

## **PENENTUAN KANDUNGAN UNSUR KROM DALAM LIMBAH TEKSTIL DENGAN METODE ANALISIS PENGAKTIFAN NEUTRON**

*Nina Khairani<sup>1</sup>, M. Azam<sup>1</sup>, K. Sofjan F.<sup>1</sup>, Soeleman<sup>2</sup>*

*1). Laboratorium Fisika Atom dan Inti Jurusan Fisika FMIPA, Universitas Diponegoro*

*2). Badan Tenaga Nuklir Nasional Yogyakarta*

### **ABSTRACT**

*A determination of chromium which consisted in textile cesspool one of the company of textile residing in Ungaran using neutron activation analysis method. The sample has been threated in the form of sediment sample and liquid sample. The sample then an irradiated by Lazy Susan irradiation facility at Kartini reactor for six hours and then the counting is done by HPGe detector for 300 seconds. The qualitative results shown that samples contents Cr-51. The quantitatively sediment sample chromium element rate equal to 491. 67 ppm and liquid sample chromium element rate equal to 0.011 ppm*

*Key words: Neutron Activation Analysis, irradiation.*

### **INTISARI**

*Telah dilakukan penentuan unsur krom yang terkandung dalam limbah tekstil di salah satu perusahaan tekstil yang berada di Ungaran menggunakan metode Analisis Pengaktifan Neutron.*

*Sampel yang diambil berupa sample endapan dan sample cair. Sample diiradiasi dengan fasilitas iradiasi Lazy Susan, teras reactor Kartini selama 6 jam kemudian dilakukan pencacahan dengan detector HPGe selama 300 detik. Hasil analisis kualitatif menunjukkan bahwa sample mengandung unsure Cr-51. Secara kuantitatif kadar unsure krom pada sample endapan sebesar 491,67 ppm dan pada sample cairan sebesar 0,011 ppm.*

*Kata Kunci: APN, iradiasi*

### **PENDAHULUAN**

Kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi serta bertambahnya jumlah penduduk akan meningkatkan kebutuhan manusia sehingga memunculkan tempat yang menghasilkan limbah berbahaya bagi kehidupan manusia maupun makhluk hidup di sekitarnya. Kegiatan industri disamping bertujuan untuk meningkatkan kesejahteraan, ternyata juga menghasilkan limbah sebagai pencemar lingkungan. Limbah merupakan hasil buangan yang berasal dari kegiatan industri, rumah tangga maupun dari rumah sakit dapat berupa padat, cair maupun gas yang akan menimbulkan gangguan baik terhadap lingkungan, kesehatan, kehidupan biotik, keindahan serta kerusakan pada benda, karena masih banyak industri yang membuang limbahnya ke lingkungan tanpa pengolahan yang benar [1]. Limbah berbahaya yang sering digunakan dalam

industri tekstil adalah krom yang merupakan salah satu logam berat. Apabila limbah industri tekstil yang mengandung krom dibuang langsung ke dalam lingkungan tanpa melalui pengolahan lebih dahulu, berakibat menambah jumlah ion logam pada air lingkungan. Air lingkungan yang berlebihan jumlah ion logam pada umumnya tidak dapat dikonsumsi sebagai air minum. Kandungan krom dalam air dapat menimbulkan efek kesehatan bagi manusia. Selain itu, para pekerja yang menggunakan krom pasti juga beresiko tinggi terkontaminasi oleh krom. Kulit yang bersentuhan krom maupun hidung yang menghirup krom secara berlebihan akan mengganggu juga untuk metabolisme tubuh maupun nafas. Salah satu cara analisis untuk menentukan kadar kualitatif dan kuantitatif unsur-unsur yang terkandung dalam limbah industri, adalah Analisis Pengaktifan Neutron (APN) yang

diterapkan untuk penentuan berbagai jenis unsur. Metode APN merupakan suatu metode analisis yang memanfaatkan prinsip reaksi pengaktifan inti suatu unsur dengan neutron. Keunggulan metode APN adalah hasil analisis tidak dipengaruhi oleh unsur-unsur dalam senyawa kimia karena menggunakan hasil reaksi inti. Permasalahan mendasar dilakukannya penelitian ini adalah mendeteksi dan menentukan kadar unsur krom yang terkandung dalam limbah tekstil. Dalam penelitian ini digunakan sampel yang diambil dari limbah tekstil berupa endapan dan cairan, analisis dilakukan secara kualitatif dan kuantitatif yang bertujuan untuk mendeteksi adanya unsur dan kadar krom dalam limbah tekstil. Diharapkan dari hasil penelitian ini dapat bermanfaat untuk memperoleh pengetahuan cara menentukan kadar krom pada limbah tekstil dengan metode APN.

