



## IDENTIFIKASI DAN PENENTUAN RADIONUKLIDA DALAM PARTIKULAT UDARA UKURAN TSP DISEKITAR PLTU CILACAP, JAWA TENGAH

Tri Rusmanto, Mulyono, Iswantoro

Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan-BATAN-Yogyakarta

Jl Babarsari Nomor 21, Kotak pos 6101 Ykbb 55281

e-mail : ptapb@batan.go.id

### ABSTRAK

**IDENTIFIKASI DAN PENENTUAN RADIONUKLIDA DALAM PARTIKULAT UDARA UKURAN TSP DISEKITAR PLTU CILACAP, JAWA TENGAH.** Telah dilakukan identifikasi dan penentuan Radionuklida dalam partikulat udara ukuran TSP di sekitar PLTU Cilacap Sampling dilakukan dengan menggunakan peralatan High Volume Air Sampler (HVAS) dan analisis dengan spektrometer gamma. Pengambilan sampel di 3 lokasi, setiap titik lokasi sampling selama 24 jam, sampel udara pada filter dikondisikan pada suhu kamar, ditimbang sampai berat konstan, dicacah selama 24 jam dengan spektrometer gamma. Hasil dari identifikasi dan pengukuran secara kualitatif dan kuantitatif menunjukkan yaitu TSP pada lokasi I Ra-226 = 0,000419 Bq/m<sup>3</sup>, PB-212 = 0,0000272 Bq/m<sup>3</sup>, Pb-214 = 0,0000221 Bq/m<sup>3</sup> TI-208 = 0,0001949 Bq/m<sup>3</sup>, Bi-214 = 0,0000543 Bq/m<sup>3</sup> K-40 = 0,002225 Bq/m<sup>3</sup>, Pada lokasi II Ra-226 = 0,0001986 Bq/m<sup>3</sup>, PB-212 = 0,0000816 Bq/m<sup>3</sup>, Pb-214 = 0,0000824 Bq/m<sup>3</sup> TI-208 = 0,0006136 Bq/m<sup>3</sup>, Bi-214 = 0,0001331 Bq/m<sup>3</sup> K-40 = 0,002663 Bq/m<sup>3</sup>, Pada lokasi III Ra-226 = 0,0004499 Bq/m<sup>3</sup>, PB-212 = 0,0001360 Bq/m<sup>3</sup>, Pb-214 = 0,0004435 Bq/m<sup>3</sup> TI-208 = 0,0002295, Bi-214 = 0,00010905 Bq/m<sup>3</sup> K-40 = 0,012176 Bq/m<sup>3</sup>) Semua hasil identifikasi Radionuklida Alam masih dibawah baku mutu gas menurut SK BAPETEN No. 02/KA-BAPETEN/V/99.

**Kata Kunci :** PLTU Cilacap, Radionuklida, Partikulat Udara, TSP, Lingkungan.

### ABSTRACTS

**IDENTIFIKASI AND DETERMINATION OF RADIONUCLIDES IN AIR PARTICULATES OF TSP SIZE AROUND PLTU CILACAP.** Center Java Identification and determination of radionuclides in air particulates of TSP size of around PLTU Cilacap have been performed. Sampling has done at 3 locating, each location was for 24 jam. Temperature of sampler in filter was room temperature, they were repeated weighing to be constant weight, and then counting for 24 hour by spectrometry gamma. The qualitative and quantitative identification results showed as the following. Samples of location I contains of : Ra-226 = 0.000419 Bq/m<sup>3</sup>, PB-212 = 0.0000272 Bq/m<sup>3</sup>, Pb-214 = 0.0000221 Bq/m<sup>3</sup> TI-208 = 0.0001949 Bq/m<sup>3</sup>, Bi-214 = 0.0000543 Bq/m<sup>3</sup> K-40 = 0.002225 Bq/m<sup>3</sup>). Samples of locations contains of : Ra-226 = 0.0001986 Bq/m<sup>3</sup>, PB-212 = 0.0000816 Bq/m<sup>3</sup>, Pb-214 = 0.0000824 Bq/m<sup>3</sup> TI-208 = 0.0006136 Bq/m<sup>3</sup>, Bi-214 = 0.0001331 Bq/m<sup>3</sup> K-40 = 0.002663 Bq/m<sup>3</sup>). Samples of locations contains of : Ra-226 = 0.0004499 Bq/m<sup>3</sup>, PB-212 = 0.0001360 Bq/m<sup>3</sup>, Pb-214 = 0.0004435 Bq/m<sup>3</sup> TI-208 = 0.0002295, Bi-214 = 0.00010905 Bq/m<sup>3</sup> K-40 = 0.012176 Bq/m<sup>3</sup>). All the results were shil lower than quality standard decided by BAPETEN of 02/ KA-BAPETEN/V/99.

