



PEMANFAATAN DATA RADIOAKTIVITAS HASIL SURVAI UNTUK STUDI LINGKUNGAN: STUDI KASUS SUMATERA BAGIAN UTARA

Soeprapto Tjokrokardono, Ramadanus dan Herwandi Sustarman
Pusat Pengembangan Bahan Galian Nuklir

ABSTRAK

PEMANFAATAN DATA RADIOAKTIVITAS HASIL SURVAI UNTUK STUDI LINGKUNGAN : STUDI KASUS SUMATERA BAGIAN UTARA. Dalam rangka memanfaatkan data radiometri lama hasil kegiatan eksplorasi uranium untuk kepentingan studi lingkungan telah dilakukan percobaan konversi data radiometri menjadi data paparan radiasi. Tujuan kegiatan ini adalah untuk mencari alternatif dalam pembuatan data dasar paparan radiasi secara cepat dan murah. Data radiometri (SPP2N) singkapan batuan hasil survai regional dalam cacah per detik (c/s), berupa peta radiometri dengan skala yang berbeda-beda yaitu 1:250.000, 1:100.000, dan 1:50.000, diubah menjadi peta dengan skala yang sama yaitu 1:1.000.000. dan selanjutnya nilai rata-rata radiometri dikonversikan secara grafis menjadi nilai paparan radiasi dalam $\mu\text{R}/\text{jam}$ dan di plot ke dalam peta dasar skala 1:1.000.000. Paparan radiasi daerah Sumatera bagian utara secara umum berkisar antara 25 $\mu\text{R}/\text{jam}$ sampai 40 $\mu\text{R}/\text{jam}$. Keuntungan yang diperoleh dari pemanfaatan data radiometri hasil survai antara lain murah dan cepat, sedangkan kelemahannya adalah distribusi data tidak merata di setiap daerah, dan dituntut keandalan alat yang tinggi. Untuk mengurangi kelemahan yang ada, di sarankan dilakukan pengukuran radiometri ulang daerah-daerah tertentu dengan survai meter SPP 2 NF dan spektrometer sinar gamma yang telah dikalibrasikan.

ABSTRACT

USE OF RADIOMETRIC SURVEY DATA FOR ENVIRONMENTAL STUDY : THE CASE OF NORTHERN SUMATERA. The conversion of old radiometric data obtained from former uranium exploration activities in Northern Sumatera into radiation exposure has been evaluated. The objective of the study is to find an alternative way for cheaper and faster compilation of radiation exposure database for environmental study purposes. The old radiometric data measure from the outcrops has been plotted in 1:250.000, 1:100.000, and 1:50.000 map scales. The data are translated into 1:1.000.000 map scale before they are converted into 1:1.000.000 radiation exposure rate map using a graphic method. The radiation exposure rate in Northern Sumatera falls between 25 $\mu\text{R}/\text{hour}$ to 40 $\mu\text{R}/\text{hour}$. The benefit offered using this method is that it provides a cheaper and faster production of radiation exposure rate map from old radiometric map. However, the problems arising from such a production is that the radiometric data provide unhomogeneous data distributions and densities among the area. As a conclusion it is recommended to re-collect some of the data at designated area using well calibrated SPP2NF and gamma ray spectrometer instruments.

PENDAHULUAN

Kepedulian masyarakat terhadap keselamatan program nuklir meningkat pesat, terutama sejak terjadinya kecelakaan nuklir Chernobyl yang telah meningkatkan radioaktivitas di daerah sekitarnya. Mengingat perubahan rona radioaktivitas terjadi akibat kegiatan manusia, misalnya industri energi (PLTN, PLTU dsb.) maka pengetahuan tentang rona awal radioaktivitas di daerah zona industri menjadi sangat penting sebagai dasar evaluasi perubahan rona yang terjadi. Namun pendataan radioaktivitas sebagai rona awal radioaktivitas memerlukan waktu panjang dan dana yang sangat besar. Untuk

itu diperlukan terobosan-terobosan tertentu berupa metoda alternatif guna mendapatkan data rona awal secara lebih cepat dan murah.

Daratan Indonesia sangat luas mencapai 1.919.170 km persegi. Sampai saat ini sudah sekitar 20% atau total 410.000 km persegi telah dilakukan survai regional (pendahuluan dan umum) dalam rangka pencarian uranium. Daerah yang disurvei tersebar di berbagai pulau, antara lain pulau Sumatera, Jawa, Kalimantan, Sulawesi, Irian, Bangka dan Belitung^[1]. Data radioaktivitas hasil survai yang telah diolah tersebut dapat dikonversikan menjadi data paparan radiasi

(*exposure rate*) yang sah sebagai data dasar kegiatan studi lingkungan.

Tujuan kegiatan adalah mengembangkan teknik yang baik dan sesuai untuk mengkonversikan data radiometri lama hasil survai menjadi data paparan radiasi dengan mengambil kasus data radiometri di Sumatera bagian utara.

