

MEMPELAJARI PENGARUH LASER TERHADAP SENYAWA-SENYAWA  
KOMPLEKS Zr-nitrat DAN Zr-nitrat-TBP

Oleh :

Gunandjar, Soedyartomo Soentono dan Suwono

PPBMI - BATAN Yogyakarta

INTISARI

Disajikan hasil-hasil pengamatan pengaruh radiasi Laser  $N_2$  yang mempunyai intensitas maksimum pada panjang gelombang 337,1 nm, terhadap senyawa-senyawa kompleks zirkonium. Pengamatan spektrum serapan terhadap hasil radiasi, menunjukkan adanya kenaikan serapan larutan senyawa kompleks Zr-nitrat pada 298 nm dan pengurangan serapan larutan senyawa kompleks Zr-nitrat-TBP pada 270 nm. Hal ini dapat disimpulkan bahwa pengaruh Laser tersebut menyebabkan dekomposisi senyawa-senyawa kompleks tersebut. Reaksi dekomposisi Zr-nitrat adalah reaksi tingkat nol dengan  $k = -0,307 \cdot 10^{-4}$  M/hari dan reaksi dekomposisi Zr-nitrat-TBP adalah reaksi tingkat 2 dengan  $k = 4975,6 \text{ M}^{-1} \cdot \text{jam}^{-1}$ .

ABSTRACT

Results of the observation of Laser  $N_2$  radiation effect which have maximum intensity at 337,1 nm on zirconium complex compounds was presented. Observation of the absorption spectra from the irradiation results showed the increase in absorption of the solution of Zr-nitrate complexes at 298 nm and the decrease in absorption of the solution of Zr-nitrate-TBP complexes at 270 nm. Therefore it can be concluded that

Laser irradiation has decomposed the complexes. Decomposition reaction of the Zr-nitrate was a zero order reaction with  $k = -0,307 \cdot 10^{-4} \text{M/days}$  and decomposition reaction of the Zr-nitrate-TBP was a 2<sup>nd</sup> order reaction with  $k = 4975,6 \text{ M}^{-1} \cdot \text{hours}^{-1}$ .

## I. PENDAHULUAN

Pada proses Purex pengolahan bahan bakar bekas, salah satu masalah adalah bahwa Zr selalu merupakan kontaminan dari U dan Pu dalam setiap langkah proses ekstraksinya dengan Tri-n-butylfosfat (TBP). Hal ini disebabkan karena selain U, Zr dapat juga membentuk senyawa kompleks dengan TBP, sehingga Zr dapat terekstraksi ke dalam fasa organik. Disamping itu TBP mengalami degradasi bila dipaparkan dengan asam, radiasi atau panas menghasilkan Dibutylfosfat (DBP), Monobutylfosfat (MBP), butanol dan asam fosfat<sup>(2)</sup>. Kelarutan DBP dan MBP dalam air sangat kecil, sehingga dalam sistem ekstraksi DBP dan MBP tersebut larut dalam fasa organik. DBP membentuk senyawa kompleks dengan Zr dengan ikatan yang kuat dan stabil, sifat ini mengakibatkan Zr akan sangat mudah terekstraksi ke dalam fasa organik.

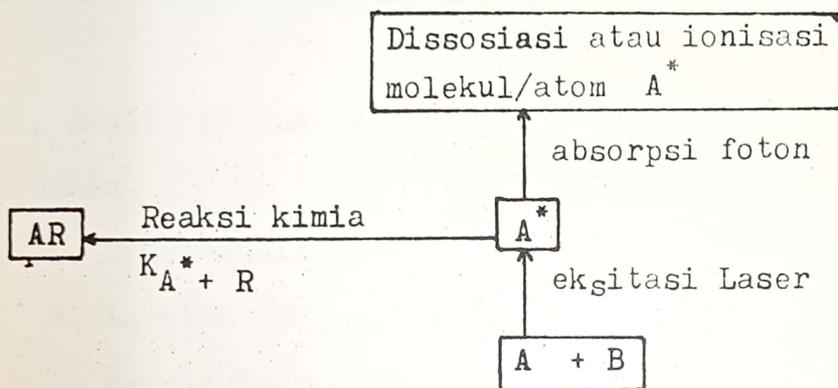
Untuk mengatasi masalah tersebut, dalam penelitian ini dilakukan percobaan dengan menggunakan Laser untuk memutus ikatan-ikatan senyawa kompleks zirkonium tersebut, sehingga diharapkan Zr tidak ikut terekstraksi ke dalam fasa organik dan tinggal/masuk dalam fasa air. Sebagai tahap pendahuluan disini dipelajari pengaruh Laser  $\text{N}_2$  terhadap senyawa kompleks Zr-nitrat dan Zr-nitrat-TBP.

## II. DASAR TEORI

Pada dasarnya reaksi kimia adalah pemutusan ikatan kimia tertentu dan pembentukan ikatan baru. Pada umumnya kebolehan jadian disosiasi suatu molekul sangat kecil bila berada dalam keadaan tingkat dasarnya (ground state), walaupun tenaga translasi jauh lebih besar dari tenaga ikat molekul. Sebaliknya molekul akan terdisosiasi bila tenaga vibrasi yang ada melampaui tenaga ikatnya<sup>(4)</sup>. Kebanyakan transformasi kimia terjadi dan dimulai ketika tenaga vibrasi menyamai tenaga aktivasinya. Pemanasan suatu reaktan seperti biasanya dikerjakan, akan memanfaatkan tenaga translasi, vibrasi dan rotasi secara serentak, sedemikian sehingga semua derajat kebebasan membagi tenaga termal yang diterimanya menurut kesetimbangan termodinamika. Laser di lain pihak dapat dipakai untuk memilih eksitasi suatu ikatan tertentu, sehingga proses kimia dapat dimulai tanpa membuat kesetimbangan termodinamika terlebih dahulu. Bila pada pemanasan, molekul terjadi pemutusan ikatan-ikatan lemah secara random, maka eksitasi Laser dapat memotongkan secara selektif ikatan-ikatan yang panjang gelombang serapannya sesuai dengan panjang gelombang Laser. Dengan demikian pemutusan ikatan dapat dilakukan secara selektif dengan mengatur panjang gelombang Laser.

Bila campuran dari bermacam-macam partikel (atom atau molekul) yang sedikit berbeda atau sama sekali tidak berbeda sifat-sifat kimianya, maka campuran ini sangat sukar dan ka-

dang-kadang tidak mungkin dapat dipisahkan dengan metoda-metoda kimia, tetapi karena tingkat-tingkat kuantum dari partikel-partikel tersebut cukup berbeda, maka suatu partikel dapat dieksitasikan secara selektif dengan radiasi Laser yang monokromatis pada panjang gelombang yang karakteristik yang dipilih, dan partikel-partikel lain tidak tereksitasi. Partikel yang tereksitasi berubah sifat-sifat kimia dan fisiknya, dan dari sini dapat digunakan untuk pemisahan senyawa dengan beberapa metoda berdasarkan perbedaan eksitasi karakteristik partikel dengan partikel lain yang tidak tereksitasi. Inilah konsep umum pemisahan dengan Laser yang dapat digambarkan seperti pada gambar 1 (1).



Gambar 1.

Eksitasi selektif partikel A dengan Laser dilanjutkan dengan reaksi kimia partikel A\* (partikel A yang tereksitasi) dengan molekul/atom R menghasilkan AR, atau dengan absorpsi foton yang kedua sehingga A\* akan terdissosiasi atau terionisasi. Tenaga eksitasi disini jauh lebih tinggi dari tenaga termal non selektif yang dapat diterima oleh partikel-parti-

kel pada tingkat tenaga yang lebih rendah dalam campuran. Selanjutnya koefisien dekomposisi/dissosiasi per pulsa ( $\alpha$ ) dapat dihitung dengan rumus<sup>(3)</sup> :

$$\alpha = 1/n \cdot \ln(N_0/N_n) = 1/n \cdot \ln(A_0/A_n) \quad (1)$$

atau :

$$\alpha_n = \ln(A_0/A_n) \quad (2)$$

Dimana,  $n$  = jumlah pulsa Laser,  $N_0$  dan  $N_n$  adalah jumlah molekul semula sebelum dan sesudah diradiasi,  $A_0$  dan  $A_n$  adalah absorbansi (serapan) sebelum dan sesudah diradiasi sebanyak  $n$  pulsa Laser, dan  $\alpha_n$  = koefisien dekomposisi/dissosiasi total setelah diradiasi sebanyak  $n$  pulsa Laser.

