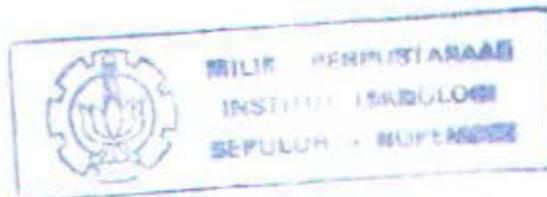


3100600011354

# SKRIPSI



## PENENTUAN LAJU REAKSI REDUKSI FOTOKATALITIK ION LOGAM TUNGGAL Zn, Pb DAN PASANGAN ION LOGAM Zn & Pb DENGAN KATALIS TITANIUM DIOKSIDA

Disusun oleh :

**SITI AISAH**

**NRP. 1491 100 029**

RSki  
541.35  
Afs  
p-1  
1998

PERPUSTAKAAN ITS	
Tgl. Terima	31-3-99
Terima dari	H
No. Agenda Prp.	8346



**JURUSAN KIMIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
1998**

# **SKRIPSI**

## **PENENTUAN LAJU REAKSI REDUKSI FOTOKATALITIK ION LOGAM TUNGGAL Zn, Pb DAN PASANGAN ION LOGAM Zn & Pb DENGAN KATALIS TITANIUM DIOKSIDA**

**Diajukan sebagai salah satu syarat  
untuk menyelesaikan Program S - 1 Kimia  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya**

**Disusun oleh :**

**SITI AISAH**

**NRP. 1491 100 029**

**JURUSAN KIMIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
1998**

**PENENTUAN LAJU REAKSI REDUKSI  
FOTOKATALITIK ION LOGAM TUNGGAL Zn,  
Pb DAN PASANGAN ION LOGAM Zn & Pb  
DENGAN KATALIS TITANIUM DIOKSIDA**

Oleh :

**SITI AISAH**

**NRP. 1491 100 029**

Disetujui Oleh :

**Dosen Pembimbing**



**Ir. ENDAH MUTIARA, MP**

**NIP. 131 453 663**

Mengetahui

**Ketua Jurusan Kimia FMIPA ITS**



**Drs. DJOKO HARTANTO, MSI**

**NIP. 131 773 915**

Tanggal : 16 Maret 1998

## ABSTRAK

Reaksi reduksi fotokatalitik campuran dua ion logam Pb dan Zn dalam air telah dipelajari. Reaksi dapat terjadi dengan adanya katalis semikonduktor titanium dioksida dan energi matahari. Ion logam Pb dan Zn akan tereduksi menjadi logam Pb dan Zn dan menempel pada permukaan semikonduktor, yang dapat diketahui dengan pengamatan perubahan yang terjadi pada partikel titanium dioksida. Pada tiap waktu tertentu, ion logam yang tereduksi diamati dengan mengukur konsentrasi ion logam tersisa dalam larutan dengan menggunakan SSA. Tetapan kecepatan reaksi reduksi fotokatalitik untuk ion dalam keadaan tunggal adalah  $1,3521 \times 10^{-2}$  menit<sup>-1</sup> untuk ion Pb (II) dan  $9,5170 \times 10^{-3}$  menit<sup>-1</sup> untuk ion Zn (II) dengan orde reaksi 0,6869 dan 0,6922. Tetapan kecepatan reaksi pada campuran ion Pb (II) dan ion Zn (II) adalah  $2,9233 \times 10^{-3}$  menit<sup>-1</sup> untuk ion Pb (II) dan  $1,6410 \times 10^{-3}$  menit<sup>-1</sup> untuk ion Zn (II) dengan orde reaksi 0,8624 dan 0,9241. Pb mempunyai kecepatan reaksi reduksi fotokatalitik yang lebih besar daripada Zn.

## ABSTRACT

Photocatalytic reduction reaction of mixing of two metal ions in water has been studied. The reaction happens because of existent of semiconductor catalytic titanium dioxide and solar energy. The metal ions Pb & Zn Will be reduced into their metals and deposited onto semiconductor surface. It can be known by identification of changes of titanium dioxide particle. At certain period reduced metal ion was observe. Observed by measure ion concentration live in the solution with Atomic Absorption Spectroscopy. Rate constant of photocatalytic reduction reaction of single metal ion is  $1,3521 \times 10^{-2}$  minute<sup>-1</sup> for Pb (II) ion and  $9,5170 \times 10^{-3}$  minute<sup>-1</sup> for Zn (II) ion with reaction order 0,6869 and 0,6922. Rate constant of mixture reaction Pb (II) and Zn (II) ion is  $2,9233 \times 10^{-3}$  minute<sup>-1</sup> for Pb (II) and  $1,6410 \times 10^{-3}$  minute<sup>-1</sup> for Zn (II) with reaction order 0,8624 and 0,9241. Pb has rate of photocatalytic reduction reaction higher than Zn).

## KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul PENENTUAN LAJU REAKSI REDUKSI FOTOKATALITIK ION LOGAM TUNGGAL Zn, Pb DAN PASANGAN ION LOGAM Zn & Pb DENGAN KATALIS TITANIUM DIOKSIDA.

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

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Ibu Endah Mutiara MP selaku dosen pembimbing yang banyak memberikan saran dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
2. Ibu Dra. Nurul Lailana MS. Selaku dosen wali yang telah banyak memberikan dorongan dan bimbingan studi penulis.
3. Bapak Drs. Djoko Hartanto MS. selaku ketua Jurusan Kimia FMIPA yang telah memberikan fasilitas dalam penyelesaian studi penulis.



4. Ayah dan Bunda tercinta yang telah mencurahkan segala perhatian dan dorongan kepada penulis sehingga terselesaikannya tugas akhir.
5. Saudara-saudaraku dan rekan-rekan yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

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.

13 Maret 1998

Penulis

## DAFTAR ISI

	halaman
JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Permasalahan	3
1.3. Tujuan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Fotokimia	5
2.2. Kinetika Kimia	10
2.3. Katalis Semikonduktor Titanium Dioksida	15
2.4. Tinjauan Sifat Fisik Dan Kimia Logam Pb & Zn	18
2.5. Spektroskopi Serapan Atom	21

BAB III METODOGI PENELITIAN	26
3.1. Peralatan	26
3.2. Bahan-Bahan	26
3.3. Prosedur Penelitian	26
3.4. Penentuan Konsentrasi Ion Logam	
Pb dan Zn	27
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	30
4.1. Reaksi Reduksi Fotokatalitik Ion Tunggal	
Pb dan Zn	30
4.2. Reaksi Reduksi Fotokatalitik	
Campuran Dua Ion Logam Pb dan Zn	34
BAB V KESIMPULAN	41
DAFTAR PUSTAKA	42
LAMPIRAN	45

## DAFTAR GAMBAR

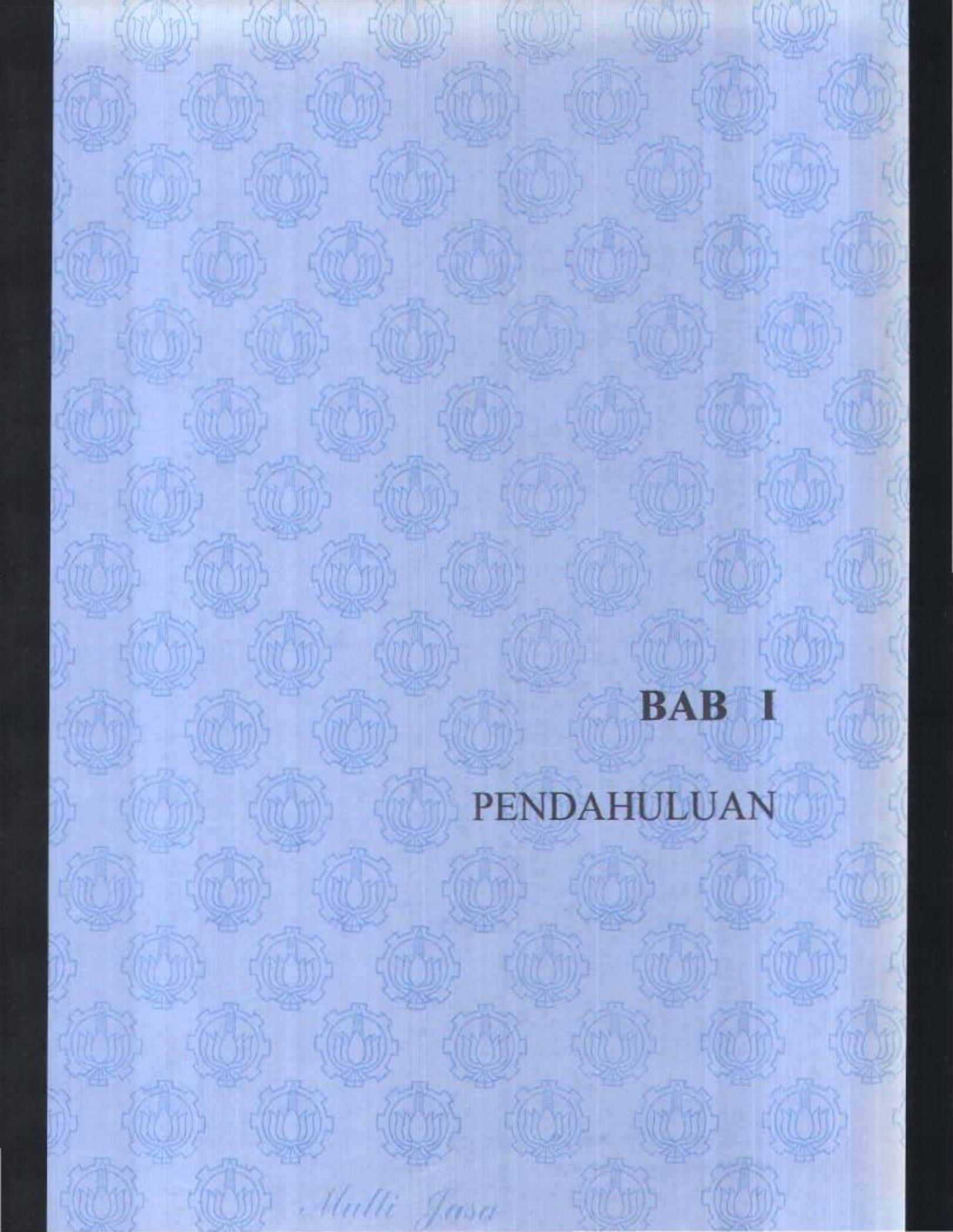
	halaman
Gambar 2.1. Komponen penyusun spektrofotometer serapan atom	23
Gambar 3.1. Reaktor fotokimia	29
Gambar 4.1. Grafik penentuan kecepatan reaksi reduksi ion Pb (II) tunggal	31
Gambar 4.2. Grafik penentuan kecepatan reaksi reduksi ion Zn (II) tunggal	32
Gambar 4.3. Grafik penentuan kecepatan reaksi reduksi ion Pb (II) dalam campuran ion Pb & Zn	36
Gambar 4.4. Grafik penentuan kecepatan reaksi reduksi ion Zn (II) dalam campuran ion Pb & Zn	37

## DAFTAR TABEL

	halaman
Tabel 4.1. Kecepatan reaksi reduksi fotokatalitik ion logam Pb (II) dan ion logam Zn (II) dengan konsentrasi awal tertentu	33
Tabel 4.2. Persamaan laju reaksi untuk ion logam Pb (II) dan ion logam Zn (II) dalam keadaan tunggal	34
Tabel 4.3. Kecepatan reaksi reduksi fotokatalitik campuran ion logam Pb (II) dengan ion logam Zn (II) pada konsentrasi awal yang berbeda-beda	38
Tabel 4.4. Persamaan laju reaksi reduksi untuk ion logam Pb (II) dan ion logam Zn (II) dalam campurannya	39

## DAFTAR LAMPIRAN

	halaman
Lampiran A. Skema kerja	45
Lampiran B.1. Hasil pengukuran konsentrasi ion Pb (II)	46
Lampiran B.2. Hasil pengukuran konsentrasi ion Zn (II)	47
Lampiran C.1. Grafik penentuan konstanta laju dan orde untuk reaksi reduksi fotokalitik ion Pb (II) tunggal	48
Lampiran C.2. Grafik penentuan konstanta laju dan orde untuk reaksi reduksi fotokalitik ion Zn (II) tunggal	49
Lampiran C.3. Grafik penentuan konstanta laju dan orde untuk reaksi reduksi fotokalitik ion Pb (II) dalam campurannya	50
Lampiran C.4. Grafik penentuan konstanta laju dan orde untuk reaksi reduksi fotokalitik ion Zn (II) dalam campurannya	51
Lampiran D.1. Grafik kurva kalibrasi standar untuk ion Pb (II)	52
Lampiran D.2. Grafik kurva kalibrasi standar untuk ion Zn (II)	53



**BAB I**  
**PENDAHULUAN**

*Multi Jasa*

## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1. Latar Belakang

Keberadaan logam berat dalam air dapat menimbulkan masalah terhadap lingkungan apabila konsentrasinya melewati ambang yang telah ditetapkan, terutama sebagai akibat dari efek toksiknya terhadap makhluk hidup. Logam tersebut sebagian besar berasal dari limbah industri elektroplating baja, elektrokimia dan industri kimia yang lain.

Biasanya orang yang keracunan timbal (Pb) mengkonsumsi sekitar 0,2-2,0 mg/hari. Hasil uji psikologik dan neuropsikologik menunjukkan keracunan Pb dapat menyebabkan penurunan daya ingat, kurang konsentrasi, sulit berbicara, gangguan penglihatan, dan psikomotor (gerak). Kadang-kadang terjadi penurunan sistim daya sensor saraf yang mengakibatkan daya perasa kurang.[1] Unsur seng (Zn) penting dalam metabolisme, dengan kebutuhan 10 - 15 mg per hari. Pada konsentrasi 675 - 2280 mg/l dapat menyebabkan muntah, sedangkan jumlah yang besar unsur Zn dapat menimbulkan rasa yang tidak enak pada makanan dan minuman, disamping itu dapat merusak organ tubuh pada jangka waktu tertentu. Pada

anak kuda dan babi gejala keracunan Zn ini berupa lamenes antriftines dan osteomalasea, sedangkan pada kelinci menunjukkan gejala nefrosis.[2]

Salah satu alternatif yang ditawarkan untuk menurunkan kadar ion logam yang terlarut dalam air adalah melalui pemanfaatan reaksi reduksi fotokatalitik, dimana energi surya dapat digunakan sebagai sumber foton sedangkan  $\text{TiO}_2$  yang bersifat semikonduktor dapat dimanfaatkan sebagai katalis.[3]. Konsentrasi ion logam dalam larutan akan berkurang, karena ion logam tereduksi menjadi logamnya dan menempel pada permukaan semikonduktor  $\text{TiO}_2$  yang digunakan sebagai katalis..

