

PEMANFAATAN LASER NITROGEN UNTUK PENANGANAN SENYAWA KOMPLEKS
Ru-NO DALAM PROSES PUREX

Soedyartomo Soentono
Sigit Hariyanto

Pusat Penelitian Bahan Murni dan Instrumentasi
Badan Tenaga Atom Nasional

I N T I S A R I

Laser nitrogen pulsa buatan PPBMI dengan kecepatan 275 pulsa/menit, tinggi pulsa relatif 0,0275 V dan daya \pm 100 kW tiap pulsa telah digunakan untuk meneliti penanganan senyawa kompleks Ru-NO yang menyulitkan dalam proses dekontaminasi bahan fisil terhadap Ru. Iradiasi laser selama 40 menit ternyata merusakkan asam nitrat, oleh sebab itu iradiasi dilakukan terhadap fasa organik, yaitu 30% TBP-kerosen. Koefisien distribusi Ru ke dalam fasa organik tersebut diukur dari fasa air yang berbentuk asam nitrat dengan konsentrasi 0,10 M - 6,50 M. Kerusakan senyawa kompleks Ru-NO, asam nitrat, dan ketahanan TBP-kerosen terhadap radiasi laser ditentukan dengan spektrofotometer IR, sedangkan pengukuran koefisien distribusi Ru dilakukan dengan menggunakan spektrofotometer UV-VIS. Oleh karena gugus nitrato dirusak oleh laser maka senyawa kompleks Ru-NO mengandung gugus nitro tanpa nitrato (mempunyai koefisien distribusi sangat kecil dan cukup stabil), sehingga radiasi laser terhadap fasa organik yang mengandung senyawa kompleks Ru-NO akan mempermudah dekontaminasi bahan fisil terhadap Ru pada daur pertama proses PUREX.

A B S T R A C T

Pulsed nitrogen laser made by PPBMI with the rate of 275 pulse/minute, relative pulse height of 0.0275 V and the power of \pm 100 kW per pulse has been utilized for investigating the handling of the obstinate Ru-NO complexes in the decontamination process of fissile material against Ru. Laser irradiation for 40 minutes destroyed nitric acid, therefore the irradiation was exposed to the organic phase, i.e. 30% TBP-kerosene. The distribution coefficients of Ru into the organic phase were measured from the aqueous phase of nitric acid with the concentration of 0.10 M - 6.50 M. The degradations of Ru-NO complexes and nitric acid as well as the resistance of TBP-kerosene against laser irradiation were analyzed using an IR spectrophotometer, while the distribution coefficients of Ru were measured using an UV-VIS spectrophotometer. Since the nitrate ligands were destroyed by laser the Ru-NO complexes consisted nitro without nitrate ligands (their distribution coefficients are very low and they are stable compounds), therefore the laser irradiation being exposed to the organic phase containing the Ru-NO complexes would simplify the decontamination of fissile material against Ru in the first cycle of PUREX.

I. PENDAHULUAN

Sampai saat ini proses PUREX masih merupakan proses favorit untuk olah ulang bahan bakar nuklir bekas⁽¹⁾ secara ko-

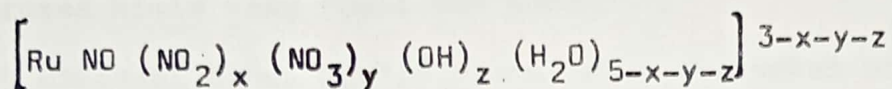
mersial walaupun mempunyai kelemahan yang belum teratasi yaitu dalam peningkatan faktor dekontaminasi Ru secara universal dan juga peningkatan faktor dekontaminasi Zr⁽²⁾. Proses PUREX adalah proses basah di mana bahan bakar nuklir bekas dilarutkan terlebih dahulu ke dalam HNO₃ pekat dan kemudian dilakukan dekontaminasi bahan fisil terhadap hasil belahan secara ekstraksi pelarut menggunakan ekstrak TBP (pada umumnya digunakan 30% TBP dalam diluen seperti misalnya kerosen). Selanjutnya bahan fisil (U dan Pu) dimurnikan ke tingkat murni nuklir setelah terlebih dahulu dipisahkan, juga dengan ekstraksi pelarut menggunakan TBP⁽³⁾.

Peningkatan faktor dekontaminasi Ru secara universal (dapat ulang), dan juga Zr, sangat diharapkan dapat dilakukan pada daur pertama proses PUREX agar Ru (terutama ¹⁰³Ru, ¹⁰⁶Ru beserta anak luruhnya ¹⁰³Rh dan ¹⁰⁶Rh) dan Zr (terutama ⁹⁵Zr dan anak luruhnya ⁹⁵Nb) tidak mendominasi limbah radioaktif aktivitas rendah yang sering dibuang ke lingkungan oleh instalasi olah ulang bahan bakar nuklir bekas di luar negeri^(2,4,5). Oleh karena cara konvensional (perubahan pH, penambahan reagen, dll)⁽⁵⁾ tidak memuaskan, diteliti pemanfaatan laser nitrogen untuk menangani peningkatan faktor dekontaminasi Ru yang universal, sedangkan untuk Zr diuraikan pada makalah lain⁽⁶⁾.

II. DASAR TEORI

Pada waktu pelarutan bahan bakar nuklir bekas ke dalam

asam nitrat pekat, Ru sebagai salah satu hasil belahan yang dominan sebagian besar akan berbentuk senyawa kompleks ruthenium nitrosil dengan rumus umum :^(5,7)



Senyawa-senyawa kompleks Ru-NO ini berkonversi dari satu senyawa kompleks tertentu menjadi yang lain melalui reaksi-reaksi bolak-balik yang sangat rumit kesetimbangannya dan sangat dipengaruhi oleh sedikit perbedaan kondisi pelarutan maupun kondisi ekstraksi. Di samping itu setiap senyawa kompleks mempunyai koefisien distribusi dalam sistim HNO₃ - TBP yang berbeda dengan lainnya, bervariasi dari hampir tidak terextrak sampai dengan $\sim 10^{(8)}$.

Pada daur pertama proses PUREX, faktor dekontaminasi Ru hanya berkisar antara $10^2 - 10^3$, sedangkan untuk hasil belahan lainnya dapat mencapai $10^5 - 10^6$. Agar dapat mencapai tingkat murni nuklir dan dapat difabrikasi maka faktor dekontaminasi harus berkisar antara $10^7 - 10^8$. Ini dapat dicapai dengan mudah pada daur kedua dan ketiga kecuali untuk Ru dan Zr⁽⁹⁾. Hal ini disebabkan karena senyawa kompleks Ru-NO yang terextrak ke dalam fasa organik bersama bahan fisil pada ekstraksi daur pertama telah berubah menjadi senyawa kompleks Ru-NO lainnya yang tak dapat terextrak ke dalam fasa organik sehingga sekali lagi akan bersama bahan fisil masuk ke fasa air pada proses selanjutnya. Di samping itu oleh karena sifatnya yang sangat mudah berubah oleh kondisi operasi yang

hanya berbeda sedikit saja, maka belum ada cara peningkatan faktor dekontaminasi Ru yang bersifat universal walaupun dekontaminasi bahan fisil terhadap Ru sudah berhasil dilakukan melalui proses kimia yang rumit dan mahal⁽⁹⁾.