**Key Words :** PLTU Cilacap, Radionuclides, Air Particulat, TSP, Environment.



**PROSIDING SEMINAR**  
**PENELITIAN DAN PENGELOLAAN PERANGKAT NUKLIR**  
**Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan**  
**Yogyakarta, 26 September 2012**

## PENDAHULUAN

Di daerah pantai Cilacap didirikan PLTU dengan bahan bakar batubara. Untuk menjaga kualitas udara lingkungan perlu dilakukan monitoring udara secara periodik. Karena batubara merupakan bahan bakar fosil yang selain mengandung logam- juga zat radioaktif yang bisa membahayakan kelangsungan hidup manusia.

Bahan bakar PLTU adalah batubara yang mengandung uranium (U-238), thorium (Th-232), radium (Ra-226) dan kalium (K-40) yang kadarnya cukup bervariasi antara satu negara dengan negara lain. Radionuklida Ra-226 dan Ra-228, berturut turut merupakan hasil peluruhan uranium dan torium dengan waktu paruh 1600 tahun. Radionuklida memang sudah ada sejak terbentuknya bumi ini, namun radionuklida U, Th dan Ra terikat kuat dalam matrik batuan. Radionuklida ini dalam kadar yang sangat rendah terdapat pada setiap bagian kerak bumi. Kandungan radionuklida alam di dalam batubara bervariasi tergantung dari jenis dan lokasi penambangan.<sup>[1]</sup>

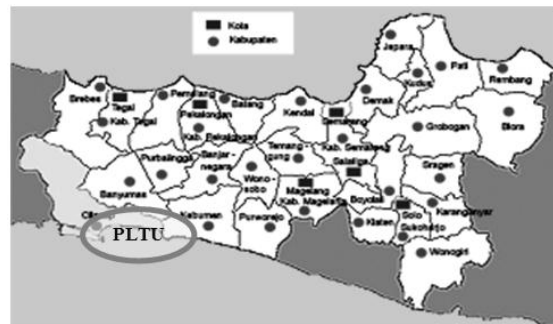
Pembakaran batubara selain dapat meningkatkan polusi gas CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub> dan VOC, juga polutan unsur radionuklida yang mungkin menjadi masalah bagi kesehatan dan lingkungan<sup>[2]</sup>. Dampak polusi udara ini harus dipantau/dimonitoring untuk memberi masukan kepada yang berwenang agar dapat diambil tindakan penanggulangan pencemaran polusi udara yang tepat. Monitoring secara periodik dapat dilakukan pada parameter udara ambien (dalam ukuran TSP) di sekitar lokasi PLTU sampai radius beberapa kilometer.

Pada penelitian ini akan dilakukan studi aktivitas radionuklida polutan udara di daerah PLTU Cilacap Jateng. Dan sengaja diawali dengan melakukan kegiatan *presampling* untuk mengetahui jarak sampling, dan prediksi stabilitas meteorologi menggunakan perangkat lunak " SCREEN3" <sup>[3]</sup>. Selanjutnya penelitian ini akan memakai alat High Volume Air Sampler (HVAS) model TFIA-2, filter dipakai jenis glass fiber filter untuk pengambilan partikulat udara TSP, selanjutnya identifikasi radionuklida alam memakai spektrometer gamma <sup>[4]</sup> Pengambilan sampel udara ambien *particulate matter* di sekitar lokasi PLTU sampai radius beberapa kilometer dilakukan periodik setiap triwulan selama beberapa tahun. Sampel dipreparasi dan dianalisis dengan spektrometri  $\gamma$  atau AAN mengacu ASTM/SNI/ISO 17025-2005<sup>[5]</sup> kemudian dibandingkan dengan Baku Mutu udara menurut SK BAPETEN th 99 yaitu batas maximum yang diperbolehkan seperti pada tabel 2. Data kualitas udara yang diperoleh tersebut, diolah untuk mendapatkan ramalan distribusi polutan udara

(model) di wilayah tersebut dengan beberapa *software* yang ada.

