dan janganlah kamu berjalan di muka bumi ini dengan sombong, karena sesungguhnya kamu sekali-kali tidak dapat menembus bumi dan sekali-kali kamu tidak akan sampai setinggi gunung”

(Q.S. Al Israa' Ayat 37)

“Barang siapa diuji lalu bersabar, diberi lalu bersyukur, dizalimi lalu memaafkan dan menzalimi lalu beristighfar, maka bagi mereka diberi keselamatan dan mereka tergolong orang-orang yang memperoleh hidayah”

(H.R. Al Baihaqi)

“Barang siapa berjalan untuk menuntut ilmu, maka Allah SWT akan memudahkan baginya jalan ke surga”

(H.R. Muslim)

“Walaupun akal berpihak padamu, ia tak akan berdaya tanpa bantuan pengetahuan. Akal tanpa pengetahuan bagaikan si miskin tak berumah, sedangkan pengetahuan tanpa akal seperti rumah yang tak terjaga”

(Kahlil Gibran)

Skripsi ini kupersembahkan untuk :

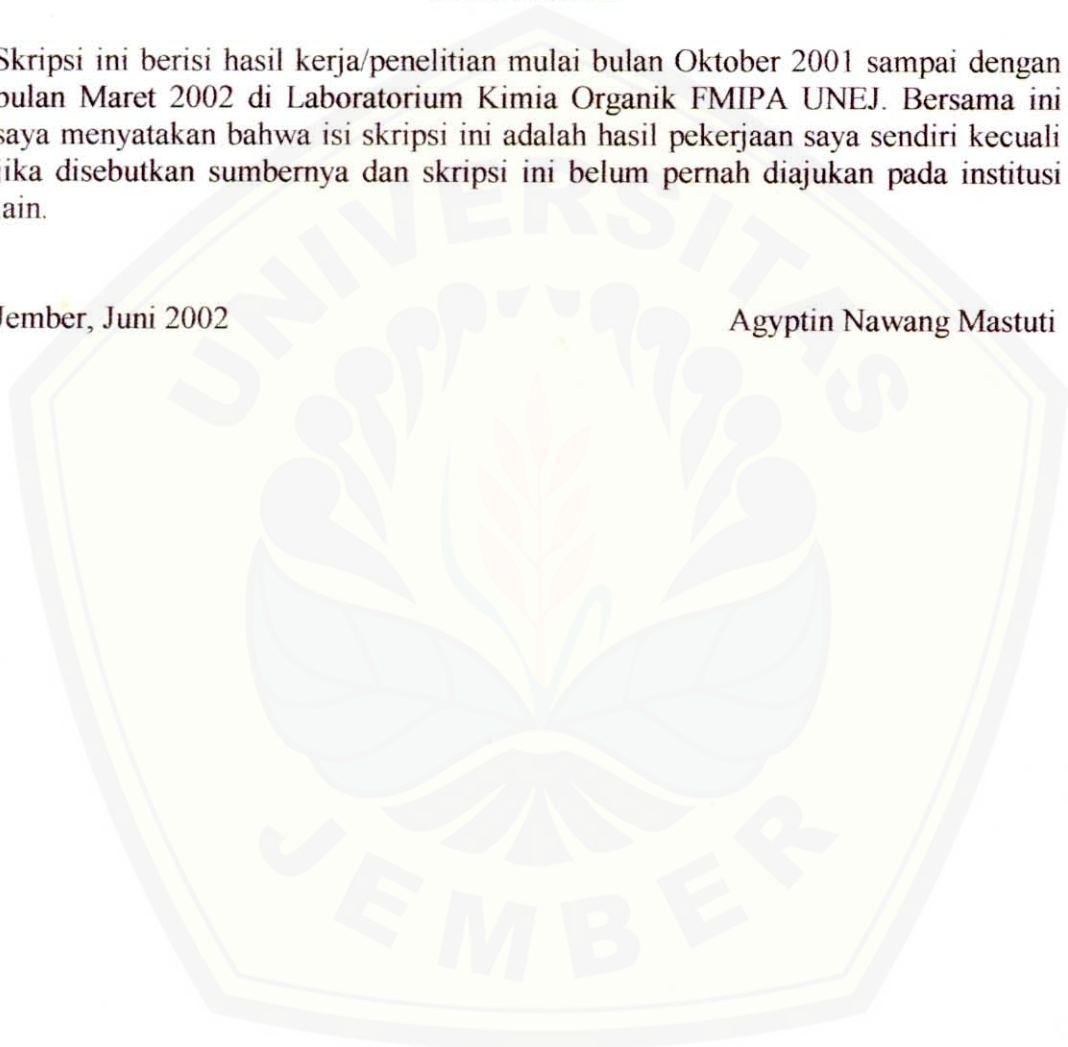
- ◉ *Ayahanda Soekaptono (Alm.) dan Ibunda Mariyah, sebagai rasa baktiku*
- ◉ *Adik-adikku, Tia dan Danang, yang telah memberikan dorongan dan semangat untuk menggapai cita-citaku*
- ◉ *My Dedy, yang telah setia menemani hari-hariku*
- ◉ *Almamaterku tercinta*

DEKLARASI

Skripsi ini berisi hasil kerja/penelitian mulai bulan Oktober 2001 sampai dengan bulan Maret 2002 di Laboratorium Kimia Organik FMIPA UNEJ. Bersama ini saya menyatakan bahwa isi skripsi ini adalah hasil pekerjaan saya sendiri kecuali jika disebutkan sumbernya dan skripsi ini belum pernah diajukan pada institusi lain.

Jember, Juni 2002

Agyptin Nawang Mastuti



ABSTRAK

Agyptin Nawang Mastuti, Juni 2002, **Studi Penentuan Kadar Karbon Organik Total Glukosa dalam Air Menggunakan Oksidator $K_2Cr_2O_7$ dan $KMnO_4$ secara Spektrofotometri UV-Vis**, Skripsi Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Dosen Pembimbing Utama, Drs. Agus Abdul Gani, M.Si. Dosen Pembimbing Anggota, Drs. Mukh. Mintadi, M.Sc.

Karbon Organik Total (TOC) merupakan suatu cara analisis keberadaan senyawa organik dalam suatu materi. Pengukuran kadar karbon organik total dilakukan dengan konversi senyawa organik yang dioksidasi secara sempurna menghasilkan CO_2 dan H_2O .

Permasalahan yang diungkap dalam penelitian ini adalah penggunaan oksidator $K_2Cr_2O_7$ dan $KMnO_4$ untuk penentuan kadar karbon organik total dalam air. Bahan organik yang digunakan adalah glukosa dengan sampel simulasi. Tujuan dari penelitian ini adalah mempelajari hasil analisis, sensitivitas, reproduibilitas dan ketepatan pengukuran dengan menggunakan oksidator $K_2Cr_2O_7$ dan $KMnO_4$ untuk penentuan kadar karbon organik total dalam air secara spektrofotometri UV-Vis. Penambahan oksidator dalam penelitian ini dibuat secara berlebih, sehingga pengukuran dilakukan melalui keberadaan ion hasil reduksi oksidator dan ion sisa reduksi oksidator.

Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa oksidator $K_2Cr_2O_7$ mempunyai sensitivitas dan keakuratan yang lebih tinggi untuk penentuan kadar karbon organik total dalam air bila dibandingkan dengan oksidator $KMnO_4$. Nilai reproduibilitas dan hasil analisis dari kedua oksidator tersebut, tidak terdapat perbedaan secara berarti.

Kata Kunci : Karbon Organik Total (TOC), oksidator $K_2Cr_2O_7$, oksidator $KMnO_4$, spektrofotometri UV-Vis.

Skripsi ini diterima oleh Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember pada :

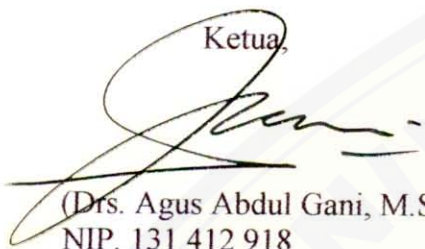
Hari : Selasa

Tanggal : 25 JUN 2002

Tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Tim Penguji :

Ketua,



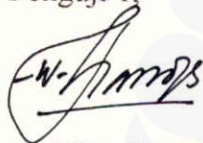
(Drs. Agus Abdul Gani, M.Si)
NIP. 131 412 918

Sekretaris,



(Drs. Mukh. Mintadi, M.Sc)
NIP. 131 945 804

Penguji 1,



(drh. Wuryanti Handayani, M.Si)
NIP. 131 450 744

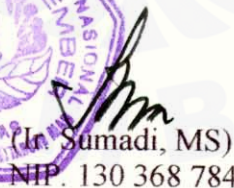
Penguji 2,



(Asnawati, S.Si, M.Si)
NIP. 132 240 146

Mengesahkan,

Dekan FMIPA UNEJ



(Ir. Sumadi, MS)
NIP. 130 368 784

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan Rahmat dan Hidayah-Nya sehingga penulisan skripsi dengan judul “Studi Penentuan Kadar Karbon Organik Total Glukosa dalam Air Menggunakan Oksidator $K_2Cr_2O_7$ dan $KMnO_4$ secara Spektrofotometri UV-Vis” dapat terselesaikan.

Skripsi ini disusun untuk memenuhi persyaratan pencapaian gelar Sarjana Sains Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Untuk itu dalam kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang tak terhingga kepada :

1. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember;
2. Ketua Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember;
3. Dosen Pembimbing Utama;
4. Dosen Pembimbing Anggota;
5. Dosen Penguji 1 dan Penguji 2;
6. Rekan-rekan Kimia '97 Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember;
7. Rekan-rekan Tanjung 5 Jember;
8. Semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini, yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Semoga skripsi ini dapat memberi kontribusi terhadap kemajuan ilmu pengetahuan khususnya di bidang ilmu analitik.

Jember, Juni 2002

Penulis,

DAFTAR ISI

| | Halaman |
|---|---------|
| HALAMAN JUDUL | i |
| HALAMAN MOTTO | ii |
| HALAMAN PERSEMBAHAN | iii |
| HALAMAN DEKLARASI | iv |
| ABSTRAK | v |
| HALAMAN PENGESAHAN | vi |
| KATA PENGANTAR | vii |
| DAFTAR ISI | viii |
| DAFTAR TABEL | xii |
| DAFTAR GAMBAR | xiv |
| DAFTAR LAMPIRAN | xv |
| | |
| BAB I. PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1. Latar Belakang..... | 1 |
| 1.2. Perumusan Masalah..... | 2 |
| 1.3. Batasan Masalah..... | 3 |
| 1.4. Tujuan | 3 |
| 1.5. Manfaat | 3 |
| BAB II. TINJAUAN PUSTAKA | 4 |
| 2.1. Karbon Organik Total (Total Organic Carbon/TOC)..... | 4 |
| 2.2. Air..... | 5 |
| 2.2.1 Komposisi Kimia | 5 |
| 2.2.2 Sifat-Sifat Fisik dan Kimia..... | 7 |
| 2.2.2.1 Sifat Fisik Air | 7 |
| 2.2.2.2 Sifat Kimia Air..... | 7 |
| 2.2.3 Air sebagai Pelarut | 8 |
| 2.2.4 Kandungan Senyawa Kimia dalam Air | 10 |
| 2.3 Bahan Organik | 11 |

| | |
|---|----|
| 2.4. Karbohidrat | 12 |
| 2.5. Reaksi Reduksi Oksidasi (Redoks) | 13 |
| 2.5.1 Oksidator | 13 |
| 2.5.2 Reaksi Oksidasi Karbohidrat | 14 |
| 2.6. Spektroskopi | 15 |
| 2.6.1 Spektrofotometri <i>Ultraviolet</i> dan <i>Visible</i> | 16 |
| 2.6.2 Hukum Dasar Absorpsi | 18 |
| 2.6.3 Zat-Zat Pengabsorpsi | 20 |
| 2.6.4 Keuntungan Spektrofotometri UV-Vis | 20 |
| BAB III. METODE PENELITIAN | 22 |
| 3.1. Tempat dan Waktu | 22 |
| 3.2. Desain Eksperimen | 22 |
| 3.2.1 Diagram Alur Eksperimen | 22 |
| 3.2.2 Rancangan Eksperimen | 23 |
| 3.3. Alat dan Bahan | 23 |
| 3.3.1 Alat | 23 |
| 3.3.2 Bahan | 23 |
| 3.4. Prosedur Kerja | 23 |
| 3.4.1 Pembuatan Larutan Bahan Organik Standar | 23 |
| 3.4.1.1 Preparasi Larutan Bahan Organik Standar | 23 |
| 3.4.1.2 Prosedur Oksidasi | 24 |
| 3.4.2 Preparasi Blanko | 24 |
| 3.4.3 Pengukuran Panjang Gelombang Maksimum | 24 |
| 3.4.4 Studi Pengaruh Oksidator | 24 |
| 3.4.5 Pembuatan Kurva Kalibrasi | 24 |
| 3.4.6 Pembuatan Larutan Sampel | 25 |
| 3.4.7 Analisis Data Hasil Pengukuran pada Larutan Standar | 25 |
| 3.4.7.1 Penentuan Sensitivitas | 25 |
| 3.4.7.2 Membandingkan Sensitivitas Oksidator $K_2Cr_2O_7$ dengan Oksidator $KMnO_4$ Menggunakan Koefisien Korelasi dengan Uji-t | 26 |

| | |
|---|----|
| 3.4.7.3 Penentuan Reprodusibilitas | 26 |
| 3.4.7.4 Membandingkan Reprodusibilitas Oksidator $K_2Cr_2O_7$ dengan Oksidator $KMnO_4$ Menggunakan Uji-t Berpasangan | 26 |
| 3.4.7.5 Membandingkan Hasil Analisis Oksidator $K_2Cr_2O_7$ dengan Oksidator $KMnO_4$ Menggunakan Garis Regresi dengan Uji-t | 27 |
| 3.4.8 Analisis Sampel | 28 |
| 3.4.8.1 Penentuan Kadar Karbon Organik Total Sampel | 28 |
| 3.4.8.2 Penentuan Kesalahan Mutlak dan Kesalahan Relatif Kadar Karbon Organik Total Sampel Hasil Perhitungan dengan Menggunakan Oksidator $K_2Cr_2O_7$ dan $KMnO_4$ secara Spektrofotometri UV-Vis | 28 |
| BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN | 29 |
| 4.1 Data Hasil Eksperimen | 29 |
| 4.1.1 Penentuan Panjang Gelombang Maksimum | 29 |
| 4.1.1.1 $K_2Cr_2O_7$ sebagai Oksidator | 29 |
| 4.1.1.2 $KMnO_4$ sebagai Oksidator | 31 |
| 4.1.2 Pembuatan Kurva Kalibrasi | 33 |
| 4.1.2.1 Oksidator $K_2Cr_2O_7$ | 33 |
| 4.1.2.2 Oksidator $KMnO_4$ | 34 |
| 4.1.3 Analisis Data Hasil Pengukuran pada Larutan Standar | 36 |
| 4.1.3.1 Penentuan Sensitivitas | 36 |
| 4.1.3.2 Penentuan Reprodusibilitas | 36 |
| 4.1.4 Analisis Sampel | 37 |
| 4.1.4.1 Penentuan Kadar Karbon Organik Total Sampel | 37 |
| 4.1.4.2 Penentuan Kesalahan Mutlak dan Kesalahan Relatif Kadar Karbon Organik Total Sampel Hasil Perhitungan dengan menggunakan Oksidator $K_2Cr_2O_7$ dan $KMnO_4$ secara Spektrofotometri UV-Vis | 39 |
| 4.2 Pembahasan | 41 |

| | |
|---|----|
| 4.2.1 Oksidasi Karbon Organik | 41 |
| 4.2.2 Pemilihan Panjang Gelombang Maksimum | 42 |
| 4.2.3 Pembuatan Kurva Kalibrasi | 43 |
| 4.2.4 Perbandingan Hasil Pengukuran Sensitivitas antara Oksidator K ₂ Cr ₂ O ₇ dan KMnO ₄ Menggunakan Koefisien Korelasi dengan Uji-t | 44 |
| 4.2.5 Perbandingan Hasil Pengukuran Reprodusibilitas antara Oksidator K ₂ Cr ₂ O ₇ dan KMnO ₄ Menggunakan Uji-t Berpasangan | 45 |
| 4.2.6 Perbandingan Hasil Analisis Oksidator K ₂ Cr ₂ O ₇ dan KMnO ₄ Menggunakan Garis Regresi dengan Uji-t | 46 |
| 4.2.7 Penentuan Kadar Karbon Organik Total Sampel dengan Menggunakan Oksidator K ₂ Cr ₂ O ₇ dan KMnO ₄ secara Spektrofotometri UV-Vis | 47 |
| BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN | 49 |
| 5.1 Kesimpulan | 49 |
| 5.2 Saran | 50 |
| DAFTAR PUSTAKA | 51 |
| LAMPIRAN | 54 |

