

**PENGUNAAN ANALISIS STATISTIK SIDIK PEUBAH GANDA UNTUK
MENGUJI KESERAGAMAN SIFAT EMPAT FORMASI GEOLOGI DI
SUMATERA SELATAN**

Dwi Setyawan¹⁾, Warsito¹⁾, dan Herlina Hanum²⁾

¹⁾Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya

²⁾Jurusan Matematika FMIPA Universitas Sriwijaya

Abstrak

Makalah ini menyajikan hasil analisis statistik peubah ganda terhadap data tanah untuk mengetahui keseragaman komposisi mineral, kapasitas tukar kation, dan aluminium dapat dipertukarkan. Kami mempelajari formasi geologi Air Benakat (Tma), Muara Enim (Tmpm), Kasai (Qtk), dan endapan (Qs). Hasil sidik gerombol menunjukkan kemiripan sifat lapisan atas pada Formasi Air Benakat dan sedimen (Qs), sedangkan Kasai dan Muara Enim membentuk kelompok tersendiri. Untuk lapisan bawah kemiripan hanya antara Air Benakat dan Kasai. Analisis kanonik untuk seluruh data juga menunjukkan pemisahan yang jelas berdasarkan kandungan kuarsa yang mampu menerangkan 77 % keragaman data. Hasil yang serupa diperoleh dengan sidik komponen utama yang menunjukkan sumbangan nyata dari kuarsa keruh dan kuarsa jernih untuk memisahkan Formasi Muara Enim dengan Kasai. KTK liat menjadi pembeda Formasi sedimen (Qs). Dua dimensi pertama mampu menerangkan 84 % keragaman data. Berbeda dengan metode perbandingan yang menggunakan mineral tunggal, analisis peubah ganda dapat menangani banyak peubah dan mampu memberikan pemahaman mengenai keragaman data dengan lebih baik.

Kata kunci: formasi geologi, Sumatera Selatan, sidik peubah ganda, indeks kesamaan

***The Use of Multivariate Statistical Analysis for Testing the Uniformity of Four
Geological Formations in South Sumatera***

Abstract

This paper describes results of multivariate analysis on soil data which are used to examine the uniformity of mineralogical composition, cation exchange capacity, and exchangeable aluminium. We studied the geological formations of Air Benakat (Tma), Muara Enim (Tpm), Kasai (Qtk), and sediment (Qs) as examples. The cluster analysis shows similarity in topsoil properties for Air Benakat and sedimentary samples, while Muara Enim and Kasai form different groups. For subsoils, similarity occurs between Air Benakat and Kasai. For all data canonical variate analysis also indicates a significant separation between formations in which

quartz content accounts for 77 % of data variation. Similarly principal component analysis shows a significant contribution of turbid and transparent quartz to separate Muara Enim from Kasai. Clay CEC distinguishes the sedimentary formation. The first two dimensions account for 84 % of the total variation. In contrast to similarity index of single mineral, multivariate analysis can handle many variables that in turn gives a more comprehensive understanding of how soil properties contribute to the variation.

Key words: geological formation, South Sumatera, multivariate analysis, similarity index

1. PENDAHULUAN

Jenis-jenis tanah yang berbeda dapat terbentuk meskipun berada pada formasi geologi yang sama. Keragaman ini dapat dihubungkan dengan perbedaan topografi, iklim maupun vegetasi daerah tersebut. Diantara faktor-faktor pembentuk tanah yang dikenal (bahan induk, iklim, vegetasi, topografi dan waktu), bahan induk merupakan faktor dasar yang sangat menentukan ciri-ciri tanah yang terbentuk. Keragaman ciri tanah tersebut tidak hanya menyangkut sifat fisik dan kimia, tetapi juga komposisi mineral (Buol *et al.*, 1980). Keragaman susunan mineral beberapa jenis tanah Sumatera Selatan telah dilaporkan sebelumnya. Meskipun jenis tanah sama, ternyata memang susunan mineral liat beberapa pedon yang diamati cukup beragam (Setyawan, 1995). Dalam hal ini, informasi yang diperoleh dari suatu formasi geologi selayaknya hanya digunakan secara hati-hati sebagai dasar perencanaan saja mengingat kemungkinan sifat-sifat tanah yang terbentuk di atasnya bisa sangat beragam.

