

**DEGRADASI SENYAWA METILEN BIRU DENGAN METODE
ELEKTROLISIS MENGGUNAKAN
ELEKTRODA *STAINLESS STEEL***

SKRIPSI

**Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat mencapai gelar
Sarjana Sains (S.Si) Program Studi Ilmu Kimia pada Fakultas Matematika dan Ilmu
Pengetahuan Alam Universitas Islam Indonesia
Jogjakarta**



disusun oleh:

**NOVA INDRI PURWANTI
No Mhs : 00612039**

**JURUSAN ILMU KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
JOGJAKARTA
2011**

MOTTO

*“dengan menyebut nama Allah yang Maha Pemurah lagi Maha Penyayang.
Segala puji bagi Allah Tuhan semesta alam. Maha Pemurah lagi Maha
Penyayang.*

Yang menguasai hari pembalasan.

*Hanya kepada Engkaulah kami menyembah dan hanya kepada Engkaulah
kami mohon pertolongan.*

*Tunjukkilah kami jalan yang lurus. Yaitu (jalan) orang2 yang Engkau beri
nikmat kepada mereka, bukan (jalan) mereka yang dimurkai, dan bukan pula
(jalan) mereka yang sesat.”*

(QS. Al Fatihah: 1-7)

*“kasih itu sabar, kasih itu murah hati; ia tidak cemburu, ia tidak memegahkan diri
dan tidak sombong. Ia tidak melakukan yang tidak sopan dan tidak mencari
keuntungan diri sendiri. Ia tidak pemaarah dan tidak menyimpan kesalahan orang lain.
Ia tidak bersuka cita karena ketidakadilan, tetapi karena kebenaran. Ia menutupi
segala sesuatu, percaya segala sesuatu, mengharapkan segala sesuatu, sabar
menanggung sesuatu.”*

(1 Korintus 13)

“ketika berkata kata, ingat akan perbuatan; keetika berbuat ingat akan kata kata.”

*“ketika diam,merenung(deepening); belajar tidak merasa jemu. Mengajar orang lain
tidak pernah capai itu didalam diriku*

(chines story)

Persembahan

Laporan ini kupersembahkan sebagai tanda bakti dan sayangku kepada:

Bapak Jureimi dan Ibu Purjatminingsih yang sangat aku cintai

Kakakku
Prastowo Agung Yuwono

Adiku perempuan
Aniek Fatun najah Ningrum

Adiku laki laki
Pradistya Purnama Adji

“THANKS TO”

Thanks to **Allah** dan Rosul **Muhammad**

My parents **Bp.Jureimi dan Ibu Purjatminingsih**

My Family di jimbaran kec. Bandungan Kab.SemarangJateng

Segenap civitas pendidikan Universitas Islam Indonesia

My Country System

My Spirit teach Bp.A.Arif, Bp.Nana S, Bp.Suhermanto, Kamelia M.H. ST, Damar R. SE, Sukarni S.Pd, Upit D S.Hut, Sri Purwaningsih, Farah F, Ngatini, Nur L.

My Love *Sahrul Andi*

My friend Yuwanto S.Si, cossa, Ari wibowo, Sri Suhartati S.Si, Fitri Sulastri thanks
to u'r spirit

Kota yang pernah kusinggahi Pekanbaru, Padang, Merak, Cilegon, Bandung, Jakarta, Surabaya, Bali, Banjarmasin, Balikpapan, Samarinda

KATA PENGANTAR

Bismillahirrohmanirrohim

Assalamu'alaikum Wr.Wb

Dengan mengucapkan puji syukur Alhamdulillah kepada Allah SWT atas rahmat dan segala limpahan nikmat dan karuniaNya kami dapat menyelesaikan penelitian sehingga skripsi dengan judul “Degradasi senyawa metilen biru dengan metode elektrolisis menggunakan elektroda *stainless steel*” ini. Tak lupa pula penulis haturkan shalawat serta salam terhadap junjungan alam Rasulullah Muhammad SAW yang telah membimbing umatnya dari zaman jahiliah menuju jaman islamiyah dengan segala ilmu pengetahuan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui cara untuk mendegradasi senyawa metilen biru dengan metode elektrolisis. Hal tersebut dilakukan mengingat selama ini metode yang digunakan untuk mendegradasi limbah industri tekstil masih banyak kelemahan-kelemahan yaitu biaya yang mahal dan waktu yang relatif lama. Dengan adanya penelitian tersebut diharapkan dapat memberikan pengetahuan tentang cara mendegradasi limbah industri tekstil secara efisien.

Skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Sains (S.Si) pada Program Studi Ilmu Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Indonesia.

Penyelesaian penulisan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan pihak-pihak lain yang ikut terlibat didalamnya. Untuk itulah penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Yandi Syukri, M.Si., Apt. selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Riyanto Ph.D. selaku Ketua Jurusan Ilmu Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Indonesia sekaligus sebagai Dosen Pembimbing I.
3. Bapak Tatang Shabur Julianto S.Si.M.Si selaku Dosen Pembimbing Akademis dan Dosen Pembimbing II.
4. Ibu Dr.Noor Fitri S.Si.M.Si selaku Dosen Penguji I
5. Bapak Dwiwarso Rubiyanto S.Si.M.Si selaku Dosen Penguji II
6. Mas Cecep S.Si dan mas Yusuf S.Si selaku Laboran Laboratorium Terpadu Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam universitas Islam Indonesia.

Penulis menyadari bahwa Skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan serta jauh dari sempurna. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang sifatnya membangun untuk penyempurnaan Skripsi ini. Semoga Skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi penulis maupun bagi pihak-pihak yang membutuhkan.

Amien...

Wassalmu'alaikum Wr. Wb

Jogjakarta, Maret 2011

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
MOTTO	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
THANKS TO	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
INTISARI	xvi
ABSTRAKSI	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar belakang	1
1.2 Rumusan masalah	3
1.3 Tujuan penelitian	3
1.4 Manfaat penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Zat warna.....	4
2.2 Metilen biru	6
2.3 Spektrofotometer serapan atom.....	7
BAB III DASAR TEORI	11
3.1 Zat warna	11

3.2 Stainless steel	14
3.2.1 Pengertian stainless steel.....	14
3.2.2 Kandungan atom / unsur dan ikatannya	14
3.2.3 Klasifikasi stainless steel.....	15
3.2.4 Bentuk struktur mikro	17
3.3 Spektrofotometer UV-Vis.....	18
3.3.1 Pengertian dasar spektrofotometer	18
3.3.2 Proses absorsi cahaya pada spektrofotometri.....	21
3.3.3 Spektrofotometri sinar tampak (visible).....	24
3.3.4 Spektrofotometri UV (ultra violet).....	26
3.3.5 Spektrofotometri UV-Vis	27
3.4 Sel elektrolisis	27
3.5 Spektrofotometer Serapan Atom	28
3.5.1 Sistem atomisasi nyala	29
3.5.2 Sistem atomisasi dengan elektrotermal atau tungku	30
3.5 Elektrolit.....	31
3.6 Hipotesis.....	32
BAB IV METODE PENELITIAN	33
4.1 Alat dan Bahan Penelitian	33
4.1.1 Alat-alat yang digunakan	33
4.1.2 Bahan-bahan yang digunakan	33
4.2 Cara Kerja Penelitian	33

4.2.1 Analisis Stainless steel menggunakan AAS	33
4.2.2 Pembuatan Larutan Metilen Biru dengan konsentrasi 400; 20; dan 6,7 ppm	34
4.2.2.1 Pembuatan Larutan Metilen Biru 400 ppm	34
4.2.2.2 Pembuatan Larutan Metilen Biru 20 ppm	34
4.2.2.3 Pembuatan Larutan Metilen Biru 6,7 ppm	34
4.2.3 Analisis Metilen Biru	35
4.2.4 Pembuatan sel elektrolisis	35
4.2.5 Elektrolisis Senyawa Metilen Biru	35
4.2.6 Analisis dengan Spektrofotometer UV-Vis.....	36
4.2.7 Optimasi kondisi elektrolisis seperti potensial, waktu elektrolisis, dan konsentrasi NaCl yang ditambahkan	36
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN	37
5.1 Hasil analisis stainless steel menggunakan AAS	37
5.2 Pembuktian stainless steel sebagai anoda dan katoda	41
5.3 Data Hasil Analisis dengan Spektrofotometer UV-Vis pada elektrolisis dengan stainless steel sebagai anoda	43
5.4 Data Hasil Analisis dengan Spektrofotometer UV-Vis pada elektrolisis dengan stainless steel sebagai katoda	45
5.5 Efek Penambahan NaCl pada Elektrolisis Senyawa Metilen Biru.....	47
BAB VI PENUTUP	56
6.1 Kesimpulan	56
6.2 Saran	56

DAFTAR PUSTAKA	57
DAFTAR LAMPIRAN	59



DAFTAR TABEL

Tabel 1. Beberapa satuan energi	19
Tabel 2. Warna pada spektrum sinar tampak	25
Tabel 3. Data kurva kalibrasi AAS untuk logam Fe	38
Tabel 4. Data kurva kalibrasi AAS untuk logam Cr.....	39
Tabel 5. Data kurva kalibrasi AAS untuk logam Ni	39
Tabel 6. Konsentrasi hasil AAS logam stainless steel.....	40
Tabel 7. Data persentase metilen biru 6,7 ppm yang terdegradasi dengan penambahan 0,5 gr NaCl pada tegangan 7,5 Volt	42
Tabel 8. Data persentase metilen biru 6,7 ppm yang terdegradasi dengan penambahan 0,5 gram NaCl pada tegangan 8 Volt menggunakan anoda stainless steel dan katoda platinum	44
Tabel 9. Data persentase metilen biru 6,7ppm yang terdegradasi setelah elektrolisis selama 120 menit menggunakan stainless steel sebagai katoda dan platinum sebagai anoda.....	46
Tabel 10. Data persentase metilen biru 6,7ppm yang terdegradasi setelah penambahan 0,5 gr NaCl untuk elektrolisis menggunakan stainless steel sebagai katoda dan platinum sebagai anoda.....	48
Tabel 11. Data hasil degradasi metilen biru variasi berat NaCl pada tegangan 7,5 Volt dan waktu 15 menit menggunakan stainless steel sebagai katoda dan platinum sebagai anoda	50

Tabel 12. Data hasil degradasi metilen biru variasi berat NaCl pada tegangan 7,5 Volt dan waktu 15 menit menggunakan stainless steel sebagai katoda dan platinum sebagai anoda	52
Tabel 13. Data hasil degradasi metilen biru variasi tegangan pada penambahan NaCl 0,2 gram dan waktu 15 menit menggunakan stainless steel sebagai katoda dan platinum sebagai anoda.....	53
Tabel 14. Data hasil degradasi metilen biru variasi waktu dengan penambahan NaCl 0,2 gram menggunakan stainless steel sebagai katoda dan platinum sebagai anoda.....	54



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Beberapa kromofor.....	4
Gambar2. Beberapa auksokrom.....	4
Gambar 3. Asam karminat.....	5
Gambar 4. Sianin.....	5
Gambar 5. Flavon.....	6
Gambar 6. Senyawa metilen biru.....	6
Gambar 7. Struktur zat warna kuning martius.....	12
Gambar 8. Struktur indigo.....	12
Gambar 9. Struktur alizarin.....	13
Gambar 10. Mekanisme zat warna azo.....	13
Gambar 11. Struktur mikro stainless steel.....	18
Gambar 12. Komponen-komponen spektrofotometer.....	20
Gambar 13. Proses penyerapan cahaya.....	22
Gambar 14. Kurva hubungan absorbansi vs konsentrasi.....	26
Gambar 15. Sel elektrolisis.....	28
Gambar 16. Kurva kalibrasi Fe dengan AAS.....	38
Gambar 17. Kurva kalibrasi Cr dengan AAS.....	39
Gambar 18. Kurva kalibrasi Ni dengan AAS.....	40
Gambar 19. Grafik degradasi metilen biru 6,7 ppm pada pembuktian elektroda stainless steel.....	42

Gambar 20. Grafik degradasi metilen biru 6,7 ppm menggunakan anoda stainless steel dan katoda platinum.....	44
Gambar 21. Grafik degradasi metilen biru 6,7 ppm setelah elektrolisis 120 menit menggunakan stainless steel sebagai katoda dan platinum sebagai anoda.....	45
Gambar 22. Grafik degradasi metilen biru 6,7 ppm setelah penambahan NaCl 0,5 gram menggunakan stainless steel sebagai katoda dan platinum sebagai anoda.....	47
Gambar 23. Grafik degradasi metilen biru 6,7 ppm pada variasi berat NaCl menggunakan stainless steel sebagai katoda dan platinum sebagai anoda.....	50
Gambar 24. Grafik degradasi metilen biru 6,7 ppm pada variasi berat NaCl menggunakan stainless steel sebagai katoda dan platinum sebagai anoda.....	51
Gambar 25. Grafik degradasi metilen biru 6,7 ppm pada variasi tegangan menggunakan stainless steel sebagai katoda dan platinum sebagai anoda.....	53
Gambar 26. Grafik degradasi metilen biru 6,7 ppm pada variasi waktu menggunakan stainless steel sebagai katoda dan platinum sebagai anoda.....	54

**DEGRADASI SENYAWA METILEN BIRU
DENGAN METODE ELEKTROLISIS MENGGUNAKAN
ELEKTRODA *STAINLESS STEEL***

**NOVA INDRI PURWANTI
No Mhs : 00 612 039**

INTISARI

Telah dilakukan penelitian tentang degradasi senyawa metilen biru dengan elektrolisis menggunakan elektroda *stainless steel*. Penelitian ini dilakukan dengan menganalisis logam stainless steel sebanyak 0,16 gram dengan cara destruksi dengan 25 mL HNO₃ pekat dan 25 mL HCl pekat dan dipanaskan dalam lemari asam. Kandungan logam *stainless steel* setelah dianalisis menggunakan AAS adalah Fe sebanyak 54,25 % , Cr 15,79 % dan Ni 1,48 %. Degradasi metilen biru dengan melakukan elektrolisis 50 mL metilen biru 6,7 ppm sebanyak 50 mL menggunakan dua teknik yaitu platinum sebagai anoda dan *stainless steel* sebagai katoda, sedangkan teknik kedua adalah *stainless steel* sebagai anoda dan platinum sebagai katoda. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan teknik pertama, metilen biru dapat terdegradasi 100% pada daerah visibel dengan waktu 6 menit, tegangan 6,5 volt dan 0,2 gram NaCl, tetapi pada daerah uv absorbansinya naik. Hasil degradasi metilen biru yang optimal adalah menggunakan teknik kedua yaitu dengan persen degradasi di daerah UV 65,95% dan daerah Visibel 74,04% dengan waktu elektrolisis selama 30 menit, tegangan 8,0 Volt dan NaCl 0,5 gram.

Kata kunci: metilen biru, *stainless steel*, elektrolisis

DEGRADATION OF METHYLEN BLUE USING ELECTROLYSIS METHOD BY STAINLESS STEEL ELECTRODE

**NOVA INDRI PURWANTI
00612039**

ABSTRACT

A research on degradation of methylene blue compound using electrolysis method with stainless steel as the electrode has been conducted. The objective of the research is analyzing 0.16 gram stainless steel alloy by decomposing it using 25 mL of high concentrated HNO_3 and 25 mL of high concentrated HCl , and heating it in fume hood afterwards. After analyzing the stainless steel using AAS technique, it was found that the components contained in the alloy are Fe as much as 54,25%, Cr as much as 15,79 %, and Ni as much as 1,48 %. Later, 50 mL of 6,7 ppm methylene blue was degraded through electrolysis using two techniques. The first technique is making use of platinum as anode and stainless steel as cathode. The second technique is taking stainless steel as anode and platinum as cathode. The result of the research revealed that by using the first technique, the methylene blue was degraded up to 100% on the visible zone by 6 minutes of electrolysis time, 6,5 volt of voltage, and 0,2 gram of NaCl , but the uv zone absorbantion up. the second technique that showed the optimum degradation. Using the second technique, methylene blue was degraded as much as 65,95% on UV zone and 74,04% on visible zone by 30 minutes of electrolysis time, 8,0 volt of voltage, and 0,5 gram of NaCl .

Keyword : methylene blue, stainless steel, electrolysis

**DEGRADASI SENYAWA METILEN BIRU DENGAN
METODE ELEKTROLISIS MENGGUNAKAN
ELEKTRODA STAINLESS STEEL**

Oleh:
NOVA INDRI PURWANTI
No.Mhs : 00612039

Telah dipertahankan dihadapan Penguji Skripsi
Jurusan Ilmu Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Islam Indonesia

Tanggal : 9 Maret 2011

Dewan Penguji

1. Riyanto, M.Si.,Ph.D.
2. Tatang Shabur Julianto, S.Si.,M.Si
3. Dr.Noor Fitri, S.Si.M.Si
4. Dwiarso Rubiyanto, S.Si.,M.Si

Tanda Tangan



Mengetahui,
Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Islam Indonesia



Yandi Syukri, M.Si.,Apt.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Perkembangan industri tekstil memegang peranan penting dalam perekonomian negara kita. Limbah cair merupakan masalah utama dalam lingkungan industri tekstil, karakteristik kimia perairan dapat memberikan dampak negatif terhadap perairan. Limbah cair bersumber dari proses pencelupan (pewarnaan pada industri tekstil) menyebabkan pencemaran lingkungan, jika dibuang ke perairan secara langsung tanpa pengolahan terlebih dahulu, sementara lingkungan mempunyai kemampuan terbatas untuk mendegradasi zat warna tersebut. Lingkungan perairan menjadi berwarna dan mengubah kualitas air sehingga tidak sesuai untuk konsumsi makhluk hidup. Limbah cair proses ini merupakan salah satu sumber pencemaran air yang cukup tinggi jika tidak dilakukan pengolahan limbah (Didik, 2008).