DAFTAR TABEL

| | Halaman |
|--|---------|
| Tabel 1. Sifat-Sifat Fisik Air | 7 |
| Tabel 2. Daftar Persyaratan Kualitas Air Bersih Dilihat dari Kandungan Kimianya (Menurut Peraturan Menteri Kesehatan RI Nomor 416/MENKES/PER/IX/1990 Tanggal 3 September 1990) | 10 |
| Tabel 3. Hubungan antara Panjang Gelombang, Warna dan Warna Komplementer pada Daerah Tampak (visibel) | 15 |
| Tabel 4. Sensitivitas Oksidator untuk Oksidasi C Organik Total Dilihat dari Ion Hasil Reduksi Oksidator | 36 |
| Tabel 5. Sensitivitas Oksidator untuk Oksidasi C Organik Total Dilihat dari Ion Sisa Reduksi Oksidator | 36 |
| Tabel 6. Koefisien Variasi Oksidator untuk Oksidasi C Organik Dilihat dari Ion Hasil Reduksi Oksidator | 37 |
| Tabel 7. Koefisien Variasi Oksidator untuk Oksidasi C Organik Dilihat dari Ion Sisa Reduksi Oksidator | 37 |
| Tabel 8. Penentuan Kadar C Organik Total Sampel pada Panjang Gelombang 256 nm (ion $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$) | 37 |
| Tabel 9. Penentuan Kadar C Organik Total Sampel pada Panjang Gelombang 422 nm (ion Cr^{3+}) | 38 |
| Tabel 10. Penentuan Kadar C Organik Total Sampel pada Panjang Gelombang 350 nm (ion Mn^{2+}) | 38 |
| Tabel 11. Penentuan Kadar C Organik Total Sampel pada Panjang Gelombang 530 nm (ion MnO_4^-) | 38 |
| Tabel 12. Penentuan Kesalahan Mutlak dan Kesalahan Relatif Kadar Karbon Organik Total Sampel Hasil Perhitungna pada Panjang Gelombang 256 nm (ion $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$) | 39 |
| Tabel 13. Penentuan Kesalahan Mutlak dan Kesalahan Relatif Kadar Karbon Organik Total Sampel Hasil Perhitungna pada Panjang Gelombang 422 nm (ion Cr^{3+}) | 39 |

| | |
|---|----|
| Tabel 14. Penentuan Kesalahan Mutlak dan Kesalahan Relatif Kadar Karbon Organik Total Sampel Hasil Perhitungna pada Panjang Gelombang 350 nm (ion Mn^{2+}) | 39 |
| Tabel 15. Penentuan Kesalahan Mutlak dan Kesalahan Relatif Kadar Karbon Organik Total Sampel Hasil Perhitungna pada Panjang Gelombang 530 nm (ion MnO_4^-) | 40 |



DAFTAR GAMBAR

| | Halaman |
|--|---------|
| Gambar 1. Keadaan dipolar molekul H_2O , diperlihatkan oleh (a) model bola dan tongkat, (b) model ruang, (c) molekul air yang berbentuk $-V$ dan adanya ikatan hidrogen (ditunjukkan oleh garis-garis) yang menghubungkan dua molekul H_2O | 6 |
| Gambar 2. Beberapa ikatan hidrogen yang dapat terbentuk | 9 |
| Gambar 3. Skema pengelompokan bahan yang terkandung di dalam air tercemar | 11 |
| Gambar 4. Klasifikasi dari zat padat yang dijumpai pada air limbah dengan pengotoran yang sedang | 12 |
| Gambar 5. Grafik panjang gelombang maksimum ion $Cr_2O_7^{2-}$ | 29 |
| Gambar 6. Grafik panjang gelombang maksimum ion Cr^{3+} | 30 |
| Gambar 7. Grafik panjang gelombang maksimum ion MnO_4^- | 31 |
| Gambar 8. Grafik panjang gelombang maksimum ion Mn^{2+} | 32 |
| Gambar 9. Kurva kalibrasi ion $Cr_2O_7^{2-}$ pada $\lambda = 256 \text{ nm}$ | 33 |
| Gambar 10. Kurva kalibrasi ion Cr^{3+} pada $\lambda = 422 \text{ nm}$ | 34 |
| Gambar 11. Kurva kalibrasi ion MnO_4^- pada $\lambda = 530 \text{ nm}$ | 35 |
| Gambar 12. Kurva kalibrasi ion Mn^{2+} pada $\lambda = 350 \text{ nm}$ | 35 |
| Gambar 13. Kurva perbandingan hasil analisis dengan menggunakan oksidator $K_2Cr_2O_7$ dan $KMnO_4$ | 46 |

DAFTAR LAMPIRAN

| | Halaman |
|---|---------|
| Lampiran 1. Data Penentuan Panjang Gelombang Maksimum $K_2Cr_2O_7$ 2×10^{-4} M | 54 |
| Lampiran 2. Data Penentuan Panjang Gelombang Maksimum $Cr_2(SO_4)_3 \cdot 15H_2O$ 2×10^{-2} M | 57 |
| Lampiran 3. Data Penentuan Panjang Gelombang Maksimum $KMnO_4$ 2×10^{-4} M | 60 |
| Lampiran 4. Data Penentuan Panjang Gelombang Maksimum $MnSO_4 \cdot H_2O$ 2×10^{-2} M | 63 |
| Lampiran 5. Data Perhitungan Massa Glukosa | 65 |
| Lampiran 6. Data Perhitungan C Organik Setelah Dioksidasi | 66 |
| Lampiran 7. Data Pembuatan Kurva Kalibrasi | 67 |
| Lampiran 8. Analisis Data Perbandingan Sensitivitas Oksidator $K_2Cr_2O_7$ dan Oksidator $KMnO_4$ Menggunakan Koefisien Korelasi dengan Uji-t | 69 |
| Lampiran 9. Analisis Data Perbandingan Reprodusibilitas Oksidator $K_2Cr_2O_7$ dan Oksidator $KMnO_4$ Menggunakan Uji-t Berpasangan | 70 |
| Lampiran 10. Analisis Data Membandingkan Hasil Analisis Oksidator $K_2Cr_2O_7$ dengan Oksidator $KMnO_4$ Menggunakan Garis Regresi dengan Uji-t | 71 |
| Lampiran 11. Data Konsentrasi Karbon Organik Total Sampel | 72 |

BAB I
PENDAHULUAN



1.1 Latar Belakang

Air merupakan pelarut universal, sehingga hampir semua senyawa dapat larut di dalamnya, baik itu senyawa organik maupun senyawa anorganik. Senyawa organik yang terlarut dalam air dapat mengganggu kehidupan makhluk hidup di air, karena mengurangi jumlah oksigen terlarut dalam air. Oleh karena itu penetapan kadar bahan organik dalam air sangat penting untuk diteliti.

Kadar bahan organik dalam air dapat ditentukan baik secara langsung maupun tidak langsung. Pengukuran kandungan senyawa organik dalam air secara tak langsung ditentukan dengan analisis BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) dan atau COD (*Chemical Oxygen Demand*). BOD adalah jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk memecah atau mengoksidasi bahan-bahan organik di dalam air. Kelemahan analisis BOD yaitu membutuhkan waktu yang relatif lama, 5 hari, yang lebih dikenal dengan BOD₅ dan reproduibilitasnya rendah. Selain itu dimungkinkan juga adanya bahan toksik dalam air yang mengganggu uji BOD tersebut. COD adalah suatu uji yang menentukan jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh bahan oksidan untuk mengoksidasi bahan-bahan organik yang terdapat di dalam air. Analisis COD lebih cepat dan lebih reproduibel bila dibandingkan dengan analisis BOD, tetapi tidak mampu mengukur senyawa organik dalam air yang dioksidasi secara biologis (Jenie B.S., Winiati P.R., 1993).

Pengukuran kandungan senyawa organik dalam air secara langsung dapat melalui analisis karbon organik total atau sering disebut dengan TOC (*Total Organic Carbon*). Analisis ini mengukur semua bahan yang termasuk dalam kategori senyawa organik. Karbon organik total diukur dengan konversi karbon organik dalam air yang dioksidasi sempurna menjadi karbondioksida dan H₂O. Pengukuran kandungan senyawa organik dengan cara TOC lebih cepat, dimana hanya membutuhkan waktu 5-10 menit.

Ada beberapa hal yang dapat menjadi perhatian dalam penentuan kadar karbon organik total, yaitu oksidator yang digunakan, metode pengukuran yang digunakan dan standar senyawa karbon yang digunakan. Pada penelitian sebelumnya, telah dikembangkan penggunaan oksidator untuk penentuan kadar karbon organik total yaitu dengan menggunakan H_2O_2 (Greenberg A.E., 1992), dan $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ (Gani A.A., 1994). Sedangkan untuk metode pengukuran yang telah digunakan adalah titrimetri, elektrokimia, dan spektrofotometri infra merah. Penggunaan larutan standar untuk pengukuran kadar karbon organik total dapat dengan menggunakan senyawa organik seperti glukosa dan sukrosa.

Dalam penelitian ini, digunakan oksidator $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ dan KMnO_4 dengan metode spektrofotometri UV-VIS untuk penentuan kadar karbon organik total dalam air, disamping itu akan dibandingkan penggunaan kedua oksidator dan ketepatan pengukuran dengan menggunakan spektrofotometri UV-Vis.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dapat diungkap beberapa permasalahan sebagai berikut :

- 1) adakah perbedaan hasil penentuan kadar karbon organik total dalam air yang dianalisis menggunakan oksidator $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ dan yang menggunakan oksidator KMnO_4 secara spektrofotometri UV-Vis ?,
- 2) diantara oksidator $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ dan KMnO_4 , manakah oksidator yang lebih sensitif untuk penentuan kadar karbon organik total dalam air ?,
- 3) diantara oksidator $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ dan KMnO_4 , manakah oksidator yang mempunyai tingkat reproduibilitas lebih tinggi untuk penentuan kadar karbon organik total dalam air ?,
- 4) diantara oksidator $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ dan KMnO_4 , manakah oksidator yang mempunyai ketepatan (*accuracy*) yang lebih tinggi untuk penentuan kadar karbon organik total dalam sampel secara spektrofotometri UV-Vis ?.

1.3 Batasan Masalah

Bertitik tolak dari beberapa permasalahan di atas, peneliti menentukan batasan-batasan permasalahan sebagai berikut :

- 1) bahan organik yang digunakan adalah glukosa,
- 2) sampel yang diukur berupa air simulasi, dan pengukuran kadar karbon organik total menggunakan oksidator $K_2Cr_2O_7$ dan $KMnO_4$ secara spektrofotometri UV-Vis ini belum diaplikasikan terhadap sampel yang berada di lingkungan.

1.4 Tujuan

Beberapa tujuan yang ingin dicapai dari penelitian tentang studi penentuan kadar karbon organik total dalam air ini adalah sebagai berikut :

- 1) mempelajari hasil penentuan kadar karbon organik total dalam air menggunakan oksidator $K_2Cr_2O_7$ dan $KMnO_4$ secara spektrofotometri UV-Vis,
- 2) mempelajari sensitifitas oksidator $K_2Cr_2O_7$ dan $KMnO_4$ dalam penentuan kadar karbon organik total dalam air,
- 3) mempelajari reproduibilitas oksidator $K_2Cr_2O_7$ dan $KMnO_4$ dalam penentuan kadar karbon organik total dalam air,
- 4) mempelajari ketepatan (*accuracy*) penggunaan oksidator $K_2Cr_2O_7$ dan $KMnO_4$ untuk penentuan kadar karbon organik total dalam air secara spektrofotometri UV-Vis.

1.5 Manfaat

Manfaat yang dapat diperoleh dari analisis kadar karbon organik total dalam air dengan menggunakan spektrofotometri UV-Vis adalah :

- 1) dapat menentukan kadar karbon organik total dalam air dengan menggunakan spektrofotometri UV-Vis untuk kebutuhan analisis,
- 2) dapat memberikan kontribusi metode dalam analisis kualitas air.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Karbon Organik Total (*Total Organic Carbon/TOC*)

Karbon organik dalam air dan limbah cair terdapat dalam bentuk senyawa organik. Keberadaan senyawa karbon dalam air lazim diukur melalui uji BOD dan COD. Sekarang ini karbon organik tidak dapat diukur hanya dengan kedua cara diatas (BOD dan COD), khususnya untuk pengukuran karbon organik secara total. Karbon organik total (TOC) lebih tepat untuk pengukuran kadar karbon organik secara total dan dapat diketahui secara langsung kandungan organik totalnya bila dibandingkan dengan BOD dan COD (Greenberg A.E., 1992). TOC merupakan suatu cara analisis senyawa organik dengan menentukan kadar karbon secara total dalam senyawa organik tersebut dari hasil proses oksidasi sempurna.

Perbedaan yang mendasar antara BOD/COD dengan TOC adalah; uji BOD dan COD menggunakan pendekatan oksigen, sedangkan untuk uji TOC menggunakan pendekatan karbon (Jenie B.S., Winiati P.R., 1993). Menurut Greenberg (1992), hal-hal yang diperlukan untuk pengukuran karbon organik secara total dengan menggunakan metode TOC adalah kalor dan oksigen, radiasi *ultraviolet*, oksidasi kimia (dapat juga dengan pembakaran sederhana) yang bertujuan untuk mengubah karbon organik menjadi karbondioksida (CO_2). Banyaknya karbon organik total dalam air dipengaruhi oleh tingkat pencemaran di dalam air itu sendiri. Kadar karbon organik total dalam sampel air biasanya dinyatakan dalam ppm (Jackson A.R.W., Julie M.J., 1996).

Menurut Linsley R.K dan Joseph B.F (1986), keuntungan uji TOC bila dibandingkan dengan uji BOD dan COD adalah uji TOC tidak membutuhkan waktu yang lama, yaitu hanya 5 – 10 menit. Sedangkan kelemahan uji TOC adalah tidak dapat mengukur unsur lain seperti nitrogen dan hidrogen dalam senyawa organik, padahal unsur-unsur tersebut dapat berpengaruh pada pengukuran kebutuhan oksigen oleh BOD dan COD. Meskipun demikian, pengukuran TOC tidak dapat digantikan oleh uji BOD dan COD, sehingga tidak

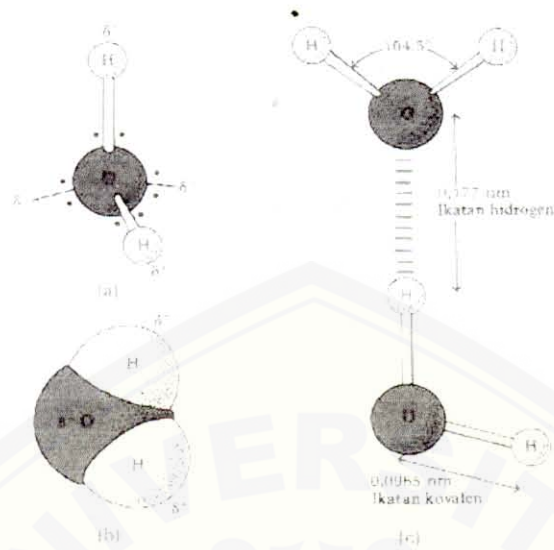
dapat dipungkiri bahwa uji TOC dapat digunakan untuk pengukuran bahan organik yang mendukung uji BOD dan COD (Greenberg A.E., 1992).

2.2 Air

2.2.1 Komposisi Kimia

Air murni merupakan suatu persenyawaan kimia yang sangat sederhana, setiap molekul terdiri dari dua atom hidrogen (H) yang berikatan dengan satu atom oksigen (O). Air memiliki rumus molekul H_2O . Ikatan antara atom hidrogen dan atom oksigen dilakukan melalui pemakaian elektron secara bersama, yaitu setiap atom hidrogen memiliki satu elektron dan dipakai untuk berikatan secara bersama dengan atom oksigen. Geometri dari pasangan elektron yang dipergunakan secara bersama ini menyebabkan molekul air berbentuk-V dengan sudut $104,5^\circ$ (gambar 1). Dengan adanya pemakaian pasangan elektron secara bersama tersebut, oksigen mendapat dua elektron yang dibutuhkan untuk memenuhi kulit elektron terluarnya dan setiap atom hidrogen juga mendapat satu elektron untuk kulit elektron terluarnya. Atom oksigen yang lebih besar mempunyai kecenderungan untuk menarik pasangan elektron ikatan atom hidrogen lebih dekat ke intinya. Kondisi tersebut mengakibatkan muatan sedikit negatif pada tempat kedudukan oksigen, sedangkan pelepasan elektron-elektron menjauhi inti atom hidrogen mengakibatkan muatan yang sedikit positif pada tempat kedudukan hidrogen. Pemisahan muatan ini menyebabkan molekul air memiliki dipole elektrik dan menghasilkan suatu molekul polar karena adanya perbedaan keelektronegatifan (Nybakken J.W., 1993).

Polarisasi muatan pada molekul air menyebabkan antar molekul air dapat terjadi tarik menarik oleh gaya elektrostatik, yang ditimbulkan muatan sedikit negatif pada atom oksigen dari satu molekul air dan muatan positif sedikit pada atom hidrogen dari molekul yang lain (gambar 1). Jenis interaksi elektrostatik ini disebut ikatan hidrogen.



Gambar 1. Keadaan dipolar molekul H_2O , diperlihatkan oleh (a) model bola dan tongkat, (b) model ruang, (c) molekul air yang berbentuk-V dan adanya ikatan hidrogen (ditunjukkan oleh garis-garis) yang menghubungkan dua molekul H_2O .

