

31.00099010621

KRIPSI

**PENGARUH TEMPERATUR TERHADAP
KECEPATAN REAKSI REDUKSI FOTOKATALITIK
PADA MASING -MASING ION LOGAM Cu^{2+} DAN Ag^+
DENGAN KATALIS TITANIUM DIOKSIDA**

Oleh :

ANNA MUAWANAH
Nrp. 1492 100 047

Rsk
541.353
Mua
p-1

1997



**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
1997**

**PENGARUH TEMPERATUR TERHADAP
KECEPATAN REAKSI REDUKSI FOTOKATALITIK
PADA MASING -MASING ION LOGAM Cu^{2+} DAN Ag^+
DENGAN KATALIS TITANIUM DIOKSIDA**

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi syarat ujian sidang tugas akhir
pada tahap sarjana strata satu di jurusan Kimia FMIPA
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh :

ANNA MUAWANAH
Nrp. 1492 100 047

Diketahui oleh
Ketua Jurusan Kimia



Drs. Djoko Hartanto, M.Si
NIP. 131 773 915

Disetujui oleh
Pembimbing



Ir. Endah Mutiara M.P.
NIP. 131 453 663

Tanggal, 20 Maret 1997

Untuk Ibu dan Bapakku
yang tersayang serta saudaraku
mbak Nik, dik' Fi - Ta

ABSTRACT

Metal ion was stayed at TiO_2 suspension will reduced if the suspension continue shined with sunshine. A research was done for studied dependence of temperature with rate of photocatalytic reduction $Ag(I)$ metal ion and $Cu(II)$ metal ion. Experiment was done at temperature range $45^\circ C$, $55^\circ C$, $65^\circ C$, $75^\circ C$, $85^\circ C$. Inisial concentration of metal ion solution were 25 ppm, 50 ppm, 75 ppm and 100 ppm. Investigation was done for metal ion concentration that was rest at once of 30 minutes. These metal ion concentration analized with Atomic Absorbtion Spectrofotometer. Was found that photocatalytic reduction rate for two metal ion Ag^+ and Cu^{2+} were not dependence of temperature. From its temperature reaction given constant rate value, respectively were $7,4416 \cdot 10^{-4}$; $8,2823 \cdot 10^{-4}$; $7,6460 \cdot 10^{-4}$; $88,2078 \cdot 10^{-4}$ minutes⁻¹ for Ag^+ metal ion and for Cu^{2+} metal ion were $3,9866 \cdot 10^{-4}$; $4,2276 \cdot 10^{-4}$; $4,0340 \cdot 10^{-4}$; $3,5210 \cdot 10^{-4}$; $4,3313 \cdot 10^{-4}$ minutes⁻¹.

ABSTRAK

Adanya ion logam yang terdapat dalam suatu suspensi TiO_2 akan mengalami reduksi bila suspensi tersebut disinari dengan sinar matahari secara kontinu. Suatu penelitian telah dilakukan untuk mempelajari adanya pengaruh suhu pada kecepatan reaksi reduksi fotokatalitik ion logam $Ag(I)$ dan $Cu(II)$. Penelitian dilakukan pada jarak suhu $45^\circ C$, $55^\circ C$, $65^\circ C$, $75^\circ C$ dan $85^\circ C$. Konsentrasi awal larutan ion logam yang digunakan adalah 25 ppm, 50 ppm, 75 ppm dan 100 ppm. Pengamatan dilakukan berdasarkan konsentrasi ion logam yang tersisa pada setiap waktu 30 menit. Konsentrasi ion logam ini dianalisa dengan menggunakan spektrofotometer serapan atom. Ditemukan bahwa kecepatan reaksi reduksi fotokatalitik pada dua ion logam Ag^+ dan Cu^{2+} tidak dipengaruhi oleh temperatur. Dari masing-masing kondisi suhu reaksi diperoleh harga tetapan kecepatan reaksi $7,4416 \cdot 10^{-4}$; $8,2823 \cdot 10^{-4}$; $7,6460 \cdot 10^{-4}$; $8,2078 \cdot 10^{-4}$; $8,9867 \cdot 10^{-4}$ menit⁻¹, untuk ion logam Ag^+ , sedangkan untuk ion logam Cu^{2+} adalah $3,9866 \cdot 10^{-4}$; $4,2276 \cdot 10^{-4}$; $4,0340 \cdot 10^{-4}$; $3,5210 \cdot 10^{-4}$; $4,3313 \cdot 10^{-4}$ menit⁻¹.

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim

Alhamdulillahirobil 'Alamin

Segala puji bagi Allah SWT seru sekalian alam, berkat taufiq dan hidayah-NYA penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir, yang ditulis dengan judul "Pengaruh temperatur terhadap kecepatan reaksi reduksi . fotokatalitik pada masing-masing ion logam Cu^{2+} dan Ag^+ dengan katalis titanium dioksida.

Tugas Akhir ini diajukan untuk menyelesaikan tugas dan memenuhi syarat untuk menempuh tahap sarjana Strata satu di Jurusan Kimia, Fakultas FMIPA, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

Pada kesempatan baik ini disampaikan ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya dari penulis kepada:

1. Ir. Endah Mutiara M.P. sebagai dosen pembimbing yang telah banyak memberikan arahan, saran dan bimbingan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
2. Ir.Ninuk Sukanti, selaku dosen Wali yang telah mengarahkan penulis selama studi.
3. Bapak Drs.Djoko Hartanto, M.Si. selaku ketua jurusan Kimia FMIPA ITS Surabaya, yang telah banyak memberikan fasilitas kepada penulis selama studi sampai terselesaikannya Tugas Akhir.

4. Dra.Irmina K.M. MSi., yang memberikan saran dan telah banyak membantu penulis selama melakukan penelitian dilaboratorium.
5. Semua dosen di Jurusan Kimia FMIPA ITS sebagai pendidik selama studi.
6. Bapak dan Ibu tercinta yang selalu memberikan dorongan baik moril maupun materiil kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan tugas Akhir pada studi ini.
7. Ketiga saudaraku yang telah memberikan semangat dan bantuan sehingga terselesaikan suatu tugas akhir.
8. Dodi Harmoko yang selalu memberikan semangat dan asa pada penulis sehingga memacu penyelesaian tugas akhir.
9. Evi dan seluruh keluarganya yang telah memberikan bantuan selama penulisan tugas akhir.
10. Teman-temanku: Hesti, Yusna, Lienny, Nunung, Ulin, Anik, Endah, Dina, Elvin, Fredy, Rizki, dan semua arek angkatan 92 serta pihak lain yang banyak membantu penulis namun tidak bisa penulis cantumkan.

Penulis menyadari bahwa penulisan tugas akhir ini masih banyak kekurangannya, maka diharapkan saran dan kritik yang membangun dari semua pihak, demi penyempurnaan tugas akhir ini. Dengan demikian tugas akhir menjadi lebih bermanfaat.

Februari 1997

Penulis



DAFTAR ISI

	halaman
JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PERSEMBAHAN	iv
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Fotokimia	4
2.2. Kinetika Kimia	9
2.3. Katalis Semikonduktor Titanium Dioksida	13
2.4. Energi Matahari	16
2.5. Logam Tembaga dan Perak	18
2.6. Spektroskopi Serapan Atom	19
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1. Alat dan Bahan yang Digunakan	23
3.2. Penentuan Intensitas Sinar Matahari	24
3.3. Penentuan Kecepatan Reaksi Reduksi Fotokatalitik	25

BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1.	Penentuan Intensitas Sinar Matahari	27
4.2.	Pengaruh Temperatur pada Reaksi Reduksi Fotokatalitik ion logam	29
4.3.	Kinetika Reaksi Fotokatalitik Ion Logam Ag (I)	36
4.4.	Kinetika Reaksi Fotokatalitik Ion Logam Cu (II)	42
BAB V	KESIMPULAN	49
	DAFTAR PUSTAKA	51
	LAMPIRAN	53

DAFTAR GAMBAR

	halaman
Gambar 2. 1. Diagram tingkat energi pada semikonduktor tipe n bila terdapat kontak langsung dengan larutan yang terdiri dari pasangan redoks A^+/A .	8
Gambar 2. 2. Skema peralatan SSA	22
Gambar 3. 1. Susunan reaktor fotokimia	26
Gambar 4. 1. Grafik penentuan kecepatan reaksi disosiasi asam oksalat.	27
Gambar 4. 2. Grafik hasil penurunan konsentrasi ion logam Ag^+ dengan konsentrasi awal 25 ppm pada kondisi suhu $45^\circ C$, $55^\circ C$, $65^\circ C$, $75^\circ C$ dan $85^\circ C$.	30
Gambar 4. 3. Grafik hasil penurunan konsentrasi ion logam Ag^+ dengan konsentrasi awal 50 ppm pada kondisi suhu $45^\circ C$, $55^\circ C$, $65^\circ C$, $75^\circ C$ dan $85^\circ C$.	30
Gambar 4. 4. Grafik hasil penurunan konsentrasi ion logam Ag^+ dengan konsentrasi awal 75 ppm pada kondisi suhu $45^\circ C$, $55^\circ C$, $65^\circ C$, $75^\circ C$ dan $85^\circ C$.	31
Gambar 4. 5. Grafik hasil penurunan konsentrasi ion logam Ag^+ dengan konsentrasi awal 100 ppm pada kondisi suhu $45^\circ C$, $55^\circ C$, $65^\circ C$, $75^\circ C$ dan $85^\circ C$.	31
Gambar 4. 6. Grafik hasil penurunan konsentrasi ion logam Cu^{2+} dengan konsentrasi awal 25 ppm pada kondisi suhu $45^\circ C$, $55^\circ C$, $65^\circ C$, $75^\circ C$ dan $85^\circ C$.	34
Gambar 4. 7. Grafik hasil penurunan konsentrasi ion logam Cu^{2+} dengan konsentrasi awal 50 ppm pada kondisi suhu $45^\circ C$, $55^\circ C$, $65^\circ C$, $75^\circ C$ dan $85^\circ C$.	34

Gambar 4. 8.	Grafik hasil penurunan konsentrasi ion logam Cu^{2+} dengan konsentrasi awal 75 ppm pada kondisi suhu $45^{\circ}C$, $55^{\circ}C$, $65^{\circ}C$, $75^{\circ}C$ $85^{\circ}C$.	35
Gambar 4. 9.	Grafik hasil penurunan konsentrasi ion logam Cu^{2+} dengan konsentrasi awal 100 ppm pada kondisi suhu $45^{\circ}C$, $55^{\circ}C$, $65^{\circ}C$, $75^{\circ}C$ $85^{\circ}C$.	35
Gambar 4.10.	Grafik penentuan kecepatan reaksi (r) pada reaksi reduksi fotokatalitik ion logam Ag^{+} pada suhu $45^{\circ}C$.	37
Gambar 4.11.	Grafik penentuan kecepatan reaksi (r) pada reaksi reduksi fotokatalitik ion logam Ag^{+} pada suhu $55^{\circ}C$.	37
Gambar 4.12.	Grafik penentuan kecepatan reaksi (r) pada reaksi reduksi fotokatalitik ion logam Ag^{+} pada suhu $65^{\circ}C$.	38
Gambar 4.13.	Grafik penentuan kecepatan reaksi (r) pada reaksi reduksi fotokatalitik ion logam Ag^{+} pada suhu $75^{\circ}C$.	38
Gambar 4.14.	Grafik penentuan kecepatan reaksi (r) pada reaksi reduksi fotokatalitik ion logam Ag^{+} pada suhu $85^{\circ}C$.	39
Gambar 4.15.	Grafik penentuan kecepatan reaksi (r) untuk reaksi reduksi fotokatalitik ion logam Cu^{2+} pada suhu $45^{\circ}C$.	43
Gambar 4.16.	Grafik penentuan kecepatan reaksi (r) untuk reaksi reduksi fotokatalitik ion logam Cu^{2+} pada suhu $55^{\circ}C$.	43
Gambar 4.17.	Grafik penentuan kecepatan reaksi (r) untuk reaksi reduksi fotokatalitik ion logam Cu^{2+} pada suhu $65^{\circ}C$.	44
Gambar 4.18.	Grafik penentuan kecepatan reaksi (r) untuk reaksi reduksi fotokatalitik ion logam Cu^{2+} pada suhu $75^{\circ}C$.	44
Gambar 4.19.	Grafik penentuan kecepatan reaksi (r) untuk reaksi reduksi fotokatalitik ion logam Cu^{2+} pada suhu $85^{\circ}C$.	45

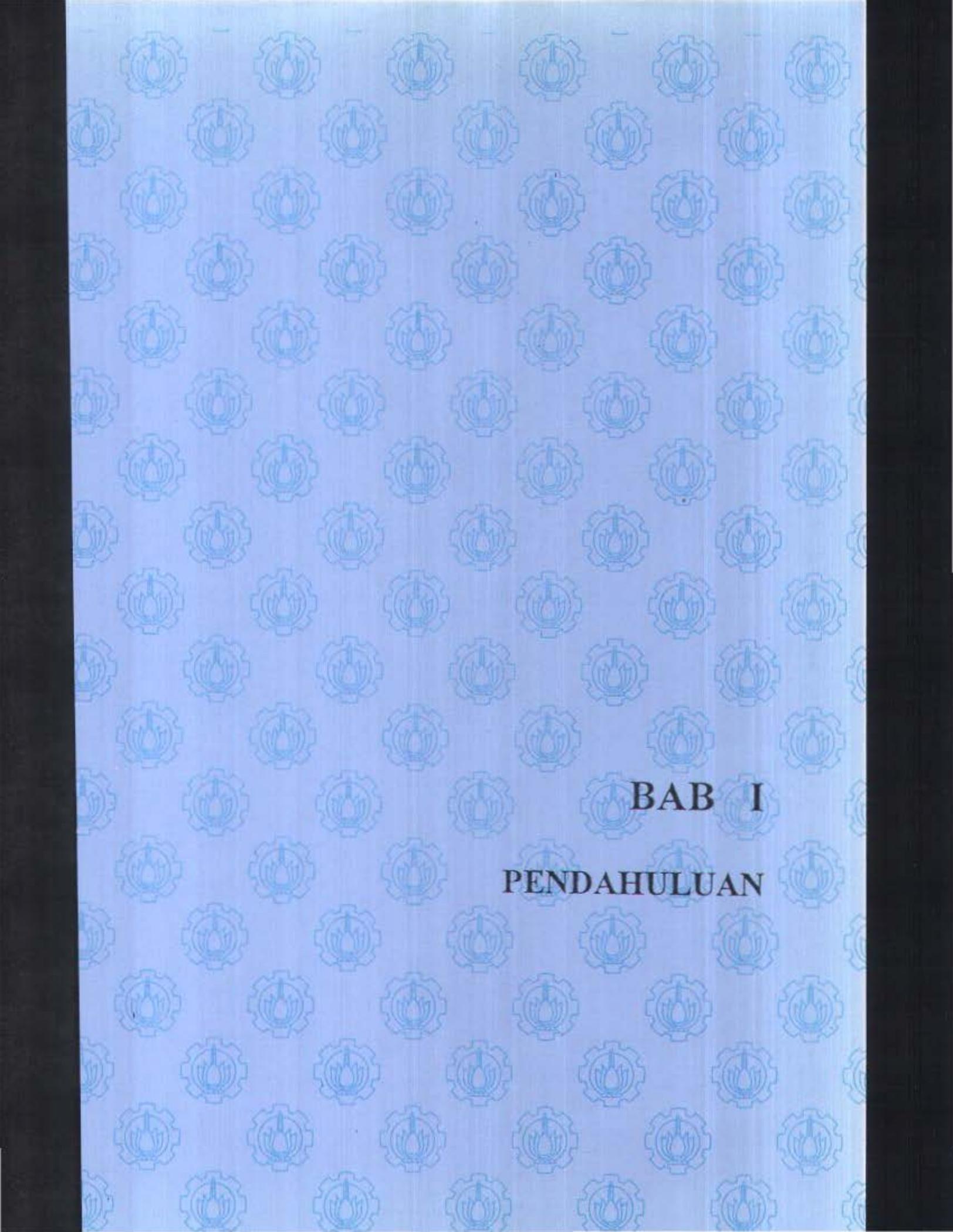
DAFTAR TABEL

	halaman
Tabel 4.1. Harga kecepatan reaksi pada reduksi fotokatalitik ion logam Ag (I).	40
Tabel 4.2. Harga tetapan kecepatan reaksi dan orde reaksi pada reduksi fotokatalitik ion logam Ag (I).	42
Tabel 4.3. Harga kecepatan reaksi pada reduksi fotokatalitik ion logam Cu (II).	43
Tabel 4.4. Harga tetapan kecepatan reaksi dan orde reaksi pada reduksi fotokatalitik ion logam Cu (II).	44

DAFTAR LAMPIRAN

	halaman
Lampiran A. Skema kerja	53
B. Penurunan konsentrasi asam oksalat pada proses penentuan intensitas sinar matahari.	54
C. Cara pembuatan larutan ion logam Ag^+ dan Cu^{2+} .	55
D1. Hasil pengukuran konsentrasi $Ag(I)$ dengan SSA.	56
D2. Hasil pengukuran konsentrasi $Cu(II)$ dengan SSA.	57
E1. Grafik penentuan tetapan kecepatan reaksi dan orde reaksi reduksi fotokatalitik ion logam Ag^+ pada temperatur $45^{\circ}C$ dan $55^{\circ}C$.	58
E2. Grafik penentuan tetapan kecepatan reaksi dan orde reaksi reduksi fotokatalitik ion logam Ag^+ pada temperatur $65^{\circ}C$ dan $75^{\circ}C$.	59
E3. Grafik penentuan tetapan kecepatan reaksi dan orde reaksi reduksi fotokatalitik ion logam Ag^+ pada temperatur $85^{\circ}C$.	60
E4. Grafik penentuan tetapan kecepatan reaksi dan orde reaksi reduksi fotokatalitik ion logam Cu^{2+} pada temperatur $45^{\circ}C$ dan $55^{\circ}C$.	61
E5. Grafik penentuan tetapan kecepatan reaksi dan orde reaksi reduksi fotokatalitik ion logam Cu^{2+} pada temperatur $65^{\circ}C$ dan $75^{\circ}C$.	62
E6. Grafik penentuan tetapan kecepatan reaksi dan orde reaksi reduksi fotokatalitik ion logam Cu^{2+} pada temperatur $85^{\circ}C$.	63

Lampiran F 1	Kurva kalibrasi untuk penentuan konsentrasi ion logam Ag (I)	64
F 2	Kurva kalibrasi untuk penentuan konsentrasi ion logam Cu (II)	65
G.	Contoh analisis variansi.	66



BAB I

PENDAHULUAN

BAB I

PENDAHULUAN

Pencemaran di lingkungan perairan telah banyak terjadi pada saat ini. Salah satu sumber polutan adalah adanya ion logam yang terlarut dalam air disamping senyawa-senyawa organik dan suspensi padatan lainnya. Logam-logam tersebut sebagian besar berasal dari limbah industri elektroplating, baja, elektrokimia, dan industri kimia yang lain [1].

Konsentrasi ion logam yang terlarut dalam air tersebut dapat diturunkan dengan metode fotokimia, dengan memanfaatkan sinar matahari langsung. Metode ini merupakan metode yang sangat menguntungkan sebab negara Indonesia ini merupakan negara tropis yang tentunya mendapatkan sinar matahari setiap hari, sepanjang tahun secara berlimpah dan terus-menerus. Sinar matahari tidak bersifat polusi dan energinya diperoleh dengan gratis [2].

Reaksi pada proses pengurangan konsentrasi logam pada metode ini dikenal dengan reaksi reduksi fotokatalitik. Katalis yang digunakan adalah katalis semikonduktor titanium dioksida. Hasil reaksi menunjukkan bahwa konsentrasi ion logam dalam larutan berkurang karena ion logam tereduksi menjadi logamnya dan terdeposit pada permukaan partikel katalis semikonduktor TiO_2 [3].

Pada penelitian sebelumnya telah dipelajari kinetika reaksi reduksi fotokatalitik ion logam tunggal dan campuran

dua logam. Kedua penelitian memberikan hasil bahwa ion logam dapat tereduksi menjadi logam dan kecepatan reaksinya dapat diamati dengan baik. [4].

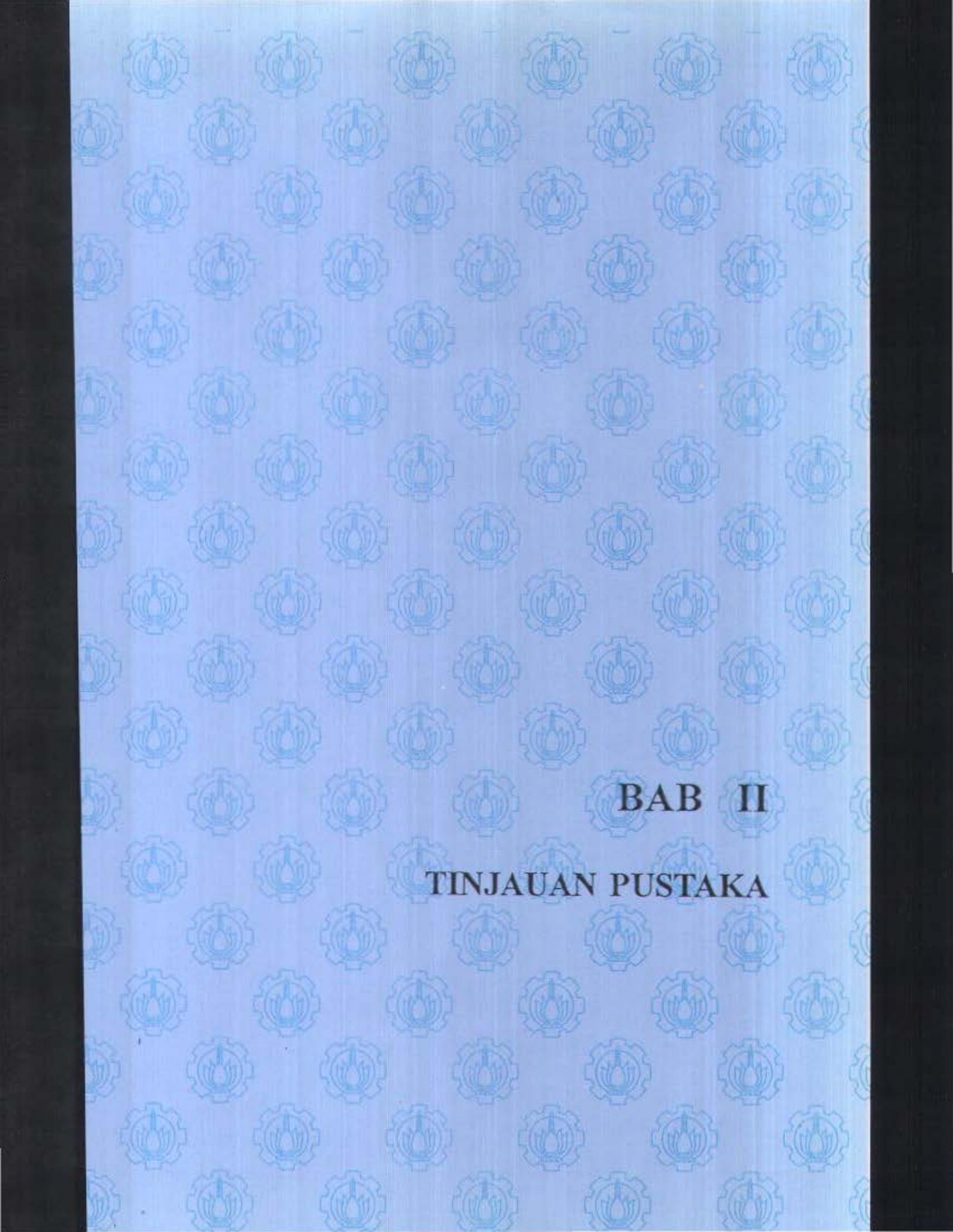
Pada penelitian tersebut belum dipelajari adanya pengaruh suhu terhadap kecepatan reaksi. Dalam kinetika kimia suhu adalah merupakan variabel yang mempengaruhi kecepatan reaksi, sehingga perlu dipelajari bagaimana pengaruh suhu terhadap peningkatan kecepatan reaksi reduksi fotokatalitik ion logam.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh suhu terhadap besarnya peningkatan kecepatan reaksi reduksi fotokatalitik ion logam dengan katalis titanium dioksida, dengan konsentrasi awal reaktan yang berbeda-beda. Pengamatan dilakukan pada jarak suhu 45°C sampai 85°C , dengan selang 10°C . Dari setiap reaksi yang kondisi suhunya berbeda diharapkan akan memberikan kecepatan reaksi yang berbeda-beda sehingga besarnya pengaruh suhu terhadap reaksi reduksi fotokatalitik ion logam ini dapat diketahui.