Penduduk di dunia menerima penyinaran radiasi dari bermacam-macam sumber, sebagian besar berasal dari radiasi alam, yaitu radiasi dari kerak bumi dan kosmik sedang sebagian kecil dari sumber buatan manusia. Radioaktivitas alam yang sudah ada sejak terbentuknya bumi dan alam semesta disebut primordial. Radionuklida alam ini dapat berasal dari deret uranium, thorium, K-40 serta dari luar bumi yang disebut kosmogenik merupakan radionuklida yang terbentuk sebagai hasil interaksi antara sinar kosmik dengan atom-atom unsur di atmosfer.<sup>[6]</sup> Intensitas radiasi kosmik bervariasi bergantung pada ketinggiannya, garis lintang geografis dan pengaruh medan magnet bumi. Semakin menjauh dari permukaan bumi, penerimaan dosis radiasi kosmik semakin meningkat.

Tujuan penelitian adalah untuk mendapatkan data kualitas udara dari aspek radiologis pemancar gamma khusus radionuklida dalam udara ambien ukuran TSP di daerah Cilacap, Jawa Tengah, Hasil dari pengujian ini kemudian dibandingkan dengan baku mutu udara menurut SK BAPETEN No 02/KA/BAPETEN/V-1999<sup>[7]</sup>. Diharapkan data uji kualitas udara ini digunakan sebagai salah satu pertimbangan oleh pihak yang berwenang dalam penanggulangan polusi udara wilayah.



Gambar 1. Sampling Udara Ambien di daerah PLTU Cilacap, Jawa Tengah.

## TATA KERJA

### Bahan dan Peralatan

Bahan yang digunakan adalah partikel debu ukuran TSP ukuran diatas 45 mikron, kertas saring, perangkat lunak wind-rose

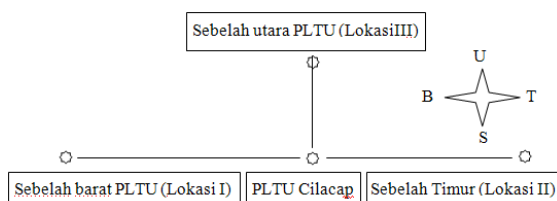
Peralatan yang digunakan adalah HVAS (High Volume Air Sampler), GPS, Manometer, Termometer suhu, Filter TSP, Timbangan, Vial, penjepit, Desikator, Cawan Petridis, Spidol dan lain-lain. Alat analisis sampel yaitu : spektrometer gamma dan detektor GeLi.



### Cara Kerja

Sampling dilakukan di sekitar wilayah PLTU Cilacap, tepatnya musim kemarau di tiga titik lokasi, dengan data arah angin, kecepatan angin secara periode tahunan dari BMKG Cilacap dan perhitungan Wind rose. Pengambilan sampel udara ukuran TSP (Total Suspended Particulate) dilakukan dengan alat HVAS (high volume air sampler) selama 24 jam dengan flow rate 1,13 m<sup>3</sup>/mnt, dan jarak PLTU ke lokasi ± 2 km (menurut perhitungan dengan wind rose), perlakuan sampling yaitu :

1. Sampling dilakukan di 3 titik lokasi disekitar PLTU Cilacap pada bulan Juni 2011. yaitu lokasi I (sebelah barat PLTU), lokasi II (sebelah timur PLTU), Lokasi III (sebelah utara PLTU).  
Sketsa gambar :



