

## **Korelasi-Regresi Antarparameter Petrofisika Batuan Beku dan Batugamping dari Daerah Pegunungan Kulonprogo, Daerah Istimewa Yogyakarta**

### ***Regression-Correlation of Petrophysical Inter-Parameter of Igneous Rocks and Limestone from Kulonprogo Mountain Region, Yogyakarta Special Region***

S. MARYANTO dan R. HASAN

Pusat Survei Geologi, Badan Geologi, Jln. Diponegoro No. 57 Bandung 40122

#### **SARI**

Pengujian laboratorium petrofisika lengkap yang meliputi parameter-parameter penyerapan air, kekuatan tekan, ketahanan geser Los Angeles, ketahanan hancur Rudellof, ketahanan aus gesekan, dan kekekalan bentuk dengan  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  telah dilakukan terhadap batuan beku dan karbonat yang diambil dari daerah Pegunungan Kulonprogo. Verifikasi dengan metode statistik terhadap seluruh data pengujian tersebut memperlihatkan bahwa antarparameter saling berhubungan dengan tingkat keeratan hubungan sedang hingga sangat kuat. Nilai hasil pengujian parameter petrofisika tersebut sangat ditentukan oleh jenis batuan yang diuji. Keadaan ini sangat berguna untuk pendugaan hasil ketelitian pengujian petrofisika di Laboratorium Pusat Survei Geologi berdasarkan formula regresi yang mewakili masing-masing hubungan.

**Kata kunci:** jenis batuan, laboratorium, verifikasi, petrofisika

#### **ABSTRACT**

*Laboratory test of complete petrophysic parameters encompassing water absorption, compressive strength, Los Angeles abrasive strength, Rudellof abrasive strength, and wear resistance with  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  has been carried out for igneous and carbonate rocks taken from Kulonprogo Mountains region. Statistical verification of the data exhibits variation of correlation coefficients among parameters ranging from medium to very high value. The values of petrophysic test results are determined by the rock types. The result of this study is useful to estimate the accuracy of values of each parameter test result in Geological Survey Institute Laboratory using regression formula representing each relationship.*

**Keywords:** rock type, laboratory, verified, petrophysic

#### **PENDAHULUAN**

##### **Latar Belakang**

Sebagian lingkup pengujian petrofisika batuan di lingkungan Laboratorium Pusat Survei Geologi, pada saat ini telah terakreditasi oleh Komite Akreditasi Nasional - Badan Standardisasi Nasional (KAN-BSN). Tentunya, Laboratorium Pusat Survei Geologi secara rutin wajib menyelenggarakan ke-

giatan uji profisiensi atau uji banding, serta menjamin konsistensinya dalam memenuhi persyaratan standar sesuai dengan ISO/IEC 17025: 2005 (Anonim, 2005). Kegiatan ini merupakan suatu tahapan persiapan dalam rangka persiapan penambahan lingkup akreditasi.

Panduan mutu Laboratorium Pusat Survei Geologi, pada bagian jaminan mutu hasil uji dan kalibrasi mempunyai prosedur pengendalian mutu untuk

memantau keabsahan pengujian dan kalibrasi, yang mencakup antara lain:

- a. keteraturan penggunaan bahan acuan bersertifikat dan/atau pengendalian mutu internal menggunakan bahan acuan sekunder;
- b. partisipasi dalam uji banding antarlaboratorium atau program uji profisiensi yang dilakukan oleh beberapa laboratorium dan dibandingkan hasilnya;
- c. replika pengujian atau kalibrasi menggunakan metode yang sama atau berbeda;
- d. pengujian ulang pada barang yang masih ada;
- e. korelasi hasil untuk karakteristik suatu barang yang berbeda.

### Tujuan

Kegiatan ini bermaksud untuk mengukur hubungan antarparameter pengujian dengan metode petrofisika terhadap percontoh batuan yang berbeda jenisnya, yang selanjutnya dapat dipakai sebagai standar guna kajian atau penelitian petrofisika. Tujuan kegiatan ini agar ada proses pembelajaran langsung, sehingga pada masa mendatang proses pengujian di laboratorium dapat lebih baik sesuai standar, acuan, dan metode baku, guna memperoleh hasil uji yang akurat dan bermutu sesuai dengan standar ISO/IEC 17025: 2005.