Pada penelitian ini digunakan dua jenis ion logam Ag^+ dan Cu^{2+} , yang keduanya merupakan ion logam berat yang terdapat dalam air limbah. Larutan ion logam yang digunakan pada percobaan ini dibuat dari garam senyawa logam tersebut. Kecepatan reaksi diamati berdasarkan pengurangan konsentrasi ion logam pada setiap waktu tertentu. Dimana konsentrasi ion logam tersisa dianalisa dengan menggunakan spektrofotometer serapan atom. Intensitas sinar matahari

yang digunakan sebagai sumber energi foton pada reaksi fotokimia ini ditentukan dengan metode aktinometri.

Dari hasil penelitian ini diharapkan dapat diterapkan langsung pada pengolahan limbah sesuai dengan kondisi suhu dalam penelitian ini. Dengan demikian masalah pencemaran oleh ion logam berat di lingkungan perairan diharapkan dapat diatasi dengan metode ini.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Fotokimia

Fotokimia adalah cabang ilmu kimia yang mempelajari reaksi-reaksi fotokimia. Dimana reaksi fotokimia merupakan reaksi yang terjadi apabila ke dalam sistem tersebut terdapat energi foton yang masuk, energi foton diabsorpsi oleh molekul reaktan dan akhirnya akan menghasilkan suatu molekul teraktivasi atau radikal bebas, yang akan bereaksi lebih lanjut sehingga membentuk produk. Keadaan molekul teraktivasi mempunyai energi dan distribusi elektron yang berbeda dari keadaan dasarnya sehingga memiliki sifat kimia yang berbeda.

Perbedaan reaksi fotokimia dengan reaksi termal biasa adalah pada energi yang menyebabkan reaksi. Dalam reaksi fotokimia energi pengaktifannya berasal dari penyerapan foton cahaya oleh molekul-molekulnya. Dalam reaksi fotokimia suatu reaksi akan mempunyai sifat selektifitas yang tinggi terhadap energi foton, berarti bahwa energi kuantum cahaya sesuai dengan reaksi tertentu saja [5]

Foton adalah merupakan radiasi elektromagnetik yang berbentuk paket-paket energi yang menyerupai partikel. Dari teori ini dapat dijelaskan bagaimana cahaya dapat memberikan energi pada elektron dan menyebabkan terjadinya transisi elektronik. Energi untuk satu foton pada gelombang

cahaya monokromatis yang memiliki frekuensi radiasi ν adalah :

$$E = h \nu = h \frac{c}{\lambda} \quad (2.1)$$

Dimana h adalah tetapan Planck = $6,62 \cdot 10^{-27}$ erg/dt, c adalah kecepatan radiasi dalam ruang hampa = $3 \cdot 10^{10}$ cm/dt dan λ adalah panjang gelombang dalam satuan cm.

Menurut Einstein jika suatu foton dari gelombang cahaya bertumbukan dengan elektron pada suatu zat padat maka energi foton dapat segera ditransfer ke elektron. Jika energi yang diberikan oleh foton melebihi energi celahnya maka elektron tersebut dapat terlepas dari ikatannya. Proses inilah yang dapat menyebabkan berlangsungnya reaksi fotokimia [6].

Hukum yang mendasari proses fotokimia adalah hukum Grotthus dan Draper (1943) yang menyatakan bahwa hanya radiasi yang diabsorpsi saja yang dapat menyebabkan perubahan fotokimia. Hukum ini dikenal dengan hukum I fotokimia. Pada hukum I fotokimia ini belum menjelaskan bahwa sebenarnya ada pengaruh lain yaitu radiasi yang tidak diserap tetapi dapat mendorong molekul teraktivasi untuk memancarkan energi.

Untuk dapat menggambarkan proses fotokimia secara kuantitatif tidaklah cukup dengan menggunakan hukum fotokimia I saja. Hal ini dapat dijelaskan dengan menggunakan hukum II fotokimia yang diusulkan oleh Star dan Einstein (1908-1912). Hukum II fotokimia menyatakan bahwa

satu molekul reaktan dalam reaksi fotokimia menyerap satu kuantum dari radiasi foton yang menyerap reaksi [7].

Energi foton yang telah diserap oleh suatu molekul akan menyebabkan perubahan kimia dan fisika sehingga menjadi teraktifkan. Dengan demikian hasil kuantum suatu proses fisika dan kimia yang disebabkan oleh penyerapan sinar atau energi foton dapat dihitung. Persamaan reaksi fotokimia secara umum dapat dituliskan sebagai berikut:



Sebagai sumber energi foton pada penelitian ini adalah energi sinar matahari. Sinar matahari memiliki panjang gelombang dan intensitas yang dapat memenuhi syarat reaksi fotokimia. Penyerapan sinar matahari oleh larutan penyerap terjadi dengan kepekaan tinggi. Pemilihan ini didasarkan pada penelitian sebelumnya, yang menggunakan metode aktinometri untuk menentukan intensitas sinar matahari.

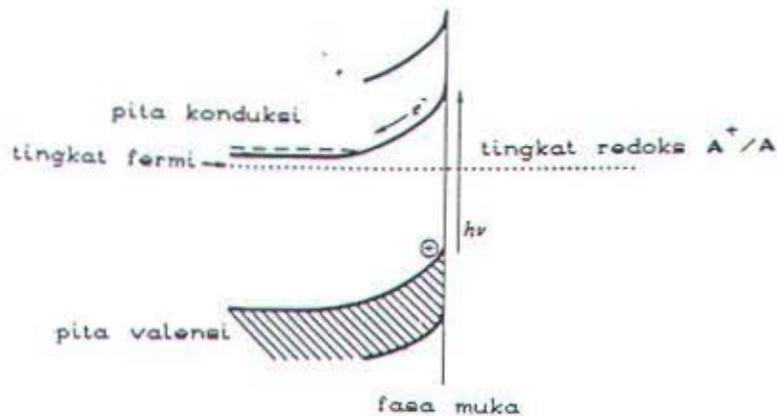
2.1.1. Fotokatalisis

Prinsip dasar fotokimia adalah konversi dari energi foton menjadi energi kimia atau energi listrik (fotoelektrokimia). Konversi energi dapat dipercepat dengan menambahkan suatu katalis. Katalis ini dinamakan fotokatalis, karena dalam pengaktifan katalis tersebut diperlukan energi foton yang diperoleh dari luar. Katalis yang bisa digunakan pada reaksi fotokimia adalah katalis

yang bersifat semikonduktor. Katalis semikonduktor yang pernah digunakan dalam reaksi fotokimia untuk reaksi oksidasi reduksi adalah suatu senyawa logam oksida : titanium dioksida (TiO_2), wolfram oksida (WO_3), ferri oksida (Fe_2O_3) dan seng oksida (ZnO).

Katalis semikonduktor akan dapat membantu jalannya reaksi apabila dikenai sinar yang energinya sama atau lebih besar dengan harga energi celah. Apabila terjadi penyerapan sinar oleh molekul semikonduktor akan terjadi desakan elektron dari pita valensi menuju ke pita konduksi sehingga menghasilkan spesies yang berpasangan yaitu elektron dan hole. Bilamana proses ini terjadi dalam larutan yang berisi katalis dan larutan ionik maka ion tersebut sebagian akan tereduksi dan teroksidasi [8].

Pada semikonduktor tipe n bila dicelupkan ke dalam larutan yang terdiri dari pasangan redoks A^+ / A , elektron yang timbul pada permukaan semikonduktor akan bereaksi dengan zat oksidator A^+ . Dengan demikian kekosongan pada permukaan semikonduktor menyebabkan pita energi melengkung, hal ini diperlihatkan pada gambar 2.1. Dengan melengkungnya pita energi elektron dan hole memisah secara spontan, elektron menuju fasa ruah semikonduktor. Bila terdapat spesi yang potensial reduksinya rendah maka terjadi tranfer elektron pada antar muka [9]:



Gambar 2.1. Diagram tingkat energi pada semikonduktor tipe n bila terdapat kontak langsung dengan larutan yang terdiri dari pasangan redoks A^+/A .

2.1.2. Reduksi Fotokatalitik

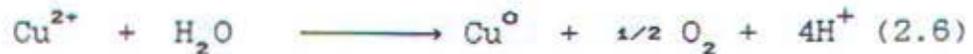
Reaksi reduksi fotokatalitik dapat berlangsung apabila sistem tersebut merupakan suspensi larutan yang terdiri dari ion logam dan partikel katalis semikonduktor, dan kemudian disinari dengan energi foton yang lebih besar dari energi gap katalisnya. Untuk katalis titanium dioksida biasanya digunakan sinar UV dengan panjang gelombang lebih kecil dari 400 nm. Hasil reaksi berupa logam tereduksi yang terdeposit pada partikel katalis.

Suatu sistem yang terdapat ion logam Cu^{2+} dan TiO_2 dan energi foton $h\nu$ maka akan terjadi reaksi berikut:





Sedangkan reaksi secara keseluruhan adalah:



Karena pada reaksi reduksi ini terjadi penguraian molekul air menjadi oksigen, untuk menghindari oksidasi kedalam sistem tersebut dialiri dengan gas nitrogen selama berlangsungnya reaksi. Pada penelitian ini kecepatan alir gas nitrogen sebesar 3 liter per jam [10].

2.2. Kinetika Kimia

Kinetika kimia merupakan cabang ilmu kimia yang mempelajari masalah laju dan mekanisme reaksi kimia. Kinetika kimia mempunyai dua tujuan utama yaitu mengestimasi data-data mengenai hubungan laju reaksi dengan variabel yang dapat dikendalikan dan sekaligus memperkirakan mekanisme reaksi tersebut dari hasil pengamatan laju reaksi.

2.2.1. Laju reaksi dan penentuannya

Laju reaksi didefinisikan sebagai berkurangnya konsentrasi reaktan per satuan waktu atau bertambahnya konsentrasi produk per satuan waktu. Satuan dari laju reaksi tergantung pada satuan konsentrasi dan waktu. Bila konsentrasi reaktan diungkapkan dalam ppm dan waktu menit maka lajunya adalah ppm per menit [11].

Ungkapan laju reaksi untuk reaksi reduksi fotokatalitik ion logam Ag^+ dan Cu^{2+} dinyatakan sebagai:

$$- d [\text{Ag}^+] / dt \quad \text{dan} \quad - d [\text{Cu}^{2+}] / dt.$$

Besarnya laju reaksi reduksi logam ini diperoleh dengan cara memplotkan konsentrasi ion logam tersisa sebagai fungsi waktu. Harga ini ditunjukkan oleh besarnya kemiringan dari grafik yang didapatkan.

2.2.2. Tetapan laju reaksi dan Orde Reaksi

Proses reduksi fotokatalitik pada logam tembaga yang melibatkan persamaan reaksi pada persamaan (2.6) akan menghasilkan persamaan laju reaksi:

$$- \frac{d [\text{Cu}^{2+}]}{dt} = k [\text{Cu}^{2+}]^m [\text{H}_2\text{O}]^n \quad (2.7)$$

Karena jumlah H_2O dalam larutan sangat berlebih (larutan sangat encer dibandingkan ion logam tembaga) maka dalam hal ini dapat dikatakan bahwa konsentrasi airnya adalah konstan sehingga persamaan laju reaksinya dapat dituliskan:

$$- \frac{d [\text{Cu}^{2+}]}{dt} = k [\text{Cu}^{2+}]^m \quad (2.8)$$

Dari persamaan laju reaksi diatas konstanta kesebandingan k disebut dengan tetapan laju reaksi, yang spesifik dan karakteristik untuk laju reaksi tertentu. Harga ini berubah terhadap perubahan temperatur reaksi. Sedangkan pangkat m pada konsentrasi ion tembaga pada persamaan laju diatas menunjukkan orde reaksinya. Orde reaksi ini tidak dapat

ditentukan dari suatu persamaan reaksi kimia tetapi harus dipastikan dari data eksperimen.

Cara menentukan harga tetapan laju reaksi dan orde reaksi pada penelitian ini adalah dengan menggunakan metode konsentrasi awal. Pada konsentrasi awal yang berbeda diperoleh besarnya laju reaksi yang berbeda maka harga k dan m dapat ditentukan dari penurunan persamaan (2.8). Bila laju reaksi yang diperoleh tiap konsentrasi awal adalah r dan konsentrasi awal sebesar C maka persamaan tersebut analog dengan:

$$r = k C^m \quad (2.9)$$

$$\log r = \log k + m \log C \quad (2.10)$$

Ternyata hasil penurunannya merupakan suatu persamaan garis lurus. Dengan demikian harga k dan m ditentukan dari intersep dan kemiringan dari grafik yang memplotkan harga r sebagai fungsi konsentrasi awal larutan ion logam.

Pada penelitian sebelumnya didapatkan persamaan laju reaksi reduksi fotokatalitik pada ion logam Cu^{2+} dan ion Ag^+ adalah $r [\text{Cu}^{2+}] = 1,112 \cdot 10^{-3} [\text{Cu}^{2+}]^{0,563}$ dan $r [\text{Ag}^+] = 2,793 \cdot 10^{-3} [\text{Ag}^+]^{0,678}$ [12].

2.2.3. Pengaruh temperatur terhadap kecepatan reaksi

Secara umum kenaikan suhu menyebabkan kecepatan reaksi bertambah, sebaliknya penurunan suhu akan memperlambat reaksi. Adanya perubahan kecepatan reaksi

akibat perubahan suhu dinyatakan dalam harga tetapan laju reaksi k . Ketika suhu dinaikan harga k menjadi bertambah.

Bila daerah suhu tidak terlalu lebar, ketergantungan tetapan kecepatan reaksi terhadap temperatur serta energi aktivasi dapat dituliskan dengan persamaan empirik yang diusulkan oleh Arrhenius (1889) sebagai berikut [13]:

$$k = A e^{-E_a/RT} \quad (2.11)$$

Dimana: k = Tetapan kecepatan reaksi

A = Tetapan Arrhenius

R = Tetapan gas umum

$$= 8,314 \text{ Joule mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

$$= 1,987 \text{ Kalori mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

E_a = Energi aktivasi

Energi aktivasi adalah merupakan energi minimum yang harus dilampaui agar dapat terjadi reaksi, energi aktivasi mempunyai satuan Joule per mol atau kalori per mol. Pada suatu reaksi apabila makin tinggi energi aktivasi, maka makin lambat reaksi berlangsung pada suhu tertentu. Energi aktivasi seringkali berguna dalam meninjau mekanisme reaksi. Dari persamaan diatas dapat diturunkan sehingga bisa digunakan untuk menentukan energi aktivasi secara grafik. Hasil penurunan meberikan persamaan:

$$\ln k = \ln A - E_a/RT \quad (2.12)$$

Harga energi aktivasi dinyatakan dari kemiringan grafik yang dibuat dengan $\ln k$ sebagai sumbu Y dan $1/T$ (suhu) sebagai sumbu X [14].

Penelitian mengenai pengaruh suhu terhadap reaksi fotokimia telah banyak dipelajari, diantaranya adalah pada reaksi $H + NO_2 \longrightarrow OH + NO$ yang diamati pada suhu antara 296 - 760 K dan diperoleh energi aktivasi 1,5 kJoule mol⁻¹ [15].

2.3. Katalis Semikonduktor Titanium Dioksida

Diantara katalis semikonduktor berupa logam oksida, selama ini yang paling banyak digunakan dalam penelitian adalah TiO₂. Reaksi-reaksi yang menggunakan katalis titanium dioksida adalah reaksi fotoreduksi, fotooksidasi dan fotodekomposisi. Ditinjau dari sifatnya TiO₂ mempunyai energi celah yang relatif sempit (3,2 eV), sehingga memungkinkan proses fotokimia terbentuk dengan penyerapan sejumlah fraksi energi yang sesuai dari sinar tampak. Setelah dilakukan penyinaran maka akan terjadi perpindahan elektron dari pita valensi menuju pita konduksi, peristiwa ini akan menghasilkan pasangan elektron dan lubang, sehingga mengakibatkan terjadinya proses katalisa. Selain itu TiO₂ dan WO₃ memiliki kestabilan pada jarak pH yang luas [15].

Proses fotokimia yang menggunakan TiO₂ sebagai katalis, pertama kali dilakukan oleh Bard (1978). Titanium dioksida digunakan untuk proses oksidasi pada polutan organik fenol dan sianida, sehingga didapatkan proses reaksi yang lebih cepat. Pada reaksi fotooksidasi ini kecepatan reaksinya dipengaruhi juga oleh kehadiran logam terlarut. Kehadiran logam-logam tersebut ada yang

mempercepat reaksi dan memperlambat reaksi. Dari penelitian sebelumnya yang dilakukan Aikigawa dan Sukigara (1983) yang menyatakan bahwa kontak pada permukaan katalis semikonduktor merupakan faktor utama terjadinya transfer elektron pada reaksi yang menggunakan sinar atau foton. Penelitian tentang proses fotooksidasi dengan katalis TiO_2 yang telah dilakukan adalah untuk oksidasi senyawa-senyawa organik berbahaya dalam bentuk larutan cair. Salah satu reaksi fotooksidasi tersebut adalah penguraian asam oksalat yang terdegradasi menjadi karbondioksida. Pada reaksi oksidasifotokatalitik ini sangat diperlukan oksigen sebagai oksidator selama proses reaksi [16].

Katalis TiO_2 banyak dimanfaatkan juga pada reaksi reduksi fotokatalitik ion-ion logam, sehingga logam hasil reduksi terdeposit pada semikonduktor TiO_2 dan warna suspensi mengalami perubahan. Pertama kali TiO_2 digunakan pada reaksi reduksi fotokatalitik terhadap ion merkuri (II) yang terdapat pada suatu larutan, dan disinari dengan lampu UV. Dalam perkembangannya telah banyak penelitian yang dilakukan pada reduksi fotokatalitik yang menggunakan katalis TiO_2 , yakni reduksi terhadap logam Cu (II), Ag (I), Au (III), Hg (II), Pt (IV), Ni (II) dan Cd (II) [17]. Pada saat berlangsungnya proses reduksi fotokatalitik ini diharuskan tidak terdapat oksigen terlarut. TiO_2 seperti halnya oksida logam lainnya dapat bertindak pula sebagai adsorbat terhadap ion-ion logam, dengan membentuk ikatan koordinasi. Dengan demikian katalis TiO_2 dapat membantu

penurunan konsentrasi ion logam yang terdapat dalam larutan. Penggunaan katalis TiO_2 selain untuk reaksi redoks adalah pada proses fotodekomposisi. Pada proses ini suatu senyawa yang menerima dan menyerap sinar, secara langsung menghasilkan suatu molekul teraktivasi. Molekul ini dapat bereaksi lebih lanjut atau mengalami suatu peluruhan. Molekul ini menyalurkan energinya melalui tumbukan dengan molekul lain dan akhirnya menghasilkan suatu produk.

Reaksi-reaksi lain yang melibatkan katalis titanium dioksida juga telah banyak dipelajari, diantaranya oksidasi hidrogen sulfida menjadi sulfur dioksida, dehidrasi alkohol, amoksidasi, metilasi, isomerisasi dan alkilasi.

Keberadaannya di alam TiO_2 berbentuk "anatase", "rutile", dan "brookite". Dari ketiga bentuk tersebut yang paling stabil adalah anatase dan jenis inilah yang dipakai pada penelitian ini. Dipilihnya bentuk anatase sebagai katalis sebab memiliki sifat-sifat antara lain : bisa lebih aktif bila dikenai sinar, secara kimia lebih stabil, tidak berbahaya bagi lingkungan dan mudah didapatkan di alam serta mempunyai luas permukaan yang besar dan memiliki pori-pori yang kecil. Dengan adanya sifat-sifat tersebut titanium dioksida anatase mempunyai aktifitas yang besar sebagai katalis [18].

Pada penelitian ini digunakan titanium dioksida anatase Degussa P-25 dengan ciri-ciri sebagai berikut [19]:

- area spesifik = $50 \text{ m}^2/\text{gr}$
- diameter partikel = $0.78 \text{ }\mu\text{m}$
- densitas = $3,9 \text{ gr/ml}$
- energi celah = 3.2 eV .

2.4. Energi Matahari

2.4.1. Tinjauan umum sinar matahari

Energi matahari merupakan hasil reaksi termonuklir yang terjadi dalam perut matahari. Intensitas penyinaran yang diterima di bumi mencapai 1300 W/m^2 . Sebelum menembus atmosfer bumi radiasi sinar matahari mempunyai panjang gelombang antara $0,1 - 50 \text{ }\mu\text{m}$. Berdasarkan pada panjang gelombangnya, energi matahari dibagi menjadi tiga daerah spektrum : Spektrum ultra violet λ kurang dari $0,38 \text{ }\mu\text{m}$, spektrum sinar tampak dengan λ $0,3 \text{ }\mu\text{m} - 0,78 \text{ }\mu\text{m}$, spektrum infra merah dengan λ lebih besar dari $0,78 \text{ }\mu\text{m}$.

Sewaktu menembus atmosfer bumi, sinar ultra violet yang λ nya kurang dari $0,29 \text{ }\mu\text{m}$ akan diserap oleh ozone, sedangkan untuk infra merah diserap oleh uap air dan CO_2 . Dengan demikian sinar matahari yang sampai pada permukaan bumi λ nya sekitar $0,3 - 3,0 \text{ }\mu\text{m}$ dan intensitasnya kira-kira 100 W/m^2 [20].

Adanya partikel debu dan molekul-molekul gas di angkasa maka sinar matahari sebagian akan dipantulkan kembali ke angkasa atau dipantulkan ke berbagai arah. Jadi sinar matahari yang diterima di bumi dibedakan menjadi radiasi langsung dan radiasi difusi. Pada cuaca cerah

radiasi langsung dan radiasi difusi. Pada cuaca cerah radiasi langsung dapat mencapai 85 % dan sisanya radiasi difusi.

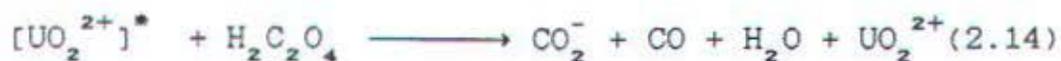
Tinggi rendahnya intensitas sinar matahari pada suatu tempat antara lain dipengaruhi oleh : letak geografis, perubahan iklim dan cuaca, waktu dalam setahun, waktu dalam hari dan sudut datang sinar matahari pada permukaan bumi [21].

Pada penelitian ini sinar matahari yang digunakan adalah pada saat cuaca cerah khususnya pada pukul 10.00 sampai pukul 14.00. Pada selang waktu ini intensitas sinar bisa dianggap tetap, sebab perubahan intensitasnya relatif sangat kecil. Dari penelitian yang telah dilakukan diperoleh harga intensitas sinar rata-rata untuk tiap jam sebesar $7,73 \cdot 10^{18}$; $8,58 \cdot 10^{18}$; $7,89 \cdot 10^{18}$; $7,31 \cdot 10^{18}$ pada jarak waktu tersebut [22].

2.4.2. Penentuan intensitas sinar matahari

Besarnya intensitas sinar matahari yang digunakan pada penelitian ini diukur dengan metode aktinometri. Pada metode aktinometri intensitas diukur berdasarkan pada jumlah foton yang bisa menyebabkan reaksi fotokimia yang terjadi pada suatu larutan yang telah diketahui rendemen kuantiknya. Larutan tersebut adalah uranil oksalat dengan rendemen kuantik 0,53. Yang dimaksud rendemen kuantik 0,53 adalah setiap foton akan mengakibatkan dekomposisi 0,53 molekul asam oksalat menjadi CO_2 , CO, dan H_2O .