Pada penelitian yang terdahulu Prairie telah berhasil mempelajari reduksi fotokatalitik beberapa ion logam dengan katalis titanium dioksida dengan penyinaran lampu UV. Dari hasil penelitian itu diperoleh bahwa ion logam  $\text{Ag(I)}$ ,  $\text{Au(III)}$ ,  $\text{Cu(II)}$ ,  $\text{Hg(II)}$  dan  $\text{Pt(IV)}$  dapat mengalami reduksi dan menempel pada permukaan katalisnya. Sedangkan pada ion  $\text{Cr(VI)}$  tereduksi menjadi ion  $\text{Cr(III)}$  masih dalam bentuk larutan, sehingga tidak menempel pada permukaan katalis. Pada ion logam  $\text{Ni(II)}$ ,  $\text{Ni(III)}$  dan  $\text{Cd(II)}$  tidak menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan pada pengukuran konsentrasi ion logam dalam larutan sebelum dan sesudah berlangsungnya reaksi

reduksi fotokatalitik.[4]. Disamping itu telah dipelajari laju reaksi reduksi fotokatalitik ion logam tunggal Ag, Cu, dan Hg maupun campuran dua ion logam Cu&Ag dan Cu&Hg dengan menggunakan energi matahari dan katalis titanium dioksida.[5]. Dari hal tersebut memungkinkan dipelajari laju reaksi terhadap ion logam tunggal Pb(II) dan Zn(II) dan pasangan Pb & Zn.

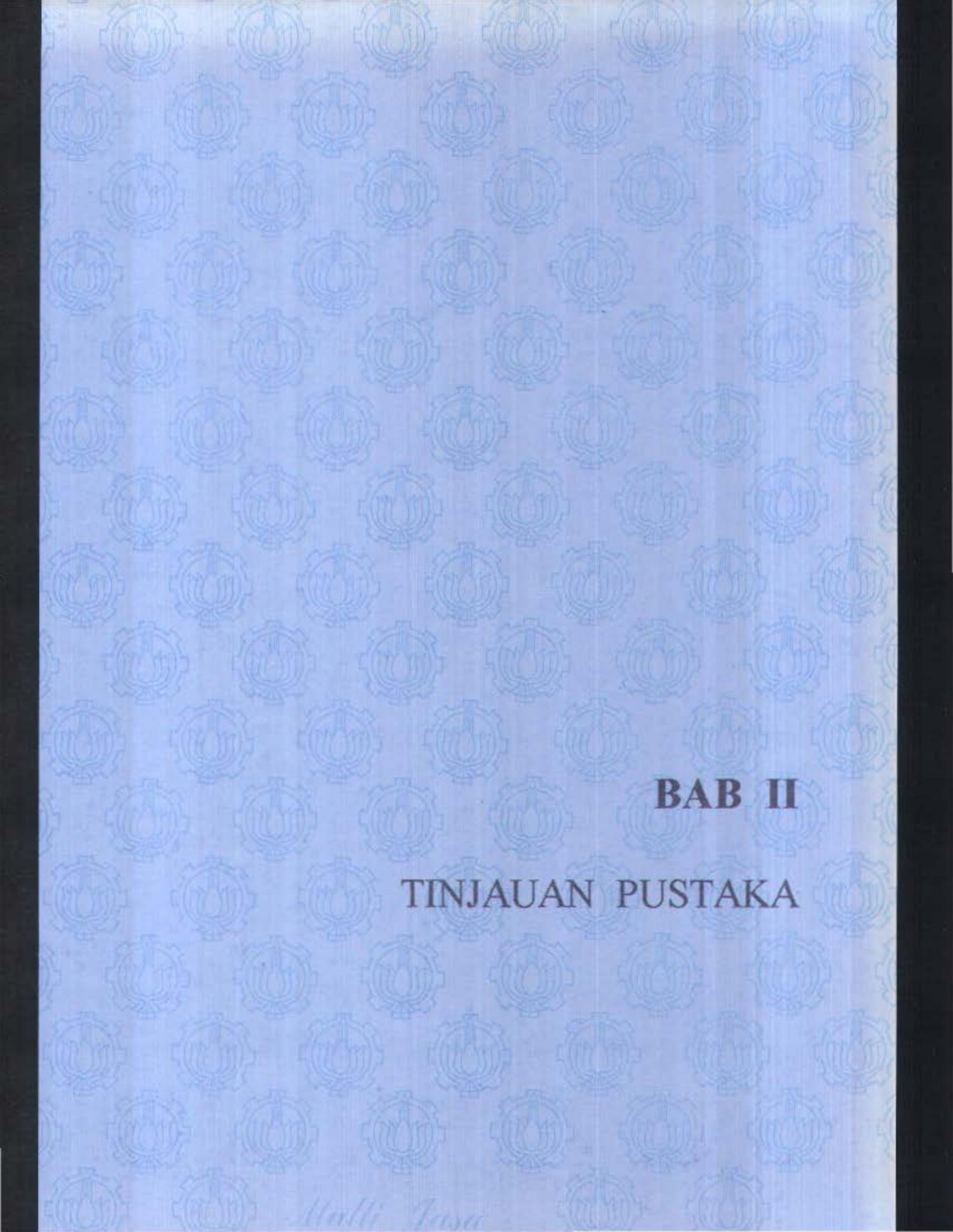
## 1.2. Permasalahan

Ion logam Pb dan Zn memiliki sifat toksik yang tinggi, sehingga keberadaannya dalam air tidak boleh melebihi ambang batas. Untuk mengurangi kadar ion logam tersebut digunakan metode reduksi fotokatalitik dengan katalis titanium dioksida dan pemanfaatan energi matahari.

## 1.3. Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari laju reaksi reduksi fotokatalitik ion logam tunggal Pb dan Zn dan campuran dua ion logam tersebut dalam larutan dengan memanfaatkan energi matahari dan katalis semikonduktor titanium dioksida. Persamaan laju reaksi ditentukan untuk masing-masing ion logam dalam keadaan tunggal, disamping itu ditentukan pula persamaan laju untuk

masing-masing ion logam dalam campurannya, sehingga dapat dibandingkan persamaan laju reaksi reduksi suatu ion logam antara dalam keadaan tunggal dan campurannya.



**BAB II**

**TINJAUAN PUSTAKA**

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Fotokimia

Pada umumnya reaksi-reaksi kimia yang tidak spontan dapat berlangsung apabila kedalam sistim tersebut diberi energi dari luar. Pemberian energi ini dapat dilakukan dengan cara reaksi termal maupun dengan pemanfaatan reaksi fotokimia. Pada reaksi termal diperlukan peningkatan suhu yang relatif besar untuk memperbesar jumlah tumbukan antar partikel-partikel reaktan, sehingga dapat memperbesar kemungkinan terjadinya reaksi. Sehingga dalam reaksi fotokimia, energi diberikan sebagai foton cahaya yang diserap oleh molekul reaktan, foton yang diserap ini memiliki panjang gelombang tertentu, yang bersifat karakteristik untuk tiap molekul. Karena itu fotokimia memberikan kemungkinan selektifitas yang lebih tinggi, yang berarti bahwa energi dari kuantum cahaya tepat sesuai untuk reaksi tertentu saja. Jadi tahap pengaktifan dalam reaksi fotokimia cukup berbeda dan lebih selektif dibandingkan dengan tahap pengaktifan pada reaksi termal. Keadaan elektronik molekul yang tereksitasi mempunyai energi dan distribusi elektron yang berbeda

dari keadaan dasarnya, sehingga sifat kimianya juga akan berbeda.

Apabila suatu sistim diiradiasi, cahaya yang mengenai larutan dapat ditransmisikan, didispersikan, dibiaskan atau diabsorpsi oleh molekul pengabsorpsi pada sistim tersebut. Hal ini tergantung pada sifat-sifat fisik dan kimia dari molekul-molekul yang terdapat dalam sistimnya.

Supaya reaksi fotokimia dapat terjadi, molekul reaktan harus mengabsorpsi satu foton cahaya yang memiliki energi yang lebih besar atau sama dengan perbedaan tingkat energi antara keadaan dasar dan keadaan tereksitasinya. Energi dari satu foton cahaya dengan panjang gelombang tertentu diberikan oleh persamaan Planck :

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

dimana  $E$  = energi

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

$\nu$  = frekuensi radiasi (dalam satuan  $\text{cm}^{-1}$ )

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

$\lambda$  = panjang gelombang (dalam satuan cm). [6]

Hukum yang mendasari proses fotokimia adalah hukum Grathus 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 bahwa radiasi yang tidak diserap tapi dapat mendorong molekul tereksitasi untuk memancarkan sinar.

Untuk dapat menggambarkan proses fotokimia secara kuantitatif tidaklah cukup dengan menggunakan hukum I fotokimia saja. Hal ini dapat dijelaskan dengan menggunakan hukum II fotokimia yang diusulkan oleh Stark dan Einstein (1908 - 1912). Hukum II fotokimia menyatakan bahwa satu molekul dalam reaksi fotokimia menyerap satu kuantum dari radiasi foton yang menyebabkan reaksi.[7] Energi foton yang telah diserap oleh suatu molekul akan menyebabkan perubahan kimia dan fisika yang disebabkan oleh penyerapan sinar dapat dihitung. Persamaan reaksi dapat digambarkan sebagai berikut :



Pada penelitian ini digunakan sinar matahari sebagai sumber foton. Sinar matahari yang dipakai adalah pada saat cuaca cerah khususnya pada kisaran waktu pukul 10.30-14.00 WIB. Pemilihan ini didasarkan pada

penelitian sebelumnya, yang menggunakan metode aktinometri sehingga didapatkan intensitas sinar yang konstan dan optimum pada waktu tersebut. Biasanya dalam fotokimia intensitas sinar yang digunakan adalah  $10^{13}$  -  $10^{15}$  kuantum terabsorpsi/cm<sup>3</sup> s. [8]

### 2.1.1. Fotokatalisis

Prinsip dasar fotokimia adalah konversi energi foton menjadi energi kimia atau listrik (fotoelektrokimia). Konversi energi dapat dipercepat dengan penambahan suatu katalis yang dinamakan fotokatalis, karena untuk mengaktifkan katalis tersebut diperlukan adanya sinar atau energi foton yang dapat diserapnya. Katalis yang digunakan dalam reaksi fotokimia adalah katalis yang mempunyai sifat semikonduktor. Katalis semikonduktor yang pernah digunakan dalam reaksi fotokimia redoks adalah : titanium dioksida (TiO<sub>2</sub>), wolfram oksida (WO<sub>3</sub>), ferri oksida (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), seng oksida (ZnO).

Katalis semikonduktor akan dapat membantu jalannya reaksi apabila dikenai sinar yang energinya sama atau lebih besar dari energi celahnya. Jadi apabila terjadi penyerapan sinar oleh molekul semikonduktor akan terjadi

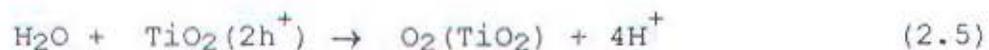
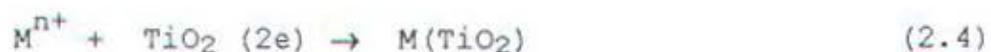
desakan elektron dari pita valensi ke pita konduksi, pada kondisi ini katalis dikatakan dalam keadaan teraktifkan. Akibat adanya perpindahan elektron ini pada semikonduktor terdapat pasangan elektron tereksitasi dan lubang. Bilamana proses ini terjadi dalam larutan yang mengandung fotokatalis dan suatu ion lain maka ion lain tersebut sebagian akan teroksidasi dan tereduksi.[9].

#### 2.1.2. Reduksi Fotokatalitik

Pada suspensi larutan yang mengandung ion logam dan katalis semikonduktor dengan mengalirkan gas nitrogen ke dalam larutan yang dikenai foton cahaya yang dapat diserap oleh permukaan katalis semikonduktor maka ke dalam larutan akan terjadi reaksi reduksi fotokatalitik. Katalis menjadi teraktifkan yang akan mereduksi ion logam yang menempel pada permukaan katalis.

Reaksi reduksi fotokatalitik pada suatu sistem larutan yang terdapat ion logam  $M^{n+}$  dan katalis semikonduktor titanium dioksida dengan foton yang memiliki energi sama atau lebih besar dari energi celah titanium dioksida. Maka ketika katalis semikonduktor titanium dioksida disinari dengan cahaya yang sama atau lebih besar dari energi celahnya, akan terbentuk elektron ( $e^-$ ) dan lubang-lubang ( $h^+$ ) untuk memulai reaksi

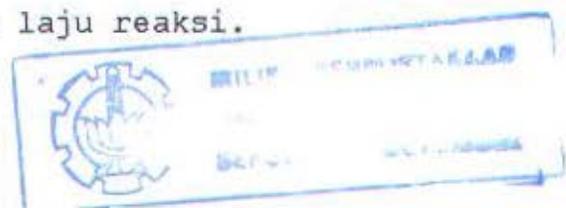
kimia. Elektron ini selanjutnya ditangkap oleh ion logam untuk mereduksi muatan positifnya menjadi logamnya yang menempel pada permukaan suatu katalis semikonduktor. Sedangkan lubang-lubang yang terbentuk digunakan untuk menghidrolisis molekul-molekul air. Reaksi fotoreduksinya dapat ditulis sebagai berikut :



Karena pada reaksi reduksi ini terjadi hidrolisis molekul air menjadi oksigen, maka untuk menghindari terjadinya oksidasi ke dalam sistim tersebut dialirkan gas nitrogen selama reaksi. [10, 11,12].

## 2.2. Kinetika Kimia

Kinetika kimia merupakan cabang ilmu kimia yang mempelajari masalah laju 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 reaksinya dari hasil pengamatan laju reaksi.



Pada prinsipnya, reaksi kimia merupakan proses penguraian satu senyawa menjadi komponennya serta proses penggabungan beberapa komponen menjadi senyawanya yang disertai dengan perubahan energi. Suatu reaksi kimia dapat berlangsung apabila terjadi tumbukan antar partikel-partikel reaktannya, dimana energi tumbukan tersebut harus sesuai dengan energi aktivasinya. Disamping itu, tumbukan juga harus pada posisi yang sesuai sehingga dapat terjadi reaksi.

Ditinjau dari sistimnya, reaksi kimia dapat digolongkan menjadi dua bagian yaitu : reaksi dengan sistim tertutup dan reaksi dengan sistim terbuka. Reaksi pada sistim tertutup selama reaksi berlangsung tidak disertai dengan penambahan satu komponenpun dari luar dan juga tidak terjadi pengambilan satu komponenpun ke luar sistim. Sedangkan reaksi pada sistim terbuka, selama reaksi berlangsung dilakukan penambahan komponen dari luar, atau dapat juga dilakukan pemisahan satu atau lebih komponen dari sistim tersebut.

Apabila dilihat dari perbedaan fase reaksinya, maka suatu reaksi kimia dibedakan menjadi dua bagian, yaitu : reaksi fase homogen dan reaksi fase heterogen. Dalam reaksi fase homogen, reaktan-reaktannya berada dalam satu fasa. Sebagai contoh reaksi dalam fasa cair.