### III. BAHAN, PERALATAN DAN TATA KERJA

#### A. Bahan

1. Tri-n-butylfosfat (TBP).
2. Larutan  $\text{HNO}_3$  0,1 N dan 3 N yang dibuat dengan mengencerkan  $\text{HNO}_3$  pekat.
3. Larutan induk (1000 ug/ml) Zr yang dibuat dengan melarutkan logam murni Zr dalam  $\text{HNO}_3$  0,1 N dan dalam  $\text{HNO}_3$  3 N.
4. Larutan KCl 0,1 M yang dibuat dengan melarutkan garam KCl dalam air suling.  
(Semua bahan-bahan diatas buatan Merck dan berkualitas pa ).
5. Air suling buatan Lab. Kelompok Kimia Fisika & Kimia

Energi Tinggi.

6. Gas  $N_2$  buatan Aneka Gas.

#### B. Peralatan

1. Perangkat Laser  $N_2$  buatan Bidang Fisika Nuklir & Opto Elektronika PPBMI - BATAN, tahun 1979 dan 1982.
2. Spektrofotometer UV-VIS "Beckmann" Model 25, USA.
3. Spektrofotometer Infra Merah "Beckmann" Model 4250 , USA.
4. Polarograph "Metrohm AG CH-9100 Herisau" buatan Switzerland. Digunakan elektroda tetes merkuri sebagai elektroda kerja dan elektroda pembanding dan pembantu masing-masing dengan elektroda Ag/AgCl/KCl jenuh.
5. Magnetic stirrer, kompor listrik dan alat-alat gelas.

#### C. Tata kerja

1. Pembuatan larutan senyawa kompleks Zr-nitrat dan Zr-nitrat-TBP.
  - a. Dibuat larutan Zr-nitrat dengan konsentrasi 50 ug/ml Zr ( $= 5,48 \cdot 10^{-4} M$ ) dengan mengencerkan larutan induk 1000 ug/ml Zr dalam  $HNO_3$  0,1 N.
  - b. Dibuat larutan Zr-nitrat dalam  $HNO_3$  3 N dengan konsentrasi 10 - 50 ug/ml Zr ( $1,09 \cdot 10^{-4} - 5,48 \cdot 10^{-4} M$ ). Kemudian diambil 25 ml larutan tersebut dan diekstraksi dengan 25 ml TBP dengan pengocokan selama 5 menit. Fasa organik yang mengandung senyawa kompleks Zr-nitrat-TBP dipisahkan dari fasa air.

c. Fasa air dari l.b. diuapkan, sisa penguapan dilarutkan lagi dengan larutan KCl 0,1 M sampai volume 25 ml. Dibuat larutan standar Zr dalam  $\text{HNO}_3$  0,1 N dengan konsentrasi 0 - 15 ug/ml. Masing-masing larutan diuapkan dan sisa penguapan dilarutkan lagi dengan larutan KCl 0,1 M sampai volume semula. Arus difusi larutan standar dan larutan cuplikan diukur dengan alat polarograf pada potensial paro  $E_{\frac{1}{2}} = -1,60$  Volt. Dibuat kurva kalibrasi arus difusi vs konsentrasi larutan standar Zr, kemudian dengan interpolasi arus difusi larutan cuplikan pada kurva kalibrasi, maka konsentrasi Zr dalam fasa air dapat ditentukan, selanjutnya dapat dihitung konsentrasi senyawa kompleks Zr-nitrat-TBP dalam fasa organik.

## 2. Pengamatan pengaruh radiasi Laser $\text{N}_2$ terhadap larutan senyawa kompleks Zr-nitrat dan Zr-nitrat-TBP.

Diambil 10 ml larutan senyawa kompleks Zr-nitrat dalam  $\text{HNO}_3$  0,1 N, Zr-nitrat-TBP,  $\text{HNO}_3$  0,1 N dan TBP. Larutan tersebut ditempatkan di dalam gelas piala, kemudian diradiasi dengan Laser menggunakan pesawat Laser  $\text{N}_2$  buatan Bidang Fisika Nuklir & Opto Elektronika, PPBMI-BATAN. Adapun posisi dan kondisi peralatan dapat dilihat pada gambar 2. Radiasi dilakukan dengan variasi lamanya radiasi, sebelum dan sesudah di-

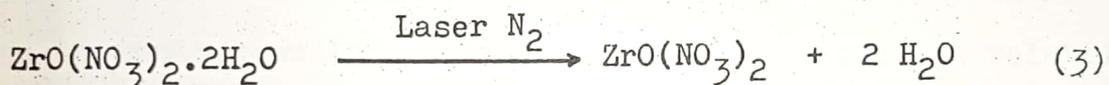
radiasi serta pengaruh penyimpanan setelah diradiasi diamati spektrum serapannya menggunakan Spektrofotometer UV-VIS dan Spektrofotometer Infra Merah. Polarogram larutan Zr-nitrat di dalam larutan pendukung KCl 0,1 M, sebelum dan sesudah diradiasi juga diamati.

#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Larutan senyawa kompleks Zr-nitrat-TBP dibuat dengan ekstraksi larutan Zr-nitrat dengan pelarut TBP. Besarnya konsentrasi senyawa kompleks Zr-nitrat-TBP ditentukan secara tidak langsung, dengan menganalisa fasa airnya dengan metoda polarografi menggunakan elektrolit pendukung KCl 0,1 M. Kurva kalibrasi arus difusi vs konsentrasi larutan standar Zr dapat dilihat pada gambar 3.

b. Hasil pengamatan pengaruh Laser  $N_2$  terhadap larutan senyawa kompleks Zr-nitrat dalam  $HNO_3$  0,1 N (Gambar 4), dapat dilihat bahwa mula-mula setelah diradiasi selama 30 menit ternyata hampir tidak ada perubahan, hanya sedikit sekali ada kenaikan serapan pada panjang gelombang 298 nm, tetapi setelah dilakukan penyimpanan serapan semakin naik, dan setelah 18 hari serapan larutan mulai konstan (panjang gelombang dari puncak serapan tidak berubah). Hal ini hanya dapat terjadi jika pengaruh Laser tersebut menyebabkan terjadinya disosiasi, selanjutnya radiasi Laser tersebut merupakan katalisator, sehingga disosiasi tersebut terus berjalan walaupun

upun radiasi sudah dihentikan. Selain itu hasil dissosiasi juga memberikan puncak serapan pada 298 nm juga, dan mempunyai koefisien ekstingsi molar ( $\epsilon$ ) yang lebih besar dari senyawa kompleks Zr-nitrat semula. Hasil pengamatan polarogram (Gambar 5), sebelum dan sesudah diradiasi ternyata tidak ada perubahan puncak polarogram ( $E_1$ ), disini hanya terjadi kenaikan arus difusi saja. Ini berarti tidak terjadi perubahan tingkat oksidasi Zr. Bentuk spesies Zr-nitrat dalam  $\text{HNO}_3$  0,1 N adalah  $\text{ZrO}(\text{NO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  (2), berarti hasil dissosiasi tersebut masih berbentuk zirkonil. Hasil pengamatan spektrum serapan infra merah (Gambar 6) baik larutan  $\text{HNO}_3$  0,1 N maupun larutan kompleks  $\text{ZrO}(\text{NO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , sebelum dan sesudah diradiasi juga tidak menunjukkan adanya perubahan. Jadi kemungkinan besar Laser-dissosiasi tersebut hanya terjadi pelepasan  $\text{H}_2\text{O}$  sebagai berikut :

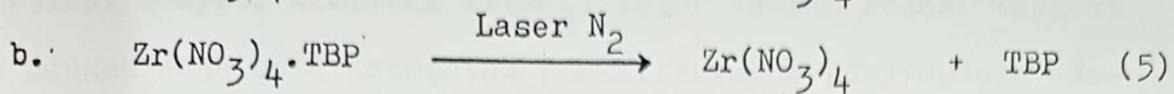
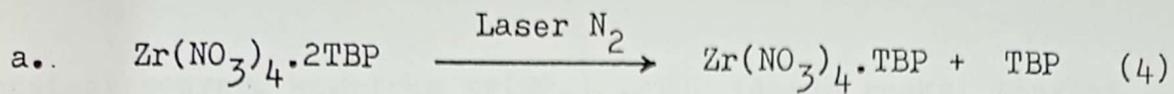


Dapat dilaporkan pula bahwa pada daerah sinar tampak larutan  $\text{ZrO}(\text{NO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  baik sebelum maupun sesudah diradiasi tidak memberikan puncak serapan.