Menurut Didik (2008) zat warna merupakan senyawa organik yang mengandung gugus kromofor terkonjugasi. Zat warna reaktif merupakan zat warna yang banyak digunakan untuk pewarnaan tekstil. Metilen merupakan contoh zat pewarna pada industri tekstil. Pengolahan limbah cair dimaksudkan untuk menghilangkan kadar bahan pencemar yang terkandung di limbah cair agar memenuhi syarat untuk dapat dibuang ke lingkungan (memenuhi baku mutu yang ditetapkan). Limbah yang dibuang tanpa pengolahan dapat membahayakan bagi kesehatan, seperti iritasi pada kulit. Teknologi pengolahan limbah cair baik secara biologi, kimia, fisika, maupun kombinasi antara ketiga proses tersebut. Beberapa

penelitian penghilangan warna dan senyawa organik yang ada dalam limbah cair industri telah banyak dilakukan, misalnya dengan cara kimia antara lain degradasi warna dengan cara oksidasi, reaksi anaerob dan reaksi fotokatalisis. Secara fisika dengan cara koagulasi, sedimentasi, adsorpsi menggunakan karbon aktif, silika dan biomaterial. Cara pengolahan limbah dengan cara koagulasi, sedimentasi maupun adsorpsi memiliki efisiensi yang baik dalam pengolahan limbah tetapi juga menimbulkan limbah baru, yaitu flok/koagulan yang tidak dapat digunakan lagi. Penggunaan karbon aktif untuk menghilangkan warna juga memerlukan biaya yang cukup tinggi karena karbon aktif relatif mahal. Penggunaan fotokatalisis membutuhkan biaya yang cukup tinggi karena harga reagen fotokatalisis seperti TiO_2 cukup mahal, selain itu diperlukan pengolahan proses lebih lanjut terhadap TiO_2 setelah proses dokolorisasi zat warna. Pengolahan limbah cair dengan menggunakan proses biologi juga dilakukan namun efisiensi penghilangan warna melalui proses biologi ini seringkali tidak memuaskan karena zat warna mempunyai sifat tahan terhadap degradasi biologi. Untuk mengatasi masalah itu diperlukan alternatif baru untuk mengolah limbah cair yang efektif dan efisien dalam menurunkan polutan organik dan zat warna khususnya metilen biru. Telah dilakukan degradasi senyawa metilen biru dengan metode elektrolisis menggunakan elektroda platina namun hasilnya kurang maksimal.

1.2 Rumusan masalah

1. Berapakah konsentrasi Fe, Cr, Ni dalam logam *Stainless Steel*?
2. Apakah senyawa metilen biru dapat didegradasi menggunakan metode elektrolisis dengan elektroda *stainless steel*?
3. Berapa persentase degradasi senyawa metilen biru dengan menggunakan metode elektrolisis dengan elektroda *stainless steel*?
4. Bagaimanakah efek dari penambahan NaCl pada elektrolisis zat-zat warna organik seperti metilen biru menggunakan elektroda *stainless steel*?

1.3 Tujuan penelitian

1. Mengetahui konsentrasi Fe, Cr, Ni dalam logam *Stainless steel*.
2. Mendegradasi senyawa metilen biru menggunakan metode elektrolisis dengan elektroda yang digunakan adalah *stainless steel*.
3. Mengetahui persentase degradasi senyawa metilen biru dengan menggunakan metode elektrolisis dengan elektroda *stainless steel*.
4. Mengetahui efek dari penambahan NaCl pada elektrolisis zat-zat warna organik seperti metilen biru dengan elektroda *stainless steel*.

1.4 Manfaat penelitian

Melalui penelitian ini diharapkan dapat ditemukannya metode baru yang lebih efisien dalam penanganan masalah pencemaran lingkungan akibat pembuangan limbah industri tekstil khususnya untuk limbah industri yang mengandung zat warna metilen biru.

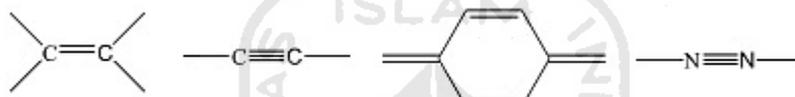
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Zat warna

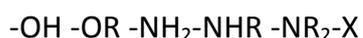
Alam kaya akan warna seperti warna buluh burung kolibri ataupun merak timbul dari difraksi cahaya oleh struktur yang unik dari bulu itu. Namun kebanyakan warna alam disebabkan oleh absorpsi panjang-panjang gelombang tertentu cahaya putih oleh senyawa organik (Fessenden dan Fessenden, 1982).

Beberapa kromofor seperti berikut:



Gambar 1. Beberapa kromofor

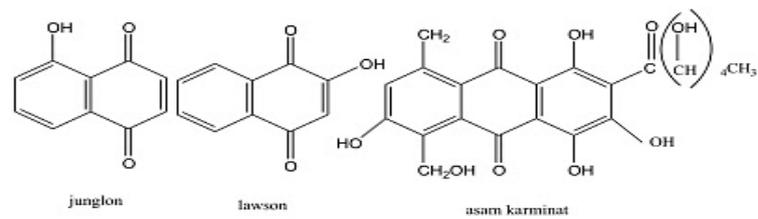
Sebelum dikembangkan teori transisi elektron, orang telah mengetahui bahwa beberapa tipe struktur organik menimbulkan warna, sedangkan tipe yang lain tidak. Struktur parsial yang perlu untuk warna (gugus tak jenuh yang dapat menjalani transisi $\pi \rightarrow \pi^*$ dan $n \rightarrow \pi^*$) disebut kromofor. Diamati juga bahwa hadirnya gugus lain mengintensifkan warna. Gugus ini disebut auksokrom. Sekarang diketahui bahwa auksokrom adalah gugus yang tidak dapat menjalani transisi $\pi \rightarrow \pi^*$, tetapi dapat menjalani transisi elektron n .



Gambar 2. Beberapa auksokrom

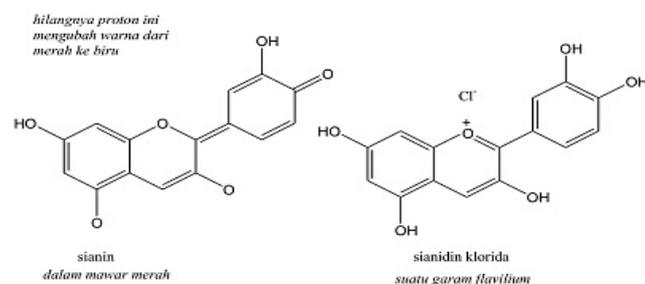
Naftokuinon dan antrakuinon merupakan bahan alamiah yang lazim. Junglon ialah naftakuinon yang berperan sebagian dalam pewarna kulit biji walnut. Lawson memiliki struktur serupa dengan junglon, zat ini terdapat dalam enai india, yang

digunakan sebagai cat pemerah rambut. Suatu antrakuinon yang khas, asam karmiat merupakan pigmen merah utama cochineal, suatu jenis serangga, yang digunakan dalam zat warna makanan dan kosmetika. Alizarin adalah zat warna lain dari kelas antrakuinin.



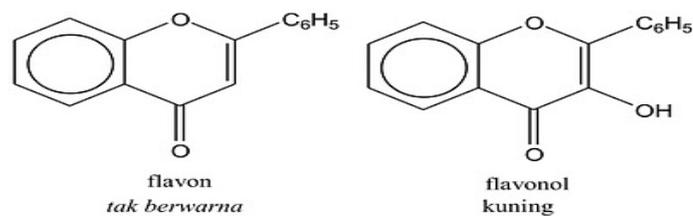
Gambar 3. Asam karminat

Kebanyakan warna merah dan biru disebabkan oleh glukosida yang disebut antosianin. Bagian bukan gula dari glukosida itu disebut suatu antosianidin dan merupakan suatu tipe garam flaviliun. Warna tertentu yang diberikan oleh suatu antosianin, bergantung pada pH bunga. Warna biru bunga *cornflower* dan warna merah bunga mawar disebabkan oleh antosianin yang sama yaitu sianin. Dan sekuntum mawar merah sianin berada dalam bentuk fenol. Dalam *cornflower* biru, sianin berada dalam bentuk anionnya, dengan hilangnya sebuah proton dari salah satu gugus fenolnya.



Gambar 4. Sianin

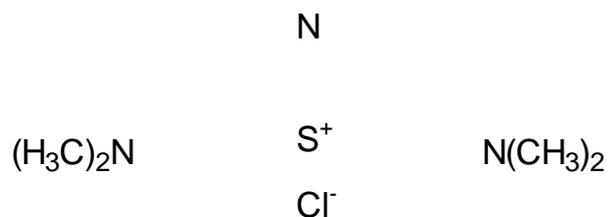
Istilah garam flaviliun berasal dari nama flavon, yang merupakan senyawa tak berwarna. Adisi gugus hidroksil menghasilkan flavonol, yang berwarna kuning (Fessenden dan Fessenden, 1982).



Gambar 5. Flavon dan flavonol

2.2 Metilen biru

Metilen biru adalah senyawa kimia heterosiklik aromatik dengan rumus molekul $C_{16}H_{18}N_3SCl$. Ia memiliki banyak kegunaan dalam berbagai bidang yang berbeda, seperti biologi dan kimia. Pada suhu kamar senyawa itu tidak berbau, gelap bubuk hijau, yang menghasilkan biru ketika dilarutkan dalam air. Bentuk terhidrasi memiliki 3 molekul air per molekul metilen biru. Metilen biru pewarna organik biru terang milik keluarga fenotiazin. Hal ini terutama digunakan pada kulit pohon (serat nabati lunak seperti goni, rami). Merupakan pewarna sutera dan wol tetapi sangat miskin warna. Juga digunakan sebagai noda biologis, dalam pengujian susu untuk infeksi TBC, dan sebagai indikator oksidasi-reduksi kimia (Anonim, 2010).



Gambar 6. Senyawa metilen biru

2.3 Spektrofotometer serapan atom

Prinsip analisis dengan AAS adalah interaksi antara energi radiasi dengan atom unsur yang di analisis. AAS banyak digunakan untuk analisis unsur. Atom suatu unsur akan menyerap energi dan terjadi eksitasi atom ke tingkat energi yang lebih tinggi. Keadaan ini tidak stabil dan akan kembali ke tingkat dasar dengan melepaskan sebagian atau seluruh tenaga eksitasinya dalam bentuk radiasi. Frekuensi radiasi yang dipancarkan karakteristik untuk setiap unsur dan intensitasnya sebanding dengan jumlah atom yang tereksitasi kemudian mengalami deeksitasi. Teknik ini dikenal dengan SEA (spektrofotometer emisi atom). Untuk AAS keadaan berlawanan dengan cara emisi, yaitu populasi atom di tingkat dasar dikenakan seberkas radiasi, maka akan terjadi penyerapan energi radiasi oleh atom-atom yang berada pada tingkat dasar tersebut. Penyerapan ini menyebabkan terjadinya pengurangan intensitas radiasi yang diberikan. Pengurangan intensitasnya sebanding dengan jumlah atom yang berada pada tingkat dasar tersebut (Riyanto,2009).

Larutan sampel diaspirasikan ke suatu nyala dan unsur-unsur di dalam sampel diubah menjadi uap atom sehingga nyala mengandung atom unsur-unsur yang dianalisis. Beberapa di antara atom akan tereksitasi secara termal oleh nyala, tetapi kebanyakan atom tetap tinggal sebagai atom netral dalam keadaan dasar (*ground state*). Atom-atom dalam keadaan dasar ini kemudian menyerap radiasi yang diberikan oleh sumber radiasi adalah sama dengan panjang gelombang yang diabsorpsi oleh atom dalam nyala. Absorpsi ini mengikuti hukum Lambert-Beer,

yakni absorbansi berbanding lurus dengan panjang nyala yang dilalui sinar dan konsentrasi uap atom dalam nyala. Kedua variabel ini sulit untuk ditentukan tetapi panjang nyala dapat dibuat konstan sehingga absorbansi hanya berbanding lurus dengan konsentrasi analit dalam larutan sampel. Teknik-teknik analisisnya sama seperti pada spektrofotometri analit dalam larutan sampel. Teknik-teknik analisisnya sama seperti pada spektrofotometri UV-Vis yaitu standar tunggal, kurva kalibrasi dan kurva adisi standar.

Ada 3 teknik yang bisa dipakai dalam analisis secara spektrometri. Ketiga teknik tersebut adalah :

1) Metode standar tunggal

Metode ini sangat praktis karena hanya menggunakan satu larutan standar yang telah diketahui konsentrasinya. Selanjutnya absorbansi larutan standar (Astd) dan absorpsi larutan sampel (asmp) diukur dengan spektrofotometri. Dari Hk. Beer diperoleh :

$$A_{std} = \epsilon \cdot b \cdot C_{std} \quad A_{smp} = \epsilon \cdot b \cdot C_{smp}$$

$$\epsilon \cdot b = A_{std} / C_{std} \quad \epsilon \cdot b = A_{smp} / C_{smp}$$

sehingga

$$A_{std} / C_{std} = C_{smp} / C_{smp} \quad \longrightarrow C_{smp} = (A_{smp} / A_{std}) \times C_{std}$$

Dengan mengukur absorbansi larutan sampel dan standar, konsentrasi larutan sampel dapat dihitung.

2) Metode kurva kalibrasi

Dalam metode ini dibuat suatu seri larutan standar dengan berbagai konsentrasi dan absorbansi dari larutan tersebut diukur dengan AAS. Langkah

selanjutnya adalah membuat grafik antara konsentrasi (C) dengan absorbansi (A) yang akan merupakan garis lurus melewati titik nol dengan slope = $\epsilon \cdot b$ atau slope = $a \cdot b$. Konsentrasi larutan sampel dapat dicari setelah absorbansi larutan sampel diukur dan di intrapolasi ke dalam kurva kalibrasi atau dimasukkan ke dalam persamaan garis lurus yang diperoleh dengan menggunakan program regresi linier pada kurva kalibrasi.

3) Metode adisi standar

Metode ini dipakai secara luas karena mampu meminimalkan kesalahan yang disebabkan oleh perbedaan kondisi lingkungan (matriks) sampel dan standar. Dalam metode ini dua atau lebih sejumlah volume tertentu dari sample dipindahkan ke dalam labu takar. Satu larutan diencerkan sampai volume tertentu kemudian diukur absorbansinya tanpa ditambah dengan zat standar, sedangkan larutan yang lain sebelum diukur absorbansinya ditambah terlebih dahulu dengan sejumlah tertentu larutan standar dan diencerkan seperti larutan pada yang pertama (Riyanto, 2009). Menurut hukum Beer, akan berlaku hal-hal berikut:

$$A_x = k \cdot C_x \quad (1)$$

$$A_T = k(C_s + C_x) \quad (2)$$

Dimana:

C_x : konsentrasi zat sampel

C_s : konsentrasi zat standar yang ditambahkan ke larutan sampel

A_x : absorbansi zat sampel

A_T : absorbansi zat sampel + zat standar

K : konstanta

Jika kedua persamaan tersebut digabung akan diperoleh:

$$C_x = C_s \times \{A_x / (A_T - A_x)\} \quad (3)$$

Konsentrasi zat dalam sampel (C_x) dapat dihitung dengan mengukur A_x dan A_T dengan spektrofotometer. Jika dibuat suatu seri penambahan zat standar dapat pula dibuat grafik antara A_T lawan C_s , garis lurus yang diperoleh diekstrapolasi ke $A_T=0$, sehingga diperoleh:

$$C_x = C_s \times \{A_x / (O - A_x)\} \quad (4)$$

$$C_x = C_s \times (A_x / -A_x) \quad (5)$$

$$C_x = C_s \times (-1) \text{ atau } C_x = -C_s \quad (6)$$



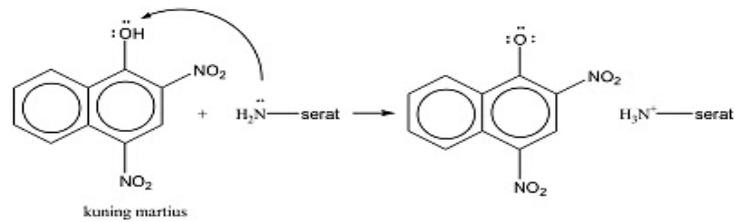
BAB III

DASAR TEORI

3.1 Zat warna

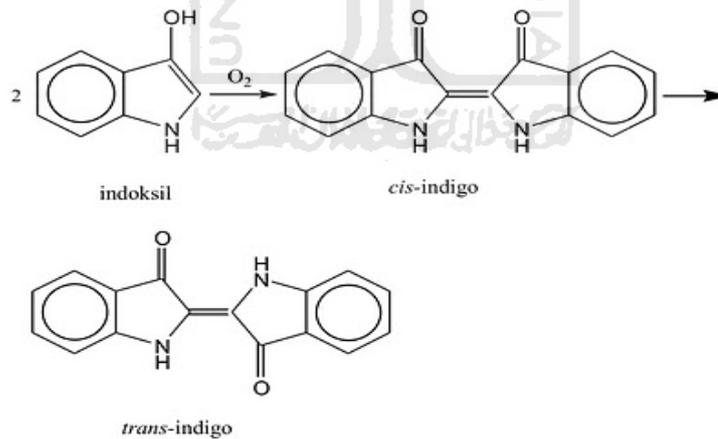
Suatu zat warna ialah senyawa organik berwarna yang digunakan untuk memberikan warna ke suatu objek atau suatu kain (Fessenden, 2010). Indigo merupakan zat warna tertua. Agar dapat digunakan sebagai pewarna, senyawa itu harus tidak luntur dan terikat pada kain satu dengan lainnya. Suatu kain yang terbuat dari serat polipropilena tidak memiliki gugus fungsional untuk menarik molekul-molekul zat warna. Kain ini dapat diwarnai dengan memasukan suatu kompleks logam zat warna kedalam polimer tersebut. Selulosa (kapas) dapat diwarnai karena ikatan hidrogen antara gugus hidroksil satuan glukosa dan gugus molekul zat warna akan mengikat zat warna itu pada pakaian. Serat polipeptida, seperti wol atau sutera, merupakan tekstil yang paling gampang untuk diwarnai karena mereka banyak mengandung gugus polar yang dapat berinteraksi dengan zat warna.