Sedangkan reaksi dalam fasa heterogen, reaktan-reaktannya berada dalam fasa yang berbeda. Contohnya reaksi antara cairan dengan padatan yang tersuspensi dalam cairan tersebut.[13]

### 2.2.1. Laju Reaksi

Laju reaksi didefinisikan sebagai berkurangnya konsentrasi reaktan per satuan waktu atau bertambahnya konsentrasi produk persatuan waktu. Dapat juga dikatakan sebagai perubahan konsentrasi per satuan waktu. Satuan dari laju reaksi tergantung pada satuan konsentrasi dan waktu. Bila konsentrasi reaktan diungkapkan dalam ppm dan waktu dalam menit, maka lajunya adalah ppm per menit. Umumnya laju reaksi meningkat dengan meningkatnya konsentrasi produk, dan dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$\text{laju} = k f (C_1, C_2, \dots, C_i) \quad (2.6)$$

dimana k adalah konstanta laju spesifik, atau konstanta kecepatan. Sedangkan  $C_1, C_2, \dots, C_i$  adalah konsentrasi dari reaktan-reaktan dan produk-produk. Sebagai contoh reaksi umum :



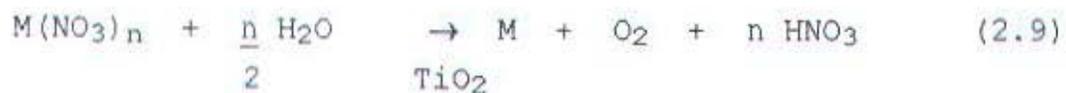
Laju reaksi dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$-d[A]/dt = k [A]^m [B]^n \quad (2.8)$$

dimana n dan m adalah orde reaksi terhadap A dan B. [14]

### 2.2.2. Konstanta Laju Reaksi dan Orde Reaksi

Pada proses reduksi fotokatalitik pada ion logam  $M^{n+}$  dengan katalis titanium dioksida dalam pelarut air, reaksi secara keseluruhan dapat ditulis sebagai berikut:



Persamaan laju reaksinya :

$$-d[M^{n+}]/dt = k [M^{n+}]^a [H_2O]^b \quad (2.10)$$

Karena larutan sangat encer sehingga konsentrasi air dalam larutan berlebih, maka pengurangan konsentrasi air dalam larutan dapat diabaikan. Dalam hal ini dapat dikatakan bahwa konsentrasi air adalah konstan. Sehingga persamaan laju reaksinya dapat ditulis sebagai berikut :

$$-d[M^{n+}]/dt = k [M^{n+}]^a \quad (2.11)$$

Dari persamaan laju reaksi diatas konstanta kesebandingan k disebut sebagai konstanta laju reaksi yang spesifik dan karakteristik untuk laju reaksi

tertentu. Harga ini berubah terhadap perubahan temperatur reaksi. Sedangkan pangkat  $a$  pada konsentrasi ion logam  $M$  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 konstanta kecepatan reaksi dan orde reaksi pada penelitian ini adalah menggunakan metode konsentrasi awal. Pada konsentrasi awal yang berbeda diperoleh besarnya kecepatan reaksi yang berbeda maka harga  $k$  dan  $a$  dapat ditentukan dari penurunan persamaan (2.11). Bila kecepatan reaksi yang diperoleh tiap konsentrasi awal adalah  $r$  dan konsentrasi awal sebesar  $C$  maka persamaan tersebut analog dengan :

$$r = k C^a \quad (2.12)$$

$$\log r = a \log C + \log k \quad (2.13)$$

Ternyata hasil penurunannya merupakan suatu persamaan garis linier. Dengan demikian harga  $a$  dan  $k$  ditentukan sebagai slope dan intersep dari grafik yang memplotkan harga  $r$  sebagai fungsi konsentrasi awal larutan ion logam  $M$  ( $\log r$  vs  $\log C$ ). [15]

Berdasarkan potensial reduksi dari tiap ion logam yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :[16]



### 2.3. Katalis Semikonduktor Titanium Dioksida

Diantara katalis semikonduktor berupa logam oksida, selama ini yang paling banyak digunakan dalam penelitian-penelitian adalah  $\text{TiO}_2$ . Pada reaksi-reaksi fotoreduksi, fotooksidasi dan fotodekomposisi katalis semikonduktor yang sering digunakan adalah titanium dioksida. Ditinjau dari sifat titanium dioksida mempunyai energi celah yang relatif sempit sebesar 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-lubang ( $h^+$ ) sehingga mengakibatkan terjadinya proses katalisa. Selain itu

TiO<sub>2</sub> dan WO<sub>3</sub> memiliki kestabilan pada jarak pH yang luas.

Proses fotoreduksi-oksidasi yang menggunakan katalis TiO<sub>2</sub> pertama kali dilakukan oleh Bard (1978), pada proses oksidasi fotokatalitik pada polutan organik yang berupa fenol dan sianida, sehingga didapatkan proses reaksi yang lebih cepat daripada dengan cara biodegradasi yang tidak memberikan hasil yang memuaskan.

Salah satu pemanfaatan titanium dioksida pada proses reduksi fotokatalitik adalah sebagai katalis pada ion-ion logam dalam larutan, sehingga logam hasil reduksi menempel pada semikonduktor titanium dioksida, dan terjadi perubahan warna pada suspensinya. Javier Domenech dan Merce Andres (1987) telah melakukan penelitian dengan menggunakan TiO<sub>2</sub> dan WO<sub>3</sub> untuk mereduksi ion merkuri (II) yang terdapat pada suatu larutan. Setelah dilakukan penyinaran dengan lampu UV, diperoleh endapan merkuri pada semikonduktornya baik pada TiO<sub>2</sub> maupun WO<sub>3</sub>. Dalam perkembangannya telah banyak penelitian yang dilakukan pada reduksi fotokatalitik yang menggunakan katalis titanium dioksida, yakni reduksi terhadap logam Cu, Ag, Au, Co dan Ni. Pada saat

berlangsungnya proses reduksi fotokatalitik ini diharuskan tidak terdapat oksigen terlarut.

Pada proses oksidasi dan reduksi fotokatalitik, kebanyakan digunakan titanium dioksida. Alasan pemilihan titanium dioksida ini didasarkan adanya penyinaran menjadi lebih aktif, secara kimia lebih stabil, tidak berbahaya bagi lingkungan dan mudah didapat di alam. [17]

Berdasarkan bentuk kristalnya, titanium dioksida yang terdapat di alam dibedakan menjadi tiga bentuk, yakni anatase, rutil dan brokrite. Dalam penelitian ini digunakan titanium dioksida dengan bentuk kristal anatase. Alasan pemilihan ini adalah karena struktur anatase adalah struktur yang paling stabil, memiliki luas permukaan yang paling besar, serta paling banyak terdapat di alam. Hasil analisa dengan sinar X menunjukkan bahwa titanium dioksida yang ada di alam kebanyakan dari struktur anatase. Hal ini disebabkan karena dari tiga bentuk kristal titanium dioksida yang paling stabil adalah anatase. [18]

Titanium dioksida anatase jenis Degussa P.25 mempunyai area spesifik =  $38 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$ , diameter partikel rata-rata =  $0,78 \text{ }\mu\text{m}$ , densitas =  $3,9 \text{ gram/ml}$  dan energi celah =  $3,2 \text{ eV}$ . [19]

## 2.4. Tinjauan Sifat Fisik dan Kimia Logam Pb & Zn

### 2.4.1. Timbal, Pb

Timbal adalah logam yang berwarna abu-abu kebiruan, dengan kerapatan yang tinggi ( $11,48 \text{ g ml}^{-1}$  pada suhu kamar), berat atom 207,19 dan nomor atom 82, titik leleh  $327 \text{ }^\circ\text{C}$ , titik didih  $1620 \text{ }^\circ\text{C}$ . [20]

Keracunan timbal oleh persenyawaan anorganik misalnya timbal putih  $\text{Pb(OH)}_2 \cdot 2\text{PbCO}_3$ , dan  $\text{PbO}$ . Keracunan oleh timbal dan persenyawaan-persenyawaan anorganik bersifat kronis dengan gejala kolik usus dan anemi. Sedangkan keracunan timbal oleh persenyawaan organik, misalnya tetra etil timbal dan tetra metil timbal yang mudah diserap dan menyebabkan ensefelopati. Keracunan tetra etil timbal biasanya mendadak dengan gejala-gejala insomnia, kekacauan pikiran, delirium dan mania. [21, 22]

Reaksi-reaksi reduksi dari ion timbal (II) yang biasanya menggunakan larutan timbal nitrat (0,25 M).

1. Asam klorida encer (klorida yang terlarut), terbentuk endapan putih dalam larutan yang dingin dan tidak terlalu encer :



Endapan larut dalam air panas, tetapi memisah lagi sebagai kristal yang panjang seperti jarum setelah dingin.

2. Asam sulfat encer (sulfat-sulfat yang larut), terbentuk endapan putih timbal sulfat.



Endapan ini tidak larut dalam reagensia yang berlebihan.

3. Kalium kromat dalam larutan netral, asam asetat atau amonia terbentuk endapan kuning timbal kromat.



4. Larutan amonia terbentuk endapan putih timbal hidroksida.



Endapan tak larut dalam reagensia berlebihan.[23]

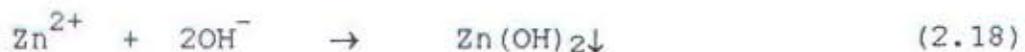
#### 2.4.2. Seng, Zn

Seng adalah logam yang putih kebiruan, logam ini cukup mudah ditempa dan liat pada 110-150°C. Seng melebur pada 410°C, mendidih pada 906°C, mempunyai berat atom 65,38, nomor atom 30, dengan kerapatan 7,13 g ml<sup>-1</sup> pada suhu kamar.[24]

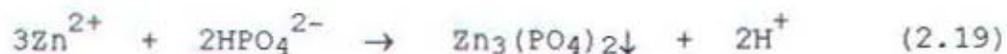
Keracunan uap seng dan logam lainnya terjadi pada pengelasan, pemotongan, pelelehan dan peleburan dapat mengakibatkan demam uap logam. Pada pekerja yang menghirup uap seng, penyakitnya disebut demam uap seng, misalnya  $Zn_2O_3$ . Pada penelitian mengenai pengaruh toksisitas logam terhadap respirasi osmoregulasi pada ikan salmon, dilaporkan bahwa kemampuan insang menurun dan rusak oleh toksisitas  $ZnSO_4$ . [25, 26]

Reaksi-reaksi reduksi dari ion seng yang biasanya menggunakan seng sulfat (0,25 M).

1. Larutan natrium hidroksida, terbentuk endapan seperti gelatin yang putih .



2. Larutan dinatrium hidrogen fosfat, terbentuk endapan seng fosfat.

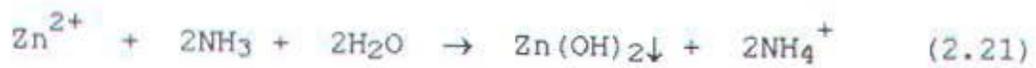


Jika ada amonium, terbentuk seng amonium fosfat.



Kedua endapan larut dalam asam encer dimana reaksi berjalan kearah kebalikan.

3. Larutan amonia, terbentuk endapan putih hidroksida. [27]



ZnO terbentuk dengan pembakaran logamnya diudara, atau dengan pirolisis karbonat atau nitratnya.[28]

Pirolisis atau distilasi kering, merupakan suatu proses peruraian pada suhu tinggi, tanpa kontak langsung dengan udara. Pirolisis dapat dilakukan secara sinambung dengan bahan dimasukkan ke dalam reaktor kemudian dipanaskan sampai suhu tertentu dan seterusnya dipertahankan konstan selama waktu yang diinginkan. Pada proses sinambung tahap pengisian, pemanasan, pendinginan, dan pengambilan hasil berjalan secara serentak dan merupakan suatu kesinambungan, sehingga penyulingan dapat dilakukan terus menerus. Hasil pirolisis dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain : waktu pemanasan, suhu pemanasan, kecepatan pemanasan, kadar air, ukuran bahan dan jenis bahan.[29].

### **2.5. Spektroskopi Serapan Atom**

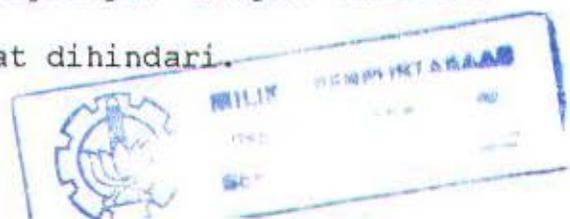
Spektroskopi serapan atom merupakan metode analisa kuantitatif bagi penentuan kadar unsur-unsur logam dalam jumlah renik dengan kepekaan tinggi. Kelebihan analisa dengan metode ini pelaksanaan analisisnya relatif sederhana tidak diperlukan pemisahan untuk melakukan

analisis satu logam yang berada dalam bentuk campuran dengan komponen lain.

Metode spektroskopi serapan atom merupakan suatu cara pengukuran yang didasarkan pada penyerapan energi sinar oleh atom-atom netral dalam keadaan gas, kemudian disinari dengan berkas sinar yang berasal dari sumber sinar. Atom-atom yang akan dianalisa akan menyerap sinar yang dipancarkan dari sumber sinar, kemudian energi yang diperoleh digunakan untuk mengubah tingkat energi elektronik dari atom yang dianalisa, elektron dalam keadaan dasar dinaikkan tingkat energinya ke tingkat eksitasi yang kemudian kembali lagi ke keadaan dasar dengan memancarkan energi. Energi yang dipancarkan ini akan sampai pada suatu detektor yang dapat menimbulkan sinyal pada rekorder.

Antara absorpsi radiasi dengan medium penyerap terdapat hubungan kuantitatif yaitu banyaknya sinar yang diserap sebanding dengan banyaknya atom yang menyerap. Dengan mengukur absorbansi yang terjadi pada suatu unsur logam maka dapat diketahui kadar logam tersebut.

Spektroskopi serapan atom memerlukan sumber sinar yang mengemisikan sinar pada panjang gelombang yang tepat sama dengan proses absorpsinya. Dengan cara ini maka efek pelebaran puncak dapat dihindari.