Pengaruh penyimpanan setelah larutan kompleks  $\text{ZrO}(\text{NO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  (Zr-nitrat dalam  $\text{HNO}_3$  0,1 N) pada Gambar 4, menunjukkan bahwa serapan masih naik. Kurva serapan vs waktu penyimpanan (Gambar 7), dapat dilihat bahwa setelah 18 hari serapan menjadi konstan, ini menunjukkan bahwa reaksi dissosiasi telah selesai dan konsentrasi hasil dissosiasi sama dengan konsentrasi senyawa kompleks semula yaitu =  $5,48 \cdot 10^{-4}$  M. Dari sini dapat dihitung besarnya  $C$ ,  $\ln C/C_0$  dan  $1/C$  pada setiap waktu penyimpanan seper-

ti terlihat pada Tabel 1. Kurva  $C$  vs  $t$ ,  $\ln C/C_0$  vs  $t$  dan  $1/C$  vs  $t$  dapat dilihat pada Gambar 8, 9 dan 10, disini diperoleh kurva  $C$  vs  $t$  adalah linier dengan slope =  $-0,307 \cdot 10^{-4} \text{M/hari}$ , sedang kurva  $\ln C/C_0$  vs  $t$  dan kurva  $1/C$  vs  $t$  masing-masing tidak linier. Jadi berarti bahwa reaksi Laser-dissosiasi larutan kompleks  $\text{ZrO}(\text{NO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  tersebut adalah reaksi tingkat nol dengan konstante kecepatan reaksi setelah penyimpanan adalah  $k = -0,307 \cdot 10^{-4} \text{ M/hari}$  dengan kemungkinan besar mekanisme reaksinya adalah seperti tertulis pada persamaan (3) diatas.

c. Hasil pengamatan pengaruh Laser  $\text{N}_2$  terhadap larutan kompleks Zr-nitrat-TBP (Gambar 11), menunjukkan bahwa pengaruh Laser tersebut mengakibatkan turunnya serapan pada panjang gelombang 270 nm, berkurangnya serapan maksimum setelah diradiasi selama 10 menit, kemudian serapan naik lagi dan kemudian relatif konstan setelah diradiasi lebih dari 20 menit. Dari data ini dapat disimpulkan bahwa radiasi Laser  $\text{N}_2$  tersebut mengakibatkan terjadinya dissosiasi senyawa kompleks Zr-nitrat-TBP. Menurut Egorov dkk<sup>(2)</sup>, yang melaporkan hasil penelitiannya bahwa pembentukan mono atau di-solvatasi Zr-nitrat dengan TBP untuk membentuk senyawa kompleks, selama ekstraksi di dalam suasana asam nitrat 3 - 7 M, mula-mula terbentuk mono-solvatasi yaitu  $\text{Zr}(\text{NO}_3)_4 \cdot \text{TBP}$ , kemudian terbentuk di-solvatasi yaitu  $\text{Zr}(\text{NO}_3)_4 \cdot 2\text{TBP}$ . Disini terlihat bahwa pembentukan senyawa kompleks tersebut melalui 2 tingkatan, maka dapat disimpulkan bahwa jika terjadi Laser-dissosiasi sudah barang tentu juga melalui 2 tingkatan yaitu :



Pada tahap pertama radiasi Laser  $\text{N}_2$  menyebabkan lepasnya satu molekul TBP dan konsentrasi  $\text{Zr}(\text{NO}_3)_4 \cdot 2\text{TBP}$  berkurang, sehingga serapan menjadi turun, kemudian tahap kedua mulai berlangsung dan terbentuk  $\text{Zr}(\text{NO}_3)_4$  yang juga memberikan serapan pada 270 nm. Setelah radiasi lebih dari 10 menit serapan mulai naik lagi, ini karena terbentuknya  $\text{Zr}(\text{NO}_3)_4$  yang semakin banyak. Akhirnya serapan menjadi relatif konstan setelah radiasi lebih dari 20 menit. Hasil pengamatan spektrum infra merah (Gambar 12) menunjukkan bahwa baik TBP maupun larutan kompleks  $\text{Zr}(\text{NO}_3)_4 \cdot 2\text{TBP}$  sebelum dan sesudah diradiasi tidak menunjukkan adanya perubahan puncak-puncak serapan.

Pengaruh penyimpanan setelah senyawa kompleks  $\text{Zr}(\text{NO}_3)_4 \cdot 2\text{TBP}$  diradiasi selama 30 menit (Gambar 13), dapat dilihat bahwa serapan pada 270 nm masih menurun, maka dapat disimpulkan bahwa reaksi disosiasi masih berlangsung walaupun irradiasi sudah dihentikan. Dengan menganggap bahwa setelah 240 jam reaksi disosiasi telah selesai dan telah terbentuk  $\text{Zr}(\text{NO}_3)_4$  dengan konsentrasi sama dengan konsentrasi  $\text{Zr}(\text{NO}_3)_4 \cdot 2\text{TBP}$  mula-mula yaitu  $= 1,67 \cdot 10^{-5} \text{ M}$ , maka dapat dihitung besarnya  $C$ ,  $\ln C/C_0$  dan  $1/C$  pada setiap waktu penyimpanan seperti terlihat pada Tabel 2. Kurva  $1/C$  vs  $t$  dan kurva  $\ln C/C_0$  vs  $t$  dapat dilihat pada Gambar 14 dan 15. Disini diperoleh bahwa kurva  $\ln C/C_0$  vs  $t$  adalah tidak linier, sedangkan kurva  $1/C$  vs  $t$  adalah linier dengan slope  $= 4975,6 \text{ M}^{-1} \cdot \text{jam}^{-1}$ . Jadi berarti bahwa reaksi Laser-dis-

sosiasi senyawa kompleks  $Zr(NO_3)_4 \cdot 2TBP$  adalah reaksi tingkat 2 dengan konstante kecepatan reaksi setelah penyimpanan adalah  $k = 4975,6 \text{ M}^{-1} \cdot \text{jam}^{-1}$ , dan dengan mekanisme reaksi seperti telah dituliskan pada persamaan (4) dan (5) di muka.

Perhitungan koefisien dekomposisi/dissosiasi  $\alpha$  atau  $\alpha_n$  dengan rumus (1) dan (2), tidak dapat digunakan, sebab absorpsi (serapan) setelah irradiasi adalah bukan hanya absorpsi dari senyawa kompleks semula, tetapi merupakan absorpsi total dari sisa senyawa kompleks zirkonium semula dengan senyawa hasil dissosiasi yang juga memberikan serapan pada panjang gelombang yang sama.

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### a. Kesimpulan :

1. Radiasi Laser  $N_2$  dapat mengakibatkan reaksi dekomposisi/dissosiasi senyawa kompleks Zr-nitrat :  $ZrO(NO_3)_2 \cdot 2H_2O$  dan Zr-nitrat-TBP :  $Zr(NO_3)_4 \cdot 2TBP$  yang masing-masing mempunyai puncak serapan pada 298 nm dan 270 nm. Hal ini disebabkan radiasi Laser  $N_2$  yang mempunyai intensitas maksimum pada 337,1 nm adalah tidak monokromatis, tetapi memberikan spektra yang melebar disekitar 337,1 nm.
2. Pengaruh penyimpanan menunjukkan masih naiknya serapan larutan kompleks Zr-nitrat dan turunnya serapan larutan kompleks Zr-nitrat-TBP. Hal ini dapat disimpulkan bahwa reaksi dissosiasi masih tetap berjalan walaupun irradiasi telah dihentikan.
3. Reaksi Laser-dissosiasi senyawa kompleks  $ZrO(NO_3)_2 \cdot 2H_2O$

adalah reaksi tingkat nol dengan konstante kecepatan reaksi setelah irradiasi 30 menit adalah  $k = -0,307 \cdot 10^{-4}$  M/hari, dan kemungkinan besar hanya terjadi pelepasan<sup>2</sup> molekul air.

4. Reaksi Laser-dissosiasi senyawa kompleks  $Zr(NO_3)_4 \cdot 2TBP$  adalah reaksi tingkat 2 dengan konstante kecepatan reaksi dissosiasi setelah irradiasi selama 30 menit adalah  $k = 4975,6 M^{-1} \cdot jam^{-1}$ . Laser-dissosiasi ini terjadi melalui 2 tahap dengan melepaskan 2 molekul TBP.
5. TBP adalah cukup stabil terhadap pengaruh Laser  $N_2$  karena TBP tidak memberikan serapan pada daerah panjang gelombang sekitar 337,1 nm dari Laser  $N_2$ .

b. Saran :

1. Penelitian ini memerlukan penelitian lanjutan dan penyempurnaan terutama pengaruhnya terhadap proses ekstraksinya dengan TBP.
2. Perlu dicoba dan dipelajari pengaruh Laser  $N_2$  atau Laser yang lain untuk larutan kompleks Zr-nitrat-DBP, Zr-nitrat-MBP, uranil nitrat serta uranil-nitrat-TBP.
3. Perlu dicoba menggunakan Laser yang lain yang lebih selektif misal dengan Dye-Laser yang mudah diatur panjang gelombangnya.

## Daftar acuan

1. C. Bradley Moore, "Chemical and Biochemical Applications of Lasers", Vol. III, 1977.
2. Siczek and Steindler, "Chemistry of Ru and Zr", Atomic Energy Review, Vol. 16, 1978, p. 575-615.
3. S.K. Sarkar et al., "Infrared multiphoton induced Chemistry competitive Energy dynamic of Excitation and dissociation in SF<sub>6</sub>", Indian J. Phys. 54 B, p 311-322, 1980.
4. Soedyartomo Soentono dan Budi Santoso, "Beberapa pengamatan pengaruh Laser pada senyawa kompleks Rutenium Nitrosil", BATAN Yogyakarta, 1980.
5. R.A. Nyquest and Ronald O. Kagel, "Infra Red Spectra of Inorganic Compounds", 2<sup>nd</sup>, Academic Press, Inc. New York, 1973.