## **DASAR TEORI**

### **Pencemaran Air**

Air limbah adalah kotoran dari masyarakat, rumah tangga dan berasal dari industri, air tanah, air permukaan serta buangan lainnya. Dengan demikian air buangan ini merupakan kotoran yang umum [2]. Endapan dan bahan terlarut yang berasal dari adanya bahan buangan industri itu berbentuk padat. Bahan buangan industri yang berbentuk padat kalau tidak larut sempurna akan mengendap di dasar sungai. Endapan sebelum sampai ke dasar sungai akan melayang di dalam air, sehingga menghalangi masuknya sinar matahari ke dalam lapisan air. Akibatnya, proses fotosintesis mikroorganisme terganggu. Apabila endapan yang terjadi berasal dari bahan buangan organik, maka mikroorganisme di dalam air mendegradasi bahan organik tersebut menjadi bahan yang lebih sederhana. Hal ini menyebabkan oksigen terlarut berkurang dan mengganggu kehidupan organisme lain yang memerlukan oksigen. Apabila

bahan buangan berupa bahan anorganik yang dapat larut maka air akan mendapat tambahan ion-ion logam yang berasal dari bahan tersebut.

### **Logam Berat**

Logam berat dapat masuk ke dalam tubuh manusia yang dalam skala tertentu membantu kinerja metabolisme tubuh dan mempunyai potensi racun jika memiliki konsentrasi yang terlalu tinggi. Berdasarkan sifat racunnya logam berat dapat dibagi menjadi 3 golongan :

1. Sangat beracun, dapat mengakibatkan kematian atau gangguan kesehatan yang tidak pulih dalam jangka waktu singkat, logam tersebut antara lain : Pb, Hg, Cd, Cr, As, Sb, Ti dan U.
2. Moderat, mengakibatkan gangguan kesehatan baik yang dapat pulih maupun yang tidak dapat pulih dalam jangka waktu yang relatif lama, logam tersebut antara lain : Ba, Be, Au, Li, Mn, Sc, Te, Va, Co dan Rb.
3. Kurang beracun, namun dalam jumlah yang besar logam ini dapat menimbulkan gangguan kesehatan antara lain :Bi, Fe, Mg, Ni, Ag, Ti dan Zn .

### **Krom**

Krom adalah logam berbentuk kristal dan berwarna putih bening yang dilambangkan dengan "Cr", mempunyai nomor atom 24 dan mempunyai berat atom 51,996. Kegiatan industri yang dapat menyebabkan adanya krom di dalam lingkungan antara lain industri cat, baja, tekstil, kulit, semen, keramik, dan kertas. Kontaminasi logam krom dapat terjadi melalui makanan dan minuman yang tertumpuk di ginjal akan mengakibatkan keracunan akut yang akan ditandai dengan kecenderungan terjadinya pembengkakan pada hati dan dalam waktu yang cukup panjang akan mengendap dan menimbulkan kanker paru-paru. Tingkat keracunan krom pada manusia diukur melalui kadar atau kandungan krom dalam urine. Oleh karena itu, krom merupakan logam yang sangat beracun dan sangat berbahaya bagi kesehatan manusia [3].

**Reaktor Nuklir**

Reaktor nuklir merupakan sumber neutron. Ditinjau dari tenaga yang dimilikinya, neutron dapat digolongkan menjadi [4]:

1. Neutron Thermal :  $E_n = 0,025 \text{ eV}$
2. Neutron Epithermal:  $0,5 \text{ eV} \leq E_n \leq 10 \text{ keV}$
3. Neutron Cepat  $10 \text{ KeV} \leq E_n \leq 10 \text{ MeV}$
4. Neutron Relativistik:  $E_n \geq 10 \text{ MeV}$

Reaktor nuklir adalah alat tempat terjadinya reaksi berantai yang berhubungan dengan fisi nuklir yang terkendali. Reaktor sesuai tujuannya dapat dibedakan menjadi dua yaitu reaktor riset dan reaktor daya. Reaktor riset digunakan untuk berbagai penelitian di bidang aplikasi teknik nuklir, dalam hal ini reaksi nuklir dipakai sebagai sumber neutron, dan pada umumnya daya reaktornya rendah (100 kW- 30 MW). Reaktor daya dengan daya reaktor tinggi umumnya di atas 1000 MW [5].