STATUS DATA RADIOMETRI HASIL SURVAI

Sejarah Perolehan Data

Kegiatan survai yang dilakukan oleh BATAN dalam rangka pencarian uranium diantaranya dengan pendataan radio aktivitas alam dari singkapan, bongkah, dan lumpur. Sasaran kegiatan survai radiometri untuk eksplorasi uranium berbeda dengan sasaran survai untuk studi lingkungan. Pada studi lingkungan data ditekankan pada besaran nilai radioaktivitas (nilai absolut) sedangkan untuk eksplorasi diarahkan untuk mengenali kontras radioaktivitas dalam rangka menemukan anomali, sehingga besaran nilai radiometri batuan (nilai absolut) tidak menjadi target utama. Perbedaan kepentingan tersebut ikut menentukan perbedaan perlakuan terhadap data radiometri yang ada.

Kegiatan survai radiometri di Sumatera bagian utara dimulai dari tahun 1979/1980 di daerah Barus-Tarutung pada tahapan prospeksi pendahuluan (PP). Prospeksi tersebut kemudian berlanjut ke daerah lain yaitu Aceh Tenggara (80/81) Seumayam-Teunom, Lamno-Kotabakti, Langkat-Aceh Timur(1982/1983); Deliserdang-Tanah Karo (93/94), dan Rantauprapat-Natal (84/85). Di beberapa daerah kemudian ditingkatkan ke prospeksi umum (PU) antara lain di Tapaktuan (80/81; Takengon-Loksukon (82/83); Lumbanjulu-Pasorbuan (83/84), dan sebagian darinya ditingkatkan ke tahapan prospeksi detail (PD) dan sistematik (PS) antara lain di Sibolga.

Sejak tahun anggaran 1985/1986 kegiatan survai di Sumatera secara menyeluruh dihentikan karena penajaman prioritas kegiatan yang diarahkan ke Kalimantan Barat, namun pada tahun anggaran 1994/1995 kegiatan survai di Sumatera dimulai lagi dengan prioritas

menyelesaikan daerah yang belum di survai pada periode sebelumnya.

Seluruh kegiatan tersebut menggunakan survaimeter SPP2NF. SPP2NF adalah survai meter yang handal, menggunakan detektor kristal NaI(Tl) yang peka terhadap radiasi gamma dan beta dari radio elemen dalam bumi maupun radiasi kosmik. Namun mengingat umur SPP2NF di PPBGN sudah cukup tua (± 20 tahun), dan sensitivitasnya diduga sudah menurun sejalan dengan bertambahnya umur, maka keakuratan hasil pengukuran radiometri diduga juga mulai berkurang dari tahun ke tahun.

Data Radiometri hasil survai

Data radiometri hasil survai dapat dibedakan menjadi data radiometri singkapan dan lumpur.

• Radiometri Singkapan

Radiometri singkapan adalah data hasil pengukuran radioaktivitas singkapan dari berbagai macam dan jenis batuan. Data tersebut dituangkan dalam bentuk peta radiometri dan natur singkapan. Mengingat jalur survai mengikuti alur sungai, maka radiometri singkapan adalah radiometri singkapan di tepian sungai yang dinyatakan dalam peta berskala 1:250.000; 1:100.000, atau skala 1:50.000 sebagai peta natur singkapan tahapan prospeksi pendahuluan dan atau prospeksi umum.^[2-11]

• Radiometri Lumpur

Radiometri lumpur adalah besaran radioaktivitas diukur pada lokasi pengambilan lumpur. Pengambilan lumpur dilakukan pada jarak tertentu disepanjang sungai, pada bagian yang aktif yaitu bagian dalam dari belokan sungai. Pengukuran dilakukan dengan survaimeter SPP2 NF yang ujung detektornya diletakkan pada lokasi pengambilan contoh. Data tersebut dinyatakan pada peta geokimia lumpur yang mengandung data radiometri lokasi dan kadar U material lumpur yang terambil. Mengingat bahwa lokasi pengukuran adalah daerah sedimentasi, maka radiasi alam di lokasi tersebut sebagian berasal dari batuan insitu dan material hasil rombakan batuan bagian hulunya.

DATA STUDI LINGKUNGAN

Obyek studi lingkungan adalah interaksi antara manusia dengan alam sekitarnya yang mencakup kawasan perairan, udara, flora dan fauna serta ciri-ciri alami dan non alami sehingga membentuk suatu totalitas lingkungan yang ada dipermukaan bumi.

Berbagai variabel dalam studi lingkungan yang mewakili karakter-karakter lingkungan secara garis besar terdiri dari 7 kategori yang mencakup 49 atribut yang menunjukkan lingkungan biofisik dan sosio-ekonomi. Lingkungan biofisik yang dimaksud meliputi kondisi-kondisi fisik dan kimia dari udara, air, lahan dan ekologi termasuk di antaranya radioaktivitas yang berasal dari kerak bumi, kosmik maupun dari segala aktivitas manusia yang terkait dengan penggunaan dan produksi radionuklida.