Dapat difahami bahwa banyak usaha telah dilakukan untuk penghancuran/pengubahan senyawa kompleks Ru-NO menjadi senyawa lain yang cukup stabil baik dalam fasa air maupun atau dalam fasa organik sehingga dapat diharapkan cara dekontaminasi akan menjadi universal. Karena cara konvensional tidak memuaskan hasilnya, telah pula dicoba secara fotokimia⁽¹⁰⁾ dan penggunaan laser dengan panjang gelombang 485 nm^(9,11) untuk memutuskan ikatan Ru-NO yang sangat kuat pada senyawa kompleks yang menyulitkan tersebut. Hasil-hasil yang menggembirakan memang telah diperoleh dari percobaan-percobaan tersebut yang telah menunjukkan bahwa pada dasarnya senyawa kompleks yang menyulitkan tersebut dapat ditangani secara fotokimia dan atau penggunaan laser. Pada penelitian ini dicoba digunakan laser nitrogen buatan PPBMI yang mengeluarkan sinar ultra-violet dengan intensitas maximum pada panjang gelombang 337,1 nm untuk memperoleh data-data tambahan yang diharapkan akan berguna dalam penyempurnaan proses PUREX. Di samping itu karena laser yang digunakan dipulsakan dan mempunyai panjang gelombang yang lebih pendek maka aplikasinya pada skala keteknikan diharapkan akan lebih mudah. Walaupun demikian harus diingat bahwa laser ultra violet ini harus dapat beresonansi dengan salah

satu vibrasi ikatan antar atom dalam senyawa kompleks Ru-NO sehingga dapat terjadi reaksi pemutusan/pengubahan ikatan yang bermanfaat, misalnya seperti pada gugus nitrate. Apabila gugus nitrate dapat disubstitusi atau diubah menjadi gugus lain maka koefisien distribusi Ru ke fasa organik jelas akan menjadi lebih kecil^(2,8) yang berarti peningkatan faktor dekontaminasi Ru.

III. TATA KERJA

III. A. Pembuatan senyawa kompleks Ru-NO dalam HNO₃

0,1114 gram RuCl₃ dilarutkan kedalam 50 ml HNO₃ pekat (60% atau 14,44 M), kemudian direflux pada titik didihnya selama 19 jam. Larutan ini (1085,7 ppm Ru dalam HNO₃ pekat) kemudian dijadikan larutan induk untuk percobaan selanjutnya. Untuk membuktikan bahwa telah terbentuk senyawa kompleks Ru-NO maka beberapa ml larutan tersebut diuapkan pada temperatur kamar menggunakan alat mikro distilasi vakum Buchi Rotavapor M HB-140 sehingga terjadi padatan berwarna merah bata. Padatan ini kemudian dicampur dengan nujol pada sel NaCl dan diamati spektrum infra merahnya menggunakan spektrofotometer Beckman tipe 4250. Sebagai bahan perbandingan diamati pula spektrum infra merah nujol dengan alat yang sama.

III. B. Percobaan iradiasi laser

III. B. 1. Sumber radiasi laser

Sumber radiasi yang digunakan adalah sebuah alat laser nitrogen pulsa buatan PPBMI dengan kecepatan 275 pulsa/menit

tinggi pulsa relatif 0,0275 V dan daya \pm 100 kW tiap pulsa. Radiasi laser yang dihasilkan berpanjang gelombang ultra violet dengan intensitas maksimum pada 337,1 nm.

III. B. 2. Iradiasi laser terhadap larutan HNO_3

Larutan senyawa kompleks Ru-NO dalam HNO_3 pekat yang dibuat pada III. A. diencerkan 144,4 kali dengan air dwi suling ("aqua bidest"), sehingga menjadi 0,1 M HNO_3 yang mengandung 7,52 ppm Ru sebagai senyawa kompleks Ru-NO. Larutan ini kemudian diradiasi dengan laser seperti yang diuraikan pada III. B. 1. selama 40 menit. Setelah diradiasi, spektrum infra merah larutan ini diamati dengan spektrofotometer Beckman tipe 4250 menggunakan sel CaF_2 . Sebagai bahan perbandingan dilakukan pula pengamatan spektra infra merah dari larutan 0,1 M HNO_3 dan larutan 0,1 M HNO_3 yang mengandung senyawa kompleks Ru-NO yang tidak diradiasi.

III. B. 3. Iradiasi laser terhadap larutan TBP-kerosen

Larutan 30% TBP dalam kerosen juga diradiasi dan diamati spektrum infra merahnya seperti larutan HNO_3 pada III. B. 2., tetapi sel yang digunakan untuk pengamatan spektrum infra merah adalah NaCl. Sebagai bahan perbandingan juga diamati spektrum infra merah 30% TBP-kerosen yang tidak diradiasi.

III. B. 4. Iradiasi laser terhadap larutan TBP-kerosen yang mengandung senyawa kompleks Ru-NO

Larutan 0,1 M HNO_3 yang mengandung senyawa kompleks Ru-NO pada III. B. 2. diekstraksi dengan larutan 30% TBP-kerosen pada III. B. 3. dengan perbandingan fasa air terhadap fasa or-

ganik 1 : 1. Kemudian larutan 30% TBP-kerosen sesudah ekstraksi diamati spektrum infra merahnya dengan spektrofotometer Beckman tipe 4250 menggunakan sel NaCl untuk mengetahui apakah ada senyawa kompleks Ru-NO yang masuk ke fasa organik (larutan 30% TBP-kerosen). Larutan fasa organik sesudah ekstraksi ini juga diradiasi dengan laser dan diamati spektrum infra merahnya seperti yang dilakukan terhadap larutan HNO_3 pada III. B. 2. Sebagai bahan perbandingan juga diamati spektrum infra merah larutan 30% TBP-kerosen.

III. C. Penentuan koefisien distribusi Ru dalam sistim HNO_3 - 30% TBP-kerosen

III. C. 1. Analisa Ru

Analisa Ru dilakukan dengan menggunakan spektrofotometer UV-VIS Beckman tipe 25. Puncak serapan pada daerah ultra violet dengan panjang gelombang 298 nm. Dengan menggunakan air sebagai pembanding, diamati spektrum larutan senyawa kompleks Ru-NO dalam HNO_3 dan juga larutan HNO_3 yang tidak mengandung Ru-NO. Pembuatan kurva baku pada panjang gelombang 298 nm dilakukan dengan variasi konsentrasi Ru dari 0,1 ppm sampai dengan 0,7 ppm dari larutan induk yang dibuat pada III. A. yang terlebih dahulu diencerkan konsentrasi Ru-nya dari 1085,7 ppm menjadi 100 ppm dalam 14,44 M HNO_3 . Selanjutnya untuk memperoleh konsentrasi Ru yang diinginkan, larutan tersebut kemudian diencerkan dengan H_2O yang tidak mempunyai puncak serapan pada 298 nm.

