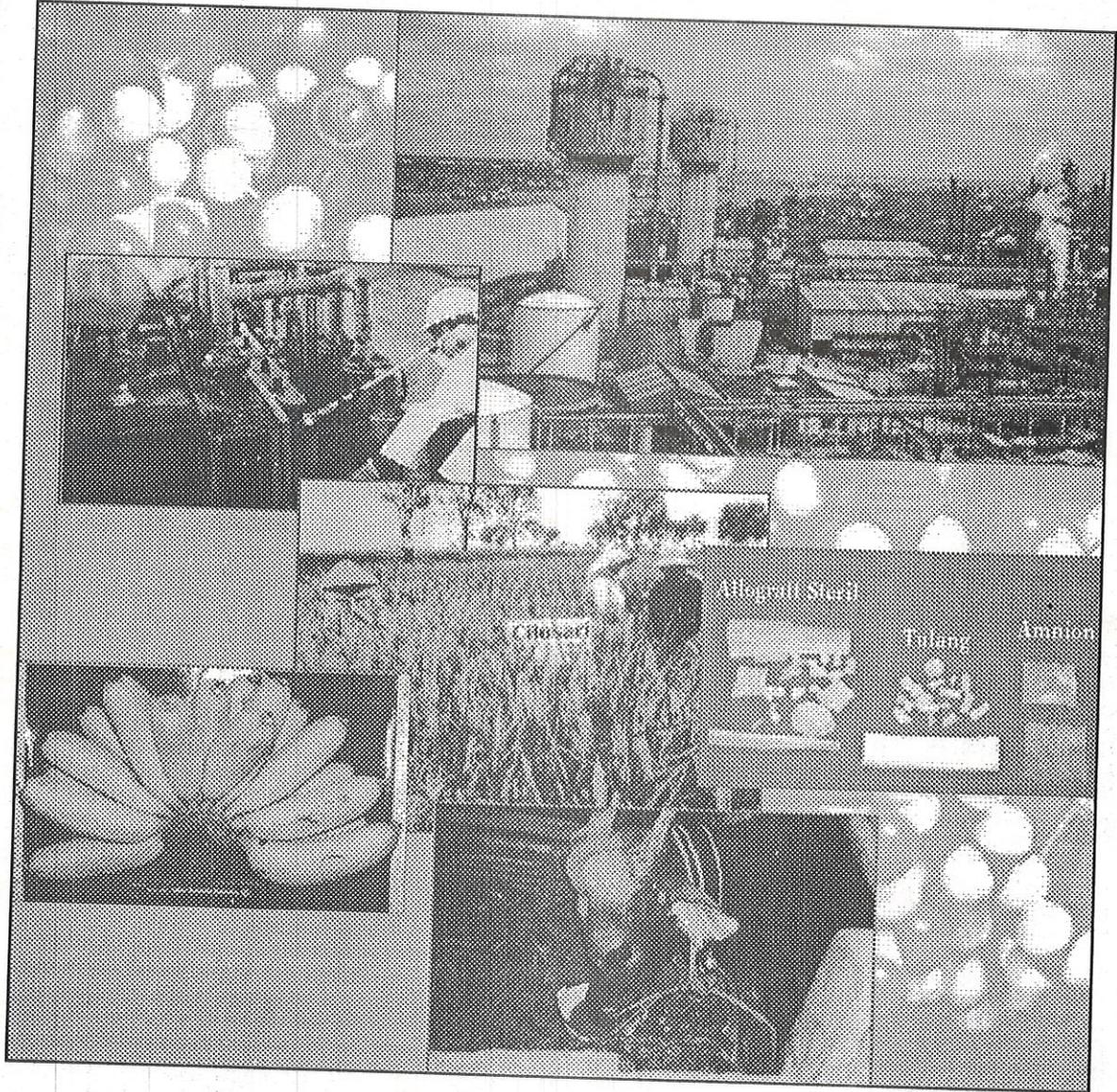


RISALAH PERTEMUAN ILMIAH PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN APLIKASI ISOTOP DAN RADIASI



**Industri, Lingkungan, Kesehatan,
Pertanian dan Peternakan**



**BADAN TENAGA NUKLIR NASIONAL
PUSLITBANG TEKNOLOGI ISOTOP DAN RADIASI
JAKARTA, 2002**

ISBN 979-82708-5-0

RISALAH PERTEMUAN ILMIAH
RENETIAN DAN PENGEMBANGAN
APLIKASI ISOTOP DAN RADIASI



Industri, Lingkungan, Kesehatan,
Pertanian dan Peternakan

BADAN TENAGA NUKLIR NASIONAL
PUSITBANG TEKNOLOGI ISOTOP DAN RADIASI
JAKARTA, 2002



**RISALAH PERTEMUAN ILMIAH
PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN
APLIKASI ISOTOP DAN RADIASI
2001**

Jakarta, 6 - 7 Nopember 2001

Industri, Lingkungan, Kesehatan,
Pertanian dan Peternakan



**BADAN TENAGA NUKLIR NASIONAL
PUSLITBANG TEKNOLOGI ISOTOP DAN RADIASI**

RISALAH PERTEMUAN ILMIAH
PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN
APLIKASI ISOTOP DAN RADIASI

2001

Jakarta, 6 - 7 Nopember 2001

Pertanian dan Perikanan,
Industri, Lingkungan, Kesehatan,



BADAN TENAGA NUKLIR NASIONAL
PUSITBANG TEKNOLOGI ISOTOP DAN RADIASI

Penyunting :

1. Dra. Nazly Hilmy, Ph.D, APU
2. Dr. Ir. Moch. Ismachin, APU
3. Dr. F. Suhadi, APU
4. Ir. Elsje L. Pattiradjawane, MS, APU
5. Dr. Singgih Sutrisno, APU
6. Marga Utama, B.Sc, APU
7. Ir. Wandowo
8. Dr. Made Sumatra, MS, APU
9. Dr. Mugiono, APU
10. Drs. Edih Suwadji, APU
11. Dr. Sofjan Yatim
12. Dr. Ishak, M.Sc. M.ID, APU
13. Dr. Nelly D. Leswara
14. Dr. Ir. Komaruddin Idris

P3TIR - BATAN
Universitas Indonesia
Institut Pertanian Bogor

PERTEMUAN ILMIAH PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN APLIKASI ISOTOP DAN RADIASI (2002 : JAKARTA), Risalah pertemuan ilmiah penelitian dan pengembangan aplikasi isotop dan radiasi, Jakarta, 6 - 7 Nopember 2001 / Penyunting, Nazly Hilmy ... (et al) -- Jakarta : Badan Tenaga Nuklir Nasional, Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Isotop dan Radiasi, 2002. 1 jil.; 30 cm

Isi jil. 1. Industri, Lingkungan, Kesehatan, Pertanian dan Peternakan

ISBN 979-95709-8-0

I. Isotop - Seminar I. Judul II. Nazly Hilmy

541.388

Alamat : Puslitbang Teknologi Isotop dan Radiasi
Jl. Cinere Pasar Jumat
Kotak Pos 7002 JKSKL
Jakarta 12070
Telp. : 021-7690709
Fax. : 021-7691607; 7513270
E-mail : p3tir@batan.go.id; sroji@batan.go.id
Home page : <http://www.batan.go.id/p3tir>