Keragaman sifat dan ciri tanah pada dasarnya dapat dianalisis dengan menggunakan beberapa metode statistika. Dalam laporan sebelumnya Setyawan *et al.* (1998) membandingkan tingkat kemiripan satu horizon dengan lainnya berdasarkan peubah tunggal, misalnya kandungan kuarsa. Metode ini sebenarnya kurang praktis karena tidak mampu menjelaskan keterkaitan antara banyak peubah yang menyusun keragaman data. Salah satu cara mengatasi kelemahan ini adalah dengan menggunakan sidik peubah ganda (*multivariate analysis*). Sifat dan ciri tanah yang dapat dikumpulkan dan mewakili suatu formasi geologi selanjutnya dapat dipilah untuk memberikan gambaran kemiripan dalam formasi geologi tersebut. Teknik pengelompokan dengan sidik gerombol (*cluster analysis*) diantaranya diterangkan oleh Kendall (1980). Perlu ditekankan di sini bahwa konsep gerombol merupakan hal yang subyektif dan lebih mencerminkan keterkaitan satu kumpulan obyek berdasarkan ciri-ciri yang diamati.

Pengelompokan sifat-sifat contoh tanah juga dapat dilakukan dengan menggunakan metode kanonik

(*canonical variate*) dan sidik komponen utama (*principal component analysis*) (Digby *et al.*, 1989). Sidik peubah ganda telah banyak dikenal dan digunakan dalam berbagai bidang ilmu. Teknik tersebut sangat membantu untuk menyederhanakan korelasi antar peubah dan mengurangi dimensi atau ukuran struktur data tanpa harus kehilangan nilai penting data asli (Webster, 2001).

Makalah ini mengkaji penggunaan sidik peubah ganda untuk mengetahui keragaman susunan mineral fraksi pasir (khususnya kandungan kuarsa jernih dan kuarsa keruh), aluminium dapat dipertukarkan dan KTK liat dari beberapa jenis tanah utama di Sumatera Selatan, serta mengkorelasikannya dengan formasi geologi daerah penelitian.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Pengambilan Contoh Tanah

Analisis kimia tanah dilakukan di Laboratorium Kesuburan dan Kimia Tanah Fakultas Pertanian UNSRI; susunan mineral pasir di Laboratorium Mineralogi Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat Bogor menggunakan beberapa jenis tanah Sumatera Selatan yang terbentuk dari berbagai formasi geologi pada lembar Lahat (Air Benakat, Muara Enim, Kasai dan sedimen). Pengambilan contoh tanah dilaksanakan pada September 1997 dan dilanjutkan dengan analisis contoh tanah di laboratorium hingga Februari 1998.

Contoh tanah yang digunakan berasal dari horizon-horizon yang diamati dari setiap profil tanah. Sebanyak 40 contoh telah dikumpulkan dari 12 profil yang diamati, selanjutnya dianalisis di laboratorium.

Formasi geologi dipilih dari peta geologi lembar Lahat berskala 1:250.000 (Gafoer *et al.*, 1986). Pada lembar ini banyak ditemukan formasi berumur Tersier terdiri dari batuan sedimen dan formasi berumur Kuartar yang terdiri dari endapan aluvium dan endapan rawa (Hikmatullah *et al.*, 1990). Penelitian dan pengambilan contoh tanah difokuskan pada formasi Muara Enim (Tpm), Air Benakat (Tma), Kasai (Qtk) dan sedimen rawa (Qs). Pada setiap formasi dibuat tiga pedon (profil tanah) sedalam 120-150 cm atau sampai mencapai lapisan bahan induk pada lokasi yang belum terganggu dan secara acak. Pengamatan morfologi profil dilakukan terhadap warna, tekstur lapangan, struktur, konsistensi, kedalaman tanah, gejala khusus seperti plintit atau konkresi, dan sisa batuan induk yang mungkin masih dapat diamati di lapangan. Selanjutnya diambil contoh tanah dari setiap horizon yang diamati.