III. C. 2. Pengukuran koefisien distribusi Ru

Ekstraksi dilakukan dengan perbandingan fasa air (larutan HNO_3 dengan variasi konsentrasi dari 0,10 M - 6,50 M, dibuat dari larutan induk senyawa kompleks Ru-NO dalam HNO_3 yang diuraikan pada III. A.) terhadap fasa organik (30% TBP dalam kerosen) 1 : 2 (fasa air 2,5 ml dan fasa organik 5,0 ml). Percobaan ekstraksi dilakukan dalam beker gelas kecil yang diaduk dengan pengaduk magnet selama 5 menit. Setelah ekstraksi dilakukan analisa Ru pada fasa air dengan metoda yang diuraikan pada III. C. 1. Koefisien distribusi Ru (KD_{Ru}) dapat dihitung menggunakan rumus yang berikut :

$$KD_{\text{Ru}} = \frac{\frac{1}{2} \{ [Ru]_{\text{am}} - [Ru]_{\text{as}} \}}{[Ru]_{\text{as}}}$$

dimana :

$[Ru]_{\text{am}}$ = konsentrasi Ru dalam fasa air sebelum ekstraksi

$[Ru]_{\text{as}}$ = konsentrasi Ru dalam fasa air sesudah ekstraksi

KD_{Ru} diukur dalam sistim HNO_3 - TBP-kerosen tanpa radiasi terhadap baik fasa air maupun fasa organik ; fasa air diradiasi seperti yang diuraikan pada III. B. 2. ; dan fasa organik diradiasi seperti yang diuraikan pada III. B. 4.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada Gambar 1 dapat dilihat hasil percobaan yang diuraikan pada III. A. Adanya senyawa kompleks Ru-NO dapat disimpulkan dari beberapa puncak yang tidak tampak pada spektrum nujol^(5,12,13)

yaitu :

Angka gelombang (cm^{-1})	Gugusan
3279	H_2O atau $(\text{OH})^-$
1976	NO (stretching dari Ru-NO)
1700	$(\text{NO}_3)^-$
1631	H_2O
1332	$(\text{NO}_2)^-$
1279	$(\text{NO}_3)^-$
788	$(\text{NO}_3)^-$

Beberapa puncak berbentuk melebar atau lemah. Pada pengukuran ini digunakan nujol karena padatan merah bata yang dihasilkan bersifat sangat higroskopis, tidak dapat diamati langsung menggunakan sel CaF_2 . Oleh sebab itu digunakan sel NaCl sekaligus untuk melihat adanya puncak pada daerah angka gelombang sampai dengan 625 cm^{-1} (lihat manual spektrofotometer Beckman tipe 4250).

Pada Gambar 2 dapat dilihat bahwa larutan HNO_3 di samping menunjukkan adanya puncak-puncak serapan akibat adanya gugus $(\text{NO}_3)^-$, yaitu pada 1770 cm^{-1} dan 1275 cm^{-1} , juga menunjukkan adanya gugus $\text{H}_2\text{O}/(\text{OH})^-$ pada $\sim 3300 \text{ cm}^{-1}$ dan 1630 cm^{-1} serta gugus $(\text{NO}_2)^-$ pada 1330 cm^{-1} . Hal ini juga terlihat pada larutan HNO_3 yang mengandung senyawa kompleks Ru-NO , di samping adanya puncak pada angka gelombang 1970 cm^{-1} yang menunjukkan adanya gugus NO dari Ru-NO . Spektrum infra merah hasil radiasi terhadap larutan HNO_3 yang mengandung senyawa kompleks Ru-NO menunjukkan adanya penurunan/pelenyapan puncak gugus $(\text{NO}_3)^-$

pada 1770 cm^{-1} dan 1275 cm^{-1} , hanya beberapa puncak gugus H_2O pada $\sim 3300\text{ cm}^{-1}$ dan 1630 cm^{-1} serta puncak kecil gugus NO dari Ru-NO pada 1970 cm^{-1} dan gugus $(\text{NO}_2)^-$ pada 1330 cm^{-1} . Dapat diduga bahwa gugus $(\text{NO}_3)^-$ tidak tahan terhadap radiasi laser nitrogen. Pada percobaan ini iradiasi dilakukan selama 40 menit dengan pertimbangan bahwa waktu tinggal ekstraksi pada daur pertama proses PUREX pada umumnya < 30 menit^(1,5). Juga pengamatan spektrum infra merah dilakukan dengan menggunakan sel CaF_2 karena cuplikan berbentuk larutan air, walaupun mengakibatkan tak dapat diamatinya puncak gugus $(\text{NO}_3)^-$ pada 788 cm^{-1} . (Sel CaF_2 hanya dapat digunakan untuk mengamati spektrum sampai dengan angka gelombang 1200 cm^{-1}).

Oleh karena gugus nitrate mungkin tidak tahan terhadap radiasi laser nitrogen, maka iradiasi terhadap fasa air (larutan HNO_3) dapat diduga tidak akan bermanfaat karena gugus nitrate pada asam nitrat juga akan rusak sehingga keasaman sistem ekstraksi akan berubah yang berarti pemisahan bahan fisil dari hasil belahan menjadi tidak seperti yang dikehendaki. Oleh sebab itu kemudian dicoba ketahanan fasa organik terhadap radiasi laser nitrogen seperti yang diuraikan pada III. B. 3. Hasil percobaan ini dapat dilihat pada Gambar 3 yang menunjukkan bahwa 30% TBP-kerosen tidak mengalami perubahan oleh radiasi laser nitrogen pada kondisi yang sama dengan iradiasi terhadap fasa air.

Setelah memperoleh bukti bahwa fasa organik tahan terhadap radiasi laser nitrogen, kemudian dicoba iradiasi terhadap

fasa organik yang telah mengandung senyawa kompleks Ru-NO seperti yang diuraikan pada III. B. 4. Hasil percobaan ini dapat dilihat pada Gambar 4 yang menunjukkan bahwa seperti halnya pada Gambar 2, puncak gugus nitrato pada angka gelombang 1770 cm^{-1} , 1275 cm^{-1} dan juga pada angka gelombang 788 cm^{-1} ternyata tidak muncul setelah fasa organik yang mengandung senyawa kompleks Ru-NO diradiasi. Hal ini memperkuat dugaan sebelumnya menjadi suatu kepastian bahwa gugus nitrato memang rusak akibat radiasi laser nitrogen. Demikian pula puncak gugus NO dari Ru-NO pada angka gelombang 1949 cm^{-1} juga tidak terlihat, sangat mungkin bahwa senyawa kompleks Ru-NO telah rusak oleh radiasi atau karena kehilangan gugus nitrato dan hanya tinggal mengandung gugus nitro dan hidroksido (lihat spektrum no 3 pada Gambar 4), tidak dapat lagi diikat (larut dalam) fasa organik⁽⁸⁾. Kalau dugaan yang terakhir ini benar maka seharusnya akan terlihat puncak gugus NO dari Ru-NO pada angka gelombang 1976 cm^{-1} yang berasal dari senyawa kompleks Ru-NO dalam larutan HNO_3 (lihat Gambar 1). Sangat mungkin puncak ini tidak terlihat pada spektrum no 3 pada Gambar 4 karena tertutup oleh puncak dominan lainnya karena konsentrasinya sangat kecil. Dugaan ini diperkuat dengan terlihatnya puncak yang menunjukkan adanya ikatan P-O..H yang berbeda pada spektrum no 2 Gambar 4 (ikatan melalui jembatan hidrogen antara TBP dengan senyawa kompleks Ru-NO^(5,13)) apabila dibandingkan dengan spektrum no 3 Gambar 4 (mungkin jembatan hidrogen antara TBP dengan H_2O ⁽¹²⁾). Oleh sebab itu kira-

nya dapat disimpulkan bahwa akibat radiasi gugus nitrate rusak dan senyawa kompleks Ru-NO tidak mengandung gugus nitrate.