## KETERANGAN GAMBAR DAN TABEL

- Gambar 1: Skema umum pemisahan tingkat atom/molekul A dan B dengan Laser.
- Gambar 2: Skema perangkat Laser N<sub>2</sub> beserta larutan cuplikan yang diradiasi.
- Gambar 3: Kurva kalibrasi arus difusi vs konsentrasi larutan standar Zr dalam larutan pendukung KCl 0,1 M.  
 $E_{\frac{1}{2}} = -1,60$  Volt.
- Gambar 4: Pengaruh radiasi Laser N<sub>2</sub> terhadap serapan larutan senyawa kompleks Zr-nitrat dalam HNO<sub>3</sub> 0,1 N. Waktu irradiasi = 30 menit, konsentrasi Zr-nitrat = 5,48. 10<sup>-4</sup>M. Digunakan Laser N<sub>2</sub> buatan Th 1982 dengan kon

disi: tegangan elektroda= 10,87 kV, jarak elektroda = 1 cm, tekanan gas  $N_2$ = 40 tor, jumlah pulsa= 288 - 294 pulsa/menit, jarak cuplikan= 27,5 cm (langsung mengenai gelas piala tanpa menggunakan cermin).

Gambar 5: Pengaruh radiasi Laser  $N_2$  terhadap polarogram larutan Zr-nitrat :  $ZrO(NO_3)_2 \cdot 2H_2O$  dalam KCl 0,1 M. Konsentrasi Zr-nitrat =  $1,37 \cdot 10^{-4} M$ . Kondisi Laser seperti pada Gambar 4.

Gambar 6: Spektrum infra merah larutan  $HNO_3$  0,1 N dan larutan kompleks Zr-nitrat (=  $5,48 \cdot 10^{-4} M$ ) dalam  $HNO_3$  0,1 N sebelum dan sesudah diradiasi selama 40 menit. Kondisi Laser sama dengan pada Gambar 4.

Gambar 7: Kurva serapan vs waktu penyimpanan larutan senyawa kompleks Zr-nitrat setelah diradiasi selama 30 menit. Kondisi irradiasi sama pada Gambar 4. Konsentrasi Zr-nitrat pengenceran 2 kali.

Gambar 8: Kurva C vs t larutan kompleks Zr-nitrat setelah diradiasi. Kondisi irradiasi sama pada Gambar 4.

Gambar 9: Kurva  $\ln C/C_0$  vs t larutan kompleks Zr-nitrat setelah diradiasi. Kondisi irradiasi sama pada Gambar 4.

Gambar 10: Kurva  $1/C$  vs t larutan kompleks Zr-nitrat setelah diradiasi. Kondisi irradiasi sama pada Gambar 4.

Gambar 11: (a). Pengaruh radiasi Laser  $N_2$  terhadap serapan senyawa kompleks Zr-nitrat-TBP dengan variasi lamanya irradiasi dari 0 - 180 menit. Konsentrasi Zr-nitrat-TBP =  $1,35 \cdot 10^{-5} M$ . Kondisi Laser : tegangan elektroda = 6,95 kV, jarak elektroda 0,5 cm, tekanan  $N_2$ = 1 atm,

jumlah pulsa = 270 - 276 pulsa/menit, jarak cuplikan 30 cm, jarak cermin dengan cuplikan 20 cm. Digunakan Laser N<sub>2</sub> Th 1979.

(b). Kurva serapan vs waktu irradiasi senyawa kompleks Zr-nitrat-TBP. Kondisi sama dengan (a).

Gambar 12: Spektrum serapan infra merah senyawa TBP dan Zr-nitrat-TBP, sebelum dan sesudah irradiasi 40 menit. Konsentrasi Zr-nitrat-TBP =  $1,67 \cdot 10^{-5}$  M. Kondisi irradiasi sama pada Gambar 4.

Gambar 13: Kurva serapan pada 270 nm vs waktu penyimpanan larutan kompleks Zr-nitrat-TBP setelah irradiasi 30 menit. Konsentrasi Zr-nitrat-TBP =  $1,67 \cdot 10^{-5}$  M. Kondisi irradiasi sama pada Gambar 4.

Gambar 14: Kurva  $1/C$  vs  $t$  larutan senyawa kompleks Zr-nitrat-TBP (Hasil Gambar 13 dan Tabel 2).

Gambar 15: Kurva  $\ln C/C_0$  vs  $t$  larutan senyawa kompleks Zr-nitrat-TBP (Hasil gambar 13 dan Tabel 2).

Tabel 1 : Hasil perhitungan  $C$ ,  $\ln C/C_0$  dan  $1/C$  pada waktu penyimpanan larutan Zr-nitrat :  $ZrO(NO_3)_2 \cdot 2H_2O$  setelah irradiasi 30 menit (Hasil Gambar 4 dan 7).

$C_0$  dan  $C$  adalah konsentrasi  $ZrO(NO_3)_2 \cdot 2H_2O$  sebelum dan sesudah diradiasi dan disimpan selama  $t$  jam.

$$C_0 = 5,48 \cdot 10^{-4} \text{ M.}$$

$$C = C_0 - \frac{\Delta_{\text{abs}}}{\epsilon_2 - \epsilon_1} \quad (6)$$

$\epsilon_1$  dan  $\epsilon_2$  adalah koefisien ekstingsi molar larutan kompleks

$ZrO(NO_3)_2 \cdot 2H_2O$  dan senyawa hasil dissosiasi setebal

1 cm.

$$\epsilon_1 = A_0 / C_0 = 0,0675 / 2,74 \cdot 10^{-4} \text{ M} = 246,3 \text{ M}^{-1}.$$

$$\epsilon_2 = A_s / C_0 = 0,7250 / 2,74 \cdot 10^{-4} \text{ M} = 2645,9 \text{ M}^{-1}.$$

$\Delta_{abs}$  = selisih absorbansi sebelum dan sesudah diradiasi pada penyimpanan t.

$A_s$  = Absorbansi setelah reaksi dissosiasi selesai.

$A_{P2x}$  = Absorbansi larutan Zr-nitrat yang telah diradiasi dan disimpan selama t dimana larutan diencerkan 2 kali.

$C_{P2x}$  = konsentrasi larutan kompleks  $ZrO(NO_3)_2 \cdot 2H_2O$  yang dihitung dengan rumus (6).

Tabel 2 : Hasil perhitungan C,  $\ln C/C_0$  dan  $1/C$  pada waktu penyimpanan larutan Zr-nitrat-TBP :  $Zr(NO_3)_4 \cdot 2TBP$  setelah diradiasi 30 menit (Hasil Gambar 13).

Keterangan lain seperti pada Tabel 1.

