

**PENENTUAN UNSUR KELUMIT DALAM RAMBUT
PERSONIL PUSAT REAKTOR SERBA GUNA
DENGAN METODE ANALISIS AKTIVASI NEUTRON**

Elisabeth Ratnawati, Sunarko, Saleh Hartaman

ABSTRAK

PENENTUAN UNSUR KELUMIT DALAM RAMBUT PERSONIL PRSG DENGAN METODE AAN. Telah dilakukan penentuan unsur kelumit dalam rambut personil PRSG dengan metode analisis aktivasi neutron. Rambut merupakan bagian dari tubuh manusia yang berfungsi sebagai ekskresi untuk unsur yang berlebihan dalam tubuh dan berperan sebagai spesimen yang mengakumulasi, sehingga rambut dapat memberikan informasi yang terkait dengan metabolisme normal dan abnormal dari suatu unsur tertentu, dan dapat digunakan sebagai indikator status kesehatan seseorang. Sampel diambil dari rambut beberapa personil Bidang Operasi Reaktor yang tugasnya selalu berhubungan langsung dengan radiasi. Hasil analisis dari sampel rambut pekerja radiasi akan dibandingkan dengan hasil analisis rambut dari personil yang bertugas di bagian administrasi yang tidak berhubungan langsung dengan medan radiasi. Dari hasil pengukuran kualitatif diperoleh sepuluh jenis unsur kelumit yaitu Hg, Cr, Sb, Br, Zn, Na, Se, La, As dan Sc. Sedangkan dari pengukuran kuantitatif diperoleh konsentrasi dari dua unsur yaitu Hg dan Zn. Konsentrasi Hg tertinggi dimiliki oleh rambut pekerja non radiasi (1), yaitu 1.179 ± 0.142 mg/kg, Nilai ini masih berada dalam batas aman. Konsentrasi Zn tertinggi adalah 344.112 ± 11.930 mg/kg yang terdapat dalam rambut pekerja non radiasi (2), melebihi batas yang direkomendasikan yaitu sebesar 190-210 mg/kg. Dari hasil pengukuran ini tidak ditemukan perbedaan yang signifikan antara rambut pekerja radiasi dan pekerja non radiasi. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa adanya unsur yang berbahaya bagi kesehatan dalam sampel rambut personil RSG GAS bukan berasal dari kegiatan yang berhubungan dengan radiasi.

Kata kunci: rambut, unsur kelumit, analisis aktivasi neutron

ABSTRACT

THE DETERMINING OF TRACE ELEMENTS IN PRSG STAFFS' HAIR USING AAN METHODE. *The determining of trace elements in PRSG staffs' hair using AAN method has been done. hair is one of human body part, which has a function as excretion organ for moving out excessive element inside human body, and play role as a specimen that accumulated, so that hair can give us information about normal or abnormal metabolism of a certain element, that can be used as an indicator of someone's health status. The samples were taken several hair from Reactor Operation staff, whose most of their working time is allocated inside radiation field. the analysis result from the radiation worker's hair sample will be compared with the analysis result from the administration staffs' hair sample whose working area did not have a direct contact with radiation field. from the qualitative measurement can be obtained 10 kinds of trace elements that are Hg, Cr, Sb, Br, Zn, Na, Se, La, As, and Sc. while from quantitative measurement can be obtained the concentration value of two elements that are Hg and Zn. the highest Hg concentration is owned by non radiation staffs' hair (1) that is 1.179 ± 0.142 mg/kg. This value are in peaceful boundary. While Zn concentration is 344.112 ± 11.930 mg/kg detected from hair of non radiation staff. This value is exceed from recommended is 190-210 mg/kg. This measurement did not find any significant difference between radiation staffs' hair and non-radiation staffs' hair. Thus we may conclude that the existence of element which is dangerous for health inside RSG GAS staffs' hair does not come from the working area.*