Suatu zat warna langsung adalah zat warna yang dapat di aplikasikan langsung ke kain dari dalam suatu larutan air panas. Jika tekstil yang akan diwarnai itu mempunyai gugus polar, seperti dalam serat peptide, maka dengan memasukan suatu zat warna, baik dengan suatu gugus amino maupun dengan suatu asam kuat akan menyebabkan zat warna itu tidak luntur, kuning martius adalah zat warna langsung yang lazim. Gugus fenol yang asam dalam kuning martius bereaksi dengan rantai samping dengan wol atau sutera.



Gambar 7. Struktur zat warna kuning martius

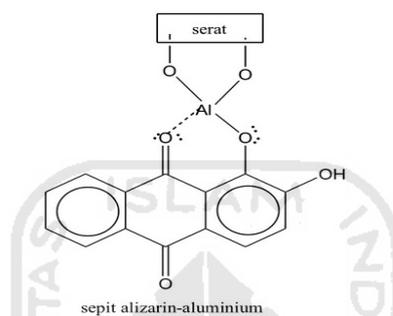
Suatu zat warna tong (*vat dye*) adalah suatu zat warna yang diaplikasikan pada tekstil dalam bentuk terlarut. Indigo adalah suatu zat warna yang lazim. Indigo di peroleh dari suatu fermentasi tumbuhan woad (*isatis tinctoria*) di Eropa barat atau tumbuhan spesi indigofera, yang tumbuh di negri-negri tropis, kedua tanaman ini mengandung *glukosida indikan* yang dapat di hidrolisis menjadi glukosa dan indoksil, kemudian dibiarkan kering di udara. Oksida indoksil oleh udara menghasilkan indigo yang tidak larut dan berwarna biru. Indigo mengendap dalam bentuk cis yang mengalami isomerisasi serta merta menjadi isomer trans.



Gambar 8. Struktur indigo

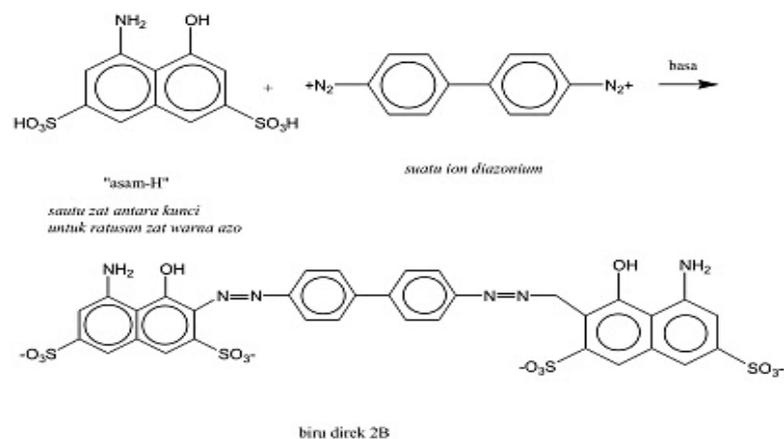
Suatu zat warna mordan adalah zat warna yang di buat tak larut pada suatu tekstil dengan mengkomplekskan atau menyepit (*chelation*) dengan suatu ion logam yang disebut mordan. Mula-mula tekstil diolah dengan suatu garam logam

(Ar,Cu,Co atau Cr) kemudian di olah dengan suatu bentuk larut dari zat warna itu. Reaksi penyempitan pada permukaan tekstil akan menghasilkan zat warna permanen. Salah satu zat warna mordan tertua adalah *alizarin* yang membentuk warna berlainan bergantung ion logam yang digunakan, misalnya alizarin memberikan suatu warnamerah mawar dengan Al^{3+} dan warna biru dengan Ba^{2+} .



Gambar 9. Struktur alizarin

Zat warna azo merupakan kelas zat yang terbesar dan terpenting, jumlahnya mencapai ribuan. Dalam pewarnaan azo, mula-mula zat warna dibasahi dengan senyawa aromatik yang teraktifkan terhadap substitusi elektrofilik, kemudian diolah dengan suatu garam diazonium untuk membentuk zat warna (Fessenden dan Fessenden, 1982).



Gambar 10. Mekanisme zat warna azo

3.2 *Stainless steel*

3.2.1 Pengertian *stainless steel*

Formula *stainless steel* adalah Fe >50%, C <0,12%, Cr 16-18%, Ni <0,75%, Mn <0,10%, Si <0,10%, P <0,040%, S <0,030%. Komposisi ini membentuk lapisan pelindung anti korosi yang merupakan hasil oksidasi oksigen terhadap krom yang terjadi secara spontan. Tentunya harus dibedakan mekanisme lapisan pelindung anti korosi ini dibandingkan baja yang dilindungi dengan *coating* (misal seng dan kadmium) ataupun cat (Anonim 2008).

3.2.2 Kandungan atom / unsur dan ikatannya

Baja stainless merupakan baja paduan yang mengandung minimal 10,5% Cr. Sedikit baja stainless mengandung lebih dari 30% atau kurang dari 50% Fe. Daya tahan Stainless Steel terhadap oksidasi yang tinggi di udara dalam suhu lingkungan biasanya dicapai karena adanya tambahan minimal 13% (dari berat) krom. Krom membentuk sebuah lapisan tidak aktif Kromium (III) Oksida (Cr_2O_3) ketika bertemu oksigen. Lapisan ini terlalu tipis untuk dilihat, sehingga logamnya akan tetap berkilau. Logam ini menjadi tahan air dan udara, melindungi logam yang ada di bawah lapisan tersebut. Fenomena ini disebut *Passivation* dan dapat dilihat pada logam yang lain, seperti pada aluminium dan titanium. Dasarnya untuk membuat besi yang tahan terhadap karat, krom merupakan salah satu bahan yang paduan yang paling penting. Hasil besi akan lebih baik diantaranya dilakukan penambahan beberapa zat-zat berikut berikut, penambahan molibdenum (Mo) bertujuan untuk memperbaiki ketahanan korosi *pitting* dan korosi celah unsur karbon rendah dan penambahan unsur penstabil

karbida (titanium dan niobium) bertujuan menekan korosi batas butir pada material yang mengalami proses sensitasi. Penambahan kromium (Cr) bertujuan meningkatkan ketahanan korosi dengan membentuk lapisan oksida (Cr_2O_3) dan ketahanan terhadap oksidasi temperatur tinggi. Penambahan Nikel (Ni) bertujuan untuk meningkatkan ketahanan korosi dalam media pengkorosi netral atau lemah. Nikel juga meningkatkan keuletan dan mampu membentuk logam. Penambahan nikel meningkatkan ketahanan korosi tegangan. Penambahan unsur molibdenum (Mo) untuk meningkatkan ketahanan korosi pitting di lingkungan klorida. Unsur aluminium (Al) meningkatkan pembentukan lapisan oksida pada temperatur tinggi (Anonim, 2008).

3.2.3 Klasifikasi *stainless steel*

Meskipun seluruh kategori *stainless steel* didasarkan pada kandungan krom (Cr), namun unsur paduan lainnya ditambahkan untuk memperbaiki sifat-sifat *stainless steel* sesuai aplikasinya. Kategori *stainless steel* tidak halnya seperti baja lain yang didasarkan pada presentase karbon tetapi didasarkan pada struktur metalurginya. Lima golongan utama *stainless steel* adalah austenitic, ferritic, martensitic, duplex dan precipitation hardening *stainless steel*.

a. Austenitic *stainless steel*

Kelompok austenitic yang paling banyak ditemukan dalam aplikasi disekitar kita contoh peralatan rumah tangga, tangki, vessel (bejana tekan) (Anonim, 2009). Austenitic *stainless steel* mengandung sedikitnya 16% krom dan 6% nikel (tingkat standar untuk 304), sampai ke tingkat super austenitic *stainless steel* seperti 904L (dengan kadar krom dan nikel lebih tinggi serta unsur

tambahan Mo sampai 6%). Molibdenum (Mo), titanium (Ti) atau copper (Co) berfungsi untuk meningkatkan ketahanan terhadap temperatur serta korosi. Austenitic cocok juga untuk aplikasi temperatur rendah disebabkan untuk nikel membuat *stainless steel* tidak menjadi rapuh pada temperatur rendah.

b. *Ferritic stainless steel*

Kadar krom bervariasi antara 10,5% - 18% seperti tingkat 430 dan 409. Ketahanan korosi tidak begitu istimewa dan relatif tidak sulit di fabrikasi/*machining*.

c. *Martensitic stainless steel*

Stainless steel jenis ini memiliki unsur utama krom (masih lebih sedikit jika dibanding *ferritic stainless steel*) dan kadar karbon relatif lebih tinggi misal tingkat 410 dan 416. Tingkat 431 memiliki krom sampai 16% tetapi mikrostrukturnya masih martensitic disebabkan hanya memiliki nikel 2%. Tingkat *stainless steel* lain misalnya 17-4PH/630 memiliki kekuatan kerengangan tertinggi dibanding *stainless steel* lainnya. Kelebihan dari tingkat ini, jika dibutuhkan kekuatan yang lebih tinggi maka dapat dikeraskan.

d. *Duplex stainless steel*

Duplex stainless steel seperti 2304 dan 2205 (dua angka pertama menyatakan presentase krom dan dua angka terakhir menunjukkan presentase nikel) memiliki bentuk mikrostruktur campuran austenitic dan ferritic. Duplex austenitic-ferritic memiliki kombinasi sifat tahan korosi dan temperatur relatif tinggi atau secara khusus tahan terhadap tekanan retak korosi.

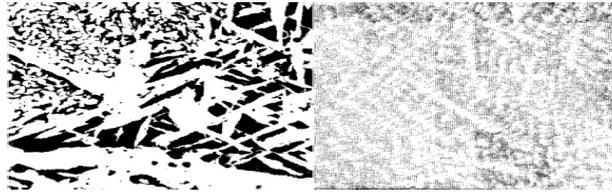
Meskipun kemampuan tahan tekanan retak korosinya tidak sebaik ferritic *stainless steel* tetapi ketangguhannya jauh lebih baik (superior) dibanding ferritic *stainless steel* dan lebih buruk dibanding austenitic *stainless steel*. Sementara kekuatannya lebih baik dibanding austenitic *stainless steel*. *stainless steel* (yang di annealing) kira-kira 2 kali lipat. Duplex *stainless steel* ketahanan korosinya sedikit lebih baik dibanding 304 dan 316 tetapi ketahanan terhadap *pitting corrosion* jauh lebih baik (superior) dibanding 316. Ketangguhan duplex *stainless steel* akan menurun pada temperatur di bawah -50°C dan di atas 300°C .

e. *Precipitation hardening stainless steel*

Precipitation hardening stainless steel adalah *stainless steel* yang keras dan kuat akibat dari dibentuknya suatu endapan dalam struktur mikro logam. sehingga gerakan deformasi menjadi terhambat dan memperkuat material *stainless steel*. Pembentukan ini disebabkan oleh penambahan unsur tembaga (Cu), titanium (Ti), niobium (Nb) dan aluminium (Al). Proses penguatan umumnya terjadi pada saat dilakukan pengerjaan dingin (Anonim, 2008).

3.2.4 Bentuk struktur mikro

Berikut beberapa gambar yang menunjukkan struktur mikro dari *stainless steel* dan beberapa paduan besi lain yang bersifat tahan karat dengan sifat mekanis yang berbeda. Perbedaan-perbedaan yang dapat dilihat dengan jelas diantaranya adalah pemisahan-pemisahan pecahan-pecahan yang terjadi akibat pengerjaan logam yang menggunakan suhu yang berbeda, terlalu rendah atau terlalu tinggi suhunya (Anonim,2008).



Gambar 11. Struktur mikro stainless steel saat pengerjaan logam pada perbedaan suhu

3.3 Spektrofotometer UV-Vis

3.3.1 Pengertian dasar spektrofotometer

Spektrofotometri merupakan salah satu metode dalam kimia analisis yang digunakan untuk menentukan komposisi suatu sampel baik secara kuantitatif dan kualitatif yang didasarkan pada interaksi antara materi dengan cahaya. Sedangkan peralatan yang digunakan dalam spektrofotometri disebut spektrofotometer. Cahaya yang dimaksud dapat berupa cahaya visibel, uv dan inframerah, sedangkan materi dapat berupa atom dan molekul yang bersangkutan.

Sinar atau cahaya yang berasal dari sumber tertentu disebut juga sebagai radiasi elektromagnetik. Radiasi elektromagnetik yang dijumpai dalam kehidupan sehari-hari adalah cahaya matahari. Radiasi elektromagnetik ini memiliki sifat ganda yang disebut sebagai sifat dualistik cahaya yaitu sebagai gelombang dan sebagai partikel-partikel energi yang disebut foton. Karena sifat tersebut maka beberapa parameter perlu diketahui misalnya panjang gelombang, frekuensi dan energi tiap foton. Hubungan dari ketiga parameter di atas dirumuskan oleh Planck yang dikenal dengan persamaan Planck (Riyanto, 2009). Hubungan antara panjang gelombang frekuensi dapat dirumuskan sebagai:

$$c = \lambda \cdot \nu \text{ atau } \lambda = c/\nu \text{ atau } \nu = c/\lambda \quad (1)$$

Persamaan Planck: hubungan antara energi tiap foton dengan frekuensi

$$E = h \cdot \nu \quad (2)$$

$$E = h \cdot c / \lambda \quad (3)$$

dimana

E = energi tiap foton

h = tetapan Planck ($6,626 \times 10^{-34} \text{J.s}$)

ν = frekuensi sinar

c = kecepatan cahaya ($3 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$)

Dari rumus di atas dapat diketahui bahwa energi dan frekuensi suatu foton akan berbanding terbalik dengan panjang gelombang tetapi energi yang dimiliki suatu foton akan berbanding terbalik dengan frekuensinya. Misalnya energi yang dihasilkan cahaya UV lebih besar dari pada energi yang dihasilkan sinar tampak. Hal ini disebabkan sinar UV memiliki panjang gelombang (λ) yang lebih pendek (100-400 nm) dibanding panjang gelombang yang dimiliki sinar tampak (400-800 nm). Berbagai satuan energi beserta faktor konversinya dapat dilihat pada tabel:

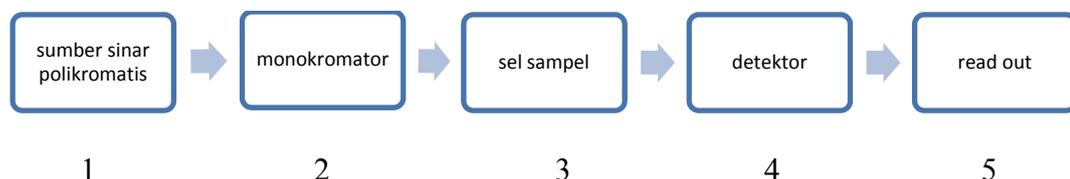
Tabel 1. Beberapa satuan energi

Erg	Joule	Kalori	l.atm	E.volt
1 erg = 1	10^{-7}	$2,3901 \times 10^{-8}$	$9,8687 \times 10^{10}$	$6,2418 \times 10^{11}$
1 joule = 10^7	1	$2,3901 \times 10^{-1}$	$9,8687 \times 10^{-3}$	$6,2418 \times 10^{18}$
1 kalori $4,1849 \times 10^7$	4,1840	1	$4,1291 \times 10^{-2}$	$2,6116 \times 10^{19}$
1 atm = $1,0133 \times 10^9$	$1,0133 \times 10^2$	24,218	1	$16,6248 \times 10^{20}$
1 E.volt = $1,6021 \times 10^{-12}$	$1,6021 \times 10^{-19}$	$3,8291 \times 10^{-20}$	$1,5611 \times 10^{-20}$	1