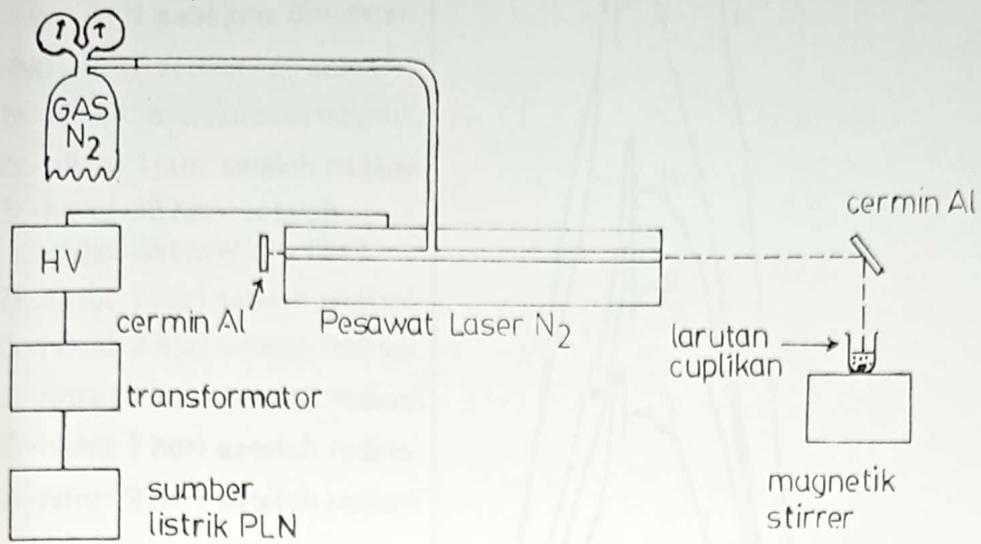
$$C_0 = 1,67 \cdot 10^{-5} \text{ M}.$$

$$C = C_0 - \frac{\Delta_{abs}}{\epsilon_1 - \epsilon_2} \quad (7)$$

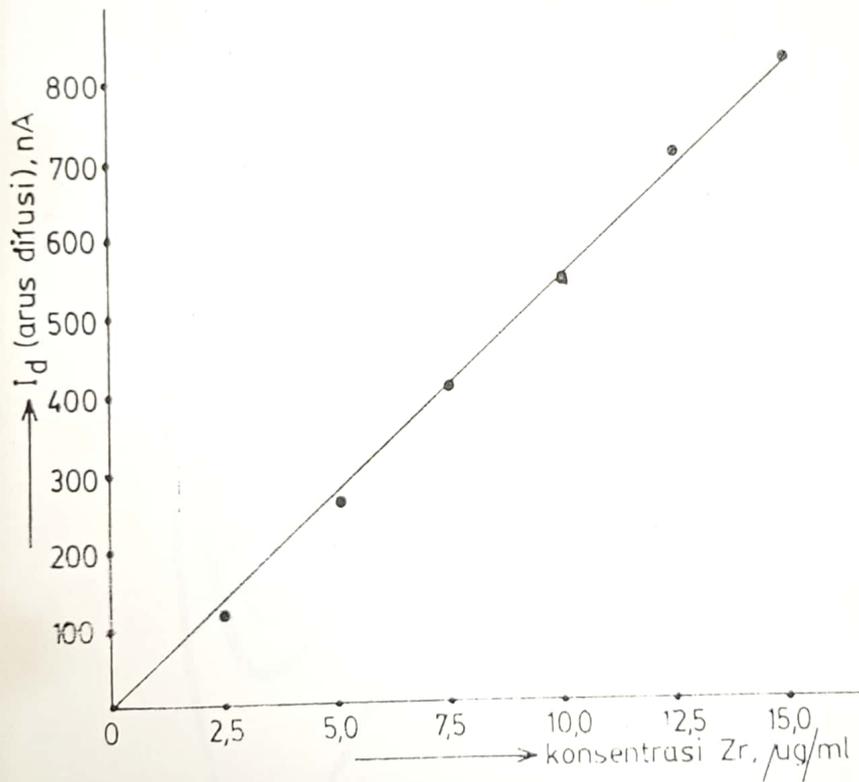
$$\epsilon_1 = 1,191 / 1,67 \cdot 10^{-5} \text{ M} = 71317 \text{ M}^{-1}.$$

