

# PENENTUAN KANDUNGAN UNSUR PADA INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH (IPAL) RSUP DR. SOERADJI TIRTONEGORO KLATEN DENGAN METODE ANALISIS AKTIVASI NEUTRON REAKTOR KARTINI

Niati, Pratiwi Dwijananti, Widarto

Jurusan Fisika FMIPA UNNES  
Jl. Raya Sekaran, Gunungpati Semarang

**Abstrak** Limbah cair hasil aktivasi manusia misalnya di Rumah Sakit harus diolah terlebih dahulu sebelum dialirkan ke lingkungan. Pengolahan limbah cair ini dilakukan untuk mengantisipasi adanya suatu hal yang berbahaya atau tidak aman bagi lingkungan. Permasalahan yang dikaji adalah dengan mengetahui jenis unsur dan kadarnya apakah melebihi dari batas kadar baku mutu limbah dan air minum. Metode Analisis Aktivasi Neutron (AAN) untuk analisis kualitatif yaitu mengetahui jenis unsur dan analisis kuantitatif yaitu menghitung kadar dari jenis unsur tersebut. Sampel limbah cair diaktivasi menggunakan sumber neutron dari Reaktor Kartini, kemudian dicacah menggunakan Spektrometri- $\gamma$ , barulah analisis kualitatif dan kuantitatif dapat dilakukan. Hasil penelitian sampel air sumur dan limbah cair RS secara kualitatif terdapat jenis unsur dengan waktu peluruhan pendek seperti : Fe, Cl, dan Al dan waktu peluruhan panjang terdapat jenis unsur Br dan Na. Secara kuantitatif untuk waktu peluruhan pendek dengan evaporasi kadar Cl antara  $(0,0849-3,01)E-06$  ppm, kadar Al antara  $(2,3197-3,9841)E-07$  ppm; tanpa evaporasi kadar Cl antara  $(0,65785-2,3197)E-07$  ppm, kadar Al antara  $(2,5113-2,7761)E-09$  ppm. Untuk waktu peluruhan panjang dengan evaporasi kadar Br antara  $(0,069846-1,9147)E-04$  ppm, kadar Na antara  $(0,8058-3,2544)E-05$  ppm; tanpa evaporasi kadar Br  $5,031E-06$  ppm, kadar Na antara  $(6,7857-8,3285)E-07$  ppm. Dari hasil penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa waktu peluruhan dan perbedaan perlakuan sampel mengakibatkan jenis unsur dan kadar unsur yang dihasilkan juga berbeda-beda. Berdasarkan penghitungan kadar jenis unsur dan setelah dibandingkan dengan kadar baku mutu limbah dan mutu air maka limbah cair RSUP Dr. Soeradji Tirtonegoro Klaten dalam batas aman apabila dibuang ke lingkungan dan air sumur tersebut juga aman untuk dikonsumsi.

**Kata kunci :** Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL), AAN, Reaktor Kartini

## PENDAHULUAN

Sejak perkembangan sejarah atom, manusia selalu ingin mengetahui lebih jauh tentang sesuatu yang ditemukannya untuk kemudian dikembangkan lagi agar dapat bermanfaat bagi kehidupan manusia. Di Indonesia sendiri

pemanfaatan teknologi nuklir digunakan antara lain dalam bidang kedokteran misalnya di rumah sakit (RS), bidang industri, bidang pertanian, bidang hidrologi, dan bidang arkeologi. Dari aktivitas tersebut yang lazim muncul yang bersifat membahayakan bagi lingkungan sekitar adalah berupa limbah, baik limbah berupa padat, cair ataupun gas. Di rumah sakit misalnya, limbah yang berupa zat cair diproses atau dikelola melalui suatu sistem IPAL (Instalasi Pengolahan Air Limbah) sebelum nantinya dibuang atau dialirkan ke lingkungan sekitar. Sebelum limbah cair dialirkan/dibuang ke lingkungan, perlu diketahui jenis unsur dan kadar dari unsur tersebut apakah melebihi dari batas-batas yang ditentukan apa tidak.