Keyword: hair, trace elements, neutron activation analysis

PENDAHULUAN

Reaktor Serba Guna GA Siwabessy (RSG GAS) adalah reaktor riset dengan daya termal maksimum 30 MW. Reaktor ini dilengkapi dengan beberapa fasilitas iradiasi. Dalam kondisi reaktor beroperasi, banyak sampel/cuplikan yang di iradiasi

di dalam fasilitas iradiasi tersebut untuk berbagai kepentingan, baik riset maupun komersial. Guna melayani para pemakai jasa reaktor, dalam sistem organisasi di PRSG dibentuk sebuah bidang yaitu Bidang Operasi Reaktor dimana para personilnya terbagi dalam tugas mengoperasikan reaktor, melakukan perencanaan operasi reaktor dan melayani

pengguna jasa iradiasi. Dalam melaksanakan tugasnya, personil Bidang Operasi Reaktor harus bekerja di daerah radiasi, dimana terdapat risiko akan terkena paparan atau terkontaminasi oleh zat radioaktif yang berisiko terhadap kesehatan personil tersebut.

Untuk mengetahui apakah para personil yang bekerja di daerah radiasi tersebut mengalami gangguan kesehatan maka telah diambil rambut para pekerja radiasi tersebut sebagai sampel untuk diketahui unsur kelumit yang terdapat didalamnya. Rambut adalah bagian dari tubuh manusia yang dapat digunakan sebagai indikator status kesehatan seseorang. Penggunaan rambut sebagai alat analisis mempunyai alasan khusus, karena rambut dianggap sebagai jaringan paling pas untuk memantau kesehatan seseorang. Cuplikan rambut lebih mudah dalam pengambilan dan perlakuannya serta dapat disimpan dalam waktu yang lama. Rambut juga berfungsi sebagai eksresi untuk unsur yang berlebihan dalam tubuh dan berperan sebagai spesimen yang mengakumulasikan, sehingga rambut dapat memberikan informasi yang terkait dengan metabolisme normal dan abnormal dari suatu unsur tertentu.

Dalam penelitian ini diambil rambut beberapa personil dari Bidang Operasi Reaktor yang tugasnya selalu berada dalam medan radiasi. Hasil analisis dari sampel rambut pekerja radiasi akan dibandingkan dengan hasil analisis rambut dari personil yang bertugas di bagian administrasi yang tidak berhubungan langsung dengan medan radiasi.

Metoda analisis aktivasi neutron digunakan dalam penelitian ini, karena Teknik analisis aktivasi neutron (AAN) merupakan salah satu teknik yang umum digunakan untuk analisis unsur pada cuplikan rambut. Disamping itu teknik analisis aktivasi neutron ini dikenal memiliki tingkat presisi dan akurasi yang tinggi dan mampu mendeteksi suatu unsur secara serempak dalam satuan ppm/ppb.

TEORI

Rambut merupakan bagian tubuh yang terdiri dari keratin yaitu sejenis protein yang terdapat dalam kulit dan kuku. Rambut juga berfungsi sebagai eksresi untuk unsur yang berlebihan dalam tubuh dan berperan sebagai spesimen yang mengakumulasikan, sehingga rambut dapat memberikan informasi yang terkait dengan metabolisme normal dan abnormal suatu unsur tertentu^[8] Rambut digunakan sebagai bahan analisis untuk mengetahui kesehatan seseorang karena rambut dapat dipakai sebagai indikator apakah tubuh seseorang dalam keadaan sehat atau tidak. Jika tubuh mengalami gangguan kesehatan ataupun kekurangan nutrisi maka akan timbul masalah dengan rambut, sebaliknya bila tubuh dalam kondisi sehat dan cukup

nutrisi maka rambutpun akan nampak sehat. Dalam sampel rambut kemungkinan terdapat beberapa unsur kelumit yang dapat di deteksi. Konsentrasi unsur-unsur yang terdeteksi dalam rambut memiliki nilai lebih tinggi daripada dalam darah maupun urine. *Environmental Protection Agency* (EPA) menjadikan cuplikan rambut sebagai salah satu cuplikan biologi yang penting dalam monitoring lingkungan, dan *International Atomic Energy Agency* (IAEA) juga menggunakan cuplikan rambut sebagai salah satu alat monitoring kandungan unsur-unsur kelumit terkait dengan kesehatan dan dampak lingkungan.^[3]

Teknik Analisis Aktivasi Neutron.