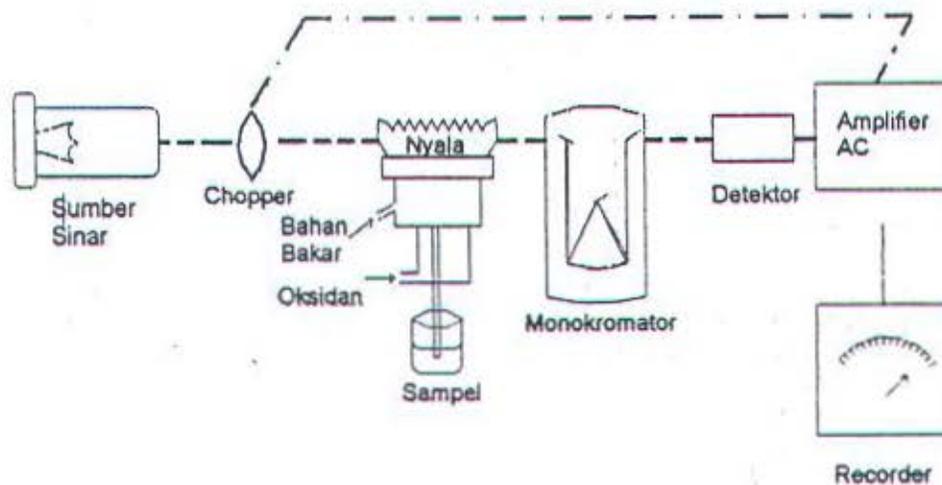


Spektra serapan yang diperoleh dari suatu unsur yang dianalisa terdiri dari garis-garis sempit yang jelas batas-batasnya. Hal ini disebabkan oleh transisi antar tingkat energi elektron pada kulit terluar.[30, 31]

### 2.5.1. Instrumentasi dan Cara Kerja Spektroskopi Serapan Atom

Peralatan dalam spektroskopi serapan atom disebut spektrometer serapan atom. Komponen-komponen utama dalam spektrometer serapan atom adalah : sumber sinar, sistim pengatoman, monokromator, detektor dan sistim pembacaan.

Secara diagram, alat tersebut dapat digambarkan seperti yang terlihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1. Gambar komponen penyusun spektrofotometer serapan atom. [32]

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

Cuplikan berupa larutan, dilakukan suatu proses untuk mengubah cuplikan larutan yang dalam bentuk ion-ion menjadi atom-atom bebas. Untuk memperoleh atom-atom bebas diperlukan tenaga untuk memisahkan dari keterikatannya dalam senyawa atau molekul. Tenaga ini diperoleh dari panas nyala api dengan temperatur tertentu. Nyala ini dihasilkan oleh bahan bakar dan gas oksidator. Cuplikan dihisap masuk kamar pencampur dan disemprotkan dalam nyala api sebagai kabut halus. Kemudian terjadi proses desolvasi (penguapan pelarut) dan cuplikan menjadi butiran halus. Sehingga dihasilkan suatu nyala api yang mengandung atom-atom netral unsur yang akan dianalisa dan elektron pada unsur tersebut berada dalam keadaan azasnya.

Sinar yang berasal dari sumber sinar mengenai atom-atom netral unsur, dan sebagian sinar dengan panjang gelombang tertentu diserap, sehingga terjadi proses eksitasi. Sebagian sinar yang lain yang dipancarkan oleh

sumber sinar diteruskan. Sinar yang diteruskan dibiarkan melalui monokromator dan ditangkap oleh detektor dan diubah menjadi energi listrik. Energi listrik yang dihasilkan dipergunakan untuk mendapatkan suatu data yang dapat dibaca pada alat pencatat. Data yang dihasilkan berupa prosen transmittan atau absorban. [33, 34].

Analisa terhadap ion logam Pb (II) dilakukan pada panjang gelombang 283,3 nm dan ion logam Zn (II) dilakukan pada panjang gelombang 213,9 nm. Pemilihan ini didasarkan pada intensitas sinar yang maksimum dan kurva standar yang linier (memenuhi hukum Lamber-Beer). [35]

**BAB III**

**METODOLOGI PENELITIAN**

*Melly Dina*

## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1. Peralatan

Dalam penelitian ini dipergunakan alat-alat sebagai berikut : gelas piala, gelas ukur, corong Buchner, kertas saring Whatman, erlemeyer, labu ukur, pipet volume, pipet tetes, pengaduk magnetis, difuser, hot plate, DO-meter, dan spektrofotometer serapan atom.

#### 3.2. Bahan-bahan

Pada penelitian ini memerlukan bahan-bahan berupa :  $Pb(NO_3)_2$ ,  $Zn(NO_3)_2$ , serbuk  $TiO_2$  Degussa P-25, gas nitrogen, air destilat.

#### 3.3. Prosedur Penelitian

Dua liter larutan ion logam dengan konsentrasi awal bervariasi 50, 100, 150, 200 dimasukkan ke dalam reaktor. Kemudian ke dalam larutan tersebut dialirkan gas nitrogen melalui difuser dengan kecepatan alir kurang lebih 3 liter/ jam. Larutan diaduk dengan menggunakan pengaduk magnetik untuk meratakan aliran gas nitrogen. Konsentrasi oksigen terlarut dikontrol dengan DO-meter. Setelah konsentrasi oksigen mendekati 0 ppm,

400 mgam serbuk titanium dioksida ditambahkan ke dalam larutan sambil terus dialirkan gas nitrogen dan pengadukan. Kemudian larutan disinari dengan sinar matahari sehingga ion logam dalam larutan akan direduksi oleh partikel titanium dioksida. Pada tiap waktu tertentu campuran ini diambil 5 ml untuk disaring, filtrat yang diperoleh kemudian ditentukan konsentrasi ion logam yang tersisa.

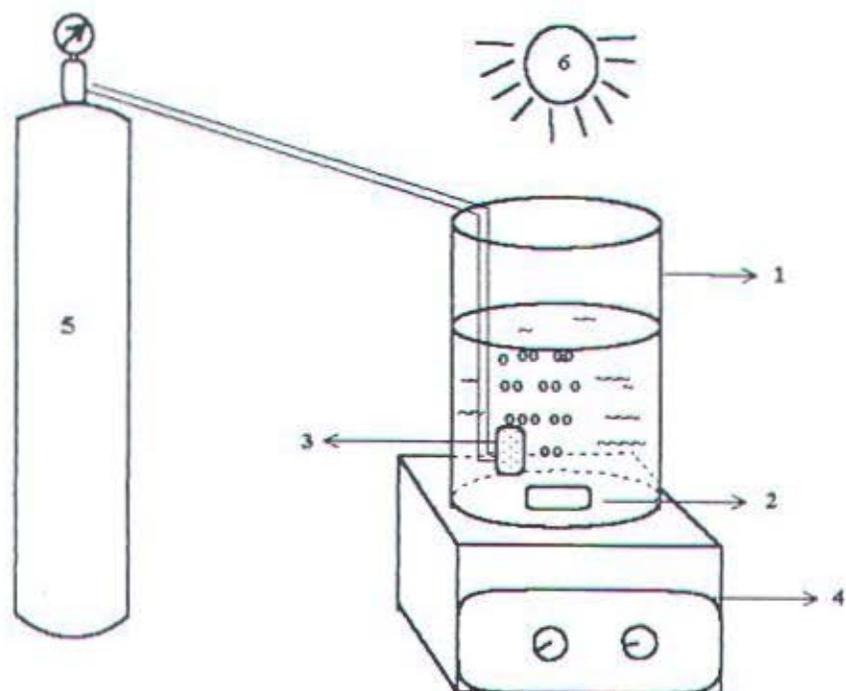
Prosedur ini dilakukan untuk tiap ion logam yang meliputi ion logam tunggal Zn (II), ion logam Pb (II), dan campurannya. Pengambilan cuplikan dilakukan setelah reaksi berjalan 0, 30, 60, 90, dan 120 menit. Dengan mengacu pada penelitian sebelumnya. Penelitian ini dilakukan pada pukul 10.30 - 14.00 WIB pada kondisi cerah.

#### **3.4. Penentuan Konsentrasi Ion Logam Pb dan Zn**

Setelah reaksi fotokimia berlangsung, maka konsentrasi ion logamnya dianalisa dengan spektrofotometer serapan atom. Analisa ion timbal dilakukan pada panjang gelombang 283,3 nm dan analisa ion seng dilakukan pada panjang gelombang 213,9 nm. Sebelum dianalisa, cuplikan diencerkan dengan air bebas

mineral sampai konsentrasinya berada diantara jarak konsentrasi larutan standar yang digunakan.

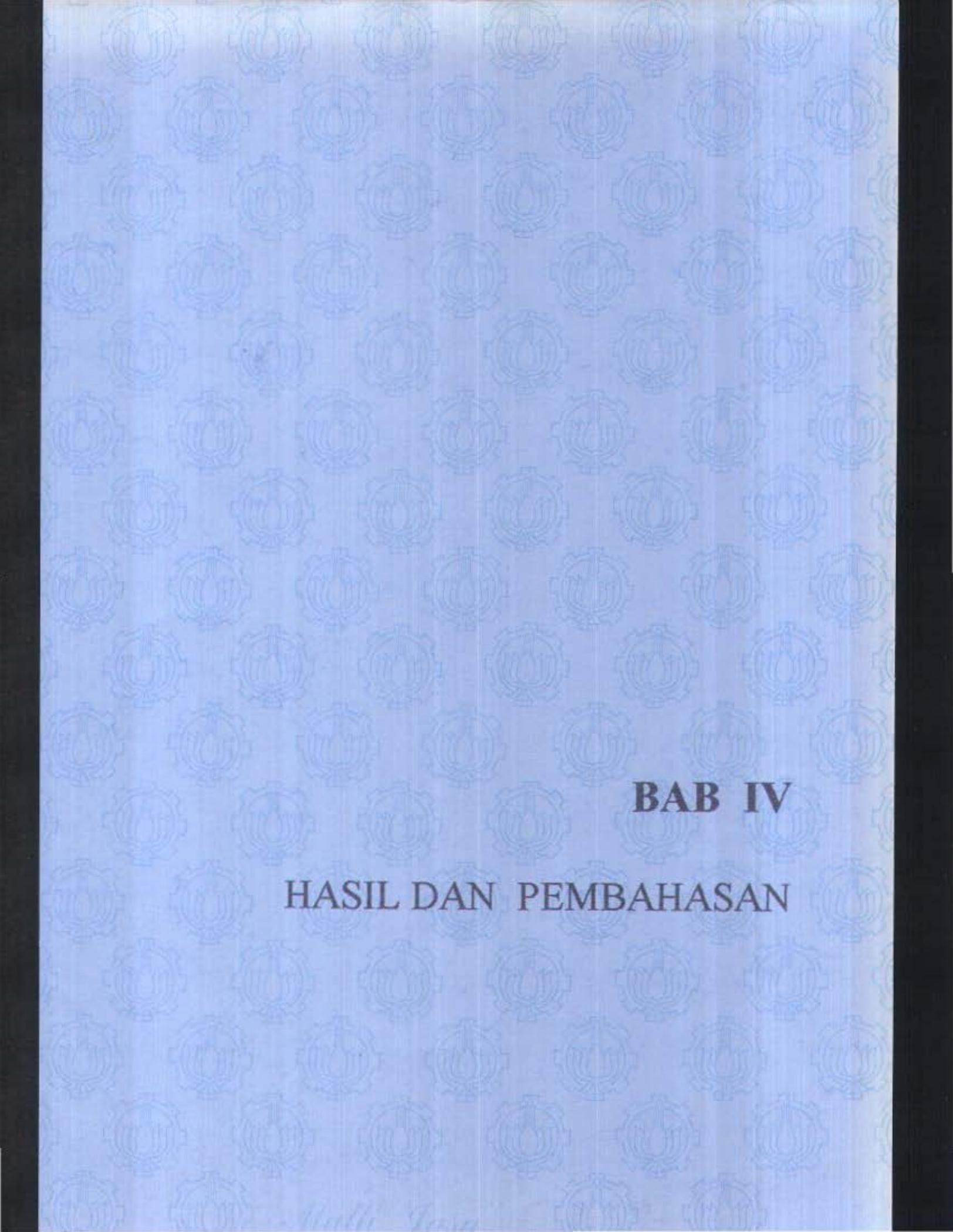
Analisa ion logam dalam campurannya dilakukan dengan metode adisi standar yaitu dengan membuat satu deret larutan standar dengan konsentrasi yang berbeda-beda, kemudian ke dalam masing-masing larutan standar ditambahkan dengan sejumlah cuplikan dengan kadar yang sama. Penentuan konsentrasi cuplikan ditentukan dari ekstrapolasi kurva yang diperoleh dari perpotongan kurva pada sumbu-x (konsentrasi larutan standar).



Gambar 3.1. Reaktor Fotokimia

Keterangan gambar :

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



**BAB IV**

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

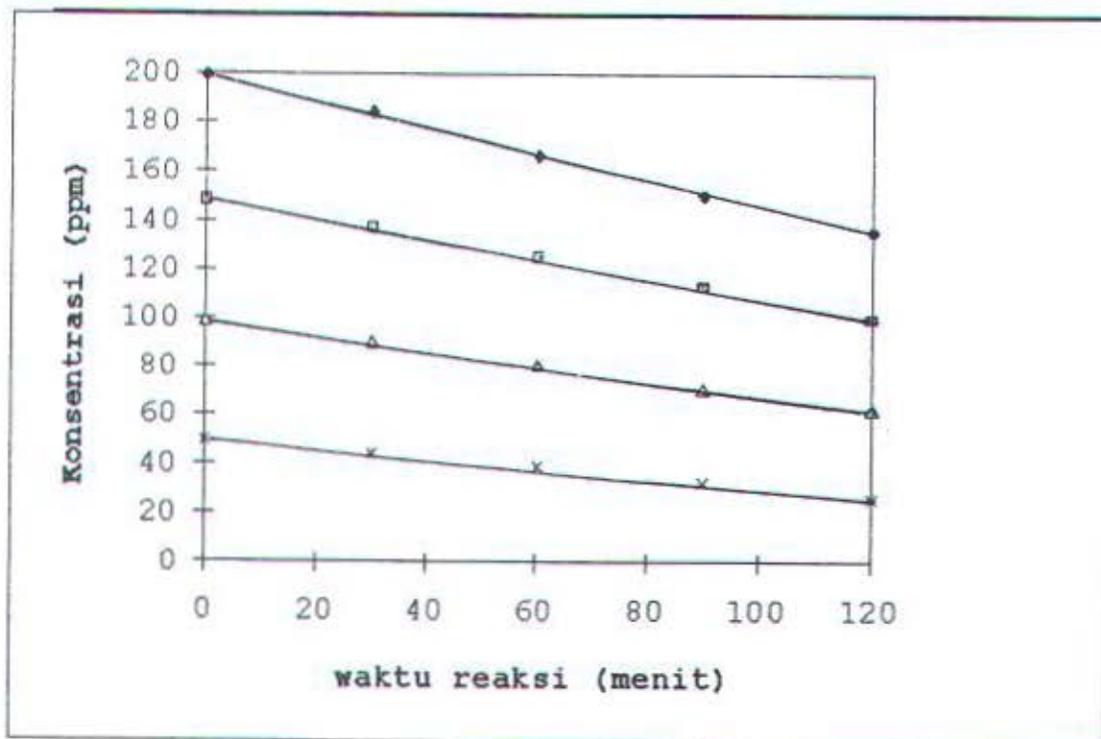
#### 4.1. Reaksi Reduksi Fotokatalitik Ion Tunggal Pb dan Zn

Selama berlangsungnya reaksi reduksi fotokatalitik baik ion tunggal maupun campurannya suhu berkisar antara  $34^{\circ}\text{C}$  sampai  $36^{\circ}\text{C}$ . Kondisi pH larutan untuk setiap sistim reaksi berkisar antara 5 - 6. Sedangkan kadar oksigen terlarut adalah 0,5 - 0,7 ppm setelah pengusiran dengan nitrogen selama satu jam. Kadar oksigen ini tidak dapat mencapai 0 ppm karena reaksi dilakukan pada tempat terbuka.