Susunan elektron di sekitar atom oksigen yang hampir tetrahedral (gambar 1), menyebabkan tiap-tiap molekul air secara teoritis dapat membentuk ikatan hidrogen dengan sebanyak-banyaknya 4 molekul air tetangga. Setiap saat, pada suhu kamar, tiap-tiap molekul air membentuk ikatan hidrogen dengan rata-rata 3, 4 molekul air lainnya (Lehninger A.L., 1995).

Kekuatan ikatan hidrogen sangat lemah, hanya 6% dari kedudukan ikatan antara atom oksigen dan atom hidrogen dalam sebuah molekul air, dan ikatan ini mudah sekali lepas tapi juga mudah terbentuk kembali. Ikatan hidrogen antara dua molekul air yang berdekatan dan sifat terpolarisasi molekul air inilah yang bertanggung jawab terhadap banyaknya sifat-sifat kimia dan fisik air (Nybakken J.W., 1993).

2.2.2 Sifat-Sifat Fisik dan Kimia

2.2.2.1 Sifat Fisik Air

Tabel 1. Sifat-Sifat Fisik Air

| Sifat-sifat fisik air | Nilai |
|---|------------------------------|
| Titik beku, air pada tekanan 1 atm | 0°C |
| Kerapatan es, 0°C | 0,92 g/cm ³ |
| Kerapatan air, 0°C | 1,00 g/cm ³ |
| Kalor peleburan | 80 cal/g (335 J/g) |
| Titik didih, air pada tekanan 1 atm | 100°C |
| Kalor penguapan | 540 cal/g (2260 J/g) |
| Konduktifitas elektrik spesifik pada 25°C | 1 x 10 ⁻⁷ /ohm-cm |

(McGraw-Hill, 1992).

2.2.2.2 Sifat Kimia Air

1) Pelarut polar.

Perbedaan elektronegativitas antara atom hidrogen dengan atom oksigen menyebabkan air merupakan pelarut polar.

2) Sebagai ligand.

Air memenuhi syarat sebagai ligand disebabkan karena adanya elektron tak berpasangan pada atom oksigen.

3) Pendingin.

Air menguap lebih lambat dibandingkan dengan cairan-cairan lain yang molekulnya lebih sederhana. Ini berarti air mempunyai kalor penguapan yang tinggi dan tertinggi diantara cairan pada umumnya. Hal ini merupakan akibat langsung dari kekuatan ikatan hidrogen diantara molekul-molekul air yang harus diputuskan agar molekul dapat terlepas. Karena tingginya kalor penguapan, air menguap perlahan-lahan dan dengan demikian merupakan bahan pendingin yang sangat baik karena dapat menyerap sejumlah besar panas.

4) Penyangga suhu.

Tingginya nilai kalor penguapan dan kalor laten peleburan air berarti air memerlukan lebih banyak kalor untuk menyebabkan perubahan suhu pada sejumlah berat tertentu daripada zat lainnya. Kapasitas kalor yang tinggi ini berarti bahwa air merupakan penyangga yang kuat terhadap naik turunnya suhu dan oleh karena itu kisaran suhu dalam suatu badan air lebih kecil daripada di udara.

5) Kohesi.

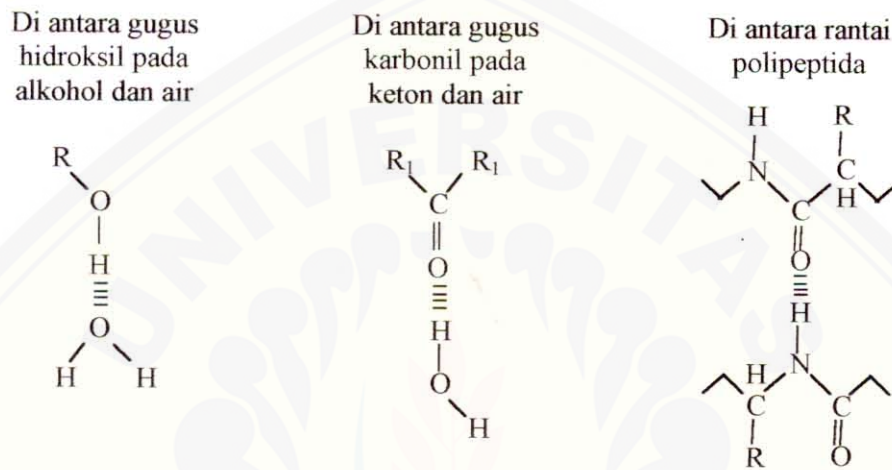
Air mempunyai kecenderungan untuk menahan kekuatan dari luar yang akan memecahkan ikatan-ikatan hidrogen. Peristiwa ini disebut kohesi. Kohesi juga bertanggung jawab terhadap viskositas air. Viskositas adalah suatu sifat yang dipakai sebagai pengukur besarnya daya yang diperlukan untuk memisahkan molekul-molekul zat cair agar dapat dilewati (Nybakken J.W., 1993).

2.2.3 Air sebagai Pelarut

Sifat-sifat kimia air yang penting adalah sifat-sifat yang berkenaan dengan kapasitas pelarut. Air hampir merupakan pelarut universal, dengan kemampuan melarutkan lebih banyak zat-zat daripada cairan apapun. Hal ini disebabkan kemampuan pelarutnya mempunyai dua tipe : pertama, berdasarkan pada sifat terpolarisasinya molekul air; dan kedua, karena ikatan hidrogen. (Nybakken J.W., 1993).

Air merupakan pelarut yang jauh lebih baik dibandingkan dengan hampir semua cairan yang umum dijumpai. Di dalam McGraw-Hill (1992) disebutkan bahwa banyak zat-zat kimia yang dapat larut dengan baik di dalam air, terutama yang berbentuk senyawa ion. Kebanyakan kristal garam, seperti sodium klorida, segera terlarut di dalam air, tetapi hampir tidak larut di dalam cairan nonpolar seperti khloroform atau benzen. Sifat ini merupakan refleksi sifat dipolar molekul air. Air juga melarutkan berbagai senyawa organik yang mempunyai gugus karboksil atau amino, yang cenderung berionisasi oleh interaksinya dengan air.

Kelompok senyawa kedua yang segera melarut di dalam air mencakup berbagai senyawa organik netral yang mempunyai gugus fungsional polar seperti gula, alkohol, aldehida, dan keton. Kelarutannya disebabkan oleh kecenderungan molekul air untuk membentuk ikatan hidrogen dengan gugus hidroksil gula dan alkohol atau gugus karbonil pada aldehida dan keton, seperti diperlihatkan pada gambar berikut ini



Gambar 2. Beberapa ikatan hidrogen yang dapat terbentuk.

Kelompok senyawa ketiga yang terdispersi oleh air termasuk senyawa-senyawa yang mempunyai gugus hidrofobik (tidak menyukai air) dan hidrofilik (menyukai air), seringkali dinamakan sebagai senyawa amfipatik. Contoh sederhana senyawa ini adalah garam sodium dari asam lemak berantai panjang : asam oleat. Karena rantai hidrokarbonnya yang panjang bersifat hidrofobik dan tidak melarut di dalam air, hanya terdapat kecenderungan yang kecil saja dari sodium oleat (suatu sabun) untuk terlarut ke dalam air dalam bentuk larutan molekuler murni. Akan tetapi, senyawa ini segera terdispersi di dalam air membentuk gumpalan yang disebut misel (Lehninger A.L., 1995).

2.2.4 Kandungan Senyawa Kimia dalam Air

Air yang ada di bumi ini tidak pernah terdapat dalam keadaan murni bersih, tetapi selalu ada senyawa atau mineral (unsur) lain yang terlarut di dalamnya. Hal ini tidak berarti bahwa semua air di bumi ini tercemar. Sebagai contoh, air yang diambil dari mata air di pegunungan dan air hujan.

Berdasarkan uraian tersebut di atas dapat dipahami bahwa air dikatakan tercemar apabila air tersebut telah menyimpang dari keadaan normalnya. Keadaan normal air masih tergantung pada faktor penentu, yaitu kegunaan air itu sendiri dan asal sumber air. Ukuran air disebut bersih dan tidak tercemar tidak hanya ditentukan oleh kemurnian air.

Tabel 2. Daftar Persyaratan Kualitas Air Bersih Dilihat dari Kandungan Kimianya (Menurut Peraturan Menteri Kesehatan RI Nomor 416/MENKES/PER/IX/1990 Tanggal 3 September 1990).

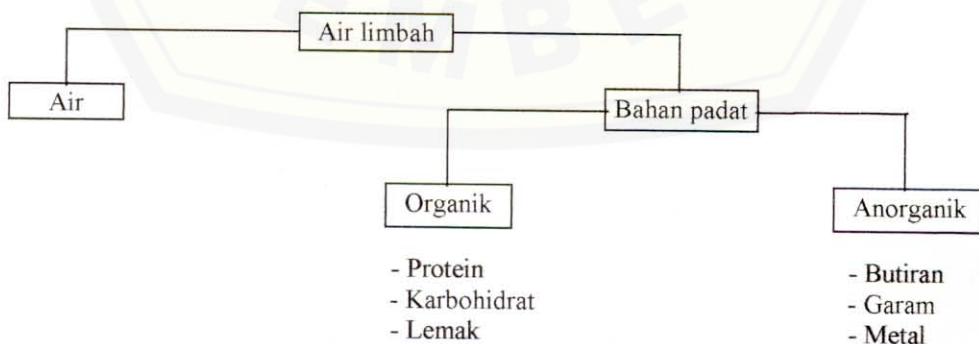
| No. | Parameter | Satuan | Kadar Maksimum yang Diperbolehkan | Keterangan |
|-----|--------------------------------|--------|-----------------------------------|--|
| | Bahan Anorganik | | | |
| 1. | Air raksa | mg/L | 0,001 | |
| 2. | Arsen | mg/L | 0,05 | |
| 3. | Besi | mg/L | 1,0 | |
| 4. | Fluorida | mg/L | 1,5 | |
| 5. | Kadmium | mg/L | 0,005 | |
| 6. | Kesadahan (CaCO ₃) | mg/L | 500 | |
| 7. | Khlorida | mg/L | 600 | |
| 8. | Kromium, valensi 6 | mg/L | 0,05 | |
| 9. | Mangan | mg/L | 0,5 | |
| 10. | Nitrat, sebagai N | mg/L | 10 | |
| 11. | Nitrit, sebagai N | mg/L | 1,0 | Merupakan batas minimum dan maksimum. Khusus air hujan, pH minimum 5,5 |
| 12. | pH | mg/L | 6,5 – 9,0 | Merupakan batas minimum dan maksimum. |
| 13. | Selenium | mg/L | 0,01 | |
| 14. | Seng | mg/L | 15 | |
| 15. | Sianida | mg/L | 0,1 | |
| 16. | Sulfat | mg/L | 400 | |
| 17. | Timbal | mg/L | 0,05 | |
| | Bahan Organik | | | |
| 1. | Aldrin dan Dieldrin | mg/L | 0,0007 | |
| 2. | Benzena | mg/L | 0,01 | |
| 3. | Benzo(a)pyrene | mg/L | 0,00001 | |

| | | | | |
|-----|-----------------------------------|------|---------|--|
| 4. | Chlordane (total isomer) | mg/L | • 0,007 | |
| 5. | Chloroform | mg/L | 0,03 | |
| 6. | 2,4-D | mg/L | 0,10 | |
| 7. | DDT | mg/L | 0,03 | |
| 8. | Detergen | mg/L | 0,5 | |
| 9. | 1,2 Dichloroethane | mg/L | 0,01 | |
| 10. | 1,1 Dichloroethane | mg/L | 0,0003 | |
| 11. | Hexachlorobenzene | mg/L | 0,00001 | |
| 12. | Heptachlor dan Heptachlor epoxide | mg/L | 0,003 | |
| 13. | Gamma-HCH (Lindane) | mg/L | 0,004 | |
| 14. | Methoxychlor | mg/L | 0,004 | |
| 15. | Pentachlorophenol | mg/L | 0,10 | |
| 16. | Pestisida total | mg/L | 0,01 | |
| 17. | 2,4,6 trichlorophenol | mg/L | 0,10 | |
| 18. | Zat organik(KMnO ₄) | mg/L | 0,01 | |

(Wardhana W.A., 1995).

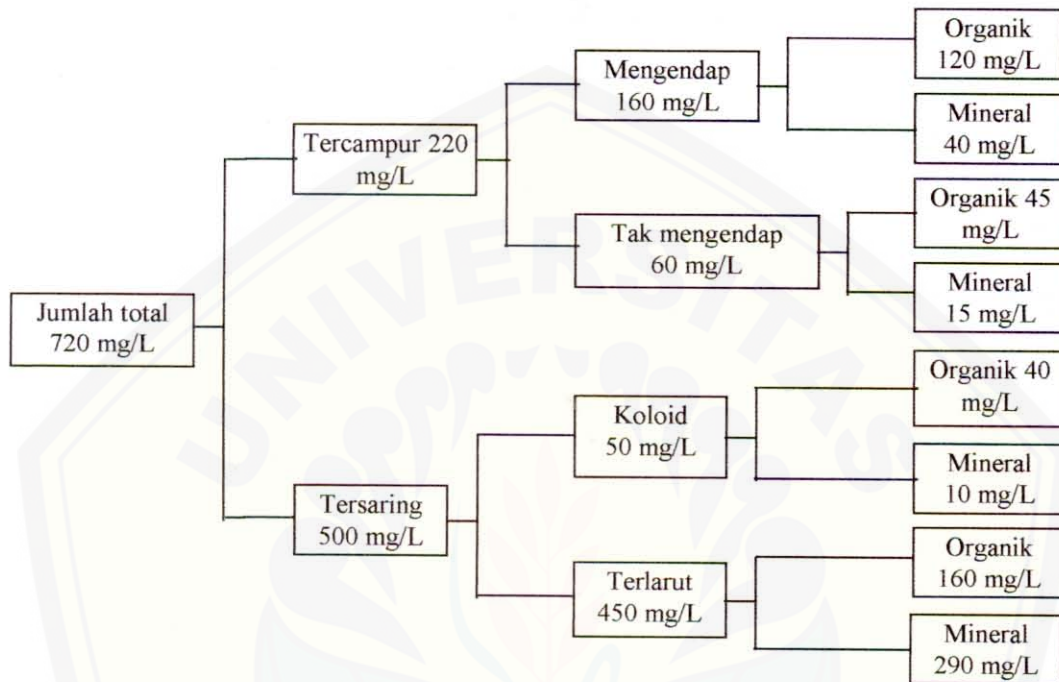
2.3 Bahan Organik

Pada umumnya bahan organik berisikan kombinasi dari karbon, hidrogen, oksigen dan nitrogen. Elemen lainnya yang penting seperti belerang, fosfor, dan besi juga dapat dijumpai. Komposisi bahan organik di dalam air yang bersih (tidak tercemar) telah disebutkan pada pembahasan sebelumnya (tabel 2). Sedangkan dalam air limbah komposisinya sangat bervariasi tergantung pada tempat dan waktunya. Akan tetapi, secara garis besar zat-zat yang terdapat di dalam air limbah dapat dikelompokkan seperti skema berikut ini.



Gambar 3. Skema pengelompokan bahan yang terkandung di dalam air tercemar.

Air limbah dengan pengotoran yang sedang, sekitar 75% dari benda-benda yang berada pada air limbah tersebut dalam keadaan tercampur dan 40% dari zat padat yang dapat disaring adalah berupa bahan organik alami seperti pada gambar berikut ini :



Gambar 4. Klasifikasi dari zat padat yang dijumpai pada air limbah dengan pengotoran yang sedang.

Bahan organik terlarut dapat menghasilkan oksigen dalam limbah serta akan menimbulkan rasa dan bau yang tidak sedap pada penyediaan air bersih. Selain itu, akan lebih berbahaya apabila bahan tersebut merupakan bahan yang beracun (Sugiharto, 1987).

2.4 Karbohidrat

Karbohidrat merupakan senyawa yang mengandung karbon, hidrogen dan oksigen yang terdapat dalam alam. Secara umum, rumus molekul karbohidrat adalah $C_n(H_2O)_n$ dimana $n = 3, 4, 5, \dots$ dan seterusnya. Apabila dilihat dari rumus molekul diatas, maka seolah-olah karbohidrat merupakan gabungan karbon (C) dan hidrat (H_2O), oleh karena itu senyawa ini disebut karbohidrat (Matsjeh S. dkk, 1994). Menurut Fessenden (1990), sejak tahun 1880-an disadari bahwa

karbohidrat sebenarnya merupakan polihidroksi aldehida atau keton, atau dapat juga turunannya.

2.5 Reaksi Reduksi Oksidasi (Redoks)

Reaksi reduksi-oksidasasi merupakan reaksi dimana keadaan oksidasi berubah yang disertai dengan pertukaran elektron antar pereaksi. Menurut Petrucci R.H. (1996), kunci untuk menyatakan reaksi-reduksi oksidasi adalah dalam penentuan bilangan oksidasi atom-atom dalam pereaksi dan hasil reaksi. Bilangan oksidasi sendiri merupakan muatan elektron yang dianggap ada atau dimiliki oleh suatu atom.