Metode yang digunakan salah satunya dengan metode Analisis Aktivasi Neutron. Metode ini untuk menentukan banyak unsur secara serentak tanpa merusak cuplikan dan waktu analisisnya relative cepat. Unsur yang teraktivasi neutron akan menjadi unsur radioaktif yang memancarkan sinar- $\gamma$ . Analisis ini dapat digunakan untuk analisis kualitatif yaitu menentukan jenis unsur sedangkan analisis kuantitatif untuk mengetahui kadar atau unsur dalam air karena metode analisis aktivasi neutron sangat sensitive. Sampel yang akan dianalisis, diiradiasi menggunakan suatu sumber neutron dari suatu reaktor. Reaktor yang digunakan adalah Reaktor Kartini, reaktor tersebut merupakan salah satu jenis dari reaktor fisi yang digunakan untuk riset (produksi isotop, penelitian, test material). Sinar- $\gamma$  yang dipancarkan oleh berbagai unsur dalam sample yang telah diiradiasi, dapat dianalisis secara spektrometri- $\gamma$ .

## Air Limbah Rumah Sakit

Sebelum di buang ke lingkungan limbah cair rumah sakit, perlu dikelola dengan cermat, sebab jika tidak potensial dapat mencemari lingkungan, Limbah cair RS adalah semua limbah cair yang berasal dari RS yang kemungkinan mengandung bahan kimia (toksik), infeksius dan

radioaktif. Dampak dari limbah cair ini bila dalam pengelolaannya yaitu sejak dihasilkan sampai dengan pembuangan dikelola dengan cara yang benar akan memberi pengaruh positif terhadap lingkungan masyarakat di dalam dan di luar RS. Limbah cair yang tidak dikelola dengan baik dapat mengakibatkan pencemaran sumber air, gangguan kesehatan masyarakat di dalam dan di luar RS.

(Dep. Kes. Dit. Jen P2M PLP; 1988)

### Radioaktivitas

Radioaktivitas adalah gejala perubahan keadaan inti atom secara spontan yang disertai radiasi berupa zarah dan atau gelombang elektromagnetik (Susetyo,1988). Suatu unsur dikatakan radioisotop atau isotop radioaktif kalau isotop tersebut dapat memancarkan radiasi (mempunyai aktivitas). Radiasi ini terdiri dari zarah-zarah atau partikel yang membawa energi (Susetyo, 1988:23).

### Reaksi Inti dengan Neutron

Reaksi inti adalah proses reaksi antara suatu inti dengan inti lain, partikel elementer atau foton, yang dalam waktu  $10^{-12}$  detik atau kurang menghasilkan satu atau lebih inti lain (termasuk juga partikel lain atau foton). (Djojosebroto, 1983:3)

Pada umumnya reaksi inti ditulis sebagai berikut:  $a + X \rightarrow Y + b$  atau  $X(a,b)Y$ . X adalah inti awal, Y inti akhir, sedang a dan b masing-masing adalah partikel datang dan yang dipancarkan.

### Interaksi Sinar- $\gamma$ dengan Materi

Sinar- $\gamma$  yang dihasilkan oleh sampel, hasil setelah diiradiasi nantinya akan dianalisa melalui pencacahan dengan detektor dalam suatu sistem alat pencacah.

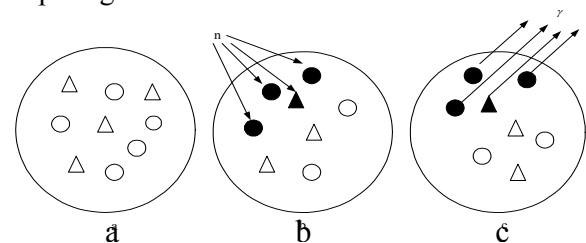
Interaksi sinar- $\gamma$  dengan materi dapat terjadi melalui bermacam-macam proses. Dari berbagai proses tersebut hanya ada 3 proses yang penting untuk diperhatikan dalam spektrometri- $\gamma$ , yaitu: efek fotolistrik, efek compton dan produksi pasangan. Ketiga proses tersebut menghasilkan spektrum- $\gamma$ , spektrum- $\gamma$  bersifat unik, masing-masing inti memiliki energi gamma yang berbeda sehingga spektrum- $\gamma$  dari cuplikan dapat digunakan untuk analisa kuantitatif. (Susetyo, 1984)

### Metode Analisis Aktivasi Neutron

Metode analisis aktivasi neutron adalah suatu metode analisis unsur yang didasarkan pada pengukuran keradioaktifan imbas jika suatu sampel disinari neutron. Metode ini merupakan metode

yang akurat untuk analisis unsur dalam berbagai bentuk fisis baik padat, cair ataupun gas.