**Pembentukan Unsur Radioaktif**

Setiap materi mempunyaiampang lintang dan tenaga ambang yang berbeda, sehingga paparan zarah- $\gamma$  yang ditimbulkan dari masing-masing inti yang bereaksi dengan neutron menjadi berbeda-beda. Hasil paparan zarah radioaktif yang dipancarkan berbanding lurus dengan kerapatan fluks neutron danampang lintang dari masing-masing materi [6]. Kecepatan reaksi  $R$  suatu materi yang diaktivasi dalam medan neutron dengan fluks neutron sebesar  $\phi$  adalah:

$$R = N \sigma_{act} \phi V \tag{1}$$

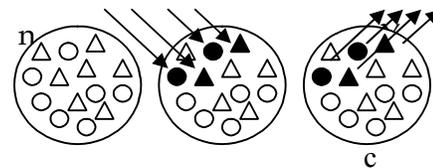
dengan  $N$  menyatakan jumlah inti atom bahan tiap satuan volume,  $\sigma_{act}$  menyatakanampang lintang aktivasi mikroskopis materi ( $\text{cm}^2$ ),  $\phi$  menyatakan fluks neutron ( $\text{ncm}^{-2}\text{s}^{-1}$ ) serta  $V$  menyatakan volume materi teraktivasi ( $\text{cm}^3$ ) [6]. Apabila unsur stabil dalam sampel diiradiasi dengan neutron maka akan terjadi bermacam-macam reaksi inti. Reaksi yang paling sering terjadi dalam APN adalah reaksi neutron-gamma ( $n,\gamma$ ) seperti dalam contoh berikut:



Reaksi tersebut dapat ditulis sebagai  $\text{Cr}^{49}(2n,\gamma)\text{Cr}^{51}$  [7].

**Analisis Pengaktifan Neutron**

APN pertama kali dilakukan pada tahun 1936 oleh Hevesy dan Levi yang menentukan jumlah disprosium dalam sampel Ytrium. Disprosium dalam sampel menjadi radioaktif ketika ditembak dengan neutron dari sumber Ra-Be. Dua tahun kemudian, Seaborg dan Livingood menentukan kandungan Galium dalam sampel dengan menembak sampel dengan deuteron. Prinsip dasar APN dapat dilihat pada gambar 1.1 [8].



Gambar 1.1 Prinsip Dasar APN : a. Sampel terdiri atas bahan dasar ( $\circ$ ) dan unsur kelumit ( $\Delta$ ), b. Sampel diiradiasi dengan neutron dan membuat beberapa atom menjadi radioaktif ( $\bullet$ ) dan ( $\blacktriangle$ ), c. Sinar- $\gamma$  yang dipancarkan oleh sampel mengungkapkan data kualitatif dan kuantitatif unsur-unsur dalam sampel [7].

Prinsip dasar dari metode pengaktifan neutron adalah terjadinya radioaktivitas imbas jika suatu sampel ditembak dengan neutron. Dalam APN sampel yang akan dianalisis diiradiasi dengan suatu sumber neutron. Inti atom unsur-unsur yang terdapat di dalam sampel akan menangkap neutron sehingga berubah sifat menjadi radioaktif. Unsur radioaktif tersebut selanjutnya akan meluruh disertai dengan pemancaran sinar radioaktif. Sinar- $\gamma$  yang dipancarkan oleh berbagai unsur dalam sampel dapat dianalisis dengan menggunakan spektrometri gamma karena setiap unsur dalam sampel memancarkan sinar- $\gamma$  dengan karakteristik tersendiri. Analisis kualitatif dilakukan berdasarkan penentuan energi sinar- $\gamma$  sedangkan analisis kuantitatif dilakukan berdasarkan penentuan intensitas sinar- $\gamma$  [7].