Aktivasi neutron adalah iradiasi suatu inti dengan neutron untuk menghasilkan radionuklida. Jumlah radionuklida yang dihasilkan tergantung pada jumlah inti dalam target, jumlah neutron yang diterima oleh target, waktu iradiasi, tampang lintang target, dan waktu paro radionuklida yang terbentuk. Radionuklida yang terbentuk akan meluruh terhadap waktu dengan skema peluruhan yang karakteristik. Teknik Analisis Aktivasi Neutron (AAN) didasarkan pada reaksi penangkapan neutron termal oleh target melalui reaksi (n, γ) . Neutron termal diabsorpsi oleh inti target dan menghasilkan inti yang kelebihan neutron yang bersifat tidak stabil. Inti ini selanjutnya cenderung akan mencapai keadaan setimbang (stabil) dengan melepaskan kelebihan energinya melalui transisi isomerik, atau melalui peluruhan β^- atau β^+ yang umumnya diikuti pula oleh pancaran sinar- γ . Sinar- γ yang dipancarkan pada umumnya merupakan karakteristik dari suatu radionuklida tertentu, dan sifat ini digunakan untuk mengidentifikasi suatu radionuklida hasil aktivasi. Berdasarkan fenomena ini, maka dimungkinkan untuk menentukan unsur yang terkandung dalam suatu benda, baik kualitatif maupun kuantitatif secara simultan tanpa dipengaruhi oleh sifat-sifat kimia dari cuplikan. Dalam metode komparatif AAN, kuantitas unsur dalam analit berbanding lurus dengan sinyal yang diukur oleh detektor, yaitu laju pencacahan dari radiasi yang spesifik untuk nuklida yang akan ditentukan. Pada metode ini, sejumlah masa unsur yang diketahui jumlahnya (W_s) diiradiasi bersamaan dengan sampel yang akan ditentukan kuantitas unturnya. Keduanya baik sampel maupun standar, selanjutnya dicacah secara berurutan pada posisi geometri pencacahan yang sama. Formulasi untuk menghitung kuantitas unsur dalam sampel adalah sebagai berikut,

$$Cu = \frac{(Np)_{cuplikan}}{(Np)_{standar}} \times W_{standar}$$

dengan :

Cu : konsentrasi analit dalam sampel

(Np)_{cuplikan} : luas puncak cuplikan
 (Np)_{standar} : luas puncak standar
 W_{standar} : berat unsur standar

antara luas puncak dari cuplikan dibagi dengan luas puncak standar.

METODE PENELITIAN

Metode penentuan unsur kelumit ini dibuat dengan tahapan-tahapan sebagai berikut :

1. sampling

Rambut diambil dari empat karyawan PRSG Bidang Operasi Reaktor yang setiap hari bekerja dalam daerah radiasi, dan empat karyawan PRSG yang bekerja di Bagian Tata Usaha dimana lokasi tempat bekerja tidak berhubungan langsung dengan medan radiasi. Pengambilan dilakukan dari kepala bagian belakang dengan jarak 0,5 cm dari kulit kepala.

2. Preparasi sampel dan unsur standar

Rambut dicuci dengan shampo dan di bilas berulang kali dengan air bebas mineral, dikeringkan dalam oven. Ditimbang masing-masing terdiri dari dua replikat. Bahan acuan standar yang dipergunakan adalah CRM no 13 *Human Hair* dengan berat berkisar antara 40-50 mg. Sampel dan bahan acuan kemudian dimasukkan kedalam vial polietilin, selanjutnya dimasukan ke dalam kapsul iradiasi.

3. Iradiasi neutron

Iradiasi dilakukan di fasilitas iradiasi sistim *rabbit* RSG GAS selama 1 jam dengan fluks neutron $3,5 \times 10^{13} \text{ n/cm}^2 \cdot \text{s}$. untuk penentuan unsur-unsur dengan waktu paruh panjang.

4. Pengukuran sinar γ

Pada analisis dengan metode AAN komparatif, untuk pengukuran energi sinar- γ dilakukan dengan spektrometri gamma menggunakan detektor HPGe. Dari hasil pengukuran akan diperoleh spektrum energi sinar- γ dan besarnya intensitas unsur-unsur logam yang terkandung dalam cuplikan yang teraktivasi.

