

PENERAPAN INDEK HARTIGAN PADA PENGELOMPOKAN STASIUN PENGAMBILAN SAMPEL AIR BERDASARKAN AKTIVITAS GAMMA (γ) RADIONUKLIDA DI SUNGAI CODE YOGYAKARTA

KARIYAM^{*}, EDY WIDODO^{*}, ESTI PRITTA HUTAMI^{}**

**Jurusan Statistika Universitas Islam Indonesia Yogyakarta*

***Mahasiswa Jurusan Statistika Universitas Islam Indonesia Yogyakarta*

Abstrak

Pengukuran aktivitas/konsentrasi Gamma (γ) radionuklida pada sampel air sungai Code Yogyakarta telah dilakukan di sebelas stasiun pengambilan, oleh Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan-Bahan (PTAPB) Teknologi Nuklir Yogyakarta, Bidang Kimia dan Teknologi Proses Bahan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan kelompok stasiun pengambilan, berdasarkan konsentrasi Gamma radionuklida melalui pendekatan analisis kelompok. Berdasarkan pengelompokan hirarki metode Complete Linkage dan indek Hartigan, disimpulkan bahwa jumlah kelompok yang sebaiknya dibentuk sebanyak tiga kelompok. Air sungai Code yang melintas di Stasiun Ring Road Selatan, Abang dan Pacar, yang termasuk dalam kelompok wilayah selatan Kotamadya Yogyakarta, secara umum mempunyai konsentrasi Gamma radionuklida yang relatif lebih tinggi dibandingkan dengan kelompok stasiun di Kotamadya dan utara Kotamadya Yogyakarta.

Kata Kunci : Metode Complete Linkage, Indek Hartigan, Stasiun Pengambilan, Aktivitas Gamma (γ) Radionuklida.

Abstract

Measurement of activity/concentration of Gamma (γ) radionuclide at water sample in river of Code Yogyakarta have been done by Centre For Accelerator and Material Process Technology-National Nuclear Energy Agency of Yogyakarta, Chemical Area and Material Process Technology. This research proposed to get the number of cluster for station based on concentration of Gamma radionuclide via cluster analysis approach. Based on hierarchical algorithm with index of Hartigan and complete linkage method, we get three groups. Concentration of Gamma radionuclide at station South Ring Road, Abang and Pacar, that include in south of Yogyakarta, are largest better than either group of station.

Keywords: Complete linkage method, Index of Hartigan, Location of observation, Activity of Gamma (γ) Radionuclide.

PENDAHULUAN

Berdasarkan hasil pengamatan dan sketsa lokasi yang dilakukan oleh BATAN, sumber pencemar Sungai Code tidak terlepas dari pengaruh pemanfaatan lahan serta perilaku penduduk dalam membuang sampah ataupun limbah yang berasal dari kegiatan pertanian, industri, jasa dan permukiman. Berdasarkan laporan Program kali Bersih (Prokasih) Propinsi

DIY tahun 2005, dampak negatif yang dengan mudah dapat dipantau dan dirasakan di sepanjang Sungai Code antara lain seperti air sungai dan air sumur yang tercemar, kualitas udara yang tercemar, dan program Prokasih yang belum berhasil. Berdasarkan identifikasi radionuklida yang dilakukan untuk mengetahui radionuklida apa saja yang terkandung di dalam sampel air dan sedimen sungai, ternyata ada 8 jenis radionuklida yang teridentifikasi, yaitu : ^{210}Pb , ^{226}Ra , ^{212}Pb , ^{214}Pb , ^{208}Tl , ^{214}Bi , ^{228}Ac , dan

⁴⁰K. Semua jenis radionuklida tersebut merupakan radionuklida alam yang diperkirakan berasal dari batuan (material) letusan gunung merapi yang tersebar di sepanjang Sungai Code ataupun dari aktivitas penduduk yang menyebabkan terjadinya polusi udara (misal : asap kendaraan bermotor, limbah industri, dan limbah domestik). Pada tahun 2005 juga dilakukan di Sungai Code Yogyakarta, dengan mengambil 11 titik stasiun yaitu dari hulu sampai hilir Sungai Code Yogyakarta untuk mengetahui besarnya Aktivitas/ Konsentrasi Gross Gamma (γ) terhadap sampel air dan sedimen^[11].