Interaksi antara materi dengan cahaya sendiri adalah terjadi penyerapan cahaya, baik cahaya UV, Vis maupun IR oleh materi sehingga spektrofotometri absorpsi. Berdasarkan rentang panjang gelombang dimana suatu zat menyerap gelombang elektromagnetik, spektrofotometri dapat digolongkan menjadi:

- 1) Spektrofotometri Vis (*Visible*) dengan panjang gelombang: 400-800 nm
- 2) Spektrofotometri UV (*Ultra Violet*) dengan panjang gelombang: 100-400 nm
- 3) Spektrofotometri UV-Vis dengan panjang gelombang: 100-800 nm
- 4) Spektrofotometri IR (*Infra Red*) dengan panjang gelombang: 300-25.000 nm

Selain 4 spektrofotometri ini masih terdapat beberapa spektroskopi absorpsi lain seperti sinar x, Spektroskopi Gelombang Mikro, Spektroskopi Resonansi Magnetik Inti (NMR), Spektroskopi Resonansi Spin Elektron (ESR) dan Spektroskopi "Photoacoustic"). Dari 4 jenis spektrofotometri ini memiliki prinsip kerja yang sama yaitu adanya interaksi antara materi dengan cahaya yang memiliki panjang gelombang tertentu. Perbedaan terletak pada panjang gelombang yang digunakan (Riyanto, 2009). Instrumen dari keempat spektrofotometri ini pun tidak berbeda, yakni terdiri dari:



Gambar 12. Komponen-komponen spektrofotometer

Fungsi masing-masing bagian:

- 1) Sumber sinar polikromatis berfungsi sebagai sumber sinar polikromatis dengan berbagai macam rentang panjang gelombang.
- 2) Monokromator berfungsi sebagai penyeleksi panjang gelombang yaitu mengubah cahaya yang berasal dari sumber sinar polikromatis menjadi cahaya monokromatis. Jenis monokromator yang saat ini banyak digunakan adalah gratting atau lensa prisma dan filter optik berupa lensa berwarna sehingga cahaya yang diteruskan sesuai dengan warnanya lensa yang dikenai cahaya.
- 3) Set sampel berfungsi sebagai tempat meletakkan sampel yang telah dimasukkan ke dalam kuvet yang terbuat dari kuarsa atau plastik
- 4) Detektor berfungsi menangkap cahaya yang diteruskan dari sampel dan mengubahnya menjadi arus listrik.
- 5) Read out merupakan suatu sistem baca yang menangkap besarnya isyarat listrik yang berasal dari detektor (Riyanto, 2009).

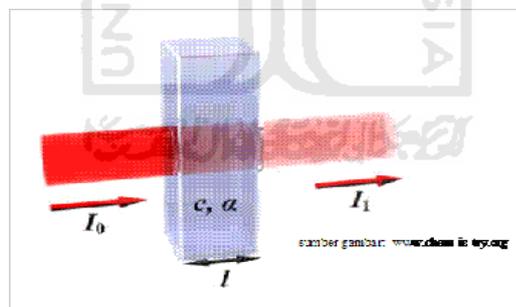
3.3.2 Proses absorpsi cahaya pada spektrofotometri

Di dalam suatu molekul yang memegang peranan penting adalah elektron valensi dari setiap atom yang adahingga terbentuk suatu materi. Elektron-elektron yang dimiliki oleh suatu elektron dapat berpindah (eksitasi), berputar (rotasi) dan bergetar (vibrasi) jika dikenai suatu energi.

Ketika cahaya dengan panjang berbagai panjang gelombang (cahaya polikromatis) mengenai suatu zat, maka cahaya dengan panjang gelombang tertentu saja yang akan diserap. Jika zat menyerap cahaya tampak dan UV maka akan terjadi perpindahan elektron dari keadaan dasar menuju ke keadaan

terekstisasi. Perpindahan elektron ini disebut transisi elektronik. Apabila cahaya yang diserap adalah cahaya inframerah, maka elektron yang ada dalam atom atau elektron ikatan pada suatu molekul hanya akan dapat bergetar (vibrasi). Sedangkan gerakan berputar elektron terjadi pada energi yang lebih rendah lagi.

Atas dasar ilmiah spektrofotometri dirancang untuk mengukur konsentrasi zat yang ada dalam suatu sampel. Di mana zat yang ada dalam sel sampel disinari dengan cahaya yang memiliki panjang gelombang tertentu. Ketika cahaya mengenai sampel sebagian akan diserap, sebagian akan dihamburkan dan sebagian lagi akan diteruskan. Pada spektrofotometri, cahaya datang atau cahaya yang mengenai permukaan zat dan cahaya setelah melewati zat, tidak dapat diukur yang dapat diukur adalah I_t/I_0 atau I_0/I_t . Proses penyerapan cahaya oleh suatu zat dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 13. Proses penyerapan cahaya

Cahaya yang diserap diukur sebagai absorbansi (A) sedangkan cahaya yang dihamburkan diukur sebagai transmitansi (T) dinyatakan dengan hukum Lambert-Beer, berbunyi: Jumlah radiasi tampak (ultraviolet, inframerah dan sebagainya) yang diserap atau ditransmisikan oleh suatu larutan merupakan suatu fungsi eksponen dari konsentrasi zat dan tebal larutan.

Berdasarkan hukum Lambert-Beer, rumus yang digunakan untuk menghitung banyaknya cahaya yang dihamburkan:

$$T = \frac{I_t}{I_0} \quad \text{atau} \quad \% T = \frac{I_t}{I_0} \times 100\%$$

Dan absorbansi dinyatakan dengan rumus:

$$A = -\log T = -\log \frac{I_t}{I_0}$$

Dimana I_0 merupakan intensitas cahaya datang dan I_t atau I_1 adalah intensitas cahaya setelah melewati sampel. Hukum Beer dapat ditulis sebagai:

$$A = a \cdot b \cdot c \quad \text{atau} \quad A = \varepsilon \cdot b \cdot c$$

dimana:

- A = absorbansi
- b atau l = tebal larutan (tebal kuvet diperhitungkan juga umumnya 1 cm)
- c = konsentrasi larutan yang diukur.
- ε = tetapan absorptivitas molar (jika konsentrasi larutan yang diukur dalam molar)
- a = tetapan absorptivitas (jika konsentrasi larutan yang diukur dalam ppm).

Secara eksperimen hukum Lambert-Beer akan terpenuhi apabila peralatan yang digunakan memenuhi kriteria-kriteria berikut :

1. Sinar yang masuk atau sinar yang mengenai sel sampel berupa sinar dengan panjang gelombang tunggal (monokromatis).
2. Penyerapan sinar oleh suatu molekul yang ada di dalam larutan tidak dipengaruhi oleh molekul yang lain yang ada bersama dalam satu larutan.

3. Penyerapan terjadi di dalam volume larutan yang luas penampang (tebal kuvet) yang sama.
4. Penyerapan tidak menghasilkan pemancaran sinar pendafloor.
5. Indeks refraksi larutan tidak tergantung pada konsentrasi, di mana hukum Lambert-Beer tidak berlaku untuk larutan dengan konsentrasi tinggi (Riyanto, 2009).

3.3.3 Spektrofotometri sinar tampak (*visible*)

Spektrofotometri visible disebut juga spektrofotometri sinar tampak. Yang dimaksud sinar tampak adalah sinar yang dapat dilihat oleh mata manusia. Cahaya yang dapat dilihat oleh mata manusia adalah cahaya dengan panjang gelombang 400-800 nm dan memiliki energi sebesar 299-149 KJ/mol.

Elektron pada keadaan normal atau berada pada kulit atom dengan energi terendah disebut keadaan dasar (*ground-state*) Energi yang dimiliki sinar tampak mampu membuat elektron tereksitasi dari keadaan dasar menuju kulit atom yang memiliki energi lebih tinggi atau menuju keadaan tereksitasi.

Cahaya yang diserap oleh suatu zat berbeda dengan cahaya yang ditangkap oleh mata manusia. Cahaya yang tampak atau cahaya yang dilihat dalam kehidupan sehari-hari disebut warna komplementer. Misalnya suatu zat akan berwarna orange bila menyerap sinar biru dari spektrum warna tampak dan suatu zat akan berwarna hitam bila menyerap semua warna yang terdapat pada spektrum sinar tampak (Wood, 1984). Untuk lebih jelasnya perhatikan tabel berikut ini:

Tabel 2. Warna pada spektrum sinar tampak

Panjang gelombang (nm)	Warna-warna yang diserap	Warna komplementer
400-435	Ungu	Hijau kekuningan
435-480	Biru	Kuning
480-490	Biru-kehijauan	Jingga
490-500	Hijau kebiruan	Merah
500-560	Hijau	Ungu kemerahan
560-580	Hijau kekuningan	Ungu
580-595	Kuning	Biru
595-610	Jingga	Hijau kebiruan
610-800	Merah	Biru kehijauan

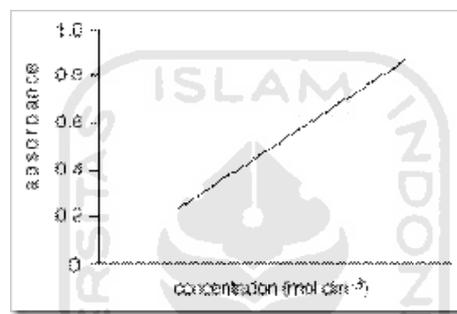
Pada spektrofotometer sinar tampak, sumber cahaya biasanya menggunakan lampu tungsten yang sering disebut lampu wolfram. Wolfram merupakan salah satu unsur kimia, dalam tabel periodik unsur wolfram termasuk golongan unsur transisi tepatnya golongan VIB atau golongan 6 dengan simbol W dan nomor atom 74, Wolfram digunakan sebagai lampu pada spektrofotometri tidak terlepas dari sifatnya yang memiliki titik didih yang sangat tinggi yakni 5930°.

Panjang gelombang yang digunakan untuk melakukan analisis adalah panjang gelombang dimana suatu zat memberikan penyerapan paling tinggi yang disebut λ_{maks} . Hal ini disebabkan jika pengukuran dilakukan pada panjang gelombang yang sama, maka data yang diperoleh semakin akurat atau kesalahan yang muncul semakin kecil.

Berdasarkan hukum Beer absorbansi akan berbanding lurus dengan konsentrasi, karena b atau l harganya 1 cm dapat diabaikan dan c merupakan suatu

tetapan. Artinya konsentrasi makin tinggi, begitupun sebaliknya konsentrasi makin rendah absorbansi yang dihasilkan makin rendah.

Hubungan antara absorbansi terhadap konsentrasi akan linear ($A \approx C$) apabila nilai absorbansi larutan antara 0,2-0,8 ($0,2 \leq A \leq 0,8$) atau sering disebut sebagai daerah berlaku hukum Lambert-Beer. Kurva kalibrasi hubungan antara absorbansi versus konsentrasi dapat dilihat pada Gambar.



Gambar 14. Kurva hubungan absorbansi vs konsentrasi

3.3.4 Spektrofotometri UV (ultra violet)

Spektrofotometri UV dengan panjang gelombang 100-400nm. Sinar ultraviolet terbagi menjadi dua jenis yaitu ultraviolet jauh dan ultra violet dekat. Ultraviolet jauh memiliki rentang panjang gelombang $\pm 10\text{nm}-200\text{nm}$, sedangkan ultraviolet dekat memiliki rentang panjang gelombang $\pm 200-380\text{ nm}$. Cahaya UV tidak bisa dilihat oleh manusia, namun beberapa hewan termasuk burung, reptil dan serangga seperti lebah dapat melihat sinar pada panjang gelombang UV.

Pada spektrometer UV biasanya menggunakan lampu deuterium atau disebut juga heavy hidrogen sebagai sumber cahaya. Deuterium merupakan salah

satu isotop hidrogen yang memiliki 1 proton dan 1 neutron. Deuterium berbeda dengan hidrogen yang hanya memiliki 1 neutron tanpa proton.

3.3.5 Spektrofotometri UV-Vis

Sesuai dengan namanya, Spektrofotometri UV-Vis merupakan gabungan antara spektrofotometri UV dan Visible. Pada spektrofotometer UV-Vis menggunakan dua buah sumber cahaya berbeda yakni sumber cahaya UV dan sumber cahaya visible.

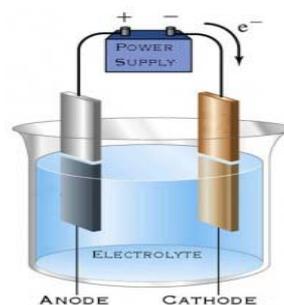
Kini spektrofotometer yang digunakan hanya menggunakan satu lampu sebagai sumber cahaya. Lampu yang digunakan sebagai sumber cahaya yaitu photodiode yang telah dilengkapi monokromator. Monokromator disini berfungsi untuk mengubah cahaya yang berasal dari sumber cahaya sehingga diperoleh cahaya hanya dengan satu jenis panjang gelombang (Riyanto, 2009).

3.4 Sel elektrolisis

Istilah elektrolisis berasal dari kata elektro (listrik) dan lisis yang berarti penguraian. Jadi, secara singkat elektrolisis dapat diartikan sebagai penguraian suatu zat atau senyawa oleh arus listrik, sedangkan peralatan yang digunakan oleh elektrolisis disebut sel elektrolisis. Pada sel galvanik reaksi redoks berlangsung tidak spontan agar reaksi redoks dapat berlangsung maka diperlukan sejumlah energi dari luar. Energi yang diperlukan pada proses elektrolisis merupakan arus listrik searah. Penguraian zat-zat elektrolit dengan arus listrik searah disebut elektrolisis. Sel elektrolisis pada dasarnya hampir sama dengan sel Galvani tetapi

tidak digunakan jembatan garam dan voltmeter diganti menggunakan sumber arus (biasanya baterai). Sel elektrolisis terdiri dari dua buah elektroda yang masing-masing dihubungkan dengan kutub-kutub sumber arus dan dimasukkan ke dalam bejana yang berisi zat elektrolit. Elektroda inert (sukar bereaksi) seperti platina, karbon (grafit) dan Emas.

Elektroda yang dihubungkan dengan kutub negatif sumber arus disebut katoda (-) sedangkan elektroda yang dihubungkan dengan kutub positif sumber arus disebut anoda (+). Saat elektrolisis dilakukan ion-ion yang bermuatan positif (kation) akan teroksidasi dan menempel pada elektroda yang digunakan pada katoda sehingga apabila dilakukan penimbangan katoda bertambah, sedangkan ion-ion yang bermuatan negatif (anion) akan tereduksi pada anoda sehingga elektroda yang diletakkan pada anoda massanya tidak berubah (tetap). Proses elektrolisis umumnya terdiri dari 2 tipe yaitu elektrolisis lelehan (leburan) dan elektrolisis larutan (S.M Kopkhar, 1990).



Gambar 15. Sel elektrolisis

3.5 Spektrofotometer Serapan Atom

3.5.1 Sistem atomisasi nyala

Setiap alat spektrometri atom akan mencakup dua komponen utama sistem introduksi sampel dan sumber atomisasi. Untuk kebanyakan instrumen sumber atomisasi ini adalah nyala dan sampel diintroduksi dalam bentuk larutan. Sampel dimasukkan nyala dalam bentuk aerosol. Aerosol biasanya dihasilkan oleh Nebulizer yang dihubungkan ke nyala oleh ruangan penyemprot (*chamber spray*).

Ada banyak variasi nyala yang telah dipakai bertahun-tahun untuk spektrometri atom. Namun demikian yang saat ini menonjol dan dipakai secara luas untuk pengukuran analitik adalah udara – asetilen dan nitrous oksida – asetilen. Dengan kedua jenis nyala ini, kondisi analisis yang sesuai untuk kebanyakan analit (unsur yang dianalisis) dapat ditentukan dengan menggunakan metode-metode emisi, absorbansi, dan juga fluorensi.

1) Nyala udara-asetilen

Biasanya menjadi pilihan untuk analisis menggunakan AAS, temperatur nyalanya yang lebih rendah terbentuknya atom netral dan dengan nyala yang kaya bahan bakar pembentukan oksida dari banyak unsur yang dapat diminimalkan.

2) Nitrous oksida-asetilen

Dianjurkan dipakai untuk penentuan unsur-unsur yang mudah membentuk oksida dan sulit terurai. Hal ini disebabkan temperatur nyala yang dihasilkan relatif tinggi. Unsur-unsur tersebut adalah : Al, B, Mo, Si, So, Ti, V dan W.