2.2. Analisis Contoh Tanah

Contoh tanah disiapkan dan didestruksi dengan hidrogen peroksida dan asam klorida di laboratorium untuk penetapan komposisi mineral fraksi pasir pada fraksi berukuran 100-250 μm menurut metode hitung baris (*line counting*) menggunakan mikroskop polarisasi dengan medium nitrobenzol.

Sifat kimia tambahan yang ditetapkan yaitu aluminium dapat dipertukarkan (1 M KCl) dan kapasitas tukar kation (KTK) liat (1 M NH₄OAc pH 7).

Data pengamatan disajikan secara tabulasi. Awalnya indeks kemiripan (*similarity index*) digunakan untuk melihat kemiripan dua lapisan atau dua pedon berdasarkan ciri kimia dan mineral yang tersedia (Buol *et al.*, 1980) dengan menggunakan rumus sebagai berikut: $IK = \{2w/(A+B)\} \times 100$, dimana: w = nilai yang lebih kecil diantara A dan B dengan A dan B adalah nilai relatif dari dua lapisan yang akan dibandingkan. Nilai relatif ditentukan dengan cara memberikan nilai 1 untuk data terkecil dan nilai 100 untuk data terbesar. Nilai yang lain ditentukan dengan rumus interpolasi linier secara sederhana. Dua lapisan akan mirip sifatnya jika nilai indeks 80 atau lebih; diragukan jika antara 50 dan 79; serta tidak mirip bila nilai indeks kurang dari 50. Hasil perhitungan dengan cara tersebut disajikan dalam Setyawan *et al.* (1998), namun tidak akan diuraikan kembali dalam makalah ini.

2.3. Analisis Statistik

Data yang diperoleh selanjutnya dianalisis dengan metode gerombol (*cluster*), analisis kanonik dan sidik komponen utama (SKU) menggunakan program GENSTAT (Digby *et al.*, 1989). Tujuan SKU adalah mencari kombinasi linier dari p variabel X_1, X_2, \dots, X_p yang akan menghasilkan indeks Z_1, Z_2, \dots, Z_p yang tidak berkorelasi. Kombinasi linier suatu

dimensi SKU dapat dituliskan: $Z_i = a_{i1}X_1 + a_{i2}X_2 + \dots + a_{ip}X_p$ dengan $a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{ip}$ adalah koefisien dari vektor ciri (*eigenvector*). Nilai koefisien tersebut tunduk pada kondisi bahwa $a_{i1}^2 + a_{i2}^2 + \dots + a_{ip}^2 = 1$ (Manly, 1986).

Analisis lainnya adalah sidik gerombol (*cluster analysis*) yang dilakukan berdasarkan metode rerata kelompok (*group average*), setelah sebelumnya membentuk matriks kesamaan berdasarkan empat peubah secara simultan yaitu kuarsa keruh, kuarsa jernih, Al-dd dan KTK liat. Pengamatan dilakukan terpisah untuk lapisan atas (*topsoil*) dan lapisan bawah (*subsoil*). Hasilnya disajikan sebagai dendrogram.

Analisis kanonik mencari kombinasi linier bebas ($a \cdot X_1 + b \cdot X_2 \dots$) dari peubah yang diuji dan akan memaksimumkan nisbah keragaman antara kelompok terhadap keragaman dalam kelompok. Dalam penelitian ini, analisis kanonik dilakukan dengan menganggap setiap formasi geologi adalah satu grup yang bebas. Skor yang diperoleh disajikan dalam bentuk grafik berdasarkan vektor pertama dan kedua. Sidik komponen utama membentuk dimensi baru yang memberikan bobot berbeda pada peubah-peubah asli yang digunakan. Hasil analisis disajikan dalam bentuk grafik.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Sifat kimia dan mineralogi tanah

Contoh tanah daerah penelitian umumnya memiliki kadar aluminium dapat dipertukarkan cukup beragam (berkisar dari 0,43 sampai 11,68

cmol/kg dan rerata 2,72 cmol/kg). Perbedaan ini mungkin berhubungan dengan komposisi mineral liat contoh tanah tersebut dimana Al-dd tertinggi dijumpai pada contoh yang mengandung smektit, sebagaimana yang ditemukan oleh Setyawan (1995).