DAFTAR ISI

Pengantar	i
Daftar Isi	iii
Laporan Ketua Panitia Pertemuan Ilmiah	vii
Sambutan Kepala Badan Tenaga Nuklir Nasional	ix
MAKALAH UNDANGAN	
Strategi Pengembangan Sumber Daya Manusia untuk Pemberdayaan Usaha Kecil Menengah PROF. Dr. ERIYATNO (Deputi SDM - BPSD KUKM)	1
Role of Isotopes and Radiation for Industrial Development and Advance Materials Dr. TADAO SEGUCHI (TRCRE, JAERI)	5
Strategi Pengembangan Industri Nasional Memasuki Abad Ke-21 Dirjen Industrial Kimia, Agro dan Hutan Industri	9
MAKALAH PESERTA	
Penyelidikan tingkat kebocoran bendungan Jatiluhur dengan pendekatan isotop alam dan hidro-kimia PASTON SIDAURUK, INDROJONO, DJIONO, EVA RISTA RISTIN, SATRIO, dan ALIP	25
Penyelidikan daerah imbuhan air tanah Bekasi dengan teknik hidroisotop SYAFALNI, M. SRI SAENI, SATRIO, dan DIJONO	33
Indikasi erosi di daerah perkebunan teh - gunung mas - Puncak - Jawa Barat menggunakan isotop alam ¹³⁷ Cs NITA SUHARTINI, BAROKAH ALIYANTA, dan ALI ARMAN LUBIS	43
Penentuan konsentrasi ²²⁶ Ra dalam air minum dan perkiraan dosis interna dari beberapa lokasi di Jawa dan Sumatera SUTARMAN, MARZAINI NAREH, TUTIK INDIYATI, dan MASRUR	49
Daerah resapan air tanah cekungan Jakarta WANDOWO, ZAINAL ABIDIN, ALIP, dan DIJONO	57
Radioaktivitas lingkungan pantai Makassar : Pemantauan unsur torium dan plutonium dalam sedimen permukaan A. NOOR, N. KASIM, Y.T. HANDAYANI, MAMING, MERLIYANI, dan O. KABI	65
Metode perunut untuk menganalisis sifat aliran air dalam jaringan pipa SUGIHARTO, PUGUH MARTYASA, INDROJONO, HARIJONO, dan KUSHARTONO..	69
Penentuan nilai $\delta^{34}\text{S}$ dalam pupuk dan aplikasinya untuk menentukan sumber sulfur pada air tanah kampung Loji Krawang E. RISTIN PUJI INDIYATI, ZAINAL ABIDIN, JUNE MELLAWATI, PASTON SIDAURUK, dan NENENG L.R.,	75
Pembuatan komposit campuran serbuk kayu - poliester - serat sabut kelapa untuk papan partikel SUGIARTO DANU, DARSONO, PADMONO, dan ANGESTI BETTY	81
Kombinasi pelapisan permukaan kayu lapis Meranti (<i>Shorea spp</i>) dengan metode konvensional dan radiasi Ultra Violet DARSONO, dan SUGIARTO DANU	89

Studi kopolimerisasi radiasi stirena ke dalam film karet alam (Pengaruh dosis iradiasi dan kadar monomer) SUDRAJAT ISKANDAR, ISNI MARLIYANTI, dan MADE SUMARTI K.	95
Pengaruh pencucian dan pemanasan terhadap sifat fisik mekanik barang celup dari lateks alam iradiasi MADE SUMARTI K., MARGA UTAMA, dan DEVI LISTINA	103
Studi distribusi waktu tinggal pada proses pencampuran kontinu dengan model bejana berderet SUGIHARTO, INDROJONO, KUSHARTONO, dan IGA WIDAGDA	109
Studi radiasi latar belakang sinar Gamma di laboratorium Sedimentologi, P3TIR, BATAN dengan spektrometri Gamma ALI ARMAN LUBIS, BAROKAH ALIYANTA, dan DARMAN	117
Penentuan Uranium dan Thorium sedimen laut dengan metode aktif dan pasif ALI ARMAN LUBIS, dan JUNE MELLAWATI	125
Deteksi virus hepatitis B (VHB) dalam serum darah dengan teknik PCR (<i>Polymerase Chain Reaction</i>) LINA, M.R., DADANG S., dan SUHADI, F.,	131
Pendahuluan pembuatan Kit Ria mikroalbuminuria untuk pemeriksaan albuminuria SUKIYATI D.J., SITI DARWATI, GINA M., DJOHARLY, TRININGSIH, dan SULAIMAN	137
Ekstraksi Uranium dari limbah cair artifisial dengan teknik membran cair aliran kontinu RUSDIANASARI, dan BUCHARI	143
Meningkatkan akurasi probabilitas pancaran sinar Gamma energi 165.9 keV untuk ¹³⁹ Ba dengan peralatan koinsiden 4 $\pi\beta$ - γ NADA MARNADA, dan GATOT WURDIYANTO	149
Efek demineralisasi dan iradiasi gamma terhadap kandungan Kalsium dan kekerasan tulang <i>Bovine</i> liofilisasi B. ABBAS, F. ANAS, S. SADJIRUN, P. ZAKARIA, dan N. HILMY	155
<i>Rejection study of cancelous allograft in emergency orthopaedic operation</i> MENKHER MANJAS, and NAZLY HILMY	161
<i>Experience of using amniotic membrane after circumcision</i> MENKHER MANJAS, ISMAL, and DODY EFMANSYAH	165
<i>Using amniotic membrane as wound covering after cesarean section operation</i> MENKHER M., and HELFIAL HELMI	169
Efek <i>Glutathione</i> terhadap daya tahan khamir <i>Schizosaccharomyces pombe</i> yang diiradiasi dalam N ₂ , N ₂ O, dan O ₂ NIKHAM	173
Radiolisis pati larut sebagai senyawa model polisakarida. I. Efek pelarut dan laju dosis iradiasi YANTI S. SOEBIANTO, SITI MEILANI S., dan DIAH WIDOWATI	181
Pengaruh iradiasi gamma terhadap derajat kekuningan (<i>Yellowness Index</i>) dan sifat mekanik plastik pengemas makanan RINDI P. TANHINDARTO, dan DIAN I.	191
Metode analisis unsur dengan spektrometri <i>total reflection x-ray fluorescence</i> YULIZON MENRY, ALI ARMAN LUBIS, dan PETER WOBRAUSCHEK	205

Pembentukan galur tanaman kacang tanah yang toleran terhadap Aluminium melalui kultur <i>in vitro</i> ALI HUSNI, I. MARISKA, M. KOSMIATIN, ISMIATUN, dan S. HUTAMI	215
Pembentukan kalus dan <i>spot</i> hijau dari kultur Antera galur mutan cabai keriting (<i>Capsicum annuum</i> L.) secara <i>in vitro</i> AZRI KUSUMA DEWI, dan ITA DWIMAHYANI	221
Peningkatan toleransi terhadap Aluminium dan pH rendah pada tanaman kedelai melalui kultur <i>in vitro</i> IKA MARISKA, SRI HUTAMI, dan MIA KOSMIATIN	225
Efek radiasi sinar gamma dosis rendah pada pertumbuhan kultur jaringan tanaman ciplukan (<i>Pysalis angulata</i> L.) ROSMIARTY A. WAHID	235
Pengujian galur mutan Sorghum generasi M4 terhadap kekeringan di Gunung Kidul SOERANTO, H., CARKUM, SIHONO, dan PARNO	241
Evaluasi penampilan fenotip dan stabilitas beberapa galur mutan kacang hijau di beberapa lokasi percobaan RIYANTI SUMANGGONO, dan SOERANTO HUMAN	247
Penggunaan pupuk hayati fosfat alam untuk meningkatkan produksi tanaman jagung di lahan kering HAVID RASJID, J. WEMAY, E.L. SISWORO, dan W.H. SISWORO	255
Pertumbuhan dan produksi kacang hijau pada kondisi ketersediaan air terbatas THOMAS	261
Peningkatan keragaman sifat agronomi tanaman melati <i>Jasminum sambac</i> (L.) W. Ait dengan teknik mutasi buatan LILIK HARSANTI, dan MUGIONO	273
Pengaruh sumber eksplan dan <i>Thidiazuron</i> dalam media terhadap regenerasi eksplan mutan nilam (<i>Pogostemon cablin</i> Benth.) ISMIYATI SUTARTO, MASRIZAL, dan YULIASTI	281
Kombinasi bahan organik dan pupuk N inorganik untuk meningkatkan hasil dan serapan N padi gogo IDAWATI, dan HARYANTO	287
Kuantifikasi transformasi internal ¹⁵ N untuk memprediksi daya suplai Nitrogen pada lahan paska deforestasi I.P. HANDAYANI, P. PRAWITO, dan E.L. SISWORO	295
Pengaruh fosfat alam dan pupuk kandang terhadap efisiensi pemupukan P pada oxisol Sumatera Barat JOKO PURNOMO, KOMARUDDIN IDRIS, SUWARNO, dan ELSJE L. SISWORO	305
Studi kandungan unsur mikro pada UMMB sebagai suplemen pakan ternak ruminansia FIRSONI, YULIZON MENRY, dan BINTARA HER SASANGKA	313
Penggunaan suplemen pakan dan pemanfaatan teknik <i>radioimmunoassay</i> (RIA) untuk meningkatkan efisiensi Inseminasi Buatan (IB) TOTTI TJIPTOSUMIRAT, DADANG SUPANDI, dan FIRSONI	319
Pembuatan antibodi pada kelinci yang diimunisasi dengan <i>Brucella abortus</i> SUHARNI SADI	325