Proses atomisasi adalah proses perubahan sampel dalam bentuk larutan menjadi spesies atom dalam nyala. Proses atomisasi ini akan berpengaruh terhadap hubungan antara konsentrasi atom analit dalam larutan dan sinyal yang diperoleh pada detektor dan dengan demikian sangat berpengaruh terhadap sensitivitas analisis. Secara ideal fungsi dari sistem atomisasi (*source*) yaitu :

- 1) Mengubah sembarang jenis sampel menjadi uap atom fasa-gas dengan sedikit perlakuan atau tanpa perlakuan awal .
- 2) Melakukan seperti pada poin (1) untuk semua elemen (unsur) dalam sampel pada semua level konsentrasi.
- 3) Agar diperoleh kondisi operasi yang identik untuk setiap elemen dan sampel.
- 4) Mendapatkan sinyal analitik sebagai fungsi sederhana dari konsentrasi tiap-tiap elemen, yakni agar gangguan pengaruh matriks (media) sampel menjadi minimal.
- 5) Memberikan analisis yang teliti dan tepat.
- 6) Mendapatkan harga beli, perawatan dan pengoperasian yang murah.
- 7) Memudahkan operasi

3.5.2 Sistem atomisasi dengan elektrotermal atau tungku

Sistem nyala api ini lebih dikenal dengan nama GFAAS. GFAAS dapat mengatasi kelemahan dari sistem nyala seperti sensitivitas, jumlah sampel dan penyiapan sampel. Ada tiga tahap atomisasi dengan tungku yaitu:

- a) Tahap pengeringan atau penguapan larutan.
- b) Tahap pengabuan atau penghilangan senyawa-senyawa organik.

c) Tahap atomisasi.

Unsur-unsur yang dapat dianalisis dengan menggunakan GFAAS adalah sama dengan unsur-unsur yang dapat dianalisis dengan sistem nyala. Beberapa unsur yang sama sekali tidak dapat dianalisis dengan GFAAS adalah tungsten, Hf, Nd, Ho, La, LuOs, Br, Re, Sc, Ta, U, W, Y dan Zr. Hal ini disebabkan karena unsur tersebut dapat bereaksi dengan graphit. Penggunaan GFAAS memerhatikan hal-hal berikut:

1. Jangan menggunakan media klorida, lebih baik menggunakan nitrat.
2. Sulfat dan fosfat bagus untuk pelarut sampel, biasanya setelah sampel ditempatkan dalam tungku.
3. Gunakan cara adisi sehingga jika sampel ada interferensi dapat terjadi pada sampel dan standard (Riyanto, 2009).

3.6 Elektrolit

Elektrolit merupakan suatu zat yang larut atau terurai kedalam bentuk ion-ion dan selanjutnya larutan menjadi konduktor elektrolit, ion-ion merupakan atom-atom bermuatan elektrik. Elektrolit bisa berupa garam. Beberapa gas tertentu dapat berfungsi sebagai elektrolit pada kondisi tertentu misalnya pada suhu tinggi atau tekanan rendah. Elektrolit kuat identik dengan asam, basa dan garam kuat. Elektrolit merupakan senyawa yang berikatan ion merupakan elektrolit sebagai contoh ikatan ion NaCl yang merupakan salah satu jenis garam yakni garam dapur, NaCl dapat menjadi elektrolit dalam bentuk larutan dan lelehan, atau

bentuk liquid atau aqueos. Sedangkan dalam bentuk solid atau padatan senyawa ion tidak dapat berfungsi sebagai elektrolit (Kopkhar, 1990).

3.7 Hipotesis

Dari dasar teori dan tinjauan pustaka maka metilen biru dapat didegradasi dengan elektroda *stainless steel*.



BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Alat dan Bahan Penelitian

4.1.1 Alat-alat yang digunakan

Alat yang digunakan meliputi sel elektrolisis yang dilengkapi dengan sumber arus, ampermeter DT 830 Digital Multimeter, Voltmeter IC Regulated DC Power Supply Thunder, Pengaduk magnet, Alat-alat gelas, Spektrofotometer UV-Vis U-2010 Hitachi, AAS, lemari asam.

4.1.2 Bahan-bahan yang digunakan

Metilen Biru buatan Merck, logam stainless steel digunakan sampel sendok, HNO₃, HCl, NaCl, Fe standar, Cr standar, Ni standar.

4.2 Cara Kerja Penelitian

4.2.1 Analisis Stainless steel menggunakan AAS

Sebelum digunakan untuk elektroda stainless steel dianalisis menggunakan AAS untuk mengetahui logam apa saja yang ada dalam stainless steel. Preparasi dari Beach Lucinda, Agilent Technologies yaitu 2 gram stainless steel dimasukkan dalam 25 mL 1:1 HCl/HNO₃ dipanaskan pada lemari asam sampai coklatnya hilang lalu diencerkan dengan aquades pada labu ukur 250 mL, kemudian larutan itu dianalisa Fe, Ni, Cr dengan menggunakan AAS.

4.2.2 Pembuatan Larutan Metilen Biru dengan konsentrasi 400; 20; dan 6,7 ppm

Sebelum melakukan elektrolisis, terlebih dahulu dibuat larutan metilen biru dengan konsentrasi 400; 20; dan 6,7 ppm di mana larutan metilen biru dengan

konsentrasi 400 ppm merupakan larutan induk yang akan digunakan untuk membuat larutan metilen biru dengan konsentrasi 20 dan 6,7 ppm.

4.2.2.1 Pembuatan Larutan Metilen Biru 400 ppm

Untuk membuat larutan metilen biru dengan konsentrasi 400 ppm dilakukan dengan cara menimbang sebanyak 400 mg senyawa metilen biru dalam bentuk padatnya kemudian 400 mg metilen biru tersebut dilarutkan dalam akuades sampai volumenya 1000 mL pada labu ukur 1000 mL lalu didapatkan larutan metilen biru dengan konsentrasi 400 ppm.

4.2.2.2 Pembuatan Larutan Metilen Biru 20 ppm

Untuk membuat larutan metilen biru dengan konsentrasi 20 ppm dilakukan dengan cara mengambil sebanyak 12,5 mL larutan metilen biru 400 ppm dari larutan induk lalu kemudian diencerkan sampai volume 250 mL dengan aquadest pada labu ukur 250 mL dan didapatkan larutan metilen biru dengan konsentrasi 20 ppm.

4.2.2.3 Pembuatan Larutan Metilen Biru 6,7 ppm

Untuk membuat larutan metilen biru dengan konsentrasi 6,7 ppm dilakukan dengan cara mengambil sebanyak 16,75 mL larutan metilen biru 400 ppm dari larutan induk kemudian diencerkan sampai volumenya 1000 mL dengan aquades pada labu ukur 1000 mL lalu didapatkan larutan metilen biru dengan konsentrasi 6,7 ppm.

4.2.3 Analisis Metilen Biru

Analisis Metilen Biru dilakukan sebelum dan setelah elektrolisis. Analisis ini dilakukan dengan menggunakan Spektrofotometer UV-Vis pada daerah

dengan panjang gelombang antara 190 nm-800 nm. Analisis ini bertujuan untuk membandingkan karakteristik senyawa metilen biru sebelum dan sesudah elektrolisis. Bila terjadi perubahan pada Metilen Biru setelah dielektrolisis, dan perubahan ini menunjukkan hasil yang baik maka degradasi metilen biru dengan elektrolisis dapat dikatakan berhasil.

4.2.4 Pembuatan sel elektrolisis

Sel elektrolisis didesain dengan memperhatikan tempat pengadukan, tempat elektroda kerja dan pembanding. Jarak antara katoda dan anoda dibuat tetap. Jarak antara katoda dan anoda dibuat tetap karena jarak ini dapat mempengaruhi hasil elektrolisis. Sel elektrolisis dibuat dari kaca dengan volume maksimum 100 mL. Luas dari elektroda stainless steel 2 cm.

4.2.5 Elektrolisis Senyawa Metilen Biru

Senyawa metilen biru 6,7 ppm diambil sebanyak 50 mL dimasukkan dalam sel elektrolisis, seterusnya katoda dan anoda dimasukkan dalam larutan Metilen Biru. Elektrolisis dijalankan dengan menggunakan variasi tegangan, waktu elektrolisis, serta konsentrasi NaCl yang ditambahkan. Larutan setelah dielektrolisis diambil dan dianalisis karakteristik metilen biru sebelum dan sesudah elektrolisis.

4.2.6 Analisis dengan Spektrofotometer UV-Vis

Larutan Metilen Biru, sebelum dielektrolisis diambil sebagian kemudian dilakukan analisis dengan Spektrofotometer UV-Vis pada daerah UV-Vis yaitu 190-800 nm. Hal yang sama dilakukan pada larutan hasil elektrolisis metilen biru

kemudian spektra hasil analisis dibandingkan antara sebelum elektrolisis dan setelah elektrolisis apakah terjadi penurunan absorbansi atau tidak. Bila terjadi penurunan absorbansi, maka elektrolisis dikatakan berhasil, semakin tinggi penurunan absorbansi yang ditunjukkan setelah elektrolisis maka semakin baik tingkat elektrolisis yang dilakukan.

4.2.7 Optimasi kondisi elektrolisis meliputi potensial, waktu elektrolisis, dan konsentrasi NaCl yang ditambahkan.

Optimasi beberapa variabel yang mempengaruhi hasil elektrolisis perlu dilakukan seperti arus dan waktu elektrolisis. Menurut Bockris & Drazic (1972) variabel yang sangat berpengaruh dalam elektrolisis adalah arus, potensial, dan waktu elektrolisis. Potensial divariasikan dari 2; 3,5; 5,5; 6,5; 7,5; dan 8,5 V. Waktu elektrolisis dapat divariasikan yaitu 3, 6, 9, 12, 15 menit, dan 1 jam. Selain potensial dan waktu elektrolisis, ada variabel lagi yang divariasikan yaitu konsentrasi NaCl yang ditambahkan. Variasi konsentrasi NaCl ini yaitu 0,01; 0,02; 0,03; 0,03; 0,04; 0,05; 0,08; 0,1; 0,3; dan 1 gram.

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Hasil analisis *stainless steel* menggunakan AAS

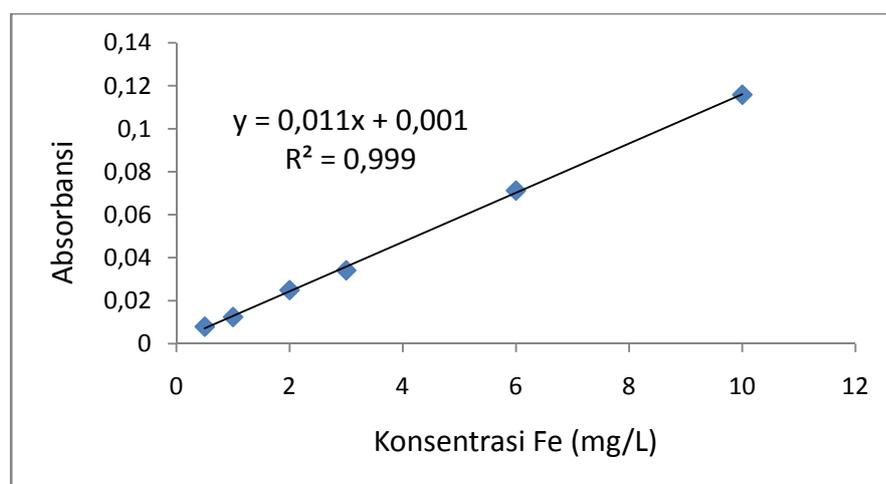
Analisis logam *stainless steel* dilakukan dengan mengambil sampel sendok. Sampel diambil seberat 2,14 gram menggunakan gergaji besi. Pengaruh gergaji besi yang kemungkinan ikut pada saat pemotongan dicuci dengan aquades dan dipanaskan pada suhu 105°C. Sampel 2,14 gram didestruksi dengan HCl pekat 12,5 mL dan HNO₃ pekat 12,5 mL. Warna terjadi perubahan sebelum pemanasan larutan asamnya bewarna kuning jernih, pada pemanasan dalam lemari asam sampai uapnya hilang terjadi endapan hitam kecoklatan (coklat hitam pekat) dan diencerkan dengan aquades 250 mL. Hasil pengenceran larutan berwarna coklat tua, karena terlalu pekat maka destruksi kurang sempurna. Larutan tidak bisa dianalisis menggunakan AAS, karena pada kerja AAS larutan harus bening supaya sinar yang dipancarkan dapat terbaca dan tidak tersumbat. Fungsi dari penggunaan asam yang pekat ditambah pemanasan adalah untuk menyempurnakan destruksi. Destruksi sempurna terjadi jika hasil larutan menjadi bening. Hasil destruksi tidak sempurna disebabkan karena terlalu banyak sampel *stainless steel*.

Preparasi *stainless steel* pertama tidak berhasil maka dilakukan preparasi *stainless steel* kedua dengan mengurangi beratnya menjadi 0,16 gr. Sampel diperlakukan sama yaitu *stainless steel* dicuci dengan aquades kemudian dipanaskan pada 108°C dilarutkan pada 25 mL HCl pekat dan 25 mL HNO₃ pekat sambil dipanaskan dalam lemari asam mula-mula cairan berwarna kuning bening

setelah beberapa waktu pemanasan warnanya berubah menjadi hitam coklat terus dilakukan pemanasan sampai larutan berwarna hijau bening, kemudian diencerkan dalam 250 mL aquades dan dianalisis dengan AAS. Saat menganalisis dengan AAS sampel diencerkan 100 kali untuk Fe dan Cr, sedangkan pada analisis Ni tanpa pengenceran karena konsentrasinya kecil. Data hasil pengukuran dengan AAS untuk pembuatan kurva kalibrasi Fe ditunjukkan pada Tabel 3 sebagai berikut:

Tabel 3. Data kurva kalibrasi AAS untuk logam Fe

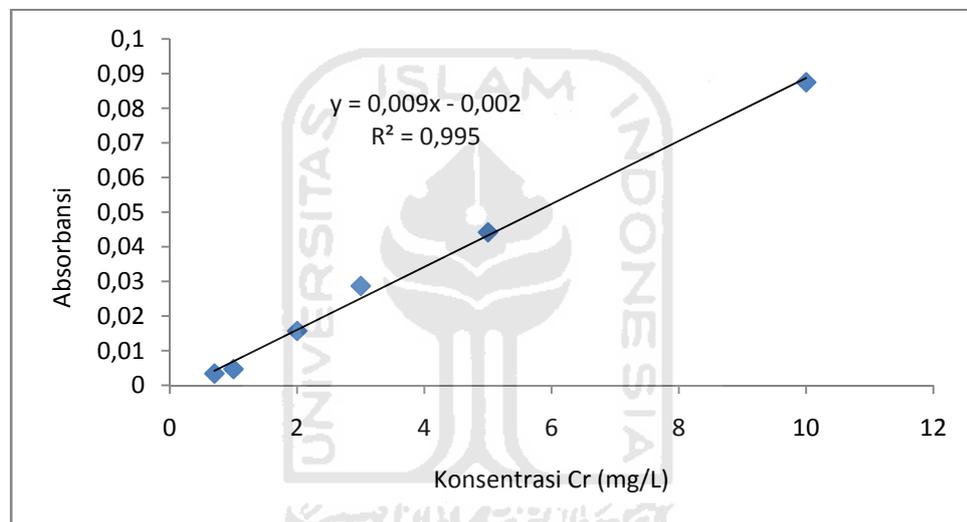
Larutan Fe	Konsentrasi Fe (mg/L)	Absorbansi
Standar 1	0,5	0,0079
Standar 2	1	0,0124
Standar 3	2	0,0249
Standar 4	3	0,0341
Standar 5	6	0,0712
Standar 6	10	0,1158
Sampel rata-rata		0,0392 dengan pengenceran 100 kali



Gambar 16. Kurva kalibrasi Fe dengan AA

Tabel 4. Data kurva kalibrasi AAS untuk logam Cr

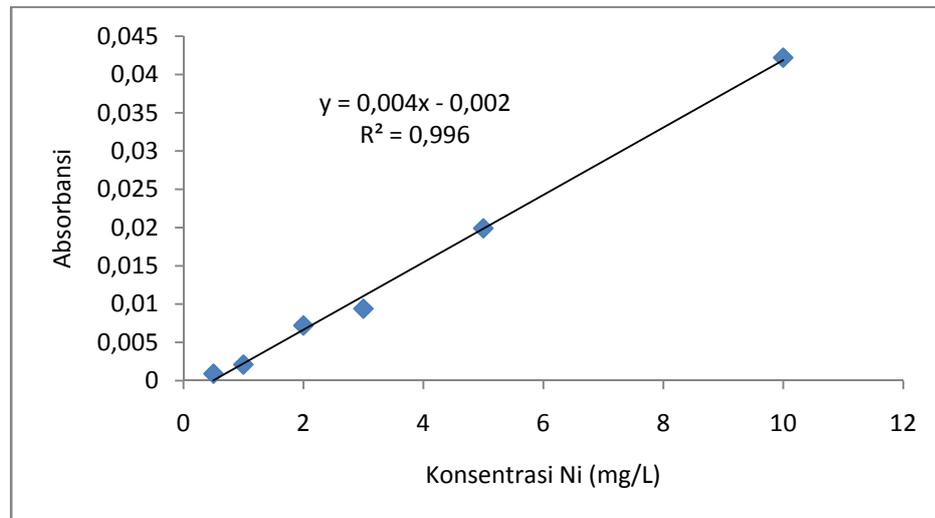
Larutan standar	Konsentrasi Cr (mg/L)	Absorbansi
Standar 1	0,5	0,0034
Standar 2	1	0,0047
Standar 3	2	0,0157
Standar 4	3	0,0287
Standar 5	5	0,0442
Standar 6	10	0,0875
Sampel Cr pengenceran 100 kali		0,0071