### METODOLOGI

Metode kegiatan ini dilakukan dengan melaksanakan beberapa pekerjaan, meliputi persiapan, preparasi percontoh, pengujian, dan pembahasan pengujian. Pada tahapan persiapan dilakukan pemilihan jenis percontoh yang tepat untuk dilakukan pengujian. Tahapan preparasi dilakukan dengan pembuatan beberapa percontoh dengan perlakuan baku dan standar. Tahapan pengujian dilakukan dengan pengukuran karakter petrofisika percontoh batuan terpilih, yang meliputi parameter-parameter:

1. penyerapan air maksimum;
2. kekuatan tekan minimum;
3. ketahanan geser Los Angeles bagian tembus 1,7 mm maksimum;
4. ketahanan hancur Rudelof, bagian tembus 2 mm maksimum;
5. ketahanan aus gesekan dengan Bauschinger maksimum;

6. kekekalan bentuk (*soundness*) dengan  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , bagian hancur maksimum.

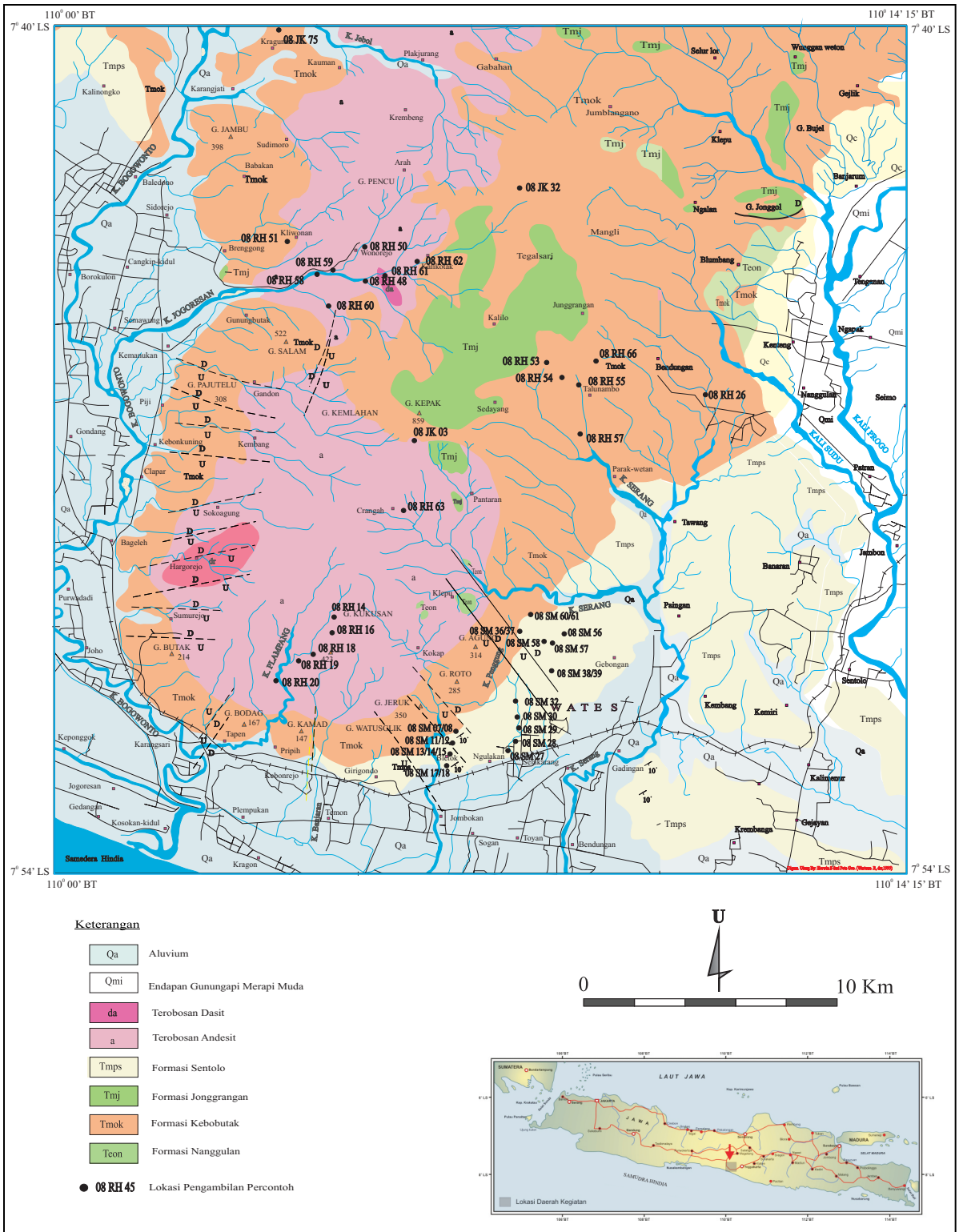
Keenam parameter tersebut merupakan sifat fisika utama batuan yang pada dasarnya saling terkait satu sama lain.