Dari percobaan yang terdahulu^(2,8) dapat diketahui bahwa apabila senyawa kompleks Ru-NO tidak mengandung gugus nitrate maka akan mempunyai KD_{Ru} yang jauh lebih kecil. Hal ini akan menguntungkan karena dekontaminasi bahan fisil dari Ru akan menjadi lebih mudah. Di samping itu, senyawa kompleks Ru-NO yang tidak mengandung gugus nitrate mempunyai $t_{1/2}$ interkonversi yang sangat kecil, yaitu berorde hari^(2,5), sehingga cara dekontaminasi yang universal akan lebih mudah dicapai. Dengan memperhatikan hasil-hasil percobaan yang terdahulu kiranya perlu dilakukan pengukuran koefisien distribusi Ru baik untuk yang tanpa diradiasi, dan salah satu fasa diradiasi. Oleh sebab itu dilakukanlah percobaan-percobaan seperti yang diuraikan pada III. C. Gambar 5 adalah hasil percobaan yang diuraikan pada III. C. 1., demikian pula Gambar 6. Pada Gambar 7 dapat dilihat hasil percobaan yang diuraikan pada III. C. 2. Walaupun kurva no 2 pada Gambar 7 menunjukkan bahwa radiasi laser terhadap fasa air akan menghasilkan KD_{Ru} yang umumnya lebih kecil dari pada KD_{Ru} yang dihasilkan pada ekstraksi tanpa radiasi, tetapi, seperti yang telah diuraikan di muka, HNO_3 juga akan rusak dan keasaman akan berubah yang berarti kondisi ekstraksi yang diharapkan akan memberikan faktor dekontaminasi yang optimum mungkin tidak akan tercapai. Radiasi terhadap fasa organik ternyata menghasilkan KD_{Ru} yang bahkan lebih menggembirakan karena pada seluruh variasi konsentrasi HNO_3 di dalam fasa air, ya-

itu dari 0,10 M - 6,50 M (= variasi kondisi ekstraksi pada proses PUREX), selalu lebih kecil dari pada KD_{Ru} dalam sistim tanpa radiasi laser. Data KD_{Ru} yang diperoleh (kurva no 3 pada Gambar 7), juga memperkuat dugaan semula bahwa setelah radiasi laser senyawa kompleks Ru-NO tidak mengandung gugus nitrat, jadi hanya Ru-NO-nitro-hidroksa-aquo^(2,5,8) yang mempunyai $KD_{Ru} \ll 0,1$.

Walaupun demikian kiranya perlu pula diingat bahwa fasa organik juga mengandung senyawa kompleks Zr dalam bentuk nitrat atau mengandung gugus nitrat, bahan fisil dalam bentuk senyawa nitrat, di samping senyawa kompleks Ru-NO. Oleh sebab itu perlu pula diselidiki pengaruh laser nitrogen pada senyawa kompleks Zr⁽⁶⁾ dan bahan fisil. Apabila laser nitrogen memang akan digunakan untuk meningkatkan faktor dekontaminasi Ru dan membuat proses menjadi universal, maka seyogyanya iradiasi dilakukan terhadap fasa organik setelah ekstraksi pada daur pertama dan selanjutnya dilakukan pula ekstraksi sekali lagi dengan fasa air yang keluar dari proses ekstraksi daur pertama tersebut sehingga senyawa kompleks Ru-NO-nitro-hidroksa-aquo yang terbentuk akibat radiasi laser yang berada dalam fasa organik dapat kembali masuk ke fasa air.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

V. A. Kesimpulan :

1. Laser nitrogen pulsa buatan PPBMI dapat digunakan untuk merusakkan gugus nitrat,
2. Senyawa kompleks Ru-NO-nitrat-nitro-hidroksa-aquo da-

pat diubah menjadi Ru-NO-nitro-hidroksa-aquo oleh radiasi laser nitrogen sehingga dapat diharapkan akan mempermudah dekontaminasi bahan fisil terhadap Ru dalam proses PUREX karena KD_{Ru} menjadi $\ll 0,1$,

3. Iradiasi laser nitrogen harus dilakukan terhadap fasa organik setelah ekstraksi pada daur pertama diikuti dengan ekstraksi kembali dengan fasa air hasil ekstraksi pada daur pertama.

V. B. Saran :

1. Penelitian ini perlu dilanjutkan/dilengkapi dengan penelitian pengaruh radiasi laser nitrogen terhadap bahan fisil dalam fasa organik,
2. Juga penelitian ini perlu dilanjutkan/dilengkapi dengan penelitian pengaruh radiasi laser nitrogen terhadap senyawa kompleks Zr dalam bentuk nitrat atau mengandung gugus nitrato dalam fasa organik.

A C U A N

1. Anonim, INFCE, Reprocessing, Plutonium Handling, Recycle, STI/PUB/534 no4, IAEA, Vienna (1980).
2. Siczek A A, Steindler M J, At. Energy Rev., 16, 575 (1978).
3. Soentono S, Peranan Bahan Bakar Nuklir, National School of Physics III, PPBMI BATAN, Yogyakarta (1983).
4. McKay A, Chem. Brit., II, 257 (1975).
5. Soentono S, Ph.D. Thesis, University of Salford, Salford, England (1979).
6. Gunanjar, Soentono S, Suwono, Mempelajari Pengaruh Laser Terhadap Senyawa-senyawa Kompleks Zr-nitrat dan Zr-nitrat-TBP, dalam Lokakarya ini, PPBMI BATAN (1983).
7. Soentono S, Atom Indonesia, 6, no 2 (1980).
8. Soentono S, Beberapa data baru tentang Senyawa-senyawa kompleks Ruthenium Nitrosil, Kolk. Teknl. Elemen Bakar Nuklir, Teknl. Reaktor & Penggunaan Reaktor, Bandung (1980).
9. Soentono S, Dekomposisi Senyawa Kompleks Ruthenium Nitrosil dalam Asam Nitrat oleh Laser, Lokakarya Kimia & Teknl. Purnian Bahan Nuklir dan Pertemuan Ilmiah Bahan Murni, Fisika, Reaktor dan Instrumentasi, PPBMI BATAN, Yogyakarta (1982).
10. Maya I, J. Inorg. Nucl. Chem., 41, 67 (1979).
11. Soentono S, Santosa B, Beberapa Pengamatan Pengaruh Laser pada Senyawa Kompleks Ru-NO, Simposium Fisika Nasional IX, 2, 22 (1981).

12. Charles J P, The Aldrich Library of Infrared Spectra, Aldrich Chemical Company Inc. (1975).
13. Fletcher J M, J. Inorg. Nucl. Chem., 8, 277 (1957).

KETERANGAN GAMBAR

Gambar 1. Spektrum IR dari padatan merah bata hasil distilasi vakum larutan senyawa kompleks Ru-NO dalam HNO₃ buatan sendiri dalam nujol dibandingkan dengan spektrum IR dari nujol. Sel yang digunakan adalah NaCl.

Gambar 2. Perbandingan spektrum IR larutan 0,1 M HNO₃, larutan 0,1 M HNO₃ yang mengandung senyawa kompleks Ru-NO dan larutan 0,1 M HNO₃ yang mengandung senyawa kompleks Ru-NO yang telah diradiasi dengan laser nitrogen pulsa dengan kecepatan 275 pulsa/menit, tinggi pulsa relatif 0,0275 V dan daya ± 100 kW/pulsa selama 40 menit. Sel yang digunakan adalah CaF₂.