Nilai KTK liat merupakan parameter yang cukup baik untuk menduga jenis mineral liat yang dominan pada suatu tanah. Hasil analisis menunjukkan keragaman yang cukup besar, berkisar antara 19,5 sampai 56,2 cmol/kg dengan rerata 36 cmol/kg (Tabel 1).

Tabel 1. Kuarsa keruh (%), kuarsa jernih (%), aluminium dapat dipertukarkan (cmol/kg) dan kapasitas tukar kation (cmol/kg) dari fraksi liat tanah yang mewakili Formasi Air Benakat (MA), Muara Enim (PM), Kasai (TK) dan sedimen (QS). Lapisan atas ditandai digit 1 (misal MA1.1) sedangkan lapisan bawah dengan digit selanjutnya (2-6).

| Kode | KK | KJ | Al-dd | KTK | Kode | KK | KJ | Al-dd | KTK |
|-------|----|----|-------|------|-------|----|----|-------|------|
| MA1.1 | 53 | 42 | 2.23 | 56.2 | TK1.1 | 58 | 38 | 0.95 | 30.9 |
| MA1.2 | 61 | 35 | 3.14 | 32.5 | TK1.2 | 58 | 40 | 0.91 | 29.2 |
| MA1.4 | 55 | 42 | 3.90 | 26.0 | TK1.3 | 51 | 46 | 0.74 | 26.0 |
| MA2.1 | 51 | 46 | 2.30 | 50.0 | TK1.4 | 54 | 44 | 0.78 | 26.0 |
| MA2.2 | 54 | 43 | 1.99 | 19.5 | TK2.1 | 46 | 51 | 2.06 | 24.4 |
| MA2.3 | 60 | 31 | 2.60 | 32.5 | TK2.3 | 38 | 54 | 1.15 | 22.7 |
| MA2.4 | 53 | 44 | 3.47 | 29.2 | TK2.4 | 43 | 54 | 1.00 | 29.2 |
| MA3.1 | 50 | 39 | 0.80 | 43.7 | TK3.1 | 55 | 42 | 1.56 | 26.0 |
| MA3.3 | 52 | 42 | 2.08 | 37.5 | TK3.3 | 50 | 47 | 0.48 | 26.0 |
| MA3.4 | 53 | 43 | 2.51 | 32.5 | TK3.4 | 53 | 42 | 0.43 | 22.7 |
| PM1.1 | 75 | 24 | 1.26 | 37.5 | QS1.1 | 59 | 31 | 1.76 | 56.2 |
| PM1.2 | 78 | 19 | 2.12 | 29.2 | QS1.3 | 68 | 28 | 0.74 | 37.5 |
| PM1.3 | 82 | 18 | 1.82 | 31.2 | QS1.4 | 64 | 29 | 1.60 | 32.5 |
| PM2.1 | 78 | 20 | 1.34 | 31.2 | QS2.1 | 40 | 48 | 1.00 | 56.2 |
| PM2.2 | 82 | 17 | 2.30 | 29.2 | QS2.3 | 39 | 54 | 1.00 | 43.7 |
| PM2.3 | 81 | 19 | 2.17 | 31.2 | QS2.4 | 38 | 50 | 0.74 | 50.0 |
| PM2.4 | 77 | 23 | 2.56 | 32.5 | QS3.1 | 58 | 36 | 4.03 | 50.0 |
| PM3.1 | 76 | 18 | 2.04 | 43.7 | QS3.2 | 59 | 34 | 3.77 | 46.9 |
| PM3.3 | 73 | 24 | 5.03 | 37.5 | QS3.3 | 55 | 36 | 3.99 | 37.5 |
| PM3.6 | 72 | 11 | 11.68 | 50.0 | QS3.6 | 64 | 32 | 4.86 | 56.2 |

Berbeda dengan liat murni (*pure clay*), maka liat tanah kadang memiliki sifat-sifat bentuk kristal kurang baik, ukuran lebih kecil, kisi liat kadang bertumpuk, sering berlapis (*inter-stratifikasi*) antara beberapa jenis mineral liat sehingga susunannya jarang yang sederhana atau seragam, dan kadang diliputi oleh oksida besi dan aluminium serta bahan organik yang akan menurunkan nilai KTK liat tanah (Bohn *et al.*, 1979).