Penentuan rona awal lingkungan merupakan bagian penyajian yang penting, karena sifat, jenis dampak pada kenyataannya ditentukan oleh kondisi lingkungan sebelum ada suatu kegiatan. Radioaktivitas asal kerak bumi tergantung dari konsentrasi radioelemen K, U, dan Th dalam batuan seperti yang diidentifikasi oleh survaimeter SPP2NF sebagai data radiometri batuan.

TEKNIK KONVERSI DATA SURVAI

Kriteria Pemilihan Data Survai

Tidak semua data radiometri hasil survai dapat dan cocok untuk dikonversikan menjadi data paparan radiasi untuk studi lingkungan. Mengingat sasaran kegiatan survai pencarian uranium dan sasaran studi lingkungan berbeda, maka metoda pendekatan yang dilakukan serta pengaturannya berbeda pula.

Beberapa kriteria pemilihan data survai yang akan dikonversikan menjadi data studi lingkungan antara lain adalah :

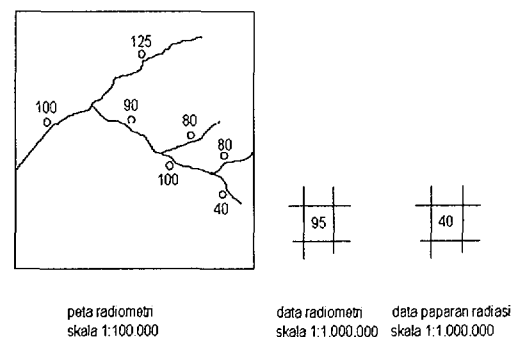
1. Data survai pada daerah yang luas (regional) sehingga dapat membandingkan dengan daerah lain. Misalnya data hasil prospeksi pendahuluan dan prospeksi umum.
2. Data sedapat mungkin kerapatannya seragam. Untuk itu data dengan kerapatan 5-10 data per 10x10 km yang

dapat dikoversi menjadi data paparan radiasi.

3. Data radiometri singkapan batuan, dengan asumsi bahwa singkapan merupakan kontributor utama dalam membentuk radioaktivitas lingkungan.

Teknik Konversi Data

Data radiometri yang diolah adalah data radiometri pada peta skala 1 : 100.000 untuk menjadi data paparan radiasi skala 1:1.000.000. Agar memperoleh data yang baik, maka peta radiometri hasil survai dan peta dasar paparan radiasi dibagi dalam kotak-kotak yang meliputi daerah seluas (10x10) km tanpa mempertimbangkan kondisi geologinya. Nilai rata-rata dicari dari 5-10 data yang ada, dengan membuang data yang terlalu tinggi atau terlalu rendah. Harga rata-rata tersebut dibulatkan dalam 5 satuan (c/s) dan dianggap sebagai nilai yang mewakili daerah tersebut. Proses konversi data radiometri dilakukan dengan dua cara, yaitu cara grafis dan cara empiris.



Gambar 1. Skema proses konversi data radiometri skala 1:100.000 menjadi data skala 1:1000.000.

Cara Grafis

Hubungan antara besaran radiometri dalam cacah per detik dengan paparan radiasi dalam mikro rontgent/jam ($\mu R/jam$) dapat diperoleh dari grafik yang dibuat oleh fabrikasi SPP2NF (Gambar 2). Secara kasar nilai radiometri sebesar 2000 c/s adalah setara dengan 1 milirontgent/jam. Sebenarnya korelasi radiometri dengan paparan radiasi untuk kondisi survaimeter yang sudah tua, sudah kurang baik, maka konversi data lebih baik konversi dilakukan dengan cara empiris.

Cara Empiris

Konversi nilai radiometri dapat pula dilakukan secara empiris dengan cara membuat kalibrasi antara SPP2NF dengan spektrometer sinar gamma memakai formula IAEA^[13] sebagai berikut :

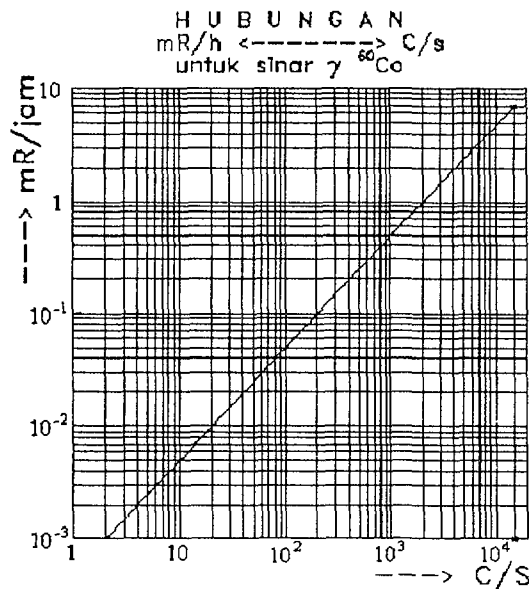
$$n = b_K E_K + b_U E_U + b_{Th} E_{Th}$$

dimana

- n = adalah nilai radiometri (telah dikoreksi latar) dalam cacah per detik.
- b_K, b_U, b_{Th} = sensitivitas instrumen (c/s)/($\mu R/jam$)
- E_K, E_U, E_{Th} = paparan radiasi dari Kalium, Uranium, dan Thorium dalam tanah.