Pengaruh dosis inokulasi <i>Trypanosoma evansi</i> terhadap gambaran darah hewan inang menci	
M. ARIFIN	333
Penentuan dosis iradiasi pada <i>Fasciola gigantica</i> (cacing hati) yang memberi perlindungan pada kambing	
B.J. TUASIKAL, M. ARIFIN, dan TARMIZI	337
Pengalihan jenis kelamin ikan nila gift (<i>Oreochromis nilotichus</i>) dengan pemberian hormon testosteron alami	
ADRIA P.M. HASIBUAN, dan JENNY M. UMAR	345
Pengamatan klinis dan serologis pada domba pasca vaksinasi L-3 iradiasi cacing <i>Haemonchus contortus</i> dalam uji skala lapangan	
SUKARJI PARTODIHARDJO, dan ENUH RAHARJO	349
Pengaruh iradiasi terhadap cemaran bakteri pada udang windu (<i>Penaeus monodon</i>)	
HARSOJO, DIDI ROHADI, LYDIA ANDINI S., dan ROSALINA S.H.	355
Kondisi optimal untuk penentuan radioaktivitas serangga hama bertanda P-32 dengan menggunakan pencacah sintilasi cair	
YARIANTO S., BUDI SUSILO, dan S. SUTRISNO	361
Kemandulan terinduksi radiasi pada hama kapas <i>Helicoverpa armigera</i> Hubner (Lepidoptera : Noctuidae) dan kemandulan yang diturunkan pada generasi F1	
SUHARYONO, dan S. SUTRISNO	367
Pengembangan parasitasi <i>Biosteres</i> sp pada larva <i>Bactrocera carambolae</i> (DREW & HANCOCK) sebagai komplementer teknik serangga mandul	
DARMAWI SIKUMBANG, INDAH A. NASUTION, M. INDARWATMI, dan ACHMAD N. KUSWADI	373
Pengaruh iradiasi gamma terhadap Thiamin & Riboflavin pada ikan tuna (<i>T. thynnus</i>) dan salem (<i>Onchorhynchus gorbuscha</i>) segar	
RINDY P. TANHINDARTO, FOX, J.B., LAKRITZ, L., dan THAYER, D.W.	379
Budidaya ikan Nila gift yang diberi pakan pelet kelapa sawit	
YENNI M.U., dan ADRIA P.M.	385
Sintesis hidrogel kopoli (2-hidroksi etil metakrilat/N-vinil pirrolidon) dengan iradiasi gamma dan imobilisasi ametrin	
ERIZAL	389

METODE ANALISIS UNSUR DENGAN SPEKTROMETRI TOTAL REFLECTION X-RAY FLUORESCENCE

Yulizon Menry*, Ali Arman Lubis*, dan Peter Wobrauschek**

* Puslitbang Teknologi Isotop dan Radiasi, BATAN, Jakarta

** Atominstutute der Osterreichischen Universitaten, Vienna, Austria

ABSTRAK

METODE ANALISIS UNSUR DENGAN SPEKTROMETRI TOTAL REFLECTION X-RAY FLUORESCENCE. Telah dilakukan penentuan beberapa unsur dalam contoh *Standar Reference Material Soil-7* dan *Orchard Leaves* dari IAEA dengan metode analisis *total reflection x-ray fluorescence*. Analisis kualitatif menggunakan paket program AXIL (*Analysis of X-Ray Spectra by Iterative Least-squares fitting*) dan analisis kuantitatif menggunakan metode perbandingan langsung dengan *internal standar Ga*. Spektrometer dilengkapi dengan sebuah *monokromator (cut off)* yang berfungsi untuk menyerap jenis energi tinggi dari sumber pegeksitasi. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa metoda ini mampu menganalisis unsur-unsur dalam contoh berbentuk tipis dengan deviasi berkisar antara 0,63 – 13,87 % dan batas deteksi terendah (MDL) sistem mencapai orde ppb.

ABSTRACT

ELEMENTAL ANALYSIS METHOD USING TOTAL REFLECTION X-RAY FLUORESCENCE SPECTROMETRY. Determination of several elements in Standard Reference Material Soil-7 and Orchard Leaves from IAEA has been done by means of Total Reflection X-Ray Fluorescence Spectrometry. Qualitative analysis using AXIL (Analysis of X-Ray Spectra by Iterative Least-squares fitting) program and quantitative analysis using comparative method with internal standard Ga. The spectrometer is complemented with a monochromator (cut-off) which its function is to absorb high energy from the excitation sources. The result shows this method can analyze the elements of thin sample with the deviation between 0.63 – 13.87 % and the minimum detection limit (MDL) of the instrument in ppb.

PENDAHULUAN

Metode spektrometri pendar sinar-x (XRFS) berkembang pesat sejak tahun 1958, metode ini termasuk metode nuklir karena didasarkan pada pengukuran sifat-sifat nuklir dari suatu unsur yang dianalisis. Metode ini mempunyai beberapa kelebihan diantaranya: preparasi contoh yang sederhana, tidak merusak contoh dan mampu menganalisis unsur dalam contoh secara serentak. Pada awalnya metode ini digunakan untuk analisis contoh-contoh berbentuk padat seperti contoh geologi, logam, tanah, hasil industri yang konsentrasi unurnya berorde %. Metode ini juga dikenal mempunyai kesalahan sistematik yang disebabkan oleh pengaruh absorpsi dan *enhancement* oleh contoh yang didefinisikan sebagai pengaruh matrik. Upaya untuk mengurangi kekurangan tersebut telah dilakukan dengan memperlakukan contoh ke dalam bentuk tipis yang bertujuan untuk mengurangi pengaruh matrik (3,8,9).

Perkembangan yang sangat berarti dalam unjuk kerja dan ketelitian metoda analisis XRF dicapai pertama kali oleh YONEDA dan HORIUCHI (1971). Percobaan dilakukan dengan menempatkan suatu contoh bentuk tipis diatas plat *reflector quartz*, kemudian contoh tersebut diiradiasi dengan suatu sumber pegeksitasi (tabung x-ray) dengan besaran sudut sinar datang lebih kecil (<) dari besaran sudut kritis pantulan total. Dengan model operasi seperti ini, untuk pertama kalinya jumlah contoh < 10⁻⁹ gr dapat

dideteksi secara langsung dengan menggunakan detektor *energy-dispersive X-ray* (1,2,3,9).

Metode analisis spektrometri *Total-Reflection X-Ray Fluorescence* adalah relatif baru untuk analisis unsur mikro dan runtu. Metode ini mempunyai perbedaan yang mendasar yang juga merupakan kelebihannya dibandingkan dengan metode XRF konvensional yaitu:

- besaran sudut datang iradiasi dari sumber pegeksitasi ke permukaan contoh yang sangat kecil (< 0.1°) sehingga pita energi sumber pegeksitasi menjadi sempit, terfokus dan tetap.
- Pengurangan jumlah intensitas hamburan dari contoh yang cukup besar.
- Jarak contoh dan detektor yang semakin dekat sehingga mengurangi intensitas pendar yang hilang ditengah jalan.
- *Double* eksitasi contoh oleh sinar datang dan sinar pantul.
- Jumlah contoh yang cukup kecil untuk keperluan analisis.
- Nilai batas deteksi terendah (MDL) yang sangat baik.
- Tidak diperlukannya koreksi absorpsi dan *enhancement* pada perhitungan kuantitatif.