Gambar 3. Perbandingan spektrum IR larutan 30% TBP-kerosen sebelum dan sesudah diradiasi dengan laser nitrogen pulsa dengan kecepatan 275 pulsa/menit, tinggi pulsa relatif 0,0275 V dan daya ± 100 kW/pulsa selama 40 menit. Sel yang digunakan adalah NaCl.

Gambar 4. Perbandingan spektrum IR larutan 30% TBP-kerosen, larutan 30% TBP-kerosen yang mengandung senyawa kompleks Ru-NO dan larutan 30% TBP-kerosen yang mengandung senyawa kompleks Ru-NO yang telah diradiasi dengan laser nitrogen pulsa dengan kecepatan 275

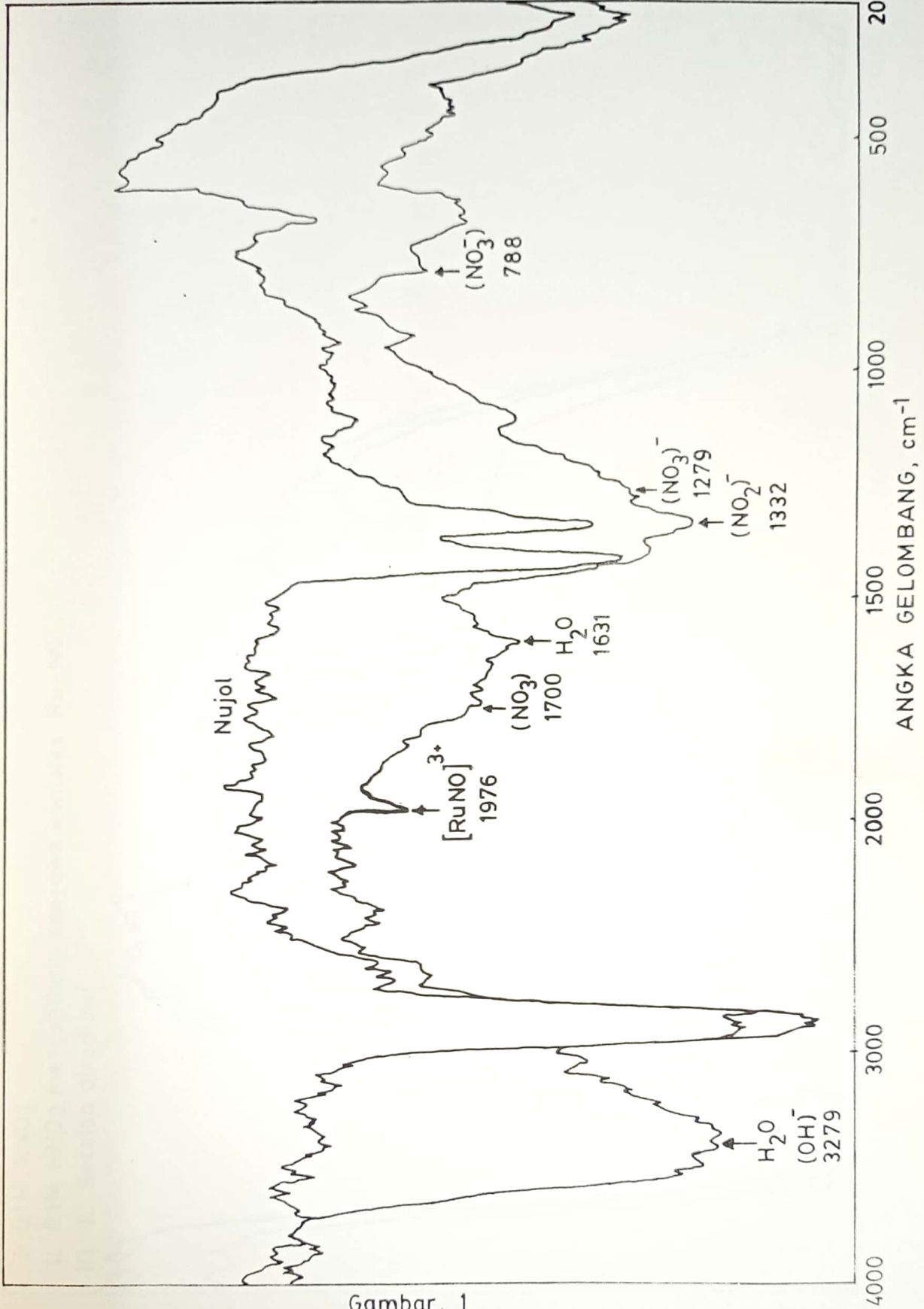
pulsa/menit, tinggi pulsa relatif 0,0275 V dan daya \pm 100 kW/pulsa selama 40 menit. Sel yang digunakan adalah NaCl.

Gambar 5. Spektrum UV larutan 0,05 M HNO_3 dan larutan 0,35 ppm Ru-NO dalam 0,05 M HNO_3 .

Gambar 6. Kurva baku larutan Ru-NO dalam HNO_3 dengan pembandingan H_2O , kurva baku larutan HNO_3 dan kurva baku larutan Ru-NO dalam HNO_3 dengan pembandingan HNO_3 .

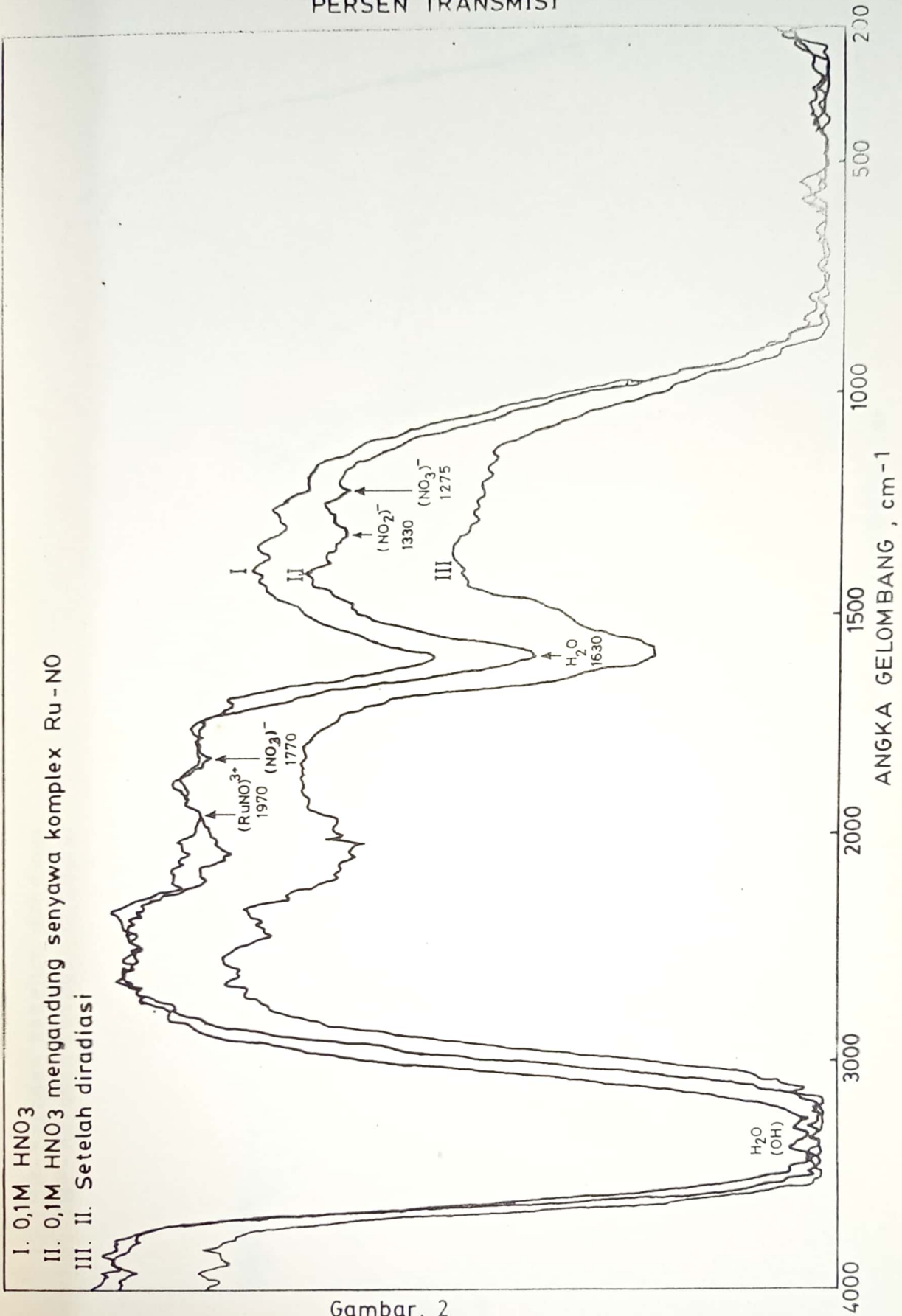
Gambar 7. Koefisien distribusi Ru dalam sistem HNO_3 - 30% TBP-kerosen dari larutan induk Ru-NO dalam HNO_3 pekat, koefisien distribusi Ru dalam sistem HNO_3 - 30% TBP-kerosen dari larutan induk Ru-NO dalam 0,1M HNO_3 yang diradiasi dengan laser nitrogen pulsa dengan kecepatan 275 pulsa/menit, tinggi pulsa relatif 0,0275 V dan daya \pm 100 kW/pulsa selama 40 menit dan koefisien distribusi Ru dalam sistem HNO_3 - 30% TBP-kerosen dari larutan induk Ru-NO dalam 30% TBP-kerosen (hasil ekstraksi dari fasa air 0,1M HNO_3) yang telah diradiasi dengan laser nitrogen pulsa dengan kecepatan 275 pulsa/menit, tinggi pulsa relatif 0,0275 V dan daya \pm 100 kW/pulsa selama 40 menit.