Gambar 17. Kurva kalibrasi Cr dengan AAS

Tabel 5. Data kurva kalibrasi AAS untuk logam Ni

Larutan standar	Konsentrasi	Absorbansi
Standar 1	0,5	0,0009
Standar 2	1	0,0021
Standar 3	2	0,0072
Standar 4	3	0,0094
Standar 5	5	0,0199
Standar 6	10	0,0422
sampel		0,0018



Gambar 18. Kurva kalibrasi Ni dengan AAS

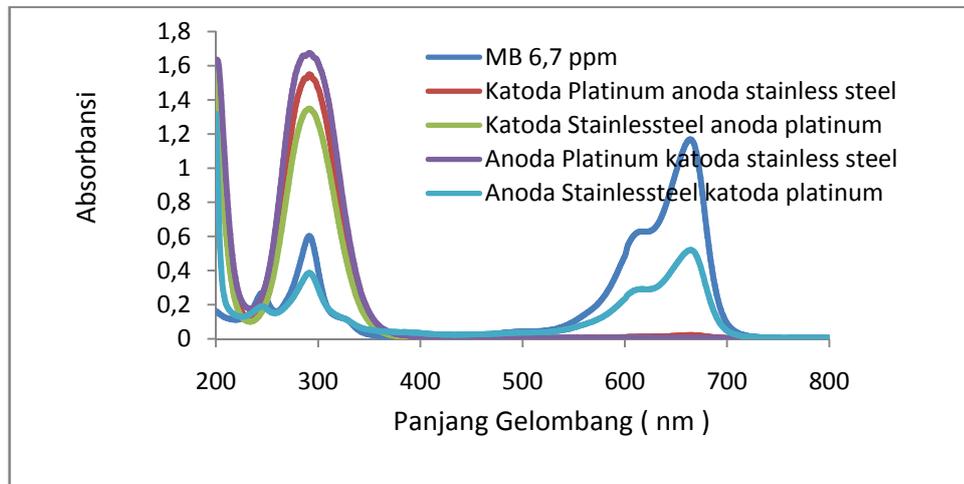
Konsentrasi Fe, Ni dan Cr dihitung dengan metode kurva kalibrasi. Metode ini dibuat suatu seri larutan standar dengan berbagai konsentrasi dan absorbansi dari larutan tersebut kemudian diukur dengan AAS. Grafik dibuat dengan membandingkan konsentrasi (C) dengan absorbansi (A) yang merupakan garis lurus melewati titik nol dengan slope= $\epsilon \cdot b$ atau konsentrasi larutan sampel dapat dicari setelah absorbansi larutan sampel diukur dan diinterpolasi ke dalam kurva kalibrasi atau dimasukkan kedalam persamaan garis lurus yang diperoleh menggunakan program regresi linier pada kurva kalibrasi.

Tabel 6. Konsentrasi hasil AAS logam *stainless steel* pada sampel

Sampel	Konsentrasi (mg/Kg)	Konsentrasi (%)
Fe	$54,25 \times 10^4$	54,25%
Cr	$15,7984 \times 10^4$	15,79%
Ni	$1,484 \times 10^4$	1,484%

5.2 Pembuktian *stainless steel* sebagai anoda dan katoda

Langkah selanjutnya melakukan pembuktian bahwa *stainless steel* dapat anoda dan platina sebagai katoda. Metilen biru 50 mL di tambah 0,5 gram NaCl dielektrolisis selama 15 menit pada tegangan 7,5 volt (Relita, 2010). Percobaan tersebut berhasil merubah warna biru menjadi putih pada menit ke 10. *Stainless steel* diuji cobakan sebagai katoda dan platina sebagai anoda. Metilen biru 50mL di tambah 0,5 gr NaCl di elektrolisis selama 15 menit pada tegangan 7,5 volt. Hasil dari elektrolisis tersebut pada menit ke 10, warna masih putih kebiruan, tapi pada menit ke 15 sudah menjadi putih. Langkah selanjutnya merangkai alat elektrolisis *stainless steel* sebagai anoda dan platina sebagai katoda. Metilen biru 50 mL ditambah 0,5 gr NaCl dielektrolisis selama 15 menit pada tegangan 7,5 volt. Ada perubahan warna signifikan yaitu pada menit pertama metilen biru berubah menjadi hijau, menit berikutnya berubah berwarna coklat teh bening, kemudian coklat semakin gelap kemudian coklat kehijauan dan terjadi gumpalan gumpalan hitam, akhirnya gumpalan didiamkan mengendap ke bawah, sedangkan cairan di atasnya tetap berwarna biru metilen biru. Hasil spektrofotometer UV-Vis adalah sebagai berikut



Gambar 19. Grafik degradasi metilen biru 6,7 ppm pada pembuktian elektroda *stainless steel*

Tabel 7. Data persentase metilen biru 6,7 ppm yang terdegradasi dengan penambahan 0,5 gr NaCl pada tegangan 7,5 Volt

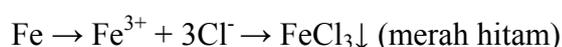
No		Absorbansi	% Degradasi daerah Visibel (664 nm)	% Degradasi daerah UV (291 nm)
1	Sebelum Elektrolisis	1,168	0	
2	Anoda <i>Stainless steel</i> katoda platinum	0,520	55,48%	52,49
3	Anoda Platinum katoda platinum	0	100%	-
4	Katoda <i>Stainless steel</i> anoda platinum	0	100%	-
5	Katoda Platinum anoda platinum	0,022	98,22%	-

Hasil dari Spektrofotometer UV-Vis membuktikan bahwa *stainless steel* dapat digunakan sebagai katoda dan sebagai anoda. Degradasi 100% di daerah visibel terjadi pada *stainless steel* sebagai katoda sedangkan *stainless steel* sebagai anoda terjadi degradasi 55,48% dan endapan. Gambar 19 menunjukkan pada daerah visible, penggunaan katoda *stainless steel* dan anoda platina absorbansinya 0, tetapi pada daerah uv semakin tinggi. *Stainless steel* sebagai anoda dan platina sebagai katoda menunjukkan bahwa absorbansi pada daerah UV turun. Panjang

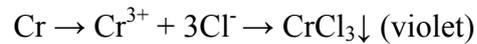
gelombang 291 nm katoda platinum absorbansinya 1,548 dan panjang gelombang 245 nm absorbansinya 0,195, sedangkan penggunaan katoda *stainless steel* pada panjang gelombang 291 nm absorbansinya 1,348 dan pada panjang gelombang 245 nm absorbansinya 0,159.

5.3 Data Hasil Analisis dengan Spektrofotometer UV-Vis pada elektrolisis dengan *stainless steel* sebagai anoda

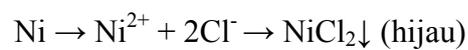
Elektrolisis dilakukan dengan sel elektrolisis platina sebagai katoda dan *stainless steel* sebagai anoda. Reaksi oksidasi terjadi di elektroda *stainless steel* sedangkan reaksi reduksi terjadi di elektroda platina. Sel elektrolisis dikenai tegangan 8 Volt pada sampel 50 mL metilen biru ditambah 0,5 gr NaCl sebagai elektrolit. Hasil reaksi pada elektrolisis ini terjadi perubahan warna dari warna biru mula mula hijau, coklat dan terjadi gumpalan yang di dominasi warna merah hitam. Elektrolisis pada waktu 15 menit, hasil elektrolisis disaring untuk memisahkan endapan. Endapan tersebut merupakan logam dari elektroda anoda *stainless steel* yang menarik elektron (ion negatif) dari larutan metilen biru yaitu Cl^- . Elektroda katoda platina sebagai pensuplai ion negatif ke dalam larutan metilen biru menyebabkan terjadinya reaksi reduksi. Endapan itu didominasi dengan warna merah hitam sebagai endapan unsur logam terbanyak pada *stainless steel* yaitu besi (Fe) yang bereaksi dengan Cl^- karena adanya reaksi oksidasi pada anoda sehingga membentuk endapan FeCl_3 (Sugiyarto Kristian, Retno, Suyanti, 2010).



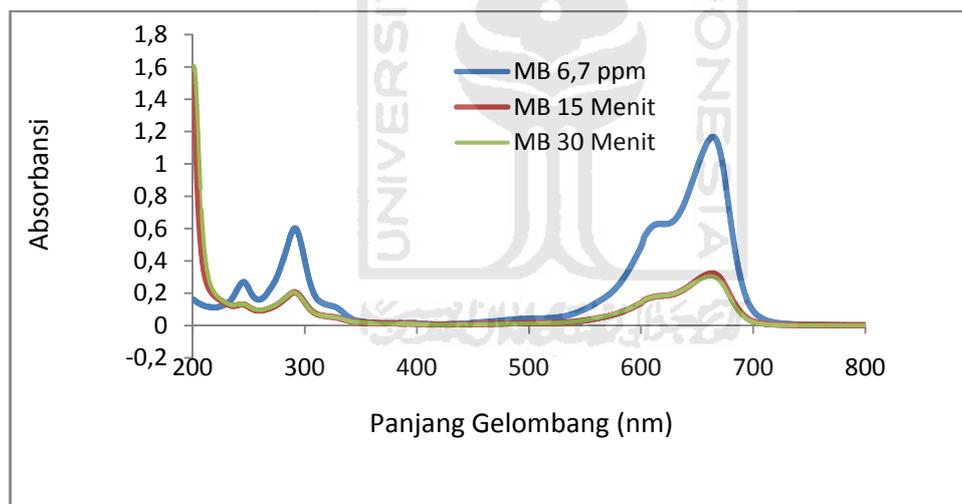
Endapan logam lain yang terjadi adalah pada Cr dan Cl⁻ menjadi endapan CrCl₃ berwarna violet (Anonim, 2010). Reaksi yang terjadi sebagai berikut:



Endapan berwarna hijau terjadi karena reaksi Ni dan Cl⁻ membentuk NiCl₂ menurut reaksi sebagai berikut:



Sampel selanjutnya dielektrolisis selama 30 menit dan endapan yang dihasilkan semakin banyak.



Gambar 20. Grafik degradasi metilen biru 6,7 ppm menggunakan anoda *stainless steel* dan katoda platinum

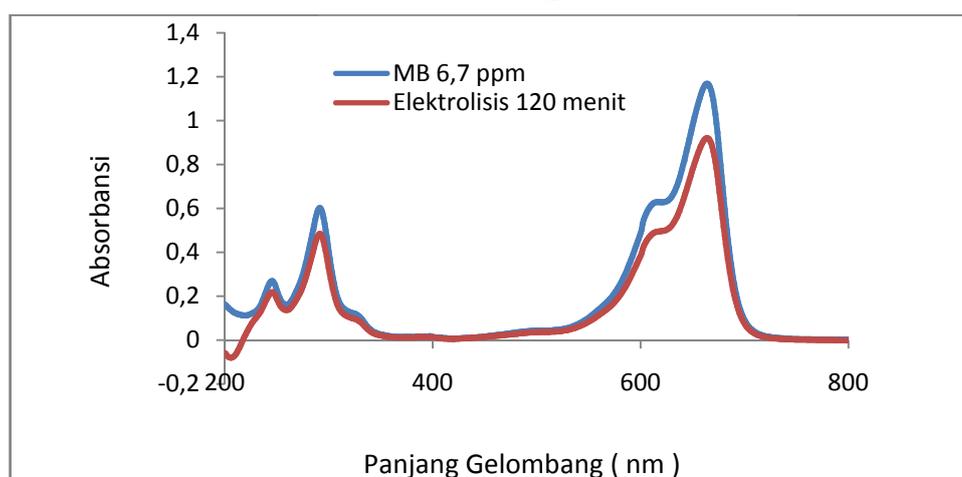
Tabel 8 . Data persentase metilen biru 6,7 ppm yang terdegradasi dengan penambahan 0,5 gram NaCl pada tegangan 8 Volt menggunakan anoda *stainless steel* dan katoda platinum

Sampel	Waktu elektrolisis (menit)	Absorbansi	% Degradasi daerah visibel (664 nm)	% Degradasi daerah UV (291 nm)
MB sebelum elektrolisis		1,168	0	0
1	15	0,323	72,35	65,78
2	30	0,303	74,04	65,95

Gambar 20 dan tabel 8 menunjukkan hasil degradasi setelah elektrolisis dan di analisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada daerah UV maupun visibel terjadi penurunan absorbansi. Puncak daerah visibel pada panjang gelombang 664 nm pada metilen biru 6,7 ppm mula mula absorbansinya 1,168, setelah elektrolisis selama 15 menit, 30 menit menjadi 0,323, 0,303. Puncak daerah UV pada elektrolisis 15 menit dan 30 menit turun dari sampel 6,7 ppm pada panjang gelombang 291 nm absorbansinya 0,602 menjadi 0,206 dan 0,205.

5.4 Data Hasil Analisis dengan Spektrofotometer UV-Vis pada elektrolisis dengan *stainless steel* sebagai katoda

Analisis dilakukan dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis untuk mengetahui absorpsi dari senyawa metilen biru sebelum dan sesudah elektrolisis. Data hasil pengamatan selama dilakukan elektrolisis dan spektra yang ditunjukkan setelah dilakukan analisis dengan spektrofotometer UV-Vis dapat dilihat pada gambar 21 dan tabel 9 sebagai berikut:



Gambar 21. Grafik degradasi metilen biru 6,7 ppm setelah elektrolisis 120 menit menggunakan *stainless steel* sebagai katoda dan platinum sebagai anoda

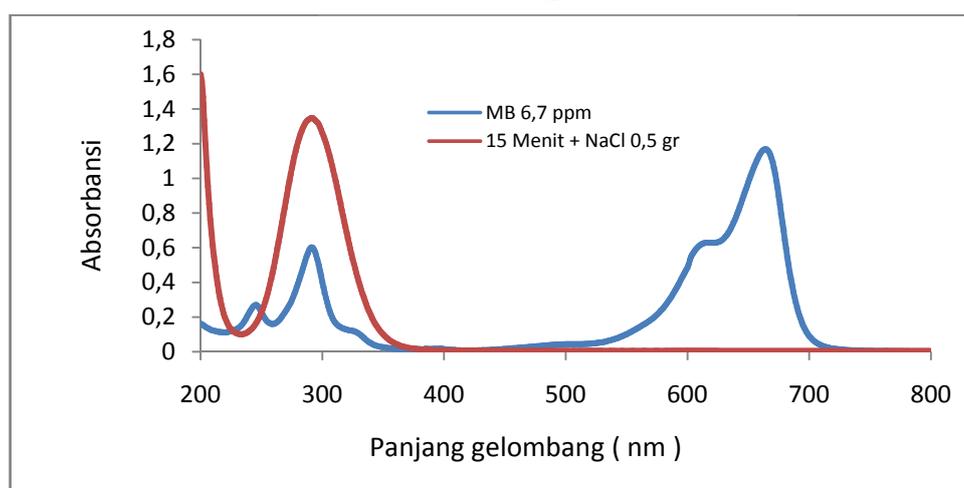
Tabel 9. Data persentase metilen biru 6,7ppm yang terdegradasi setelah elektrolisis selama 120 menit menggunakan *stainless steel* sebagai katoda dan platinum sebagai anoda

Sampel	Waktu Elektrolisis (menit)	Tegangan (V)	Absorbansi	% Degradasi daerah Visibel (664 nm)	% Degradasi daerah UV (291 nm)
MB sebelum elektrolisis	0	0	1,168	0	
MB setelah elektrolisis	120	2	0,921	21,15%	19,6

Gambar 21 adalah gambar perbandingan antara metilen biru sebelum dilakukan elektrolisis dengan metilen biru setelah dilakukan elektrolisis selama 120 menit. Elektrolisis ini dilakukan dengan mengambil 50mL larutan metilen biru dengan konsentrasi 6,7 ppm kemudian dielektrolisis selama 120 menit. Hasil elektrolisis ini kemudian dianalisis dengan spektrofotometer UV-Vis dengan dibandingkan antara larutan metilen biru sebelum di elektrolisis dengan larutan yang sudah di elektrolisis selama 120 menit dengan tegangan 2 Volt, kemudian hasil spektranya ditunjukkan pada gambar diatas. Dari gambar diatas nampak bahwa telah terjadi penurunan absorbansi dari senyawa metilen biru setelah dilakukan elektrolisis. Hal ini terlihat pada gambar bahwa senyawa metilen biru sebelum elektrolisis dengan konsentrasi 6,7 ppm memiliki absorbansi 1,168 dan setelah dilakukan elektrolisis selama 120 menit pada tegangan 2 Volt absorbansinya turun menjadi 0,921. Dari nilai absorbansi yang ditunjukkan dapat dihitung senyawa metilen biru yang terdegradasi yaitu 21,15%.