Oksidasi adalah suatu proses yang mengakibatkan hilangnya satu elektron atau lebih dari suatu zat (atom, ion atau molekul), atau dapat juga oksidasi dinyatakan sebagai reaksi dimana unsur dalam suatu zat mengalami kenaikan bilangan oksidasi. Bila suatu unsur dioksidasi, keadaan oksidasinya berubah ke harga yang lebih positif. Suatu zat pengoksidasi merupakan suatu zat yang mampu mengoksidasi zat lain.

Reduksi merupakan kebalikan dari oksidasi, yaitu proses yang mengakibatkan diperolehnya satu elektron atau lebih oleh suatu zat (atom, ion atau molekul) atau reaksi dimana unsur dalam suatu zat mengalami penurunan bilangan oksidasi. Bila suatu unsur direduksi, keadaan oksidasi berubah menjadi lebih negatif (kurang positif). Zat pereduksi merupakan suatu zat yang mampu mereduksi zat lain.

2.5.1 Oksidator

Oksidator atau zat pengoksidasi adalah suatu zat yang menerima elektron (akseptor elektron) dan dalam reaksinya oksidator direduksi, sehingga akan mengalami penurunan bilangan oksidasi.

- 1) Kalium dikromat ($K_2Cr_2O_7$), senyawa ini merupakan oksidator kuat yang berupa zat padat berwarna jingga kemerahan dan menghasilkan larutan jingga dalam air. Dalam larutan asam kuat, ion dikromat ($Cr_2O_7^{2-}$) direduksi menjadi kromium (III) dengan persamaan reaksi sebagai berikut :



2) Kalium permanganat (KMnO_4). Senyawa ini berupa zat padat berwarna coklat tua. Apabila dilarutkan dalam air, akan menghasilkan larutan berwarna ungu yang merupakan warna khas dari ion permanganat (MnO_4^-). Kalium permanganat merupakan oksidator kuat yang bekerja berdasarkan pada pH dari medium.

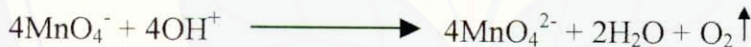
a) Dalam suasana asam ion permanganat direduksi dengan reaksinya sebagai berikut



b) Dalam suasana netral atau sedikit basa ion permanganat direduksi menjadi mangan dioksida. Mangan dioksida merupakan endapan yang berwarna coklat tua.

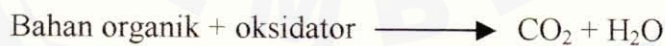


c) Dalam suasana basa kuat (pada pH 13 atau lebih) ion permanganat dapat direduksi menjadi ion manganat. Ion manganat menunjukkan suatu warna hijau yang khas. Bila permanganat dipanasi dalam keadaan basa akan terbentuk oksigen dalam reaksinya.



2.5.2 Reaksi Oksidasi Karbohidrat

Semua bahan yang bersifat organik, apabila dioksidasi sempurna, maka akan menghasilkan CO_2 dan H_2O .



Jika reaksi oksidasi tidak berjalan sempurna, maka reaksi oksidasi karbohidrat dengan menggunakan oksidator $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ dan KMnO_4 dapat ditunjukkan sebagai berikut :



2.6 Spektroskopi

Menurut Banwell dan Elaine (1994), spektroskopi didefinisikan sebagai ilmu yang mempelajari interaksi antara gelombang elektromagnetik dan materi. Spektroskopi didasarkan pada interaksi antara zat kimia dengan energi yang berupa energi cahaya. (Hendayana, 1994). Sedangkan untuk pengukuran sinyal interaksi antara zat kimia dengan energi cahaya disebut dengan spektrometri (McGraw-Hill, 1992).

Interaksi radiasi gelombang elektromagnetik dengan materi dapat berupa refleksi (pemantulan), refraksi (pembiasan), dan difraksi (penguraian cahaya). Cara interaksi radiasi dengan suatu sampel dapat dengan absorpsi, pemendaran (*luminescence*), emisi, dan penghamburan (*scattering*) (Khopkar S.M., 1990).

Jika sebagian dari radiasi tersebut diabsorpsi, ditransmisikan atau direfleksikan oleh objek maka cahaya akan nampak sebagai warna komplementer pada panjang gelombang tertentu.

Tabel 3. Hubungan antara Panjang Gelombang, Warna dan Warna Komplementer pada Daerah Tampak (*visible*).

| Panjang gelombang (nm) | Warna | Warna komplementer |
|------------------------|--------------------|--------------------|
| 400 – 435 | Lembayung (violet) | Kuning – hijau |
| 435 – 480 | Biru | Kuning |
| 480 – 490 | Hijau – Biru | Jingga |
| 490 – 500 | Biru – hijau | Merah |
| 500 – 560 | Hijau | Ungu (purple) |
| 560 – 580 | Kuning – hijau | Lembayung (violet) |
| 580 – 595 | Kuning | Biru |
| 595 – 610 | Jingga | Hijau – biru |
| 610 – 750 | Merah | Biru – hijau |

(Underwood A.L., R.A. Day, 1999).

Tahap pertama dari beberapa teknik analisa spektroskopi adalah mempersiapkan kondisi-kondisi yang menghasilkan hubungan timbal-balik antara serapan dan konsentrasi analit. Kondisi-kondisi ini adalah :

- 1) penentuan panjang gelombang. Untuk memperoleh sensitifitas maksimum, penentuan secara spektroskopi umumnya dibentuk melalui hubungan antara panjang gelombang dengan puncak serapan karena perubahan serapan per-unit konsentrasi pada titik ini sangat besar,
- 2) menentukan variabel-variabel yang mempengaruhi serapan. Variabel-variabel umum yang mempengaruhi spektra serapan adalah sifat dari pelarut, pH larutan, temperatur, konsentrasi elektrolit yang tinggi, dan keberadaan zat-zat pengganggu. Pengaruh dari variabel-variabel ini harus diketahui dan kondisi analisis harus ditentukan sehingga serapan tidak akan dipengaruhi oleh variabel-variabel tersebut yang tidak terkontrol,
- 3) perlakuan terhadap sel atau kuvet. Tempat diletakkannya sampel disebut sebagai sel atau kuvet. Pada umumnya, sel atau kuvet yang sering digunakan dalam pengukuran secara *ultraviolet/visible* berdiameter 1 cm; disesuaikan ukurannya satu sama lain, kalibrasi ukuran sel tergantung pada beberapa sumber. Penyesuaian sel seharusnya tidak dikeringkan melalui pemanasan yang berulang-ulang karena dapat menyebabkan kerusakan pada fisik atau perubahan pada ukuran panjangnya,
- 4) menentukan hubungan antara serapan dengan konsentrasi. Standart kalibrasi untuk analisis spektroskopi sedapat mungkin harus mengandung semua komposisi dari sampel, dan harus mencakup range konsentrasi analit (Skoog *et al*, 1991).

2.6.1 Spektrofotometri *Ultraviolet* dan *Visible*

Spektrofotometri *ultraviolet* dan *visible* didasarkan pada absorpsi gelombang elektromagnetik (cahaya) oleh suatu molekul. Pada spektrofotometri *ultraviolet*, yang diserap adalah cahaya ultra ungu (*ultraviolet* = UV), dengan cara ini larutan tak berwarna dapat diukur. Energi cahaya yang terserap digunakan untuk transisi elektron (*electronic transition*). Metode spektrofotometri sinar tampak (*visible*) didasarkan pada penyerapan sinar tampak oleh suatu larutan berwarna. Oleh karena itu metode ini dikenal juga sebagai metode kolorimetri. Hanya larutan senyawa berwarna yang dapat ditentukan dengan metode ini.

Senyawa-senyawa tidak berwarna dapat dibuat berwarna dengan mereaksikannya dengan pereaksi yang menghasilkan senyawa berwarna (Hendayana S., 1994).

Panjang gelombang cahaya UV lebih pendek bila dibandingkan dengan panjang gelombang cahaya tampak. Satuan yang akan digunakan untuk memeriksa panjang gelombang ini adalah *nanometer* ($1 \text{ nm} = 10^{-7} \text{ cm}$). Spektrum tampak terentang dari sekitar 400 nm (ungu) sampai 750 nm (merah), sedangkan spektrum *ultraviolet* terentang dari 100 sampai 400 nm (Fessenden R.J., Joan S.F., 1990)

Berikut ini urutan warna didasarkan pada panjang gelombang

| | | | | | | | | |
|----------------|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|------|
| λ (nm) | < 400 | 400-450 | 450-500 | 500-570 | 570-590 | 590-620 | 620-750 | >750 |
| Warna | UV, | Violet, | Biru, | Hijau, | Kuning, | Jingga, | Merah, | IR |

(Khopkar S.M., 1990).

Kuantitas energi yang diserap oleh suatu senyawa berbanding terbalik dengan panjang gelombang radiasi :

$$\Delta E = hv = \frac{hc}{\lambda} \dots\dots\dots(1)$$

dengan ΔE = energi yang diabsorpsi, dalam erg

h = tetapan Planck, $6,6 \times 10^{-27}$ erg.det

v = frekuensi, dalam Hz

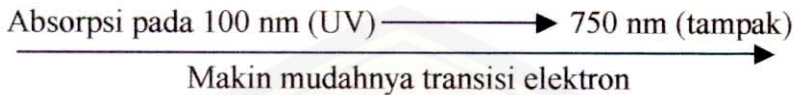
c = kecepatan cahaya, 3×10^{10} cm/det

λ = panjang gelombang, dalam cm.

Absorpsi cahaya *ultraviolet* atau cahaya tampak mengakibatkan transisi elektronik, yaitu promosi elektron-elektron dari orbital keadaan dasar yang berenergi rendah ke orbital keadaan tereksitasi berenergi lebih tinggi. Transisi ini memerlukan 40 – 300 kkal/mol. Energi yang terserap selanjutnya terbuang sebagai kalor, sebagai cahaya, atau tersalurkan dalam reaksi kimia (misalnya isomerisasi atau reaksi-reaksi radikal bebas).

Panjang gelombang cahaya UV atau cahaya tampak bergantung pada mudahnya promosi elektron. Molekul-molekul yang memerlukan lebih banyak energi untuk promosi elektron, akan menyerap pada panjang gelombang yang

lebih pendek. Molekul yang memerlukan energi lebih sedikit akan menyerap pada panjang gelombang yang lebih panjang. Senyawa yang menyerap cahaya dalam daerah tampak (yakni senyawa berwarna) mempunyai elektron yang lebih mudah dipromosikan daripada senyawa yang menyerap pada panjang gelombang UV yang lebih pendek.



(Fessenden R.J, Joan S.F, 1990).

Dalam pemilihan panjang gelombang, ada tiga faktor yang perlu diperhatikan, yaitu (a) jika larutan terdiri lebih dari satu komponen penyerap, maka dipilih panjang gelombang dimana komponen kedua tidak menyerap pada panjang gelombang tersebut, (b) kepekaan analisis, pada umumnya dipilih panjang gelombang dengan absorbansi yang relatif tinggi, dan (c) kepekaan analisis terhadap perubahan kecil panjang gelombang, umumnya dipilih panjang gelombang dimana absorbansi tidak berubah secara berarti jika panjang gelombang sedikit berubah (Gani A.A., 1994).

2.6.2 Hukum Dasar Absorpsi

Jika suatu berkas sinar melewati suatu medium homogen, sebagian dari cahaya datang (P_o) diabsorpsi sebanyak (P_a), sebagian dapat dipantulkan (P_r), sedangkan sisanya dapat ditransmisikan (P_t) dengan efek intensitas murni sebesar :

$$P_o = P_a + P_t + P_r \dots\dots\dots(2)$$

- dimana, P_o = intensitas radiasi yang masuk,
- P_a = intensitas cahaya yang diabsorpsi,
- P_r = intensitas bagian cahaya yang dipantulkan,
- P_t = intensitas cahaya yang ditransmisikan.

Pada prakteknya, nilai P_r adalah kecil sekali (~ 4%), sehingga

$$P_o = P_a + P_t \dots\dots\dots(3)$$

Lambert (1760) dan Beer (1852) dan juga Bouger menunjukkan hubungan berikut :

$$T = \frac{P_t}{P_o} = 10^{-abc} \dots\dots\dots (4)$$

$$\log(T) = \log\left(\frac{P_t}{P_o}\right) = -abc \dots\dots\dots (5)$$

$$\log\left(\frac{1}{T}\right) = \log\left(\frac{P_o}{P_t}\right) = abc = A \dots\dots\dots (6)$$

$$A = a b c \dots\dots\dots (7)$$

dimana, a = tetapan absorpsivitas,
 b = jarak tempuh optik,
 c = konsentrasi,
 T = transmitansi,
 A = absorbansi.

(Khopkar S.M., 1990).

Harga a (absorpsivitas) bergantung pada satuan yang digunakan untuk b dan c. Bila konsentrasi dinyatakan dalam satuan mol/liter, dan b dinyatakan dalam cm, maka a merupakan absorpsivitas molar. Absorpsivitas molar biasanya dikenal juga sebagai koefisien ekstingsi yang disimbolkan dengan ϵ . Jadi persamaan diatas dapat ditulis

$$A = \epsilon b c \dots\dots\dots (8)$$

dimana ϵ mempunyai satuan $L \text{ cm}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ (Hendayana S., 1994).

Beberapa persyaratan yang harus dipenuhi dalam penggunaan hukum ini adalah :

- 1) cahaya (radiasi) yang masuk harus monokromatis,
- 2) spesies penyerap tidak tergantung pada komponen penyusun larutan yang lainnya pada saat proses penyerapan,
- 3) penyerapan terjadi dalam volume yang mempunyai luas penampang yang sama,
- 4) tidak terjadi fluoresensi,

- 5) indeks bias tidak tergantung pada konsentrasi (tidak berlaku pada konsentrasi yang pekat).

2.6.3 Zat-zat Pengabsorpsi

Penyerapan sinar tampak atau *ultraviolet* oleh suatu molekul dapat menyebabkan terjadinya eksitasinya molekul tersebut dari tingkat energi dasar (*ground stated*) ke tingkat energi yang lebih tinggi (*excited stated*). Proses ini melalui dua tahap :



Umur molekul yang tereksitasi M^* ini sangat pendek ($10^{-8} - 10^{-9}$ detik) dan molekul kembali ke tingkat dasar lagi M , proses di atas disebut reaksi.

Pengabsorpsian sinar *ultraviolet* atau sinar tampak oleh suatu molekul umumnya menghasilkan eksitasi elektron bonding; akibatnya panjang gelombang absorpsi maksimum dapat dikorelasikan dengan jenis ikatan yang ada di dalam molekul yang sedang diselidiki. Oleh karena itu spektroskopi serapan molekul berharga untuk mengidentifikasi gugus-gugus fungsional yang ada dalam suatu molekul. Akan tetapi, yang lebih penting adalah penggunaan spektroskopi serapan *ultraviolet* dan sinar tampak untuk penentuan kuantitatif senyawa-senyawa yang mengandung gugus-gugus pengabsorpsi (Hendayana S., 1994).

2.6.4 Keuntungan Spektrofotometri UV-Vis

Spektroskopi serapan berdasarkan pada radiasi *ultraviolet* dan sinar tampak merupakan salah satu cara yang paling banyak digunakan dalam analisis kuantitatif. Keuntungan-keuntungan dari metode spektrofotometri dan fotometri sebagai berikut,

- 1) Sensitifitasnya tinggi, batas deteksi dari spektroskopi serapan sekitar 10^{-4} sampai 10^{-5} M. Batas deteksi ini dapat juga mencapai 10^{-6} atau 10^{-7} M dengan melalui modifikasi prosedural.
- 2) Selektifitas tinggi, meskipun panjang gelombang dapat ditemukan dimana hanya pada analit yang diserap, hal itu membutuhkan pemisahan pendahuluan.

Selanjutnya, ketika terjadi *overlapping* puncak absorpsi, koreksinya tergantung pada dasar penambahan ukuran pada panjang gelombang lain.

- 3) Mempunyai akurasi yang baik, kesalahan relatif dari konsentrasi dapat ditemukan dengan metode spektroskopi UV-Vis atau prosedur fotometri dengan kisaran 1% - 5%. Beberapa kesalahan dapat dikurangi sampai beberapa persen dengan tindakan pencegahan yang khusus.
- 4) Penggunaannya mudah, peralatan spektrofotometri penggunaannya sangat mudah dan pada saat ini telah dilengkapi dengan peralatan yang modern, digunakan secara luas, banyak spesi anorganik, organik dan biokimia menyerap radiasi sinar tampak dan *ultraviolet*, sehingga kuantitasnya dapat ditentukan secara langsung. Beberapa spesi yang tidak dapat mengabsorpsi dapat juga ditentukan setelah diubah menjadi spesi-spesi pengabsorpsi (Skoog *et al*, 1991).