2. Pengambilan sampel udara dengan menggunakan alat sebagai berikut
  - a. HVAS (High Volume Air Sampler) untuk mengambil debu ukuran TSP.
  - b. GPS, Manometer, Termometer suhu sebagai alat pendukung.
3. Sampel TSP dikondisikan dalam suhu ruangan selama 2-3 hari, setelah konstan ditimbang.
4. Masing-masing sampel di cacah selama 24 jam dengan spektrometer gamma detektor GeLi Maestro II.
5. Data dicatat dan dihitung

### Perhitungan

Karena analisis menggunakan spektrometer- $\gamma$ , sebelum alat digunakan perlu dilakukan kalibrasi lebih dulu. Ada 2 macam kalibrasi yaitu kalibrasi tenaga dan kalibrasi efisiensi. Untuk menghitung besarnya radioaktivitas- $\gamma$  menggunakan persamaan dibawah ini.

1. Kalibrasi Tenaga : digunakan untuk analisis kualitatif. Untuk perangkat spektrometer- $\gamma$  dan satu setting kondisi kerja, perlu dicari hubungan antara nomor salur dan energi. Hal ini dilakukan dengan mencacah standar multigamma (Eu-152). Dimana energi foton gamma dari sumber standar dan nomor salur dari puncak-puncak spektrum gamma terdapat satu hubungan matematis dengan persamaan :  $Y = bX + a$ , dimana  $Y$ = tingkat energi,  $X$ = nomor salur,  $a, b$  = suatu tetapan.

2. Kalibrasi Efisiensi : digunakan untuk analisa kuantitatif. Analisa kuantitatif dilakukan untuk menentukan aktivitas (kadar) radionuklida yang terkandung dalam sampel. Jika suatu radionuklida mempunyai banyak puncak, maka puncak yang dipilih mengikuti pertimbangan sebagai berikut : dipilih puncak dengan tenaga yang lebih besar, intensitas puncak yang lebih besar dan tidak terjadi puncak-puncak lain yang tidak dapat dipisahkan dengan baik dari puncak yang dipilih.

Setelah puncak dipilih maka dapat dicari harga intensitas mutlaknya dengan bantuan tabel tenaga radionuklida. Tujuan akhir analisa kuantitatif adalah menentukan harga aktifitas radionuklida, dengan menggunakan rumus :

**Kalibrasi Efisiensi** : dilakukan untuk analisis kimia secara kuantitatif yaitu untuk menghitung berapa besar konsentrasi radionuklida yang terdapat dalam cuplikan.

Perhitungan Efisiensi masing masing radionuklida menggunakan rumus :

$$(\epsilon(E)) = \frac{Cps}{Astd.Y(E)} \times 100\% \quad (1)$$

$$\text{Dimana } Cps = \frac{NetArea}{Waktuacah} \quad (2)$$

Astd = Aktivitas sumber standar

Y(E) = Yield/intensitas mutlak.

Perhitungan besarnya aktivitas radionuklida dalam sampel (cuplikan), dengan menggunakan alat spektrometer- $\gamma$  dapat menggunakan rumus sebagai berikut :

$$A = \frac{CpsNet}{E.Py.V} \quad (3)$$

Dimana :

$$A = \text{Aktivitas} \left( \frac{Bq}{L} \right)$$

$$CpsNet = \frac{NetAreaSampel - NetAreaLat ar}{waktu(det ik)} \quad (4)$$

Py = Probabilitas (5) suatu tetapan

V = Volume Sampel

### HASIL DAN PEMBAHASAN :

Hasil Analisis :

Hasil analisis aktivitas radionuklida partikulat udara ambien ukuran TSP dalam sampel udara disekitar PLTU Cilacap terlihat pada tabel 2.