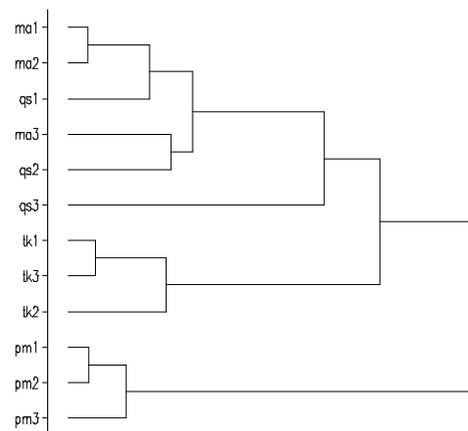
Kuarsa ditemukan sangat merajai komposisi mineral fraksi pasir dengan kandungan lebih dari 90 % (Table 1). Mineral mudah lapuk sangat sedikit atau bahkan absen dari horizon tersebut. Hal ini berarti cadangan kesuburan alami sangat rendah. Karena kuarsa sangat khas, maka kuarsa digunakan sebagai peubah untuk melihat keseragaman contoh-contoh tanah dalam formasi geologi yang dijadikan bahan penelitian.

3.2. Analisis Gerombol (*Cluster Analysis*)

Matriks kesamaan berdasarkan empat peubah yang digunakan menunjukkan kemiripan sifat dari contoh-contoh **lapisan atas** dalam satu formasi geologi (Tabel 2) sebagaimana juga yang dapat dilihat dari dendogram (Gambar 1). Batas kemiripan satu kelompok sebenarnya dapat ditentukan secara bebas. Jika digunakan batas nilai 80 %, maka akan tampak contoh-contoh horizon mana saja yang akan mirip satu sama lain. Formasi Muara Enim dan Kasai masing-masing membentuk satu kelompok yang berbeda dari formasi lainnya.

Sementara formasi Air Benakat dan Sedimen tergabung dalam satu kelompok, kecuali QS3. Dengan demikian, analisis gerombol lebih memungkinkan untuk menganalisis kemiripan data secara keseluruhan dan dapat memberikan gambaran yang lebih baik.

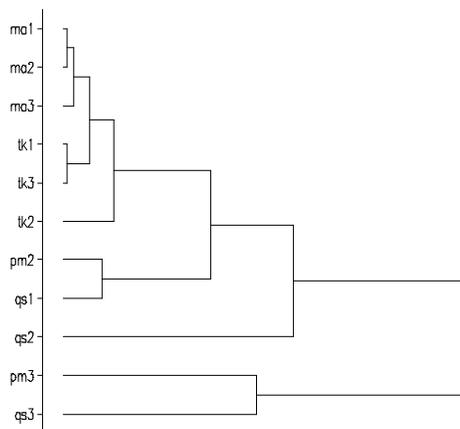
Kemiripan ciri-ciri tersebut juga tampak pada tampilan dendogram lapisan bawah tanah (Gambar 2). Dalam dendogram tersebut terdapat lebih banyak pengelompokan. Hal ini menunjukkan keragaman data yang lebih besar dibanding data lapisan atas. Keragaman yang besar tersebut berasal dari formasi Muara Enim dan sedimen rawa. Tingkat kemiripan tinggi atau keragaman yang kecil hanya terbentuk dua kelompok yaitu Formasi Air Benakat dan Kasai, serta Muara Enim 2 (PM2) dengan Sedimen 1 (QS1).



Gambar 1. Dendogram pengelompokan empat formasi geologi berdasarkan lapisan atas tanah. QS3 memiliki ciri yang agak berbeda dengan QS1 dan QS2.