BAB III
METODE PENELITIAN

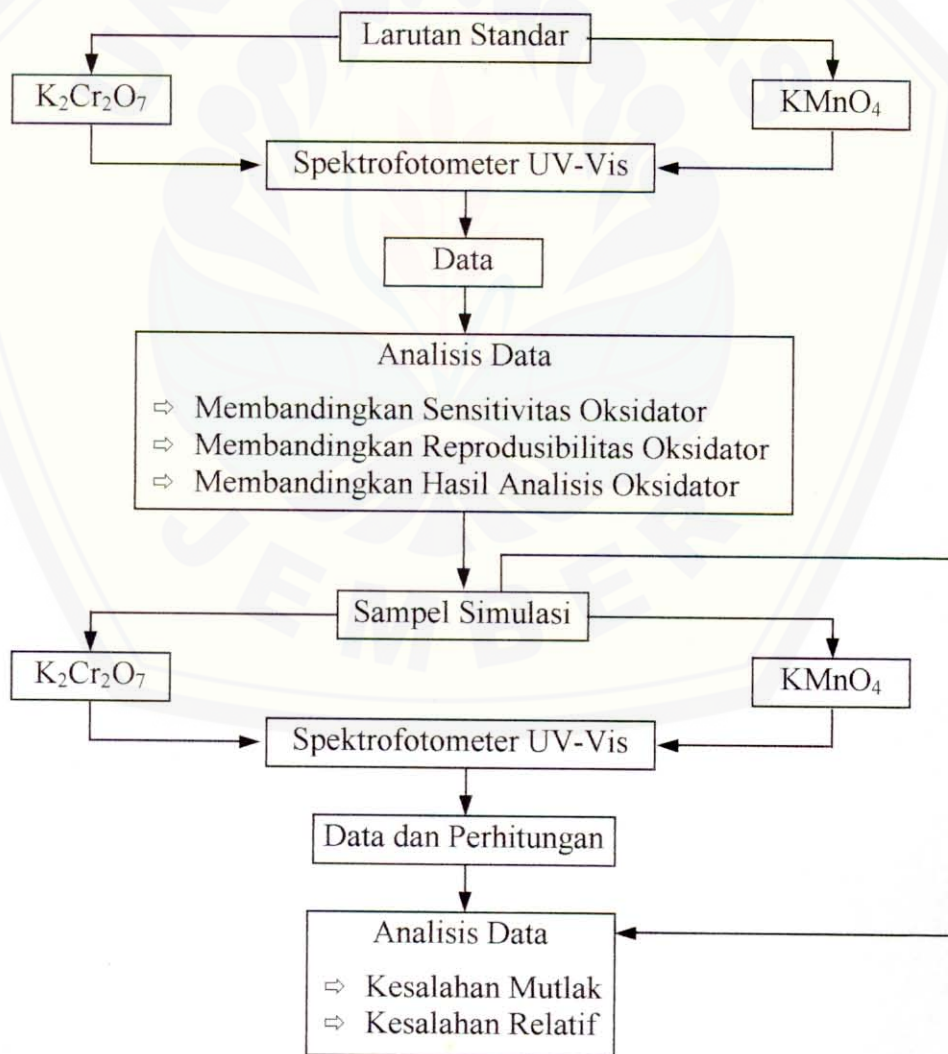


3.1 Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Kimia Analitik, Jurusan Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Jember dan dilaksanakan pada bulan Oktober 2001 sampai bulan Maret 2002.

3.2 Desain Eksperimen

3.2.1 Diagram Alur Eksperimen



3.2.2 Rancangan Eksperimen

| Konsentrasi C Organik Sampel (ppm) | Oksidator | Hasil Perhitungan Konsentrasi C Organik Sampel (ppm) |
|------------------------------------|---|--|
| 0,72 | K ₂ Cr ₂ O ₇ | |
| 1,12 | | |
| 1,44 | | |
| 0,72 | KMnO ₄ | |
| 1,12 | | |
| 1,44 | | |

3.3 Alat dan Bahan

3.3.1 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah spektrofotometer UV-Vis LaboMed, Inc.; pH meter; labu ukur (50 mL, 100 mL, 250 mL); beaker glass (50 mL, 100 mL, 250 mL); pipet volume (1 mL, 5 mL, 10 mL) dan pipet tetes.

3.3.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah K₂Cr₂O₇; KMnO₄; Cr₂(SO₄)₃.15H₂O; MnSO₄.H₂O; glukosa; H₂SO₄ dan aquades. Semua bahan keluaran E-Merck kecuali aquades.

3.4 Prosedur Kerja

3.4.1 Pembuatan Larutan Bahan Organik Standar

3.4.1.1 Preparasi Larutan Bahan Organik Standar

Larutan bahan organik standar dibuat dengan melarutkan 0,6250 gram glukosa ke dalam aquades sampai volume 100 mL, sehingga dalam 1 mL larutan ini mengandung 2,5 mg karbon organik. Kemudian disiapkan juga larutan bahan organik standar yang mengandung 5; 7,5; 10; 12,5; 15; 17,5 dan 20 mg karbon organik dalam 1 mL larutan tersebut.

3.4.1.2 Prosedur Oksidasi

Pada setiap 1 mL larutan bahan organik standar ditambahkan 10 mL larutan $K_2Cr_2O_7$ 0,15 M dan 5 mL H_2SO_4 pekat 98%. Larutan dikocok dan didiamkan sampai larutan menjadi dingin. Setelah larutan dingin, ditambahkan aquades sampai volume larutan tersebut menjadi 50 mL. Larutan diambil 1 mL, kemudian diencerkan 250 kali dengan menggunakan larutan H_2SO_4 pada pH 1,8 (Gani A.A., 1994).

3.4.2 Preparasi Blanko

Larutan blanko untuk pembacaan serapan, dibuat dari larutan glukosa 1 mL yang masing-masing mengandung karbon organik 2,5; 5; 7,5; 10; 12,5; 15; 17,5; dan 20 mg dalam setiap 1 mL larutan, kemudian ditambahkan 5 mL H_2SO_4 pekat 98% dan aquades sampai volume larutan menjadi 50 mL. Larutan diambil 1 mL, kemudian diencerkan 250 kali dengan H_2SO_4 pada pH 1,8.

3.4.3 Pengukuran Panjang Gelombang Maksimum

Pengukuran panjang gelombang maksimum diperoleh melalui *scanning* absorbansi dengan menggunakan spektrofotometri UV-Vis pada rentangan panjang gelombang 200 nm – 750 nm. Larutan yang digunakan adalah larutan $K_2Cr_2O_7$, 2×10^{-4} M (Gani A.A., 1994); $Cr_2(SO_4)_3$, 2×10^{-2} M; $KMnO_4$, 2×10^{-4} M dan $MnSO_4$, 2×10^{-2} M.

3.4.4 Studi Pengaruh Oksidator

Studi pengaruh oksidator yang digunakan terhadap reaksi oksidasi bahan organik, dilakukan dengan mengganti larutan $K_2Cr_2O_7$ pada prosedur oksidasi (3.4.1.2) dengan 10 mL larutan $KMnO_4$ 0,15 M dan pengenceran larutan dilakukan dengan H_2SO_4 pada pH 1 (Underwood A.L., R.A. Day, 1999).

3.4.5 Pembuatan Kurva Kalibrasi

Kurva kalibrasi dibuat dengan mengukur serapan dari larutan bahan organik standar yang telah dioksidasi, dimana konsentrasi karbon organik dalam

larutan standar tersebut telah dikonversikan dalam bentuk ppm dan diperoleh sebesar 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0; 1,2; 1,4 dan 1,6 ppm. Pengukuran serapan tersebut dilakukan pada panjang gelombang maksimum untuk ion $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$; Cr^{3+} ; MnO_4^- dan Mn^{2+} . Kurva kalibrasi disini, merupakan plot dari absorbansi vs konsentrasi karbon organik dalam ppm.

3.4.6 Pembuatan Larutan Sampel

Dalam penelitian ini digunakan 3 larutan sampel simulasi dengan konsentrasi karbon organik total yang telah diketahui, yaitu 0,72; 1,12 dan 1,44 ppm. Larutan sampel tersebut dibuat dengan melarutkan glukosa ke dalam aquades, dimana masing-masing larutan mengandung 9 mg, 14 mg dan 18 mg karbon organik dalam setiap 1 mL larutan. Kemudian larutan tersebut dioksidasi dan diencerkan seperti perlakuan pada larutan standar.

3.4.7 Analisis Data Hasil Pengukuran pada Larutan Standar

3.4.7.1 Penentuan Sensitivitas

Penentuan sensitivitas menggunakan metode spektrofotometri dapat melalui persamaan,

$$|s| = \frac{0,0044}{m} \dots\dots\dots(9)$$

(Khasanah M. dkk, 1998)

dimana,

s = sensitivitas

m = slope kurva kalibrasi

Penentuan sensitivitas dari persamaan 9 digunakan untuk menentukan sensitivitas oksidator $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ dan KMnO_4 .

3.4.7.2 Membandingkan Sensitivitas Oksidator $K_2Cr_2O_7$ dengan Oksidator $KMnO_4$ Menggunakan Koefisien Korelasi dengan Uji-t

Untuk membandingkan sensitivitas oksidator $K_2Cr_2O_7$ dan $KMnO_4$ yang memanfaatkan koefisien korelasi dengan uji-t menggunakan persamaan,

$$t = \frac{|r|\sqrt{(n-2)}}{\sqrt{(1-r^2)}} \dots\dots\dots(10)$$

dimana r adalah koefisien korelasi.

(Miller, J.C., J.N. Miller, 1991)

3.4.7.3 Penentuan Reprodusibilitas

Reprodusibilitas dapat ditentukan dengan melihat besarnya nilai koefisien variasi (KV). Persamaan yang dapat digunakan untuk menentukan nilai koefisien variasi adalah,

$$KV = \frac{SD}{\bar{x}} \times 100\% \dots\dots\dots(11)$$

(Kateman G., L. Buydens, 1993)

dimana,

KV = koefisien variasi

SD = standar deviasi

\bar{x} = rata-rata absorbansi

3.4.7.4 Membandingkan Reprodusibilitas Oksidator $K_2Cr_2O_7$ dengan Oksidator $KMnO_4$ Menggunakan Uji-t Berpasangan

Untuk membandingkan reprodusibilitas oksidator $K_2Cr_2O_7$ dan $KMnO_4$ dapat digunakan uji-t berpasangan dengan persamaan sebagai berikut,

$$t = (\bar{x}_d - \mu_d) \frac{\sqrt{n}}{S_d} \dots\dots\dots(12)$$

(Miller, J.C., J.N. Miller, 1991)

dimana,

t = nilai t

\bar{x}_d = selisih nilai rata-rata koefisien variasi

μ_d = selisih μ

n = jumlah sampel

S_d = selisih standar deviasi

$$\mu = \bar{x} \pm \left(\frac{ts}{\sqrt{n}} \right) \dots \dots \dots (13)$$

(Miller, J.C., J.N. Miller, 1991)

dimana,

μ = nilai sebenarnya

\bar{x} = nilai rata-rata koefisien variasi

t = nilai t-tabel

s = standar deviasi

3.4.7.5 Membandingkan Hasil Analisis Oksidator $K_2Cr_2O_7$ dengan Oksidator $KMnO_4$ Menggunakan Garis Regresi dengan Uji-t

Untuk membandingkan hasil analisis oksidator $K_2Cr_2O_7$ dan $KMnO_4$ dapat memanfaatkan garis regresi. Satu sumbu pada grafik regresi dipakai untuk hasil yang diperoleh dengan cara baku dan sumbu lainnya untuk hasil yang diperoleh dengan cara acuan atau pembanding yang diterapkan pada sampel yang sama. Persamaan yang dipakai untuk menghitung statistiknya adalah,

$$S_{y/x} = \left\{ \frac{\sum_i (y_i - \hat{y}_i)^2}{n - 2} \right\}^{\frac{1}{2}} \dots \dots \dots (14)$$

$$S_b = \frac{S_{y/x}}{\left\{ \sum_i (x_i - \bar{x})^2 \right\}^{\frac{1}{2}}} \dots \dots \dots (15)$$

$$S_a = S_{y/x} \left\{ \frac{\sum_i x_i^2}{n \sum_i (x_i - \bar{x})^2} \right\}^{\frac{1}{2}} \dots \dots \dots (16)$$

(Miller, J.C., J.N. Miller, 1991)

dimana S_b adalah simpangan baku untuk lereng (b) atau sering disebut dengan *slope*, dan S_a adalah titik potong (a) atau disebut juga dengan *intercept*.

Nilai S_b dan S_a dapat dipakai untuk menaksir batas kepercayaan untuk lereng dan titik potong. Batas kepercayaan untuk lereng berupa $b \pm ts_b$, dengan t diambil batas kepercayaan yang diinginkan dan derajat kebebasannya berupa $n-2$. Demikian juga batas kepercayaan untuk titik potong berupa $a \pm ts_a$.

3.4.8 Analisis Sampel

3.4.8.1 Penentuan Kadar Karbon Organik Total Sampel

Sampel yang telah diketahui konsentrasi C organiknya diukur absorbansinya pada panjang gelombang maksimum dari oksidator yang digunakan. Absorbansi sampel tersebut dimasukkan ke dalam persamaan regresi kurva kalibrasi dimana y = absorbansi sampel dan x = konsentrasi sampel, sehingga konsentrasi sampel berdasarkan perhitungan dapat diketahui.

3.4.8.2 Penentuan Kesalahan Mutlak dan Kesalahan Relatif Kadar Karbon Organik Total Sampel Hasil Perhitungan dengan Menggunakan Oksidator $K_2Cr_2O_7$ dan $KMnO_4$ secara Spektrofotometri UV-Vis

Untuk menentukan kesalahan mutlak dan kesalahan relatif kadar karbon organik total sampel hasil perhitungan dengan menggunakan oksidator $K_2Cr_2O_7$ dan $KMnO_4$ dapat dengan menggunakan persamaan sebagai berikut,

$$|\text{Kesalahan Mutlak (KM)}| = X_p - X_s \dots\dots\dots(17)$$

$$|\text{Kesalahan Relatif (KR)}| = \frac{KM}{X_s} \times 100\% \dots\dots\dots(18)$$

(Underwood A.L., R.A. Day, 1999)

dimana,

X_p = konsentrasi hasil perhitungan

X_s = konsentrasi sebenarnya



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut.

- 1) Perbandingan hasil analisis oksidator $K_2Cr_2O_7$ dan $KMnO_4$ yang dihitung menggunakan garis regresi dengan uji-t, diperoleh batas kepercayaan untuk titik potong (*intercept*) = $0,0336 \pm 8,1454 \times 10^{-3}$, lereng (*slope*) = $1,1569 \pm 1,7321 \times 10^{-1}$, dan $R^2 = 0,9834$. Berdasarkan hasil analisis, data tersebut menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan antara kedua oksidator secara berarti.
- 2) Nilai sensitivitas oksidator $K_2Cr_2O_7$ dan $KMnO_4$ dilihat dari ion sisa reduksi oksidator adalah; untuk oksidator $K_2Cr_2O_7$ diperoleh 0,1544 ppm, sedangkan untuk oksidator $KMnO_4$ diperoleh 0,1811 ppm. Berdasarkan uji statistika menggunakan uji-t dengan memanfaatkan koefisien korelasi dari kurva kalibrasi diperoleh nilai $t = 17,2112$ ($P = 0,05$). Nilai ini menunjukkan bahwa kedua oksidator memang mempunyai perbedaan sensitivitas yang berarti, dimana oksidator $K_2Cr_2O_7$ lebih sensitif bila dibandingkan dengan oksidator $KMnO_4$.
- 3) Reprodusibilitas yang diperoleh dilihat dari ion sisa reduksi oksidator dengan menggunakan $K_2Cr_2O_7$ adalah 0,73423%, sedangkan dengan menggunakan $KMnO_4$ adalah 0,35860%. Perbandingan reprodusibilitas antara oksidator $K_2Cr_2O_7$ dan $KMnO_4$ dengan menggunakan uji-t berpasangan memberikan nilai hitungan $t = -3,45$ ($P = 0,05$). Nilai ini menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan reprodusibilitas antara kedua oksidator secara berarti.
- 4) Besarnya kesalahan mutlak dan kesalahan relatif dari oksidator $K_2Cr_2O_7$ lebih kecil bila dibandingkan dengan oksidator $KMnO_4$. Hal ini menunjukkan bahwa oksidator $K_2Cr_2O_7$ mempunyai ketepatan (*accuracy*) yang lebih tinggi untuk penentuan kadar karbon organik total sampel dalam air secara spektrofotometri UV-Vis bila dibandingkan dengan oksidator $KMnO_4$.