Penentuan laju reaksi reduksi fotokatalitik ion tunggal pada ion logam Pb(II) dan ion Zn(II) dibuat suatu sistim reaksi dimana semua variabel yang mempengaruhi kecepatan reaksi adalah konstan kecuali konsentrasi awal ion logam dalam sistim dibuat bervariasi, yaitu 50, 100, 150, dan 200 ppm. Pada setiap penyinaran selama 30 menit sampai waktu 120 menit, ion logam yang tersisa dalam sistim reaksi reduksi fotokatalitik diukur konsentrasinya. Pengukuran kadar ion logam yang tersisa dilakukan dengan SSA.

Hasil pengukuran penurunan konsentrasi pada tiap ion logam untuk konsentrasi awal yang berbeda-beda

dicantumkan pada lampiran B. Dari data tersebut, kemudian dibuat grafik antara konsentrasi ion logam yang tersisa terhadap waktu setelah reaksi berlangsung dalam selang waktu tertentu. Nilai kemiringan dari persamaan grafik garis linier yang diperoleh digunakan untuk menentukan harga kecepatan reaksi. Grafik yang diperoleh diberikan pada gambar 4.1. untuk ion  $Pb^{2+}$  dan gambar 4.2. untuk ion  $Zn^{2+}$ .



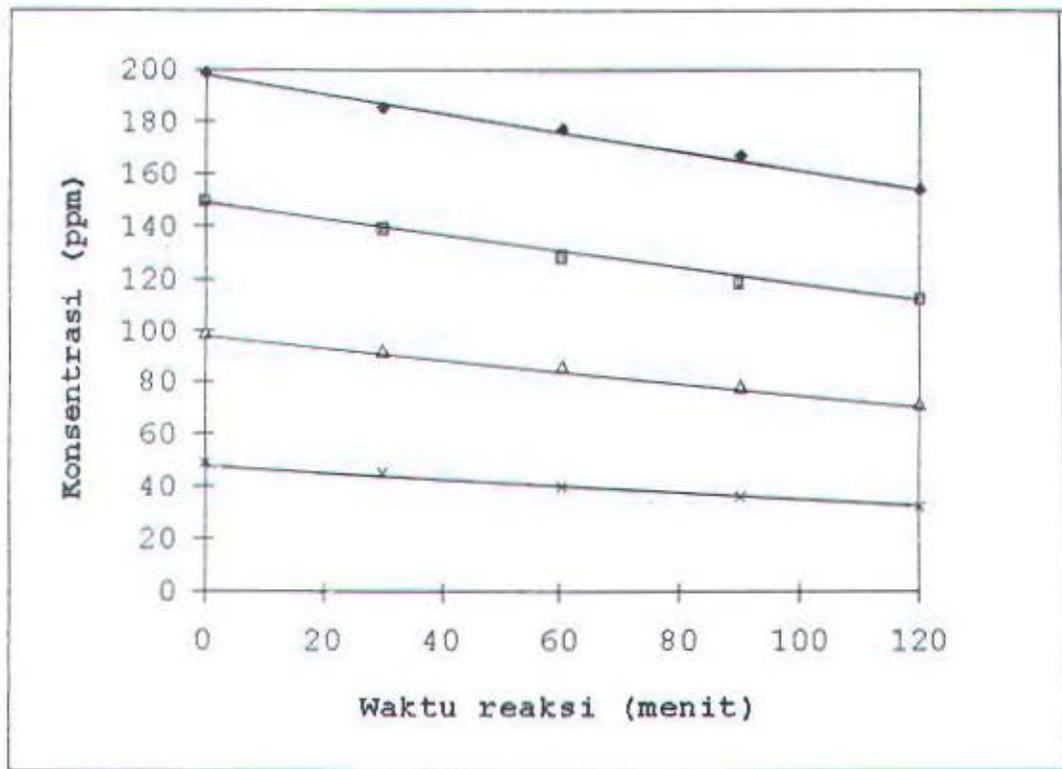
$$\blacklozenge y = -0,5384x + 199,362$$

$$\blacksquare y = -0,4036x + 148,478$$

$$\blacktriangle y = -0,3066x + 99,294$$

$$\times y = -0,2033x + 50,116$$

Gambar 4.1. Grafik penentuan kecepatan reaksi reduksi ion  $Pb(II)$  tunggal.



$$\blacklozenge y = -0,3627x + 198,02$$

$$\blacksquare y = -0,3141x + 148,302$$

$$\triangle y = -0,2276x + 99,224$$

$$\times y = -0,1405x + 49,184$$

Gambar 4.2. Grafik penentuan kecepatan reaksi reduksi ion Zn(II) tunggal.

Harga kecepatan reaksi reduksi fotokatalitik yang diperoleh untuk ion logam Pb (II) dan ion Zn (II) pada tiap konsentrasi awal yang berbeda-beda diberikan pada tabel 4.1.

Tabel 4.1. Kecepatan reaksi reduksi fotokatalitik ion logam Pb(II) dan ion logam Zn (II) dengan konsentrasi awal tertentu.

Jenis logam	Konsentrasi awal	Kecepatan reaksi
Pb <sup>2+</sup>	49,74 ppm	0,2033 ppm/menit
	99,48 ppm	0,3066 ppm/menit
	148,29 ppm	0,4036 ppm/menit
	199,00 ppm	0,5384 ppm/menit
Zn <sup>2+</sup>	49,08 ppm	0,1405 ppm/menit
	99,22 ppm	0,2276 ppm/menit
	149,37 ppm	0,3141 ppm/menit
	198,45 ppm	0,3627 ppm/menit

Dari tabel diatas tampak bahwa semakin besar konsentrasi awal dari ion logam yang bereaksi menyebabkan bertambah besar pula kecepatan reaksi reduksi fotokatalitiknya. Hal ini sesuai dengan teori yang ada, bahwa besarnya konsentrasi merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kecepatan reaksi. Dimana semakin besar konsentrasi reaktan akan menyebabkan bertambah besar pula kecepatan reaksi. Hal ini disebabkan karena dengan bertambah besar konsentrasi reaktan maka bertambah besar pula jumlah partikel, sehingga kemungkinan terjadinya tumbukan juga semakin besar. Sehingga reaksi akan berlangsung lebih cepat.

Dengan menggunakan persamaan 2.13 dapat dialurkan grafik yang berupa garis linier antara log C terhadap

log r, yang diberikan pada lampiran C.1. dan C.2. Sehingga dapat diperoleh persamaan hukum laju reaksi reduksi fotokatalitik tiap-tiap ion logam yang ditunjukkan pada tabel 4.2.

Tabel 4.2. Persamaan laju reaksi untuk ion logam Pb (II) dan ion logam Zn (II) dalam keadaan tunggalnya.

Ion logam	Persamaan laju reaksi
$Pb^{2+}$	$r = 1,3521 \times 10^{-2} C^{0,6869}$
$Zn^{2+}$	$r = 9,5170 \times 10^{-3} C^{0,6922}$

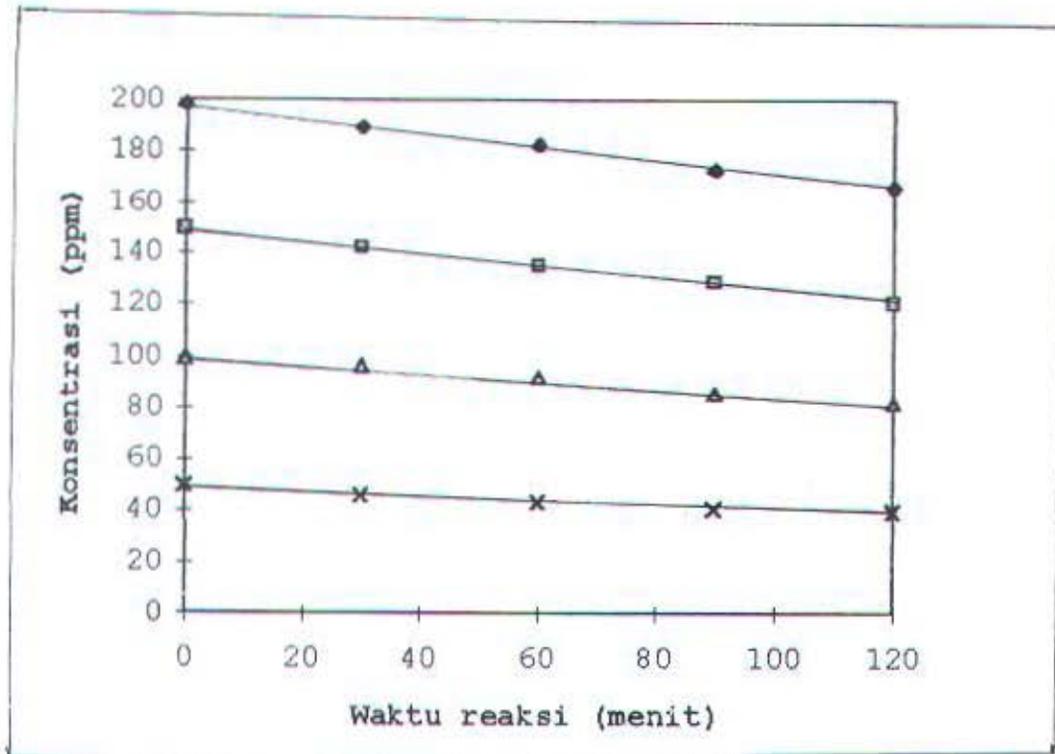
Pada tabel 4.2. tampak bahwa persamaan laju reaksi reduksi fotokatalitik dalam keadaan tunggal dari ion logam Pb (II) lebih besar dari pada laju reaksi reduksi ion logam Zn (II). Hal ini disebabkan karena adanya perbedaan potensial reduksi, dimana potensial reduksi  $Pb^{2+}/Pb$  lebih besar daripada potensial reduksi  $Zn^{2+}/Zn$ . Sehingga kemampuan ion Pb (II) untuk melakukan reaksi reduksi juga semakin besar, maka kecepatan reaksi reduksinya juga makin besar.

#### 4.2. Reaksi Reduksi Fotokatalitik Campuran Dua Ion Logam Pb dan Zn

Reaksi reduksi fotokatalitik campuran dua ion logam, yaitu ion logam Pb (II) dengan ion Zn (II)

berlangsung dalam waktu yang bersamaan. Dari hasil pengukuran konsentrasi ion logam  $Pb^{2+}$  maupun ion  $Zn^{2+}$  dengan SSA untuk tiap waktu tertentu menunjukkan bahwa pada saat reaksi berlangsung selama 30, 60, 90 dan 120 menit, konsentrasi ke dua ion logam dalam air berkurang. Hal ini menunjukkan bahwa selama waktu tersebut terjadi reaksi reduksi yang menyebabkan pengurangan ke dua ion logam dalam campurannya.

Gambar 4.3. memberikan grafik kecepatan reaksi reduksi fotokatalitik dari ion  $Pb(II)$  dengan adanya ion  $Zn(II)$ . Sedangkan kecepatan reaksi reduksi fotokatalitik ion  $Zn(II)$  dengan adanya ion logam  $Pb(II)$  ditunjukkan pada gambar 4.4.



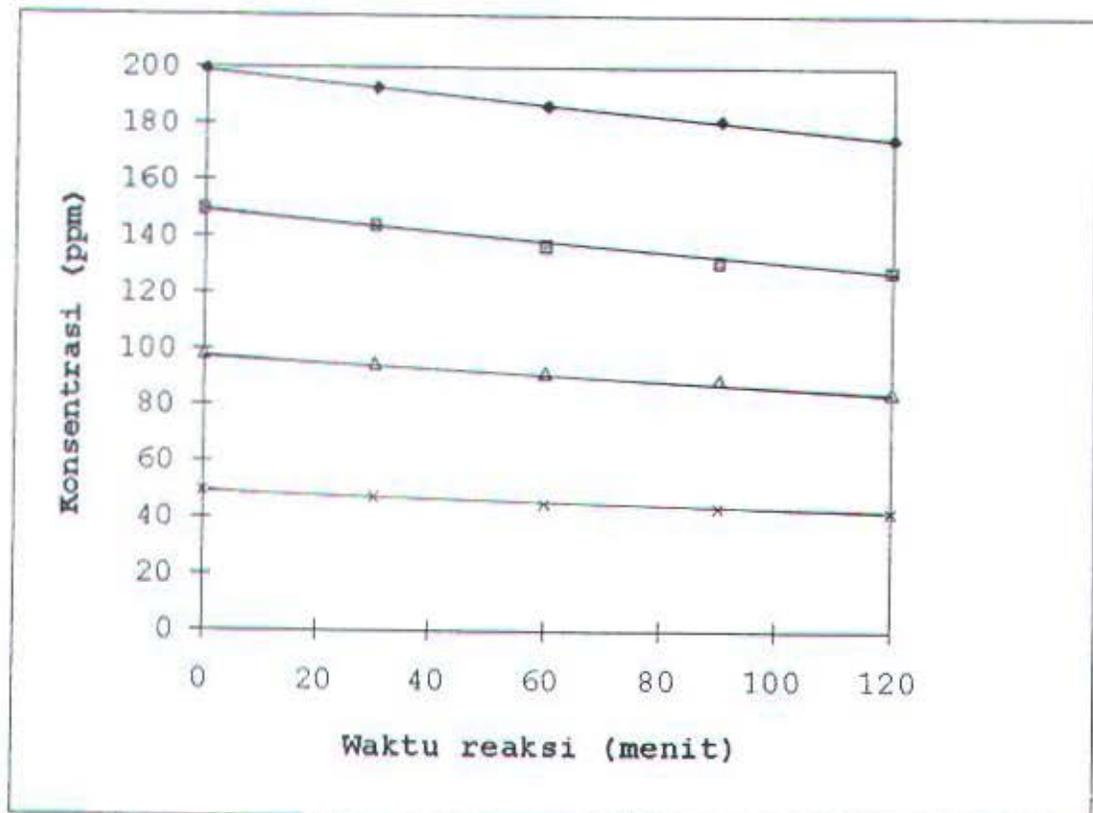
$$\blacklozenge y = -0,2677x + 197,74$$

$$\blacksquare y = -0,2331x + 149,272$$

$$\blacktriangle y = -0,1520x + 99,914$$

$$\times y = -0,0841x + 48,856$$

Gambar 4.3. Grafik kecepatan reaksi reduksi ion Pb (II) dalam campuran ion Pb & Zn



$$\diamond y = -0,2057x + 199,336$$

$$\blacksquare y = -0,1911x + 149,464$$

$$\triangle y = -0,1052x + 98,224$$

$$\times y = -0,0613x + 49,378$$

Gambar 4.4. Grafik kecepatan reaksi reduksi ion Zn (II) dalam campuran ion Pb & Zn

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa penurunan konsentrasi ion Pb (II) pada waktu yang sama, lebih besar dari pengurangan konsentrasi ion Zn (II). Hal ini menunjukkan bahwa kecepatan reaksi reduksi fotokatalitik ion Pb (II) lebih besar dibandingkan dengan kecepatan reaksi reduksi ion Zn (II). Akan tetapi bila dibandingkan kecepatan reaksi reduksi dalam keadaan

tunggal, kecepatan reaksi reduksi fotokatalitik dalam keadaan campuran lebih kecil.