Tabel 1. Hubungan kadar radioelemen dalam tanah dengan paparan radiasi yang diukur pada ketinggian 1 meter.^[14]

Kadar radioelemen in situ	Paparan radiasi dalam $\mu R/jam$
1 % K	1,50
1 ppm U	0,65
1 ppm Th	0,29



Gambar 2. Hubungan radiometri dengan paparan radiasi dari survaimeter SPP2NF.

Dengan menggunakan Tabel 1. diatas, paparan radiasi suatu titik A yang mempunyai kadar eU 2 ppm, eTh 5 ppm dan kadar eK 2% dapat dihitung sebagai berikut :

Radiasi dari :

uranium = $2 \times 0,65 \mu R/jam = 1,30 \mu R/jam$

thorium = $5 \times 0,29 \mu R/jam = 1,45 \mu R/jam$
kalium = $2 \times 1,5 \mu R/jam = 3,00 \mu R/jam$

----- +

Paparan radiasi 1 meter diatas titik A = $5,75 \mu R/jam$

Data Hasil Konversi

Data radiometri skala 1:1.000.000, (Lampiran 2) hasil konversi dari skala 1:100.000 dan kemudian dikonversikan menjadi peta paparan radiasi dengan cara grafis (Lampiran 3 dan 4). Pola sebaran paparan radiasi sangat tinggi di daerah Aceh Tenggara (Lampiran 5), dan cenderung menurun kearah utara.

Disamping keuntungan yang dapat diperoleh dari teknik konversi yaitu perolehan data cepat dan murah, terdapat pula beberapa kelemahan dari data konversi antara lain :

- a. Data tidak tersebar merata, daerah perkotaan/pemukiman/industri tidak ada data radiometri.
- b. Kerapatan data tidak seragam, kerapatannya sesuai dengan tahapan prospeksi.

STANDARISASI DAN KONVERSI CACAH

Standarisasi data

Untuk mendapatkan data paparan radiasi yang sah maka data radiometri perlu di standarisasi sebelum dikonversi ke paparan radiasi.

Standarisasi data dapat dilakukan dengan membandingkan data yang sudah ada dengan data baru hasil ukur ulang. Ukur ulang dilakukan pada titik yang dipilih berdasarkan pertimbangan kriteria sebagai berikut:

- a. Nilai radiometri mendekati nilai median radiometri daerah bersangkutan.
- b. Jumlah titik cukup dapat memberikan data akurat.
- c. Mudah dijangkau, dekat jalan dsb.
- d. Mewakili periode pendataan tertentu.

Karena data radiometri diperoleh dengan metoda *foot born*, maka ukur ulang untuk standarisasi data dilakukan dengan cara yang sama "footborn". Hal ini berbeda dengan yang dilakukan di Malaysia dimana proses standarisasi data survai dilakukan

dengan tiga metoda yang berbeda *footborn*, *carbom*, dan *airborn* ^[12], karena data survainya diperoleh dengan ketiga metoda tersebut.

Secara praktis, disarankan untuk dipilih sekitar 50 titik untuk diukur ulang pada setiap kelompok periode prospeksi. Pada setiap titik diukur radiometri dengan SPP2NF sebanyak 4 (empat) lokasi dua di kanan dan dua kiri travers dengan masing-masing berjarak sekitar 10-20 meter.

Hasil pengukuran dicari nilai rata-ratanya dan kemudian dibandingkan dengan data lama. Dari selisih hasil pengukuran dengan data lama, dapat diperhitungkan faktor kesalahannya. Faktor koreksi yang diperoleh digunakan untuk mengoreksi data radiometri lama sehingga di dapat data baru yang telah di standardisasi.

Konversi Cacah total SPP2NF

Hubungan antara cacah total SPP2NF dengan paparan radiasi tergantung pada geometri detektor dan nilai thresholdnya [12]. Nilai cacah pada SPP2NF berasal dari radiasi primer dari dalam bumi, hamburan di permukaan dan radiasi dari angkasa.

Untuk konversi radiometri ke konsentrasi K, U, dan Th di pilih 10-15 titik yang saling terpisah beberapa ratus meter. Pada titik tersebut diukur radiometrinya dengan SPP2NF. Kadar ekivalen Uranium (eU), Thorium (eTh), dan Kalium (eK) diukur dengan Spektrometer sinar gamma GR-320 yang telah dikalibrasikan.