**Radioaktivitas**

Radioaktivitas adalah gejala perubahan keadaan inti atom secara spontan disertai radiasi berupa zarah dan atau gelombang elektromagnetik. Perubahan dalam inti atom tentu saja membawa perubahan dari satu unsur menjadi unsur yang lain. Peristiwa perubahan inti menjadi inti atom yang lain ini disebut peluruhan radioaktif [7]. Laju peluruhan inti radioaktif disebut aktivitas. Semakin besar aktivitas, semakin banyak inti atom yang meluruh per detik. Aktivitas bergantung pada jumlah inti radioaktif  $N$  dalam sampel dan juga pada konstanta peluruhan  $\lambda$ :  $A = \lambda N$  (3) Ketika sampel meluruh, jumlah intinya berkurang sebanyak  $N$ . Aktivitas merupakan perubahan jumlah inti radioaktif tiap satuan waktu  $t$ :

$$A = -\frac{dN}{dt} \tag{4}$$

$$\frac{dN}{dt} = -\lambda N \tag{5}$$

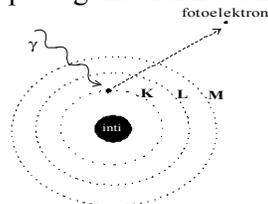
$$\frac{dN}{N} = -\lambda dt \tag{6}$$

$$N(t) = N_0 e^{-\lambda t} \tag{7}$$

Dengan mengalikan kedua belah ruas dengan  $\lambda$ , maka:  $A_t = A_0 e^{-\lambda t}$  (8) dengan aktivitas awal  $A_0$  dan aktivitas pada saat  $t$ ,  $A_t$  [9].

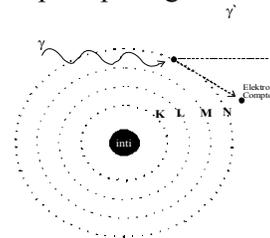
**Interaksi Sinar  $\gamma$  dengan Materi Detektor**

Jika sinar- $\gamma$  menumbuk suatu bahan maka akan terjadi interaksi melalui bermacam-macam proses. Tiga proses penting yang perlu diperhatikan yaitu efek fotolistrik, efek Compton dan produksi pasangan. Efek fotolistrik dapat dilihat pada gambar 2.2 berikut :



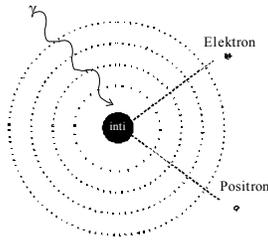
Gambar 2.2 Proses terjadinya fotoelektron [7]

Efek fotolistrik adalah interaksi antara foton dengan sebuah elektron yang terikat kuat dalam atom yaitu elektron pada kulit bagian dalam suatu atom. Foton- $\gamma$  akan menumbuk elektron yang terikat kuat, maka elektron akan menyerap seluruh tenaga foton- $\gamma$ , sebagian tenaga digunakan untuk melepaskan elektron dari ikatan inti atom. Sebagai akibatnya elektron akan dipancarkan keluar dari atom disebut fotoelektron [7]. Hamburan Compton seperti pada gambar 2.3 berikut [4]:



Gambar 2.3 Proses terjadinya hamburan Compton [7].

Elektron-elektron yang dapat dikategorikan sebagai elektron terikat lemah adalah elektron yang berada pada kulit terluar suatu atom. Efek Compton banyak terjadi untuk tenaga foton antar 200 keV-5 MeV [4]. Pada tumbukan ini, foton- $\gamma$  hanya memberikan sebagian energinya pada sebuah elektron dan elektron ini selanjutnya disebut elektron Compton. Elektron ini berkelakuan seperti elektron bebas, karena energi ikatnya jauh lebih kecil daripada energi foton- $\gamma$  yang menumbuknya. Efek Compton banyak terjadi untuk tenaga foton antar 200 keV-5 MeV [5]. Untuk produksi pasangan, foton- $\gamma$  yang bertenaga cukup tinggi melalui medan listrik yang sangat kuat disekitar inti atom maka foton tersebut akan lenyap dan sebagai gantinya akan muncul pasangan elektron dan positron. Gambar 2.4 menunjukkan proses pembentukan pasangan [7]. Dalam proses ini foton berinteraksi dengan inti dan menyerahkan semua tenaganya. Proses pembentukan pasangan terjadi dengan tenaga foton lebih besar dari 1,02 MeV [4].



Gambar 2.4 Proses terjadinya produksi pasangan [7].

Dari ketiga proses interaksi sinar- $\gamma$  dengan materi detektor yang terjadi adalah efek fotolistrik karena energi sinar- $\gamma$  yang digunakan adalah 320 keV. Efek fotolistrik sebagian besar terjadi pada interaksi foton dengan tenaga lebih kecil dari pada 1 MeV [4].