Kecepatan reaksi reduksi ion Pb (II) dan ion Zn (II) dalam campurannya untuk tiap-tiap konsentrasi awal yang berbeda-beda ditunjukkan pada tabel 4.3.

Tabel 4.3. Kecepatan reaksi reduksi fotokatalitik campuran ion Pb (II) dengan ion Zn (II) pada konsentrasi awal yang berbeda-beda.

Jenis ion	Konsentrasi awal, ppm	Kecepatan reaksi, ppm/menit
Pb <sup>2+</sup>	49,52	0,0841
Zn <sup>2+</sup>	49,53	0,0613
Pb <sup>2+</sup>	99,21	0,1520
Zn <sup>2+</sup>	98,32	0,1052
Pb <sup>2+</sup>	148,92	0,2331
Zn <sup>2+</sup>	150,00	0,1911
Pb <sup>2+</sup>	198,01	0,2677
Zn <sup>2+</sup>	199,43	0,2057

Dari tabel diatas tampak bahwa semakin besar konsentrasi awal dari ion logam yang bereaksi menyebabkan bertambah besar pula kecepatan reduksi fotokatalitiknya. Grafik log C terhadap log r dari tabel diatas untuk memperoleh persamaan laju reaksi, diberikan pada lampiran C.3. dan C.4. Persamaan laju reaksi reduksi fotokatalitik tiap-tiap ion logam dalam campurannya diberikan pada tabel 4.4.

Tabel 4.4. Persamaan laju reaksi reduksi untuk ion Pb (II) dan ion Zn (II) dalam campurannya.

Ion logam	Persamaan laju reaksi
Pb <sup>2+</sup>	$r = 2,9233 \times 10^{-3} C^{0,8624}$
Zn <sup>2+</sup>	$r = 1,6410 \times 10^{-3} C^{0,9241}$

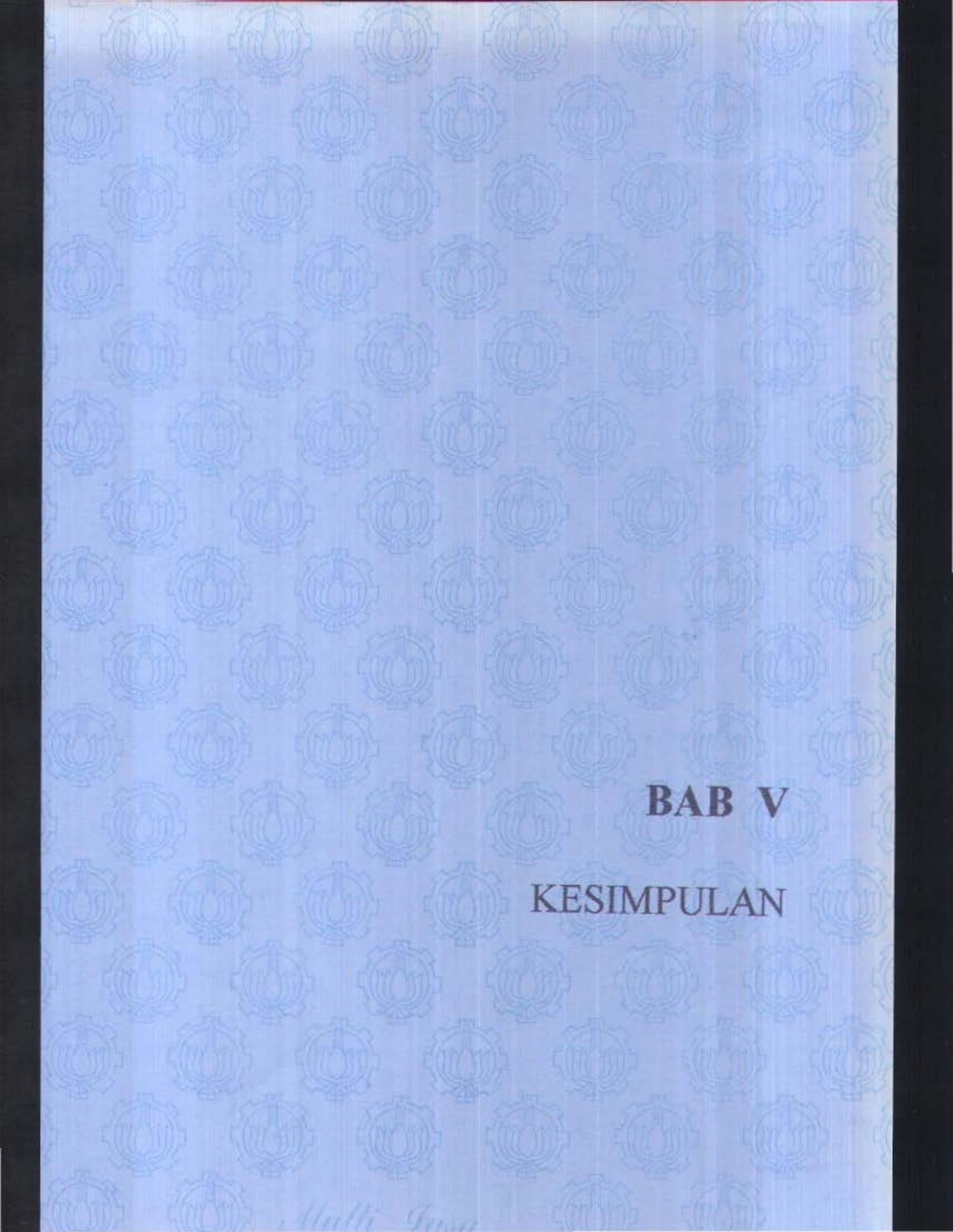
Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa campuran dua ion logam yang mempunyai potensial reduksi yang berbeda memberikan hasil kecepatan reaksi yang berbeda, hal ini bersesuaian dengan besarnya potensial reduksinya. Pada campuran ion logam Pb (II) dengan ion Zn (II) menunjukkan bahwa laju reaksi reduksi ion timbal (II) lebih besar. Hal ini karena potensial reduksi ion Pb<sup>2+</sup>/Pb lebih besar daripada ion Zn<sup>2+</sup>/Zn.

Dari seluruh uraian pembahasan diatas secara umum dinyatakan bahwa apabila suatu sistim yang didalamnya terdapat ion logam yang terlarut dalam air dan telah tersuspensi dengan serbuk titanium dioksida maka dengan adanya foton yang masuk akan menyebabkan terjadinya reaksi reduksi terhadap ion logam tersebut. Hasil reaksi berupa logam tereduksi yang menempel pada permukaan partikel titanium dioksida yang bertindak sebagai katalis.

Terjadinya reduksi ini karena adanya foton dari sinar matahari yang diserap oleh titanium dioksida yang

bersifat semikonduktor yang mempunyai energi celah yang relatif kecil, sehingga menyebabkan elektron tereksitasi dari pita konduksi menuju pita valensi. Pada keadaan tereksitasi terdapat pasangan elektron dan lubang-lubang (pembawa muatan positif). Pasangan elektron dan lubang-lubang ( $h^+$ ) ini tidak mengalami penggabungan kembali, karena foton yang masuk dalam larutan ini bersifat terus menerus. Elektron yang berada pada pita valensi titanium dioksida akan mereduksi ion logam menjadi logamnya, sedangkan lubang-lubang pembawa muatan positif mengoksidasi air.

Oksigen yang terbentuk dari oksidasi lubang-lubang pembawa muatan positif terhadap air dan oksigen yang masuk ke dalam sistim dari udara terbuka (karena penelitian dilakukan pada udara terbuka) dapat mengurangi kecepatan reaksi reduksi logamnya. Hal ini karena oksigen dapat mengambil elektron dari titanium dioksida yang seharusnya digunakan untuk mereduksi ion logam. Untuk menghilangkan keberadaan oksigen terlarut ini dialirkan gas nitrogen ke dalam larutan secara terus-menerus selama reaksi berlangsung.



**BAB V**

**KESIMPULAN**

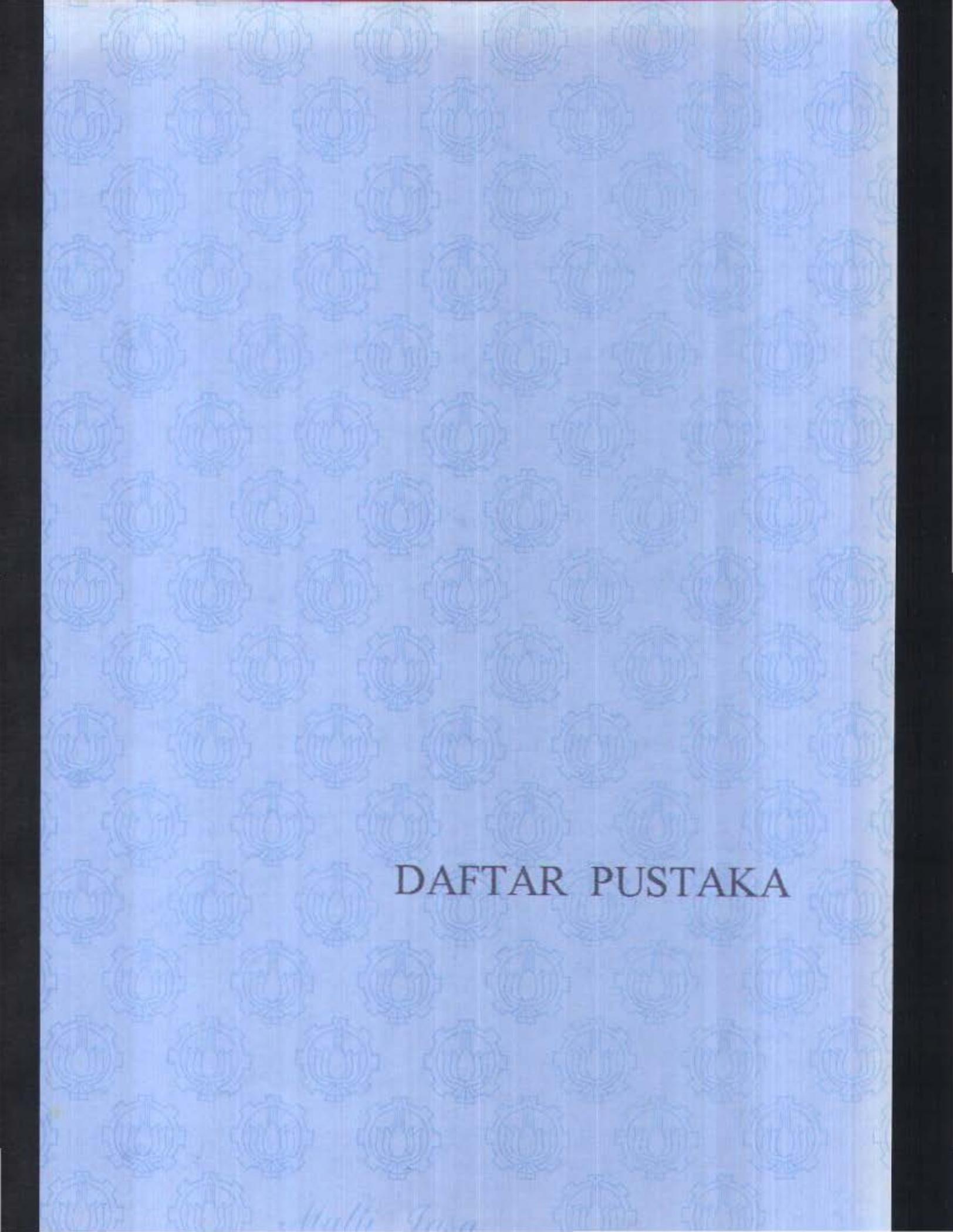
## BAB V

### KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa reaksi reduksi fotokatalitik terhadap ion logam Pb (II) dan Zn (II) dapat berlangsung jika terdapat katalis titanium dioksida yang bersifat semikonduktor yang disinari dengan sinar matahari secara terus menerus. Hasilnya berupa logam yang menempel pada permukaan  $\text{TiO}_2$ .

Tetapan kecepatan reaksi reduksi fotokatalitik untuk ion tunggal adalah  $1,3521 \times 10^{-2} \text{ menit}^{-1}$  untuk ion Pb (II) dan  $9,5170 \times 10^{-3} \text{ menit}^{-1}$  untuk ion Zn (II) dengan orde reaksi 0,6869 dan 0,6922. Tetapan kecepatan reaksi pada campuran ion Pb (II) dan ion Zn (II) adalah  $2,9233 \times 10^{-3} \text{ menit}^{-1}$  untuk ion Pb (II) dan  $1,6410 \times 10^{-3} \text{ menit}^{-1}$  untuk ion Zn (II) dengan orde reaksi 0,8624 dan 0,9241.

Pada ion logam tunggal maupun campurannya besarnya kecepatan reaksi reduksi fotokatalitik bergantung pada potensial reduksi ion logam tersebut. Dimana potensial reduksi dari ion logam Pb lebih tinggi daripada Zn, sehingga kecepatan reaksi reduksi Pb juga lebih tinggi.