Berdasarkan uraian di atas, dari 11 titik stasiun/lokasi pengambilan sampel yang terdapat di Sungai Code Yogyakarta, terdapat beberapa kekarakteristikan radionuklida berdasarkan Aktivitas/Konsentrasi Gross Gamma (γ) pada sampel air dan sedimen. Atas dasar kekarakteristikan radionuklida yang muncul setelah penelitian, penulis tertarik untuk meneliti permasalahan tentang pengelompokan stasiun/lokasi pengambilan sampel berdasarkan Aktivitas/Konsentrasi Gross Gamma (γ) khususnya untuk sampel air di Sungai Code Yogyakarta dengan pendekatan Analisis Kelompok menggunakan metode *Hierarki* dan indek Hartigan.

Tujuan yang hendak dicapai dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui kelompok stasiun/ lokasi pengambilan sampel yang dibentuk berdasarkan berdasarkan karakteristik aktivitas gamma radionuklida (²¹⁰Pb, ²²⁶Ra, ²¹²Pb, ²¹⁴Pb, ²⁰⁸Tl, ²¹⁴Bi, ²²⁸Ac, dan ⁴⁰K) pada pengambilan sampel air dan mengetahui kemiripan karakteristik antar kelompok stasiun yang telah terbentuk dalam pengambilan sampel air.

Metode statistika yang digunakan untuk mencapai tujuan penelitian ini adalah menggunakan analisis kelompok, dengan tahapan kerja sebagai berikut:

Tahap I : Menentukan Tujuan dan Variabel Analisis

Tujuan utama dalam analisis kelompok adalah membagi sekumpulan obyek menjadi beberapa kelompok berdasarkan ukuran kemiripan antar obyek yang digunakan dilihat dari karakteristik-karakteristik yang digunakan. Pemilihan variabel dalam analisis kelompok

harus didasarkan pada teori dan konseptual, juga memperhatikan pertimbangan praktis. Pada setiap aplikasi kelompok variabel yang dipilih harus rasional, apakah kerasionalan itu berasal dari teori eksplisit, dari peneliti terdahulu ataupun asumsi dari peneliti itu sendiri^[5].

Tahap II : Memilih Desain Analisis

Desain Analisis Kelompok ini dilakukan dengan pemeriksaan data *outlier*, untuk melihat ada tidaknya data *outlier* maupun data *ekstrim*, karena data *outlier* maupun data *ekstrim* ini dapat mengganggu hasil pengamatan, yaitu dengan membuat Boxplot untuk masing-masing variabel rata-rata aktivitas Gamma (γ) radionuklida pada sampel air. Konsep kemiripan adalah fundamental (dasar) dalam analisis kelompok (*Cluster*). Ukuran kemiripan/ kesamaan jarak yang paling sering dipakai ialah *euclidean distance* ataupun nilai kuadratnya. Misalkan, data diasumsikan pada sejumlah n obyek dan masing-masing obyek akan diwakili oleh sebuah vektor observasi $X = (X_1, X_2, X_3, \dots, X_k)$ pada p variabel, maka *squared euclidean distance*, dirumuskan sebagai berikut^[4].

$$d_{ij}^2 = \sum_{k=1}^p (X_{ik} - X_{jk})^2 \quad (1)$$

dengan :

d_{ij} = jarak antara subyek i dan j

x_{ik} = nilai variabel k untuk subyek i

x_{jk} = nilai variabel k untuk subyek j

i dan j menyatakan obyek yang akan dikelompokkan, dalam penelitian ini menyatakan stasiun/lokasi.

Tahap III : Memeriksa Asumsi Analisis Kelompok

Sampel yang diambil benar-benar bisa mewakili populasi yang ada, dan tidak menunjukkan adanya multikolinieritas. Multikolinieritas berarti adanya hubungan linear yang sempurna atau pasti diantara beberapa atau semua variabel.

Tahap IV : Pembentukan Kelompok

Metode pengelompokan yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode pengelompokan hirarki (*Hierarchical Cluster*)

dengan menggunakan metode pautan lengkap (*complete linkage method*). Adapun indeks kriteria yang digunakan untuk menentukan jumlah kelompok yang sebaiknya dibentuk adalah dengan menggunakan Indeks Kriteria Hartigan.