Persamaan reaksinya adalah:



Pada reaksi tersebut dapat dilihat bahwa asam oksalat yang terdisosiasi ekuivalen dengan intensitas sinar yang masuk kedalam larutan. Dengan mengamati kecepatan disosiasi asam oksalat tiap satuan waktu tertentu, maka intensitas sinar dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$I_{\text{abs}} = \frac{r \cdot v}{\eta} \quad (2.15)$$

r = kecepatan reaksi dekomposisi asam oksalat (mol/liter-menit), Volume larutan total = V dan η adalah rendemen kuantik dari larutan uranil oksalat [23].

2.5. Logam Tembaga (II) dan Perak (I)

Kedua logam tembaga Cu (II) dan perak Ag (I) merupakan logam yang merupakan sumber polutan yang banyak ditemukan pada perairan. Ion logam Cu^{2+} dan Ag^+ memiliki urutan toksisitas yang termasuk tinggi terhadap makhluk hidup. Ion tersebut bersifat sebagai pencari gugus nitrogen dan sulfur pada metabolisme makhluk hidup [24].

Banyak industri yang limbahnya menyumbangkan polutan logam Ag^+ dan Cu^{2+} , misalnya industri elektroplating, alat-alat listrik, pabrik gelas, zat warna dan pabrik alloy. Pestisida juga banyak mengandung garam tembaga.

Selain alasan diatas pemilihan ion Ag^+ dan Cu^{2+} sebagai logam yang akan direduksi didasarkan pada

penelitian sebelumnya yang sudah terbukti bahwa ion tersebut dapat tereduksi dan kinetiknya dapat diamati dengan baik.

Antara kedua logam Ag^+ dan Cu^{2+} dibedakan oleh potensial reduksi yang besar. Parameter ini akan berpengaruh pada berlangsungnya reaksi reduksi fotokatalitik pada masing-masing ion. Ion Ag^+ potensial reduksinya 0,779 V dan ion Cu^{2+} 0,345 V [25].

2.6. Spektroskopi Serapan Atom

Spektroskopi serapan atom (SSA) merupakan metoda teknik analisa kimia pada penentuan kadar unsur logam dan semilogam yang terdapat didalam cuplikan. Metoda ini didasarkan pada pengukuran besaran sifat fisika yang timbul atau berubah akibat adanya interaksi antara materi dengan berbagai bentuk energi (panas, energi radiasi, energi kimia dan energi listrik).

Bila suatu atom yang berada dalam keadaan dasar dikenakan suatu energi dengan panjang gelombang yang sesuai akan diserap oleh atom netral tersebut dan akan tereksitasi ke tingkat tenaga yang lebih tinggi (tingkat tereksitasi). Atom yang berada pada keadaan tereksitasi keadaannya tidak stabil dan akan kembali ke tingkat tenaga dasar dengan memancarkan energi yang berbentuk sinar.

Antara absorpsi radiasi dengan medium penyerap terdapat hubungan kuantitatif. Teori ini diungkapkan oleh Lambert dan Beer (1768). Dimana bila suatu medium penyerap

dibagi menjadi lapisan-lapisan imajiner yang sama tebalnya dan suatu berkas radiasi monokromatis dilewatkan pada medium tersebut maka setiap lapisan akan menyerap bagian yang sama dari radiasi. Secara matematik dapat dituliskan:

$$- \frac{dI}{db} = k_1 I \quad (2.16)$$

Persamaan di atas menyatakan bahwa berkurangnya intensitas - dI untuk setiap ketebalan db adalah berbanding lurus dengan intensitas I, dengan k adalah suatu tetapan.

Hasil integrasi dari persamaan 2.16 adalah:

$$\log \frac{I_0}{I} = k_1 b \quad (2.17)$$

Bila konsentrasi zat penyerap C, maka:

$$\log \frac{I_0}{I} = k_2 C \quad (2.18)$$

sehingga, $k_1 / C = k_2 / b$

bila $k_1 / C = a$

maka $k_1 = a C$ dan $k_2 = a b$

sehingga
$$\log \frac{I_0}{I} = a b C \quad (2.20)$$

atau dapat dituliskan
$$A = a b C \quad (2.21)$$

Dimana A adalah absorbansi, C adalah konsentrasi zat penyerap dan a absorbtifitas spesifik. Dengan mengukur absorpsi yang terjadi pada suatu unsur logam maka akan diketahui kadar logam tersebut.

Rangkaian kerja dan instrumentasi pada spektrofotometer serapan atom dijelaskan pada uraian berikut. Pada alat spektrofotometer serapan atom terdapat bagian-bagian yaitu:

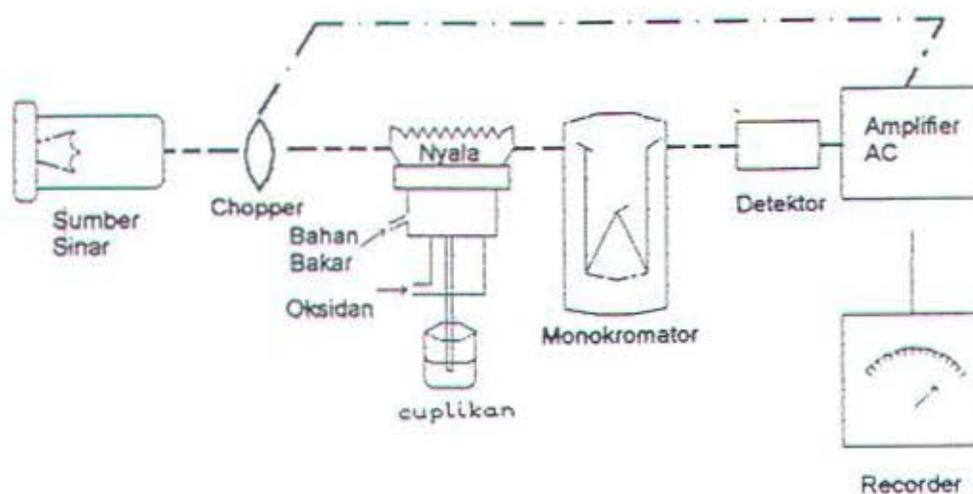
1. Sumber sinar
2. Sistem pengatoman
3. Monokromator
4. Detektor
5. Sistem pembacaan

Sumber sinar diperlukan untuk menghasilkan sinar yang nantinya energinya dapat diserap oleh atom-atom unsur yang dianalisa. Sumber sinar yang digunakan adalah lampu katoda berongga (Hollow Cathode Lamp). Jenis lampu katoda berongga yang digunakan dalam analisa tergantung pada jenis logam yang akan dianalisa.

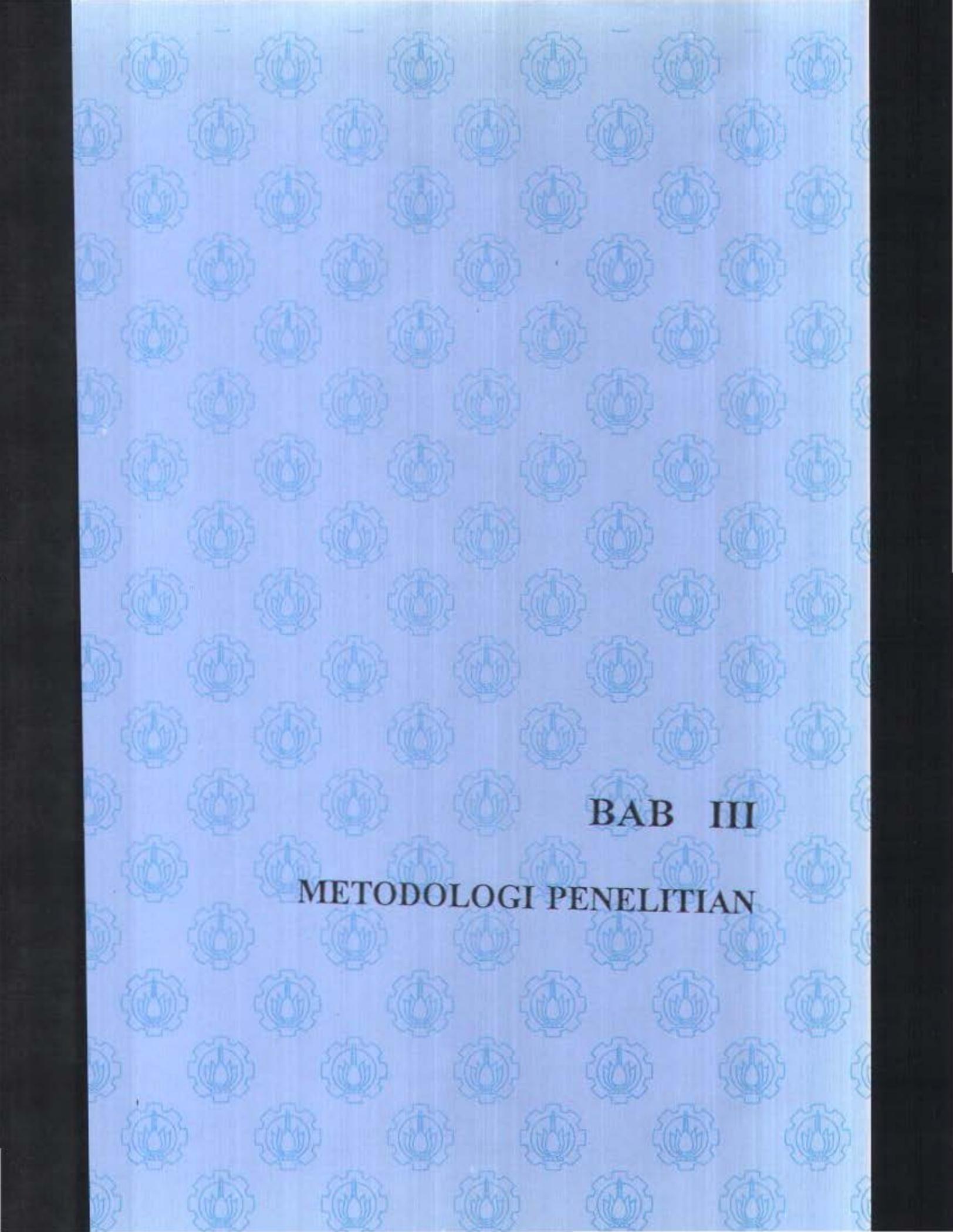
Cuplikan yang diamati dengan metoda ini adalah berupa larutan, perlu dilakukan suatu proses untuk mengubah cuplikan dalam larutan yang berbentuk ion menjadi atom bebas. Proses ini dikenal dengan atomisasi yang menggunakan metode atomisasi nyala api. Untuk mendapat atom bebas diperlukan tenaga untuk memisahkan keterikatannya dalam senyawa atau molekul. Tenaga ini diperoleh dari panas nyala api dengan temperatur tertentu. Nyala berasal dari bahan bakar dan oksidator. Cuplikan dihisap masuk kamar pencampur dan disemprotkan ke dalam nyala api sebagai kabut halus. Kemudian terjadi proses desolvasi (penguapan pelarut) dan cuplikan menjadi butiran halus. Dengan demikian dihasilkan suatu nyala api yang mengandung atom-atom netral unsur yang akan dianalisa, dimana elektron pada unsur tersebut berada pada keadaan azasnya.

Sinar yang berasal dari sumber sinar diterima atom-atom netral unsur pada nyala. Pada saat ini radiasi resonansi akan diserap oleh atom tersebut. Fraksi tertentu dari uap atom logam akan mengalami proses eksitasi. Atom yang tereksitasi ini akan mengemisikan radiasi resonansi ke semua arah pada panjang gelombang yang sesuai. Radiasi emisi diteruskan dan dibiarkan melalui monokromator dan ditangkap oleh detektor dan diubah menjadi energi listrik. Energi listrik yang dihasilkan dipergunakan untuk mendapatkan suatu data yang dapat dibaca. Data yang dihasilkan berupa persen transmittan atau absorban.

Pada gambar 2.2 dijelaskan secara skematik semua peristiwa mulai dari atomisasi sampai perekaman data [26, 27].



Gambar 2.2. Skema peralatan SSA



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

BAB II

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Alat dan Bahan yang Digunakan

3.1.1. Peralatan yang digunakan

Alat-alat yang diperlukan dalam penelitian ini adalah: beker glass dengan volume 3 Liter sebagai tempat berlangsungnya reaksi, hot plate lengkap dengan pengaduk magnetik untuk mengatur suhu dan sekaligus untuk mengaduk suspensi selama berlangsungnya percobaan, termometer untuk mengukur suhu suspensi, DO-meter untuk mengukur kadar oksigen terlarut, tabung gas nitrogen, difuser yang digunakan untuk mendapatkan gelembung dari gas nitrogen, dan spektrofotometer serapan atom sekaligus lampu katoda berongga untuk logam Ag dan Cu, alat ini digunakan untuk menganalisa hasil reaksi setelah cuplikan disaring dengan corong Buchner dan kertas saring Wathman, serta peralatan gelas lainnya seperti buret, pipet volum, pipet tetes, labu ukur, gelas ukur, erlenmeyer, dan lain sebagainya.

3.1.2. Bahan-bahan yang digunakan

Selama penelitian ini dibutuhkan bahan-bahan zat kimia berupa perak nitrat (AgNO_3), tembaga nitrat $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$, serbuk titanium dioksida Degussa P-25, gas nitrogen, uranil nitrat, asam oksalat ($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$), larutan KMnO_4 0,02 M, asam sulfat pekat, aquadest dan air demineralisasi.

3.2. Penentuan Intensitas Sinar Matahari

Penentuan intensitas sinar matahari dengan menggunakan metode aktinometri, yang menggunakan uranil oksalat yang telah diketahui rendemen kuantiknya sebesar 0,53. Asam oksalat direaksikan dengan uranil nitrat. Langkah pertama adalah membuat larutan asam oksalat 0,1 M, dengan cara 25,2132 gram $H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$ dilarutkan dalam aquadest. Larutan yang diperoleh kemudian diencerkan sampai volume dua liter dengan aquadest, sehingga didapatkan larutan asam oksalat 0,1 M.

Langkah kedua adalah melakukan penyinaran larutan. Larutan asam oksalat 0,1 M sebanyak 2 liter dimasukkan dalam beker glass ukuran 3 liter, kemudian pada larutan ini dikenakan sinar matahari secara langsung agar sinar matahari masuk kedalam larutan tersebut. Uranil nitrat sebanyak 0,4 mol ditambahkan kedalam larutan tersebut dan sambil dilakukan pengadukan dengan pengaduk magnetik. Saat ini ditetapkan sebagai waktu nol. Reaksi dibiarkan berlangsung dan tiap selang waktu 30 menit yaitu pada menit ke 0, 30, 60, 90, 120, cuplikan diambil sebanyak 5 ml. Kemudian dianalisa dengan cara dititrasi dengan menggunakan larutan $KMnO_4$ 0,02 M. Sebelum dititrasi pada cuplikan ditambahkan setetes asam oksalat pekat dan dipanaskan pada suhu $70^\circ C$, untuk menyempurnakan reaksinya.

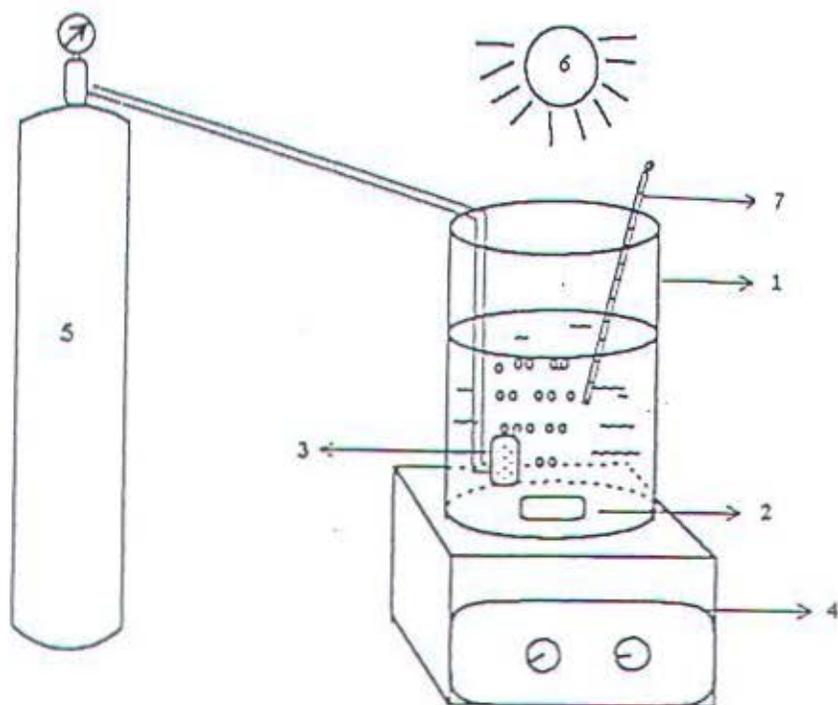
3.3. Penentuan kecepatan reaksi reduksi fotokatalitik

Dua liter masing-masing larutan ion logam dengan konsentrasi awal tertentu (variasi konsentrasi) dimasukkan dalam reaktor fotokimia (gambar 3.1). Larutan diaduk dengan pengaduk magnetik, kemudian gas nitrogen dialirkan melalui diffuser dengan kecepatan alir 3 liter/jam. Kemudian konsentrasi oksigen terlarut diukur dengan DO-meter sampai diperoleh konsentrasi oksigen terlarut mendekati nol ppm. Pada saat konsentrasi oksigen terlarut mendekati nol ppm, serbuk TiO_2 sebanyak 400 mg dimasukkan ke dalam larutan dan tetap dilakukan pengadukan. Suhu larutan diatur sesuai dengan suhu yang diinginkan dan dijaga agar tidak terjadi perubahan suhu pada saat reaksi berlangsung. Pada waktu yang bersamaan larutan disinari dengan sinar matahari, sehingga terjadi reaksi reduksi terhadap ion logam dalam larutan oleh partikel TiO_2 . Reaksi terjadi bila ada perubahan warna larutan.

Reaksi dibiarkan berlangsung terus, dan pada selang waktu 30, 60, 90, 120 menit, larutan diambil sebanyak 10 ml, kemudian disaring dan filtrat yang diperoleh dianalisa konsentrasi ion logamnya dengan menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom. Analisa ion perak diamati pada panjang gelombang 328,1 nm sedangkan untuk analisa ion tembaga pada panjang gelombang 324,8 nm. Sebelum dilakukan pengukuran absorbansi cuplikan, disiapkan suatu larutan deret standar untuk memperoleh kurva standar. Kurva ini

dibuat antara absorban terhadap konsentrasi, dari kurva inilah konsentrasi cuplikan dapat diketahui.

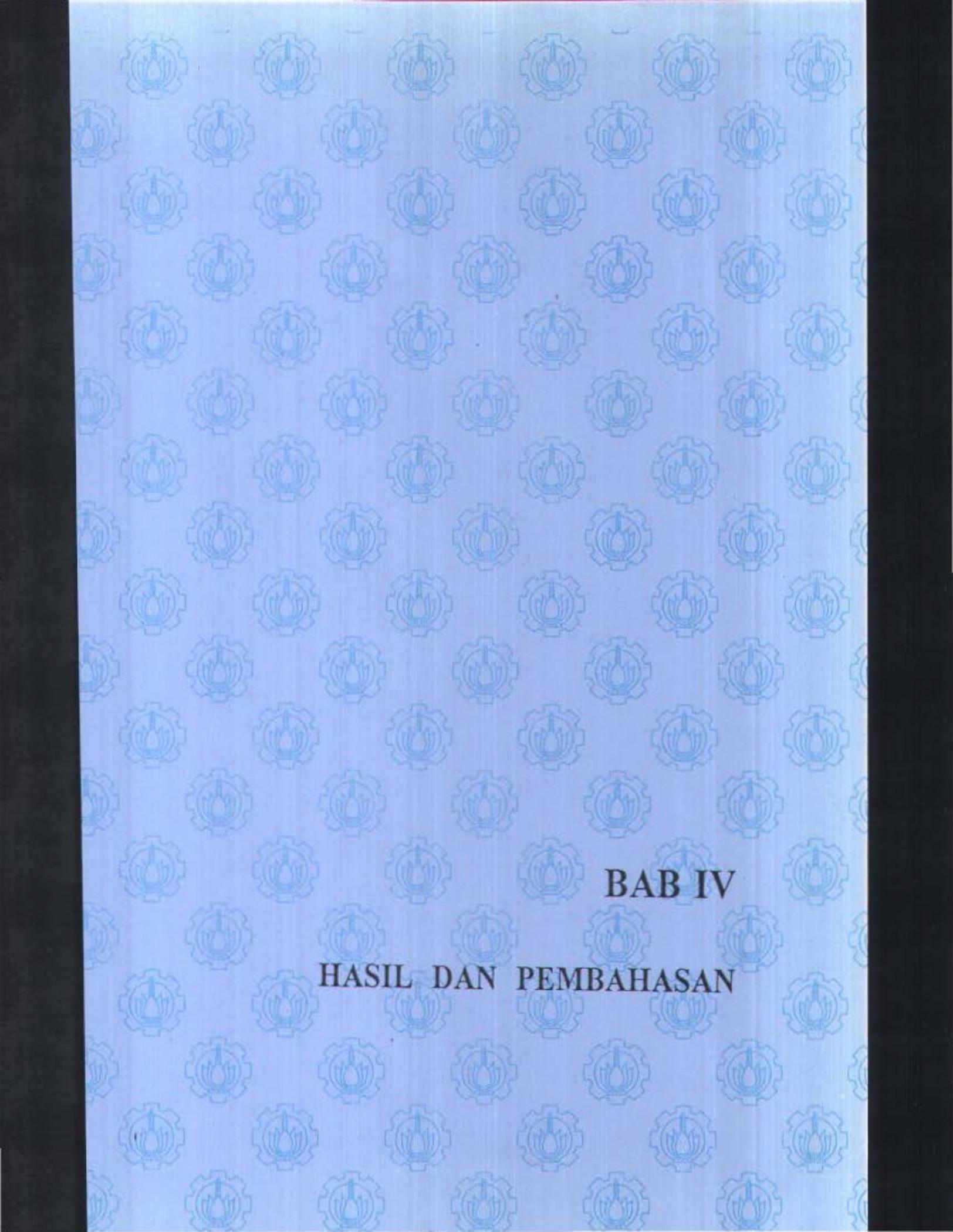
Variasi yang dilakukan pada percobaan ini adalah: ion logam perak dan tembaga, konsentrasi awal masing-masing larutan ion logam yaitu 25 ppm, 50 ppm, 75 ppm dan 100 ppm, waktu reaksi katalisa yang diamati pada menit ke 0, 30, 60, 90 dan 120, serta suhu kondisi reaksi, dimana reaksi dilakukan pada suhu 45°C, 55°C, 65°C, 75°C, dan 85°C.



Gambar 3.1. Susunan reaktor fotokimia

Keterangan gambar:

1. Gelas piala
2. Pengaduk magnetik
3. Difuser
4. Hot plate
5. Tabung gas nitrogen
6. Sinar matahari
7. Termometer.



BAB IV

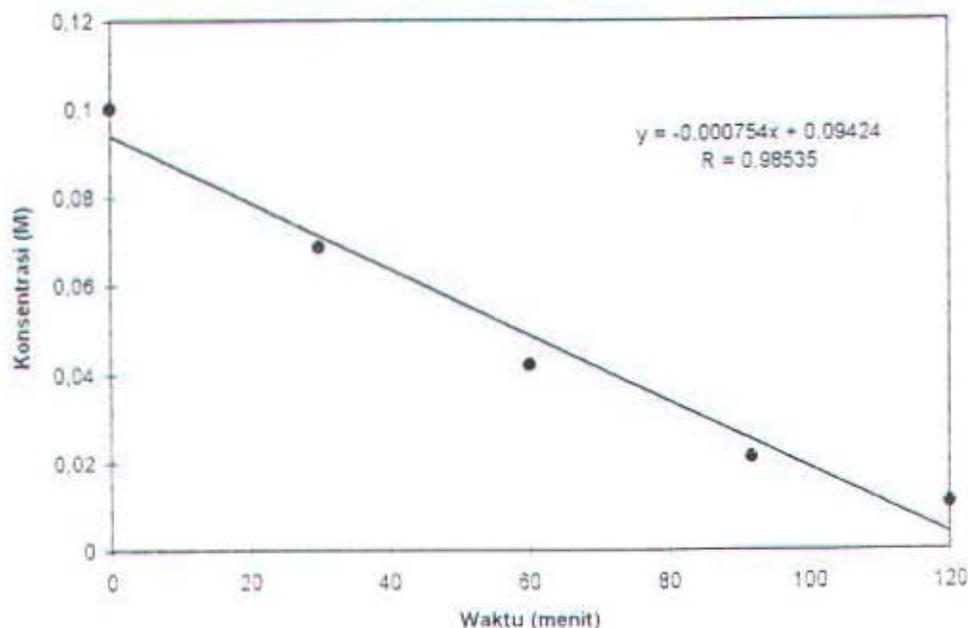
HASIL DAN PEMBAHASAN

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Penentuan Intensitas Sinar Matahari

Berlangsungnya reaksi fotokimia sangat tergantung pada intensitas sinar yang diabsorpsi media pereaksi. Pada penelitian ini telah dilakukan pengukuran intensitas sinar matahari. Metoda yang digunakan adalah aktinometri yang menggunakan asam oksalat dan uranil nitrat. Dari percobaan diperoleh data hasil dissosiasi asam oksalat pada setiap waktu penyinaran 30 menit yang dilakukan selama 120 menit pada volume larutan 1 liter. Data ini tercantum pada lampiran B.