Pada setiap titik paparan radiasinya dihitung berdasarkan kadar eU, eTh, dan eK dengan menggunakan formula IAEA seperti terdapat pada Tabel 1 ^[13]. Hasil paparan radiasi terhitung kemudian dibandingkan dengan nilai radiometri. Faktor konversi SPP2NF diperoleh dari grafik regresi linier yang memotong absis pada 3 c/s. Angka 3 c/s dianggap sebagai nilai cacah latar instrumen SPP2NF terkait dengan radiasi kosmik dan radiasi radon. ^[14]

Sebagai model, disajikan konversi data radiometri SPP2NF kadar eK, eU dan eTh dari pembacaan spektrometer sinar gamma GR-320 yang dilakukan di daerah Semenanjung Muria, Jawa Tengah (Lampiran 1). Hubungan

radiometri dengan konsentrasi K dengan faktor korelasi sekitar 0,42, sedangkan Uranium 0,89 dan Th sebesar 0,76. Korelasi paling baik pada total yang mempunyai faktor korelasi sebesar 0,91.

SIMPULAN

Dari bahasan diatas dapat disimpulkan bahwa data radiometri hasil survai khususnya di Sumatera bagian utara dapat dimanfaatkan sebagai data dasar untuk studi lingkungan dengan beberapa perbaikan :

- Teknik konversi cacah secara grafis maupun empiris dapat digunakan untuk mengkonversikan data radiometri hasil survai menjadi data paparan radiasi suatu daerah untuk studi lingkungan.
- Kelemahan teknik konversi cacah dalam memproduksi data rona awal radioaktivitas adalah densitas data yang tidak merata, daerah perkotaan/pemukiman mempunyai data kurang rapat sedangkan daerah pedalaman jauh dari pemukiman lebih rapat.
- Data rona awal radioaktivitas dapat diperoleh secara cepat murah dengan akurasi cukup tinggi.

UCAPAN TERIMA KASIH

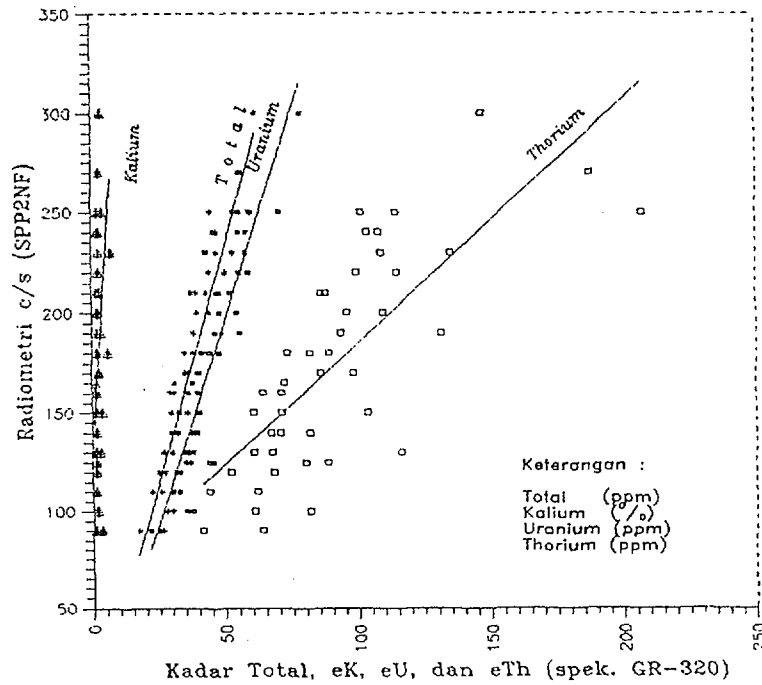
Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Bapak Kepala PPBGN yang telah memberikan persetujuan serta semua kolega yang telah memberikan koreksi, saran, sehingga makalah ini dapat disampaikan dalam seminar Daur Bahan Bakar Nuklir 1996.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. SOEPRAPTO TJOKROKARDONO, Results and Programs of Uranium Exploration in Indonesia, (disajikan pada Workshop on Radiological Hazards in Tin Mining and Heavy Mineral Processing). Pemali (1994).
- [2]. TIM PU SUMUT, Laporan akhir Prospeksi Umum Daerah Barus-Tarutung Sumatera Utara. PPBGN--BATAN 1979/1980.
- [3]. TIM PP ACEH, Laporan Akhir Prospeksi Pendahuluan Daerah Aceh Tenggara. PPBGN-BATAN, 1980/1981.