Metode Pautan Lengkap (*Complete Linkage*)

Metode ini mengelompokkan dua obyek/variabel yang mempunyai jarak terjauh/maksimum terlebih dahulu. Persamaan yang digunakan dalam metode ini adalah menyatakan jarak terjauh/maksimum antar kelompok i yang merupakan gabungan antara kelompok v dan w dengan kelompok j , didefinisikan sebagai^[4]:

$$d_{ij} = \max(d_{vj}, d_{wj}) \quad (2)$$

$$W_k = \sum_{g=1}^k \sum_{i=1}^{n_g} \begin{pmatrix} x_{gi} & -\bar{x}_g \\ px1 & px1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_{gi} & -\bar{x}_g \\ px1 & px1 \end{pmatrix}^t \quad (4)$$

dengan:

n_g = banyaknya anggota kelompok ke- g ,
($g = 1, 2, \dots, k$)

x_{gi} = kasus ke- i , ($i = 1, 2, \dots, n_g$), pada kelompok ke- g

\bar{x}_g = rata-rata variabel dalam kelompok ke- g

Hartigan menyarankan bahwa kelompok ditambah jika $H(k) > 10$. Banyaknya kelompok diestimasi dari harga $k \geq 1$ terkecil sehingga $H(k) \leq 10$.

Tahap V : Interpretasi Hasil dan Profiling Kelompok

Pada dasarnya banyak cara untuk interpretasi hasil pengelompokan, misalkan dengan membandingkan mean masing-masing kelompok. Nilai *centroid* juga memungkinkan kita untuk menguraikan setiap kelompok.

Tahap VI : Validasi Kelompok

Pengujian terhadap kelompok yang terbentuk (validasi kelompok), salah satunya dapat dilakukan dengan memecah data dalam dua kelompok untuk dibandingkan hasilnya. Cara lain dapat dilakukan dengan mengganti

dimana:

d_{vj} = jarak antara kelompok v dan j

d_{wj} = jarak antara kelompok w dan j

Indek Kriteria Hartigan

Hartigan pada bagian algoritma *K-Means*, mengusulkan *mean square ratio* untuk menentukan jumlah kelompok, yang dirumuskan sebagai berikut^[6]:

$$H(k) = \left(\frac{\text{tr}(W_k)}{\text{tr}(W_{k+1})} - 1 \right) (n - k - 1) \quad (3)$$

dimana:

W_k = ukuran dispersi dalam kelompok

$k = 1, 2, \dots, K$, yaitu:

metode baik ukuran jarak maupun metode pautan.

METODE PENELITIAN

Populasi dan Sampel Penelitian

Populasi sasaran penelitian ini adalah seluruh stasiun/lokasi hulu, tengah maupun hilir di Sungai Code Yogyakarta, khususnya untuk sampel air. Sampel atau obyek penelitian merupakan bagian dari populasi, dimana sampel pada penelitian ini adalah 11 titik stasiun/lokasi hulu, tengah maupun hilir di Sungai Code Yogyakarta, khususnya untuk sampel air yang diteliti dan diukur rerata aktivitas/konsentrasi Gamma (γ) radionuklida (^{210}Pb , ^{226}Ra , ^{212}Pb , ^{214}Pb , ^{208}Tl , ^{214}Bi , ^{228}Ac , dan ^{40}K). Penelitian ini berlangsung pada bulan Juli 2007 sampai dengan bulan September 2007, yang dilaksanakan di Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan-Badan Tenaga Nuklir Nasional Yogyakarta, Bidang Kimia dan Teknologi Proses Bahan.

Variabel Penelitian

Variabel yang akan digunakan untuk pengelompokan (pembentukan kelompok) adalah variabel kuantitatif mengacu pada hasil pengukuran aktivitas radionuklida alam

pemancar gamma (γ) pada sampel air. Terdapat 8 jenis radionuklida yang teridentifikasi, yaitu : ^{210}Pb , ^{226}Ra , ^{212}Pb , ^{214}Pb , ^{208}Tl , ^{214}Bi , ^{228}Ac , dan ^{40}K , dimana kesemua jenis radionuklida tersebut merupakan radionuklida alam yang diperkirakan berasal dari batuan (material) letusan gunung merapi yang tersebar di sepanjang Sungai Code ataupun dari aktivitas penduduk yang menyebabkan terjadinya polusi udara (misal asap kendaraan bermotor, limbah industri, limbah domestik, dan lain sebagainya). Jenis radionuklida yang diteliti masing-masing dapat dijelaskan antara lain:

Radionuklida *Timbal* (Pb) yang terdiri dari ^{210}Pb , ^{212}Pb dan ^{214}Pb , adalah salah satu unsur radioaktivitas/radionuklida yang cukup banyak terdapat di alam dalam bentuk batuan dan polusi udara dari asap kendaraan bermotor ataupun industri (industri percetakan/kertas, logam, mesin berat, tekstil).