Secara skematis prinsip dasar aktivasi neutron seperti gambar dibawah ini:



Gambar 1. Prinsip Dasar AAN

Keterangan :

a. Cuplikan terdiri atas bahan dasar (O) dan unsur kelumit ( $\Delta$ ).

b. Cuplikan diiradiasi dengan neutron dan membuat beberapa atom menjadi radioaktif ( $\bullet$  dan  $\blacktriangle$ ).

c. Sinar- $\gamma$  yang dipancarkan oleh cuplikan menyingkap data kualitatif dan kuantitatif unsur-unsur dalam cuplikan. (Susetyo, 1998:158).

Metode analisis aktivasi neutron (AAN) dapat melakukan analisis kualitatif yaitu mengetahui jenis unsur yang terdapat dalam cuplikan dengan menentukan tenaga dari tiap-tiap puncak spectrum- $\gamma$  yang ditampilkan pada layar, kemudian dicocokkan dengan tabel isotop dan analisis kuantitatif menentukan kadar unsur yang terkandung dalam cuplikan lalu dibandingkan dengan titik baku mutu limbah. Untuk menentukan kadar unsur dalam cuplikan tersebut secara mutlak (tidak menggunakan unsur standar)

### Spektrometri- $\gamma$

Spektrometri- $\gamma$  dapat didefinisikan sebagai suatu cara pengukuran dan identifikasi zat-zat radioaktif dengan jalan mengamati spektrum karakteristik yang ditimbulkan oleh interaksi foton- $\gamma$  yang dipancarkan oleh zat-zat radioaktif tersebut dengan detektor. (Susetyo, 1988)

Spektrometri- $\gamma$  adalah suatu metode pengukuran yang bersifat nisbi (relatif), sehingga sebelum suatu perangkat spektrometri- $\gamma$  dapat dipakai untuk melakukan analisis, alat tersebut perlu dikalibrasi lebih dahulu secara cermat dan teliti. Ada dua macam kalibrasi yang perlu dilakukan, yaitu kalibrasi tenaga dan kalibrasi efisiensi.

### Reaktor Kartini

Reaktor Kartini didesain berdasar pada sistem reaktor kolam, dengan bahan bakar uranium zirconium hidrida (U-ZrH). Reaktor Kartini mempunyai daya maksimum 250 kW dan sampai

saat ini beroperasi steady-state pada daya 100 kW. Reaktor Kartini merupakan jenis reaktor TRIGA MARK II (Training, Research and Isotope Production by General Atomic) yang digunakan untuk keperluan irradiasi, eksperimen dan latihan personal.

Reaktor Kartini tersusun atas beberapa komponen peralatan dan fasilitas eksperimen dan irradiasi. Untuk keperluan eksperimen, pada beberapa bagian dari reflektor ditembus oleh beberapa tabung berkas (beamport) radial dan satu buah tabung berkas tangensial. Ruang untuk irradiasi terdapat dibagian atas reflektor dan ditengah-tengah teras, sedangkan dibagian teras dilengkapi dengan sistem fasilitas pneumatik.

## METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini alat-alat yang digunakan meliputi: alat pengambilan sampel, alat preparasi sampel, alat irradiasi, dan alat cacah.

### a. Alat Pengambilan Sampel

Dalam pengambilan sampel, alat-alat yang digunakan adalah: Botol dari Timbal, derigen 5 buah, tali, dan bolpoint permanen.

### b. Alat Preparasi Sampel

Dalam preparasi sampel, alat-alat yang digunakan adalah: Gelas beker volume 1 liter, vial polyethylene 2 ml, masker, kompor listrik, handy step, plastik klip, dan pinset.