Sedangkan bentuk contoh yang terbaik untuk metode analisis ini adalah bentuk cair (1,2,3,9).

Pengukuran intensitas pendar sinar-x pada permukaan contoh sangat sensitif terhadap variasi sudut

sinar datang karena hasil pengukuran ini diperoleh dari peristiwa transisi-transisi yang terjadi di sekitar daerah sudut kritis pada permukaan contoh. Pada daerah ini perubahan kecil pada energi-energi dari sumber pegeksitasi dapat menghasilkan perubahan besar pada intensitas pendar sinar-x yang dihasilkan, oleh sebab itu diatasi dengan menggunakan jenis sinar pegeksitasi yang monokromatis. Sebuah monokromator (*cut off*) dapat memilih pita energi yang sempit pada energi tertentu dari sumber pegeksitasi, seperti energi $K\alpha$ dari Mo atau $L\beta$ dari W dengan cara mengatur sudut sinar datang. Umumnya kristal monokromator mempunyai resolusi yang tinggi terhadap energi tapi rendah dalam kemampuan pemantulan sehingga metode ini menggunakan tabung pegeksitasi x-ray yang dapat diatur tenaganya sebagai sumber pegeksitasi (1,2,3,9).

Analisis dengan spektrometri pendar sinar-x mempunyai hubungan yang tidak linear antara intensitas karakteristik sinar-x yang terukur dengan konsentrasi. Ketidaklinearan ini disebabkan oleh peristiwa *self-absorption*, yaitu ikut terabsorbsinya pendar sinar-x yang dihasilkan oleh unsur-unsur yang terdapat dalam suatu contoh oleh matrik contoh itu sendiri dan peristiwa *enhancement*, yaitu bertambahnya jumlah pendar sinar-x suatu unsur akibat proses eksitasi hasil pendaran sinar-x unsur lain dalam contoh tersebut (1,2,3,9).

Hubungan antara intensitas pendar sinar-x dengan konsentrasi unsur dalam contoh dinyatakan dengan persamaan berikut (1,3,4,7,8,9):

$$I_i = S_i \cdot C_i \cdot T_i (c_1, c_2, \dots, c_n) \cdot H_i (c_1, c_2, \dots, c_n) \quad (1)$$

dengan, I_i adalah intensitas unsur i dalam contoh (cacah/det), S_i sensitifitas spektrometer untuk unsur i (cacah/det)/(g/cm²), C_i konsentrasi unsur i , T_i dan H_i adalah faktor *self-absorption* dan *enhancement*. Pada kondisi contoh dalam bentuk tipis (ketebalan < 1 mm), besaran kedua faktor T_i dan H_i adalah konstan dan dianggap sama dengan 1, sehingga persamaan (1) menjadi:

$$I_i = S_i \cdot C_i \cdot (\rho d) \quad (2)$$

dimana ρd adalah densitas permukaan pada permukaan *reflector* (g/cm²), ρ densitas dalam gr/cm³ dan d ketebalan dalam cm.

Berdasarkan rumus diatas, hubungan intensitas dan konsentrasi suatu unsur menjadi linear, nilai *slope* pada kurva kalibrasi dan nilai sensitifitas menjadi tidak tergantung kepada matrik contoh sehingga proses kuantifikasi dapat dilakukan dengan metode perbandingan langsung. Sebagai standar digunakan *internal standar* yang ditambahkan kedalam contoh. Nilai sensitifitas masing-masing unsur pada setiap contoh adalah konstan. Sensitifitas didefinisikan sebagai nilai dari hasil percobaan intensitas pendar sinar-x dari unsur dalam bentuk contoh tipis per satuan berat area. Sensitifitas juga bergantung pada tetapan fisika, geometri, parameter spektrometer serta jenis tabung pegeksitasi yang digunakan.

Semua pengukuran dilakukan relatif terhadap *internal standar* yang dimasukkan ke dalam contoh dan dilakukan dengan melibatkan sensitifitas relatif masing-masing unsur yang dianalisis dalam suatu seri larutan standar. Contoh dan juga seri larutan standar disiapkan dengan menambahkan suatu *internal standar* yang telah diketahui konsentrasinya.

Metode kuantifikasi dibagi menjadi dua langkah yaitu penentuan sensitifitas sistim dengan seri larutan standar dan pengukuran contoh dengan metode perbandingan langsung. Untuk langkah pertama yang bertujuan untuk mendapatkan sensitifitas relatif spektrometer untuk masing-masing unsur, maka dari persamaan (1) dapat ditulis persamaan-persamaan yang digunakan terhadap seri larutan standar yang kedalamnya ditambahkan *internal standar*.

$$I_{si} = S_i \cdot C_{si} \cdot \rho \cdot d \quad (3)$$

$$I_{SIS} = S_{SIS} \cdot C_{SIS} \cdot \rho \cdot d \quad (4)$$

dimana I_{si} adalah intensitas seri larutan standar untuk unsur i , I_{SIS} intensitas *internal standar* dalam seri larutan standar, S_{SIS} sensitifitas *internal standar*, C_{si} konsentrasi seri larutan standar unsur i dan C_{SIS} konsentrasi *internal standar* dalam seri larutan standar.

Dengan memperbandingkan persamaan (3) dan (4) maka didapatkan nilai relatif sensitifitas relatif unsur i (S_i / S_{SIS}):

$$(S_i / S_{SIS}) = (I_{si} / I_{SIS}) \cdot (C_{si} / C_{SIS}) \quad (5)$$

Untuk langkah kedua yang bertujuan untuk menentukan konsentrasi unsur dalam contoh maka digunakan metode pengukuran perbandingan langsung:

$$C_i = (I_i / I_s) \cdot (S_i / S_s) \cdot C_s \quad (6)$$

substitusi nilai (S_i / S_{SIS}) persamaan (5) ke persamaan (6) didapat:

$$C_{xi} = (I_{xi} / I_{xis}) \cdot (S_i / S_{SIS}) \cdot C_{XIS}$$

dimana I_{xi} adalah intensitas unsur i dalam contoh, I_{xis} intensitas *internal standar* dalam contoh dan C_{XIS} konsentrasi *internal standar* dalam contoh.

Batas deteksi terendah (*Minimum Detection Limit*, MDL) adalah batas pengukuran konsentrasi terendah yang masih dapat diukur dengan menggunakan sistim tersebut, bila hasil pengukuran lebih besar dari batas deteksi terendah (> MDL) maka hasil pengukuran tersebut layak dipercaya, MDL dirumuskan (4,8,9,11):

$$MDL = \frac{3}{S_i} * \sqrt{\frac{I_{Bg}}{t}}$$

dengan I_{Bg} adalah intensitas *background* unsur i , t waktu cacah dan S_i sensitifitas unsur i . Dari rumus diatas nilai MDL untuk metode analisis dengan TXRF dapat dimaksimalkan antara lain dengan:

- Meningkatkan nilai sensitifitas sistem (S) dengan cara memperkecil jarak sumber-contoh-detector sehingga area deteksi oleh detektor menjadi lebih luas, menaikkan tenaga sumber pengekstisasi, memperkecil pita energi sumber dengan menggunakan sebuah monokromator (*cut off*).
- Memperkecil intensitas background (I_{Bg}) dengan cara membentuk contoh tipis sehingga dapat mengurangi pengaruh hamburan, *absorbtion* dan *enhancement*.
- Memperpanjang waktu pengukuran (t)

Tujuan penelitian ini ialah untuk mengetahui sejauh mana metode analisis spektrometri *Total Reflection X-Ray Fluorescence* ini mampu menganalisis kandungan unsur dalam suatu contoh.