$$\epsilon_2 = 1,091 / 1,67 \cdot 10^{-5} \text{ M} = 65329 \text{ M}^{-1}.$$

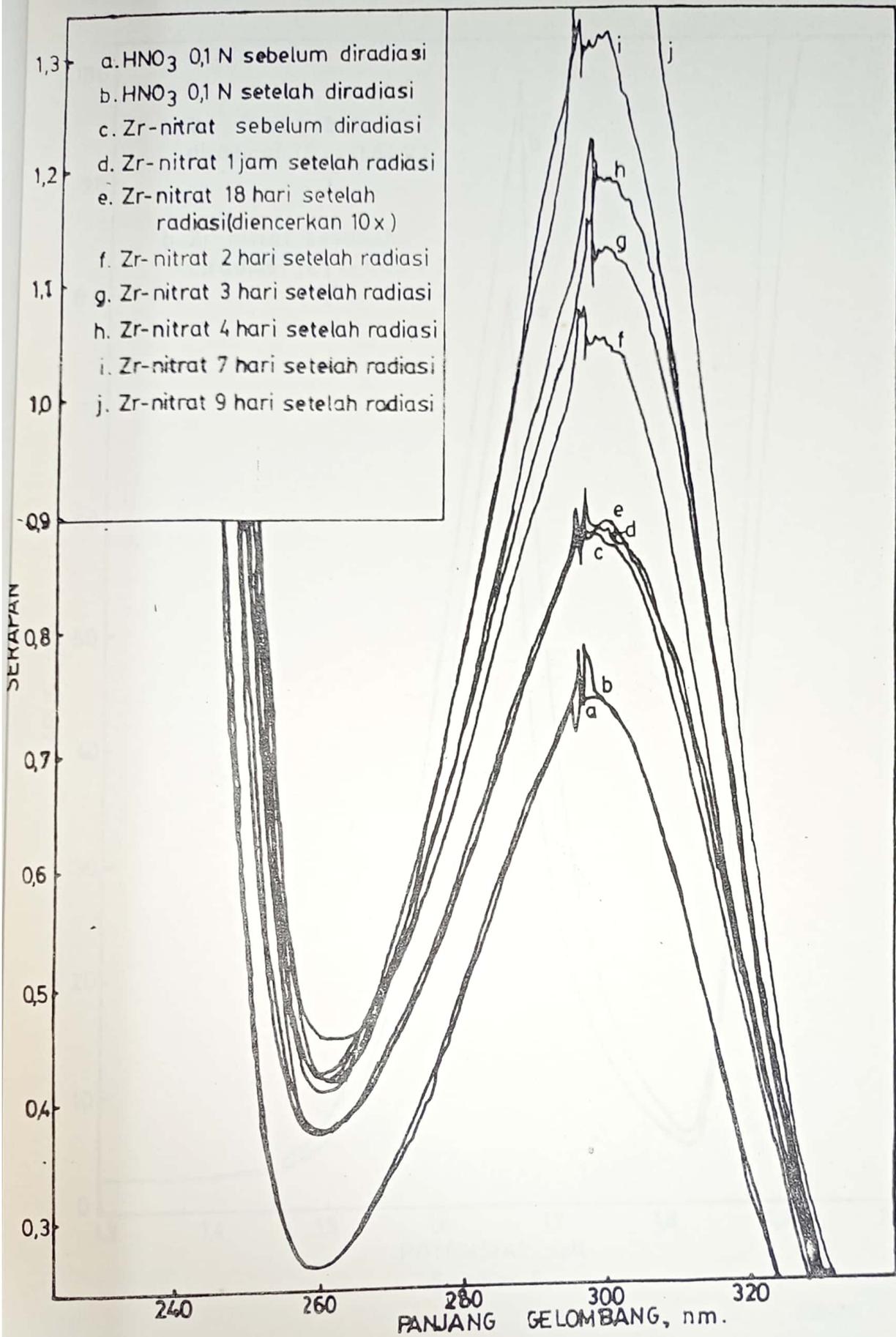
1\*) = 1 jam



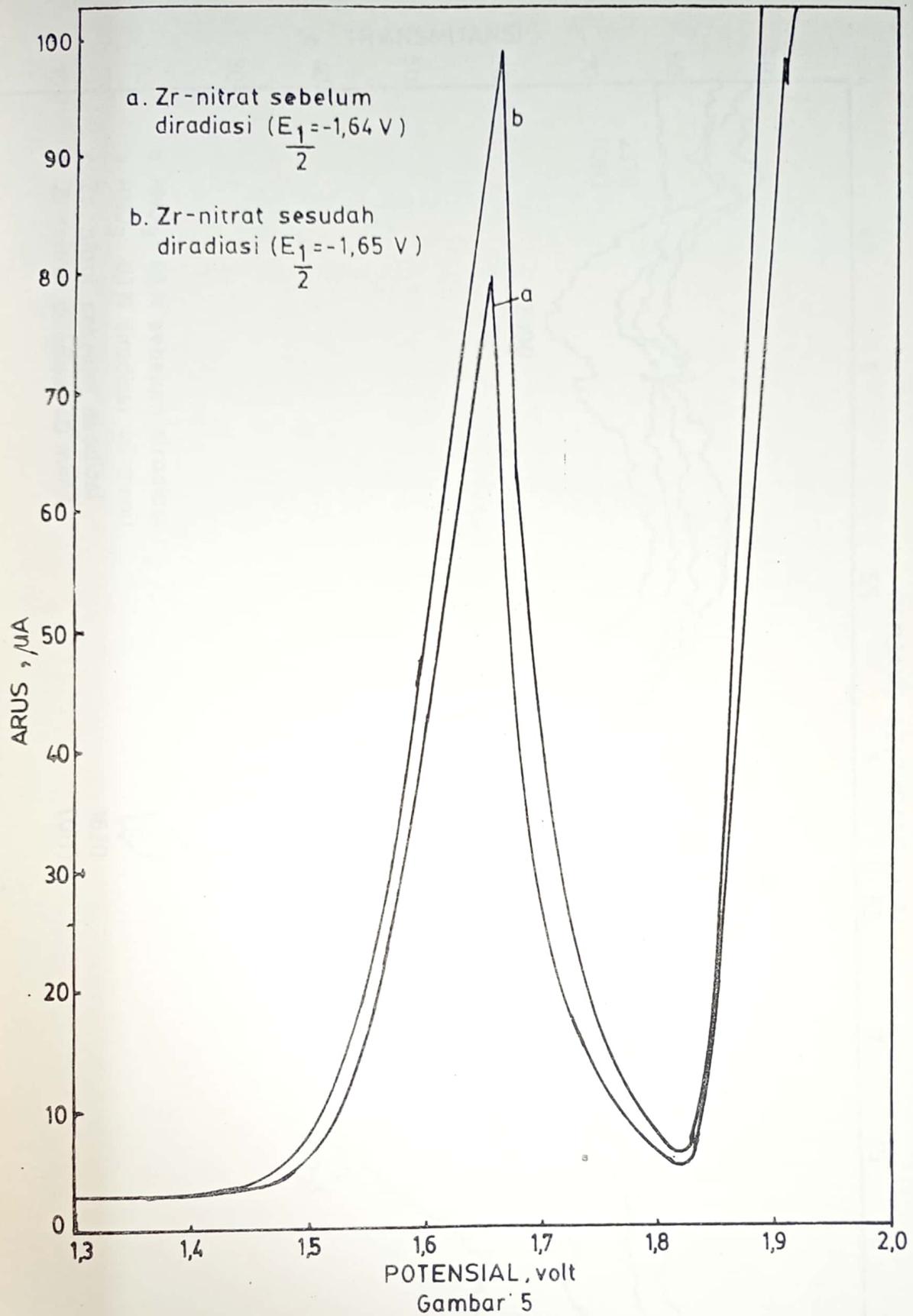
Gambar 2



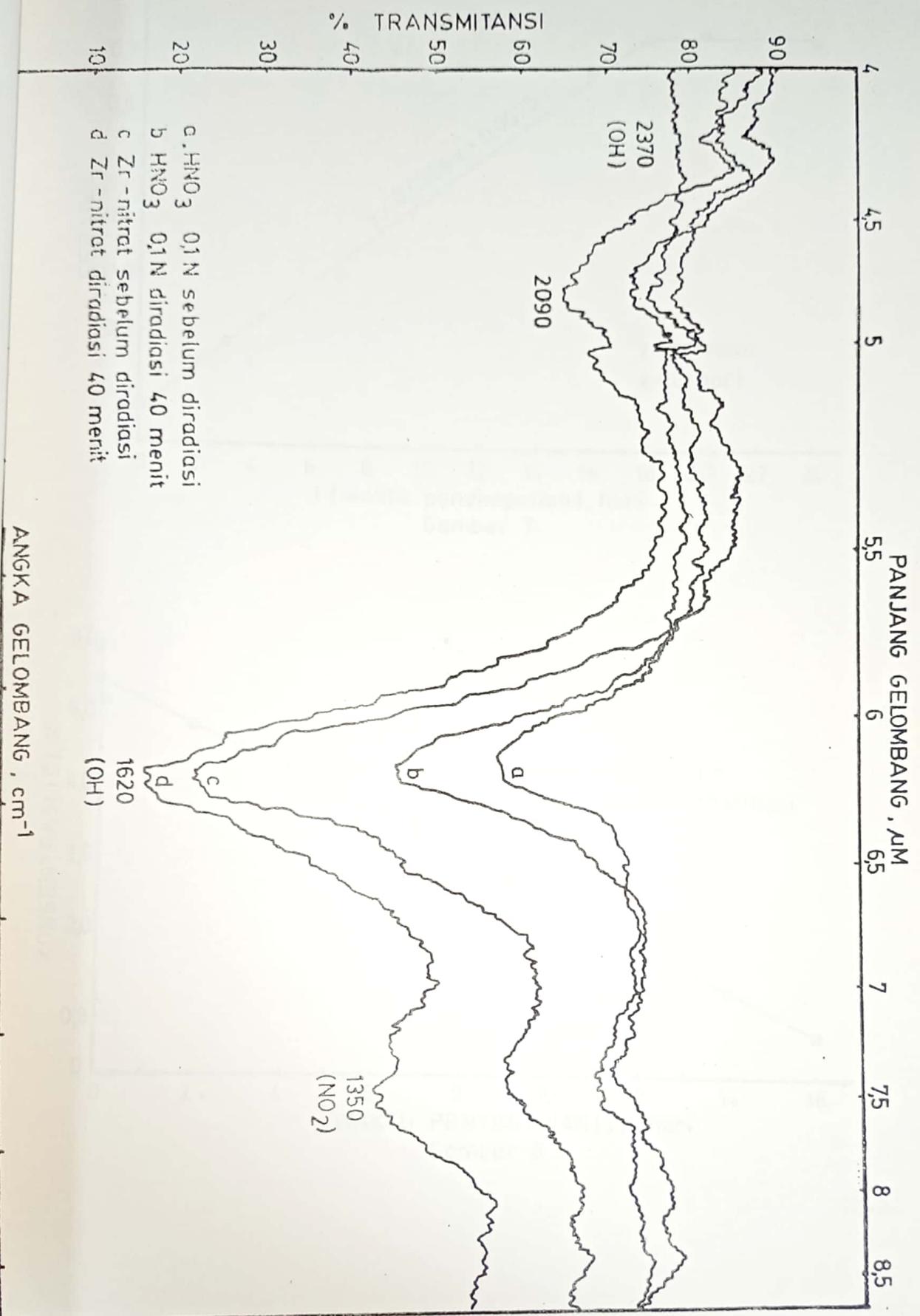
Gambar 3



Gambar 4