### c. Alat Irradiasi

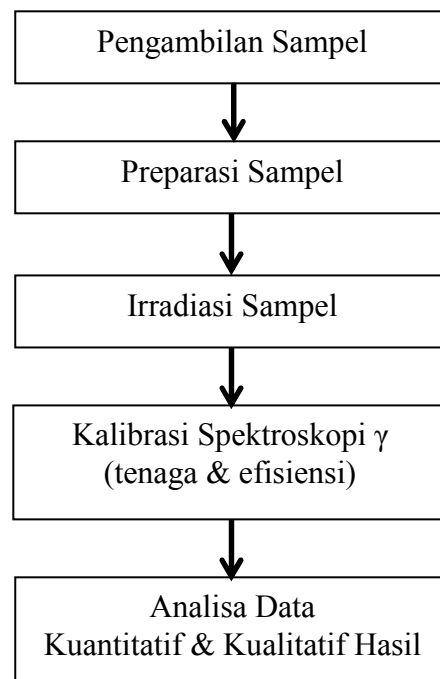
Alat yang digunakan untuk irradiasi adalah: Reaktor Kartini : fasilitas lazy suzan untuk analisis unsur waktu peluruhan panjang dan analisis unsur waktu peluruhan pendek dengan fluks neutron  $2,08.10^{11} \text{ n.cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ . (Ery Rahmawati,1998)

### d. Alat Pencacah

Alat yang digunakan untuk pencacahan sampel adalah: Seperangkat alat spektrometri- $\gamma$  dengan detektor HPGe

Bahan-bahan yang digunakan untuk penelitian ini meliputi : Limbah cair sebelum dan sesudah proses pengolahan, air tanah/air sumur,  $^{152}\text{Eu}$  untuk kalibrasi tenaga dan untuk kalibrasi efisiensi, Nitrogen cair untuk mendinginkan detektor HPGe, Aquadest untuk mencuci handystep dan gelas beker.

Penelitian dilakukan mengikuti alur sebagai berikut:



## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Penelitian

Hasil penelitian yang terkandung dalam sampel limbah cair dan air sumur di RSUP Dr. Soeradji Tirtonegoro Klaten dalam bentuk diagram batang adalah sebagai berikut:

Keterangan Lokasi:

A : Limbah cair sebelum proses pengolahan pada titik atas

B : Limbah cair sebelum proses pengolahan pada titik tengah

C : Limbah cair sebelum proses pengolahan pada titik bawah

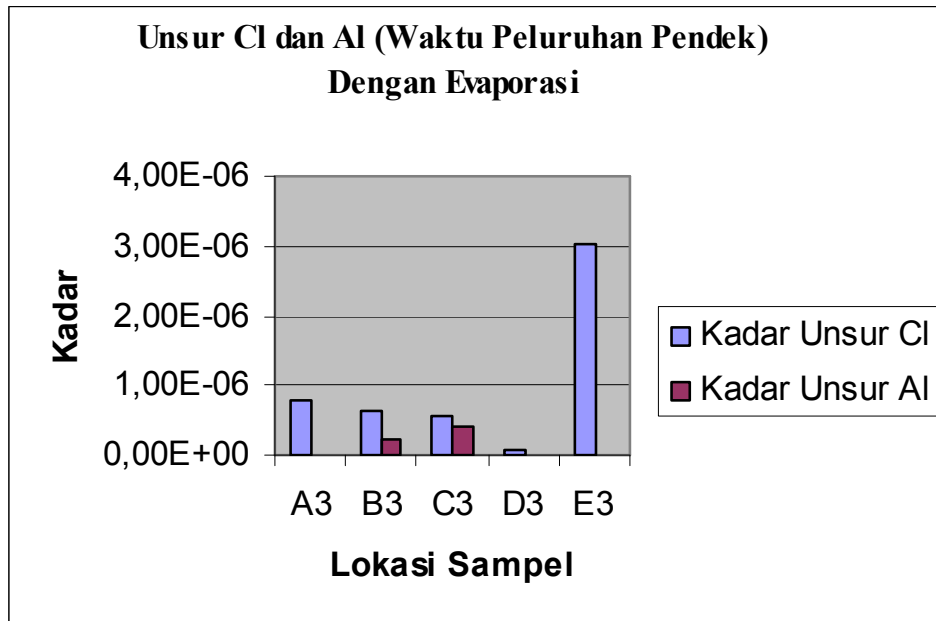
D : Limbah cair sesudah proses pengolahan