BAHAN DAN METODE

Bahan. Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah: *aquabidest*, HNO_3 pekat, beberapa larutan induk standar 1000 ppm seperti Ca, V, Ti, Cr, Mn, Fe, Co, Ga, Ni, Cu, Zn, Se dan Sr buatan MERCK sebagai seri larutan standar, larutan standar Ga sebagai *internal* standar, *Standard Reference Materials Soil 7* dan *Orchard Leaves* dari IAEA, PVA (*poly vinyl alcohol*) dan H_2O_2 .

Peralatan. Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah seperangkat spektrometri *Total Reflection X-ray Fluorescence* yang terdiri dari modul TXRF (sistem *reflector*, *collimator* dan *monocromator*), plat *fluorescence* (ZnS), kamera mini TVCCD 200, TV monitor Sanyo Model VM209, detektor Si(Li) PGT, tabung x-ray (Mo dan W) Siemens AG CR 61, generator Philips type PW 1320/00, HV (*power supply*), penguat awal (*Pre-amplifier*), penguat akhir (*Amplifier*), ADC (*Analog to Digital Converter*), pencacah salur ganda (MCA), komputer dan printer serta paket program QXAS-AXIL (*Quantitative X-Ray Analysis System-Analysis of X-Ray Spectra by Iterative Least-squares fitting*). Peralatan lain yang digunakan adalah timbangan analitik, desikator, pinset, lampu infra merah, *vessel* dan *microwave*.
Diagram alat dapat dilihat pada Gambar 1.

PROSEDUR

Pengaturan modul TXRF. Modul TXRF mempunyai 3 (tiga) bagian penting yaitu *reflector* (tempat sample), *collimator* dan *monocromator* (*cut off*) yang harus diatur posisinya untuk mendapatkan hasil yang maksimal. Posisi *reflector* harus sejajar dengan permukaan detektor, pemilihan *collimator* disesuaikan dengan jenis jendela tabung x-ray dan ditempatkan segaris dengan jendela pada *collimator* dan dengan menggunakan *fluorescencer* ZnS atau kamera mini, kondisi optimum yang akan dicapai ditandai dengan didapatkannya intensitas sinar yang tertinggi. Sedangkan pengaturan posisi *monocromator* dan

reflector dilakukan dengan mengatur sudut-sudut kedua komponen tersebut hingga didapatkan dua berkas sinar (berkas sinar datang dan pantulannya) yang sama intensitasnya. Kemudian dengan mengatur *stopper* terusan berkas sinar datang dari *monocromator* dihalangi dan yang diteruskan ke *reflector* adalah berkas sinar pantulnya (1,2,3).

Penentuan Sensitifitas Sistem. Penentuan sensitifitas sistem menggunakan beberapa larutan induk standar 1000 ppm seperti Ca, V, Ti, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Se dan Sr buatan MERCK. Masing-masing larutan induk standar satu persatu dipipet (masing-masing 5 μ l) dengan mikropipet dan ditetaskan ditengah-tengah *reflector*, selanjutnya dikeringkan dengan menggunakan lampu infra merah. Setelah kering, tambahkan 10 μ l PVA (*poly vinyl alcohol*) untuk melekatkan lapisan tipis yang terbentuk di *reflector* dan keringkan kembali. *Reflector* yang berisi lapisan tipis dari standar-standar dengan konsentrasi masing-masing 5 ppm tersebut ditempatkan di dalam *petridish*, untuk menghindari kontaminasi udara. Selanjutnya dilakukan pencacahan *reflector* selama 500 detik dan spektrum disimpan di *hardisk* dan kemudian diolah dengan menggunakan program AXIL. Tetapan fisika dan parameter spektrometer juga diperlukan untuk mendapatkan nilai sensitifitas sistem selain nilai-nilai hasil cacahan.

Aplikasi metode analisis dengan menggunakan SRM Soil-7 dan Orchard Leaves. Pada penelitian ini metode analisis spektrometri TXRF diaplikasikan untuk menentukan unsur dalam *Standard Reference Materials Soil-7* dan *Orchard Leaves* dari *International Atomic Energy Agency* (IAEA) yang dianggap sebagai contoh. Masing-masing contoh ditimbang sebanyak 100 mg, dimasukkan kedalam *vessel*, tambahkan 4 ml HNO_3 pekat, dimasukkan kedalam *microwave*, dan diatur waktu dan tenaga *microwave* (1 menit dan 20%), setelah larut, didinginkan dan tambahkan H_2O_2 untuk menghilangkan sisa matrik dan membuat larutan menjadi bening. Tepatkan larutan menjadi 10 ml dengan menambahkan *aquabidest*. Pipet 10 μ l larutan dengan mikropipet dan tetaskan tepat ditengah-tengah *reflector*, tambahkan *internal standar* (unsur yang tidak terdapat dalam contoh) Ga 50 ppm untuk *Soil-7* dan 10 ppm untuk *Orchard Leaves* dengan cara mengambil 50 μ l dan 10 μ l dengan mikropipet dari 1000 ppm larutan induknya. kemudian keringkan dengan menggunakan lampu infra merah. Setelah kering ditetaskan sebanyak 10 μ l PVA (*poly vinyl Alkohol*) dikeringkan kembali. *Reflector* kemudian di tempatkan di dalam *petridish* dan dilakukan pencacahan *reflector* selama 500 detik. Hasil pencacahan disimpan di *hardisk*, kemudian diolah dengan menggunakan program AXIL. Pencacahan blanko dilakukan dengan cara yang sama tanpa contoh selama 500 detik (13).

Penentuan Batas Deteksi Terendah (MDL). Penentuan batas deteksi terendah (MDL) diprlakukan sama dengan penentuan sensitifitas sistem yaitu dengan

melakukan pengukuran beberapa larutan standar seperti Ca, V, Ti, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Se dan Sr dengan konsentrasi sama dan tertentu (5 ppm). Pencacahan dilakukan lebih lama (± 2 jam) dengan menggunakan 2 jenis tabung pegeksitasi (Mo dan W). Tabung pegeksitasi Mo digunakan untuk analisis unsur medium dan berat (Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Se, Sr, Rb, Zr, Ba, Pb, Hg, Cd dan lain-lain) sedangkan tabung pegeksitasi W digunakan untuk analisis unsur ringan (Ca, V, Ti, Cr, Mn, Fe, Co, Ni). Ulangan pencacahan dilakukan sebanyak 3 kali.

Teknik Pencacahan. Sebelum dilakukan pencacahan, alat spektrometer *total reflection x-ray fluorescence* dan generator tabung dibiarkan hidup kurang lebih 30 menit untuk *warm up*, hidupkan sistim pendingin tabung pegeksitasi, kemudian naikan HV spektrometer perlahan-lahan dengan kecepatan ± 50 volt/detik sampai mencapai nilai 1000 volt, naikkan tegangan dan arus generator untuk tabung perlahan-lahan sampai mencapai 50 KV- 20 mA, kalibrasi sistem spektrometer terlebih dahulu dengan menggunakan larutan unsur yang berbeda (Ca, Fe dan Sr) yang mewakili 3 daerah spektrum. Unsur Ca untuk daerah energi rendah, Fe untuk daerah energi menengah dan Sr untuk daerah energi tinggi.. Pengukuran resolusi (FWHM) detektor diperoleh 178 eV pada energi 5,898 keV (spektrum Fe $K\alpha$) dengan tabung Mo dan 163 eV pada energi 5,898 keV (spektrum Fe $K\alpha$) dengan tabung W. Pencacahan blanko, seri larutan standar dan contoh yang telah diteteskan ke *reflector* dilakukan selama 500 detik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukuran spektrum dengan menggunakan *monocromator (cut off)* dan tidak menggunakan *cut off* dapat dilihat pada gambar 2. Pada gambar 2 terlihat bahwa penggunaan *cut off* dapat mengurangi pendar sinar-x dari jenis energi tinggi sumber ($K\alpha$ pada tabung Mo dan L_1 pada tabung W) yang puncak-puncaknya terletak disebelah kanan puncak hamburan sumber pegeksitasi. Jenis energi tinggi sumber ini antara lain memberikan kontribusi berupa intensitas hamburan Compton dari dalam detektor yang muncul pada didaerah energi rendah (unsur ringan) pada spektrum yang mengakibatkan intensitas *background* didaerah tersebut menjadi lebih besar. Dengan adanya *cut off* ini, jenis energi $K\beta$ atau L_1 akan terserap/terpenetrasi kedalam *reflector cut off* sehingga intensitasnya menjadi jauh berkurang. Akibatnya intensitas *background* pada spektrum dapat dikurangi secara signifikan dan menghasilkan pengukuran yang lebih sensitif serta nilai batas deteksi terendah menjadi lebih baik.