5.2 Saran

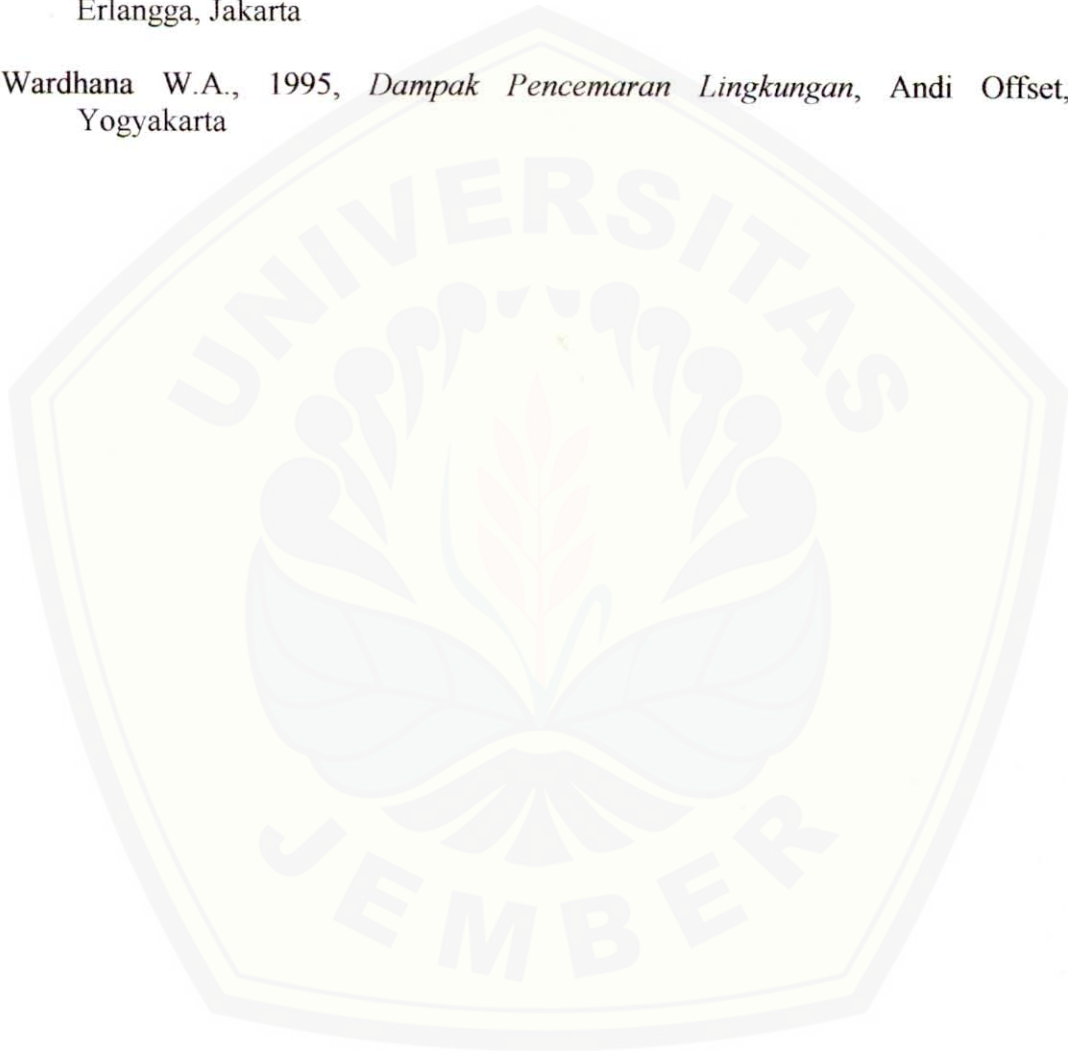
Penentuan kadar karbon organik total secara spektrofotometri UV-Vis untuk kebutuhan analisis kualitas air dapat dengan menggunakan oksidator $K_2Cr_2O_7$ dan oksidator $KMnO_4$, tetapi lebih baik menggunakan oksidator $K_2Cr_2O_7$ karena sensitivitas dan keakuratan oksidator ini lebih tinggi daripada oksidator $KMnO_4$. Penelitian mengenai kadar karbon organik total dalam air masih perlu untuk dikembangkan lagi, berkenaan dengan metode yang digunakan dalam penelitian ini masih sangat terbatas. Diharapkan penelitian selanjutnya dapat menggunakan metode yang lebih baik lagi, sehingga hasil analisis yang diperoleh akan lebih akurat dan presisi. Literatur ini dapat dijadikan sebagai pembandingan untuk pengembangan penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad H., 1992, *Elektrokimia dan Kinetika kimia*, PT. Citra Aditya Bakti, Bandung
- Banwell C.N., Elaine M. McCash, 1994, *Fundamentals of Molecular Spectroscopy*, Fourth Edition, The McGraw-Hill Companies, London
- Fardiaz S., 1992, *Polusi Air & Udara*, Kanisius, Yogyakarta
- Fessenden R.J., Joan S. Fessenden, 1990, *Kimia Organik*, Terjemahan A. Hadyana Pudjaatmaka dari *Organic Chemistry* (1986), Edisi Ketiga, Jilid 2, Erlangga, Jakarta
- Gani A.A., 1994, *Analisis Kadar Karbon Organik Total dalam Tanah*, Universitas Jember, Jember
- Greenberg A.E., 1992, *Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater*, 18th Edition, American Public Health Association, Washington
- Hardjono S., 1991, *Spektroskopi*, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta
- Hartati, Miratul K., Ruswidi S.P., 1999, "Penentuan Tembaga Secara Spektrofotometri sebagai Senyawa Kompleks Asosiasi Ion dengan Metilen Biru Melalui Ekstraksi Pelarut" dalam *Jurnal Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam*, Volume 4, No 2, Universitas Airlangga, Surabaya
- Hendayana S., 1994, *Kimia Analitik Instrumen*, Edisi Kesatu, IKIP Semarang Press, Semarang
- Ingle James D.J.R., Stanley R. Crouch, 1988, *Spectrochemical Analysis*, Prentice-Hall International, Inc., USA
- Jackson A.R.W., Julie M. Jackson, 1996, *Environmental Science*, Longmann Group Limited, Singapore
- Jeffery G.H., J. Bassett, J. Mendham, R.C. Denney, 1991, *Vogel's : Textbook of Quantitative Chemical Analysis*, Fifth Edition, John Wiley & Sons, Inc., New York
- , 1994, *Buku Ajar Vogel : Kimia Analisis Kuantitatif Anorganik*, Terjemahan A. Hadyana Pudjaatmaka dan L. Setiono dari *Vogel's : Textbook of Quantitative Inorganic Analysis Including Elementary Instrumental Analysis* (1991), Edisi Keempat, Buku Kedokteran EGC, Jakarta

- Jenie B.S., Winiati P.R., 1993, *Penanganan Limbah Industri Pangan*, Kanisius, Bogor
- Kateman G., L. Buydens, 1993, *Quality Control in Analytical Chemistry*, Second Edition, John Wiley & Sons, Inc., New York
- Khasanah M. dkk, 1998, "Metode Analisis Tembaga (II) dalam Air Laut Secara Spektrofotometri Serapan Atom Melalui Ekstraksi dengan 1-(2-Piridilazo-2-Naftol)-n-Butanol" dalam *Jurnal Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam*, Volume III, No 2, Universitas Airlangga, Surabaya
- Khopkar S.M., 1990, *Konsep Dasar Kimia Analitik*, Universitas Indonesia Press, Jakarta
- Lehninger A.L., 1995, *Dasar-Dasar Biokimia*, Terjemahan Maggy Thenawidjaja dari *Principles of Biochemistry* (1982), Jilid 1, Erlangga, Jakarta
- Linsley R.K., Joseph B.F., 1986, *Tekhnik Sumber Daya Air*, Edisi Ketiga, Jilid 2, Erlangga, Jakarta
- Matsjeh S. dkk, 1996, *Kimia Organik II*, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta
- McGraw-Hill, 1992, *Encyclopedia of Science & Technology*, McGraw-Hill, Inc., USA
- Miller J.C., J.N. Miller, 1991, *Statistika untuk Kimia Analitik*, Edisi Kedua, ITB, Bandung
- Nybakken J.W., 1993, *Marine Biology*, Third Edition, Harper Collins College Publishers, New York
- Petrucci R.H., 1996, *Kimia Dasar*, Edisi Keempat, Jilid 2, Erlangga, Jakarta
- Ralph L. L. Shciner *et al*, 1998, *The Systematic Identification of Organik Compounds*, Seventh Edition, John Wiley & Sons, Inc., New York
- Rodiq O.R., Charles E.B., Allen K.C., 1990, *Organic Chemistry Laboratory*, Saunders College Publishing, USA
- Skoog D.A. *et al*, 1991, *Fundamentals of Analytical Chemistry*, Seventh Edition, Sonders College Publishing, USA
- Sugiharto, 1987, *Dasar-Dasar Pengelolaan Air Limbah*, Universitas Indonesia Press, Jakarta

- Svehla G., 1990, *Vogel : Buku teks Analisis Anorganik Kualitatif Makro dan Semimikro*, Terjemahan L. Setiono dan A. Hadyana Pudjaatmaka dari *Textbook of Macro and Semimicro Qualitative Inorganic Analysis* (1979), Edisi Kelima, Kalman Media Pusaka, Jakarta
- Underwood A.L., R.A. Day, 1999, *Analisis Kimia Kuantitatif*, Terjemahan A. Hadyana Pudjaatmaka dari *Quantitative Analysis* (1986), Edisi Kelima, Erlangga, Jakarta
- Wardhana W.A., 1995, *Dampak Pencemaran Lingkungan*, Andi Offset, Yogyakarta



Lampiran 1

Data Penentuan Panjang Gelombang Maksimum $K_2Cr_2O_7$ 2×10^{-4} M

| No | Panjang Gelombang (nm) | A | | | A rata-rata |
|----|---------------------------|-------|-------|-------|-------------|
| | | A1 | A2 | A3 | |
| 1 | 200 | 1,3 | 1,301 | 1,306 | 1,30233333 |
| 2 | 210 | 0,817 | 0,815 | 0,813 | 0,815 |
| 3 | 220 | 0,497 | 0,495 | 0,498 | 0,49666667 |
| 4 | 230 | 0,387 | 0,389 | 0,387 | 0,38766667 |
| 5 | 240 | 0,378 | 0,375 | 0,377 | 0,37666667 |
| 6 | 250 | 0,432 | 0,431 | 0,431 | 0,43133333 |
| 7 | 252 | 0,434 | 0,436 | 0,434 | 0,43466667 |
| 8 | 254 | 0,441 | 0,443 | 0,442 | 0,442 |
| 9 | 256 | 0,452 | 0,451 | 0,452 | 0,45166667 |
| 10 | 258 | 0,451 | 0,45 | 0,45 | 0,45033333 |
| 11 | 260 | 0,449 | 0,447 | 0,448 | 0,448 |
| 12 | 262 | 0,442 | 0,441 | 0,441 | 0,44133333 |
| 13 | 264 | 0,431 | 0,431 | 0,431 | 0,431 |
| 14 | 266 | 0,421 | 0,42 | 0,421 | 0,42066667 |
| 15 | 268 | 0,417 | 0,416 | 0,418 | 0,417 |
| 16 | 270 | 0,412 | 0,41 | 0,413 | 0,41166667 |
| 17 | 280 | 0,355 | 0,343 | 0,353 | 0,35033333 |
| 18 | 290 | 0,296 | 0,291 | 0,295 | 0,294 |
| 19 | 300 | 0,216 | 0,218 | 0,215 | 0,21633333 |
| 20 | 310 | 0,155 | 0,153 | 0,156 | 0,15466667 |
| 21 | 320 | 0,163 | 0,165 | 0,162 | 0,16333333 |
| 22 | 330 | 0,249 | 0,247 | 0,248 | 0,248 |
| 23 | 340 | 0,298 | 0,293 | 0,3 | 0,297 |
| 24 | 342 | 0,317 | 0,315 | 0,316 | 0,316 |
| 25 | 344 | 0,327 | 0,324 | 0,327 | 0,326 |
| 26 | 346 | 0,33 | 0,328 | 0,331 | 0,32966667 |
| 27 | 348 | 0,335 | 0,335 | 0,336 | 0,33533333 |
| 28 | 350 | 0,342 | 0,34 | 0,343 | 0,34166667 |
| 29 | 352 | 0,341 | 0,339 | 0,34 | 0,34 |
| 30 | 354 | 0,338 | 0,336 | 0,337 | 0,337 |
| 31 | 356 | 0,333 | 0,332 | 0,331 | 0,332 |
| 32 | 358 | 0,33 | 0,331 | 0,329 | 0,33 |
| 33 | 360 | 0,321 | 0,324 | 0,322 | 0,32233333 |
| 34 | 370 | 0,276 | 0,276 | 0,275 | 0,27566667 |

| | | | | | |
|----|-----|-------|-------|-------|------------|
| 35 | 380 | 0,215 | 0,214 | 0,215 | 0,21466667 |
| 36 | 390 | 0,159 | 0,157 | 0,158 | 0,158 |
| 37 | 400 | 0,098 | 0,097 | 0,099 | 0,098 |
| 38 | 410 | 0,06 | 0,06 | 0,059 | 0,05966667 |
| 39 | 420 | 0,048 | 0,048 | 0,049 | 0,04833333 |
| 40 | 422 | 0,048 | 0,048 | 0,048 | 0,048 |
| 41 | 424 | 0,048 | 0,048 | 0,048 | 0,048 |
| 42 | 426 | 0,047 | 0,047 | 0,048 | 0,04733333 |
| 43 | 428 | 0,047 | 0,047 | 0,047 | 0,047 |
| 44 | 430 | 0,047 | 0,047 | 0,047 | 0,047 |
| 45 | 440 | 0,046 | 0,046 | 0,046 | 0,046 |
| 46 | 450 | 0,044 | 0,043 | 0,044 | 0,04366667 |
| 47 | 460 | 0,03 | 0,038 | 0,031 | 0,033 |
| 48 | 470 | 0,029 | 0,03 | 0,026 | 0,02833333 |
| 49 | 480 | 0,019 | 0,02 | 0,018 | 0,019 |
| 50 | 490 | 0,012 | 0,013 | 0,013 | 0,01266667 |
| 51 | 500 | 0,008 | 0,009 | 0,008 | 0,00833333 |
| 52 | 510 | 0,004 | 0,004 | 0,004 | 0,004 |
| 53 | 520 | 0,004 | 0,004 | 0,004 | 0,004 |
| 54 | 530 | 0,003 | 0,003 | 0,003 | 0,003 |
| 55 | 540 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,002 |
| 56 | 550 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,002 |
| 57 | 560 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,002 |
| 58 | 570 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,002 |
| 59 | 580 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,002 |
| 60 | 590 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 |
| 61 | 600 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 |
| 62 | 610 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 |
| 63 | 620 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 |
| 64 | 630 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 |
| 65 | 640 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 |
| 66 | 650 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 |
| 67 | 660 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 |
| 68 | 670 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 |
| 69 | 680 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 |
| 70 | 690 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 |
| 71 | 700 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 |
| 72 | 710 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 |
| 73 | 720 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 |
| 74 | 730 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 |

| | | | | | |
|----|-----|-------|-------|-------|-------|
| 75 | 740 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 |
| 76 | 750 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 |



Lampiran 2

Data Penentuan Panjang Gelombang Maksimum $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 15\text{H}_2\text{O}$ 2×10^{-2} M

| No | Panjang Gelombang (nm) | A1 | | | A rata-rata |
|----|---------------------------|-------|-------|-------|-------------|
| | | A1 | A2 | A3 | |
| 1 | 200 | 1,473 | 1,475 | 1,472 | 1,47333333 |
| 2 | 210 | 1,446 | 1,448 | 1,45 | 1,448 |
| 3 | 220 | 1,023 | 1,024 | 1,023 | 1,02333333 |
| 4 | 230 | 0,424 | 0,425 | 0,425 | 0,42466667 |
| 5 | 240 | 0,17 | 0,172 | 0,173 | 0,17166667 |
| 6 | 250 | 0,088 | 0,089 | 0,088 | 0,08833333 |
| 7 | 252 | 0,086 | 0,086 | 0,085 | 0,08566667 |
| 8 | 254 | 0,08 | 0,081 | 0,08 | 0,08033333 |
| 9 | 256 | 0,077 | 0,077 | 0,076 | 0,07666667 |
| 10 | 258 | 0,075 | 0,075 | 0,075 | 0,075 |
| 11 | 260 | 0,072 | 0,074 | 0,073 | 0,073 |
| 12 | 270 | 0,064 | 0,067 | 0,065 | 0,06533333 |
| 13 | 280 | 0,042 | 0,042 | 0,042 | 0,042 |
| 14 | 290 | 0,019 | 0,021 | 0,022 | 0,02066667 |
| 15 | 300 | 0,009 | 0,011 | 0,01 | 0,01 |
| 16 | 310 | 0,011 | 0,012 | 0,012 | 0,01166667 |
| 17 | 320 | 0,013 | 0,014 | 0,013 | 0,01333333 |
| 18 | 330 | 0,013 | 0,014 | 0,015 | 0,014 |
| 19 | 340 | 0,016 | 0,018 | 0,017 | 0,017 |
| 20 | 350 | 0,02 | 0,021 | 0,021 | 0,02066667 |
| 21 | 360 | 0,038 | 0,037 | 0,039 | 0,038 |
| 22 | 370 | 0,07 | 0,068 | 0,07 | 0,06933333 |
| 23 | 380 | 0,084 | 0,085 | 0,084 | 0,08433333 |
| 24 | 390 | 0,11 | 0,11 | 0,111 | 0,11033333 |
| 25 | 400 | 0,132 | 0,132 | 0,133 | 0,13233333 |
| 26 | 410 | 0,146 | 0,146 | 0,145 | 0,14566667 |
| 27 | 420 | 0,155 | 0,156 | 0,157 | 0,156 |
| 28 | 422 | 0,164 | 0,163 | 0,164 | 0,16366667 |
| 29 | 424 | 0,163 | 0,162 | 0,161 | 0,162 |
| 30 | 426 | 0,156 | 0,154 | 0,153 | 0,15433333 |
| 31 | 428 | 0,152 | 0,151 | 0,151 | 0,15133333 |
| 32 | 430 | 0,151 | 0,149 | 0,148 | 0,14933333 |
| 33 | 432 | 0,144 | 0,143 | 0,143 | 0,14333333 |
| 34 | 434 | 0,138 | 0,137 | 0,136 | 0,137 |