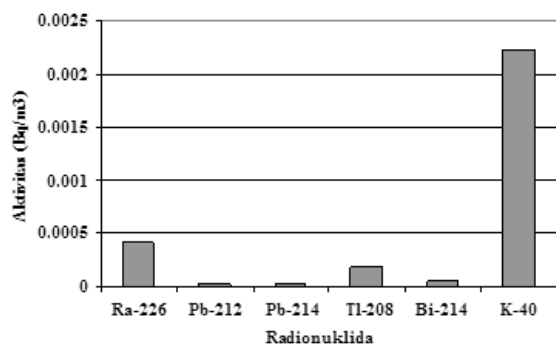
**PROSIDING SEMINAR**  
**PENELITIAN DAN PENGELOLAAN PERANGKAT NUKLIR**  
**Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan**  
**Yogyakarta, 26 September 2012**

Tabel 1. Data lokasi sampling udara di daerah PLTU Cilacap 2011

No	Tanggal	Lokasi	Waktu	Alat	Tempat	Keterangan GPS
1.	14-6-2011 s/d 15-6-2011	Lokasi I : Sebelah barat PLTU (270°)	24 Jam	HVAS Pengukuran TSP. debit :1,13 m <sup>3</sup> /mnt	Ds Menganti, desa Menganti, Kesugihan, Cilacap.	S = 07 <sup>0</sup> , 41', 09,5" E = 109 <sup>0</sup> , 04', 43,9" Suhu udara = 27 <sup>0</sup> C. Kecepatan angin = 0,3 m/s Jarak 1,5 km.
2.	16-6-2011 s/d 17-6- 2011	Lokasi II :Sebelah Timur PLTU (41°)	24 Jam	HVAS Pengukuran TSP. debit :1,13 m <sup>3</sup> /mnt	Ds Semampir, desa Slarang, Kesugihan, Cilacap.	S = 07 <sup>0</sup> , 40', 35,4" E = 109 <sup>0</sup> , 05', 52,2" Suhu udara = 27 <sup>0</sup> C. Kecepatan angin = 0,3 m/s Jarak 1,5 km.
3.	18-6-2011 s/d 19-6- 2011	Lokasi III Sebelah utara PLTU (335°)	24 Jam	HVAS Pengukuran TSP. debit :1,13 m <sup>3</sup> /mnt	Ds Karangdadap, desa Karangandri, Kesugihan, Cilacap..	S = 07 <sup>0</sup> , 40', 38,7" E = 109 <sup>0</sup> , 04', 55,1" Suhu udara = 27 <sup>0</sup> C. Kecepatan angin = 0,3 m/s Jarak 1,5 km.

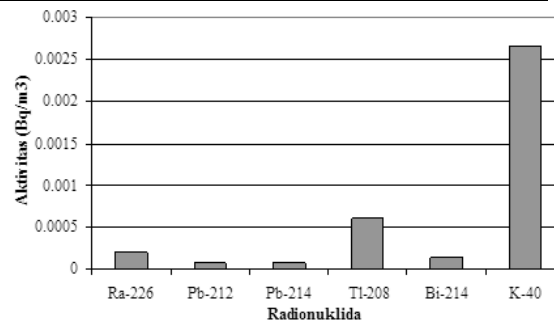
Tabel 2. Identifikasi dan pengukuran sampel udara ukuran TSP (PLTU Cilacap) dengan spektrometer gamma.

No	Isotop	Lokasi-1 (Bq/m <sup>3</sup> )	Lokasi-2 (Bq/m <sup>3</sup> )	Lokasi-3 (Bq/m <sup>3</sup> )	Baku mutu SK Bapeten th 1999. (Bq/m <sup>3</sup> )
1.	Ra-226	0,0004194	0,0001986	0,0004494	0,03256
2.	Pb-212	0,0000272	0,0000816	0,0001360	0,18870
3.	Pb-214	0,0000221	0,0000824	0,0000443	0,18870
4.	Tl-208	0,0001949	0,0006136	0,0002395	888,0
5.	Bi-214	0,0000543	0,0001331	0,0001090	244,20
6.	K-40	0,0022251	0,0026630	0,0012176	2442,0

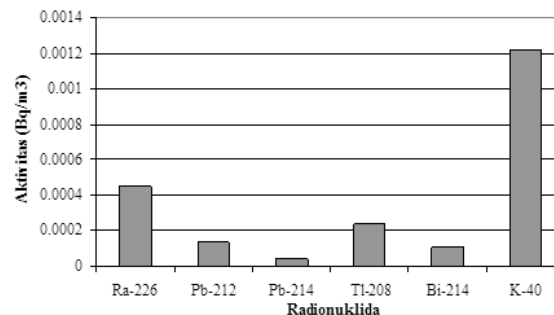


Gambar 2. Grafik Aktivitas Radionuklida Partikulat Udara Ambien di Lokasi 1.