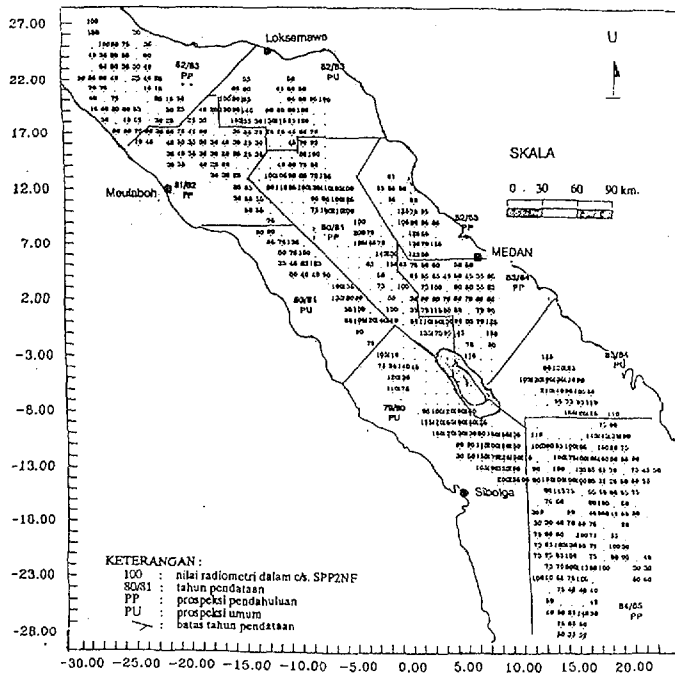
- [4]. **TIM PU ACEH**, Laporan Akhir Prospeksi Umum Daerah Tapak Tuan Aceh Selatan. PPBGN-BATAN, 1980/1981.
- [5]. **TIM PP ACEH**, Laporan Akhir Prospeksi Pendahuluan Daerah Seumayam-Teunom Aceh Barat. PPBGN-BATAN. 1981/1982.
- [6]. **TIM PU ACEH**, Laporan Akhir Prospeksi Umum Daerah Takengon-Loksukon, Aceh. PPBGN-BATAN, 1982/1983.
- [7]. **TIM PP SUMUT**, Laporan Akhir Prospeksi Pendahuluan Lanmo-Kotabakti, Aceh Barat. PPBGN-BATAN, 1982-1983.
- [8]. **TIM PP ACEH**, Laporan Akhir Prospeksi Pendahuluan Daerah Langkat-Aceh Timur Aceh. PPBGN-BATAN, 1982/1983
- [9]. **TIM PU SUMUT**, Laporan Akhir Prospeksi Umum Daerah Lumbanjulu-Pasorbuan, Sumatera Utara. PPBGN-BATAN, 1983/1984.
- [10]. **TIM PP SUMUT**, Laporan Akhir Prospeksi Pendahuluan daerah Deli Serdang- Tanah Karo. PPBGN-BATAN, 1983/1984.
- [11]. **TIM PP SUMUT**, Laporan Akhir Prospeksi Pendahuluan Daerah Rantauprapat-Natal, Sumatra Utara. PPBGN-BATAN 1984/1985.
- [12]. **GRASTY R.L, TAUCHID M**, Standardization of Old Gamma ray Survey Data, Technical Committee Meeting, IAEA, Vienna (1993)
- [13]. **IAEA**, Constructing and Use of Calibration Facilities for Radiometric Field Equipment. (Technical Report Series No. 309) IAEA, Vienna (1989).
- [14]. **TORRES L.M., GRASTY R.L.**, The Natural Radioactivity map of Portugal. Geological Survey of Canada.(1994).

Lampiran i.

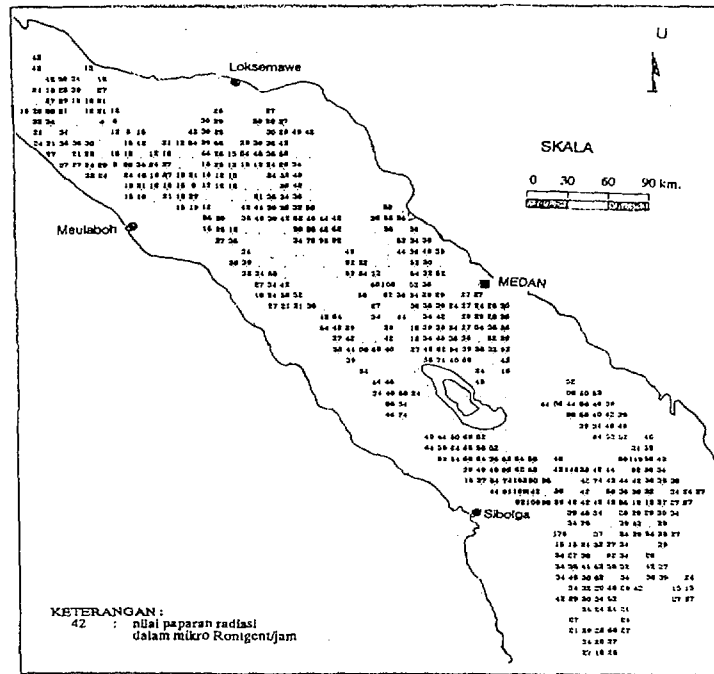


Hubungan nilai radiometri c/s SPP2NF Seri No. 212594 dan kadar eK, eU, dan eTh spektrometer sinar gamma GR-320 di daerah Semenanjung Muria.

Lampiran 2.