### Spektrometri Gamma

Spektrometri gamma didefinisikan sebagai suatu metode pengukuran dan identifikasi unsur-unsur radioaktif di dalam suatu sampel dengan jalan mengamati spektrum karakteristik yang ditimbulkan oleh interaksi sinar- $\gamma$  yang dipancarkan zat radioaktif tersebut dengan detektor [7]. Interaksi sinar- $\gamma$  dengan detektor akan menghasilkan signal pulsa. Tinggi pulsa yang dihasilkan detektor bersesuaian dengan tenaga foton- $\gamma$  yang mengenai gas isian detektor. Mulamula pulsa yang dihasilkan detektor akan diperkuat dan dibentuk dalam penguat awal dan kemudian dalam penguat (*Amp*). Selanjutnya, pulsa yang sudah dibentuk dan diperkuat itu dikirim menuju penganalisis saluran ganda (*Multi Channel Analyzer*) yang dapat memilah pulsa menurut tingginya. Penganalisis saluran ganda mempunyai banyak memori, yang dinyatakan dalam cacah saluran (*channel*) yang dimilikinya. Penganalisis saluran ganda boleh dianggap gabungan dari banyak penganalisis salur tunggal. Pulsa dengan tinggi tertentu akan dicatat cacahnya dalam saluran dengan nomor salur tertentu. Data numerik hasil pencacahan tersebut setiap saat diakumulasikan dalam salur itu sampai

waktu pencacahan selesai [7]. Detektor yang lazim dipakai dalam spektrometri gamma adalah detektor sintilasi NaI(Tl), detektor semikonduktor Ge(Li) atau germanium kemurnian tinggi (HPGe). Penganalisis salur ganda biasanya digabungkan dengan detektor semikonduktor seperti detektor HPGe. Dewasa ini detektor HPGe lebih banyak digunakan daripada detektor NaI(Tl) karena daya pisahnya detektor HPGe lebih tinggi dibandingkan dengan detektor NaI(Tl) [7].

### Detektor HPGe

Detektor HPGe adalah suatu detektor semikonduktor yang medium detektornya terbuat dari bahan semikonduktor berupa germanium dengan kemurnian tinggi. Interaksi antara sinar- $\gamma$  dengan materi detektor adalah interaksi antara sinar- $\gamma$  dengan suatu bahan, yaitu efek fotolistrik, efek Compton dan produksi pasangan. Melalui ketiga proses ini sinar- $\gamma$  menyerahkan sebagian atau seluruh energinya pada detektor dan sebagai hasilnya terbentuk pasangan elektron dan hole pada daerah instrinsik detektor. Pengaruh medan listrik yang dikenakan pada detektor menyebabkan elektron akan bergerak menuju lapisan-n dan hole akan bergerak menuju lapisan-p [7].

### METODE PENELITIAN

Spesifikasi alat yang digunakan :

1. Fasilitas Iradiasi Reaktor Kartini *Lazy Susan*, fluks neutron  $1 \times 10^{11} \text{ n cm}^{-2} \text{ dt}^{-1}$ , daya 100 kW dan kapasitas 40 kapsul untuk mengiradiasi neutron.
2. Seperangkat sistem cacah spektrometer- $\gamma$  yang berfungsi sebagai alat pencacah terdiri dari detektor HPGe (CANBERRA) tipe Coaxial seri GC 1018 untuk mendeteksi sinar- $\gamma$ , pre amplifier (CANBERRA) seri 2002 C untuk membentuk pulsa baru, amplifier (ORTEC) seri 572 sebagai penguat, sumber tegangan tinggi (HV) dengan tegangan 3 kV (ORTEC) seri 495, cryostat (CANBERRA) seri 75000, penganalisis salur ganda (MCA) model

Accu Spec/Aor/D dan Accu Spec/B, dan komputer dengan sistem operasi DOS untuk menampilkan spektrum dari unsur radioaktif.

### **Bahan Penelitian**

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Limbah tekstil, baik dalam sampel endapan maupun cairan.
2. Sumber- $\gamma$  yang digunakan sebagai sumber standar adalah Eu-152 untuk kalibrasi energi dan efisiensi.
3. Material standar endapan dengan kandungan Cr 3%.
4. Material standar cairan dengan kandungan Cr 20 ppm, Cd 20 ppm, Co 10 ppm, Zn 20 ppm, As 5 ppm, Sc 5 ppm.