Tabel 2. Matriks kesamaan lapisan atas tanah berdasarkan data jumlah kuarsa keruh, kuarsa jernih, aluminium dapat dipertukarkan, dan KTK liat.

| | MA1 | MA2 | MA3 | PM1 | PM2 | PM3 | TK1 | TK2 | TK3 | QS1 | QS2 |
|-----|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------|-------------|------|------|-------------|-------------|
| MA1 | - | | | | | | | | | | |
| MA2 | 98.6 | - | | | | | | | | | |
| MA3 | 90.9 | 92.5 | - | | | | | | | | |
| PM1 | 73.3 | 72.5 | 82.5 | - | | | | | | | |
| PM2 | 60.8 | 61.0 | 73.6 | 98.5 | - | | | | | | |
| PM3 | 73.7 | 70.1 | 74.5 | 96.7 | 94.8 | - | | | | | |
| TK1 | 96.1 | 92.1 | 91.1 | 85.2 | 75.2 | 87.1 | - | | | | |
| TK2 | 92.6 | 92.8 | 92.5 | 56.8 | 41.3 | 50.5 | 85.7 | - | | | |
| TK3 | 90.0 | 89.7 | 72.7 | 69.5 | 61.2 | 76.5 | 86.1 | 68.1 | - | | |
| QS1 | 79.4 | 84.3 | 94.7 | 89.2 | 85.3 | 78.3 | 81.4 | 76.2 | 68.2 | - | |
| QS2 | 72.2 | 82.7 | 83.4 | 62.9 | 57.8 | 50.2 | 62.7 | 71.5 | 66.9 | 89.6 | - |
| QS3 | 76.3 | 83.9 | 90.2 | 82.2 | 78.9 | 70.8 | 74.3 | 72.0 | 70.2 | 98.0 | 96.1 |



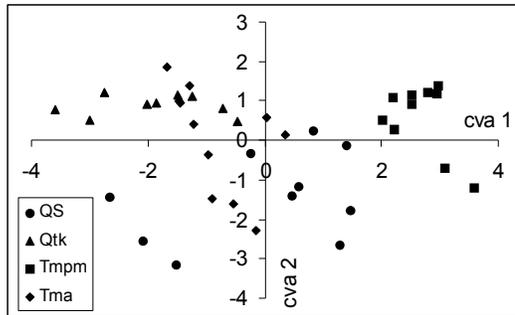
Gambar 2. Dendrogram pengelompokan empat formasi geologi berdasarkan lapisan bawah tanah.

3.3. Analisis Kanonik dan Komponen Utama

Analisis kanonik melakukan pemisahan kelompok dengan cara memaksimalkan keragaman antar kelompok relatif terhadap keragaman

dalam kelompok sehingga akar ciri yang dapat digunakan untuk pembedaan haruslah lebih besar dari 1 (Digby *et al.*, 1989). Hanya dimensi pertama memberikan akar ciri tersebut (3,13) sehingga vektor laten hanya digunakan berdasarkan dimensi pertama yang mampu menerangkan 77 % dari keragaman total. Dimensi ini ditentukan oleh kandungan kuarsa keruh pada arah negatif dan kuarsa jernih pada arah positif. Dalam Gambar 3 tampak bahwa Formasi Muara Enim (Tmpm) memisah dari kelompok lainnya berdasarkan dimensi pertama karena mengandung kuarsa keruh yang lebih banyak dan kuarsa jernih yang lebih sedikit dari formasi lain. Sebaliknya Formasi Kasai mengandung kuarsa keruh yang lebih sedikit dan kuarsa jernih yang lebih banyak dari formasi lain.

| | cva1 | cva2 |
|-------|---------|---------|
| Al_dd | -0.0163 | 0.1114 |
| KJ | -0.0938 | 0.0771 |
| KK | 0.0643 | 0.0918 |
| KTK | 0.0410 | -0.1089 |

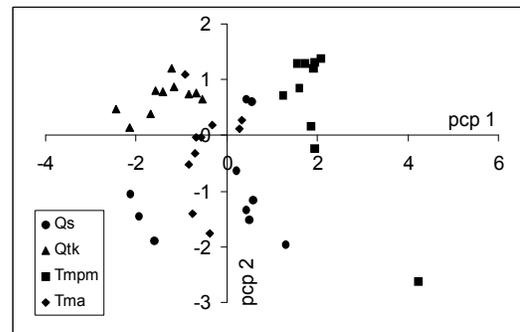


Gambar 3. Sebaran skor analisis kanonik berdasarkan dimensi pertama dan kedua.