Radionuklida *Radium* (Ra) yaitu ^{226}Ra , adalah unsur radioaktivitas/ radionuklida yang berasal dari jenis sektor usaha industri non nuklir yang sering menjadi sumber radionuklida radium yaitu antara lain industri fosfat, pupuk fosfat dan kalium karbonat, batu bara, produksi minyak dan gas, pengolahan air bersih, produksi energi geothermal, industri kertas dan pulp, serta scrap metal. Adanya unsur ini juga berasal dari polusi asap kendaraan bermotor di daerah tengah dan hilir, penggunaan pupuk fosfat di areal pertanian dan buangan limbah industri tekstil.

Radionuklida *Thallium* (Tl) yaitu ^{208}Tl , adalah unsur radioaktivitas/ radionuklida yang berasal dari penggunaan pestisida pada areal pertanian yang menyebar melalui air bawah tanah dan kemudian teradsorpsi kesedimen. Thallium secara parsial dapat larut dalam air dan dapat menyebar melalui air bawah tanah dan dapat juga tersebar dengan cara teradsorpsi dalam lumpur, serta biasa terdapat pada pestisida.

Radionuklida *Bismuth* (Bi) yaitu ^{214}Bi , adalah radioaktivitas/radionuklida yang berasal dari industri industri percetakan (kertas), logam, tekstil, mesin berat, serta dari penggunaan pestisida. Selain dari industri, radionuklida Bismuth (^{214}Bi) diperkirakan juga dapat berasal dari penggunaan pestisida.

Radionuklida *Actinium* (Ac) yaitu ^{228}Ac , adalah radioaktivitas/radionuklida yang banyak ditemukan dalam penggunaan sebagai suatu

agen untuk *radio-immunotherapy* dalam bidang kedokteran. Radionuklida ini digunakan di rumah sakit ataupun fasilitas-fasilitas kesehatan.

Radionuklida *Kalium* (K) yaitu ^{40}K , adalah radioaktivitas/ radionuklida yang diduga berasal dari penggunaan pupuk dan pestisida pada areal pertanian atau perkebunan. Radionuklida Kalium (^{40}K) ini banyak terdapat pada sayuran dan buah-buahan serta batuan/tanah/pasir.

Teknik Sampling

Pada penelitian ini populasinya heterogen karena terdiri dari tiga macam kelompok yaitu stasiun hulu, tengah dan hilir sungai Code Yogyakarta. Populasi yang heterogen tersebut dapat dilihat dari Aktivitas/Konsentrasi Radionuklida Alam Pemancar Gamma (γ) (^{210}Pb , ^{226}Ra , ^{212}Pb , ^{214}Pb , ^{208}Tl , ^{214}Bi , ^{228}Ac , dan ^{40}K) untuk stasiun hulu, tengah dan hilir yang cukup berbeda, sehingga teknik sampling yang tepat untuk digunakan adalah teknik Sampling Acak Berlapis/Teknik Sampling Stratifikasi. Identifikasi radionuklida dalam sampel air sungai ini dilakukan dengan teknik *Spektroskopi Gamma* dan analisa kualitatif hasil spektrometer. Dari hasil pencacahan dengan menggunakan spektrometer gamma yang dilakukan oleh BATAN, dapat teridentifikasi radionuklida yang terkandung dalam sampel air maupun sedimen di perairan Sungai Code Yogyakarta.

Stratum pada penelitian ini adalah stasiun/lokasi pengambilan sampel yang terdiri dari stasiun hulu, tengah dan hilir, dimana setiap stratum memiliki jumlah sampel yang berbeda. Pada stasiun hulu memiliki sampel sebanyak 3 stasiun, stasiun tengah memiliki sampel sebanyak 5 stasiun dan stasiun hilir memiliki sampel sebanyak 3 stasiun. Pembagian tiap-tiap stratum tersebut dimaksudkan agar pada setiap stratum populasinya relatif homogen sehingga jika sampel diambil dapat bersifat representatif.

Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder (Taftazani, A. 2006) yang diperoleh dari penelitian yang dilakukan oleh BATAN di 11 titik stasiun/lokasi di Sungai Code Yogyakarta. Berdasarkan hasil penelitian tersebut diperoleh data hasil analisis dan perhitungan yaitu aktivitas/konsentrasi Gross Gamma (γ)

radionuklida khususnya pada sampel air Sungai Code Yogyakarta.

Perangkat Lunak

Perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini adalah *software* statistik MINITAB dan SPSS. Pembuatan program makro khususnya untuk menghitung indeks Hartigan digunakan paket MINITAB, sementara untuk pengolahan dan penyajian data deskriptif statistik digunakan paket SPSS.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Penelitian

Data penelitian yang digunakan adalah hasil pengukuran aktivitas/ konsentrasi Gamma (γ) radionuklida terhadap sampel air sungai Code Yogyakarta di 11 stasiun, dengan hasil sebagai berikut:

Tabel 1. Hasil Pengukuran Aktivitas Gamma (γ) pada Sampel Air.

Stasiun	Debit (m ³ /dtk)	Aktivitas Gamma (Bq/liter)							
		²¹⁰ Pb	²²⁶ Ra	²¹² Pb	²¹⁴ Pb	²⁰⁸ Tl	²¹⁴ Bi	²²⁸ Ac	⁴⁰ K
Turgo	0.0292	0.090	0.056	0.113	0.167	0.197	0.438	0.042	0.099
Boyong bawah	0.0701	0.090	0.058	0.116	0.167	0.197	0.451	0.431	0.128
Ngentak	0.0974	0.094	0.058	0.116	0.169	0.203	0.458	0.458	0.227
Ring road utara	0.1316	0.094	0.058	0.120	0.169	0.203	0.465	0.486	0.269
Sardjito	0.6167	0.094	0.058	0.125	0.169	0.203	0.465	0.500	0.354
Retjobuntung	0.6312	0.094	0.058	0.127	0.169	0.208	0.472	0.514	0.524
Tungkak	0.6075	0.097	0.058	0.127	0.169	0.208	0.472	0.528	0.850
Karang Kajen	0.7755	0.097	0.064	0.130	0.172	0.214	0.479	0.542	0.879
Ring road selatan	0.5948	0.097	0.064	0.130	0.172	0.214	0.493	0.583	1.247
Abang	0.1658	0.100	0.064	0.132	0.178	0.220	0.500	0.625	1.261
Pacar	0.0311	0.120	0.065	0.132	0.178	0.220	0.514	0.625	1.672

Analisis Kelompok

Tahap I : Tujuan dan Variabel Kelompok

Pada penelitian ini, tujuan dilakukannya analisis kelompok adalah untuk mengelompokkan stasiun/lokasi pemeriksaan sampel air sungai Code Yogyakarta berdasarkan rerata aktivitas/konsentrasi Gamma (γ) radionuklida yang relatif sama, sehingga akan lebih efektif jika stasiun/ lokasi yang ada dibentuk dalam beberapa kelompok yang relatif homogen beserta dengan anggotanya.

Tahap II : Desain Analisis Kelompok

Hasil deteksi *outlier* ini dapat dilihat pada Gambar 1. Pada Boxplot variabel ²¹⁰Pb terlihat ada satu data yang dikategorikan ekstrim yaitu data nomor 11, dengan tanda *. Pada Boxplot variabel ²¹⁴Pb terlihat ada dua data yang dikategorikan outlier yaitu data nomor 10 dan 11, dengan tanda bulatan (O). Pada Boxplot variabel ²²⁸Ac terlihat ada satu data yang dikategorikan *ekstrim* yaitu data nomor 1.

Tahap III : Asumsi Analisis Kelompok

Telah terwakilkan oleh 11 titik stasiun/lokasi yaitu dari hulu sampai hilir Sungai Code Yogyakarta, baik pada sampel air maupun sedimen. Berdasarkan hasil penelitian tersebut diperoleh data hasil pengukuran aktivitas/konsentrasi Gamma (γ) radionuklida terhadap sampel air sungai Code Yogyakarta.