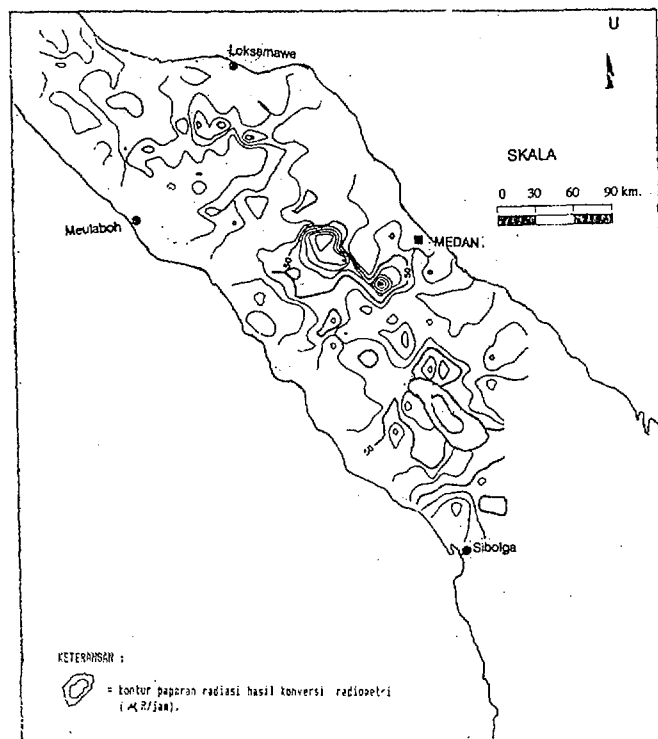


Peta radiometri singkapan batuan dalam cacah perdetik SPP2NF daerah Sumatera Bagian Utara



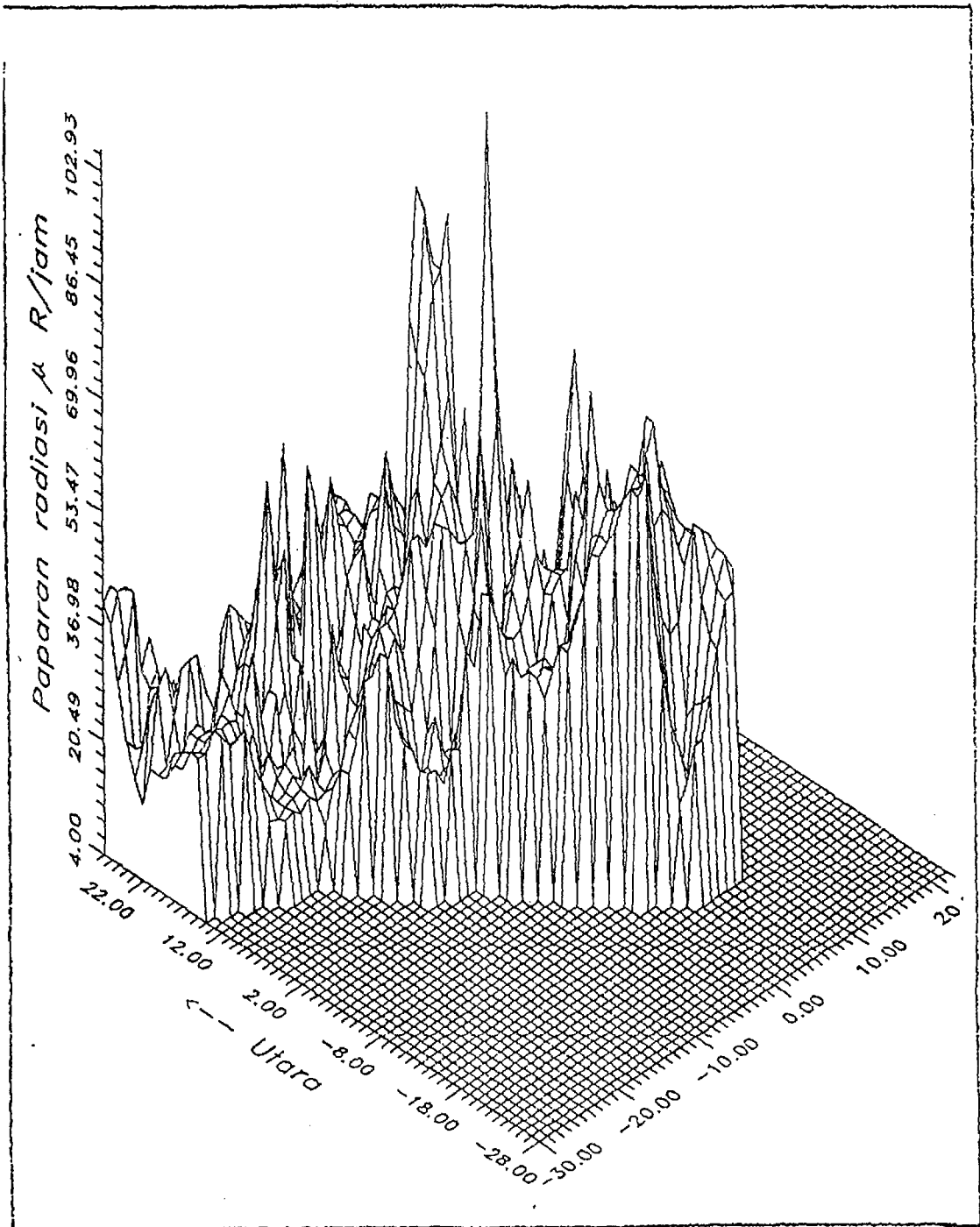
Peta paparan radiasi dalam mikro Rontgen / jam hasil konversi data radiometri (SPP2NF)

Lampiran 4.