| | | | | | |
|----|-----|-------|-------|-------|------------|
| 35 | 436 | 0,133 | 0,132 | 0,131 | 0,132 |
| 36 | 438 | 0,127 | 0,127 | 0,127 | 0,127 |
| 37 | 440 | 0,122 | 0,123 | 0,122 | 0,12233333 |
| 38 | 450 | 0,113 | 0,114 | 0,114 | 0,11366667 |
| 39 | 460 | 0,093 | 0,092 | 0,093 | 0,09266667 |
| 40 | 470 | 0,068 | 0,068 | 0,067 | 0,06766667 |
| 41 | 480 | 0,056 | 0,055 | 0,056 | 0,05566667 |
| 42 | 490 | 0,046 | 0,047 | 0,047 | 0,04666667 |
| 43 | 500 | 0,043 | 0,042 | 0,043 | 0,04266667 |
| 44 | 510 | 0,046 | 0,045 | 0,045 | 0,04533333 |
| 45 | 520 | 0,053 | 0,052 | 0,051 | 0,052 |
| 46 | 530 | 0,08 | 0,08 | 0,079 | 0,07966667 |
| 47 | 540 | 0,097 | 0,097 | 0,096 | 0,09666667 |
| 48 | 550 | 0,115 | 0,114 | 0,114 | 0,11433333 |
| 49 | 560 | 0,129 | 0,128 | 0,129 | 0,12866667 |
| 50 | 562 | 0,13 | 0,129 | 0,13 | 0,12966667 |
| 51 | 564 | 0,132 | 0,131 | 0,131 | 0,13133333 |
| 52 | 566 | 0,132 | 0,132 | 0,132 | 0,132 |
| 53 | 568 | 0,133 | 0,133 | 0,134 | 0,13333333 |
| 54 | 570 | 0,135 | 0,135 | 0,136 | 0,13533333 |
| 55 | 572 | 0,135 | 0,134 | 0,134 | 0,13433333 |
| 56 | 574 | 0,134 | 0,134 | 0,133 | 0,13366667 |
| 57 | 576 | 0,131 | 0,132 | 0,132 | 0,13166667 |
| 58 | 578 | 0,131 | 0,131 | 0,13 | 0,13066667 |
| 59 | 580 | 0,13 | 0,13 | 0,129 | 0,12966667 |
| 60 | 590 | 0,128 | 0,129 | 0,128 | 0,12833333 |
| 61 | 600 | 0,126 | 0,126 | 0,125 | 0,12566667 |
| 62 | 610 | 0,122 | 0,123 | 0,123 | 0,12266667 |
| 63 | 620 | 0,118 | 0,118 | 0,117 | 0,11766667 |
| 64 | 630 | 0,107 | 0,106 | 0,108 | 0,107 |
| 65 | 640 | 0,093 | 0,093 | 0,092 | 0,09266667 |
| 66 | 650 | 0,073 | 0,073 | 0,072 | 0,07266667 |
| 67 | 660 | 0,057 | 0,058 | 0,058 | 0,05766667 |
| 68 | 670 | 0,046 | 0,046 | 0,045 | 0,04566667 |
| 69 | 680 | 0,037 | 0,038 | 0,039 | 0,038 |
| 70 | 690 | 0,028 | 0,027 | 0,028 | 0,02766667 |
| 71 | 700 | 0,02 | 0,02 | 0,021 | 0,02033333 |
| 72 | 710 | 0,014 | 0,015 | 0,017 | 0,01533333 |
| 73 | 720 | 0,008 | 0,008 | 0,009 | 0,00833333 |
| 74 | 730 | 0,006 | 0,006 | 0,006 | 0,006 |

| | | | | | |
|----|-----|-------|--------|-------|-------|
| 75 | 740 | 0,004 | •0,004 | 0,004 | 0,004 |
| 76 | 750 | 0,003 | 0,003 | 0,003 | 0,003 |
| 77 | 760 | 0,003 | 0,003 | 0,003 | 0,003 |
| 78 | 770 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 |
| 79 | 780 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 |
| 80 | 790 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 |
| 81 | 800 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 |



Lampiran 3

Data Penentuan Panjang Gelombang Maksimum KMnO_4 2×10^{-4} M

| No | Panjang Gelombang (nm) | A | | | A rata-rata |
|----|---------------------------|-------|-------|-------|-------------|
| | | A1 | A2 | A3 | |
| 1 | 200 | 0,929 | 0,926 | 0,927 | 0,92733333 |
| 2 | 210 | 0,397 | 0,399 | 0,399 | 0,39833333 |
| 3 | 220 | 0,332 | 0,331 | 0,332 | 0,33166667 |
| 4 | 230 | 0,286 | 0,283 | 0,284 | 0,28433333 |
| 5 | 240 | 0,247 | 0,244 | 0,246 | 0,24566667 |
| 6 | 250 | 0,208 | 0,206 | 0,205 | 0,20633333 |
| 7 | 260 | 0,172 | 0,172 | 0,171 | 0,17166667 |
| 8 | 270 | 0,162 | 0,164 | 0,163 | 0,163 |
| 9 | 280 | 0,172 | 0,174 | 0,175 | 0,17366667 |
| 10 | 290 | 0,219 | 0,217 | 0,217 | 0,21766667 |
| 11 | 300 | 0,265 | 0,267 | 0,269 | 0,267 |
| 12 | 302 | 0,278 | 0,279 | 0,279 | 0,27866667 |
| 13 | 304 | 0,29 | 0,291 | 0,292 | 0,291 |
| 14 | 306 | 0,306 | 0,308 | 0,306 | 0,30666667 |
| 15 | 308 | 0,313 | 0,314 | 0,314 | 0,31366667 |
| 16 | 310 | 0,32 | 0,321 | 0,32 | 0,32033333 |
| 17 | 312 | 0,321 | 0,321 | 0,321 | 0,321 |
| 18 | 314 | 0,322 | 0,323 | 0,323 | 0,32266667 |
| 19 | 316 | 0,307 | 0,308 | 0,308 | 0,30766667 |
| 20 | 318 | 0,306 | 0,307 | 0,307 | 0,30666667 |
| 21 | 320 | 0,306 | 0,306 | 0,305 | 0,30566667 |
| 22 | 330 | 0,3 | 0,301 | 0,301 | 0,30066667 |
| 23 | 340 | 0,303 | 0,308 | 0,307 | 0,306 |
| 24 | 342 | 0,309 | 0,309 | 0,308 | 0,30866667 |
| 25 | 344 | 0,308 | 0,309 | 0,309 | 0,30866667 |
| 26 | 346 | 0,309 | 0,31 | 0,31 | 0,30966667 |
| 27 | 348 | 0,31 | 0,311 | 0,311 | 0,31066667 |
| 28 | 350 | 0,31 | 0,312 | 0,312 | 0,31133333 |
| 29 | 352 | 0,309 | 0,31 | 0,311 | 0,31 |
| 30 | 354 | 0,308 | 0,309 | 0,307 | 0,308 |
| 31 | 356 | 0,305 | 0,307 | 0,306 | 0,306 |
| 32 | 358 | 0,303 | 0,305 | 0,305 | 0,30433333 |
| 33 | 360 | 0,3 | 0,301 | 0,302 | 0,301 |
| 34 | 370 | 0,283 | 0,28 | 0,281 | 0,28133333 |

| | | | | | |
|----|-----|-------|-------|-------|------------|
| 35 | 380 | 0,248 | 0,25 | 0,249 | 0,249 |
| 36 | 390 | 0,219 | 0,22 | 0,221 | 0,22 |
| 37 | 400 | 0,183 | 0,185 | 0,186 | 0,18466667 |
| 38 | 410 | 0,165 | 0,165 | 0,165 | 0,165 |
| 39 | 420 | 0,148 | 0,148 | 0,149 | 0,14833333 |
| 40 | 430 | 0,135 | 0,132 | 0,134 | 0,13366667 |
| 41 | 440 | 0,123 | 0,123 | 0,122 | 0,12266667 |
| 42 | 450 | 0,112 | 0,111 | 0,113 | 0,112 |
| 43 | 460 | 0,032 | 0,032 | 0,032 | 0,032 |
| 44 | 470 | 0,045 | 0,04 | 0,04 | 0,04166667 |
| 45 | 480 | 0,064 | 0,065 | 0,065 | 0,06466667 |
| 46 | 490 | 0,101 | 0,097 | 0,1 | 0,09933333 |
| 47 | 500 | 0,124 | 0,127 | 0,126 | 0,12566667 |
| 48 | 510 | 0,177 | 0,175 | 0,175 | 0,17566667 |
| 49 | 520 | 0,2 | 0,201 | 0,2 | 0,20033333 |
| 50 | 522 | 0,205 | 0,207 | 0,206 | 0,206 |
| 51 | 524 | 0,211 | 0,21 | 0,21 | 0,21033333 |
| 52 | 526 | 0,224 | 0,224 | 0,224 | 0,224 |
| 53 | 528 | 0,226 | 0,227 | 0,227 | 0,22666667 |
| 54 | 530 | 0,229 | 0,226 | 0,226 | 0,227 |
| 55 | 532 | 0,223 | 0,22 | 0,224 | 0,22233333 |
| 56 | 534 | 0,222 | 0,221 | 0,221 | 0,22133333 |
| 57 | 536 | 0,218 | 0,219 | 0,22 | 0,219 |
| 58 | 538 | 0,214 | 0,215 | 0,215 | 0,21466667 |
| 59 | 540 | 0,213 | 0,211 | 0,212 | 0,212 |
| 60 | 550 | 0,161 | 0,161 | 0,16 | 0,16066667 |
| 61 | 560 | 0,138 | 0,137 | 0,137 | 0,13733333 |
| 62 | 570 | 0,098 | 0,097 | 0,097 | 0,09733333 |
| 63 | 580 | 0,038 | 0,039 | 0,038 | 0,03833333 |
| 64 | 590 | 0,026 | 0,023 | 0,026 | 0,025 |
| 65 | 600 | 0,024 | 0,024 | 0,024 | 0,024 |
| 66 | 610 | 0,021 | 0,021 | 0,02 | 0,02066667 |
| 67 | 620 | 0,019 | 0,019 | 0,019 | 0,019 |
| 68 | 630 | 0,018 | 0,017 | 0,017 | 0,01733333 |
| 69 | 640 | 0,014 | 0,014 | 0,014 | 0,014 |
| 70 | 650 | 0,013 | 0,014 | 0,013 | 0,01333333 |
| 71 | 660 | 0,011 | 0,01 | 0,01 | 0,01033333 |
| 72 | 670 | 0,01 | 0,009 | 0,009 | 0,00933333 |
| 73 | 680 | 0,007 | 0,006 | 0,007 | 0,00666667 |
| 74 | 690 | 0,006 | 0,006 | 0,006 | 0,006 |

| | | | | | |
|----|-----|-------|--------|-------|-------|
| 75 | 700 | 0,004 | *0,004 | 0,004 | 0,004 |
| 76 | 710 | 0,003 | 0,003 | 0,003 | 0,003 |
| 77 | 720 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,002 |
| 78 | 730 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,002 |
| 79 | 740 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 |
| 80 | 750 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 |



Lampiran 4

Data Penentuan Panjang Gelombang Maksimum $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 2×10^{-2} M

| No | Panjang Gelombang (nm) | A | | | A rata-rata |
|----|---------------------------|-------|-------|-------|-------------|
| | | A1 | A2 | A3 | |
| 1 | 200 | 1,283 | 1,28 | 1,284 | 1,28233333 |
| 2 | 210 | 0,123 | 0,122 | 0,124 | 0,123 |
| 3 | 220 | 0,019 | 0,018 | 0,019 | 0,01866667 |
| 4 | 230 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 |
| 5 | 240 | 0,007 | 0,006 | 0,006 | 0,00633333 |
| 6 | 250 | 0,006 | 0,006 | 0,006 | 0,006 |
| 7 | 260 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,002 |
| 8 | 270 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,002 |
| 9 | 280 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,002 |
| 10 | 290 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,002 |
| 11 | 300 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,002 |
| 12 | 310 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,002 |
| 13 | 320 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,002 |
| 14 | 330 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,002 |
| 15 | 340 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,002 |
| 16 | 342 | 0,006 | 0,007 | 0,006 | 0,00633333 |
| 17 | 344 | 0,012 | 0,012 | 0,013 | 0,01233333 |
| 18 | 346 | 0,015 | 0,017 | 0,016 | 0,016 |
| 19 | 348 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| 20 | 350 | 0,024 | 0,023 | 0,024 | 0,02366667 |
| 21 | 352 | 0,021 | 0,022 | 0,021 | 0,02133333 |
| 22 | 354 | 0,017 | 0,016 | 0,018 | 0,017 |
| 23 | 356 | 0,012 | 0,011 | 0,012 | 0,01166667 |
| 24 | 358 | 0,006 | 0,006 | 0,006 | 0,006 |
| 25 | 360 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,002 |
| 26 | 370 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,002 |
| 27 | 380 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 |
| 28 | 390 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 |
| 29 | 400 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 |
| 30 | 410 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 |
| 31 | 420 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 |
| 32 | 430 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 |
| 33 | 440 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 |
| 34 | 450 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 |

| | | | | | |
|----|-----|-------|-------|-------|-------|
| 35 | 460 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 |
| 36 | 470 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 |
| 37 | 480 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 |
| 38 | 490 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 |
| 39 | 500 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 |
| 40 | 510 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 |
| 41 | 520 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 |
| 42 | 530 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 |
| 43 | 540 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 |
| 44 | 550 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 |
| 45 | 560 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 |
| 46 | 570 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 |
| 47 | 580 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 |
| 48 | 590 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 |
| 49 | 600 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 |
| 50 | 610 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 |
| 51 | 620 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 |
| 52 | 630 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 |
| 53 | 640 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 |
| 54 | 650 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 |
| 55 | 660 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 56 | 670 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 57 | 680 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 58 | 690 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 59 | 700 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 60 | 710 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 61 | 720 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 62 | 730 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 63 | 740 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 64 | 750 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Lampiran 5

Data Perhitungan Massa Glukosa

a) Larutan standar

$$\begin{aligned} \text{Massa Glukosa} &= \frac{\text{massa C organik}}{6 \times \text{Ar C}} \times \text{Mr Glukosa} \\ &= \frac{2,5 \text{ mg}}{72,0672 \text{ mg/mmol}} \times 180 \text{ mg/mmol} \\ &= 6,250 \text{ mg dalam 1 mL} \end{aligned}$$

Dalam 100 mL larutan = $6,250 \text{ mg} \times 100 = 625 \text{ mg} = 0,625 \text{ gram}$

Hasil perhitungan massa C organik yang lain dapat ditunjukkan sebagai berikut :

| Massa C organik (mg) | Massa Glukosa dalam 100 mL larutan (g) |
|----------------------|--|
| 5 | 1,250 |
| 7,5 | 1,875 |
| 10 | 2,5 |
| 12,5 | 3,125 |
| 15 | 3,750 |
| 17,5 | 4,375 |
| 20 | 5 |

b) Larutan sampel

Cara perhitungan massa glukosa dalam larutan sampel sama dengan cara perhitungan massa glukosa larutan standar. Hasil dari perhitungan massa glukosa larutan sampel dapat ditunjukkan sebagai berikut :

| Massa C organik (mg) | Massa Glukosa dalam 100 mL larutan (g) |
|----------------------|--|
| 9 | 2,250 |
| 14 | 3,5 |
| 18 | 4,5 |

Lampiran 6

Data Perhitungan Konsentrasi C Organik Setelah Dioksidasi (ppm)

a) Larutan standar

$$\begin{aligned} \text{Konsentrasi C organik} &= \frac{\text{massa C organik}}{\text{volume larutan}} \\ &= \frac{2,5 \text{ mg}}{50 \text{ mL}} = 0,05 \text{ mg/mL} = 50 \text{ ppm} \end{aligned}$$

setelah 250 kali pengenceran,

$$\text{Konsentrasi C organik} = \frac{50 \text{ ppm}}{250} = 0,2 \text{ ppm}$$

Hasil perhitungan konsentrasi C organik yang lain dapat ditunjukkan sebagai berikut :

| Massa C organik (mg) | Konsentrasi C organik (ppm) |
|----------------------|-----------------------------|
| 5 | 0,4 |
| 7,5 | 0,6 |
| 10 | 0,8 |
| 12,5 | 1 |
| 15 | 1,2 |
| 17,5 | 1,4 |
| 20 | 1,6 |

b) Larutan sampel

Cara perhitungan konsentrasi C organik (ppm) dalam larutan sampel sama dengan cara perhitungan konsentrasi C organik larutan standar. Hasil dari perhitungan konsentrasi C organik larutan sampel dapat ditunjukkan sebagai berikut :

| Massa C organik (mg) | Konsentrasi C organik (ppm) |
|----------------------|-----------------------------|
| 9 | 0,72 |
| 14 | 1,12 |
| 18 | 1,44 |