Gambar 4.1. Grafik penentuan kecepatan dissosiasi asam oksalat

Dari data tersebut ditentukan besarnya kecepatan atau laju dissosiasi asam oksalat secara grafik. Dimana konsentrasi asam oksalat yang tersisa diplotkan terhadap waktu penyinaran. Kecepatan dissosiasi asam oksalat dinyatakan dalam satuan mol/liter-menit.

Persamaan garis lurus secara lengkap yang diperoleh adalah $C = -7,5467 \times 10^{-4} t + 0,09424$ dengan koefisien korelasi 0,9853. Kemiringannya adalah $-7,5467 \times 10^{-4}$, harga negatif ini menyatakan pengurangan konsentrasi asam oksalat, sedangkan kecepatan dissosiasinya adalah $7,5467 \times 10^{-4}$ mol/liter-menit.

Intensitas sinar matahari dapat dihitung dengan rumus pada persamaan 2.15. Apabila diketahui rendemen kuantik uranil nitrat 0,53 mol/Einstein dan volume larutannya 1 liter maka intensitas yang diperoleh adalah $1,4239 \times 10^{-3}$ Einstein/menit. Bila dinyatakan pada setiap detik adalah $2,3731 \times 10^{-5}$ Einstein. Jadi dalam waktu 1 detik akan dipancarkan sinar sebesar $2,3731 \times 10^{-5}$ mol foton atau $1,4286 \times 10^{10}$ foton, karena 1 mol adalah $6,02 \times 10^{23}$.

Intensitas sinar matahari sebesar $1,4286 \times 10^{10}$ Foton/detik diperoleh dari percobaan dengan volume larutan satu liter. Jadi setiap militer memiliki intensitas sebesar $1,4286 \times 10^{16}$. Besarnya intensitas sinar matahari dari penelitian ini memenuhi syarat berlangsungnya reaksi fotokimia. Biasanya dalam sistem fotokimia intensitas sinar yang digunakan adalah $10^{13} - 10^{15}$ kuantum terabsorb/cm²-dt.

Dengan demikian sinar matahari dapat digunakan pada penelitian selanjutnya yang mempelajari adanya pengaruh temperatur pada reaksi reduksi fotokatalitik ion logam perak dan tembaga.

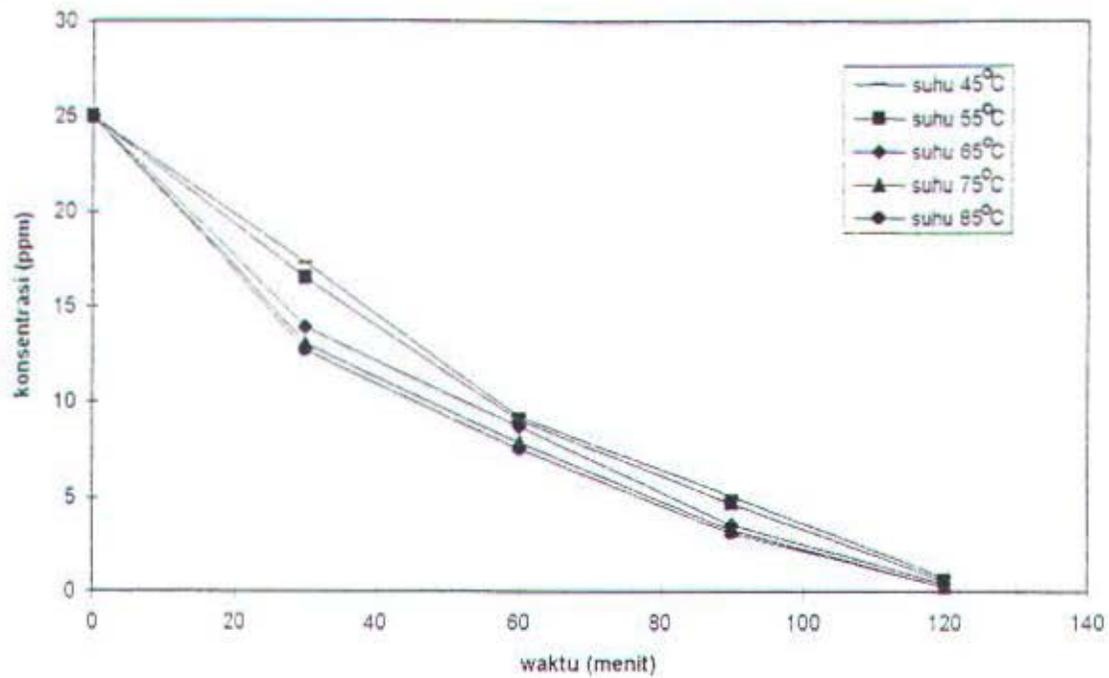
Namun perlu diperhatikan bahwa kondisi cuaca dan waktu pelaksanaan pada kedua percobaan harus sama sehingga apabila ada perubahan intensitas, perubahan tersebut tidak terlalu besar.

4.2. Pengaruh Temperatur pada Reaksi Reduksi Fotokatalitik Ion Logam

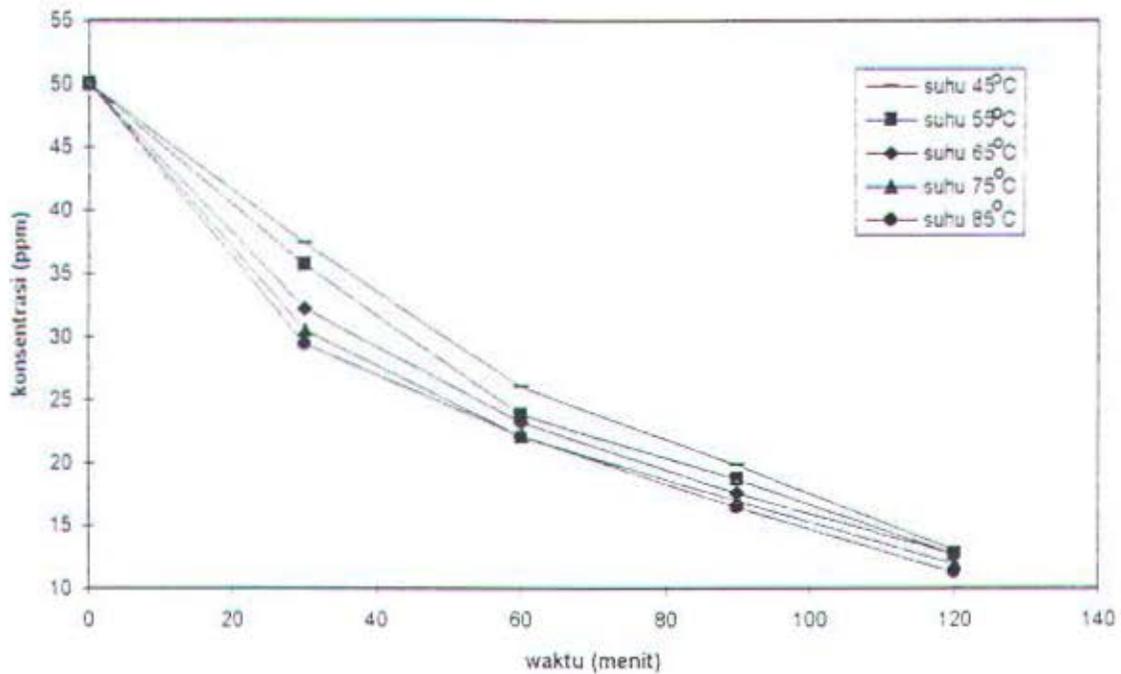
4.2.1. Pengaruh Temperatur pada Penurunan Konsentrasi Ion Logam Ag (I)

Hasil penurunan ion logam Ag^+ selama reaksi reduksi fotokatalitik pada semua variasi temperatur tercantum pada lampiran C2 dan telah digambarkan pada gambar 4.2, 4.3, 4.4 dan 4.5. Masing-masing gambar tersebut menyatakan hasil penurunan konsentrasi ion logam pada konsentrasi awal 25 ppm, 50 ppm, 75 ppm, dan 100 ppm.

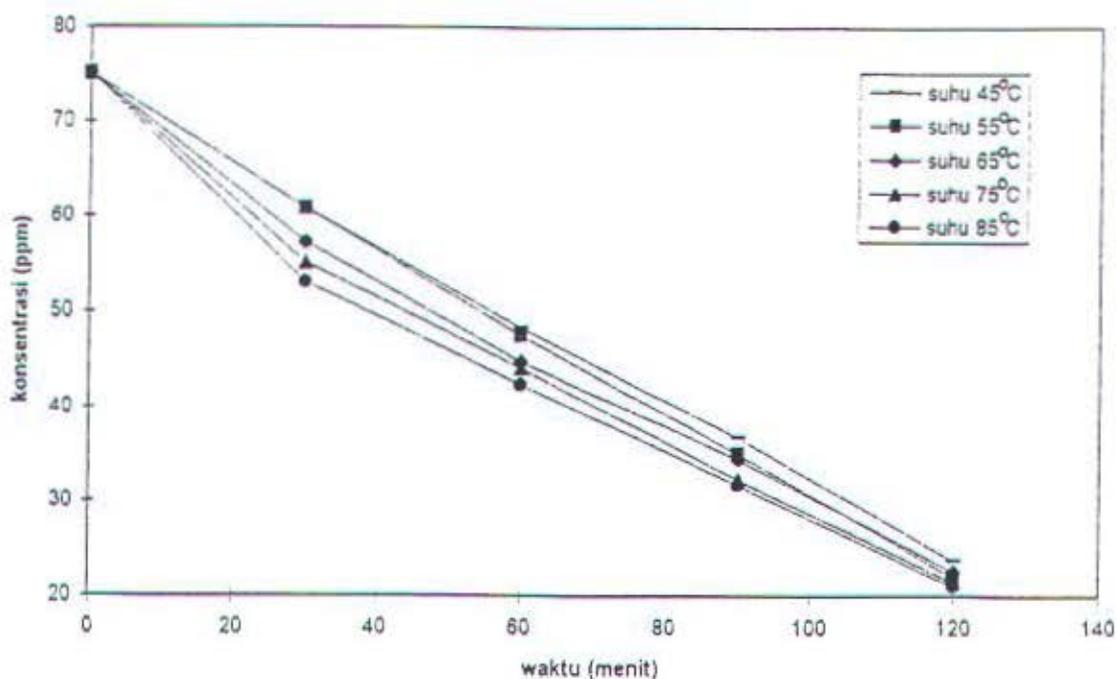
Selama percobaan kondisi suhu dibuat konstan tetapi pada pelaksanaannya masih mengalami deviasi sebesar $\pm 1^\circ C$. Selain kondisi suhu ada kondisi lain yang perlu dicatat. Yakni kondisi pH larutan untuk setiap sistem reaksi berkisar antara 5,0 - 6,5. Sedangkan untuk kadar oksigen terlarut adalah 0,5 - 0,7 ppm, setelah pengusiran dengan nitrogen selama 1 jam. Kadar oksigen ini tidak bisa mencapai 0 ppm sebab reaksi dilakukan pada tempat terbuka.



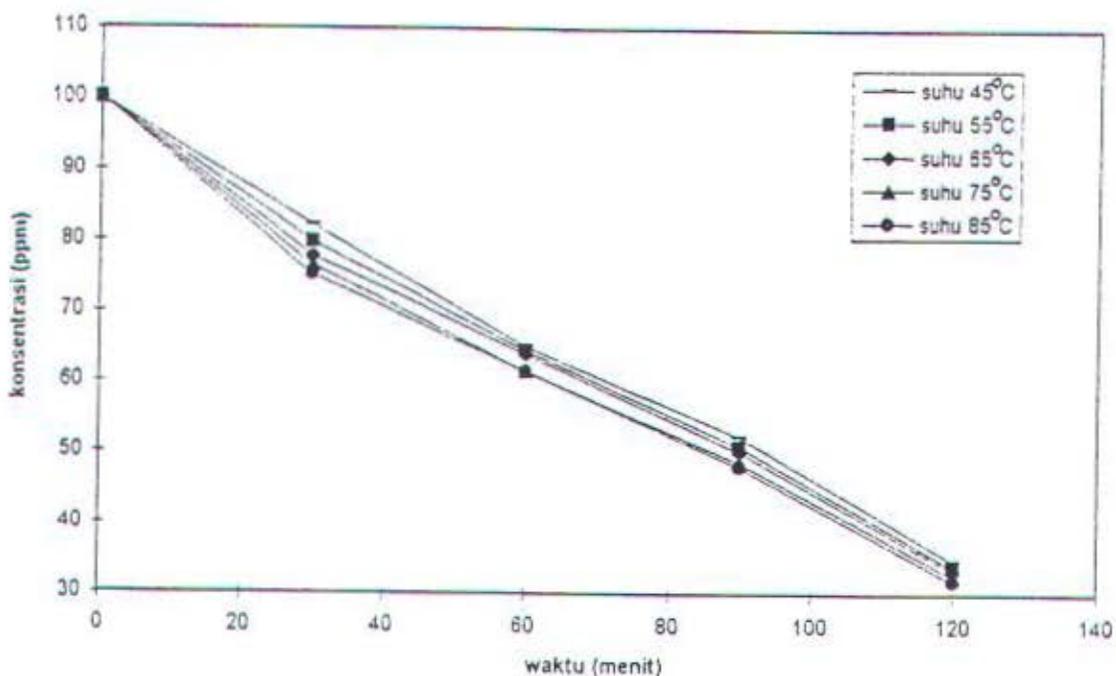
Gambar 4.2. Hasil penurunan konsentrasi ion logam Ag (I) dengan konsentrasi awal 25 ppm pada suhu 45°C, 55°C, 65°C, 75°C dan 85°C.



Gambar 4.3. Hasil penurunan konsentrasi ion logam Ag (I) dengan konsentrasi awal 50 ppm pada suhu 45°C, 55°C, 65°C, 75°C dan 85°C.



Gambar 4.4. Hasil penurunan konsentrasi ion logam Ag (I) dengan konsentrasi awal 75 ppm pada suhu 45°C, 55°C, 65°C, 75°C dan 85°C.



Gambar 4.5. Hasil penurunan konsentrasi ion logam Ag (I) dengan konsentrasi awal 100 ppm pada suhu 45°C, 55°C, 65°C, 75°C dan 85°C.

Pada gambar 4.2 terlihat penurunan konsentrasi pada waktu reaksi 30 menit lebih besar dari pada penurunan yang terjadi pada waktu reaksi 60, 90 dan 120 menit. Hasil pengamatan penurunan konsentrasi pada perubahan suhu reaksi 45°C - 85°C untuk saat reaksi 30 menit pertama adalah 4,5 ppm, sedangkan pada 30 menit kedua, ketiga, dan keempat masing-masing adalah 1,7 ppm, 1,9 ppm dan 0,53 ppm. Atau dapat dikatakan bahwa konsentrasi ion logam Ag^+ mengalami penurunan terbesar pada saat reaksi 30 menit pertama.

Sedangkan pada gambar 4.3 memberikan hasil pengamatan untuk penurunan konsentrasi ion logam Ag^+ pada konsentrasi awal 50 ppm. Fenomena yang terjadi adalah sama dimana penurunan konsentrasi ion logam terlihat jelas ketika waktu reaksi 30 menit pertama. Demikian juga untuk konsentrasi awal 75 ppm dan 100 ppm.

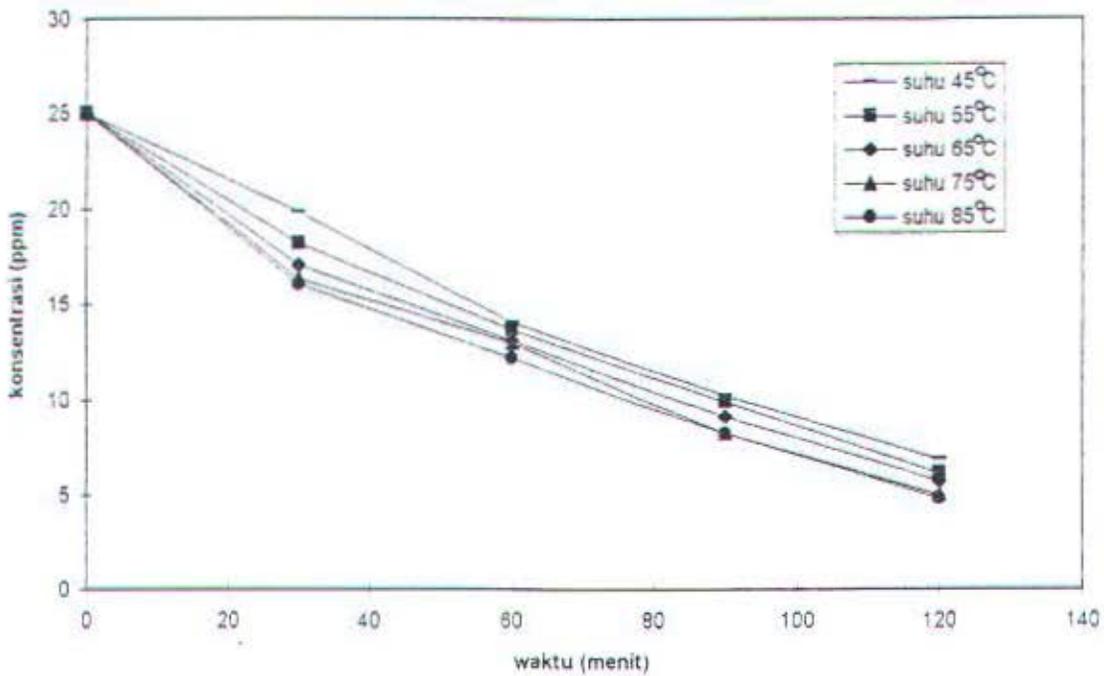
Dari pengamatan yang dilakukan pada hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa peningkatan temperatur dapat meningkatkan hasil reaksi reduksi fotokatalitik ion logam Ag^+ hanya pada waktu reaksi 30 menit pertama. Hasil ini menunjukkan bahwa ada faktor dari katalis titanium dioksida yang dipergunakan. Pada saat awal titanium dioksida masih memiliki permukaan yang bersih, sehingga logam yang terdeposit bisa maksimal. Kenaikan suhu memberikan sedikit pengaruh pada kecepatan reaksinya. Sedangkan waktu reaksi diatas 30 menit, reaksi menjadi lebih lambat sebab partikel titanium dioksida sudah terpenuhi oleh deposit logam.

Bagaimana pengaruh temperatur pada kecepatan reaksi reduksi fotokatalitik ion logam Ag^+ akan lebih jelas bila melihat hasil kinetika secara keseluruhan. Pengaruh ini dapat diamati dari harga kecepatan reaksi (r) pada masing-masing kondisi temperatur percobaan. Hasil ini akan dibahas pada bagian sub bab 4.3 dalam makalah ini..

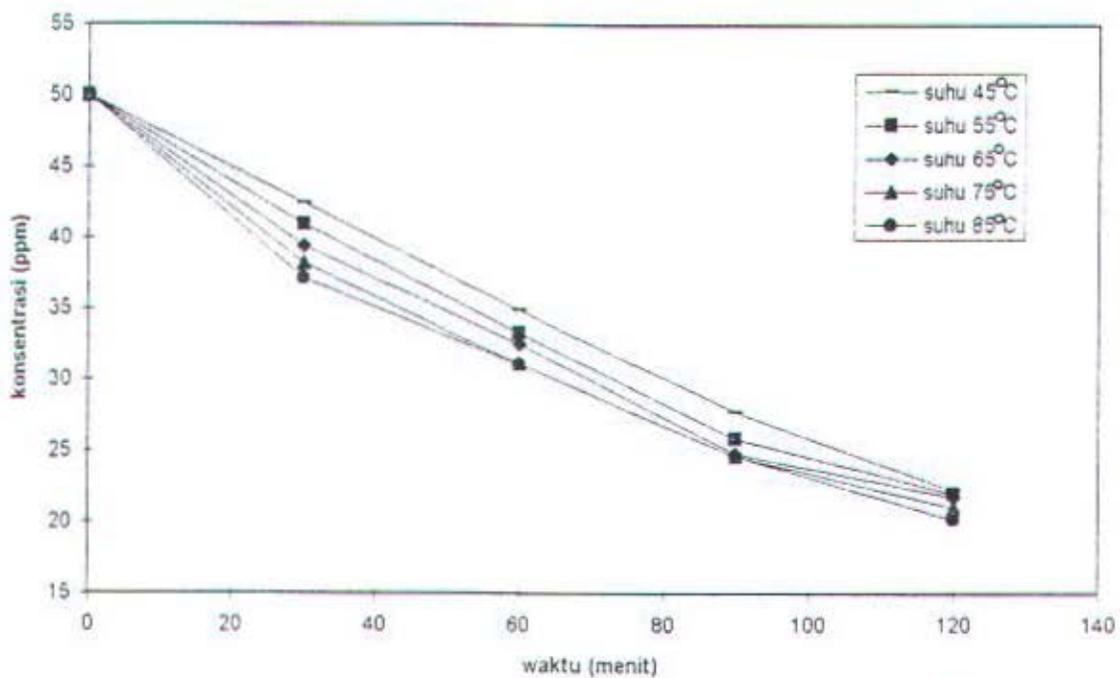
4.2.2. Pengaruh Temperatur pada Penurunan Konsentrasi Ion Logam Cu (II)

Dengan kondisi reaksi yang sama dengan kondisi reaksi reduksi pada logam Ag^+ didapatkan hasil penelitian terhadap logam Cu^{2+} dengan data seperti pada lampiran C2. Hasil penurunan konsentrasi ion logam Cu^{2+} pada setiap temperatur, untuk konsentrasi awal 25 ppm digambarkan pada gambar 4.5. Sedangkan untuk konsentrasi awal 50 ppm pada gambar 4.6, konsentrasi awal 75 ppm pada gambar 4.7 dan konsentrasi awal 100 ppm pada gambar 4.8.