### **Preparasi Sampel**

Preparasi merupakan suatu proses persiapan sampel sebelum diiradiasi. Sampel endapan yang diambil sebanyak 1 kg itu dibersihkan terlebih dahulu kemudian diberi  $H_2O_2$  yang berfungsi sebagai asam kuat kemudian diaduk dan dikeringkan dalam *furnace* yang bersuhu  $500^\circ C$  selama 6 jam. Setelah itu, sampel ditumbuk, diayak menggunakan ayakan 100 *mesh* dan ditimbang sebesar 0,5 gram untuk dimasukkan ke 4 *vial*. Masing-masing sampel dimasukkan ke dalam plastik klip kecil dan diberi label. Setelah itu, semua sampel dimasukkan ke dalam masing-masing kelongsong kemudian diisolasi dan diberi tanda supaya mudah mengidentifikasi kelongsong satu dengan lainnya. Sampel cairan yang diambil dengan volume 1L disaring dengan kertas kemudian dimasukkan dalam labu ukur. Sebelum dipipetkan sampel diberi  $HNO_3$  sebanyak 5 mL sebagai asam kuat.  $HNO_3$  tersebut berfungsi untuk merusak ikatan dengan senyawa organik dan untuk melarutkan logam. Kemudian sampel dipanaskan di atas kompor hingga volumenya menjadi 100 mL. Sampel dimasukkan ke 4 *vial* dengan volume 1mL. Masing-masing sampel dimasukkan ke dalam plastik klip kecil dan diberi label. Setelah itu, sampel dimasukkan ke dalam

masing-masing kelongsong kemudian diisolasi dengan rapat.

### **Prosedur Iradiasi**

Kelongsong yang berisi sampel diiradiasi dalam fasilitas iradiasi Lazy Susan Reaktor Kartini yang beroperasi pada 100 kW selama 6 jam. Setelah Reaktor *shut down* sampel maupun standar yang dimasukkan ke dalam kelongsong segera dikeluarkan dari teras reaktor dan didinginkan selama beberapa hari tergantung dari unsur yang akan dianalisis atau waktu paruhnya. Dalam hal ini radionuklida misalnya krom waktu paruhnya adalah 27,7 hari. Pada penelitian ini sampel endapan yang dimasukkan ke dalam kelongsong didinginkan selama 10 hari, sedangkan untuk sampel cairan didinginkan selama 12 hari untuk menurunkan aktivitas unsur- unsur yang mempunyai waktu paruh sedikit sehingga aktivitas unsur krom kelihatan.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Hasil Kalibrasi Energi**

Perangkat spektrometer- $\gamma$  yang akan digunakan dikalibrasi terlebih dahulu dengan menggunakan sumber multi gamma Eu-152 dan diperoleh hubungan garis lurus antara tenaga dengan nomor salur. Sumber multi gamma Eu-152 yang digunakan memiliki 10 energi. Dari pencacahan dimaksudkan agar nomor salur penganalisis saluran ganda sebanding dengan energi sinar- $\gamma$ . Dengan persamaan regresi linier hubungan antara energi gamma ( $Y$ ) dengan nomor salur ( $X$ ):

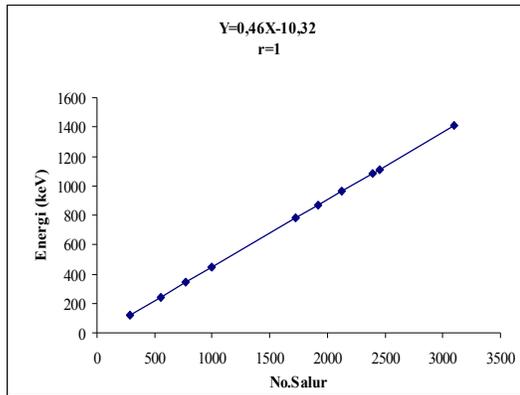
$$Y = 0,46X - 10,32 \quad (9)$$

Kalibrasi energi tersebut dilakukan secara otomatis. Grafik hubungan antara energi sinar- $\gamma$  dengan nomor salur dapat dilihat pada gambar 2.5.