5.5 Efek Penambahan NaCl pada Elektrolisis Senyawa Metilen Biru

Senyawa metilen biru adalah senyawa yang cukup stabil sehingga sulit untuk diuraikan kedalam bentuk ion-ionnya maka diperlukan arus yang sangat tinggi untuk dapat menguraikan senyawa metilen biru. Untuk itulah perlu ditambahkan elektrolit kedalam larutan dengan tujuan untuk mempermudah proses elektrolisis karena arus yang dihasilkan tanpa elektrolit sangat rendah sehingga sulit untuk menguraikan senyawa metilen biru yang cukup stabil. Elektrolit yang dimaksud adalah garam, dimana garam dilarutkan kedalam air akan terurai menjadi ion-ionnya dan sifat dari ion-ion ini adalah merupakan penghantar listrik yang baik sehingga dapat mempermudah proses elektrolisis. Garam tersebut ditambahkan kedalam larutan metilen biru, dalam hal ini adalah NaCl dimana didalam larutan akan terurai menjadi ion Na^+ dan Cl^- . Hasil dari elektrolisis setelah dilakukan penambahan NaCl kedalam larutan dapat dilihat pada tabel 10 dan gambar 25 berikut.



Gambar 22. Grafik degradasi metilen biru 6,7 ppm setelah penambahan NaCl 0,5 gram menggunakan *stainless steel* sebagai katoda dan platinum sebagai anoda

Tabel 10. Data persentase metilen biru 6,7ppm yang terdegradasi setelah penambahan 0,5 gr NaCl untuk elektrolisis menggunakan *stainless steel* sebagai katoda dan platinum sebagai anoda

Sampel	Waktu Elektrolisis (menit)	Tegangan (V)	Absorbansi	% Degradasi daerah Visibel (664 nm)	% Degradasi daerah UV (291 nm)
MB sebelum elektrolisis	0	0	1,168	0	
MB setelah elektrolisis	15	7,5	0,00	100%	

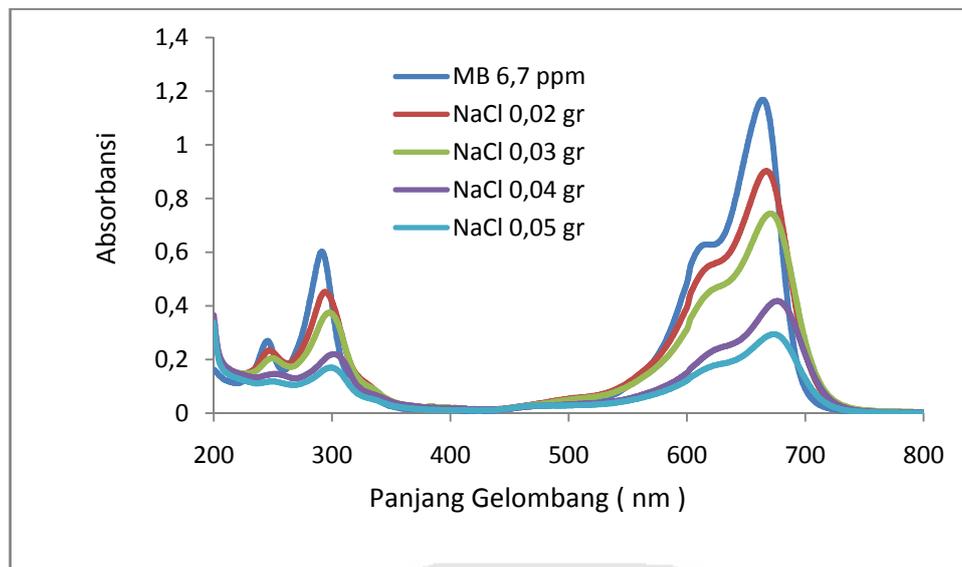
Gambar 22 adalah gambar perbandingan antara senyawa metilen biru dengan konsentrasi 6,7 ppm dengan metilen biru setelah dilakukan elektrolisis selama 15 menit dengan penambahan NaCl 0,5 gr ke dalam larutan metilen biru. Elektrolisis dilakukan dengan mengambil 50 mL larutan metilen biru dengan konsentrasi 6,7 ppm dalam 0,5 gr NaCl, kemudian dilakukan elektrolisis. Lima belas menit elektrolisis larutan sudah jernih dan hasil spektra dibandingkan dengan larutan metilen biru sebelum elektrolisis dengan setelah elektrolisis pada tegangan 7,5 Volt dan hasilnya diperoleh seperti pada gambar.

Gambar 22 nampak bahwa terjadi penurunan absorbansi yang sangat besar pada larutan metilen biru di daerah visible (tampak) menunjukkan garis lurus sedang pada daerah UV terjadi perubahan spektra yang semakin tinggi pada panjang gelombang 291 nm. Hal ini menunjukkan bahwa gugus aoksokrom dari metilen biru yang menyebabkan warna biru pada senyawa metilen biru telah lepas, gugus tersebut adalah $-N(CH_3)_2$. Dari gambar tersebut nampak bahwa setelah penambahan NaCl pada elektrolisis selama 15 menit pada tegangan 7,5 Volt persen senyawa yang terdegradasi adalah 100% di daerah visible, sedangkan

pada daerah UV asorbansi yang ditunjukkan semakin meningkat yaitu ditunjukkan pada panjang gelombang 291 nm, sebelum elektrolisis absorbansinya 0,602, setelah elektrolisis menjadi 1,673.

Data yang dihasilkan dari gambar diatas menunjukkan pita serapan, serapan yang dihasilkan terdapat pada panjang gelombang 291 nm. Pada serapan panjang gelombang 291 nm menunjukkan adanya transisi elektron $n \rightarrow \pi^*$. Transisi elektron $n \rightarrow \pi^*$ meliputi transisi-transisi elektron hetero atom tak berikatan orbital anti ikatan π^* merupakan serapan yang terjadi pada panjang gelombang yang panjang dan intensitasnya rendah. Pada spektra pada panjang gelombang 291 nm terjadi transisi elektron $n \rightarrow \pi^*$ yang menunjukkan adanya gugus karbonil ($-C=O:$), selain itu menunjukkan senyawa aromatik yaitu klor benzen. Senyawa yang mempunyai transisi elektron $n \rightarrow \pi^*$ biasanya mengabsorpsi cahaya pada daerah serapan 200-400 nm. Gugus kromofor yang menyebabkan transisi elektron $n \rightarrow \pi^*$ merupakan gugus yang mempunyai elektron pada orbital molekul tak berikatan maupun pada orbital π .

Elektrolisis dilakukan dengan penambahan NaCl bervariasi pada tegangan tetap dan waktu tetap yang bertujuan untuk mengetahui berat NaCl yang dibutuhkan secara optimum dalam mendegradasi metilen biru. variasi yang dilakukan adalah tahap pertama yaitu 0,02;0,03;0,04;0,05 (dalam gram) dihasilkan absorbansi pada gambar 23 dan tabel 11 berikut ini:



Gambar 23. Grafik degradasi metilen biru 6,7 ppm pada variasi berat NaCl menggunakan stainless steel sebagai katoda dan platinum sebagai anoda

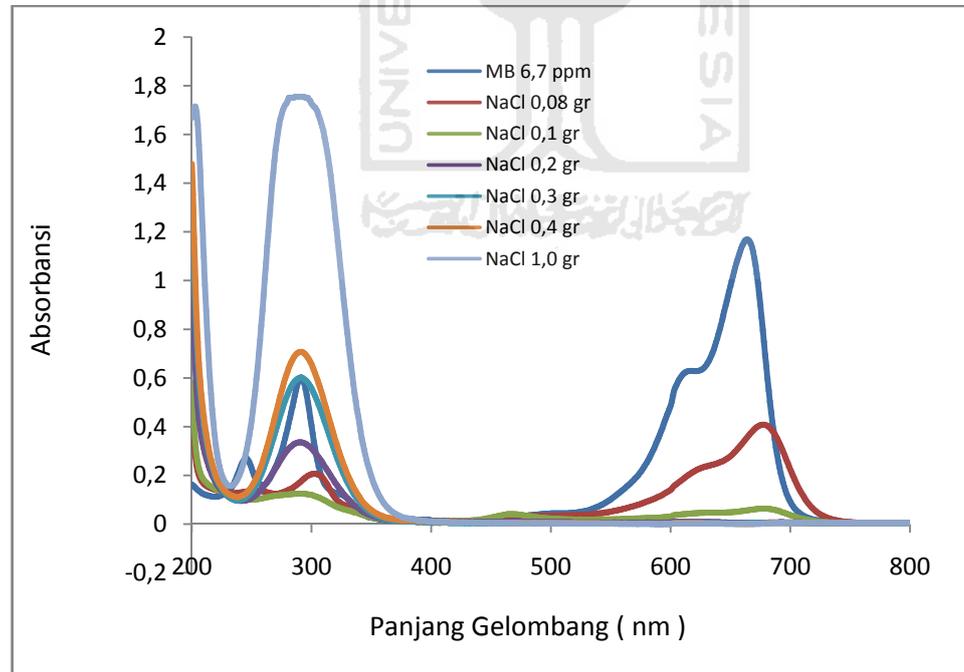
Tabel 11. Data hasil degradasi metilen biru variasi berat NaCl pada tegangan 7,5 Volt dan waktu 15 menit menggunakan *stainless steel* sebagai katoda dan platinum sebagai anoda

Sampel	Waktu (menit)	NaCl (gram)	Tegangan (Volt)	Absorbansi	% Degradasi daerah Visibel (664 nm)	% Degradasi daerah UV (291 nm)
Sebelum elektrolisis	0	0	0	1,168		
1	15	0,02	7,5	0,894	23,45	27,24
2	15	0,03	7,5	0,719	38,44	42,69
3	15	0,04	7,5	0,372	68,15	68,43
4	15	0,05	7,5	0,275	76,45	74,42

Pada daerah visible terjadi perubahan absorbansi seiring penambahan NaCl. Hasil penambahan NaCl pada variasi 0,02;0,03;0,04;0,05 (dalam gram) nampak bahwa absorbansi larutan mengalami penurunan sebanding dengan jumlah NaCl yang ditambahkan. Namun pada gambar ini belum didapat konsentrasi NaCl

optimum yang menjadikan larutan menjadi jernih setelah di elektrolisis, sehingga perlu dilakukan variasi penambahan NaCl dengan konsentrasi yang lebih tinggi. Daerah UV dari hasil elektrolisis nampak pada gambar 26 bahwa panjang gelombang 291 nm dan 245 nm mengalami penurunan sebanding dengan penambahan NaCl dimana absorbansi pada metilen biru 6,7 ppm adalah 0,602 dan 0,269, sedangkan pada penambahan konsentrasi NaCl paling tinggi yaitu pada penambahan 0,005 mempunyai absorbansi 0,154 dan 0,116.

Variasi selanjutnya adalah 0,08;0,10;0,20;0,30;0,40;1,00 (dalam gram), elektrolisis dilakukan pada tegangan 7,5 dengan waktu 15 menit. Hasil spektra ditunjukkan pada gambar 24 dan tabel 12 berikut:

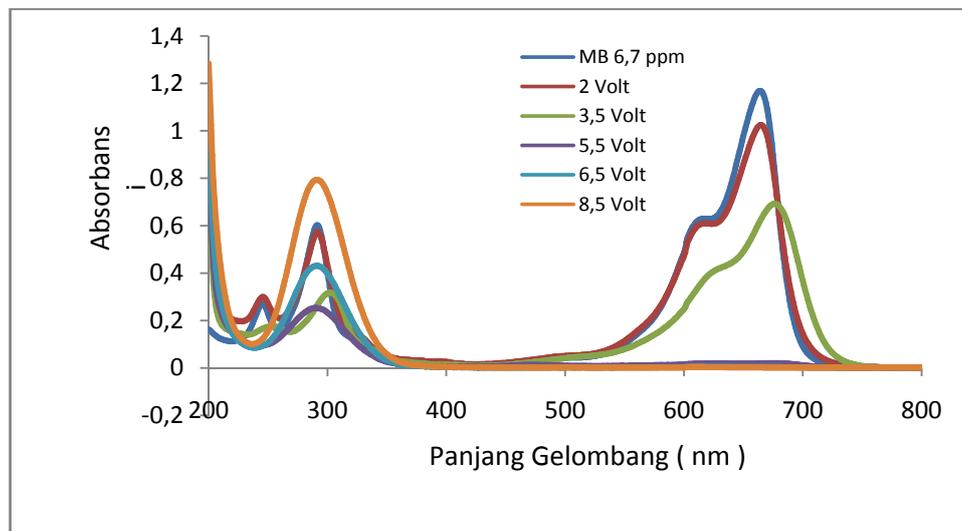


Gambar 24. Grafik degradasi metilen biru 6,7 ppm pada variasi berat NaCl menggunakan *stainless steel* sebagai katoda dan platinum sebagai anoda

Tabel 12. Data hasil degradasi metilen biru variasi berat NaCl pada tegangan 7,5 Volt dan waktu 15 menit menggunakan *stainless steel* sebagai katoda dan platinum sebagai anoda

Sampel	Waktu (menit)	NaCl (gram)	Tegangan (Volt)	Absorbansi	% Degradasi daerah Visibel (664 nm)	% Degradasi daerah UV (291 nm)
Sebelum elektrolisis	0	0	0	1,168		
1	15	0,08	7,5	0,356	69,52	71,1
2	15	0,10	7,5	0,056	95,2	79,24
3	15	0,20	7,5	0	100	44,18
4	15	0,30	7,5	0	100	0,17
5	15	0,40	7,5	0	100	-
6	15	1,00	7,5	0	100	-

Gambar 24 dan tabel 12 tersebut menunjukkan adanya penurunan absorbansi pada panjang gelombang puncak metilen biru yang belum dielektrolisis yaitu 664 nm yang mula-mula 1,168 ke absorbansi optimum 0 dan larutan menjadi jernih pada penambahan NaCl 0,2 gram. Penambahan konsentrasi kecil maka absorbansinya kecil, bisa dilihat pada penambahan NaCl 0,10 gram menunjukkan degradasi metilen biru pada daerah visible adanya penurunan absorbansi metilen biru sebelum dielektrolisis 1,168 menjadi 0,056, sedangkan pada penambahan konsentrasi NaCl selanjutnya di daerah visible terjadi degradasi sempurna. Pengamatan pada daerah UV terjadi penurunan absorbansi pada penambahan konsentrasi 0,08 gram dan 0,10 gram NaCl. Penurunan absorbansi pada penambahan 0,10 gram NaCl pada panjang gelombang metilen biru sebelum elektrolisis puncak 291 nm dan 245 nm yang absorbansinya 0,602 dan 0,269 menjadi 0,125 dan 0,102, tetapi pada penambahan konsentrasi NaCl berikutnya di daerah UV mengalami kenaikan absorbansi.



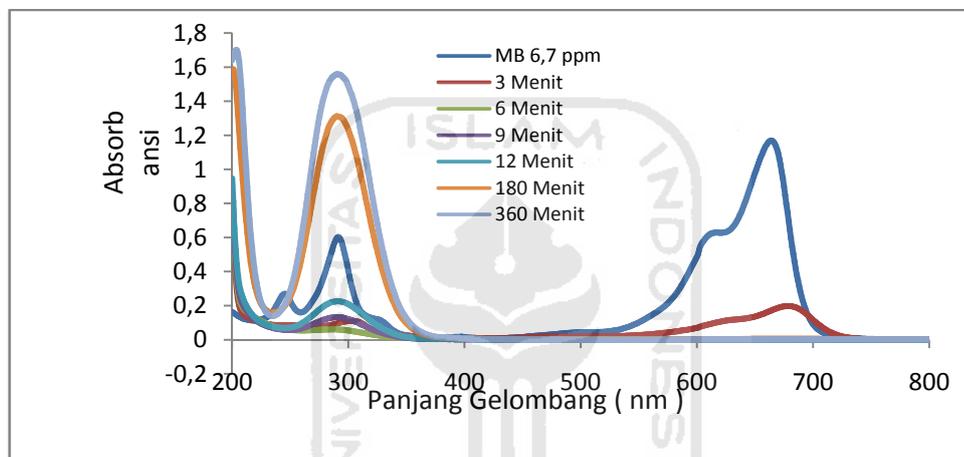
Grafik 25. Grafik degradasi metilen biru 6,7 ppm pada variasi tegangan menggunakan *stainless steel* sebagai katoda dan platinum sebagai anoda

Tabel 13. Data hasil degradasi metilen biru variasi tegangan pada penambahan NaCl 0,2 gram dan waktu 15 menit menggunakan *stainless steel* sebagai katoda dan platinum sebagai anoda

Sampel	Waktu (menit)	NaCl (gram)	Tegangan (Volt)	Absorbansi	% Degradasi daerah Visibel (664 nm)	% Degradasi daerah UV (291 nm)
Sebelum elektrolisis	0	0	0	1,168		
1	15	0,2	2,0	1,025	12,24	2,99
2	15	0,2	3,5	0,692	40,75	-
3	15	0,2	5,5	0,020	98,29	-
4	15	0,2	6,5	0	100	18,94
5	15	0,2	8,5	0	100	-

Gambar 25 dan tabel 13 tersebut adalah hasil elektrolisis dengan variasi tegangan yang diberikan pada saat elektrolisis. Setelah didapat konsentrasi NaCl optimum yaitu 0,2 gram yang ditambahkan pada larutan untuk larutan menjadi jernih dengan absorbansi 0,00, maka selanjutnya dilakukan elektrolisis variasi

tegangan yaitu 2,0;3,5;5,5;6,5;8,5 Volt. Data yang didapat adalah 6,5 Volt merupakan tegangan optimum larutan elektrolisis menjadi jernih dan absorbansi visible 0. Sedangkan pada daerah UV pada panjang gelombang 291 nm dan 245 nm menunjukkan absorbansi 0,588 dan 0,255 dari metilen biru 6,7 ppm sebelum elektrolisis memiliki absorbansi 0,602 dan 0,269, tetapi pada penambahan tegangan selanjutnya absorbansinya naik menjadi 0,613 dan 0,269.