Hasil pengukuran sensitifitas sistem menggunakan tabung sumber pegeksitasi Mo dan W, yaitu plot antara *sensitifitas* dengan *nomor atom* masing-masing unsur dapat dilihat terlihat pada gambar 3a dan 3b. Pada gambar terlihat bahwa makin besar nomor atom makin tinggi sensitifitasnya. Hal ini juga

menunjukkan bahwa unsur dengan nomor atom yang mendekati nomor atom tabung sumber pegeksitasi mempunyai sensitifitas yang lebih tinggi dibandingkan unsur dengan nomor atom yang menjauhi nomor atom tabung sumber pegeksitasi.

Hasil penentuan kandungan unsur dalam *Standard Reference Materials Soil-7* dan *Orchard Leaves* dengan metode analisis spektrometri *total reflection x-ray fluorescence* dapat dilihat pada gambar 4a, gambar4b dan tabel 1. Dari gambar dapat dilihat bahwa sebagian besar puncak unsur-unsur di dalam contoh SRM *Soil-7* dan *Orchard Leaves* dapat dideteksi dan pemisahan puncak antar unsur cukup baik. Puncak unsur Si yang cukup tinggi berasal bukan dari contoh akan tetapi berasal dari bahan *reflector* tempat sampel yaitu kwarsa.

Hasil pengukuran beberapa unsur dalam contoh *Standar Reference Material Soil-7* dan *Orchard Leaves* dibandingkan dengan yang tertera pada sertifikat dapat dilihat pada pada Tabel 1. Pada tabel dapat dilihat analisis beberapa unsur dalam SRM *Soil-7* dan *Orchard Leaves* memberikan hasil yang tidak jauh berbeda dengan nilai yang terdapat pada masing-masing sertifikatnya (Tabel 3 dan 4). Beberapa unsur tidak terdeteksi seperti Co, Ni, Cu dan Se pada kedua SRM karena konsentrasi yang kecil sehingga diperlukan waktu cacah yang cukup lama untuk mendeteksinya. Sedangkan unsur Mn yang konsentrasinya relatif besar pada kedua SRM tidak terdeteksi disebabkan karena puncak energi unsur Mn berbeda beberapa keV dengan puncak energi unsur Fe yang sangat besar sehingga puncak energi unsur Fe menutupi puncak energi unsur Mn. Deviasi hasil pengukuran berkisar antara 0,63 – 13,87 %.

Hasil pengukuran batas deteksi terendah dapat dilihat pada tabel 2, gambar 5a dan 5b menggunakan tabung pegeksitasi Mo dan W. Konsentrasi seri larutan standar yang digunakan (Ca, V, Ti, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Se dan Sr) masing-masingnya adalah 10 ppm. Dari gambar dapat dilihat bahwa pemisahan puncak (resolusi) antar unsur yang cukup baik dengan waktu pengukuran yang pendek (50 detik). Gambar 5a dan 5b juga membuktikan bahwa sensitifitas pengukuran semakin tinggi ketika nomor atom unsur tersebut mendekati nomor atom sumber pegeksitasi dengan konsentrasi unsur yang sama.

Dari tabel 2 dapat dilihat bahwa kemampuan metode analisis dengan spektrometri *Total-Reflection X-Ray Fluorescence* ini mampu menganalisis unsur sampai unit ppb dan semakin lama waktu pengukuran semakin baik nilai batas deteksi terendahnya.

KESIMPULAN

- Penggunaan *monocromator* pada peralatan spektrometri *total reflection x-ray fluorescence* berfungsi untuk menyerap jenis energi tinggi sumber pegeksitasi sehingga dapat menurunkan intensitas *background* yang dihasilkan.
- Semakin besar nomor atom suatu unsur yang mendekati nomor atom sumber pegeksitasi

- semakin besar nilai sensitifitasnya dibandingkan dengan nomor atom yang menjauhi nomor atom sumber pegekstisasi.
- Dengan membentuk contoh menjadi tipis maka pengaruh matrik contoh dapat dihilangkan dan metode kuantifikasi perbandingan langsung dapat digunakan.
 - Pengukuran konsentrasi unsur dalam *standard reference material Soil-7* dan *Orchard Leaves* menggunakan metode ini mempunyai deviasi pengukuran berkisar antara 0,63 – 13,87 %.
 - Batas deteksi terendah (MDL) metode ini dapat mencapai orde ppb, semakin lama waktu cacah maka nilai MDL semakin baik.

DAFTAR PUSTAKA

1. KLOCKENKAMPER R., KNOTH J., PRANGE A., SCHWENKE H., Total-Reflection X-Ray Fluorescence Spectroscopy, *Analytical Chemistry*, vol.64, no.23, 1115A-1123A, 1992.
2. HANNES AIGINGER, Historical Development and Principles of Total Reflection X-ray Fluorescence Analysis (TXRF), *Spectrochimica Acta*, vol.46B, no.10, 1313-1321, 1991.
3. KREGSAMER, P., Fundamental of Total Reflection X-ray Fluorescence, *Spectrochimica Acta*, vol. 46B, no.10, 1333-1340, 1991.
4. BERTIN, E. P., Principles and Practice of X-Ray Spectrometric Analysis, 2nd edition, Plenum Press, New York, 1975.
5. IAEA, Operation Guide on Sampling, Storage and Sample Preparation Procedures for XRF Analysis on Environmental Materials, IAEA-TECDOC, IAEA, Vienna, 1996.
6. KREGSAMER, P., Manual for QXAS Quantitative X-ray Analysis System, under the auspices of IAEA, Vienna, 1995.
7. ANONYMOUS, Quantitative X-Ray Analysis System, Physic Section, PCI Laboratory Seibersdorf, IAEA, Vienna, 1993.
8. RON JENKINS, R .W. GOULD, D. GEDCKE, Quantitative X - Ray Spectrometry , Marcel Dekker, New York, 1981.
9. RENE E. VAN GRIEKEN, ANDRZEJ A. MARKOWICZ, Handbook of X-Ray Spectrometry, Method and Techniques, Marcel Dekker, New York, 1992.
10. YOSHIHIRO MORI, KENGO SHIMANOE, TADASHI SAKON, Standard Sample Preparation for Quantitative TXRF Analysis, *Advances in X-ray Chemical Analysis, JAPAN*, vol.26s, 69-72, 1995.
11. ANDREAS PRANGE, HELGA BODDEKER, KARSTEN KRAMER, Determination of Trace Elements in River-Water Using Total-Reflection X-Ray Fluorescence, *Spectrochimica Acta*, vol.48B, no.2, 207-215, 1993.
12. IUPAC, Nomenclature System for X-Ray Spectroscopy, *X-Ray Spectrometry*, vol.20, 149-155, 1991.
13. IAEA, Analytical Quality Control Services 1994/1995, Intercomparison Runs Reference Materials, IAEA, Vienna, 1994.

Tabel 1. Hasil pengukuran SRM Soil-7 dan Orchard Leaves dengan tabung Mo

Unsur	Soil 7			Orchard Leaves		
	Sertifikat (ppm)	Terukur (ppm)	Deviasi (%)	Sertifikat (ppm)	Terukur (ppm)	Deviasi (%)
Ca	163000	161972,77	0,63	20900	18362,47	12,14
Ti	3000	2966,80	1,11	-	-	-
V	3000	2676,97	10,77	-	-	-
Cr	60	66,12	10,19	2,6	2,80	7,85
Mn	631	ttd	-	91	ttd	-
Fe	25700	25050,85	2,53	300	341,60	13,87
Co	-	-	-	0,2	ttd	-
Ni	26	ttd	-	1,3	ttd	-
Cu	11	ttd	-	12	ttd	-
Zn	104	110,65	6,40	25	28,40	13,61
Se	0,4	ttd	-	-	-	-
Sr	108	116,41	7,78	37	34,18	7,62

ttd = tidak terdeteksi

Tabel 2. Batas deteksi terendah (MDL) menggunakan tabung Mo dan W.