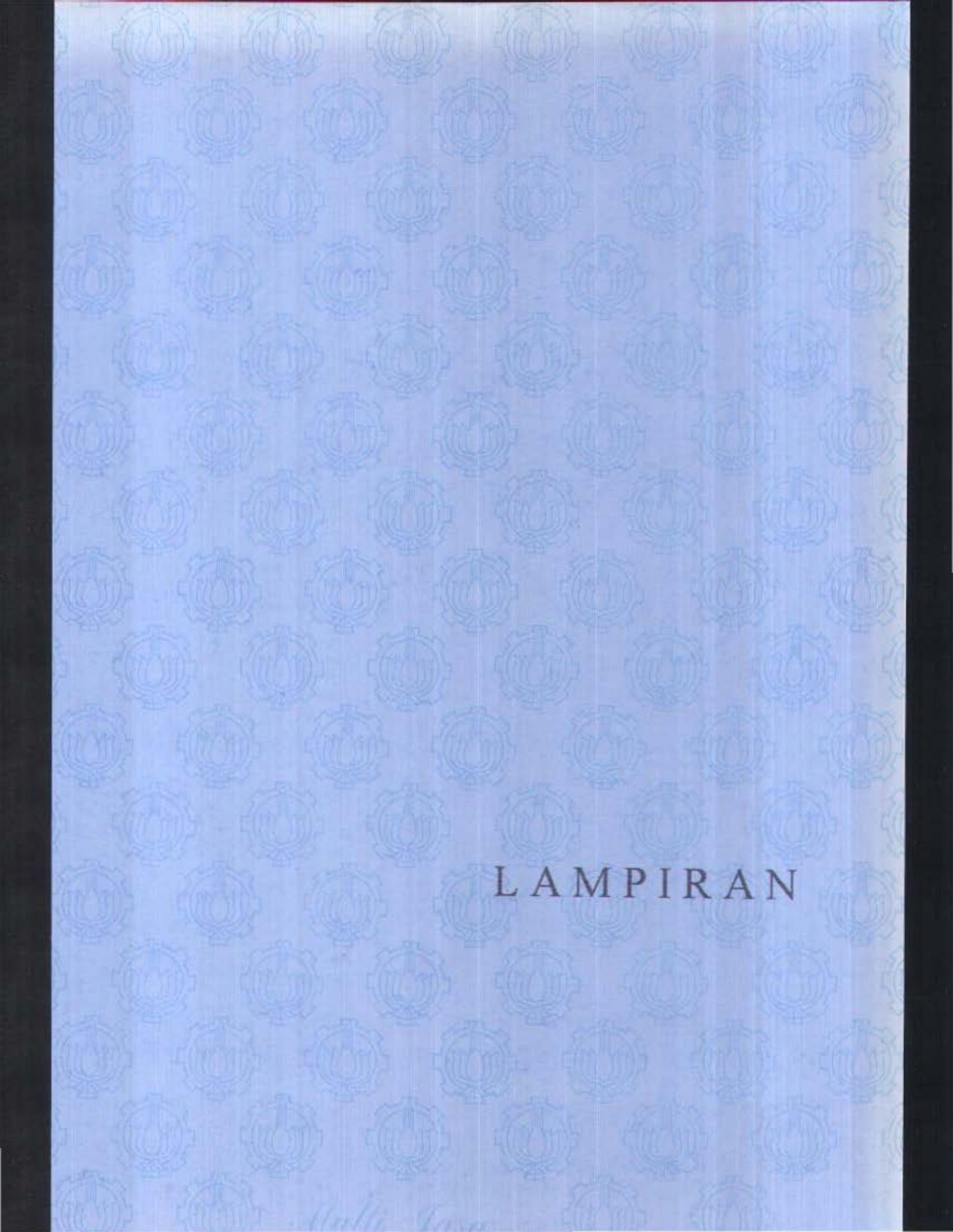
DAFTAR PUSTAKA

## DAFTAR PUSTAKA

1. Darmono, *Logam Dalam Sistim Biologi Makhluk Hidup*, Penerbit UI Press, Jakarta, 1995, hal 96 - 98
2. Arman Pudjiyanto, *Studi Pendahuluan Analisa Logam Cu, Pb, Cd, Zn, dan Fe Secara Simultan Dengan Polarografi Denyut Deferenensial*, **Tugas Akhir**, Kimia, ITS, Surabaya, hal 23.
3. Endah Mutiara, *Mempelajari Reaksi Photooksidasi Asam Format dengan Bantuan Energi Matahari*, **Laporan Penelitian Dosen Kimia**, ITS, Surabaya, 1986, hal 5
4. Prairie Michael R., Lindsey R. Evans, et al, *An Investigation of  $TiO_2$  Photocatalytic for The Treatmen of Water Contaminated with Metals and Organic Chemicals*, **Environ Sci. Technology**, vol 27, 1993, hal 1776-1782.
5. Afiyahwati, *Studi Kinetika Reduksi Fotokatalitik Campuran Dua Ion Logam Cu-Ag dan Cu-Hg Dengan Bantuan Energi Surya Dan Katalis Titanium Dioksida*, **Tugas Akhir**, Kimia, ITS, Surabaya.
6. Other Kirk, *Enchyclopedia of Chemical Technology*, third edition, vol 17, John Wiley and Sons, New York, 1982, hal 540-551
7. Ferraudi G.J., *Elements of Inorganic Photochemistry*, John Willey and Sons, Toronto, 1988, hal 7-8
8. Albert Robet A. and Daniels, *Kimia Fisika*, jilid II, edisi ke dua, Penerbit Erlangga, Jakarta, 1984, hal 219-221.
9. Imam Sarjono, *Studi Pendahuluan Penurunan Kadar Logam Dalam Air dengan Adanya  $TiO_2$* , **Tugas Akhir**, Kimia, ITS, Surabaya, hal 24
10. Ibid 4, hal 1776-1782
11. Domenech Janiver and Merce Andres, *Photocatalytic Reduction of Mercury (II) in Aquaeus of Titanium Dioxide*, **Gazzetta Chimica Italiana**, vol 117, 1987, hal 495-498

12. Tanaka K., Harada K dan Murata S., *Photocatalytic Deposition of Metal Ion into TiO<sub>2</sub> Powder*, **Solar Energi**, vol 36, 1985, hal 159-161
13. Ibid 5. 15-16
14. Dogra S. K., *Kimia Fisika dan Soal-Soal*, edisi I, UI Press, Jakarta, 1990, hal 623-641
15. Ana Muawanah, *Pengaruh Temperatur Terhadap Peningkatan Kecepatan Reaksi Reduksi Fotokatalitik Pada Masing-masing Ion Logam Cu<sup>2+</sup> dan Ag<sup>+</sup>*, **Tugas Akhir**, Kimia, ITS, Surabaya, hal 10
16. Manku G.S., *Theoretical Principles of Inorganic Chemistry*, Tata Mc Graw-Hill Publishing Company Limited, New Delhi, 1980, hal 285-287
17. Porterfield William W., *Inorganic Chemistry*, Addison Wesley Publishing Company Inc, 1984, hal 84-89
18. Othmer Kirk, *Enchyclopedia of Chemical Technology*, edisi ketiga , vol 21, John Wiley and Sons, New York, 1982, hal 178-203
19. Priment A., Pichet D. dan Matheius M., *Infrared Study of The Surface of TiO<sub>2</sub>* , **Journal of Physical Chemistry**, 1971, hal 1210-1220
20. Vogel A., *Vogel's Micro and Semimicro Qualitatif Inorganic Analisis*, Longman, London, 1979, hal 207
21. DR. Suma'mur P.K., MSc, *Higene Perusahaan dan Kesehatan Kerja*, edisi pertama, Haji Masagung Jakarta, 1967, hal 104 & 144
22. Frank C. Lu, *Toksikologi Dasar*, edisi kedua, Penerbit UI-Press, Jakarta, 1995, hal 360
23. Ibid 20, hal 207-210
24. Ibid 20, hal 289
25. Ibid 22, hal 368

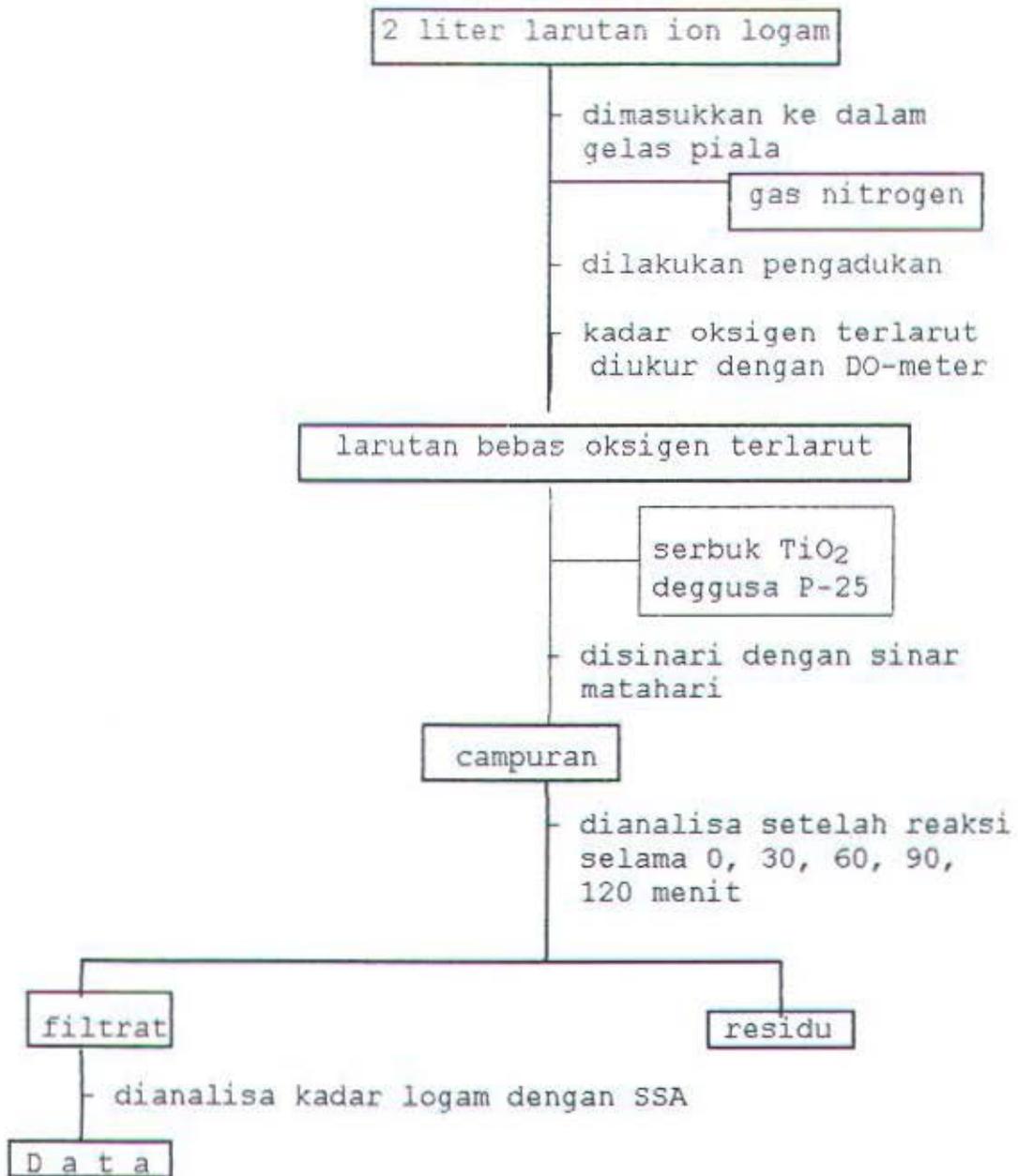
26. Ibid 1, hal 41
27. Ibid 20, hal 289-291
28. Cotton F., Albert., Wilkinsons Geoffery dan Gaus Paul W., *Basic Inorganic Chemistry*, edisi ke dua, John Wiley and Sons, New York, 1987, hal 400
29. Soeprijanto, Agus Surono, *Pirolisis Kulit Kacang Tanah, Laporan Penelitian Dosen*, Program Studi Teknik Kimia Fakultas Non Gelar Teknologi, ITS, Surabaya, hal 2-4
30. Khopkar S. M., *Konsep Dasar Kimia Analitik*, edisi pertama, Penerbit Universitas Indonesia, Jakarta, 1990, hal 274-287
31. Jr. Day R.A., dan Underwood A.L., *Analisa Kimia Kuantitatif*, edisi keempat, Penerbit Erlangga, 1993, hal 444-449
32. Ibid 30, hal 280
33. Ibid 30, hal 274-287
34. Ibid 31, hal 444-449
35. Perkin Elmer, *Analytical Methods for Atomic Absorption Spectrophotometry*, Federal Republic of Germany, 1982.



LAMPIRAN

Lampiran A

**SKEMA KERJA**



Lampiran B.1.

Hasil pengukuran konsentrasi ion Pb(II)

Ion logam	Waktu reduksi ion logam Pb (menit)				
	0	30	60	90	120
Ion Pb tunggal (ppm)	199,00	183,95	167,05	150,16	135,14
	148,29	136,09	124,82	112,62	99,48
	99,48	90,10	80,71	71,33	62,88
	49,74	44,11	38,48	31,91	25,34
Ion Pb campuran Pb-Zn (ppm)	198,01	189,09	182,30	173,18	165,81
	148,92	142,39	135,45	129,04	120,63
	99,21	95,97	91,75	85,29	81,75
	49,52	45,85	43,33	41,04	39,31

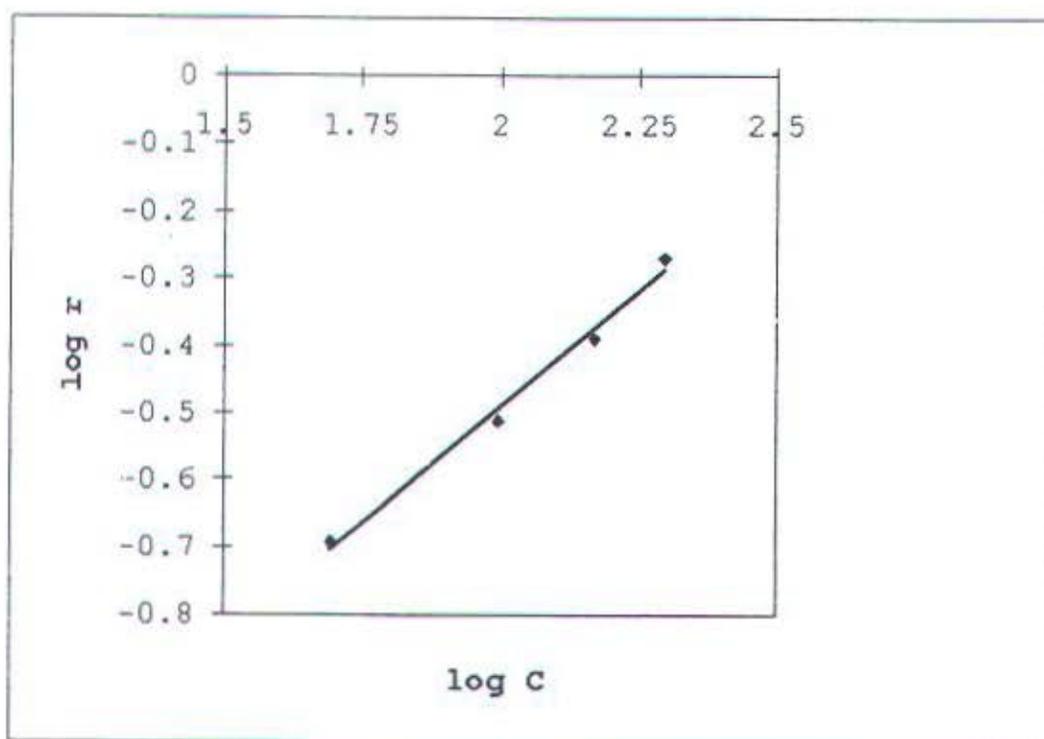
Lampiran B.2.