PERSEN TRANSMISI



Gambar . 1

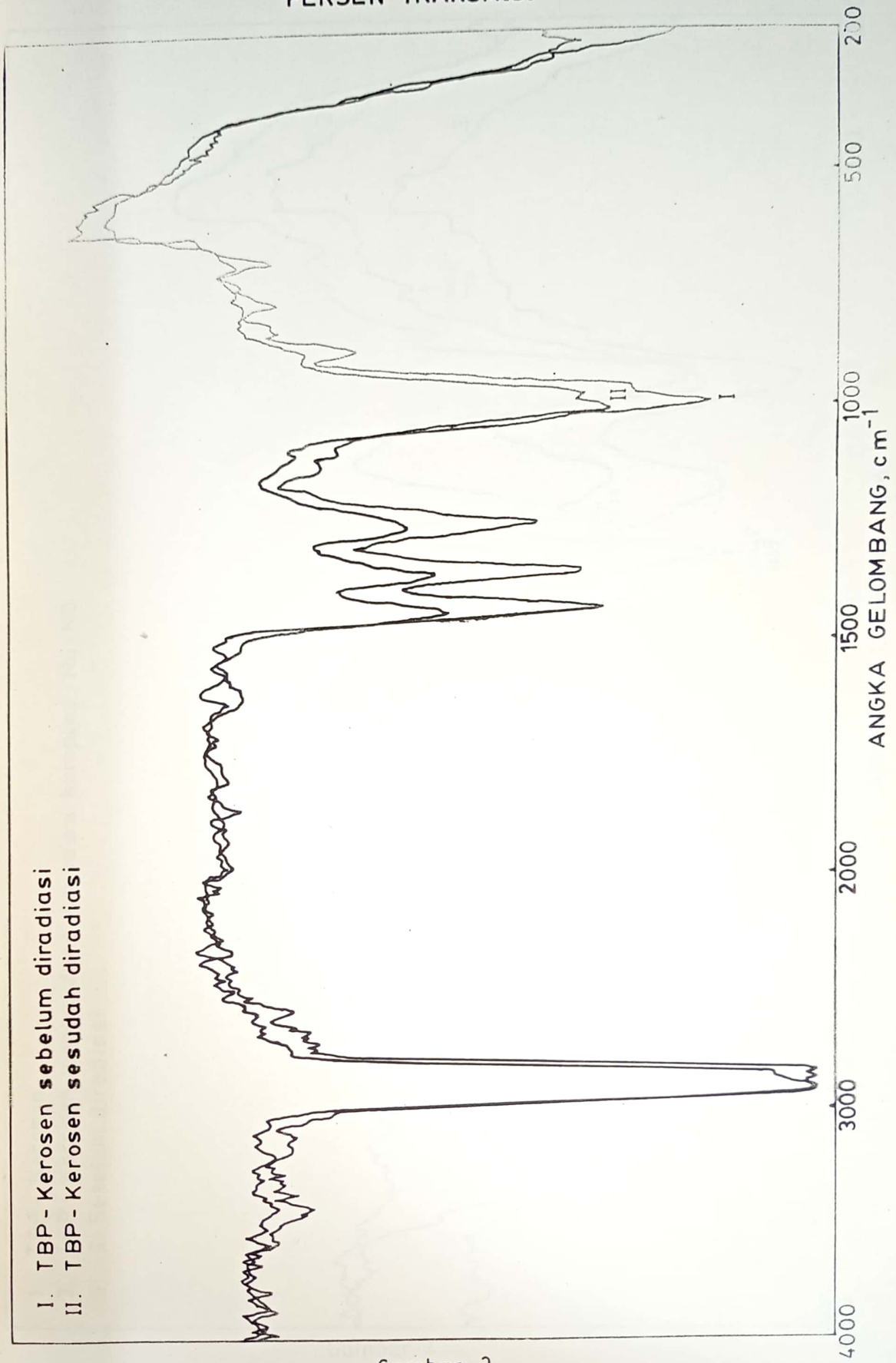
PERSEN TRANSMISI



Gambar. 2

01-20

PERSEN TRANSMISI

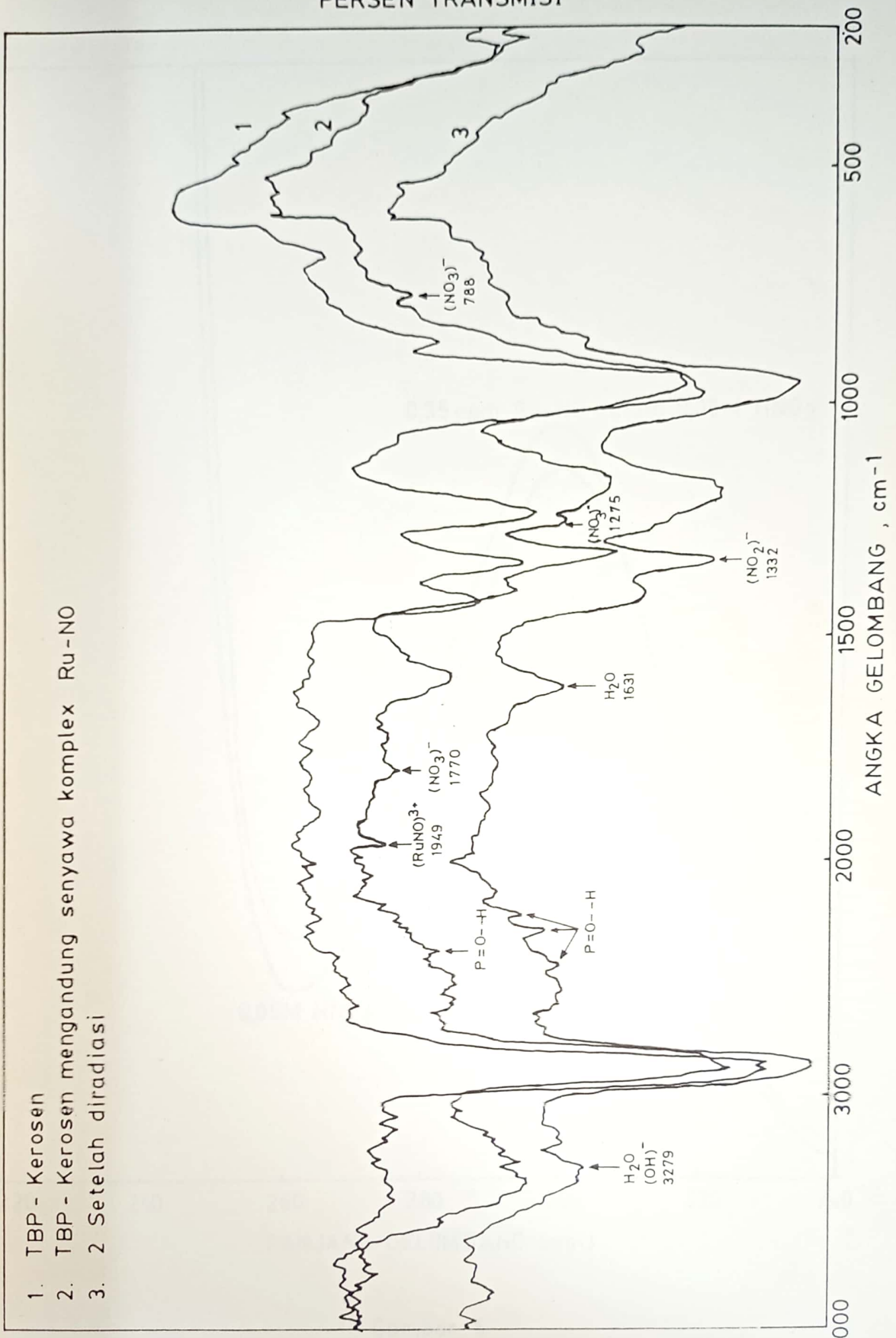