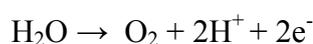
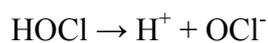
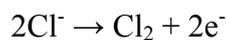


Gambar 26. Grafik degradasi metilen biru 6,7 ppm pada variasi waktu menggunakan *stainless steel* sebagai katoda dan platinum sebagai anoda

Tabel 14. Data hasil degradasi metilen biru variasi waktu dengan penambahan NaCl 0,2 gram menggunakan *stainless steel* sebagai katoda dan platinum sebagai anoda

Sampel	Waktu (menit)	NaCl (gram)	Tegangan (Volt)	Absorbansi	% Degradasi Daerah Visibel (664 nm)	% Degradasi Daerah UV (291 nm)
Sebelum elektrolisis	0	0	0	1,168		
1	3	0,2	6,5	0,198	83,05	84,05
2	6	0,2	6,5	0	100	90,03
3	9	0,2	6,5	0	100	78,07
4	12	0,2	6,5	0	100	62,46
5	180	0,2	6,5	0	100	-
6	360	0,2	8,5	0	100	-

Perlakuan elektrolisis pada variasi waktu ini berbeda dengan perlakuan sebelumnya. Elektrolisis sebelumnya katoda dan anoda sebelum dipakai tanpa pencucian dengan aquades terlebih dahulu, jadi katoda dan anoda langsung dicelupkan kedalam sampel metilen biru 6,7 ppm. Perlakuan elektrolisis pada variasi waktu ini, sebelum dicelupkan ke dalam sampel katoda dan anoda dicuci terlebih dahulu dengan aquades dan dibersihkan dengan tissue untuk menghilangkan pengaruh aquades dalam larutan tanpa mengubah tegangan yaitu 6,5 Volt. Data menunjukkan terjadi penurunan absorbansi pada panjang gelombang daerah visible 664 nm seiring bertambahnya waktu dengan penambahan konsentrasi NaCl 0,2 gram dan tegangan optimum 6,5 Volt. Daerah UV tampak pada gambar bahwa pada menit ketiga dan keenam terjadi penurunan puncak absorbansi mendekati 0,00, tetapi pada penambahan waktu selanjutnya yaitu pada menit ke sembilan dan seterusnya terjadi puncak absorbansi yang semakin tinggi. Elektrolisis yang dilakukan 360 menit pada tegangan 6,5 Volt menunjukkan pada daerah visible terdegradasi sempurna tetapi pada daerah UV menunjukkan absorbansi yang sangat tinggi. Reaksi yang terjadi pada degradasi metilen biru menurut Marco Panizza sebagai berikut:



BAB VI

PENUTUP

6.1 Kesimpulan

1. *Stainless steel* yang digunakan mengandung Fe 54,25 %, Cr 15,79 %, Ni 1,48 %.
2. Metilen biru dapat didegradasi menggunakan elektroda *stainless steel*.
3. Elektrolisis metilen biru tanpa elektrolit hasilnya tidak maksimal.
4. Degradasi metilen biru menggunakan elektrolisis pada katoda platinum dan anoda *stainless steel* mencapai 65,95% pada daerah UV dan 74,04% pada daerah visibel. Kondisi optimum sampel metilen biru 6,7 ppm dapat di degradasi dengan metode elektrolisis menggunakan katoda *stainless steel* dan anoda platinum pada penambahan 0,2 gram NaCl, waktu 6 menit dan tegangan 6,5 volt mencapai 100% pada daerah visibel.

6.2 Saran

1. Perlu dilakukan analisis lebih lanjut untuk mendegradasi senyawa metilen biru dengan metode elektrolisis menggunakan elektroda yang berbeda dan elektrolit yang berbeda.
2. Pada elektrolisis dengan menggunakan katoda platinum dan anoda *stainless steel* bisa digunakan untuk analisis elektro anorganik.

DAFTAR PUSTAKA

- Cotton dan Wilkinson, 2009, *Kimia Anorganik Dasar* diterjemahkan oleh Sahati Suharto, Universitas Indonesia Press
- Fessenden Fessenden, 1982, *Kimia Organik* edisi ketiga jilid 2, Erlangga
- Kristian H.Sugiarto, Retno, D.Suyanti, 2010, *Kimia Anorganik Logam* edisi pertama, Graha Ilmu jogjakarta
- Narsito, Mudjiran, Respati, Yahya M.Utoro , Rusdianto Bambang, 1985, *Kimia Dasar*, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Gajah Mada Yogyakarta
- Chang Raymond, 2004, *Kimia Dasar* edisi ketiga jilid 2, 2004, Erlangga
- Relita, 2009, *Degradasi Metilen Biru Menggunakan Metode Elektrolisis dengan Elektroda Platina(Pt)*, Skripsi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Indonesia, Jogjakarta.
- Riyanto, 2009, *Kimia Analisis Instrumental I*, Diklat, Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Indonesia, Jogjakarta
- Day R.A. JR dan Underwood A.L., 1999, *Analisis Kimia Kuantitatif* alih bahasa Iis Sopyan, BPPT, Peneliti Madya Bidang Kimia Terapan, edisi ke enam, PT Gelora Aksara Pratama
- S.M Kopkhar, penerjemah A. Saptoraharjo, 1990, *Konsep Dasar Kimia Analitik*, Universitas Indonesia Press
- Vogel bagian I dan II direvisi oleh G.Svehla, 1990, *Buku Teks Analisis Anorganik Kualitatif Makro dan Semimikro*, diterjemahkan oleh Setiono L., Pudjaatmaka A.Hadyana, penyunting P.A.Hadyana ., Nugroho E edisi ke lima, PT. Kalman Media Pusaka, Jakarta
- Purnomo Heri Yuwanto, 2010, *Degradasi Limbah Batik Berwarna Biru dengan Metode Elektrolisis Menggunakan Elektroda Platinum*, Skripsi, Jurusan Ilmu Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Indonesia Jogjakarta

<http://www.scribd.com/doc/9002232/Stainless-Steel-1> tanggal 20 Desember 2010

<http://www.chem.agilent.com/Library/Applications/aa102.pdf> tanggal 20 Desember
2010 Lucinda M. Beach, jurnal.



Lampiran

Konsentrasi Fe adalah

$$y = 0,011x + 0,001$$

$$y = 0,0392$$

$$0,011x + 0,001 = 0,0392$$

$$0,011x = 0,0392 - 0,001$$

$$= 0,0382$$

$$X = \frac{0,0382}{0,011}$$

$$= 3,47272$$

Konsentrasi sebenarnya Fe

$$\text{Fe} = \frac{3,472 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 250 \text{ mL} \times 100}{0,16 \text{ gr}}$$

$$= \frac{3,472 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 0,25 \text{ L} \times 100}{0,00016 \text{ Kg}}$$

$$= 542500 \text{ mg/Kg}$$

$$= 54,25 \times 10^4 \text{ mg/Kg}$$

Perhitungan konsentrasi sebenarnya pada Cr

$$y = 0,009x - 0,002$$

$$y = 0,0071$$

$$\text{jadi } 0,0071 = 0,009x - 0,002$$

$$0,009x = 0,0071 + 0,002$$

$$X = \frac{0,0071 + 0,002}{0,009} \text{ mg/L}$$

$$X = 1,0111 \text{ ppm}$$

Konsentrasi sebenarnya Cr pada padatan

$$\text{Cr} = \frac{1,0111 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 100 (\text{pengenceran}) \times 250 \text{ mL}}{0,16 \text{ gr}}$$

$$= \frac{1,0111 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 100 \times 0,25 \text{ L}}{0,00016 \text{ Kg}}$$

$$= 157984,375 \text{ mg/Kg}$$

$$\text{Cr} = 15,7984 \times 10^4 \text{ mg/Kg (ppm)}$$

Konsentrasi pada Ni

$$y = 0,004x - 0,002$$

$$y = 0,0018$$

$$0,0018 = 0,004x - 0,002$$

$$0,004x = 0,0018 + 0,002$$

$$X = \frac{0,0018 + 0,002}{0,004}$$

$$X = 0,95 \text{ mg/L}$$

Konsentrasi sebenarnya pada Ni

$$\text{Ni} = \frac{0,95 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 250 \text{ mL}}{0,16 \text{ gr}}$$

$$= \frac{0,95 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 0,25 \text{ L}}{0,00016 \text{ Kg}}$$

$$= 1484,375 \text{ mg/Kg}$$

$$\text{Ni} = 1,484 \times 10^4 \text{ mg/Kg}$$

Perhitungan pada tabel 7

1. Anoda stainless steel katoda platinum

$$\text{Daerah visibel (664 nm)} \frac{0,648}{1,168} \times 100\% = 55,47\%$$

$$\text{Daerah UV (291 nm)} 0,602 - 0,386 = 0,316$$

$$\frac{0,316}{0,602} \times 100\% = 52,49\%$$

2. Anoda platinum katoda platinum

$$\text{Daerah visibel (664 nm)} \frac{1,168}{1,168} \times 100\% = 100\%$$

3. Anoda platinum katoda stainless steel

$$\text{Daerah visibel (664 nm)} \frac{1,168}{1,168} \times 100\% = 100\%$$

4. Anoda platinum katoda platinum

$$\text{Daerah visibel (664 nm)} \frac{1,146}{1,168} \times 100\% = 98,22 \%$$

Perhitungan pada tabel 8

1. Daerah visibel (664 nm) $1,168 - 0,323 = 0,845$

$$\frac{0,845}{1,168} \times 100\% = 72,35 \%$$

$$\text{Daerah UV (291 nm)} 0,602 - 0,206 = 0,396$$

$$\frac{0,396}{0,602} \times 100\% = 65,78 \%$$

2. Daerah visibel (664 nm) $1,168 - 0,303 = 0,865$

$$\frac{0,865}{1,168} \times 100\% = 74,06 \%$$

Daerah UV (291 nm) $0,602 - 0,205 = 0,397$

$$\frac{0,397}{0,602} \times 100\% = 65,95 \%$$

Perhitungan tabel 9

1. Daerah visibel (664 nm) $1,168 - 0,921 = 0,247$

$$\frac{0,247}{1,168} \times 100\% = 21,14 \%$$

Daerah UV (291 nm) $0,602 - 0,484 = 0,118$

$$\frac{0,118}{0,602} \times 100\% = 19,6 \%$$

Perhitungan pada tabel 10

1. Daerah visibel (664 nm) $\frac{1,168}{1,168} \times 100\% = 100\%$

Daerah UV (291 nm)

Perhitungan pada tabel 11

1. Daerah visibel (664 nm) $1,168 - 0,894 = 0,274$

$$\frac{0,274}{1,168} \times 100\% = 23,45 \%$$

Daerah UV (291 nm) $0,602 - 0,438 = 0,164$

$$\frac{0,164}{0,602} \times 100\% = 27,24 \%$$

2. Daerah visibel (664 nm) $1,168 - 0,719 = 0,449$

$$\frac{0,449}{1,168} \times 100\% = 38,44 \%$$

$$\text{Daerah UV (291 nm)} \quad 0,602 - 0,345 = 0,257$$

$$\frac{0,257}{0,602} \times 100\% = 42,69 \%$$

3. Daerah visibel (664 nm) $1,168 - 0,372 = 0,796$

$$\frac{0,796}{1,168} \times 100\% = 68,15 \%$$

$$\text{Daerah UV (291 nm)} \quad 0,602 - 0,190 = 0,412$$

$$\frac{0,412}{0,602} \times 100\% = 68,43 \%$$

4. Daerah visibel (664 nm) $1,168 - 0,275 = 0,893$

$$\frac{0,893}{1,168} \times 100\% = 76,45 \%$$

$$\text{Daerah UV (291 nm)} \quad 0,602 - 0,154 = 0,448$$

$$\frac{0,448}{0,602} \times 100\% = 74,42 \%$$

Perhitungan tabel 12

1. Daerah visibel (664 nm) $1,168 - 0,356 = 0,812$

$$\frac{0,812}{1,168} \times 100\% = 69,52 \%$$

$$\text{Daerah UV (291 nm)} \quad 0,602 - 0,174 = 0,428$$

$$\frac{0,428}{0,602} \times 100\% = 71,1 \%$$

2. Daerah visibel (664 nm) $1,168 - 0,056 = 1,112$

$$\frac{1,112}{1,168} \times 100\% = 95,2 \%$$

$$\text{Daerah UV (291 nm)} \quad 0,602 - 0,125 = 0,477$$

$$\frac{0,477}{0,602} \times 100\% = 79,24 \%$$

3. Daerah visibel (664 nm) $1,168 - 0 = 1,168$

$$\frac{1,168}{1,168} \times 100\% = 100 \%$$

Daerah UV (291 nm) $0,602 - 0,336 = 0,266$

$$\frac{0,266}{0,602} \times 100\% = 44,18 \%$$

4. Daerah visibel (664 nm) $1,168 - 0 = 1,168$

$$\frac{1,168}{1,168} \times 100\% = 100 \%$$

Daerah UV (291 nm) $0,602 - 0,601 = 0,001$

$$\frac{0,001}{0,602} \times 100\% = 0,17 \%$$

5. Daerah visibel (664 nm) $1,168 - 0 = 1,168$

$$\frac{1,168}{1,168} \times 100\% = 100 \%$$

6. Daerah visibel (664 nm) $1,168 - 0 = 1,168$

$$\frac{1,168}{1,168} \times 100\% = 100 \%$$

Perhitungan tabel 13

1. Daerah visibel (664 nm) $1,168 - 1,025 = 0,143$

$$\frac{0,143}{1,168} \times 100\% = 12,24 \%$$

Daerah UV (291 nm) $0,602 - 0,584 = 0,018$

$$\frac{0,018}{0,602} \times 100\% = 2,99 \%$$

2. Daerah visibel (664 nm) $1,168 - 0,692 = 0,476$

$$\frac{0,476}{1,168} \times 100\% = 40,75 \%$$

3. Daerah visibel (664 nm) $1,168 - 0,020 = 1,148$

$$\frac{1,148}{1,168} \times 100\% = 98,29 \%$$

4. Daerah visibel (664 nm) $1,168 - 0 = 1,168$

$$\frac{1,168}{1,168} \times 100\% = 100 \%$$

Daerah UV (291 nm) $0,602 - 0,588 = 0,114$

$$\frac{0,114}{0,602} \times 100\% = 18,94 \%$$

5. Daerah visibel (664 nm) $1,168 - 0 = 1,168$

$$\frac{1,168}{1,168} \times 100\% = 100 \%$$

Perhitungan tabel 13

1. Daerah visibel (664 nm) $1,168 - 0,198 = 0,97$

$$\frac{0,97}{1,168} \times 100\% = 83,05 \%$$

Daerah UV (291 nm) $0,602 - 0,096 = 0,506$

$$\frac{0,506}{0,602} \times 100\% = 84,05 \%$$

2. Daerah visibel (664 nm) $1,168 - 0 = 1,168$

$$\frac{1,168}{1,168} \times 100\% = 100\%$$

$$\text{Daerah UV (291 nm)} \quad 0,602 - 0,060 = 0,542$$

$$\frac{0,542}{0,602} \times 100\% = 90,03\%$$

3. Daerah visibel (664 nm) $1,168 - 0 = 1,168$

$$\frac{1,168}{1,168} \times 100\% = 100\%$$

$$\text{Daerah UV (291 nm)} \quad 0,602 - 0,132 = 0,47$$

$$\frac{0,47}{0,602} \times 100\% = 78,07\%$$

4. Daerah visibel (664 nm) $1,168 - 0 = 1,168$

$$\frac{1,168}{1,168} \times 100\% = 100\%$$

$$\text{Daerah UV (291 nm)} \quad 0,602 - 0,226 = 0,376$$

$$\frac{0,376}{0,602} \times 100\% = 62,46\%$$

5. Daerah visibel (664 nm) $1,168 - 0 = 1,168$

$$\frac{1,168}{1,168} \times 100\% = 100\%$$

6. Daerah visibel (664 nm) $1,168 - 0 = 1,168$

$$\frac{1,168}{1,168} \times 100\% = 100\%$$