Lampiran 7

Data Pembuatan Kurva Kalibrasi

A. Data Kurva Kalibrasi Menggunakan Oksidator $K_2Cr_2O_7$ a. Diukur pada Panjang Gelombang 256 nm (ion $Cr_2O_7^{2-}$)

| Corg (ppm) | A1 | A2 | A3 | Arata-rata | SD | RSD (%) |
|------------|-------|-------|-------|------------|-----------|---------|
| 0,4 | 0,104 | 0,104 | 0,103 | 0,1036667 | 0,0005774 | 0,55693 |
| 0,6 | 0,1 | 0,099 | 0,1 | 0,0996667 | 0,0005774 | 0,57928 |
| 0,8 | 0,09 | 0,091 | 0,09 | 0,0903333 | 0,0005774 | 0,63913 |
| 1,0 | 0,087 | 0,088 | 0,087 | 0,0873333 | 0,0005774 | 0,66109 |
| 1,2 | 0,081 | 0,082 | 0,083 | 0,082 | 0,001 | 1,21951 |
| 1,4 | 0,076 | 0,075 | 0,076 | 0,0756667 | 0,0005774 | 0,76302 |
| 1,6 | 0,07 | 0,069 | 0,069 | 0,0693333 | 0,0005774 | 0,83272 |

b. Diukur pada Panjang Gelombang 422 nm (ion Cr^{3+})

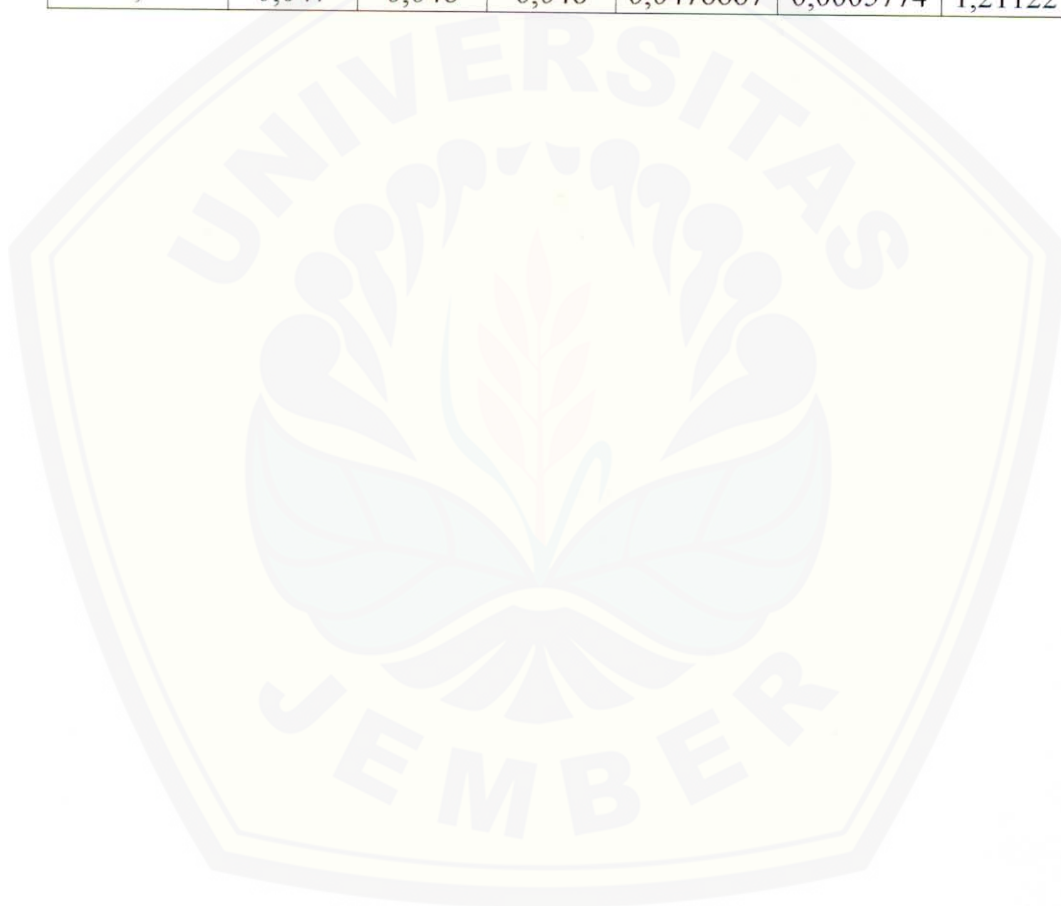
| Corg (ppm) | A1 | A2 | A3 | Arata-rata | SD | RSD (%) |
|------------|-------|-------|-------|------------|-----------|---------|
| 0,2 | 0,008 | 0,007 | 0,008 | 0,0076667 | 0,0005774 | 7,53066 |
| 0,4 | 0,008 | 0,008 | 0,009 | 0,0083333 | 0,0005774 | 6,9282 |
| 0,6 | 0,009 | 0,009 | 0,01 | 0,0093333 | 0,0005774 | 6,1859 |
| 0,8 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0 | 0 |
| 1,0 | 0,011 | 0,01 | 0,011 | 0,0106667 | 0,0005774 | 5,41266 |
| 1,2 | 0,011 | 0,011 | 0,012 | 0,0113333 | 0,0005774 | 5,09427 |
| 1,4 | 0,012 | 0,012 | 0,012 | 0,012 | 0 | 0 |
| 1,6 | 0,013 | 0,013 | 0,014 | 0,0133333 | 0,0005774 | 4,33013 |

B. Data Kurva Kalibrasi Menggunakan Oksidator $KMnO_4$ a. Diukur pada Panjang Gelombang 530 nm (ion MnO_4^-)

| Corg (ppm) | A1 | A2 | A3 | Arata-rata | SD | RSD (%) |
|------------|-------|-------|-------|------------|-----------|---------|
| 0,4 | 0,059 | 0,059 | 0,059 | 0,059 | 0 | 0 |
| 0,6 | 0,056 | 0,056 | 0,056 | 0,056 | 0 | 0 |
| 0,8 | 0,052 | 0,051 | 0,051 | 0,0513333 | 0,0005774 | 1,12471 |
| 1,0 | 0,047 | 0,048 | 0,048 | 0,0476667 | 0,0005774 | 1,21122 |
| 1,2 | 0,042 | 0,042 | 0,042 | 0,042 | 0 | 0 |
| 1,4 | 0,036 | 0,036 | 0,036 | 0,036 | 0 | 0 |
| 1,6 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0 | 0 |

b. Diukur pada Panjang Gelombang 350 nm (ion Mn^{2+})

| Corg (ppm) | A1 | A2 | A3 | Arata-rata | SD | RSD (%) |
|------------|-------|-------|-------|------------|-----------|---------|
| 0,4 | 0,03 | 0,031 | 0,03 | 0,0303333 | 0,0005774 | 1,90335 |
| 0,6 | 0,033 | 0,034 | 0,033 | 0,0333333 | 0,0005774 | 1,73205 |
| 0,8 | 0,036 | 0,036 | 0,036 | 0,036 | 0 | 0 |
| 1,0 | 0,038 | 0,038 | 0,038 | 0,038 | 0 | 0 |
| 1,2 | 0,042 | 0,042 | 0,042 | 0,042 | 0 | 0 |
| 1,4 | 0,045 | 0,045 | 0,045 | 0,045 | 0 | 0 |
| 1,6 | 0,047 | 0,048 | 0,048 | 0,0476667 | 0,0005774 | 1,21122 |



Lampiran 8

Analisis Data Perbandingan Sensitivitas Oksidator $K_2Cr_2O_7$ dan Oksidator $KMnO_4$ Menggunakan Koefisien Korelasi dengan Uji-t

Berdasarkan nilai t-tabel yang sesuai untuk 5 derajat kebebasan dengan selang kepercayaan 95% dan nilai kritis $|t|$ 2,57 ($p = 0,05$), diperoleh nilai t berdasarkan persamaan 10 untuk perbandingan sensitivitas oksidator $K_2Cr_2O_7$ dan oksidator $KMnO_4$ yaitu,

$$t = \frac{|0,9917| \sqrt{(7-2)}}{\sqrt{(1-0,9917^2)}}$$

$$t = 17,2112$$

Lampiran 9

Analisis Data Perbandingan Reprodusibilitas Oksidator $K_2Cr_2O_7$ dan Oksidator $KMnO_4$ Menggunakan Uji-t Berpasangan

| Konsentrasi C Org. (ppm) | Oksidator $K_2Cr_2O_7$ | | Oksidator $KMnO_4$ | | Selisih KV |
|-----------------------------|------------------------|---------|-----------------------|---------|------------------------|
| | KV (%) | μ | KV (%) | μ | |
| 0,4 | 0,55693 | 1,04858 | 0 | 1,07757 | 0,55693 |
| 0,6 | 0,57928 | | 0 | | 0,57928 |
| 0,8 | 0,63913 | | 1,12471 | | -0,48558 |
| 1,0 | 0,66109 | | 1,21122 | | -0,55013 |
| 1,2 | 1,21951 | | 0 | | 1,21951 |
| 1,4 | 0,76302 | | 0 | | 0,76302 |
| 1,6 | 0,83272 | | 0 | | 0,83272 |
| | Rata-rata : 0,75024 | | Rata-rata : 0,3337 | | Rata-rata : 0,41654 |
| | SD : 0,22879 | | SD : 0,57046 | | |

$$\bar{x}_d, \text{ selisih nilai rata-rata KV} = 0,41654$$

$$S_d, \text{ selisih standart deviasi} = -0,34167$$

$$\mu_d, \text{ selisih } \mu = -0,02899$$

Dengan menggunakan nilai t-tabel yang sesuai untuk 6 derajat kebebasan yang mempunyai nilai kritis $|t|$ 3,45 ($p = 0,05$), diperoleh nilai t berdasarkan persamaan 12 untuk perbandingan reprodusibilitas oksidator $K_2Cr_2O_7$ dan oksidator $KMnO_4$ yaitu,

$$t = (0,41654 - (-0,02899)) \times \frac{\sqrt{7}}{-0,34167}$$

$$t = -3,45$$

Lampiran 10

Analisa Data Membandingkan Hasil Analisis Oksidator $K_2Cr_2O_7$ dengan Oksidator $KMnO_4$ Menggunakan Garis Regresi dengan Uji-t

| x_i | x_i^2 | $x_i - \bar{x}$ | $(x_i - \bar{x})^2$ | y_i | \hat{y}_i | $(y_i - \hat{y}_i)$ | $(y_i - \hat{y}_i)^2$ |
|----------------------|---------------------------|-----------------|---------------------------------------|---------|-------------|---------------------|--|
| 0,059 | 0,00348 | 0,013 | 0,00017 | 0,10367 | 0,10186 | 0,00181 | $3,27453 \times 10^{-6}$ |
| 0,056 | 0,00314 | 0,01 | 0,0001 | 0,09967 | 0,09839 | 0,00128 | $1,63908 \times 10^{-6}$ |
| 0,0513 | 0,00264 | 0,00533 | $2,8 \times 10^{-5}$ | 0,09033 | 0,09299 | -0,0027 | $7,04478 \times 10^{-6}$ |
| 0,0477 | 0,00227 | 0,00167 | $2,8 \times 10^{-6}$ | 0,08733 | 0,08875 | -0,0014 | $1,9944 \times 10^{-6}$ |
| 0,042 | 0,00176 | -0,004 | $1,6 \times 10^{-5}$ | 0,082 | 0,08219 | -0,0002 | $3,6024 \times 10^{-8}$ |
| 0,036 | 0,0013 | -0,01 | 0,0001 | 0,07567 | 0,07525 | 0,00042 | $1,74947 \times 10^{-7}$ |
| 0,03 | 0,0009 | -0,016 | 0,00026 | 0,06933 | 0,06831 | 0,00103 | $1,05336 \times 10^{-6}$ |
| $\bar{x} =$ 0,046 | $\sum x_i^2 =$ 0,01548 | | $\sum (x_i - \bar{x})^2 =$ 0,00067 | | | | $\sum (y_i - \hat{y}_i)^2 =$ $1,52171 \times 10^{-5}$ |

Dari data diatas dapat ditentukan hasil perhitungan yang sesuai dengan persamaan 14, 15 dan 16 sebagaimana berikut,

$$S_{y/x} = \left(\frac{1,52171 \times 10^{-5}}{5} \right)^{\frac{1}{2}} = 1,74454 \times 10^{-3}$$

$$S_b = \frac{1,74454 \times 10^{-3}}{0,00067^{\frac{1}{2}}} = 6,73975 \times 10^{-2}$$

$$S_a = 1,74454 \times 10^{-3} \left(\frac{0,01548}{7 \times 0,00067} \right)^{\frac{1}{2}} = 3,16942 \times 10^{-3}$$

Berdasarkan nilai t-tabel yang sesuai untuk 5 derajat kebebasan dengan nilai kritis $|t|$ 2,57 ($P = 0,05$), diperoleh batas kepercayaan 95% untuk lereng (*slope*) dan titik potong (*intercept*) adalah sebagai berikut,

Batas kepercayaan untuk lereng (b) = $1,1569 \pm 1,7321 \times 10^{-1}$

Batas kepercayaan untuk titik potong (a) = $0,0336 \pm 8,1454 \times 10^{-3}$

Lampiran 11

Data Konsentrasi Karbon Organik Total Sampel

A. Oksidator $K_2Cr_2O_7$

a. Diukur pada Panjang Gelombang 256 nm (ion $Cr_2O_7^{2-}$)

| Corg. Sampel (ppm) | A | Arata-rata | Corg. Sampel Hasil Perhitungan (ppm) |
|--------------------|--------------------|------------|--------------------------------------|
| 0,72 | 0,095 | 0,0943333 | 0,735672515 |
| | 0,094 | | |
| | 0,094 | | |
| | SD = 0,0005774 | | |
| | RSD(%) = 0,6120321 | | |
| 1,12 | 0,084 | 0,0833333 | 1,121637427 |
| | 0,083 | | |
| | 0,083 | | |
| | SD = 0,0005774 | | |
| | RSD(%) = 0,6928203 | | |
| 1,44 | 0,074 | 0,074 | 1,449122807 |
| | 0,074 | | |
| | 0,074 | | |
| | SD = 0 | | |
| | RSD(%) = 0 | | |

b. Diukur pada Panjang Gelombang 422 nm (ion Cr^{3+})

| Corg. Sampel (ppm) | A | Arata-rata | Corg. Sampel Hasil Perhitungan (ppm) |
|--------------------|--------------------|------------|--------------------------------------|
| 0,72 | 0,01 | 0,0096667 | 0,728070175 |
| | 0,01 | | |
| | 0,009 | | |
| | SD = 0,0005774 | | |
| | RSD(%) = 5,972589 | | |
| 1,12 | 0,011 | 0,011 | 1,078947368 |
| | 0,011 | | |
| | 0,011 | | |
| | SD = 0 | | |
| | RSD(%) = 0 | | |
| 1,44 | 0,013 | 0,0126667 | 1,51754386 |
| | 0,012 | | |
| | 0,013 | | |
| | SD = 0,0005774 | | |
| | RSD(%) = 4,5580284 | | |

B. Oksidator KMnO_4

a. Diukur pada Panjang Gelombang 530 nm (ion MnO_4^-)

| Corg. Sampel (ppm) | A | Arata-rata | Corg. Sampel Hasil Perhitungan (ppm) |
|--------------------|--------------------|------------|--------------------------------------|
| 0,72 | 0,053 | 0,0526667 | 0,725651578 |
| | 0,053 | | |
| | 0,052 | | |
| | SD = 0,0005774 | | |
| | RSD(%) = 1,0962347 | | |
| 1,12 | 0,043 | 0,043 | 1,12345679 |
| | 0,043 | | |
| | 0,043 | | |
| | SD = 0 | | |
| | RSD(%) = 0 | | |
| 1,44 | 0,035 | 0,035 | 1,452674897 |
| | 0,035 | | |
| | 0,035 | | |
| | SD = 0 | | |
| | RSD(%) = 0 | | |

b. Diukur pada Panjang Gelombang 350 nm (ion Mn^{2+})

| Corg. Sampel (ppm) | A | Arata-rata | Corg. Sampel Hasil Perhitungan (ppm) |
|--------------------|--------------------|------------|--------------------------------------|
| 0,72 | 0,035 | 0,035 | 0,731034483 |
| | 0,035 | | |
| | 0,035 | | |
| | SD = 0 | | |
| | RSD(%) = 0 | | |
| 1,12 | 0,04 | 0,0406667 | 1,12183908 |
| | 0,041 | | |
| | 0,041 | | |
| | SD = 0,0005774 | | |
| | RSD(%) = 1,4197138 | | |
| 1,44 | 0,046 | 0,0453333 | 1,443678161 |
| | 0,045 | | |
| | 0,045 | | |
| | SD = 0,0005774 | | |
| | RSD(%) = 1,2735668 | | |