- I. TBP - Kerosen sebelum diradiasi
- II. TBP - Kerosen sesudah diradiasi

Gambar. 3

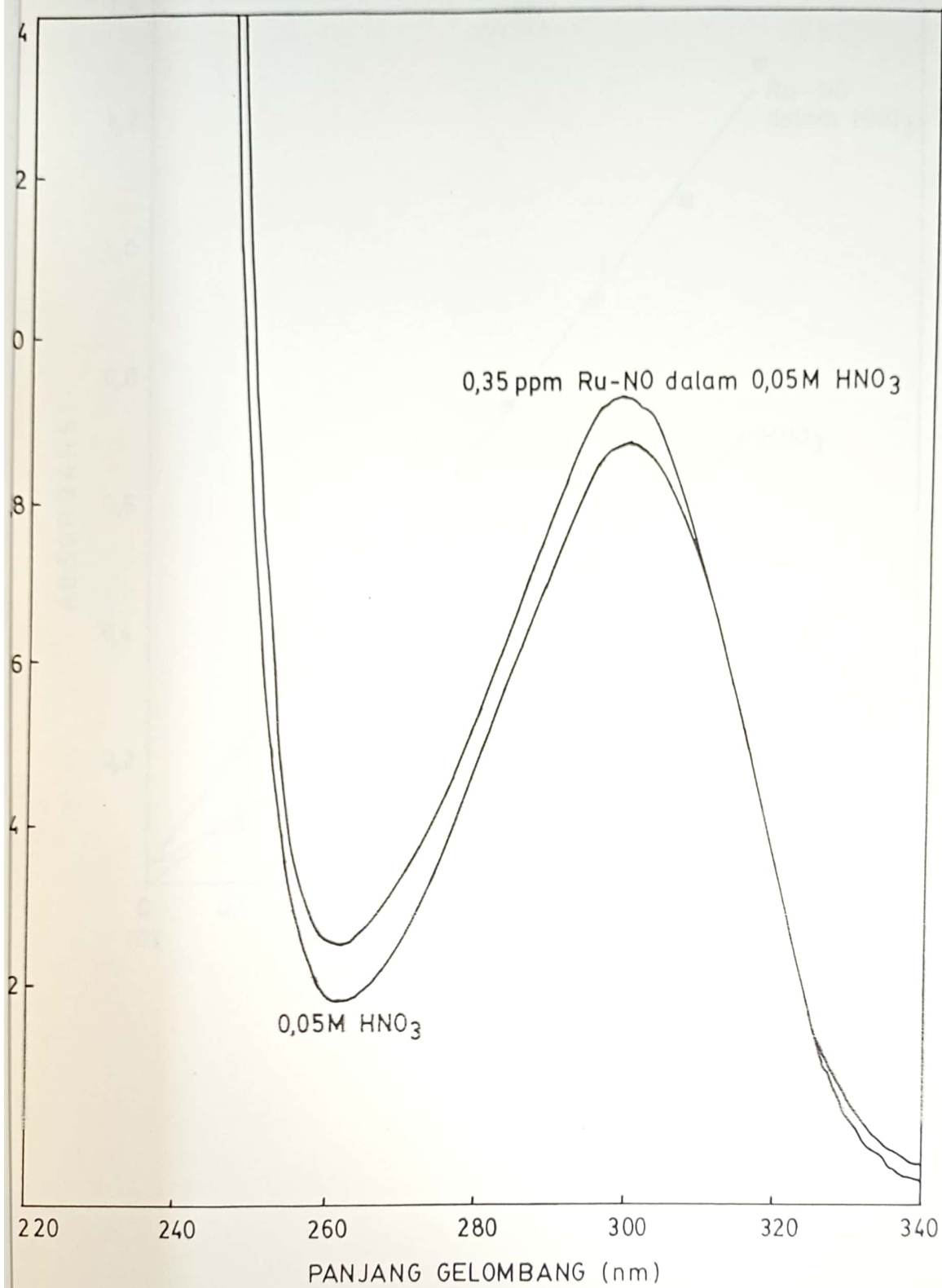
01-21

PERSEN TRANSMISI

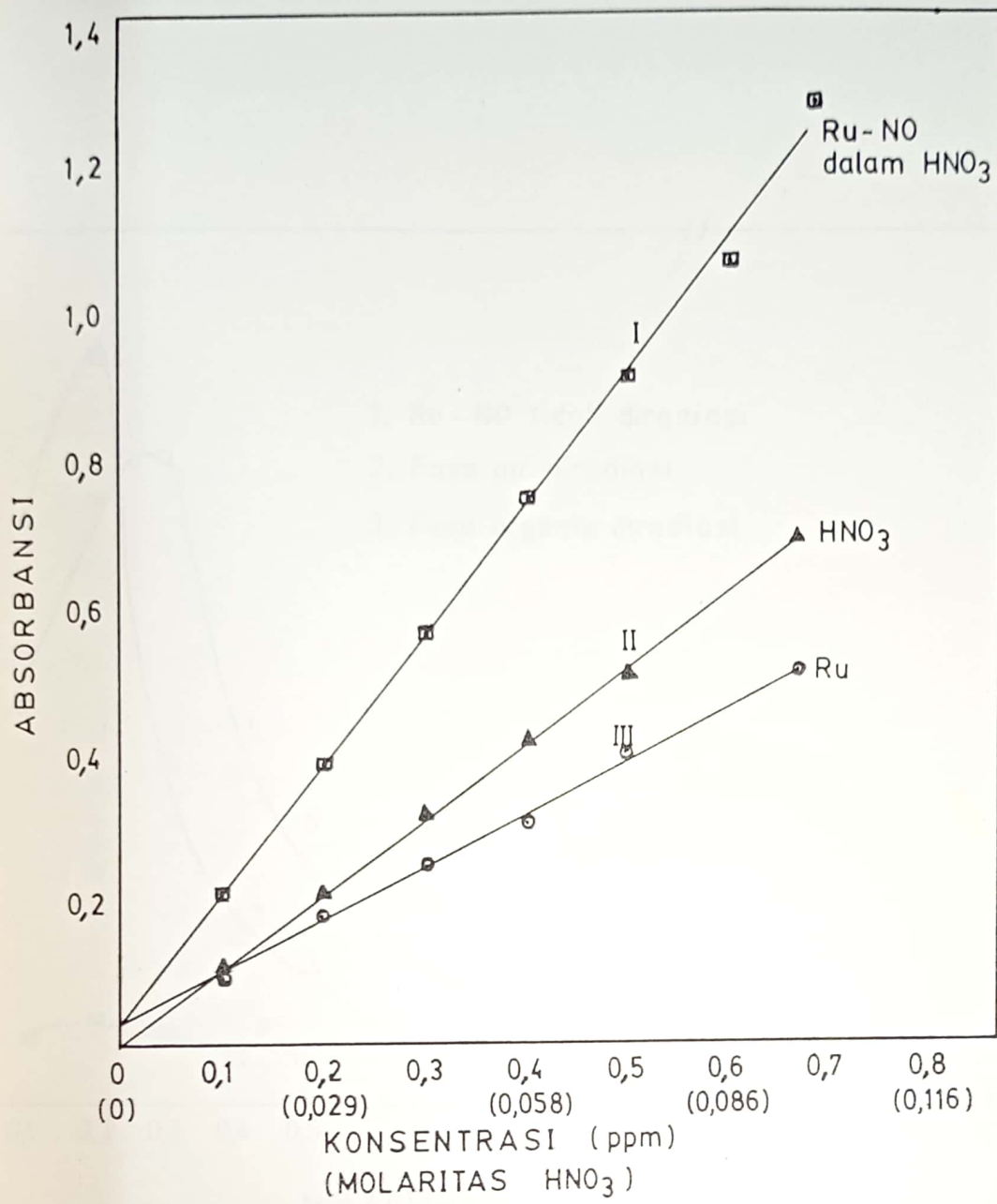