Setelah dilihat pada gambar 2. Radionuklida yang terdeteksi adalah Ra-226, Pb-212, Pb-214, Tl-208, Bi-214 dan K-40. Dan semua radionuklida masih berada dibawah bakumutu Peraturan Bapeten tahun 1999 yang diperbolehkan. Radionuklida yang didapat berasal dari peluruhan deret Uranium, Torium dan K-40. Berturut-turut Radionuklida yang terbesar pada lokasi I adalah K-40, Ra-226, Tl-208, Bi-214, Pb-212 dan Pb-214.



Gambar 3. Grafik Aktivitas Radionuklida Partikulat Udara Ambien di Lokasi 2.



Gambar 4. Grafik Aktivitas Radionuklida Partikulat Udara Ambien di Lokasi 3



Dari gambar 3. radionuklida yang terdeteksi adalah Ra-226, Pb-212, Pb-214, Tl-208, Bi-214 dan K-40. Dan semua radionuklida masih berada dibawah bakumutu Peraturan Bapeten tahun 1999 yang diperbolehkan. Radionuklida yang didapat berasal dari peluruhan deret Uranium, Thorium dan K-40. Berturut-turut Radionuklida yang terbesar pada lokasi I adalah K-40, Tl-208, Ra-226, Bi-214, Pb-214 dan Pb-212. Pada lokasi 2 (sebelah timur PLTU) kadar K-40, Bi-214, Tl-208 dan Pb-214 cenderung lebih tinggi dibanding lokasi lain, kemungkinan jarak sampling lebih dekat dengan penimbunan batubara.

Sedang dari gambar 4, yang terdeteksi adalah Ra-226, Pb-212, Pb-214, Tl-208, Bi-214 dan K-40. Dan semua radionuklida masih berada dibawah bakumutu Peraturan Bapeten tahun 1999 yang diperbolehkan. Radionuklida yang didapat berasal dari peluruhan deret Uranium, Thorium dan K-40. Berturut-turut radionuklida yang terbesar pada lokasi III adalah K-40, Ra-226, Tl-208, Pb-212, Bi-214, Pb-214.

### KESIMPULAN

Berdasarkan data dari BMKG Cilacap dan aplikasi perangkat lunak Wind rose bahwa sebagian besar arah angin pada bulan Juni 2011 (musim kemarau) dari arah tenggara dan berubah-ubah. Hasil analisis kualitatif sampel TSP mengandung Ra-226, Pb-212, Pb-214, Tl-208, Bi-214 dan K-40. Aktivitas radionuklida pada setiap lokasi hampir sama hanya ada kecenderungan pada lokasi II (sebelah timur 41<sup>0</sup>) lebih besar dibanding lokasi I dan III yaitu daerah Slarang, Semampir, Pesugihan, Cilacap. Sedang daerah lokasi I (sebelah barat 270<sup>0</sup>) dan lokasi III (sebelah utara 335<sup>0</sup>) aktivitas radionuklida hampir sama. Jadi ada kemungkinan bahwa penyebaran radionuklida cenderung ke arah timur PLTU dan juga karena karena letak penumpukan batubara berada di daerah timur PLTU Cilacap, sehingga letak lokasi sebelah timur jaraknya paling dekat dengan lokasi lain. Hasil rata-rata aktivitas Pada lokasi II Ra-226 = 0,0001986 Bq/m<sup>3</sup>, Pb-212 = 0,0000816 Bq/m<sup>3</sup>, Pb-214 = 0,0000824 Bq/m<sup>3</sup>, Tl-208 = 0,0006136 Bq/m<sup>3</sup>, Bi-214 = 0,0001331 Bq/m<sup>3</sup>, K-40 = 0,002663 Bq/m<sup>3</sup>) masih dibawah baku mutu aktivitas udara yang diperbolehkan oleh BAPETEN yaitu masing-masing Ra-226 = 0,03256 Bq/m<sup>3</sup>, Pb-212 = 0,18870 Bq/m<sup>3</sup>, Pb-214 = 0,18870 Bq/m<sup>3</sup>, Tl-208 = 888,0, Bi-214 = 244,20 Bq/m<sup>3</sup>, K-40 = 2442,0 Bq/m<sup>3</sup>). Jadi aktivitas udara didaerah PLTU masih cukup aman sebagai pemukiman, perikanan dan pariwisata.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan rasa syukur kami ucapkan terima kasih kepada sdr. Mulyono, Iswanto, Sutanto W.W yang telah banyak membantu baik tenaga maupun pemikirannya, sehingga penelitian ini dapat selesai.