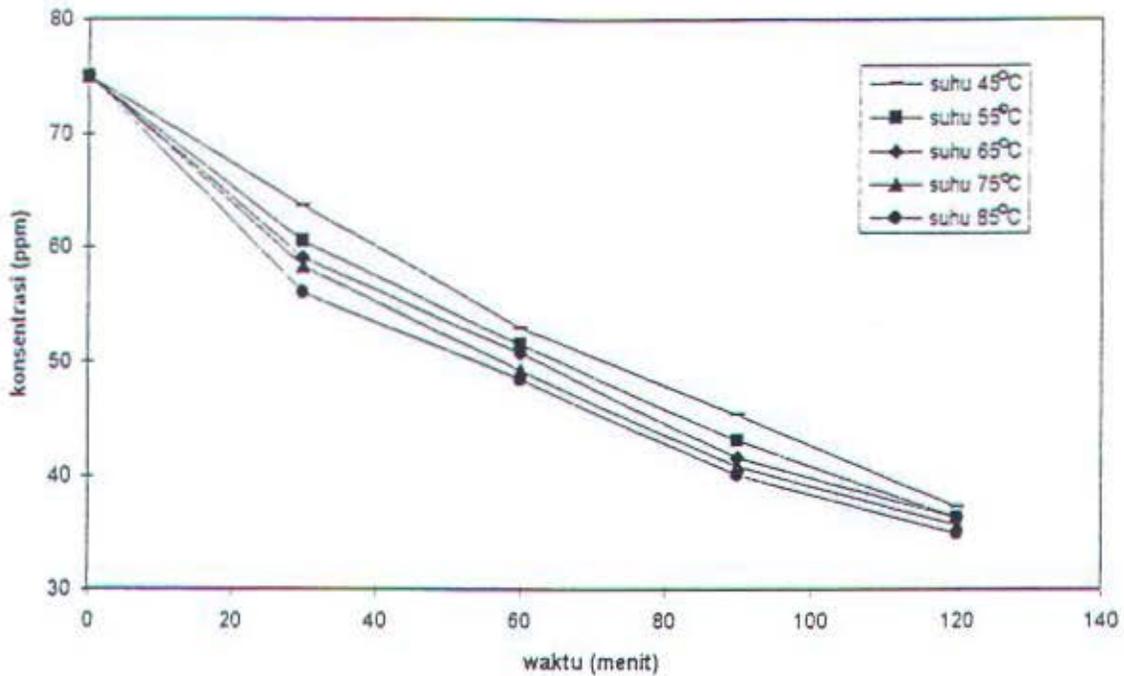
Dari semua gambar 4.7 sampai 4.10 diperlihatkan adanya sedikit peningkatan hasil reaksi reduksi ion logam Cu^{2+} akibat adanya kenaikan suhu dari $45^{\circ}C$ sampai $85^{\circ}C$. Hasil ini hanya teramati pada waktu reaksi 30 menit pertama. Sedangkan pada saat reaksi setelah 30 menit tidak terjadi kenaikan pada penurunan konsentrasi ion logam Cu^{2+} . Hasil ini membuktikan bahwa kenaikan suhu tidak meningkatkan hasil reaksi reduksi fotokatalitik ion logam Cu^{2+} .



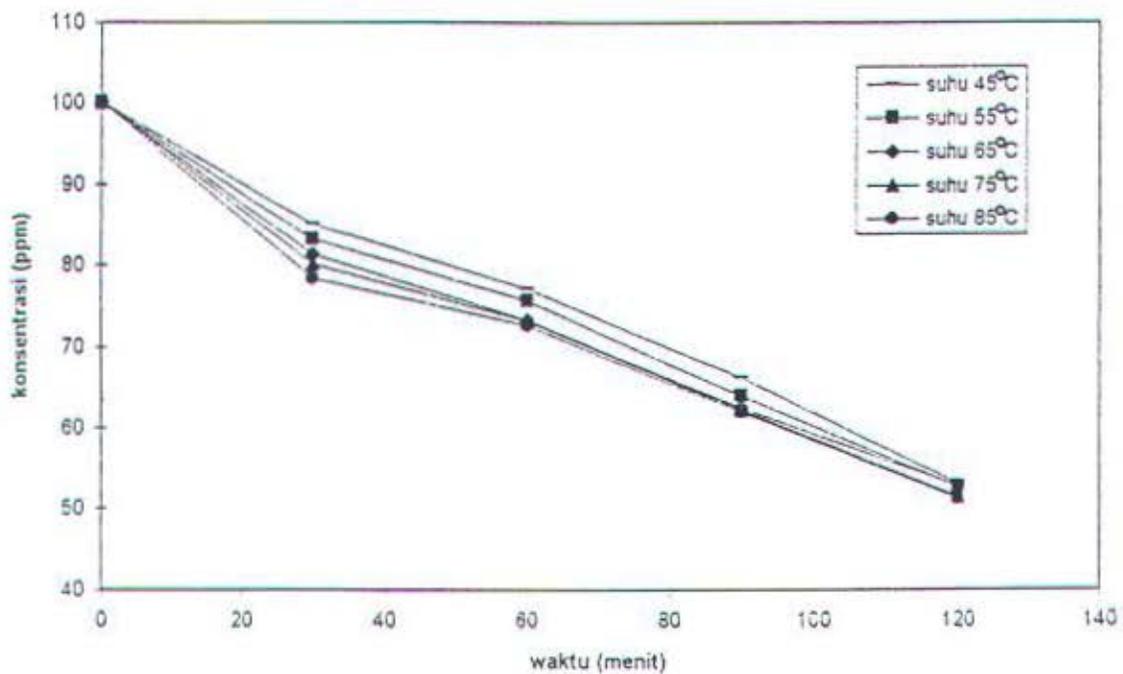
Gambar 4.6. Hasil penurunan konsentrasi ion logam Cu (II) dengan konsentrasi awal 25 ppm pada suhu 45, 55, 65, 75 dan 85°C



Gambar 4.7. Hasil penurunan konsentrasi ion logam Cu (II) dengan konsentrasi awal 50 ppm pada suhu 45, 55, 65, 75 dan 85°C



Gambar 4.8. Hasil penurunan konsentrasi ion logam Cu (II) dengan konsentrasi awal 75 ppm pada suhu 45, 55, 65, 75 dan 85°C



Gambar 4.9. Hasil penurunan konsentrasi ion logam Cu (II) dengan konsentrasi awal 100 ppm pada suhu 45, 55, 65, 75 dan 85°C

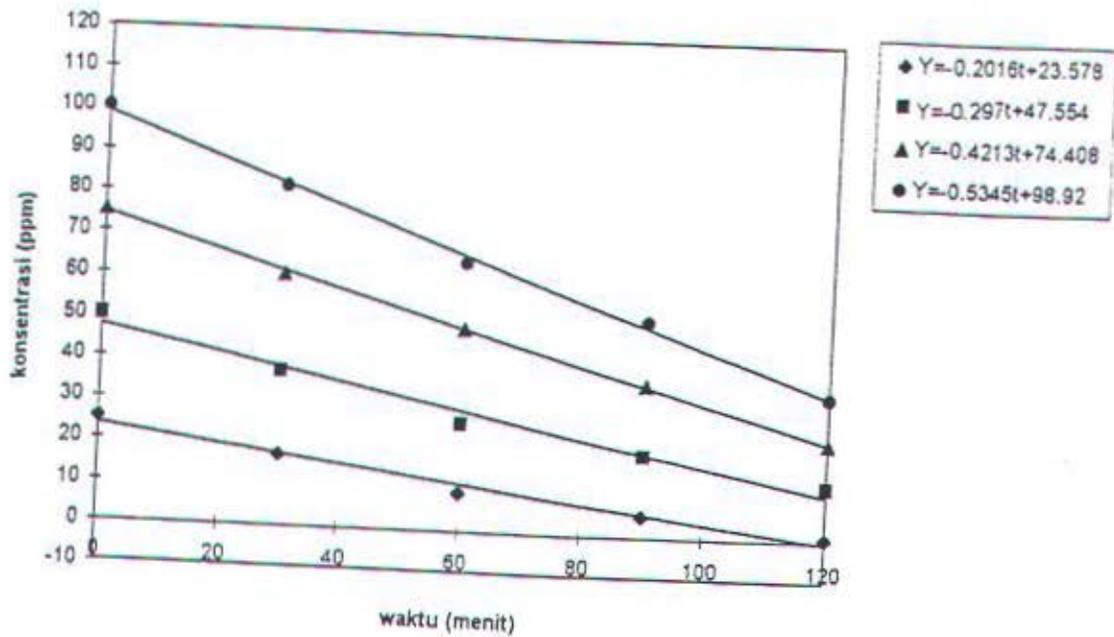
4.3. Kinetika Reaksi Reduksi Fotokatalitik Ion logam Ag (I)

4.3.1. Penentuan kecepatan reaksi reduksi fotokatalitik ion logam Ag (I)

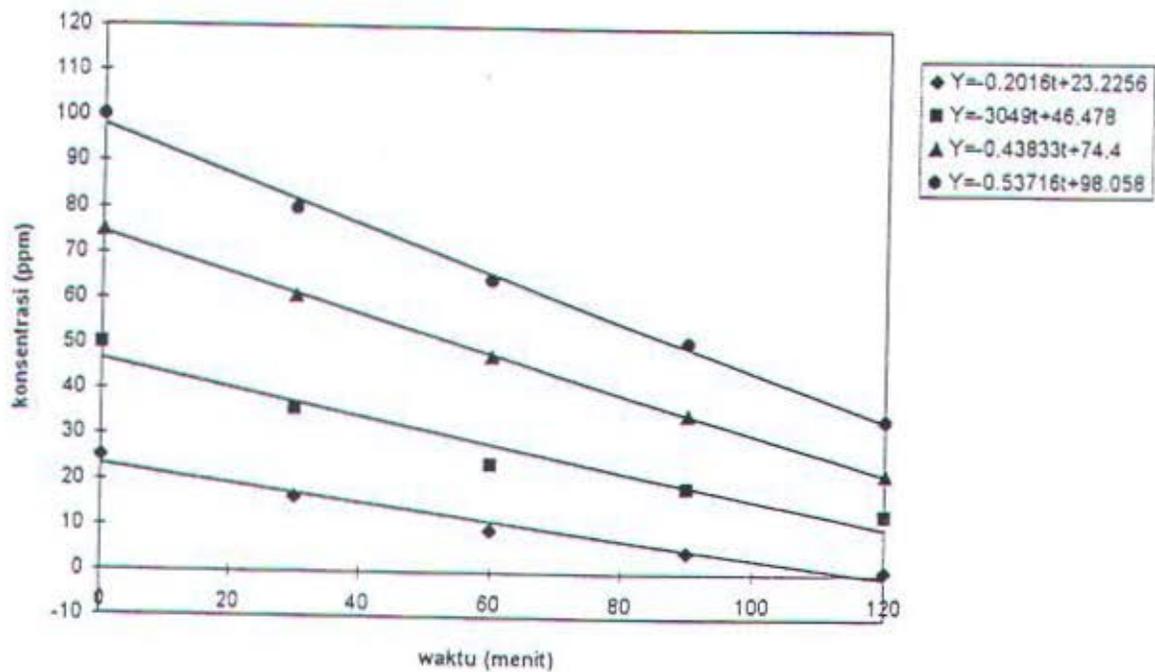
Pada penelitian ini kecepatan reaksi tidak ditentukan berdasarkan perubahan konsentrasi pada waktu tertentu, tetapi ditentukan berdasarkan perbedaan laju reaksi untuk konsentrasi awal yang berbeda-beda. Serangkaian percobaan dibuat dengan kondisi yang sama dan hanya dibedakan oleh konsentrasi awalnya. Untuk reduksi ion logam Ag ini percobaannya dilakukan pada empat macam konsentrasi awal 25ppm, 50ppm, 75ppm, dan 100 ppm.

Data hasil pengamatan dengan menggunakan AAS tercantum pada lampiran C1. Dari data ini dapat dibuat grafik antara konsentrasi ion logam Ag^+ tersisa terhadap waktu reaksi. Grafik yang diperoleh adalah berupa garis lurus yang memiliki kemiringan dan intersep tertentu. Harga kecepatan reaksi (r) dapat ditentukan dari harga positif kemiringan kurva. Kecepatan reaksi (r) ini dinyatakan dalam satuan ppm/menit.

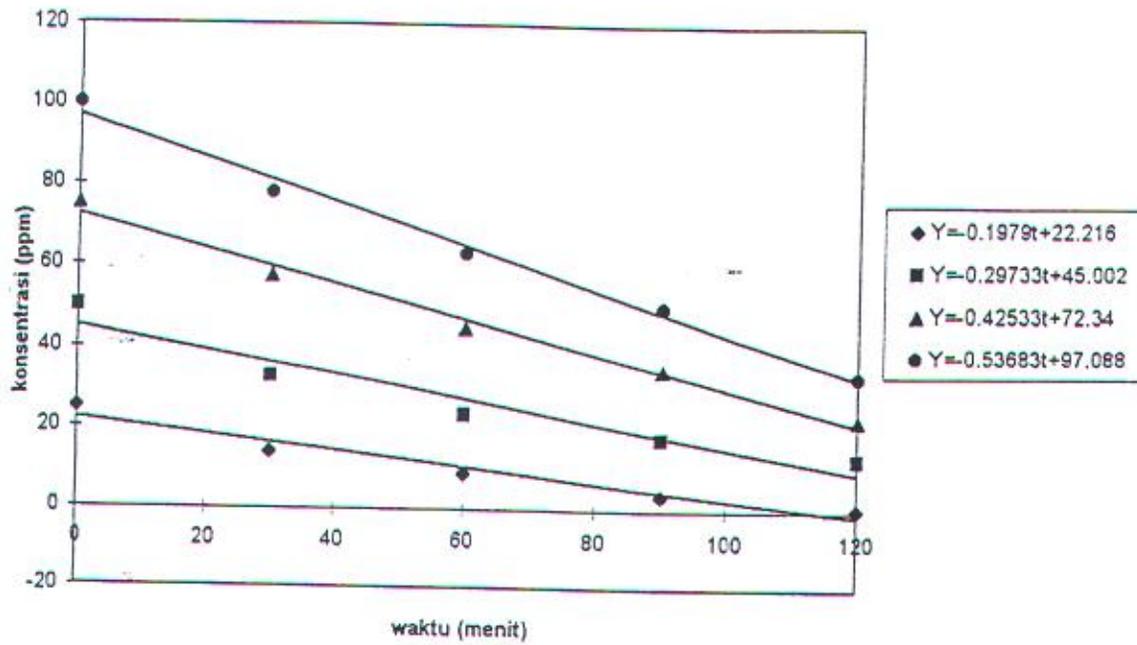
Pada bagian 4.2 data-data tidak disajikan dalam bentuk grafik garis lurus melainkan berbentuk kurva yang memlalui semua titik. Dengan menggunakan program regresi linier maka diperoleh persamaan garis lurus yang masih memiliki koefisien korelasi yang mendekati satu, jadi data-data yang diperoleh dalam penelitian ini masih memenuhi syarat untuk suatu garis linier.



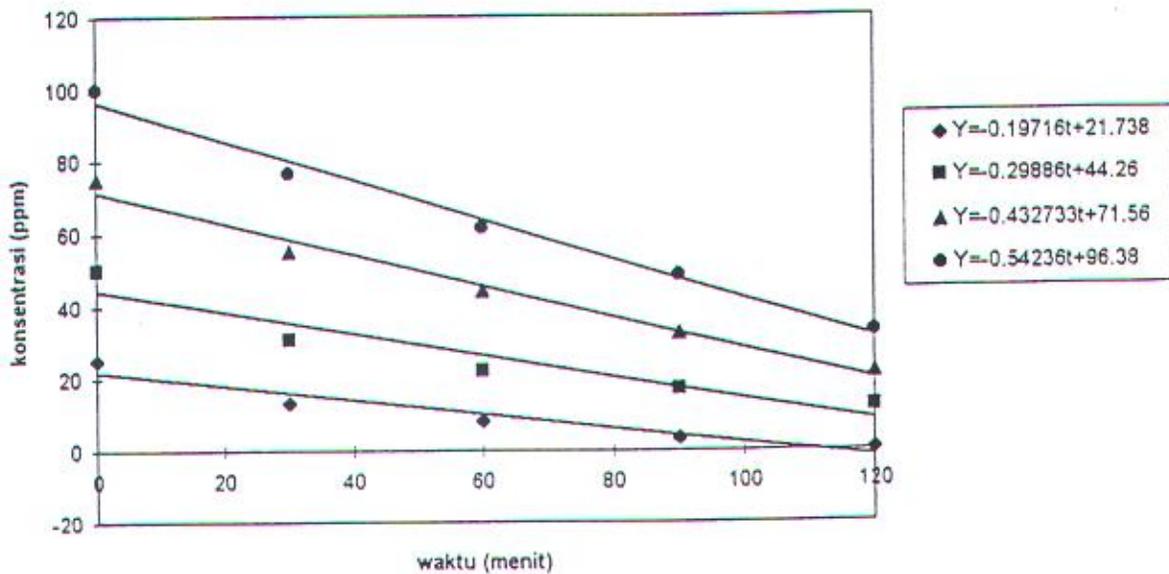
Gambar. 4.10. Grafik Penentuan kecepatan reaksi reduksi ion logam Ag (I) pada suhu 45 °C.



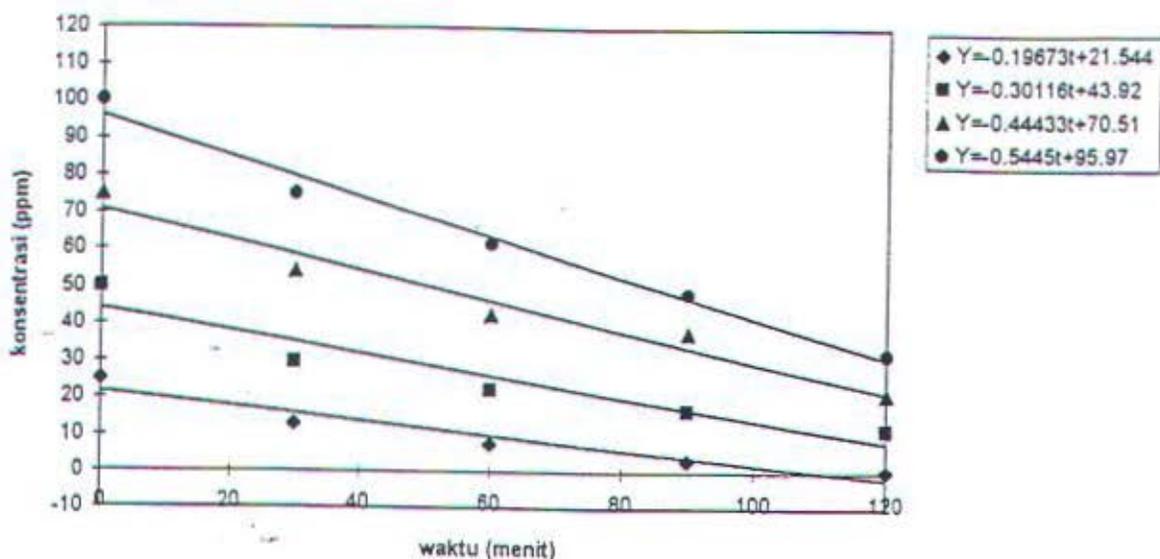
Gambar. 4.11. Grafik Penentuan kecepatan reaksi reduksi ion logam Ag (I) pada suhu 55°C.



Gambar. 4.12. Grafik Penentuan kecepatan reaksi reduksi ion logam Ag (I) pada suhu 65°C



Gambar. 4.13. Grafik Penentuan kecepatan reaksi reduksi ion logam Ag (I) pada suhu 75°C.



Gambar. 4.14. Grafik Penentuan kecepatan reaksi reduksi ion logam Ag (I) pada suhu 85 C.

Tabel 4.1. merupakan tabel harga kecepatan reaksi (r) pada reduksi Ag^+ untuk setiap konsentrasi awal dan setiap temperatur yang berbeda-beda. Harga kecepatan reaksi (r) pada tabel tersebut dinyatakan dalam satuan ppm/ menit yang diperoleh dari grafik.

Besarnya kenaikan kecepatan reaksi reduksi fotokatalitik ion Ag^+ apabila suhu naik $10^\circ C$ diungkapkan pada kolom faktor kenaikan. Pada setiap kenaikan suhu $10^\circ C$ tidak didapatkan adanya faktor kenaikan kecepatan reaksi. Faktor kenaikan kecepatan reaksi dari setiap suhu pada penelitian ini relatif sama, yakni mendekati satu. Hal ini disebabkan oleh katalis yang digunakan sebagai pereduksi, semakin lama waktu reaksi semakin menurun aktifitasnya sebagai pereduksi logam.

Tabel 4.1 Harga kecepatan reaksi pada reduksi ion logam Ag (I)

Konsentrasi awal (ppm)	Suhu (°C)	Kecepatan reaksi (ppm/menit)	Faktor kenaikan
25	45	0,2016	1
	55	0,2016	1
	65	0,1979	1
	75	0,1972	1
	85	0,1967	1
50	45	0,2973	1
	55	0,3050	1,026
	65	0,2973	1,0003
	75	0,2989	1,006
	85	0,3012	1,013
75	45	0,4213	1
	55	0,4383	1,040
	65	0,4253	1,030
	75	0,4327	1,030
	85	0,4443	1,050
100	45	0,5345	1
	55	0,5371	1,005
	65	0,5368	1,004
	75	0,6424	1,015
	85	0,5445	1,018

Terlihat bahwa makin besar konsentrasi awal makin besar pula kecepatan reaksinya. Ini membuktikan bahwa konsentrasi mempengaruhi kecepatan reaksi. Pada sistem reaksi yang konsentrasinya besar berarti jumlah molekulnya makin besar. Jadi pada volume yang sama dan waktu reaksi yang sama, tumbukan antar molekul yang terjadi makin banyak. Sehingga kecepatan reaksinya makin besar. Rata-rata terjadi kenaikan kecepatan reaksi sebesar 0,1 ppm/menit untuk kenaikan konsentrasi awal sebesar 25 ppm. Berarti

bahwa kecepatan reaksi reduksi fotokatalitik ion logam Ag^+ dipengaruhi oleh konsentrasi awal tetapi tidak dipengaruhi oleh kenaikan temperatur.

4.3.2. Penentuan tetapan kecepatan reaksi dan orde reaksi pada reaksi reduksi ion logam Ag (I)

Setiap sistem reaksi dengan kondisi tertentu akan memberikan sebuah nilai tetapan kecepatan reaksi (k) dan sebuah orde reaksi. Penentuan tetapan kecepatan reaksi (k) dan orde dalam penelitian ini dilakukan secara grafik yang mengacu pada rumus persamaan 2.10. Dari grafik yang memplotkan harga log konsentrasi awal melawan log r (dari tabel 4.1) maka menghasilkan suatu kurva berupa garis lurus. Grafik penentuan harga k dan orde dapat dilihat pada lampiran D1 sampai dengan D3, untuk setiap kondisi suhu.

Kemiringan kurva menyatakan orde reaksi sedangkan harga k diperoleh dari invers log intersep. Tabel 4.2 merupakan hasil penentuan harga tetapan kecepatan (k) dan orde reaksi untuk sistem reaksi pada suhu 45°C , 55°C , 65°C , 75°C , dan 85°C . Karena orde reaksi yang didapatkan mendekati satu maka dianggap reaksi ini mengikuti reaksi orde satu, sehingga satuan bagi k adalah menit^{-1} .

Pada tabel 4.2. diatas dapat dilihat bahwa orde reaksi tidak terpengaruh oleh perubahan suhu reaksi, sedangkan harga tetapan kecepatan reaksi (k) dapat dikatakan hampir tidak ada peningkatan. Hal ini membuktikan bahwa suhu tidak berpengaruh pada kecepatan reaksi reduksi fotokatalitik terhadap ion logam Ag^+ .