E : Air sumur / air tanah

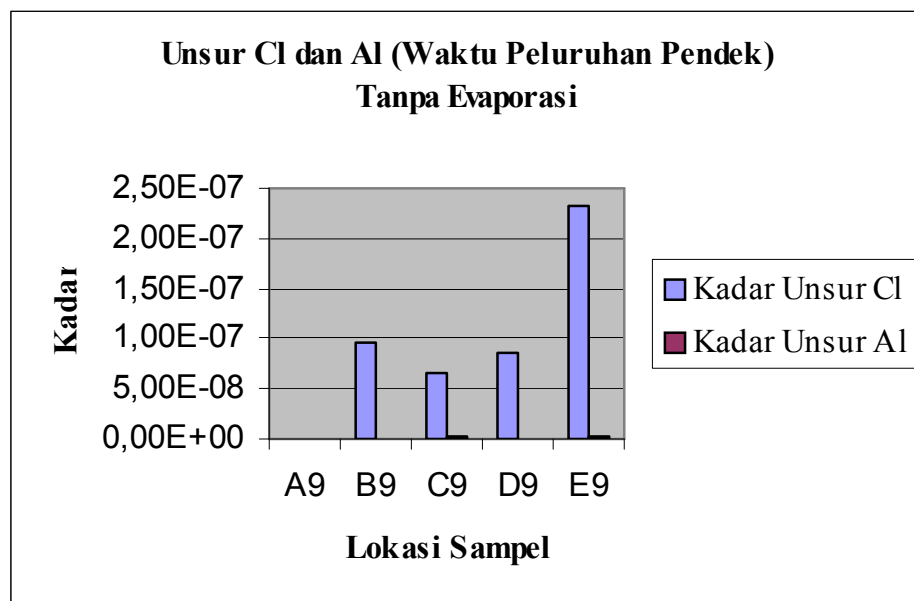
Satuan kadar unsur dalam mg/L

### Pembahasan

Hasil pencacahan sampel berupa spektrum energi- $\gamma$ . Analisis kualitatif pada sample limbah cair dan air sumur RS diperoleh jenis unsur yaitu unsur Fe, Cl, dan Al untuk waktu peluruhan pendek. Sedangkan untuk waktu peluruhan panjang yaitu unsur Br dan Na. Dari hasil analisis kualitatif dengan waktu peluruhan yang berbeda



Gambar 2. Diagram Batang Unsur Cl dan Al Waktu Peluruhan Pendek Dengan Evaporasi Pada Lokasi A3, B3, C3, D3, dan E3.



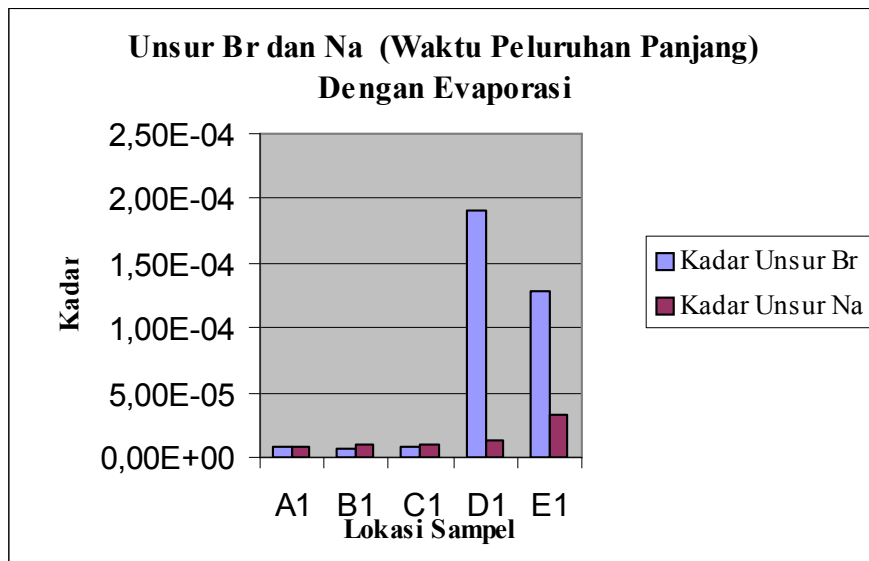
Gambar 3. Diagram Batang Unsur Cl dan Al Waktu Peluruhan Pendek Tanpa Evaporasi Pada Lokasi A9, B9, C9, D9, dan E9.