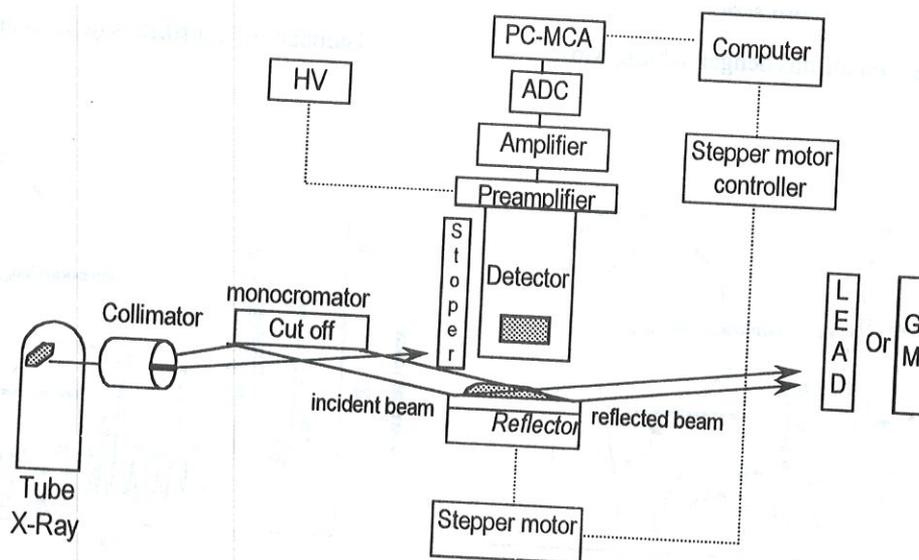
Unsur	Tabung Mo		Unsur	Tabung W	
	3600 detik (ppm)	7200 detik (ppm)		3600 detik (ppm)	7200 detik (ppm)
Ca	0,1514	0,0564	V	0,0661	0,0246
Ti	0,1211	0,0451	Cr	0,0444	0,0166
Cr	0,0670	0,0250	Mn	0,0346	0,0129
Fe	0,0397	0,0148	Fe	0,0274	0,0102
Zn	0,0233	0,0087	Co	0,0235	0,0088
Ga	0,0291	0,0109	Ni	0,0300	0,0112
Se	0,0187	0,0070	Cu	0,0445	0,0166
Sr	0,0139	0,0052	Zn	0,0436	0,0163
Ba	0,6836	0,2548			
Pb	0,1134	0,0423			

Tabel 3. Sertifikat Standard Reference Materials Orchard Leaves.

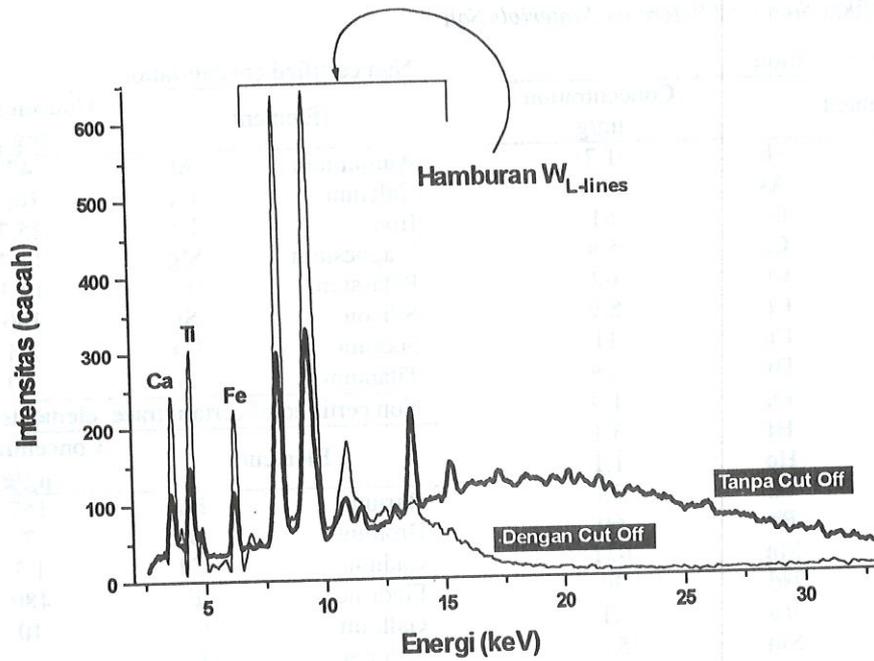
Certified of constituent elements			Trace elements		
Elements		Content (wt . %)	Elements		Content (µg/g)
Nitrogen	N	2.76 ± 0.05	Iron	Fe	300 ± 20
Calcium	Ca	2.09 ± 0.03	Manganese	Mn	91 ± 4
Potassium	K	1.47 ± 0.03	Sodium	Na	82 ± 6
Magnesium	Mg	0.62 ± 0.02	Lead	Pb	45 ± 3
Phosphorus	P	0.21 ± 0.01	Strontium	Sr	37 ± 1
Non certified values for trace constituent elements			Boron	B	33 ± 3
Elements		Content (µg/g)	Zinc	Zn	25 ± 3
Sulfur	S	1900	Copper	Cu	12 ± 1
Chlorine	Cl	690	Rubidium	Rb	12 ± 1
Barium	Ba	44	Arsenic	As	10 ± 2
Bromine	Br	10	Antimony	Sb	2.9 ± 0.3
Fluorine	F	4	Chromium	Cr	2.6 ± 0.3
Lithium	Li	0.6	Nickel	Ni	1.3 ± 0.2
Cobalt	Co	0.2	Molybdenum	Mo	0.3 ± 0.1
Iodine	I	0.17	Mercury	Hg	0.155 ± 0.015
Bismuth	Bi	0.1	Cadmium	Cd	0.1 ± 0.01
Gallium	Ga	0.08	Selenium	Se	0.08 ± 0.01
Cesium	Cs	0.04	Thorium	Th	0.064 ± 0.006
Tellurium	Te	0.01	Uranium	U	0.029 ± 0.005
			Beryllium	Be	0.027 ± 0.010

Tabel 4. Sertifikat *Standard Reference Materials Soil 7*.

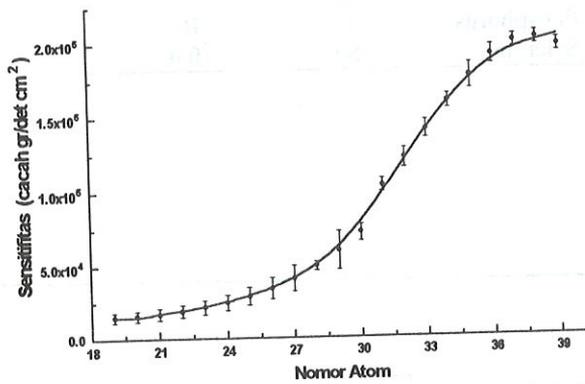
Certified concentration			Non certified concentration		
Element		Concentration µg/g	Element		Concentration mg/g
Antimony	Sb	1.7	Aluminium	Al	47
Arsenic	As	13.4	Calcium	Ca	163
Cerium	Ce	61	Iron	Fe	25.7
Cesium	Cs	5.4	Magnesium	Mg	11.3
Chromium	Cr	60	Potassium	K	12.1
Cobalt	Co	8.9	Silicon	Si	180
Copper	Cu	11	Sodium	Na	2.4
Dysprosium	Dy	3.9	Titanium	Ti	3.0
Europium	Eu	1.0	Non certified of certain trace elements		
Hafnium	Hf	5.1	Element		Concentration µg/g
Holmium	Ho	1.1	Barium	Ba	157
Lanthanum	La	28	Bromine	Br	7
Lead	Pb	60	Cadmium	Cd	1.3
Manganese	Mn	631	Fluorine	F	480
Neodymium	Nd	30	Gallium	Ga	10
Rubidium	Rb	51	Lithium	Li	31
Samarium	Sm	5.1	Lutetium	Lu	0.3
Scandium	Sc	8.3	Mercury	Hg	0.04
Strontium	Sr	108	Molybdenum	Mo	2.5
Tantalum	Ta	0.8	Nickel	Ni	26
Terbium	Tb	0.6	Niobium	Nb	12
Thorium	Th	8.2	Phosphorus	P	460
Uranium	U	2.6	Selenium	Se	0.4
Vanadium	V	66			
Ytterbium	Yb	2.4			
Yttrium	Y	21			
Zinc	Zn	104			
Zirconium	Zr	185			