Keragaman data dapat diterangkan dengan dua dimensi pertama SKU yang mampu menerangkan 84 % keragaman total. Faktor pertama ditentukan oleh kuarsa keruh pada arah positif dan kuarsa jernih pada arah negatif. KTK dengan arah negatif menjadi penciri utama faktor kedua. SKU memberikan gambaran yang mirip dengan analisis kanonik yaitu Formasi Muara Enim terpisah sepanjang sumbu horisontal dari Formasi Kasai berdasarkan kandungan kuarsa jernih dan kuarsa keruh. Formasi Muara Enim dan Kasai dengan KTK liat yang lebih kecil secara umum terpisah dari formasi sedimen sepanjang sumbu vertikal.

| | Pcp1 | Pcp2 |
|-------|---------|---------|
| Al_dd | 0.4222 | -0.4634 |
| KJ | -0.6520 | -0.1591 |
| KK | 0.6136 | 0.3358 |
| KTK | 0.1418 | -0.8045 |

Dengan teknik peubah ganda, jumlah variabel yang banyak dapat disederhanakan menjadi beberapa dimensi baru yang lebih sederhana. Berdasarkan contoh kasus data penelitian ini dapat disajikan pemilahan karakteristik formasi geologi secara lebih nyata dan selanjutnya dapat dinilai kemiripannya dan kehomogenan sifat-sifatnya.



Gambar 4. Sebaran nilai (skor) analisis komponen utama berdasarkan Komponen Utama pertama dan kedua.

4. KESIMPULAN

Beberapa contoh tanah dari empat formasi geologi yang diamati menunjukkan kemiripan sifat dengan menggunakan peubah-peubah kuarsa jernih, kuarsa keruh, aluminium dapat dipertukarkan dan KTK liat secara bersama-sama. Formasi Muara Enim (Tmpm) menunjukkan pola sebaran yang agak unik dan terpisah dari kelompok formasi lainnya namun memiliki kemiripan dengan Formasi Kasai.

DAFTAR PUSTAKA

- Bohn, H.L., B.L. McNeal, and G.A. O'Connor. 1979. *Soil Chemistry*. John Wiley and Sons, New York.
- Buol, S.W., F.D. Hole, and R.J. McCracken. 1980. *Soil Genesis and Classification*. Second edition. Iowa State University Press, Ames.
- Digby, P., N. Galwey, and P. Lane. 1989. *Genstat 5 A Second Course*. Clarendon Press, Oxford.
- Gafoer, S., T. Cobrie, dan J. Purnomo. 1986. *Peta Geologi Lembar Lahat, Sumatra Skala 1:250.000*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Hikmatullah, A. Hidayat, U. Affandi, E. Suparma, T.F. Chendy, dan P. Buurman. 1990. *Peta Satuan Lahan dan Tanah Lembar Lahat (1012) Sumatera*. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat, Bogor.
- Kendall, S.M. 1980. *Multivariate Analysis*. Second Edition. Charles Griffin and Company Ltd., London.
- Manly, B.F.J. 1986. *Multivariate Statistical Methods: A primer*. Chapman and Hall, London.
- Setyawan, D. 1995. *Properties of some acidic soils from South Sumatra in relation to lime requirement, phosphate sorption and rock phosphate dissolution*. MSc Thesis. The University of Western Australia, Perth.
- Setyawan, D., Warsito dan S.J. Priatna. 1998. *Ciri mineralogi tanah-tanah yang terbentuk pada dua formasi geologi di Sumatera Selatan*. *Jurnal Tanah Tropika* 6: 89-97.
- Webster, R. 2001. *Statistics to support soil research and their presentation*. *European Journal of Soil Science* 52: 331-340.