Pengujian multikolinearitas dengan meregresikan prediktor secara bergantian. Uji hipotesis sebagai berikut:

- H₀: tidak terjadi multikolinearitas
H₁: terjadi multikolinearitas
- Daerah kritis:
Tolak H₀ jika nilai R^2_1 (R^2 utama) > R^2_2 (R^2 prediktor)

c. Kesimpulan:

Nilai R^2_1 (R^2 utama) = 0.967. Untuk variabel radionuklida ²¹⁰Pb sebagai dependen memiliki nilai $R^2 = 0.844$, variabel radionuklida ²²⁶Ra sebagai dependen memiliki nilai $R^2 = 0.866$, variabel radionuklida ²²⁸Ac sebagai dependen memiliki nilai $R^2 = 0.879$ variabel radionuklida ²¹²Pb sebagai dependen memiliki nilai $R^2 = 0.930$. Nilai-nilai R^2 keempat variabel

Tahap IV : Pembentukan Kelompok Hirarki
(*Hierarchical Cluster*)

Dengan menggunakan metode *Complete Linkage*, diperoleh hasil pengelompokan dalam bentuk dendrogram seperti pada Gambar 2.

Adapun indek kriteria Hartigan untuk beberapa kelompok yang dibuat, memberikan hasil sebagaimana tertera pada Tabel 2, yang sekaligus menyimpulkan bahwa jumlah kelompok yang sebaiknya dibentuk untuk data hasil pengukuran sampel air sungai Code Yogyakarta di 11 stasiun sebanyak **tiga** kelompok.

Tabel 2. Jumlah Kelompok dan Indek Hartigan

Jumlah kelompok yang dibentuk	Indek Hartigan
1	20,0335
2	11,8858
3	5,0492

Tahap V : Interpretasi Hasil dan profiling kelompok

Berdasarkan Tabel 2, maka diperoleh hasil pengelompokan stasiun sebagai berikut:

Tabel 3. Hasil Pengelompokan

Kelompok I	Kelompok II	Kelompok III
Turgo	Retjobuntung	Ring road selatan
Boyong bawah	Tungkak	Abang
Ngentak	Karang Kajen	Pacar
Ring road utara		
Sardjito		

Apabila dilihat dari posisi geografis wilayah Daerah Istimewa Yogyakarta, kelompok-kelompok yang terbentuk pada Tabel 3, dapat dibedakan sebagai berikut: :

- I : Utara Kotamadya Yogyakarta.
- II : Kotamadya Yogyakarta.
- III : Selatan Kotamadya Yogyakarta

Lebih lanjut dari pengelompokan di atas, memberikan hasil perbandingan variabel aktivitas gamma radionuklida untuk setiap kelompok seperti diringkas pada Tabel 4. Kecuali konsentrasi ^{210}Pb , ^{212}Pb dan ^{228}Ac , diperoleh bahwa kelompok wilayah selatan Kotamadya Yogyakarta air sungai Code mempunyai konsentrasi aktivitas Gamma radionuklida yang lebih tinggi dibandingkan kelompok wilayah lain.