begitu sangat berpengaruh pada jenis unsur yang dihasilkan.

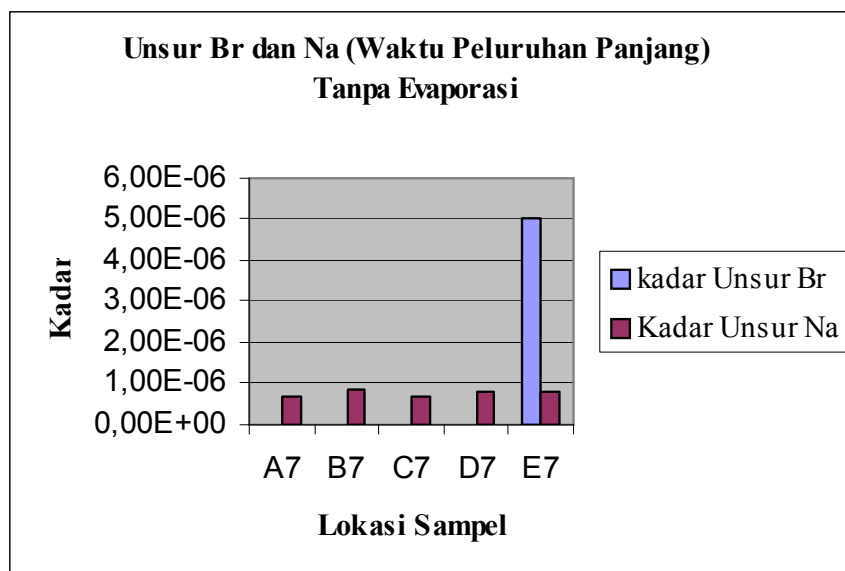
Untuk waktu peluruhan pendek baik yang dengan evaporasi maupun yang tidak dievaporasi, unsur Fe yang terdapat dalam sample harga Cps yang dihasilkan jauh lebih kecil dari harga Cps dalam vial kosong. Hal ini disebabkan karena waktu paro unsur Fe adalah 45 hari, jadi kalau diaktivasi hanya dalam waktu 5 menit, maka unsur Fe belum

mencapai keadaan jenuh. Seharusnya untuk mendapatkan unsur Fe maka sample harus diaktivasi lebih lama, misalnya diatas 6 jam. Harga Cps yang terlalu kecil ini begitu sangat berpengaruh terhadap penghitungan kadar dari unsur Fe itu sendiri yaitu kadar dari unsur tersebut tidak bisa untuk dicari.

Untuk harga Cps dari jenis unsur yang dengan evaporasi dan tanpa evaporasi sudah sangat jelas terlihat bahwa untuk sample yang dievaporasi



Gambar 4. Diagram Batang Unsur Br dan Na Waktu Peluruhan Panjang Dengan Evaporasi Pada Lokasi A1, B1, C1, D1, dan E1.



Gambar 5. Diagram Batang Unsur Br dan Na Waktu Peluruhan Panjang Tanpa Evaporasi Pada Lokasi A7, B7, C7, D7, dan E7.

harga Cps-nya lebih besar dari yang tidak dievaporasi. Hal ini terjadi karena keboleh jadian inti dalam menangkap neutron juga semakin besar

dari unsur yang dievaporasi, sehingga aktivitas dari unsur yang pekat lebih tinggi dari yang tidak pekat.