Tabel 4.2. Harga tetapan kecepatan reaksi (k) dan orde reaksi pada reduksi fotokatalitik ion logam Ag (I)

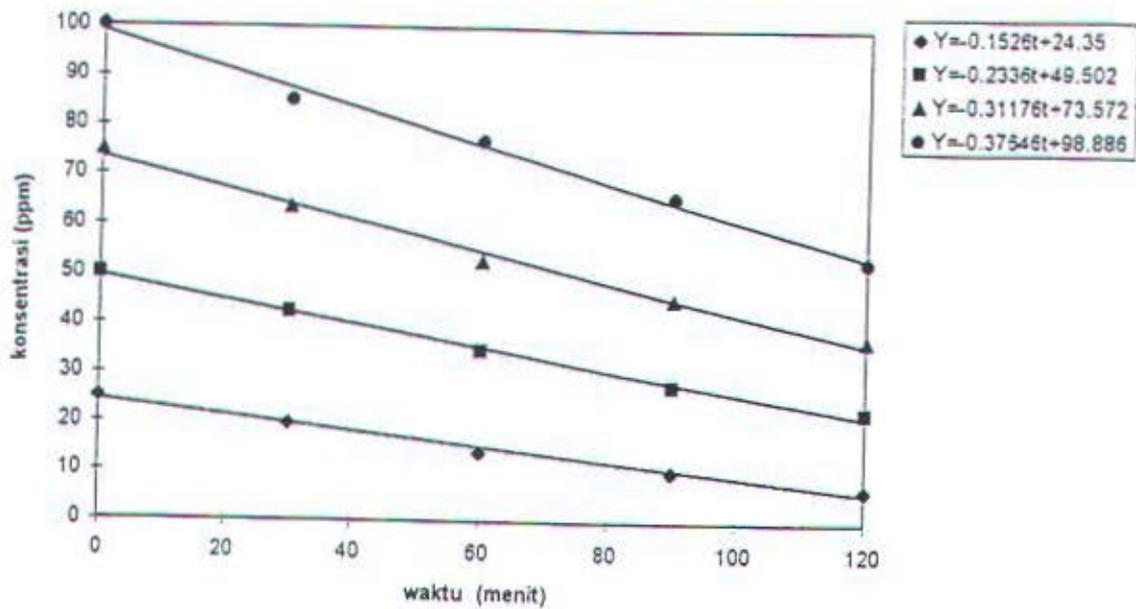
suhu (°C)	k (10^{-4} menit $^{-1}$)	orde reaksi
45	7,4416	0,7223
55	8,2823	0,7347
65	7,6460	0,7248
75	8,2078	0,7331
85	8,9867	0,7434

4.4. Kinetika reaksi reduksi fotokatalitik pada ion logam Cu (II)

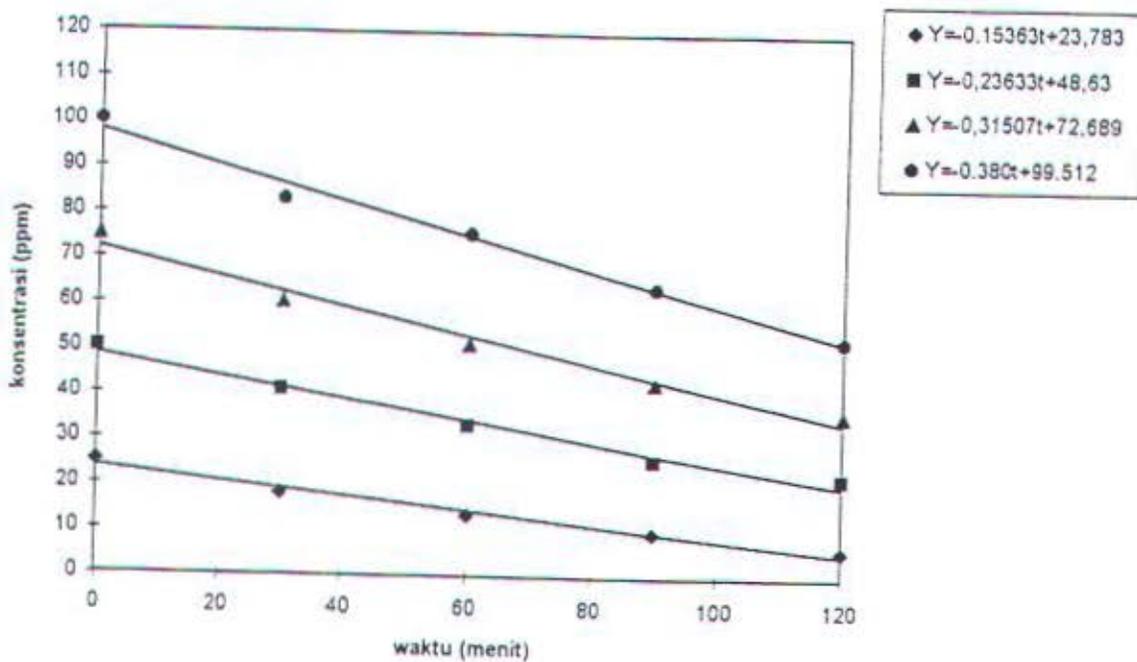
4.4.1. Penentuan kecepatan reaksi reduksi fotokatalitik ion logam Cu (II)

Harga kecepatan reaksi reduksi fotokatalitik ion logam Cu^{2+} diberikan pada tabel 4.4. .Penentuan harga r ini diperoleh secara grafik, antara konsentrasi ion logam Cu^{2+} tersisa diplotkan terhadap waktu reaksi. Data ini dapat dilihat pada lampiran C2 yang merupakan hasil pengukuran dari AAS.

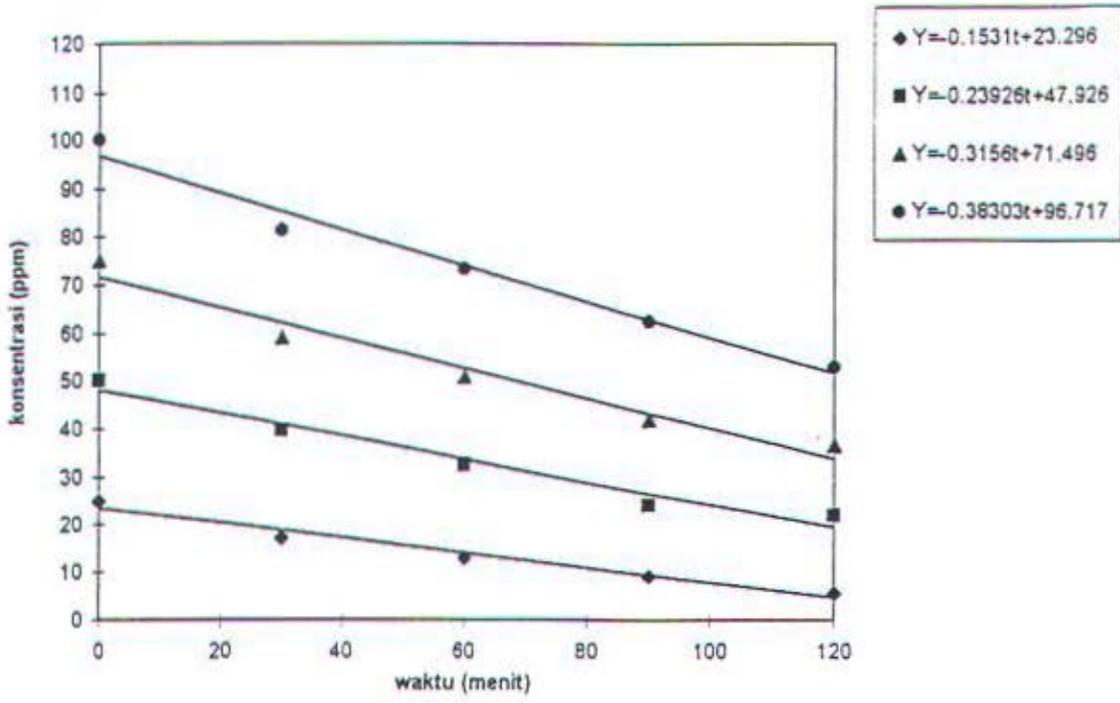
Grafik penentuan kecepatan reaksi (r) pada reaksi reduksi fotokatalitik ion logam Cu^{2+} untuk suhu 45°C digambarkan pada gambar 4.16. Sedangkan untuk penentuan kecepatan reaksi (r) pada suhu 55°C , 65°C , 75°C , dan 85°C diberikan pada gambar 4.17 sampai gambar 4.20.



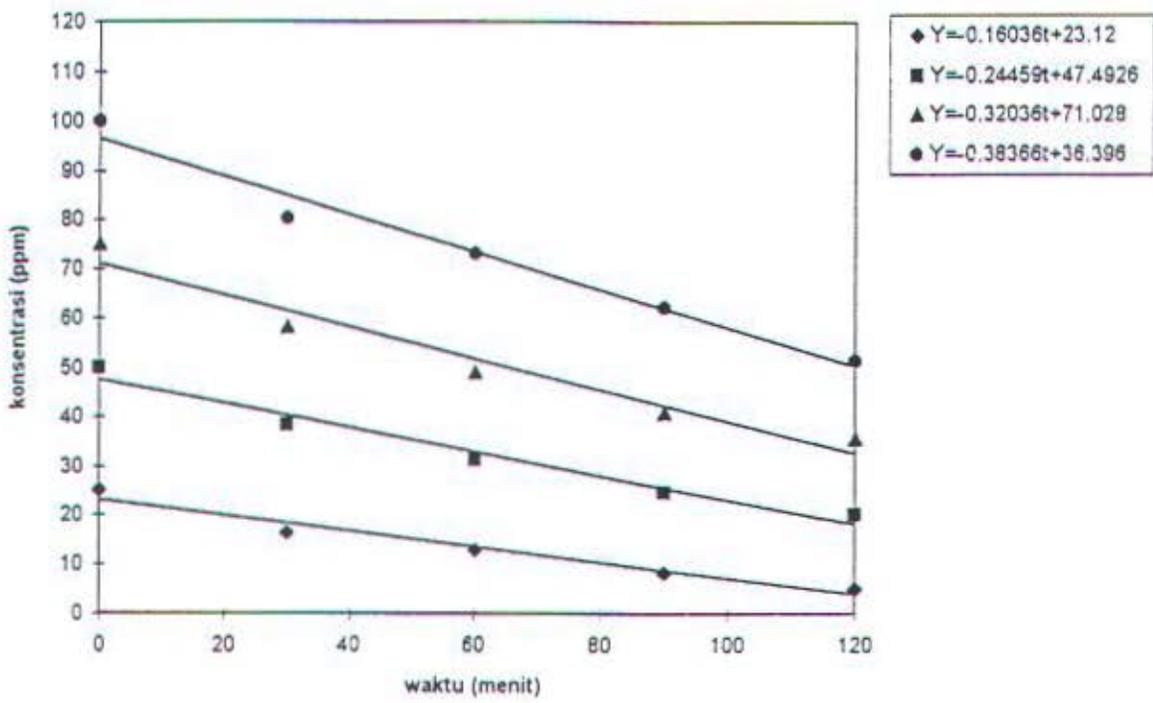
Gambar. 4.15. Grafik Penentuan kecepatan reaksi reduksi ion logam Cu (II) pada suhu 45°C.



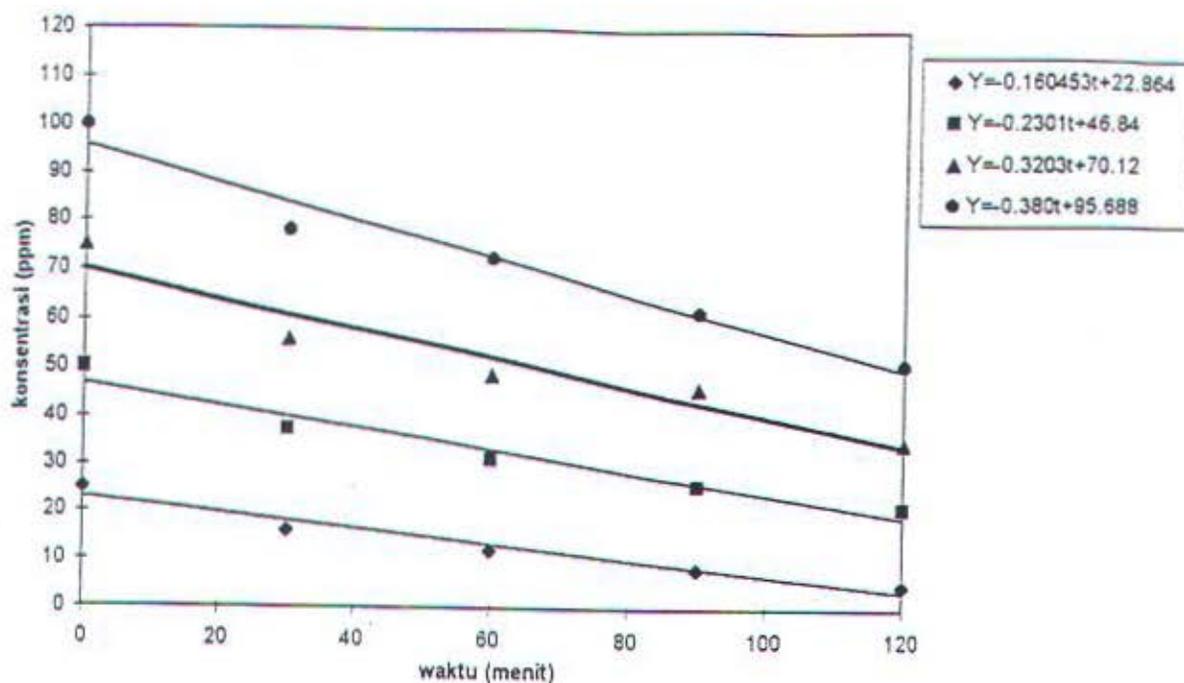
Gambar. 4.16. Grafik Penentuan kecepatan reaksi reduksi ion logam Cu (II) pada suhu 55°C.



Gambar .4.17. Grafik penentuan kecepatan reaksi (r) untuk reaksi reduksi fotokatalitik ion logam Cu^{2+} pada suhu $65^{\circ}C$.



Gambar .4.18. Grafik Penentuan kecepatan reaksi reduksi ion logam $Cu(II)$ pada suhu $75^{\circ}C$.



Gambar. 4.19. Grafik Penentuan kecepatan reaksi reduksi ion logam Cu (II) pada suhu 85°C.

Dari semua grafik penentuan kecepatan reaksi diatas dapat diperoleh harga r untuk masing-masing konsentrasi awal dan masing-masing suhu. Besarnya kecepatan reaksi (r) dalam satuan ppm/menit tercantum pada tabel 4.3.

Setiap kenaikan temperatur 10°C kecepatan reaksi reduksi fotokatalitik ion logam Cu²⁺ tidak mengalami perubahan. Hal ini dapat dilihat pada data faktor kenaikan kecepatan reaksi yang mendekati satu. Jadi dapat dikatakan bahwa walaupun suhu reaksi naik kecepatan reaksi reduksi fotokatalitik terhadap ion logam Cu²⁺ adalah sama.

Tabel 4.3. Harga kecepatan reaksi (r) pada reaksi reduksi fotokatalitik ion logam Cu (II).

Konsentrasi awal (ppm)	Suhu (°C)	Kecepatan reaksi (ppm/menit)	Faktor kenaikan
25	45	0,1526	1
	55	0,1536	1,007
	65	0,1531	1,003
	75	0,1604	1,007
	85	0,1605	1,051
50	45	0,2336	1
	55	0,2363	1,012
	65	0,2393	1,024
	75	0,2446	1,047
	85	0,2301	1
75	45	0,3118	1
	55	0,3151	1,011
	65	0,3156	1,012
	75	0,3204	1,027
	85	0,3203	1,027
100	45	0,3765	1
	55	0,3800	1,009
	65	0,3830	1,017
	75	0,3837	1,019
	85	0,3800	1,010

Apabila dibandingkan antara kecepatan reaksi (r) pada reduksi ion logam Ag^+ dan reduksi ion logam Cu^{2+} , terlihat bahwa kecepatan reaksi reduksi ion logam Ag^+ lebih besar dibanding reduksi ion Cu^{2+} untuk konsentrasi awal yang sama. Adanya perbedaan kecepatan reaksi reduksi fotokatalitik pada kedua ion logam berhubungan erat dengan potensial reduksi masing-masing ion logam. Pada ion logam perak potensial reduksinya lebih besar dari potensial reduksi ion logam tembaga, sehingga kecepatan reaksi reduksi

fotokatalitik pada ion perak lebih besar dari kecepatan reaksi reduksi fotokatalitik terhadap logam tembaga.

4.4.2. Penentuan tetapan kecepatan reaksi dan orde reaksi pada reaksi reduksi fotokatalitik ion logam Cu (II)

Grafik penentuan harga tetapan kecepatan reaksi (k) dan orde reaksi tercantum pada lampiran D4 sampai D6, untuk lima keadaan suhu yang berbeda. Secara ringkas hasil k dan orde reaksi reduksi fotokatalitik pada ion logam Cu^{2+} diberikan oleh tabel 4.4.

Tabel 4.4. Harga tetapan kecepatan reaksi (k) dan orde reaksi pada reduksi fotokatalitik ion logam Cu (II).

suhu ($^{\circ}\text{C}$)	k (10^{-4} menit $^{-1}$)	Orde reaksi
45	3,9866	0,6536
55	4,2270	0,6502
65	4,0340	0,6522
75	3,5201	0,6304
85	4,3310	0,6249

Berdasarkan hasil pengamatan terhadap kinetika reaksi reduksi fotokatalitik pada ion logam Cu^{2+} , didapatkan bahwa adanya kenaikan suhu tidak mengakibatkan kenaikan harga tetapan kecepatan reaksi dan orde reaksinya. Dengan demikian kecepatan reaksi reduksi fotokatalitik ion logam Cu^{2+} juga tidak dipengaruhi oleh kenaikan temperatur.

Dari seluruh uraian pembahasan diatas secara umum dapat dinyatakan : Apabila suatu sistem yang didalamnya terdapat larutan ion logam, dan TiO_2 tersuspensi maka akan

terjadi reaksi reduksi terhadap ion logam bila disinari dengan sinar matahari. Hasil reaksi berupa logam tereduksi akan terdeposit pada partikel TiO_2 .

Terjadinya reduksi ini diawali dengan adanya transfer elektron pada katalis semikonduktor TiO_2 . Elektron yang timbul akan mereduksi ion logam dan hole akan bereaksi dengan H_2O .

Adanya kenaikan suhu hanya mengakibatkan sedikit perubahan hasil reaksi reduksi baik untuk ion logam Ag^+ maupun Cu^{2+} dan perubahan ini hanya terjadi pada saat reaksi 30 menit pertama, sebab katalis Titanium dioksida semakin menurun aktifitasnya bila waktu reaksi makin lama. Dan dapat disimpulkan bahwa kecepatan reaksi reduksi fotokatalitik ion logam tidak dipengaruhi suhu. Akan tetapi konsentrasi awal reaktan mempengaruhi kecepatan reaksi reduksi fotokatalitik ion logam, semakin besar konsentrasi awal semakin besar kecepatan reaksinya.

BAB V KESIMPULAN

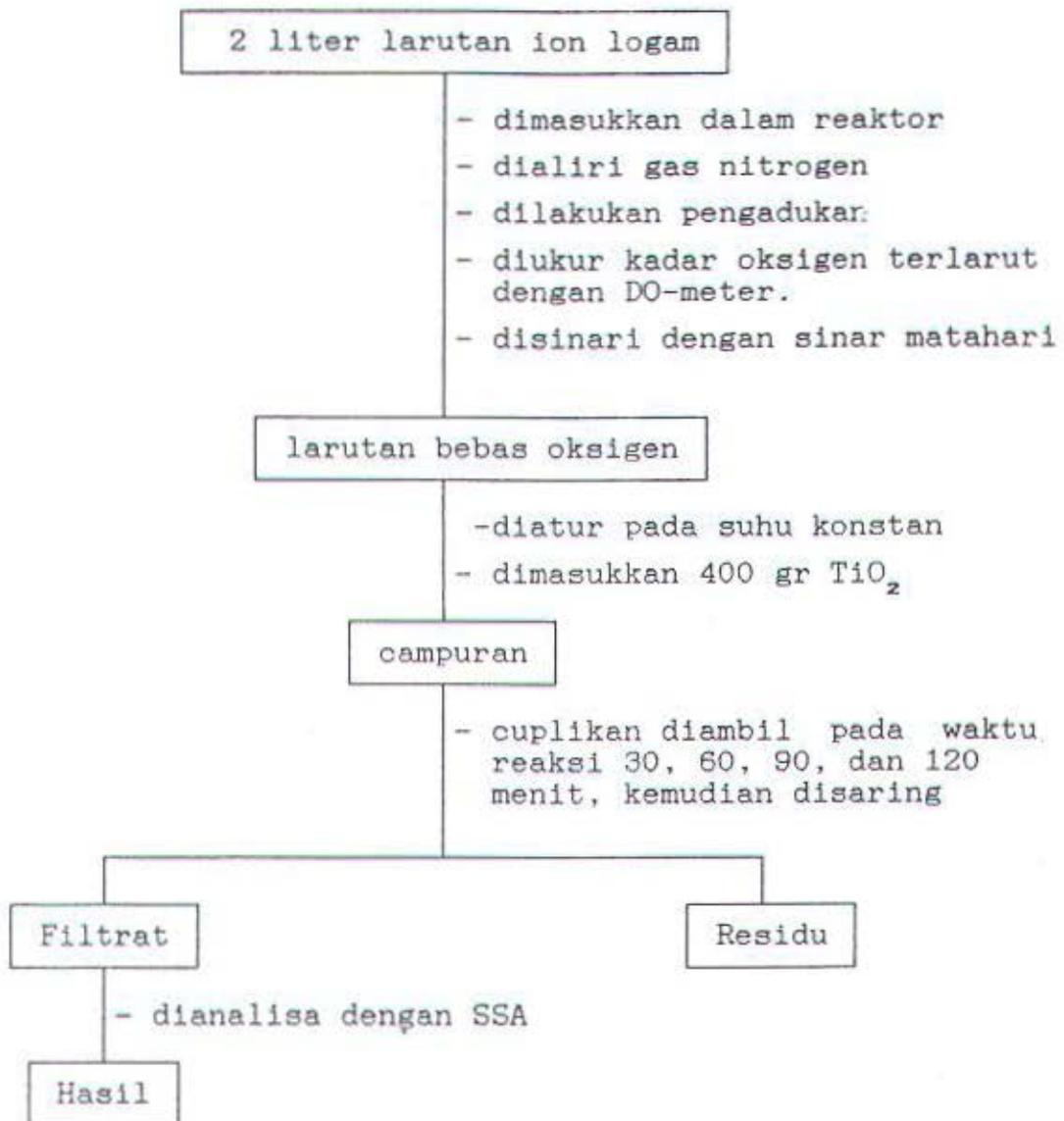
Reaksi reduksi ion logam Ag^+ dan Cu^{2+} secara fotokatalitik dapat berlangsung jika terdapat katalis titanium dioksida dan sinar matahari. Sinar matahari yang digunakan dalam reaksi reduksi fotokatalitik ion logam Ag^+ dan Cu^{2+} adalah $1,4286 \cdot 10^{16}$ foton/cm²-detik.

Kecepatan reaksi reduksi fotokatalitik pada dua jenis ion logam Ag^+ dan Cu^{2+} tidak dipengaruhi temperatur, tetapi dipengaruhi konsentrasi awal reaktan. Faktor kenaikan kecepatan reaksi untuk setiap kenaikan temperatur 10°C adalah sama dengan satu. Selain hal itu katalis juga memberikan pengaruh pada kecepatan reaksi reduksi fotokatalitik ion logam.

Tidak adanya pengaruh temperatur terhadap kenaikan kecepatan reaksi reduksi fotokatalitik ini dapat dibuktikan pada harga tetapan kecepatan reaksi yang tetap walaupun suhu reaksinya berubah. Dari penelitian yang dilakukan didapatkan hasil kinetika reaksi dengan harga tetapan kecepatan reaksi pada suhu 45°C, 55°C, 65°C, 75°C dan 85°C untuk masing-masing logam adalah $7,4416 \cdot 10^{-4}$; $8,2823 \cdot 10^{-4}$; $7,6460 \cdot 10^{-4}$; $8,2078 \cdot 10^{-4}$; $8,9867 \cdot 10^{-4}$ menit⁻¹, untuk ion logam Ag^+ , sedangkan untuk ion logam Cu^{2+} adalah $3,9866 \cdot 10^{-4}$; $4,2276 \cdot 10^{-4}$; $4,0340 \cdot 10^{-4}$; $3,5210 \cdot 10^{-4}$; $4,3313 \cdot 10^{-4}$ menit⁻¹. Dengan orde reaksi masing-masing

0.7223; 0.7347; 0.7248; 0.7331; 0.7434 untuk logam Ag^+ ,
sedangkan untuk logam Cu^{2+} 0,6536; 0,6602; 0,6522; 0,6304;
0,6249 pada setiap kondisi suhu..

Skema kerja



Lampiran B.