Peta kontur paparan radiasi hasil konversi data radiometri (SPP2NF)

Lampiran 5



Blok diagram pola sebaran paparan radiasi hasil konversi di Sumatera Bagian Utara

TANYA JAWAB

1. Gunandjar

- Dalam abstrak disebutkan bahwa penelitian ini (pemanfaatan data Radiometri) dalam rangka antisipasi terhadap keselamatan lingkungan terutama setelah kecelakaan Chernobyl. Tetapi data yang disajikan adalah data sebelum kecelakaan Chernobyl. Kalau data tersebut sebagai data awal sebelum kecelakaan Chernobyl, apakah bisa dilakukan data awal tersebut dihitung kembali untuk menjadi data pada saat kecelakaan Chernobyl (1986) dan sekarang, kita punya data radioaktivitas lingkungan di daerah penelitian maka besarnya pengaruh kecelakaan Chernobyl dapat ditentukan ?
- Bagaimana ketelitian kedua teknik konversi tersebut ?

Soeprapto Tjokrokardono

- Kecelakaan Chernobyl adalah sebagai tonggak saat dimana kepedulian masyarakat tentang keselamatan nuklir meningkat pesat. Data yang disajikan tidak ada kaitannya dengan kecelakaan Chernobyl. Sesuai dengan sasaran studi, yaitu mencari teknik alternatif untuk mendapatkan data zona awal radioaktivitas secara murah dan cepat dalam rangka antisipasi munculnya kegiatan industri yang berpotensi mencemari radioaktivitas lingkungan di daerah studi.
- Ketelitian teknik konversi cukup akurat, namun keakuratan data yang dihasilkan tergantung pada keakuratan standarisasi data dan audit yang dilakukan.

2. Sudarno

- Pada kesimpulan disebutkan tidak meratanya data disebabkan oleh cara konversi, mengapa ? Bukankah itu disebabkan oleh pengambilan daerah/ tempat sampel-nya ?
- Tujuan survei adalah untuk studi lingkungan. Mengapa sampel-sampelnya diambil di daerah berpenduduk jarang ? Apakah tidak lebih baik survei di daerah yang lebih padat ?

Soeprapto Tjokrokardono

- Benar, tidak meratanya data bukan karena teknik konversi namun disebabkan oleh data yang dikonversikan.
- Tujuan pengkajian adalah untuk studi lingkungan, namun data yang dipakai adalah data yang diperoleh pada kegiatan prospeksi mencari uranium. Pada prospeksi kegiatan dilakukan pada daerah perbukitan dimana batuan tersingkap di permukaan dan umumnya bukan daerah pemukiman/ perkotaan.

3. Hanafi Kamarz

- Apa yang menyebabkan paparan radiasi daerah SU bagian utara semakin kecil (lemah) ?
- Daerah-daerah mana saja yang diukur ?

Soeprapto Tjokrokardono

- Paparan radiasi yang diukur adalah paparan radiasi dari radioelemen U, Th, dan K dari dalam tanah/ batuan. Variasi paparan radiasi dapat disebabkan oleh kondisi geologi daerah yang bersangkutan meliputi : faktor litologi, struktur geologi ataupun kegiatan manusia yang menyebabkan pencemaran radioaktivitas.
- Daerah-daerah yang diukur antara lain daerah Barus-Tarutung, Tapak tuan, Takengon, Lankat-Aceh Timur, Deli Serdang dan lain-lain.

4. Djoko Soetarno

- Berapa koefisien korelasi dari model grafis di Muria ?
- Apa dasarnya bahwa model di Muria dapat dipakai di Sumatra, mengingat tujuan dan metode penelitian berbeda serta kondisi peralatan berbeda ?

Soeprapto Tjokrokardono

- Koefisien koreksi antara cacah SPP2NF dengan kadar eU, eTh dan eK di Muria adalah 0,89 ; 0,76 dan 0,42
- Dasarnya adalah bahwa di Muria dipakai survei meter SPP2NF dan γ -spektrometer, sedangkan di Sumatera bagian utara dipakai SPP2NF. Dengan dasar itu maka hasil pengukuran radiometri di Sumatera akan dapat pula dikonversikan menjadi data spektrometer gamma (eU, eTh dan eK) pada saat dilakukan standarisasi data atau audit data.