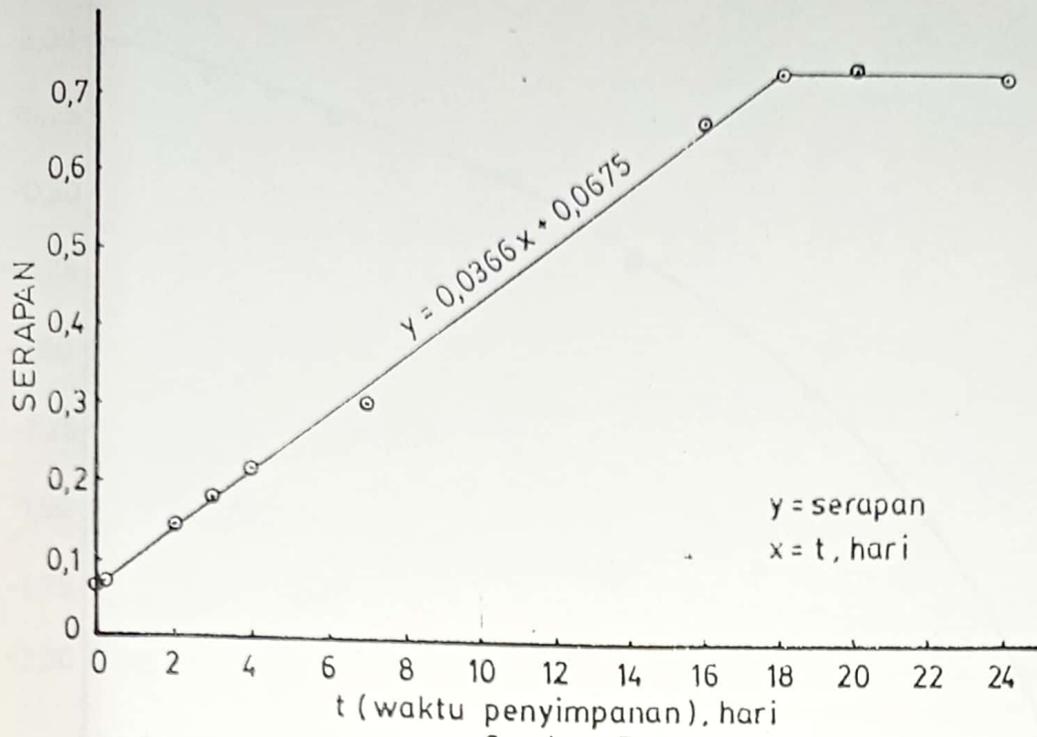


C2-20

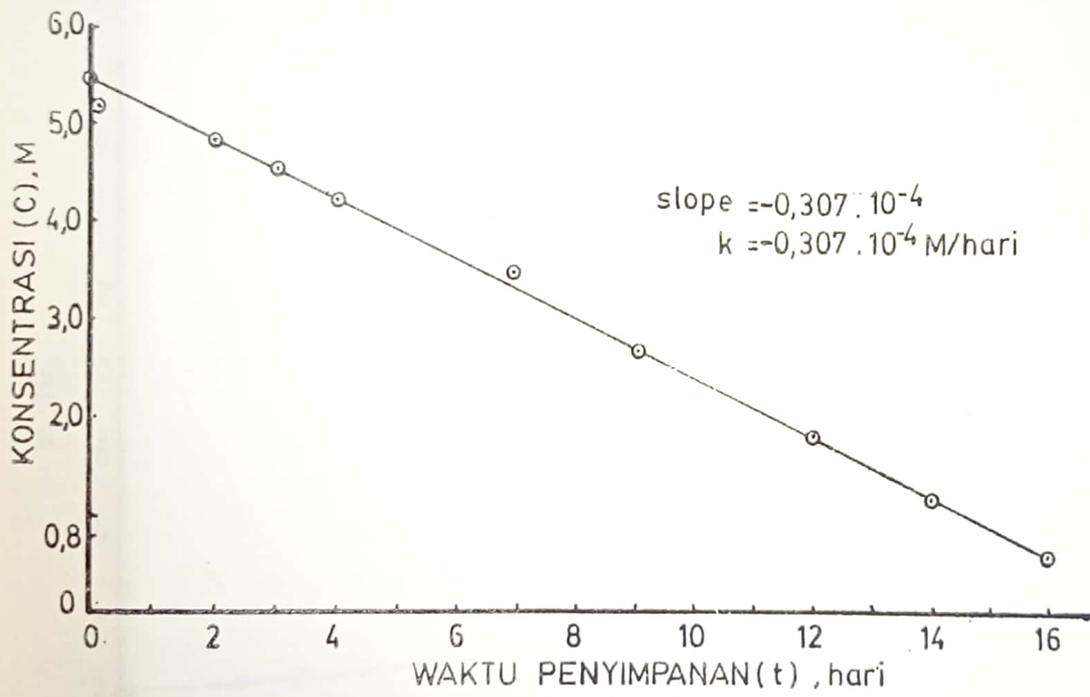


- a.  $\text{HNO}_3$  0,1 N sebelum diradiasi
- b.  $\text{HNO}_3$  0,1 N diradiasi 40 menit
- c. Zr - nitrat sebelum diradiasi
- d. Zr - nitrat diradiasi 40 menit