Untuk waktu peluruhan panjang yang dengan evaporasi unsur Br dan Na semua terdeteksi kecuali pada sample yang tanpa dievaporasi, unsur Br tidak terdeteksi karena aktivitas pada sampel sudah habis. Hal ini terjadi karena pada sample yang tanpa evaporasi,

sampelnya kurang pekat jadi aktivitasnya terlalu kecil apalagi ditambah dengan waktu tunda yang lama. Semakin besar waktu tunda maka Cps yang terukur semakin kecil karena inti radionuklida telah banyak meluruh saat dilakukan pencacahan dengan waktu tunda yang semakin besar itu.

Berdasarkan kadar yang diperoleh dalam hasil penelitian, dilihat dari segi atau tingkat pencemaran, air limbah sebelum pengolahan dan setelah pengolahan tidak berbahaya, namun demikian kadarnya mengalami perubahan. Hal ini dapat dilihat misalnya untuk kadar unsur Cl (dengan evaporasi) dimana kadar unsur Cl sebelum

pengolahan lebih besar daripada yang setelah pengolahan. Sedangkan kadar unsur Br (dengan evaporasi) kadar unsur Br sebelum pengolahan lebih kecil dengan yang setelah pengolahan. Tetapi berdasarkan pengamatan di lokasi sampel yang relatif berubah yaitu dari segi warna, bau, dan tingkat kekeruhan/ kejernihannya

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, maka dapat disimpulkan:

Secara kualitatif unsur yang terkandung dalam sample limbah cair RS dan air sumur di RS adalah Fe, Cl, Al, Na, dan Br.

Secara kuantitatif dapat diketahui kadar dari masing-masing unsur untuk waktu peluruhan pendek dengan evaporasi kadar unsur Cl antara  $(0,0849-3,01)E-06$  ppm, kadar Al antara  $(2,3197-3,9841)E-07$  ppm; tanpa evaporasi kadar Cl antara  $(0,65785-2,3197)E-07$  ppm, kadar Al antara  $(2,5113-2,7761)E-09$  ppm. Untuk waktu peluruhan panjang dengan evaporasi kadar Br antara  $(0,069846-1,9147)E-04$  ppm, kadar Na antara  $(0,8058-3,2544)E-05$  ppm; tanpa evaporasi kadar Br :  $5,031E-06$  ppm, kadar Na antara  $(6,7857-8,3285)E-07$  ppm.

Berdasarkan kadar dari hasil penelitian dengan kadar baku mutu air: Daftar Persyaratan Kualitas Air Minum Menurut Peraturan Menteri Kesehatan RI No.46 tahun 1990 dan sesuai dengan Peraturan Pemerintah RI No.03 tahun 1991 tentang

Pengendalian Pencemaran Air, bahwa unsur-unsur yang terkandung dalam limbah cair dan air sumur di RS dalam batas aman apabila dialirkan ke lingkungan dan air sumur yang terdapat di RS tersebut juga aman untuk dikonsumsi.

Berdasarkan kadar unsur, limbah cair sebelum proses dan sesudah proses pengolahan mengalami perubahan (lebih kecil ataupun lebih besar). Namun dari pengamatan limbah cair sesudah proses IPAL telah mengalami perubahan dari segi bau, warna, dan tingkat kekeruhan/kejernihannya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim.(1988). *Pedoman Sanitasi Rumah Sakit Di Indonesia*. Jakarta: Dep. Kes. Dit. Jen. P2M PLP
- .Erdtmann, Gerhard.(1976). *Neutron Activation Tables.-* Weinheim, New York : Verlag Chermie.
- Ery Rahmawati.(2003). *Pemetaan Fluks Neutron Thermal pada Fasilitas Iradiasi Lazy Suzan Reaktor Kartini*. Skripsi. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.
- Peraturan Daerah Propinsi Jateng No.10 tahun 2004 tentang baku mutu air limbah.
- Susetyo, Wisnu.(1988). *Spektrometri Gamma dan Penerapannya dalam Analisis Pengaktifan Neutron*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Suratman.(1998). *Pengawasan keselamatan Radiasi Reaktor Kartini*. PPNY-BATAN Yogyakarta