Hasil penurunan konsentrasi asam oksalat
pada penentuan intensitas sinar matahari

Waktu (menit)	Konsentrasi asam oksalat (M)
0	0,1000
30	0,0700
60	0,0422
90	0,0220
120	0,0108

Persamaan garis lurus yang diperoleh pada penentuan
kecepatan disosiasi asam oksalat adalah:

$$Y = -7,5467 \cdot 10^{-4} X + 0,0928$$

$$R = 0,9853$$

Lampiran C

Cara pembuatan larutan ion logam Ag^+ dan Cu^{2+}

- a. Pembuatan larutan ion logam Ag^+ dengan konsentrasi 1000 ppm, dari AgNO_3 padat. Berat AgNO_3 yang dilarutkan dalam 1000 ml aquadest diperoleh dari perhitungan berikut:

$$\begin{aligned} m \text{ AgNO}_3 &= m \text{ Ag}^+ \times \frac{\text{BM AgNO}_3}{\text{Ar Ag}} \\ &= 1 \text{ gr} \times \frac{169,870 \text{ gr/mol}}{107,868 \text{ gr/mol}} \\ &= 1,5748 \text{ gr.} \end{aligned}$$

- b. Pembuatan larutan ion logam Cu^{2+} 1000 ppm dari senyawa $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ padat. Berat $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ yang ditimbang adalah:

$$\begin{aligned} m \text{ Cu}(\text{NO}_3)_2 &= m \text{ Cu}^{2+} \times \frac{\text{BM Cu}(\text{NO}_3)_2}{\text{Ar Cu}} \\ &= 1 \text{ gr} \times \frac{217,57}{63,546} \\ &= 3,4238 \text{ gr} \end{aligned}$$

Dengan melarutkan $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ sebanyak 3,4238 gr dalam 1000 ml aquadest maka diperoleh larutan ion logam Cu^{2+} 1000 ppm.

- c. Untuk membuat konsentrasi larutan ion logam 25 ppm, 50 ppm, 75 ppm dan 100 ppm, dilakukan dengan cara pengenceran dari larutan stok 1000 ppm yang menggunakan rumus:

$$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2.$$

Lampiran D1

Hasil pengukuran konsentrasi Ag (I) dengan SSA.

suhu waktu	0	30	60	90	120
45°C	25	17,20	9,30	5,10	0,81
	50	37,37	26,06	19,81	13,03
	75	60,80	48,24	36,80	23,80
	100	82,12	65,08	52,36	34,70
55°C	25	16,40	9,10	4,68	0,62
	50	35,67	23,80	18,70	12,75
	75	60,80	47,54	35,10	22,10
	100	79,90	64,38	50,95	33,90
65°C	25	13,88	8,80	3,55	0,48
	50	32,28	23,20	17,58	12,75
	75	57,30	44,70	34,50	22,60
	100	77,89	62,96	50,24	33,30
75°C	25	13,03	7,94	3,26	0,31
	50	30,58	22,10	17,02	11,95
	75	55,10	44,10	32,28	21,50
	100	76,47	61,55	48,60	32,58
85°C	25	12,70	7,60	3,12	0,28
	50	29,40	22,10	16,45	11,30
	75	53,07	42,40	31,70	20,97
	100	75,05	61,55	48,10	31,80

Lampiran D2

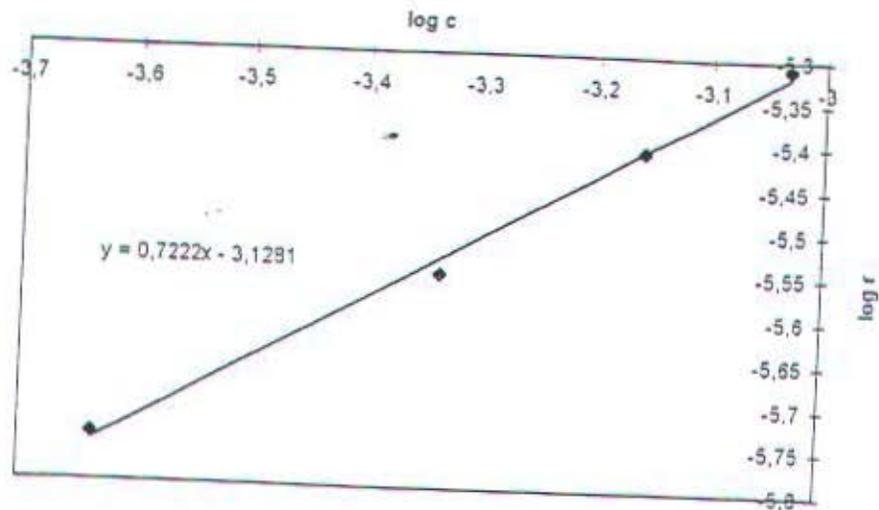
Hasil pengukuran konsentrasi Cu (II) dengan SSA.

suhu waktu	0	30	60	90	120
45°C	25	19,80	14,04	10,27	6,87
	50	42,44	34,90	27,8	22,27
	75	63,58	53,00	45,45	37,30
	100	85,13	77,17	66,19	53,00
55°C	25	18,19	13,66	9,90	6,10
	50	40,92	33,37	25,90	22,06
	75	60,50	51,49	43,19	36,30
	100	83,20	75,66	64,00	52,60
65°C	25	17,06	13,06	9,13	5,70
	50	39,41	32,60	24,82	21,80
	75	59,04	50,70	41,68	36,30
	100	81,36	73,3	62,45	52,80
75°C	25	16,31	12,98	8,20	5,00
	50	38,20	31,11	24,73	21,05
	75	58,29	49,20	40,90	35,64
	100	80,19	73,20	62,28	51,50
85°C	25	16,00	12,15	8,20	4,83
	50	37,15	31,10	24,72	21,20
	75	56,02	48,47	40,17	34,88
	100	78,50	72,60	62,00	51,16

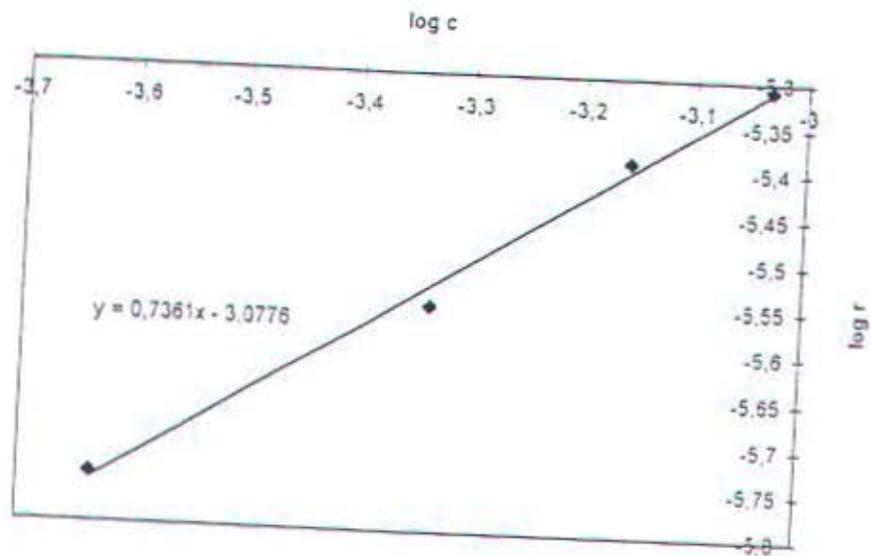
Lampiran E1

Grafik penentuan tetapan kecepatan reaksi dan orde reaksi reduksi fotokatalitik ion logam Ag^+ pada temperatur (a) 45°C dan (b) 55°C .

a.

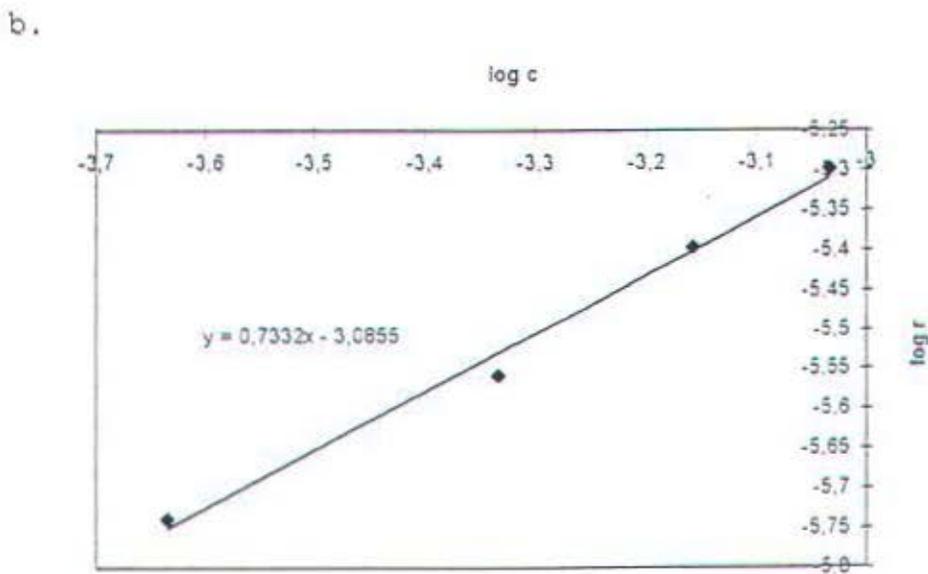
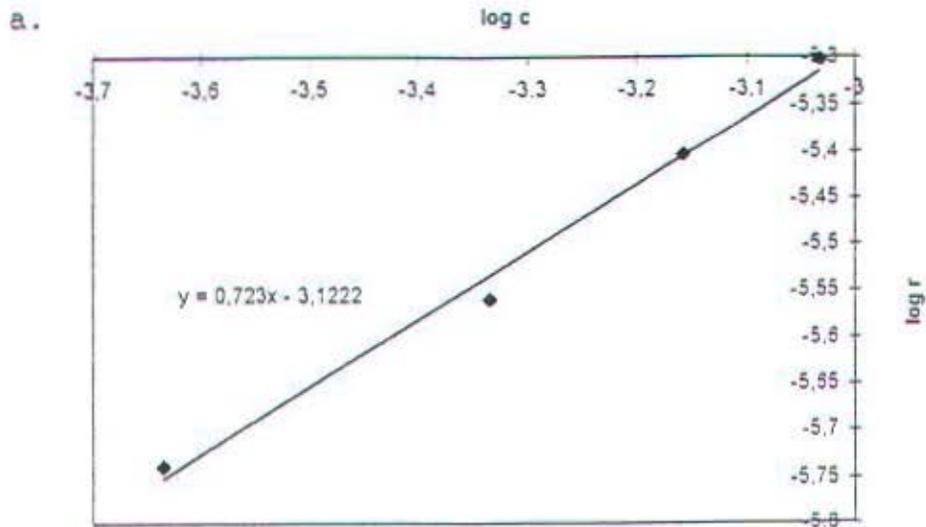


b.



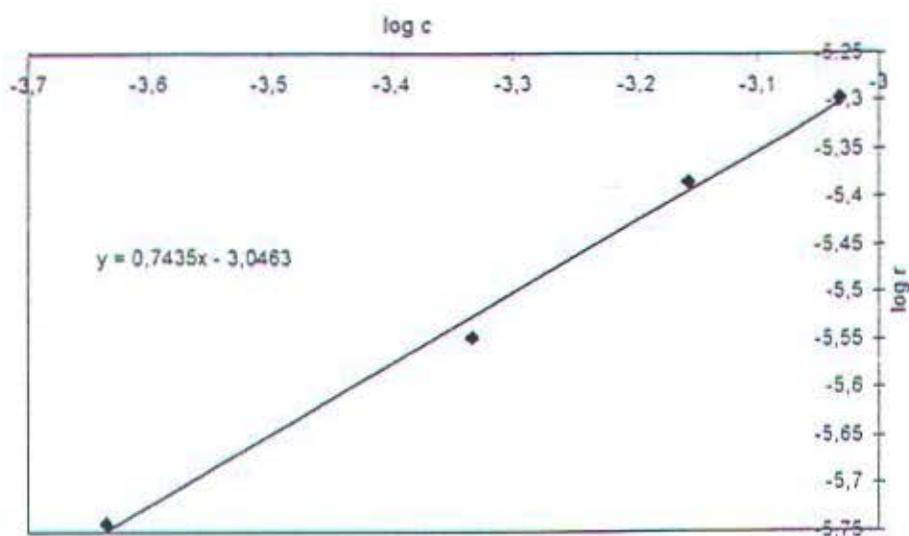
Lampiran E2

Grafik penentuan tetapan kecepatan reaksi dan orde reaksi reduksi fotokatalitik ion logam Ag^+ pada temperatur (a) 65°C dan (b) 75°C .



Lampiran E3

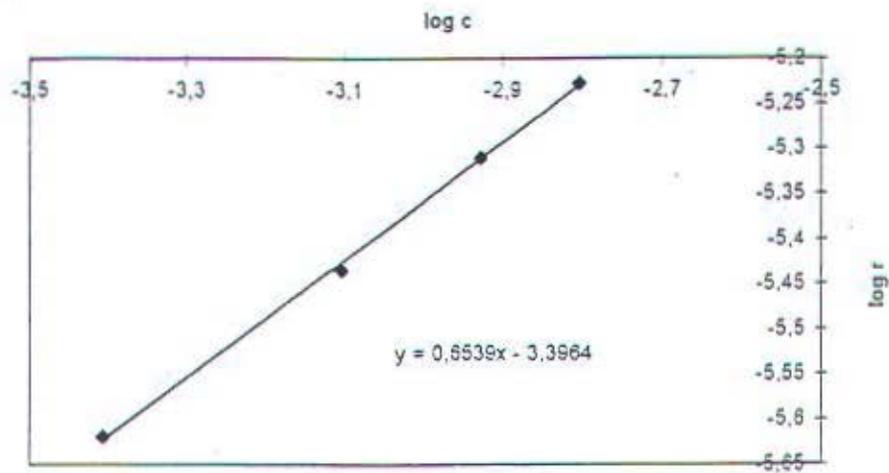
Grafik penentuan tetapan kecepatan reaksi dan orde reaksi reduksi fotokatalitik ion logam Ag^+ pada temperatur 85°C .



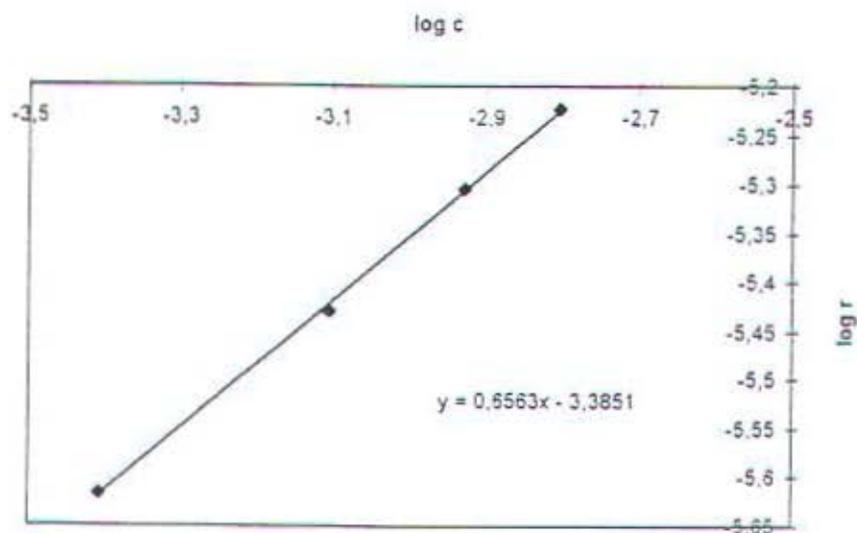
Lampiran E4

Grafik penentuan tetapan kecepatan reaksi dan orde reaksi reduksi fotokatalitik ion logam Cu^{2+} pada temperatur (a) 45°C dan (b) 55°C .

a.



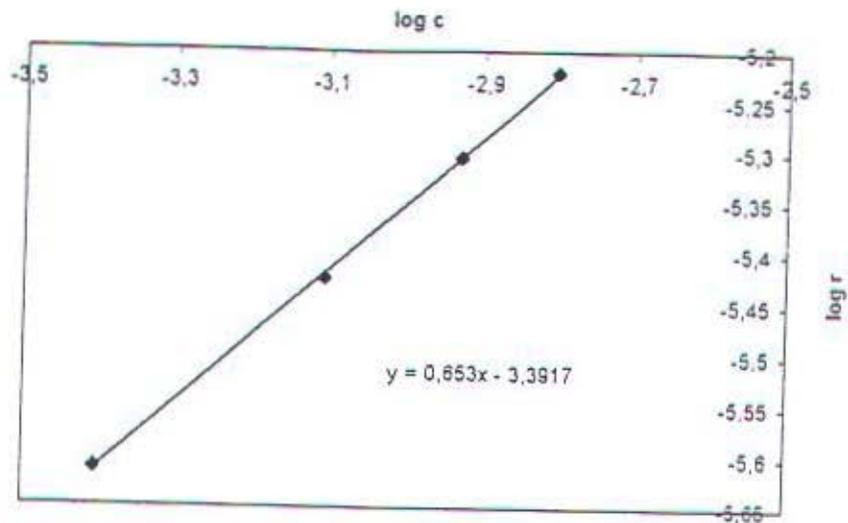
b.



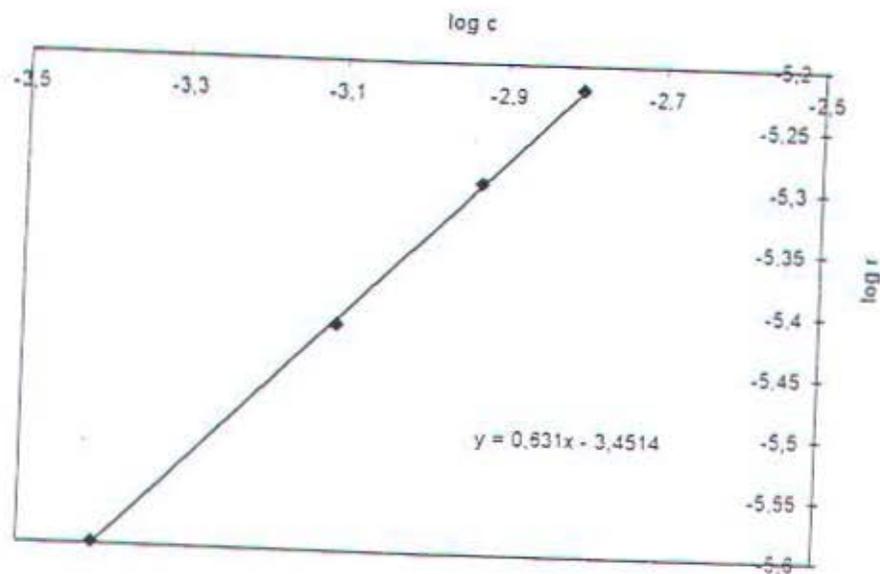
Lampiran E5

Grafik penentuan tetapan kecepatan reaksi dan orde reaksi reduksi fotokatalitik ion logam Cu^{2+} pada temperatur (a) 65°C dan (b) 75°C .

a.

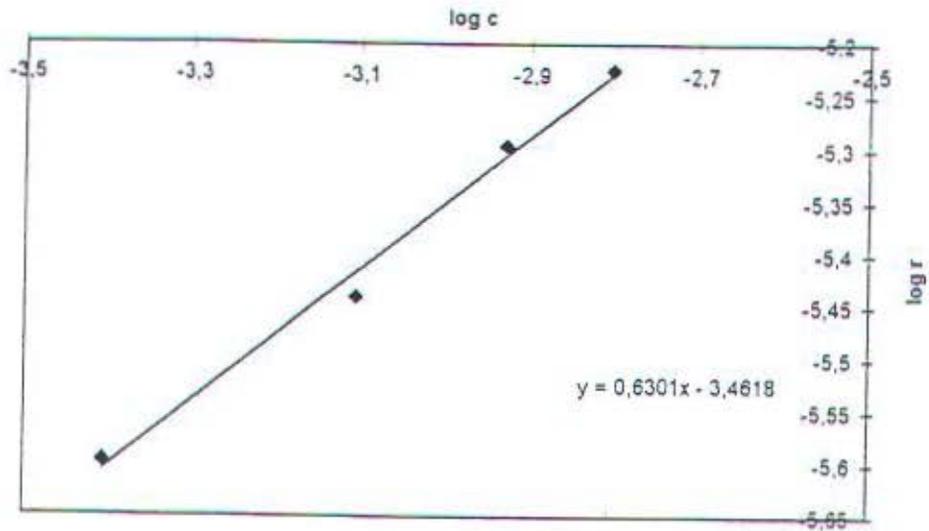


b.



Lampiran E6

Grafik penentuan tetapan kecepatan reaksi dan orde reaksi reduksi fotokatalitik ion logam Cu^{2+} pada temperatur 85°C .



Tabel 4.3. Harga kecepatan reaksi (r) pada reaksi reduksi fotokatalitik ion logam Cu (II).

Konsentrasi awal (ppm)	Suhu (°C)	Kecepatan reaksi (ppm/menit)	Faktor kenaikan
25	45	0,1526	1
	55	0,1536	1,007
	65	0,1531	1,003
	75	0,1604	1,007
	85	0,1605	1,051
50	45	0,2336	1
	55	0,2363	1,012
	65	0,2393	1,024
	75	0,2446	1,047
	85	0,2301	1
75	45	0,3118	1
	55	0,3151	1,011
	65	0,3156	1,012
	75	0,3204	1,027
	85	0,3203	1,027
100	45	0,3765	1
	55	0,3800	1,009
	65	0,3830	1,017
	75	0,3837	1,019
	85	0,3800	1,010

Apabila dibandingkan antara kecepatan reaksi (r) pada reduksi ion logam Ag^+ dan reduksi ion logam Cu^{2+} , terlihat bahwa kecepatan reaksi reduksi ion logam Ag^+ lebih besar dibanding reduksi ion Cu^{2+} untuk konsentrasi awal yang sama. Adanya perbedaan kecepatan reaksi reduksi fotokatalitik pada kedua ion logam berhubungan erat dengan potensial reduksi masing-masing ion logam. Pada ion logam perak potensial reduksinya lebih besar dari potensial reduksi ion logam tembaga, sehingga kecepatan reaksi reduksi

fotokatalitik pada ion perak lebih besar dari kecepatan reaksi reduksi fotokatalitik terhadap logam tembaga.

4.4.2. Penentuan tetapan kecepatan reaksi dan orde reaksi pada reaksi reduksi fotokatalitik ion logam Cu (II)

Grafik penentuan harga tetapan kecepatan reaksi (k) dan orde reaksi tercantum pada lampiran D4 sampai D6, untuk lima keadaan suhu yang berbeda. Secara ringkas hasil k dan orde reaksi reduksi fotokatalitik pada ion logam Cu^{2+} diberikan oleh tabel 4.4.