5. Analisis kualitatif dan kuantitatif

Analisis kualitatif dilakukan untuk mengidentifikasi unsur logam yang terkandung dalam cuplikan. Sedangkan analisis kuantitatif dilakukan dengan metode komparatif yaitu dengan membandingkan

ALAT DAN TATA KERJA

Alat dan bahan

- Rambut
- Gunting
- Neraca analitik
- Pemanas/oven
- Vial, kapsul
- Spektroskopi gamma
- MCA card dan komputer
- Bahan acuan standar/ CRM 13

Tata kerja

1. Rambut dipotong potong kira kira sepanjang 1mm kemudian dicuci dengan shampo yang netral dan dibilas berulang kali dengan air bebas mineral untuk menghilangkan kotoran dan lemak yang menempel.
2. Rambut dikeringkan selama 7 jam dalam oven bersuhu 50°C .
3. Ditimbang masing-masing menjadi dua replikat, dengan berat sekitar 40-50 mg, dimasukkan dalam vial polietilene.
4. Ditimbang bahan acuan standar sekitar 40-50 mg, dimasukkan dalam vial polietilene.
5. Vial yang telah berisi cuplikan dibungkus dengan aluminium foil, dimasukkan dalam kapsul aluminium.
6. Iradiasi dilakukan selama 1 jam, dan dibiarkan selama 1 minggu untuk peluruhan.
7. Sampel dicacah dengan spektrometri sinar gamma
8. Hasil spektrum di analisis dengan program Genie-2000
9. Kandungan logam dihitung secara kuantitatif dengan program exel.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil analisis kualitatif diperoleh hasil pengukuran seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1. Sepuluh jenis unsur yang dapat terdeteksi dalam sample rambut karyawan PRSG.

Tabel 1. Jenis unsur yang dapat terdeteksi dalam sampel rambut karyawan PRSG

NO	NAMA SAMPEL	JENIS UNSUR									
		Hg	Cr	Sb	Br	Zn	Na	Se	La	As	Sc
1.	Pekerja Radiasi-1	v	v	v	v	v	v	v	v		
2.	Pekerja Radiasi-2	v	v	v	v	v	v	v	v	v	
3	Pekerja Radiasi-3	v	v	v	v	v	v	v	v		v
4	Pekerja Radiasi-4	v	v	v	v	v	v	v			
5	Pekerja Non Radiasi-1	v	v	v	v	v	v	v		v	
6	Pekerja Non Radiasi-2	v	v	v	v	v	v	v		v	
7	Pekerja Non Radiasi-3	v	v	v	v	v	v	v		v	
8	Pekerja Non Radiasi-4	v	v	v	v	v	v	v			v

Dari tabel 1 dapat diketahui, ada sepuluh jenis unsur yang dapat di deteksi dalam sampel rambut personil PRSG. Kesepuluh unsur tersebut adalah Hg, Cr, Sb, Br, Zn, Na, Se, La, As dan Sc. Mercury (Hg) adalah logam berat yang berbahaya dalam tubuh manusia. Mercury masuk dalam tubuh manusia melalui beraneka cara, diantaranya dari makanan. Cromium merupakan logam esensial yang keberadaannya dalam tubuh manusia dibatasi. Demikian juga dengan Zn yang merupakan unsur kelumit esensial yang berperan dalam reaksi enzimatik di dalam tubuh manusia. Unsur lain yaitu Se, Br, Na, adalah unsur unsur yang biasanya terdapat dalam bahan pembuatan kosmetik atau shampo. Dari delapan rambut personil PRSG, hampir semuanya mengandung Hg, Cr, Sb, Br, Zn, Na dan Se. Selebihnya, ada berbagai macam unsur

yang terdapat dalam sampel rambut personil PRSG. Logam La terdeteksi pada ketiga sampel rambut pekerja radiasi, dan As yang merupakan logam berbahaya terdapat dalam satu sampel pekerja radiasi dan ketiga personil yang bekerja di luar daerah radiasi. Disamping unsur unsur yang disebutkan diatas, dalam analisis kualitatif ini ditemukan pula adanya unsur Sc dalam pekerja radiasi dan non radiasi. Semua unsur yang dapat terdeteksi dari analisis kualitatif pada sampel rambut ini tidak ada hubungannya dengan kegiatan operasi reaktor.