### DAFTAR PUSTAKA

- HENI SUSIATI, DAMPAK RADIOAKTIF PENGGUNAAN ENERGI FOSIL BATUBARA DAN ENERGI NUKLIR DI PUSAT PEMBANGKIT LISTRIK, Prosiding Seminar Nasional ke-12 Teknologi dan Keselamatan PLTN Serta Fasilitas Nuklir, Yogyakarta, September 2006
- DARMONO, 1995, Logam Dalam Sistem Biologi MAKHLUK Hidup, UI, Press, Jakarta.
- MUZAKKY, AGUS T, Studi Pengukuran Anak Luruh U-238, Th-232 dan K-40 Dalam Filter PM 10 Dan PM 2,5 Di Daerah JATENG II, Jurnal Iptek Nuklir, Yogyakarta, 2012.
- MUZAKKY, AGUS T, Application of High Volume Sampler for Atmospheric Radionuclides Sampling In Rembang Coal-Fire Power Plant (RCPP), Indonesian Jurnal Of Chemistry., (Process Printing).
- ERDTMANN, G and SOYKA, W, 1979, Gamma ray of the Radionuclides Tables for Applied Gamma Ray Spectrometry, New York, Wienhein.
- ISMONA, A., SURATMAN dan NAREH, M., 1993, " Upaya Pementauan Radiasi dan Radioaktivitas Lingkungan ", PIKRL, BATAN., Jakarta.
- BAPETEN, 1999., Keputusan Kepala BAPETEN No 02/KA/BAPETEN/V-99. Jakarta

### TANYA JAWAB

#### Sudaryadi (PTAPB)

- Apabila radionuklida alam berada di atas ambang batas yang ditentukan BAPETEN, tindakan apa yang akan diambil? Dan bagaimana dengan PLTU yang lainnya?

#### Tri Rusmanto

- ✧ Hasil dari pemantauan radionuklida nanti kita laporkan pihak yang berwenang yaitu Pemda/BLHD setempat. Jadi tersera kepada pihak Pemda masing-masing, kita hanya memberikan informasi.

#### Sri Widiyati (PTAPB)



**PROSIDING SEMINAR  
PENELITIAN DAN PENGELOLAAN PERANGKAT NUKLIR  
Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan  
Yogyakarta, 26 September 2012**

---

- Mengapa tidak diukur pada PM 10 atau yang lebih kecil lagi (misal 2,5)?

**Tri Rusmanto**

- ✧ *Pada pengukuran udara ambien di PLTU, yang kami lakukan adalah ukuran TSP (Total Suspended Partikulat) antara 10-45 mikron untuk PM 10 dan PM 2,5 dilakukan oleh peneliti lain. Dan sampling bersama-sama.*

**Suprihati (PTAPB)**

- Mengapa pada lokasi II lebih tinggi TSP nya, tolong dijelaskan.

- Berapa jarak pengambilan sampel dari PLTU tersebut?

**Tri Rusmanto**

- ✧ *Pada lokasi II aktivitas radionuklida lebih tinggi daripada aktivitas lokasi I dan III, karena pada lokasi II letak sampling lebih dekat dengan penimbunan batu bara dan jarak sampling  $\pm 1,5$  km dari PLTU sehingga penimbunan batubara sangah mempengaruhi.*
- ✧ *Jarak pengambilan sampel berjarak 1,5 km dari PLTU.*