Tabel 4.4. Harga tetapan kecepatan reaksi (k) dan orde reaksi pada reduksi fotokatalitik ion logam Cu (II).

suhu ($^{\circ}\text{C}$)	k (10^{-4} menit $^{-1}$)	Orde reaksi
45	3,9866	0,6536
55	4,2270	0,6502
65	4,0340	0,6522
75	3,5201	0,6304
85	4,3310	0,6249

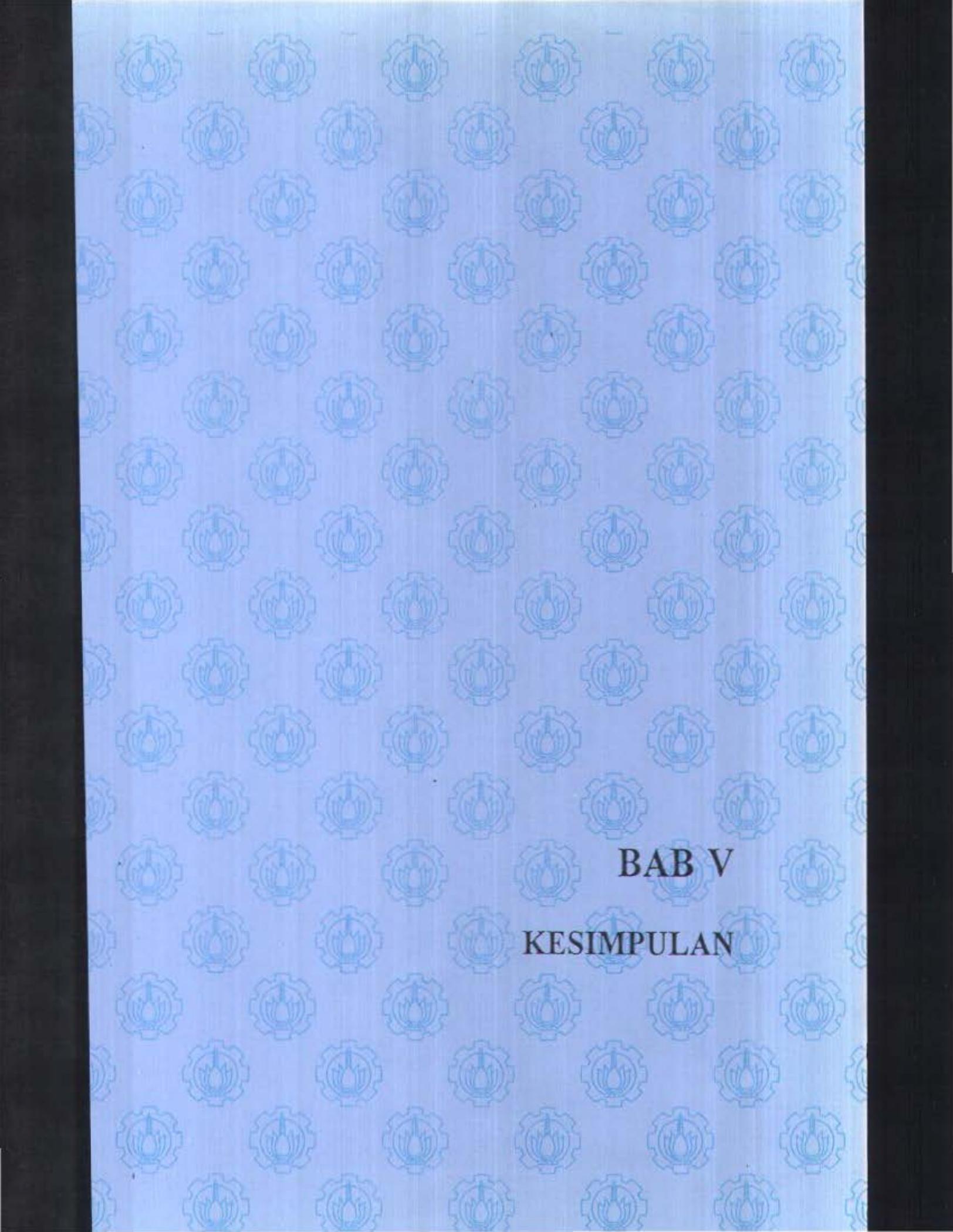
Berdasarkan hasil pengamatan terhadap kinetika reaksi reduksi fotokatalitik pada ion logam Cu^{2+} , didapatkan bahwa adanya kenaikan suhu tidak mengakibatkan kenaikan harga tetapan kecepatan reaksi dan orde reaksinya. Dengan demikian kecepatan reaksi reduksi fotokatalitik ion logam Cu^{2+} juga tidak dipengaruhi oleh kenaikan temperatur.

Dari seluruh uraian pembahasan diatas secara umum dapat dinyatakan : Apabila suatu sistem yang didalamnya terdapat larutan ion logam, dan TiO_2 tersuspensi maka akan

terjadi reaksi reduksi terhadap ion logam bila disinari dengan sinar matahari. Hasil reaksi berupa logam tereduksi akan terdeposit pada partikel TiO_2 .

Terjadinya reduksi ini diawali dengan adanya transfer elektron pada katalis semikonduktor TiO_2 . Elektron yang timbul akan mereduksi ion logam dan hole akan bereaksi dengan H_2O .

Adanya kenaikan suhu hanya mengakibatkan sedikit perubahan hasil reaksi reduksi baik untuk ion logam Ag^+ maupun Cu^{2+} dan perubahan ini hanya terjadi pada saat reaksi 30 menit pertama, sebab katalis Titanium dioksida semakin menurun aktifitasnya bila waktu reaksi makin lama. Dan dapat disimpulkan bahwa kecepatan reaksi reduksi fotokatalitik ion logam tidak dipengaruhi suhu. Akan tetapi konsentrasi awal reaktan mempengaruhi kecepatan reaksi reduksi fotokatalitik ion logam, semakin besar konsentrasi awal semakin besar kecepatan reaksinya.



BAB V

KESIMPULAN

BAB V KESIMPULAN

Reaksi reduksi ion logam Ag^+ dan Cu^{2+} secara fotokatalitik dapat berlangsung jika terdapat katalis titanium dioksida dan sinar matahari. Sinar matahari yang digunakan dalam reaksi reduksi fotokatalitik ion logam Ag^+ dan Cu^{2+} adalah $1,4286 \cdot 10^{16}$ foton/cm³-detik.

Kecepatan reaksi reduksi fotokatalitik pada dua jenis ion logam Ag^+ dan Cu^{2+} tidak dipengaruhi temperatur, tetapi dipengaruhi konsentrasi awal reaktan. Faktor kenaikan kecepatan reaksi untuk setiap kenaikan temperatur 10°C adalah sama dengan satu. Selain hal itu katalis juga memberikan pengaruh pada kecepatan reaksi reduksi fotokatalitik ion logam.

Tidak adanya pengaruh temperatur terhadap kenaikan kecepatan reaksi reduksi fotokatalitik ini dapat dibuktikan pada harga tetapan kecepatan reaksi yang tetap walaupun suhu reaksinya berubah. Dari penelitian yang dilakukan didapatkan hasil kinetika reaksi dengan harga tetapan kecepatan reaksi pada suhu 45°C , 55°C , 65°C , 75°C dan 85°C untuk masing-masing logam adalah $7,4416 \cdot 10^{-4}$; $8,2823 \cdot 10^{-4}$; $7,6460 \cdot 10^{-4}$; $8,2078 \cdot 10^{-4}$; $8,9867 \cdot 10^{-4}$ menit⁻¹, untuk ion logam Ag^+ , sedangkan untuk ion logam Cu^{2+} adalah $3,9866 \cdot 10^{-4}$; $4,2276 \cdot 10^{-4}$; $4,0340 \cdot 10^{-4}$; $3,5210 \cdot 10^{-4}$; $4,3313 \cdot 10^{-4}$ menit⁻¹. Dengan orde reaksi masing-masing

0.7223; 0,7347; 0,7248; 0,7331; 0,7434 untuk logam Ag^+ ,
sedangkan untuk logam Cu^{2+} 0,6536; 0,6602; 0,6522; 0,6304;
0,6249 pada setiap kondisi suhu..



DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

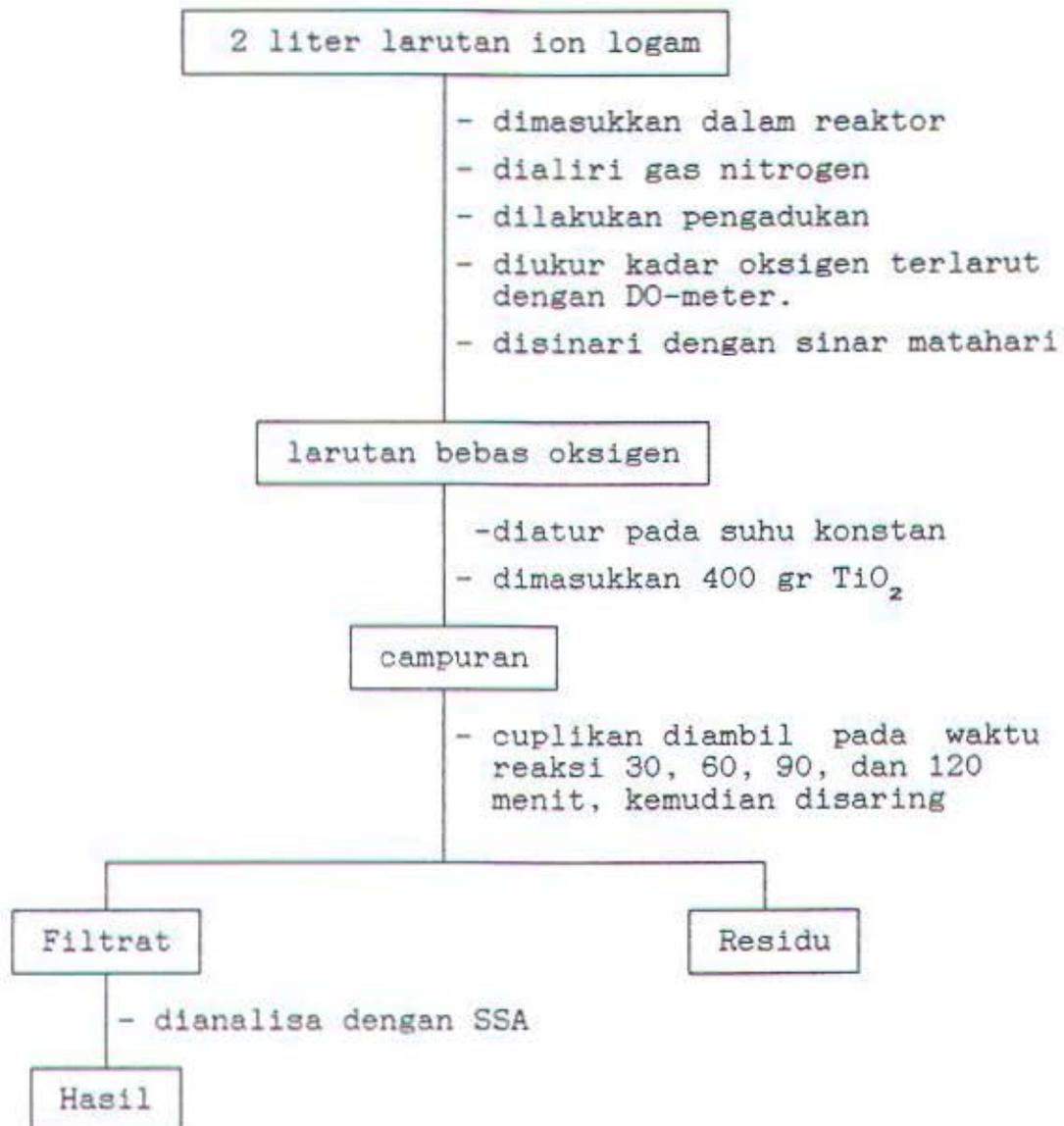
1. Clark, John.W, Viesman, Warrent, at al, *Water Supply and Pollution Control*", Third edition, Happer and Row publiser, New York, 1977.
2. Tanaka K, Harada Kand Murata S., "*Photocatalytic deposition of Metal Ion Onto TiO_2 Powder*", Solar Energi, Vol 36, 1985, hal 159-161.
3. Rachimullah, M., "*Aplikasi Fotokimia dalam Pengolahan Limbah*", Laporan Penelitian Dosen, Kimia, ITS Surabaya, 1989.
4. Afiyahwati, "*Studi Kinetika Reaksi Reduksi Fotokatalitik Campuran dua Ion logam Cu-Ag dan Cu-Hg dengan Bantuan Energi Surya dan Katalis TiO_2* ", Tugas Akhir, Kimia ITS, Surabaya, 1997. .
5. Alberty, Robert A. and Daniel P., "*Kimia Fisika*", Jilid II, Edisi kedua, Erlangga, Jakarta, 1984, hal 162.
6. P.W. Atkins, "*Kimia Fisika*", Jilid I, edisi keempat, Erlangga, Jakarta, 1994, hal 305-320.
7. G.J. Ferraudi, "*Element of Inorganic Photochemistry*", John Willey and sons, Toronto, 1988, hal 7-8.
8. Imam Sarjono, "*Studi Pendahuluan Penurunan Kadar Logam Dalam Air dengan Adanya TiO_2* ", Tugas Akhir, Kimia, ITS, Surabaya, 1991.
9. Jolly. William L, "*Modern Inorganic Chemistry*", McGrow-Hill Book Co., Singapore, 1985, hal 320-325.
10. Domenech Javier and Merce Andres, "*Photocatalytic Reduction of Mercuri (II) in Aqueous of Titanium Dioksida and Tungsten Trioksida*", Gazzeta Chimica, Italiana, vol 117, 1987, hal 495-498.
11. Dogra S.K., "*Kimia Fisik dan Soal-soal*", edisi pertama UI-Pres, Jakarta, 1990, hal 623-641.
12. Endah Mutiara dan Irmina Kris,M., "*Kinetika Reduksi Fotokatalitik Ion-ion Logam Cu(II), Ag(I), Hg(II) dalam Larutan dengan Bantuan Energi Matahari dan Katalis Titanium Dioksida*",Laporan penelitian Dosen, Kimia ITS, Surabaya, 1995.
13. Ibid [5] hal 165.

14. Tacho. Ko and Arthur Fontjin, "High Temperatur Photochemistry Kinetics Study of The Reaction $H + NO_2 \longrightarrow OH + NO$ from 296 to 760, Journal Phisical Chemistry, vol 95, 1991, hal 3594- 3600.
15. Ibid [8]
16. Okamoto K.L. Yamamoto Y., Tanaka H, Tanaka M, and Toya A., "Heterogen Photochatalytic Decomposition of Phenol Over TiO2 Powder", Bulletin Chemichal Society, Japan, 1985, vol 58, Hal 2015-2020.
17. Pririe Michael R., Lindsey R, Evans, et al, "An Investigation of TiO2 Photocatalytic for the Treatment of Water Contaminated Whit Metal and Organic Chemicals", Environmental Scient Technology, vol 27, 1993, hal 1776-1782.
18. Primet A., D.Phinchet, and Matheius M., "Infra Red Study Of The Surface of TiO₂", Journal of Phisical Chemistry ,1971, hal 1210-1220.
19. Endah Mutiara, Narkanti W., "Penggunaan energi Surya pada Reaksi Fotokatalitik Sisten heterogen Asam Karboksilat", Laporan Penelitian Dosen, Kimia ITS, Surabaya, 1993, hal 15.
20. Eddy.J.Amir, "Pemanfaatan Energi Surya dalam Proses Pengeringan Produk Pertanian", Seminar Energi dan Lingkungan, Jakarta, 1992, hal 258.
21. Robert.L., Loftness, D.Sc. "Energy", Hand Book, edition II, Van Nostrand Reinhold Company, New York, 1984, hal 321.
22. Endah Mutiara M.P., "Pengaruh Adanya Butiran pada Intensitas Sinar Secara Aktinometri", Laporan Penelitian Dosen, Kimia, ITS, Surabaya, 1992, hal 15-17.
23. Ibid [12] hal 19.
24. Des. W. Connette, Gregory J Miller, "Kimia dan Ekotoksikologi Pencemaran", Jakarta, 1992, hal 24-38.
25. Ibid [4] hal 33-38.
26. Jr. Day,R.A. and A. L. Underwood, "Analisa Kimia Kuantitatif", edisi IV, Erlangga, Jakarta, 1993, hal 444-449
27. Khopkar S.M., "Konsep Dasar Kimia Analitik", edisi I, IKIP Semarang Press, 1994, hal 231-238.



LAMPIRAN

Skema kerja



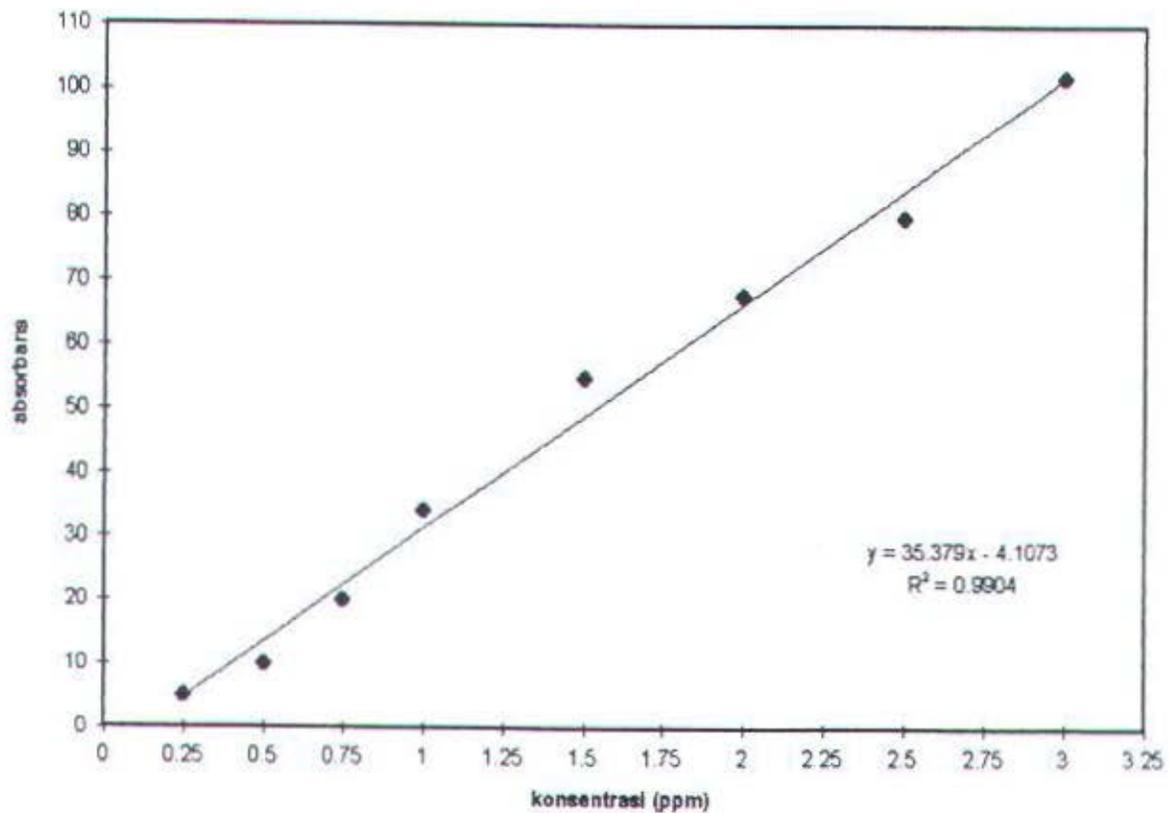
Lampiran F 1

Kurva kalibrasi untuk penentuan konsentrasi ion logam Ag (I)

Hasil pengukuran absorbansi pada larutan standar

Konsentrasi (ppm)	0,25	0,5	0,75	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
Absorbansi	5	10	20	34	55	68	80	102

Kurva Kalibrasi untuk Analisa Konsentrasi ion Ag (I)



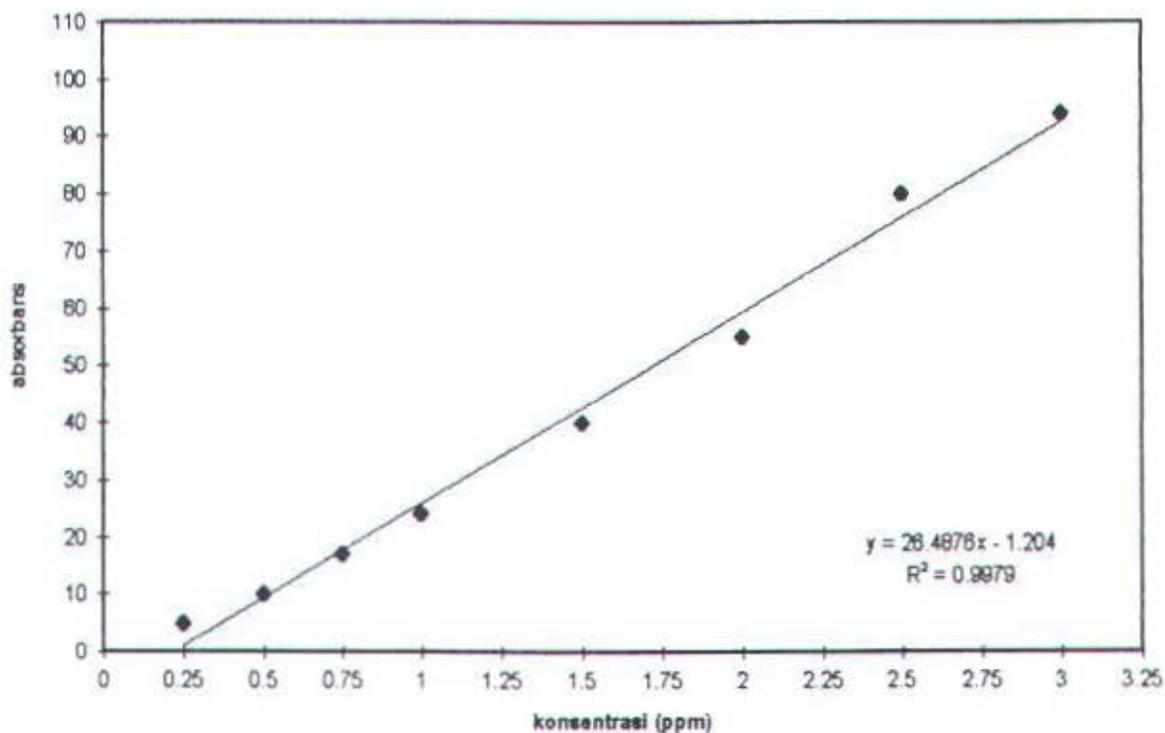
Lampiran F 2

Kurva kalibrasi untuk penentuan konsentrasi ion logam Cu (II)

Hasil pengukuran absorbansi pada larutan standar

Konsentrasi	0,25	0,5	0,75	1,0	1,5	2,0	3,0	3,5	4,0
Absorbansi	5	10	17	24	40	55	80	94	100

Kurva Kalibrasi untuk Analisa Konsentrasi ion Cu (II)



Lampiran G

Contoh Perhitungan Analisis Varian

Tabel 1.: Data kecepatan reaksi reduksi fotokatalitik ion logam Ag^+ untuk konsentrasi awal 100 ppm.

Suhu ($^{\circ}C$)	Kecepatan reaksi (ppm/menit)
45	0,5345
55	0,5371
65	0,5368
75	0,6424
85	0,5445

Persamaan : $Y = \beta_0 + \beta_1 X$

$H_0 = \beta_0 = \beta_1 = 0$

$H_1 \neq \beta_0 = \beta_1 \neq 0$

Model taksiran : $Y = a + b X$

$a = 0,47761$

$b = 1,253 \cdot 10^{-3}$

Tabel 2. Tabel analisis varian.

sumber ragam	derajat bebas	jumlah kuadrat	kuadrat tengah
Regresi	1	$1,5700 \cdot 10^{-3}$	$1,5700 \cdot 10^{-3}$
sisia	3	$7,1685 \cdot 10^{-3}$	$S^2 = 2,3894 \cdot 10^{-3}$
total	4	$8,7385 \cdot 10^{-3}$	

$$F_{\text{hitung}} = \frac{\text{Kuadrat tengah regresi}}{\text{Kuadrat tengah sisa}} = 0,6570$$

Nilai F_{tabel} (1,3) 0,5 % = 10,128

$F_{\text{hitung}} < F_{\text{tabel}}$, maka H_0 diterima.

Dengan demikian suhu tidak berpengaruh pada kecepatan reaksi reduksi fotokatalitik.

FORMULIR PENGESAHAN

Tertanda tangan di bawah ini dosen penguji skripsi dari

swa :

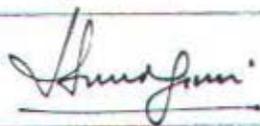
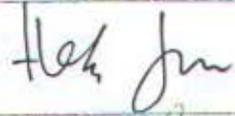
Nama : Anna Muawanah

Nrp : 1492 100 047

Judul skripsi : Pengaruh Temperatur Terhadap Kecepatan Reaksi Reduksi Fotokatalitik pada Masing-masing Ion Logam Ag^+ dan Cu^{2+} dengan Katalis Titanium Dioksida.

ini menyatakan bahwa makalah skripsi mahasiswa tersebut telah memenuhi syarat sesuai hasil sidang pada hari Kamis tanggal 13 Maret

Penguji :

NAMA	JABATAN	TANDA TANGAN
Ir. Minuk Sukanti	Ketua	
Ir. Endeh Mutiara M.P.	Sekretaris	
Drs. M. Suud Gani	Anggota	
Drs. Hendro Juwono, MS	Anggota	
Drs. Lukman Atmaja, MS	Anggota	