Sedangkan dari analisis kuantitatif, hanya ada dua unsur yang dapat dihitung konsentrasinya yaitu Hg dan Zn. Berikut adalah tabel konsentrasi serta aktivitas unsur kelumit dalam sampel rambut personil di PRSG.

Tabel 2. Konsentrasi unsur kelumit yang terdapat dalam sampel rambut karyawan PRSG

No	NAMA SAMPEL	JENIS UNSUR	KONSENTRASI (mg/kg)
1	Pekerja Radiasi-1	Hg	0.946±0.1
		Zn	280.445±12.906
2	Pekerja Radiasi-2	Hg	0.796±0.05
		Zn	159.967±5.574
3	Pekerja Radiasi-3	Hg	0.454±0.056
		Zn	240.909±7.998
4	Pekerja Radiasi-4	Hg	0.652±0.074
		Zn	209.607±7.002
5	Pekerja Non Radiasi-1	Hg	1.179±0.142
		Zn	100.260±7.274
6	Pekerja Non Radiasi-2	Hg	0.673±0.126
		Zn	344.112±11.930
7	Pekerja Non Radiasi-3	Hg	0.633±0.088
		Zn	315.545±10.799
8	Pekerja Non Radiasi-4	Hg	0.505±0.052
		Zn	311.302±10.355

Dari tabel 2 dapat dilihat konsentrasi dari unsur kelumit dalam rambut tersebut. Diantara sepuluh jenis unsur, hanya dua unsur yang dapat diketahui konsentrasinya yaitu Hg dan Zn . Hal ini disebabkan karena keterbatasan bahan acuan (CRM) yang dipakai sebagai bahan pembanding dalam metode

ini. Dalam bahan acuan yang dipakai yaitu CRM13 Human Hair, unsur Sb, Br, Na, dan Cr tidak termasuk dalam unsur yang tersertifikasi. Sehingga tidak dapat digunakan sebagai pembanding dalam perhitungan kuantitatif.

Dari tabel 2 dapat dilihat bahwa kandungan Hg tertinggi dimiliki oleh rambut pekerja non radiasi 1, yaitu 1.179 ± 0.142 mg/kg. Nilai ini masih berada dalam batas aman berdasarkan kriteria *World Health Organization* yang menetapkan bahwa kadar normal Hg dalam rambut berkisar antara 2 mg/kg.^[5] Sedangkan kandungan Zn tertinggi terdapat dalam rambut pekerja non radiasi 2, yaitu sebesar 344.112 ± 11.930 mg/kg. Nilai ini melebihi nilai yang dilaporkan oleh Ponzetta (1998) dimana rekomendasi untuk Zn dalam rambut manusia adalah 115-160 mg/kg (min) dan 190-210 mg/kg (maks).^[9] Zn adalah logam esensial yang diperlukan tubuh dalam jumlah tertentu. Kelebihan Zn dalam rambut kemungkinan akibat dari penggunaan shampoo anti ketombe yang secara rutin digunakan. Karena pada umumnya shampoo anti ketombe mengandung Zn sebagai ZnPto (Zink Pyrithione).^[1]

Dari hasil penentuan secara kuantitatif tidak ditemukan perbedaan yang signifikan antara rambut pekerja radiasi dan pekerja non radiasi. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa adanya logam berbahaya dalam rambut personil RSG GAS bukan berasal dari daerah kerja. Beberapa jenis logam berbahaya yang terdapat dalam sampel rambut tersebut kemungkinan berasal dari makanan, kosmetik maupun lingkungan tempat tinggal personil tersebut. Sehingga dapat dikatakan bahwa daerah kerja dalam medan radiasi tidak membawa dampak kesehatan bagi personil Bidang Operasi Reaktor PRSG.

KESIMPULAN

Dari uraian diatas maka dapat disimpulkan sebagai berikut

1. Tidak ada perbedaan yang signifikan dalam perhitungan konsentrasi kandungan unsur kelumit dalam rambut pekerja radiasi dan pekerja non radiasi.
2. Kandungan unsur kelumit yang terdapat dalam sampel rambut personil PRSG bukan berasal dari kontaminan akibat bekerja di daerah radiasi.