1. TBP - Kerosen
2. TBP - Kerosen mengandung senyawa kompleks Ru-NO
3. 2 Setelah diradiasi

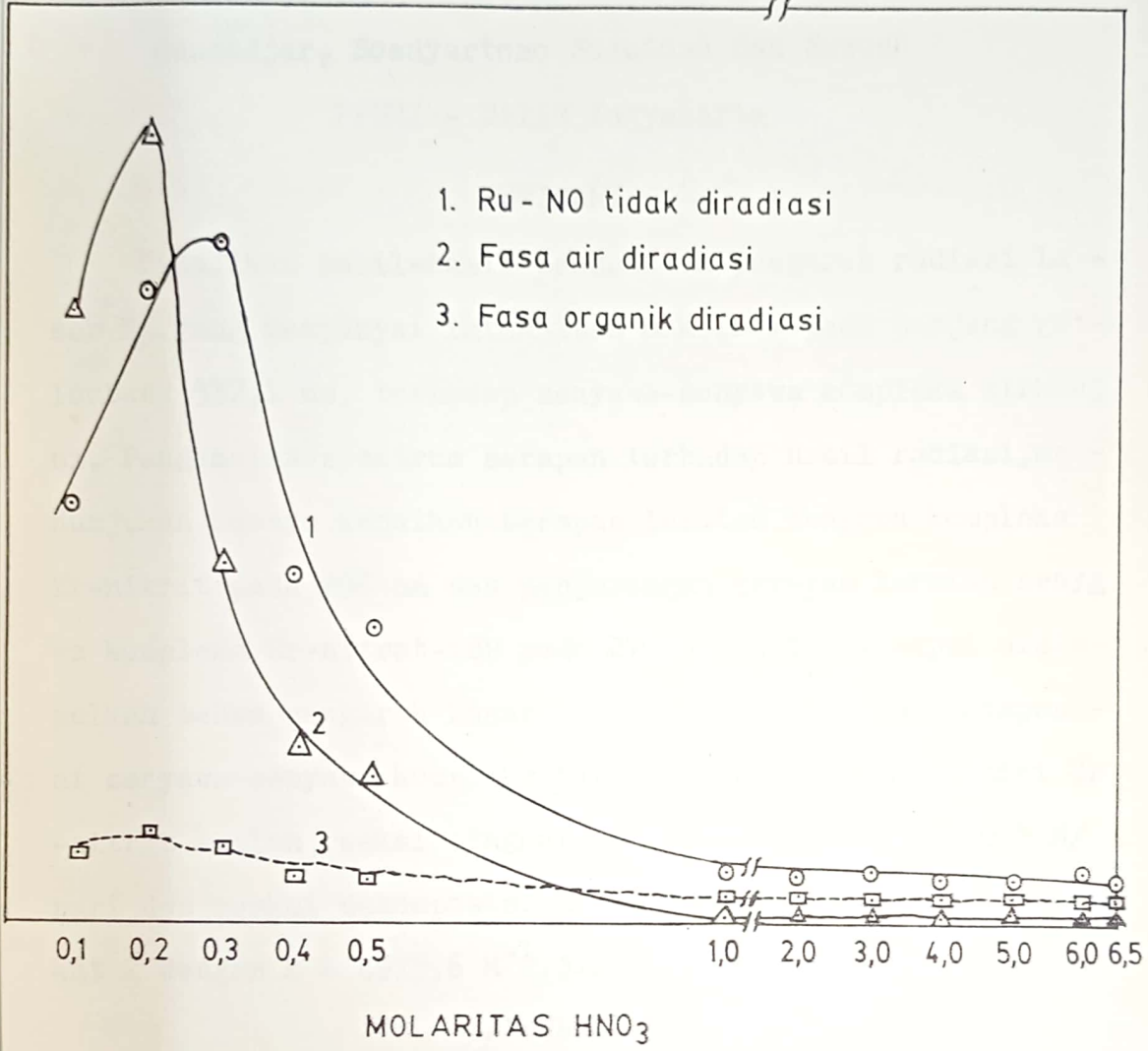
Gambar. 4



Gambar. 5



Gambar. 6



Gambar. 7