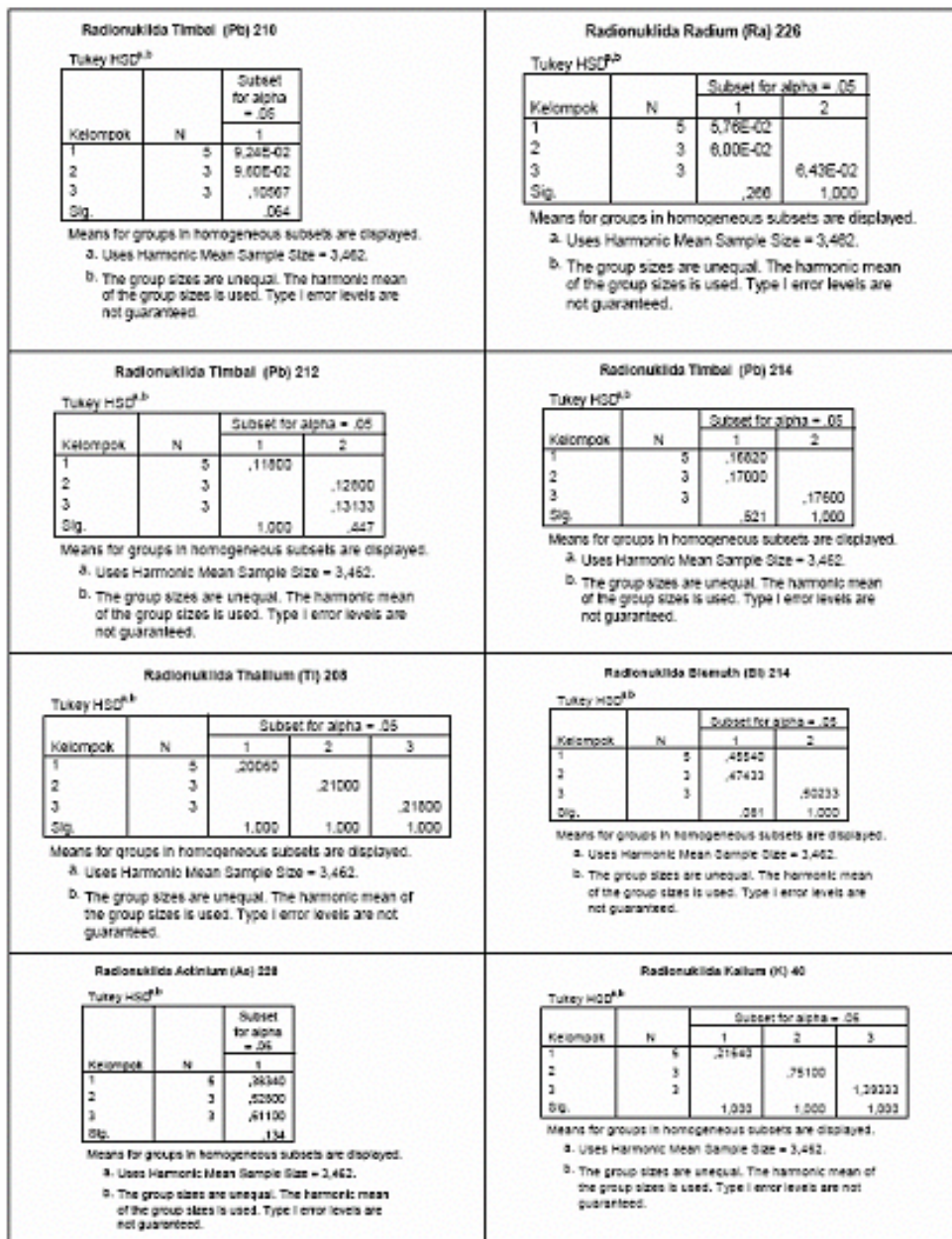
Konsentrasi untuk ^{210}Pb dan ^{228}Ac di semua stasiun pengambilan sampel air adalah sama. Sedangkan konsentrasi ^{212}Pb sama untuk wilayah Kotamadya dan selatan Kotamadya Yogyakarta ditunjukkan pada Gambar 3.

Tabel 4. Perbandingan Rata-rata Variabel Antar Kelompok

No.	Nama variable	Hasil
1.	Timbal (^{210}Pb)	$\mu_1^{(I)} = \mu_1^{(II)} = \mu_1^{(III)}$
2.	Radium (^{226}Ra)	$\mu_2^{(I)} = \mu_2^{(II)} < \mu_2^{(III)}$
3.	Timbal (^{212}Pb)	$\mu_3^{(I)} < \mu_3^{(II)} = \mu_3^{(III)}$
4.	Timbal (^{214}Pb)	$\mu_4^{(I)} = \mu_4^{(II)} < \mu_4^{(III)}$
5.	Thallium (^{208}Tl)	$\mu_5^{(I)} < \mu_5^{(II)} < \mu_5^{(III)}$
6.	Bismuth (^{214}Bi)	$\mu_6^{(I)} = \mu_6^{(II)} < \mu_6^{(III)}$
7.	Actinium (^{228}Ac)	$\mu_7^{(I)} = \mu_7^{(II)} = \mu_7^{(III)}$
8.	Kalium (^{40}K)	$\mu_8^{(I)} < \mu_8^{(II)} < \mu_8^{(III)}$

Tahap VI. Validasi Kelompok

Validasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan mengganti ukuran jarak, yang semula *Euclidean* diganti Manhattan, dan memberikan hasil bahwa apabila dibentuk dalam tiga kelompok anggota kelompok sama.



Gambar 3. Keluaran Komputer Untuk Uji Rata-Rata Variabel Antar Kelompok.