DAFTAR PUSTAKA

1. Arifin, Metode Pengolahan Seng (Zn); Suatu Tinjauan Pada Instalasi Pengolahan Air, PT. Tirta Kencana Cahaya Mandiri, Tangerang, 2009.
2. Diah Dwiana Lestari dkk, Penentuan Unsur Kelumit Dalam Cuplikan Rambut Menggunakan Teknik Analisis Aktivasi Neutron, Prosiding Seminar Nasional AAN
3. IAEA TecDoc 330, 1985. Health Related Monitoring of Trace Element Pollutants Using Nuclear Techniques, IAEA, Vienna, 2005

4. IAEA TECDOC 564, 1990. Practical Aspect of Operating A Neutron Activation Laboratory, IAEA, Vienna, 1990
5. International Agency for Research on Cancer World Health Organization, 1993, IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans Volume 58. Beryllium, Cadmium, Mercury, and Exposures in the Glass Manufacturing Industry.
6. Laporan Analisis Kecelakaan RSG GAS, revisi 9
7. National Institute for Environmental Studies, Certified Reference Material no 13, Human Hair, Japan Environment Agency
8. PINEIRO JM, RODRIGUEZ EA, dkk; Determination of Mayor and Trace Elements in Human Scalp Hair by Pressurized Liquid Extraction With Acetic Acid and Inductively Coupled Plasmaoptical Emission Spectrometry, Anal Bionala Chem 2007
9. Ponzetta MT, dkk. Trace Elements in Human Scalp Hair and Soil in Irian Jaya Biol Trace Elem Res 1998.

DISKUSI

Penanya : D. Haryanto - PPGN

Pertanyaan :

- Rambut sebagai jaringan paling pas dilakukan analisis, alasannya ?
- Rambut dapat dipakai sebagai indikasi seorang sehat atau tidak ? Bagaimana penjelasannya
- Alasan pengambilan 0,5 cm dari kulit rambut

Jawaban :

- Rambut merupakan jaringan paling pas untuk dianalisis karena rambut lebih mudah dalam pengambilan maupun perlakuannya dibandingkan dengan jaringan tubuh yang lain. Rambut juga dapat disimpan dalam waktu yang lama dan tidak membutuhkan tempat yang khusus.
- Rambut dapat digunakan sebagai indikasi kesehatan seseorang, hal ini akan terlihat apabila tubuh mengalami gangguan kesehatan ataupun kekurangan nutrisi maka akan timbul masalah dengan rambut (mis. Kusam, rontok dll) disamping itu rambut juga dapat memberikan informasi yang terkait dengan metabolisme normal dan abnormal suatu unsur tertentu ini disebabkan karena rambut berfungsi sebagai eksvesi untuk unsur yang berlebihan dalam tubuh dan berperan sebagai spesimen yang mengakumulasi.
- Pengambilan sampel minimal 0,5 cm di kulit kepala. Ini disebabkan karena makin dekat dengan kulit kepala akan memberikan informasi yang lebih akurat, Hal tersebut berhubungan dengan

fungsi rambut sebagai eksresi yang berhungan erat dengan kulit kepala

Penanya : Teguh Sulistyio

Pertanyaan :

- Sampel yang diambil mengapa hanya 4 orang
- Apakah hasilnya dapat dikategorikan mewakili pekerja radiasi dan non pekerja radiasi

Jawaban :

- Sampel diambil 4 orang pekerja radiasi dan 4 orang pekerja non radiasi. Jadi total ada 8 personil

yang diambil rambutnya sebagai sampel. Hal ini disebabkan karena keterbatasan waktu dan setiap sampel dilakukan dua kali pengukuran, maka akan membutuhkan waktu yang lama bila lebih banyak lagi sampel yang akan dianalisis.

- Diharapkan hasil pengukuran ini dapat mewakili karena dari 4 orang pekerja radiasi tersebut diambil dari personil yang benar-benar bergelut dengan radiasi tinggi setiap hari. Sedangkan 4 orang pekerja non radiasi adalah personil yang bekerja tidak berhubungan dengan bahan radioaktif.