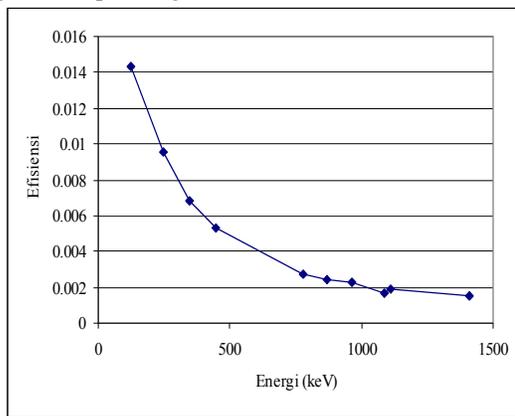
### **Kalibrasi Efisiensi**

Analisis kuantitatif membutuhkan kalibrasi efisiensi. Kalibrasi efisiensi dilakukan karena sampel diukur pada jarak 4 cm terhadap detektor, sehingga sebenarnya hanya sebagian saja dari sinar- $\gamma$  yang dipancarkan oleh sampel yang terdeteksi

Gambar 2.5 Grafik hubungan antara energi sinar- $\gamma$  dengan nomor salur



Gambar 2.6 Grafik Hasil kalibrasi efisiensi untuk jarak sampel dengan detektor 4 cm

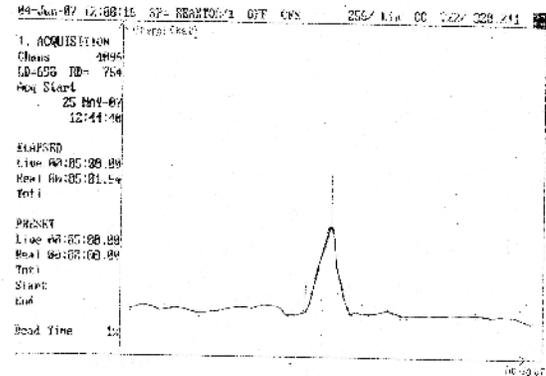


Kalibrasi dilakukan dengan sumber energi gamma Eu-152 yang memiliki beberapa nilai energi gamma, sehingga dapat dibuat grafik yang menghubungkan antara energi dengan efisiensi detektor. Dari gambar 2.6 menunjukkan efisiensi yang semakin kecil. Efisiensi detektor akan turun jika tenaga sinar- $\gamma$  yang digunakan mengalami kenaikan. Pada daerah tenaga yang tinggi, kemampuan sinar- $\gamma$  untuk berinteraksi dengan detektor semakin kuat. Setelah itu energi sinar- $\gamma$  menjadi cukup besar akibatnya foton- $\gamma$  yang meloloskan diri tanpa berinteraksi dengan detektor menjadi besar sehingga dengan sendirinya efisiensi deteksi akan turun.

**Analisis Kualitatif**

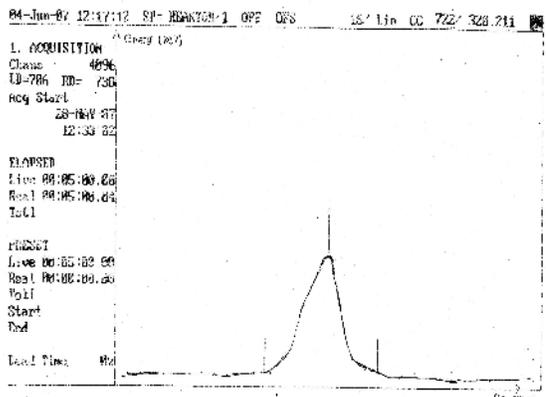
Analisis kualitatif digunakan untuk mengetahui unsur yang terkandung di

dalam sampel. Setelah pencacahan selama 300 detik diperoleh spektrum- $\gamma$  sampel endapan. Contoh spektrum- $\gamma$  sampel endapan seperti pada gambar 2.7.



Gambar 2.7 Contoh spektrum- $\gamma$  sampel endapan 2.

Tenaga sinar- $\gamma$  yang dipancarkan oleh suatu radionuklida merupakan karakteristik dari radionuklida tersebut. Pada sampel endapan terdeteksi adanya unsur krom. Contoh spektrum- $\gamma$  sampel cairan seperti pada gambar 2.8. Pada sampel cairan mengandung unsur krom.



Gambar 2.8 Contoh spektrum- $\gamma$  sampel cairan 4.

**Analisis Kuantitatif**

Analisis kuantitatif bertujuan untuk menentukan kadar suatu unsur di dalam sampel lalu dibandingkan dengan titik baku mutu limbah. Hasil analisis kuantitatif untuk kadar Cr pada sampel endapan sebesar  $(491,67 \pm 40,96)$  ppm sedangkan untuk sampel cairan sebesar  $(0,011 \pm 0,004)$  ppm.