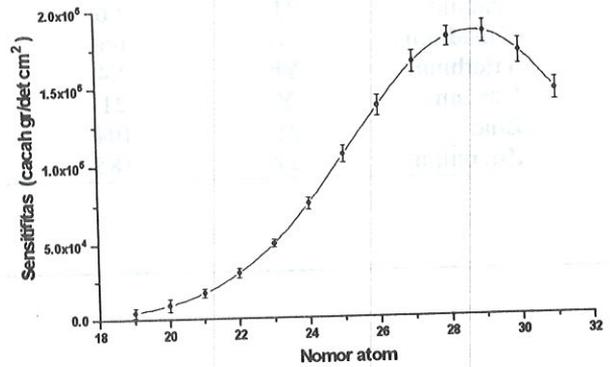
Gambar 1: Diagram spektrometri *Total Reflection X-ray Fluorescence* (11)



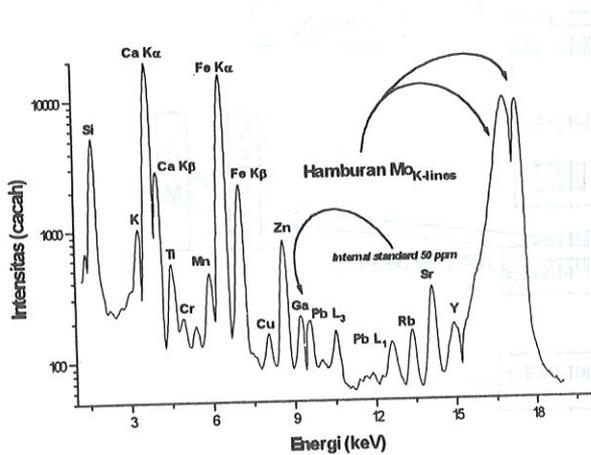
Gambar 2. Perbandingan spektrum yang menggunakan dan tidak menggunakan *cut off*



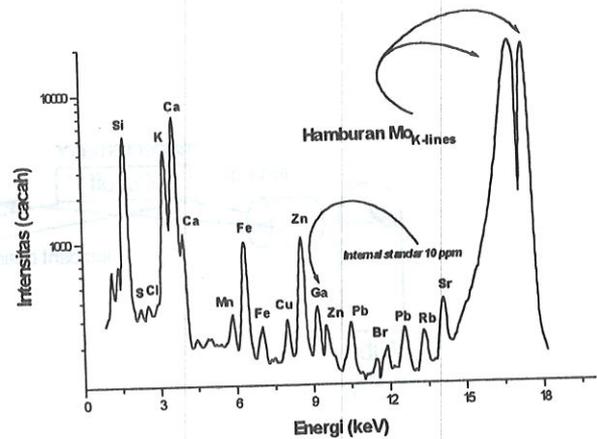
Gambar 3a. Sensitifitas dengan tabung Mo



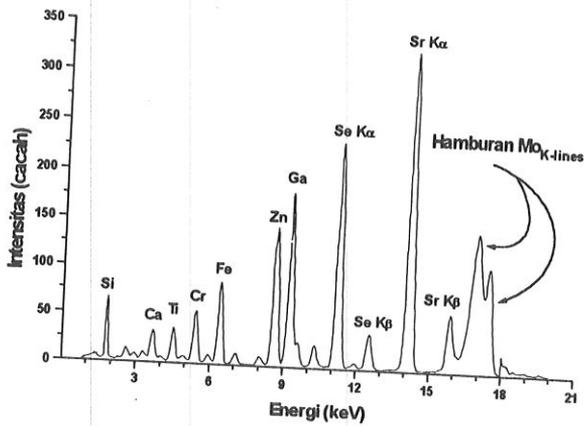
Gambar 3b. Sensitifitas dengan tabung W



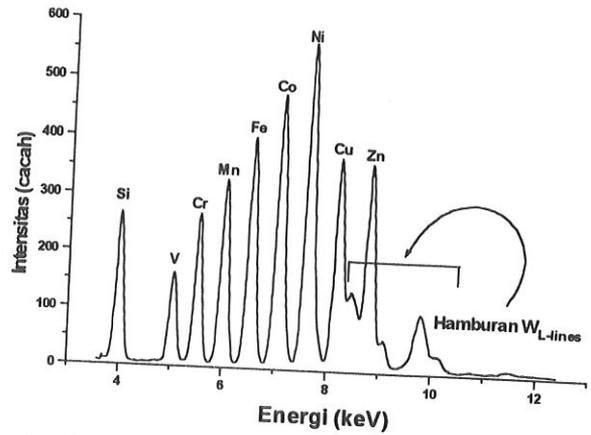
Gambar 4a. Spektrum SRM Soil-7 dengan tabung Mo



Gambar 4b. Spektrum SRM Orchard Leaves dengan tabung Mo.



Gambar 5a. Spektrum seri larutan standar dengan Tabung Mo



Gambar 5b. Spektrum seri larutan standar dengan Tabung W

DISKUSI

Christian

Apakah metode ini dapat mengukur unsur-unsur dengan nomor atom ringan ?

Yulizon Menry

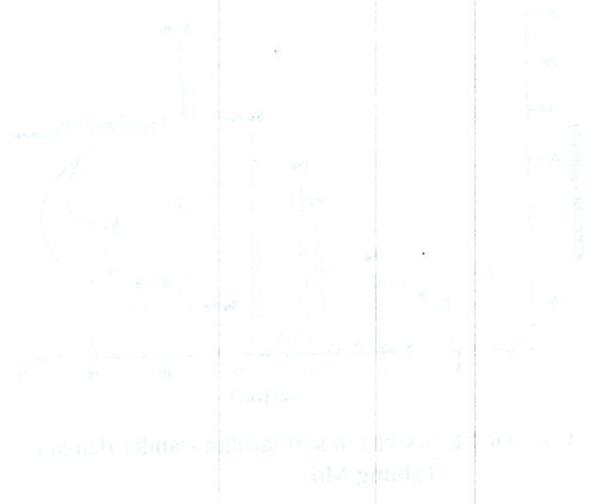
Bisa, dengan menggunakan tabung x-ray sebagai sumber pegeksitasi, metode ini dapat mendeteksi dan menentukan kadar unsur dari nomor atom 14 (Silikon) sampai dengan nomor atom 92 (Uranium)

Dr. Made Sumatra

Penelitian ini dilakukan di Wina, apakah hasil training tersebut telah dapat diterapkan pada Peralatan XRF yang dipunyai oleh P3TIR ?

Yulizon Menry

Untuk penerapan yang berhubungan dengan metode TXRF, belum bisa diterapkan karena XRF yang kita punyai menggunakan sumber isotop sebagai sumber pegeksitasi bukan tabung x-ray. Akan tetapi penerapan dengan membentuk contoh menjadi tipis telah kita lakukan.



DISTRIBUSI

Distribusi...
Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui...
menggunakan teknik analisis...
hasil penelitian menunjukkan...
distribusi...
penelitian ini...

Distribusi...
Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui...
menggunakan teknik analisis...
hasil penelitian menunjukkan...
distribusi...
penelitian ini...