Hasil pengukuran konsentrasi ion Zn (II)

Ion logam	Waktu reduksi ion logam Zn (menit)				
	0	30	60	90	120
Ion Zn tunggal	198,45	185,64	177,11	166,44	153,64
(ppm)	149,37	138,70	128,03	119,14	112,03
	99,22	91,76	86,42	78,95	71,48
	49,08	45,35	40,54	36,28	32,54
Ion Zn campuran	199,43	193,12	186,71	181,16	174,56
Zn-Pb	150,00	144,32	136,59	131,18	127,91
(ppm)	98,32	94,62	92,02	89,51	85,10
	49,53	47,61	45,21	44,02	42,13

### Lampiran C.1

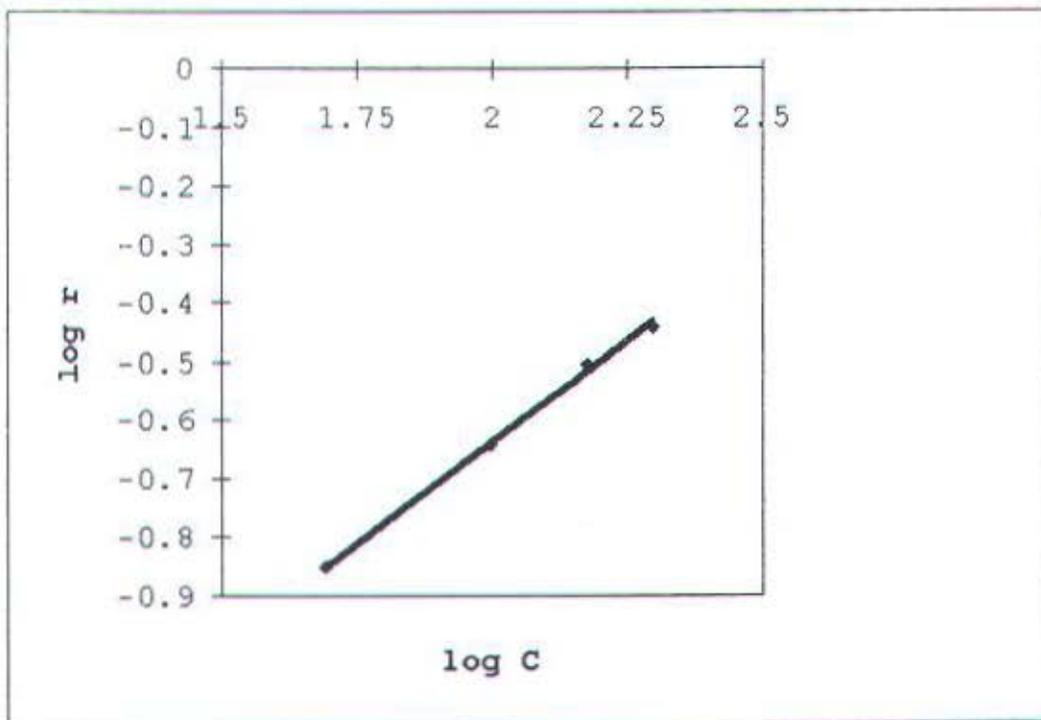
Grafik penentuan konstanta laju dan orde untuk reaksi reduksi fotokatalitik ion Pb (II) tunggal



$$y = 0,6869 x - 1,8690$$

Lampiran C.2

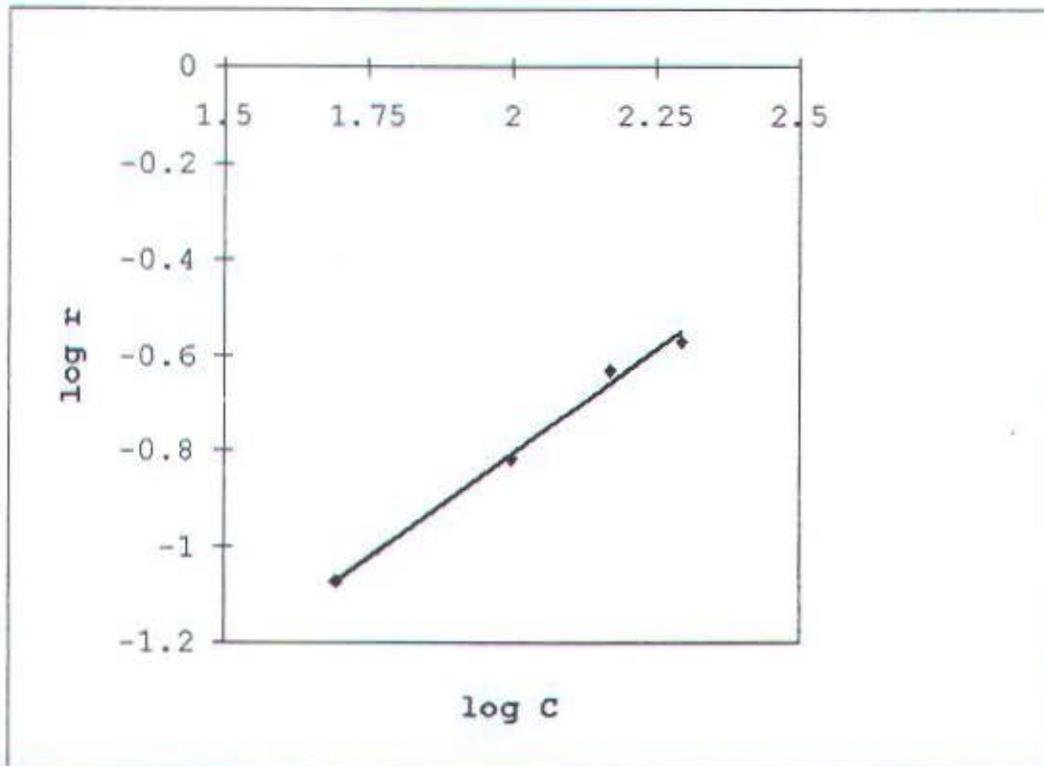
Grafik penentuan konstanta laju dan orde untuk reaksi reduksi fotokatalitik ion Zn (II) tunggal



$$y = 0,6922 x - 2,0215$$

### Lampiran C.3

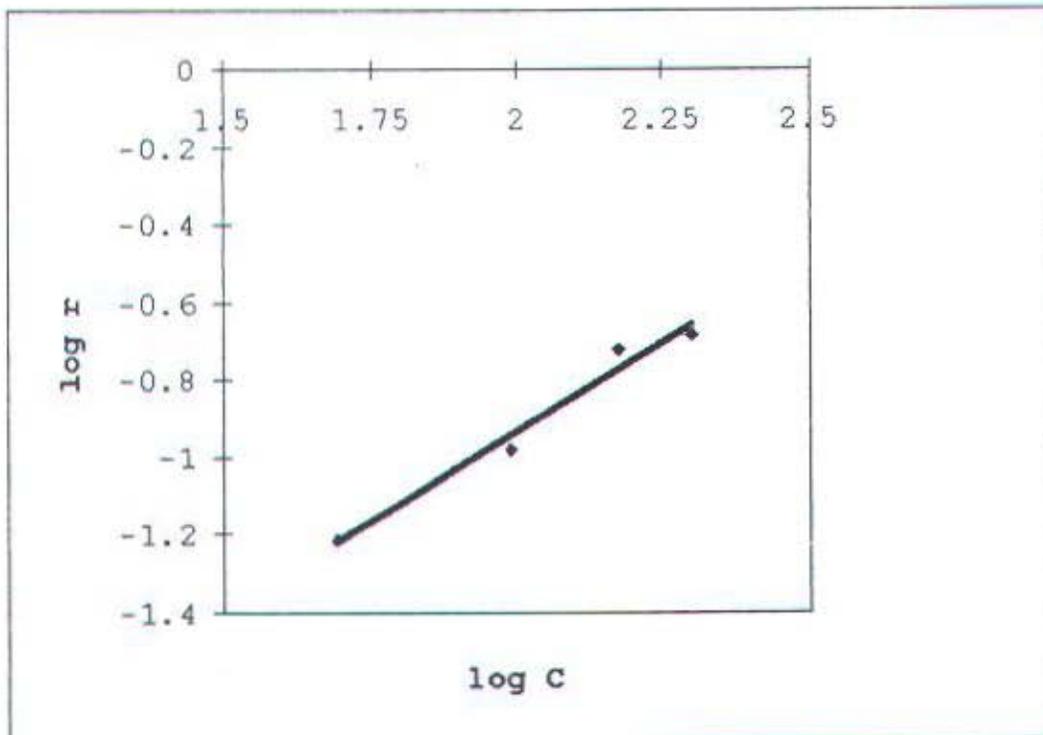
Grafik penentuan konstanta laju dan orde untuk reaksi reduksi fotokatalitik ion Pb (II) dalam campurannya



$$y = 0,8624 x - 2,5341$$

#### Lampiran C.4

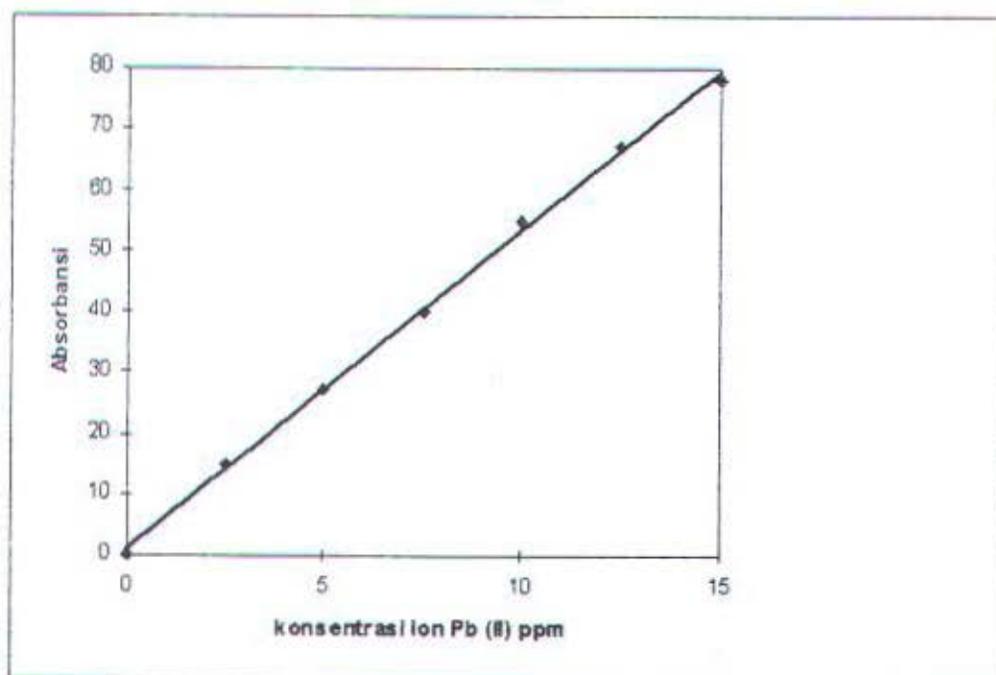
Grafik penentuan konstanta laju dan orde untuk reaksi reduksi fotokatalitik ion Zn (II) dalam campurannya



$$y = 0,9241 x - 2,7849$$

Lampiran D.1.

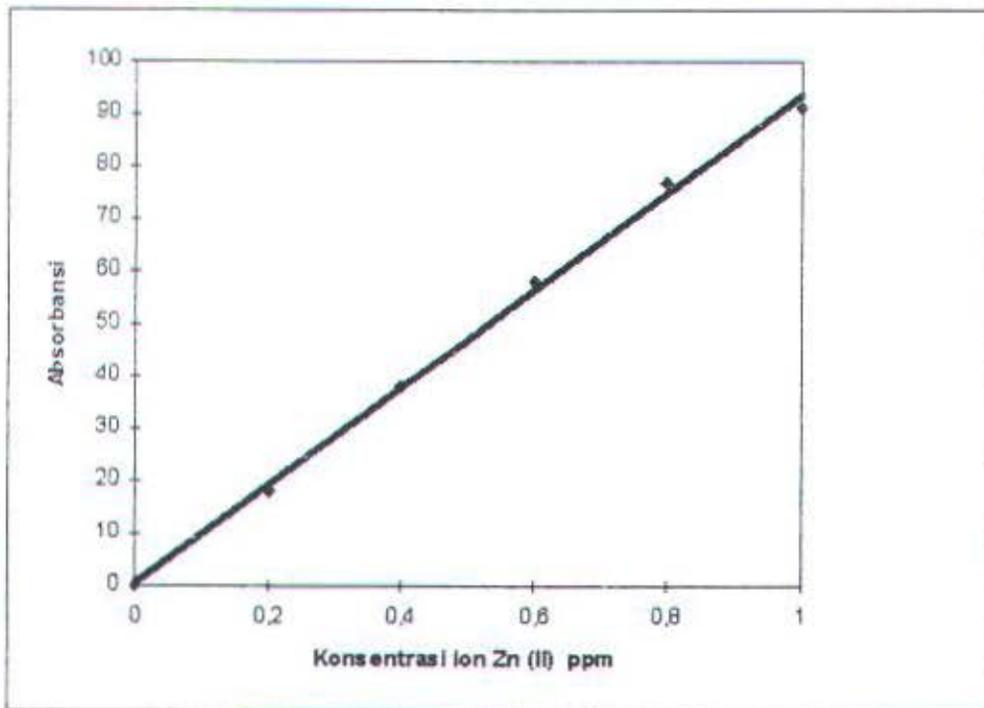
Grafik kurva kalibrasi standar  
untuk ion logam ion Pb (II)



$$y = 5,2286 x + 1,07143$$

Lampiran D.2.

Grafik kurva kalibrasi standar  
untuk ion logam Zn (II)



$$y = 93,1429 x + 0,42857$$

## PENGESAHAN

Yang bertanda tangan di bawah ini Dosen Penguji ujian Tugas Akhir dari mahasiswa :

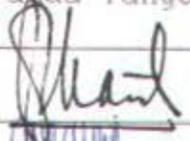
Nama : Siti Aisah

NRP : 1491 100 029

Judul : Penentuan Laju Reaksi Reduksi Fotokatalitik Ion Logam Tunggal Zn, Pb dan Pasangan Ion Logam Zn dan Pb Dengan Katalis Titanium Dioksida

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir mahasiswa tersebut telah diperbaiki sesuai keputusan sidang Tugas Akhir pada hari Selasa tanggal 3 Maret 1998.

Dosen Penguji

No	Nama	Jabatan	Tanda Tangan
1	Dra. Narkanti W	Ketua	
2	Ir. Endah Mutiara MP.	Pembimbing	
3	Ir. Ninuk Sukanti	Anggota	
4	Drs. Djarot S. Msi	Anggota	
5	Drs. Hendro Juwono Msi.	Anggota	