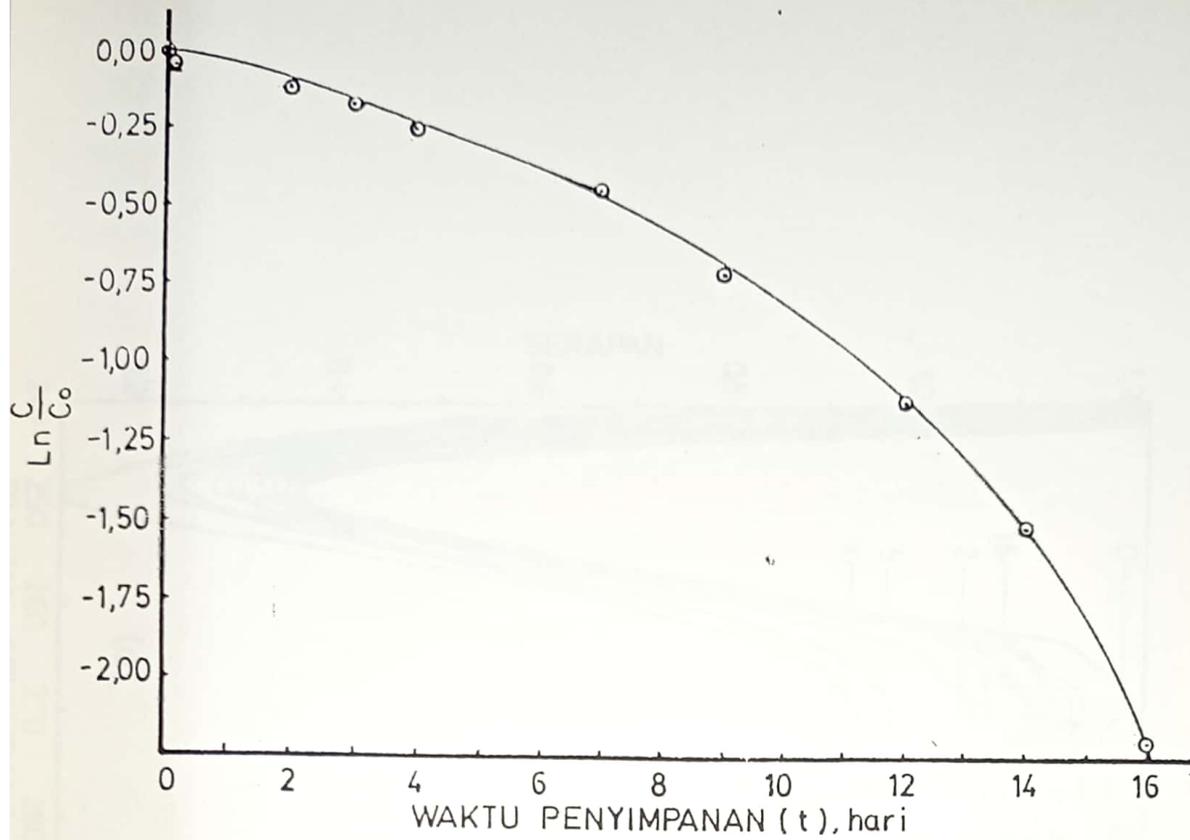
C2-21



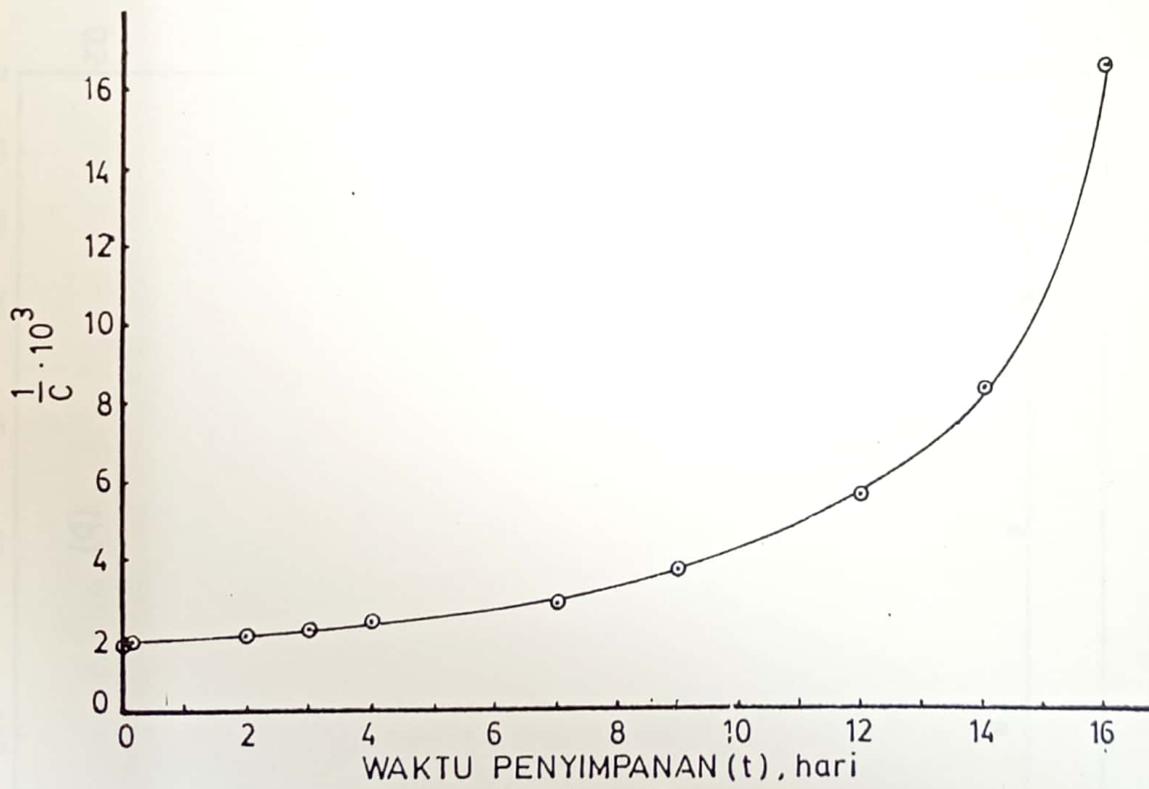
Gambar 7



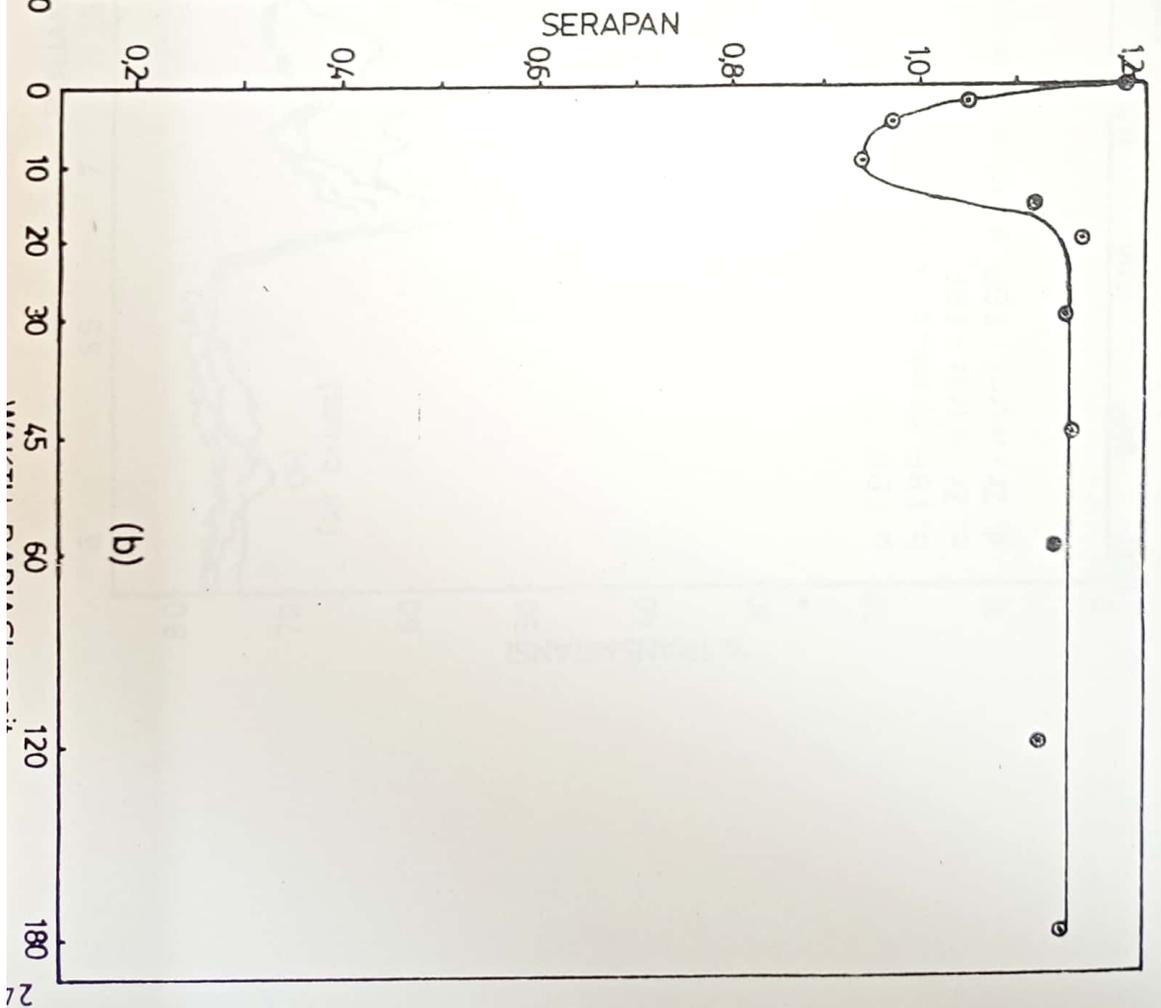
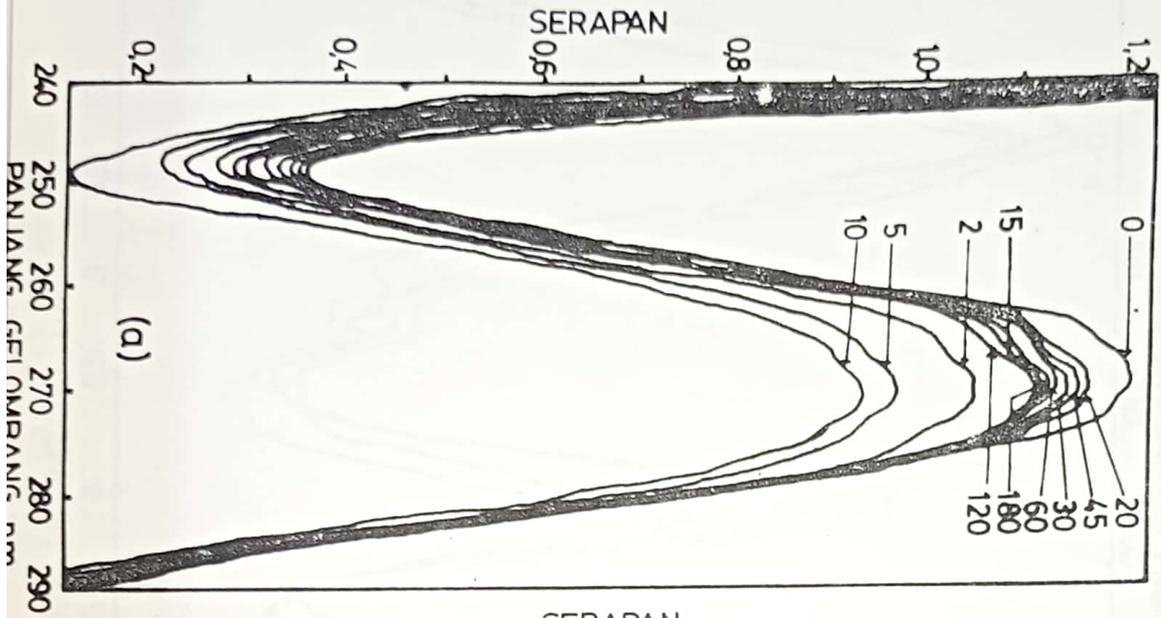
Gambar 8



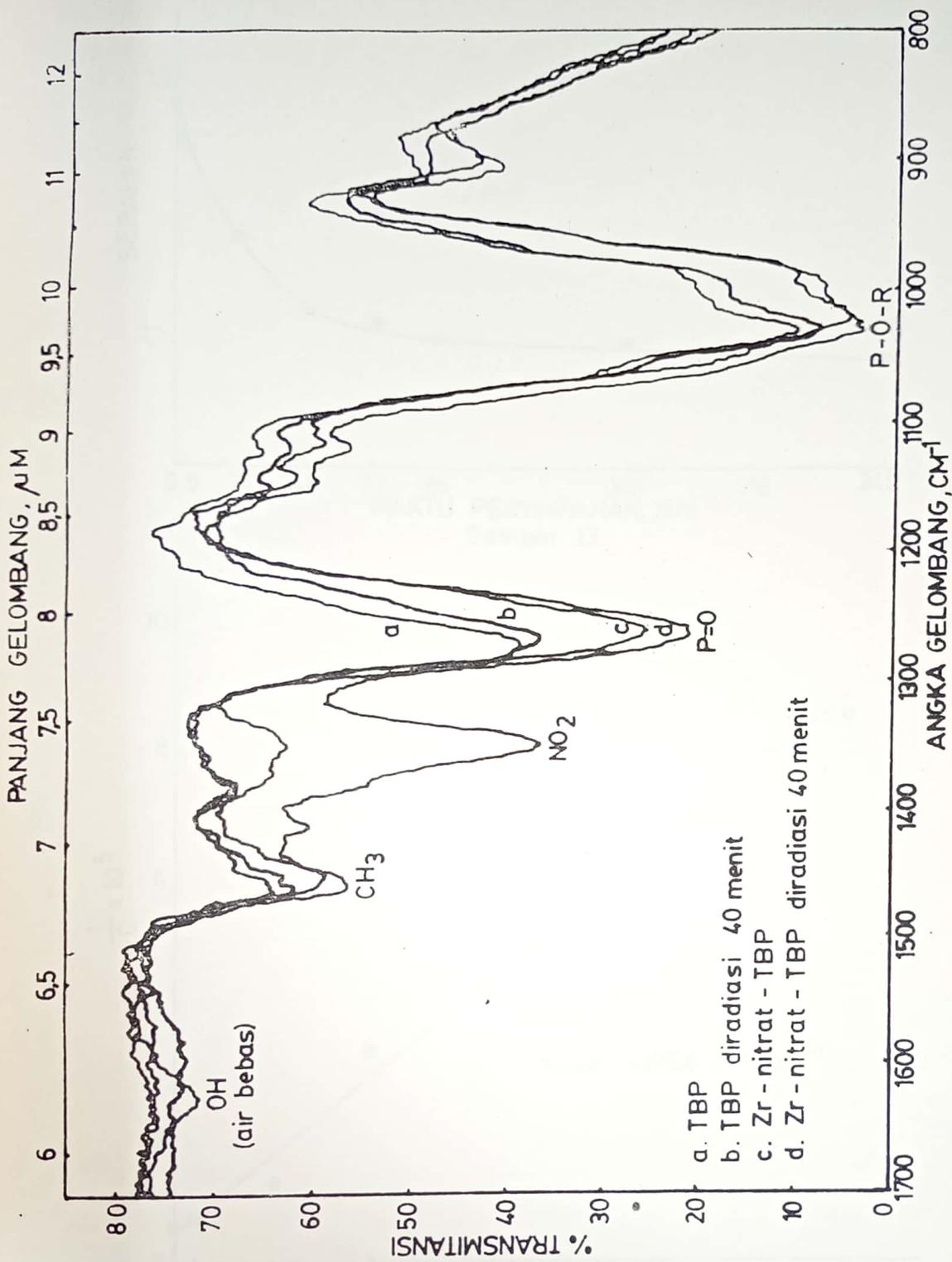
Gambar 9



Gambar 10



02-24



Gambar 12