KESIMPULAN

Berdasarkan aktivitas gamma radionuklida (^{210}Pb , ^{226}Ra , ^{212}Pb , ^{214}Pb , ^{208}Tl , ^{214}Bi , ^{228}Ac , dan ^{40}K) sampel air sungai Code Yogyakarta, terbentuk 3 kelompok. Kelompok pertama terletak di utara Kotamadya Yogyakarta, yang terdiri dari 5 stasiun yaitu stasiun Turgo, Boyong Bawah, Ngentak, *Ring Road Utara* dan Sardjito, mempunyai konsentrasi aktivitas gamma radionuklida

relatif rendah. Kelompok kedua terletak di Kotamadya Yogyakarta, terdiri dari 3 stasiun, yaitu stasiun Retjobuntung, Tungkak, dan Karang Kajen, dengan konsentrasi aktivitas gamma radionuklida yang **relatif sedang** dibandingkan dengan kelompok stasiun lain. Sedangkan sampel air sungai Code Yogyakarta di stasiun yang termasuk dalam kelompok selatan Kotamadya Yogyakarta yaitu stasiun *Ring Road Selatan*, Abang dan Pacar, mempunyai konsentrasi aktivitas gamma

radionuklida yang **relatif lebih tinggi** dibandingkan kelompok stasiun yang lain.

DAFTAR PUSTAKA

1. Anonim, 2006, "Arsip Profil. Yogyakarta: Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan (PTAPB)-BATAN".
2. Dillon, W.R., and Matthew, G. 1984. *Multivariate Analysis Methods and Applications*. John Willey and Sons, Inc. New York. Chirchester-Brisbane. Toronto.
3. Everit, S.B., Landau, S., and Loese, M. 2001. *Cluster Analysis*. Oxford University Press, Inc. New York. United States of America.
4. Johnson, R.A., and Wichern, D.W., 1992, *Applied Multivariate Statistical Analysis (3rd ed)*, New Jersey : Prentice Hall.
5. Hair, J.F., 1998, *Multivariate Data Analysis*. Fifth Edition. New Jersey: Prentice Hall Engle Wood Cliffs.
6. Hartigan, J., 1975, *Clustering Algorithms*, New York : John Wiley & Sons.
7. Haryatmi, S., 1988. *Metode Statistika Multivariat*. Jakarta: Karunika Universitas Terbuka.
8. Sharma, S. 1996. *Applied Multivariate Techniques*. John Willey and Sons, Inc. New York. Chirchester-Brisbane. Toronto.
9. Supranto J., 2004, *Analisis multivariate Arti dan Interpretasi*. Jakarta: Rineka Cipta.
10. Salemba Infotek. 2005. *Pengembangan Analisis Multivariat Dengan SPSS 12*. Jakarta: Wahana Komputer.
11. Taftazani, A, 2006, "Usulan Kegiatan 2005-2006. Program Kali Bersih (Prokasih) Sungai Code Yogyakarta. Kerjasama BATAN-Bapedalda DIY-IAEA 2005", Yogyakarta: Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan (PTAPB)-BATAN.

TANYA JAWAB

Pertanyaan

1. Apakah pengambilan sampel pada 11 titik stasiun itu sudah mewakili populasi? (Supriyono)
2. Apakah dengan indeks hartigan dapat menjawab pertanyaan no.1? (Supriyono)
3. Dasar pembagian 3 kelompok di atas dengan metode apa? (Lukman Hakim)

Jawaban

1. Pada dasarnya penelitian ini menggunakan data sekunder yang diperoleh dari hasil penelitian pihak batan oleh bapak dr. Ir. Agus taftazani pada tahun 2006 di sungai code yogyakarta. Sehingga keterwakilan populasi dipercayakan pada hasil penelitian terdahulu.
2. Ya, indek hartigan merupakan salah satu kriteria dalam analisis kelompok yang digunakan untuk menentukan optimal jumlah kelompok yang sebaiknya dibentuk dari sekumpulan obyek. Dalam penelitian ini obyek yang dimaksud yaitu 11 titik stasiun, yang dikelompokkan berdasarkan konsentrasi gamma radionuklida di setiap stasiun.
3. Dengan metode pengelompokan hirarki menggunakan pautan lengkap (*complete linkage*) dan didasarkan pada indeks hartigan. Jumlah kelompok terkecil pertama yang menghasilkan indek hartigan kurang dari sepuluh (dalam hal ini diperoleh sebesar 5,0492); yaitu ketika dibentuk dalam tiga kelompok. Dengan demikian optimal jumlah kelompok yang sebaiknya dibentuk dari 11 stasiun adalah tiga kelompok.