### Pembahasan

Metode APN dapat diaplikasikan untuk menganalisis unsur dalam berbagai bentuk fisis (padatan, cair dan gas), disamping itu juga dapat dimanfaatkan untuk mengetahui seberapa besar kandungan unsur dalam sampel. Atom-atom dalam sampel akan menjadi radioaktif jika ditembak dengan neutron cepat. Atom yang berada dalam keadaan tidak stabil akan meluruh untuk mencapai kestabilan. Peluruhan tersebut memancarkan sinar- $\gamma$  karakteristik yang khas yang dapat dideteksi oleh spektrometer gamma. Dari hasil APN untuk limbah tekstil dari salah satu perusahaan yang berada di Ungaran terdapat salah satu unsur logam berat yaitu krom. Ini diketahui dari sinar- $\gamma$  yang dipancarkan pada nomor salur 720 dan energinya 320 keV. Krom merupakan logam keras berwarna abu-abu, dalam hal ini digunakan dalam industri tekstil. Dari hasil penelitian diperoleh kadar krom pada sampel endapan ( $491,67 \pm 40,96$ ) ppm sedangkan pada sampel cairan kadar kromnya ( $0,011 \pm 0,004$ ) ppm. Perbedaan ini karena pada sampel endapan kadar krom standarnya 30000 ppm sedangkan pada sampel cairan kadar krom standarnya hanya 20 ppm. Perbedaan ini juga disebabkan oleh waktu tunda yang berbeda antara sampel endapan dan sampel cair. Untuk sampel endapan waktu tundanya 10 hari, sedangkan sampel cairan waktu tundanya 12 hari. Waktu tunda yang semakin lama menyebabkan aktivitas unsur yang memiliki waktu paro pendek semakin rendah sehingga tidak terdeteksi. Limbah cair yang terdapat pada bak penampungan mengalami penguapan dan penyaringan sehingga kadar unsur yang ada menjadi rendah.

### KESIMPULAN

Dari metode APN untuk limbah tekstil salah satu perusahaan tekstil di Ungaran dapat disimpulkan bahwa :

1. Dalam limbah tekstil pada sampel endapan maupun cair teruji mengandung Cr-51.
2. Kadar unsur krom yang terkandung pada sampel endapan sebesar ( $491,67 \pm 40,96$ ) ppm sedangkan pada sampel cair kadar kromnya ( $0,011 \pm 0,004$ ) ppm.

### Saran

1. Perlu dilakukan pengambilan data secara berkala untuk lebih mengetahui kadar krom dalam limbah tekstil.
2. Perlu dilakukan analisis dengan metode lain untuk melengkapi data yang diperoleh dari metode APN.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sunardi, Nuraini E., Supriyatni E., 2001, *Analisis Unsur yang Terkandung Dalam Air Buangan P3TM Dengan Neutron Cepat 14 MeV dari Generator Neutron Sames J-2*, Prosiding. Yogyakarta: P3TM-BATAN
- [2] Sugiharto, 1987, *Dasar-Dasar Pengelolaan Air Limbah*, Jakarta: UI-Press.
- [3] Palar, H., 1994, *Pencemaran dan Toksidan Logam Berat*, Jakarta : Penerbit Rineka Cipta
- [4] Suratman, 1996, *Introduksi Proteksi Radiasi*, Yogyakarta : P3TM-BATAN
- [5] Beiser, A., 1992, *Konsep Fisika Modern*, Edisi ke-4, Jakarta.: Penerbit Erlangga.
- [6] Saptajaji, 1991, *Pemetaan Kandungan Neutron pada Beamport dan Iradiasi Reaktor Kartini*, Yogyakarta: Karya Tulis Pendidikan Ahli Teknik Nuklir Pusat Pendidikan dan Latihan BATAN.
- [7] Susetyo, W., 1988, *Spektrometri Gamma*, Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- [8] Tsoulfanidis, N., 1992, *Measurement and Detection of Radiation*: Herisphere Publishing Corporation. Wardhana, W.A., 2001, *Dampak Pencemaran Lingkungan*, Yogyakarta: Penerbit Andi.

[9] Krane, K. S., 1992, *Introductory Nuclear Physic*, New York: John

Willey & Sons.