Setelah pengujian petrofisika percontoh terpilih dilakukan, hasil pengujian tersebut diverifikasi dengan metode statistik dan dibahas sejauh mana hubungan antarparameter petrofisika yang ada, dengan menggunakan uji regresi-korelasi.

### HASIL DAN PENGUJIAN

Pekerjaan pertama yang dilakukan adalah pemilihan percontoh batuan untuk dipakai sebagai bahan uji. Dari sekian banyak jenis batuan yang telah dikoleksi oleh Laboratorium Pusat Survei Geologi, dipilih jenis batuan beku seperti basal, andesit, diorit, dan dasit, serta batugamping untuk dipakai sebagai objek pengujian. Percontoh batuan tersebut merupakan hasil kegiatan laboratorium tahun berjalan dan semuanya diambil dari daerah sekitar Kulonprogo, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta (Gambar 1; Hasan dr., 2008; Maryanto dr., 2008; Subandrio dr., 2008). Keadaan geologi daerah pengambilan percontoh batuan yang berada di wilayah Kabupaten Kulonprogo tersebut dipetakan oleh Rahardjo dr. (1995), dan dikatakan bahwa cukup banyak batuan beku dan batugamping yang tersingkap cukup dekat dengan jalan raya. Dengan demikian maka jenis batuan beku dan batugamping tersebut telah diambil percontohnya untuk diuji di laboratorium dengan metode petrofisika.

Proses preparasi percontoh dilakukan berdasarkan prosedur standar yang dikeluarkan dari pabrik peralatan dan standar umum yang disepakati pada pengujian petrofisika. Proses preparasi percontoh diawali dengan memotong batuan hingga berbentuk balok yang berukuran lebih sedikit daripada  $5 \times 5 \times 5 \text{ cm}^3$ . Semua permukaan percontoh secara berturut-turut dihaluskan dengan menggunakan bubuk karborundum *mesh* 120, 320, dan 600. Kemudian percontoh dicuci dengan pencuci ultrasonik dan kemudian dikeringkan. Preparat kemudian dihaluskan dengan karborundum *mesh* 1.200. Selama dilakukan penipisan dan penghalusan, harus tetap dijaga agar bentuk preparat benar-benar kubus sama luas, yaitu berukuran  $5 \times 5 \times 5 \text{ cm}^3$ . Pekerjaan



Gambar 1. Peta geologi daerah Kulonprogo dan sekitarnya (Rahardjo dr., 1995) dan lokasi pengambilan percontoh batuan (Hasan dr., 2008; Maryanto dr., 2008; Subandrio dr., 2008).

ini dilakukan untuk pengujian kekuatan tekan. Pengujian petrofisika lainnya tidak memerlukan perlakuan khusus, akan tetapi harus tetap dijaga agar batuan bebas dari pelapukan dan kotor saat dipreparasi.

Kegiatan pengujian dilakukan di laboratorium internal Pusat Survei Geologi. Data hasil pengujian laboratorium dengan metode petrofisika tersebut meliputi penyerapan air maksimum, kekuatan tekan

minimum, ketahanan geser Los Angeles bagian tembus 1,7 mm maksimum, ketahanan hancur Rudelof, bagian tembus 2 mm maksimum, ketahanan aus gesekan dengan Bauschinger maksimum, dan kekekalan bentuk (*soundness*) dengan  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , yaitu bagian hancur maksimum (Tabel 1). Data hasil uji ini perlu diverifikasi dengan metode statistik untuk membuktikan kenormalan data dan bagaimana hubungan antarparameter pengukuran.

Tabel 1. Hasil Analisis Laboratorium dengan Metode Pengujian Petrofisika

No. Urut	Kode Percontoh	Jenis Batuan	Variabel Pengukuran					
			1	2	3	4	5	6
1.	08RH14	1-d	1,44	1.545	12,5	12,8	0,10	4,33
2.	08RH16	1-d	1,87	1.655	12,0	12,2	0,05	4,06
3.	08RH18	1-b	1,24	1.750	9,8	10,0	0,05	1,32
4.	08RH19	1-d	1,26	1.580	10,5	11,0	0,13	3,64
5.	08RH20	1-d	1,04	1.580	10,0	10,5	0,05	2,54
6.	08RH26	1-d	1,42	1.780	8,90	9,20	0,02	1,52
7.	08RH48A	1-b	1,58	1.525	14,5	14,8	0,14	4,82
8.	08RH50A	1-d	1,80	1.605	10,8	11,0	0,08	3,52
9.	08RH51	1-b	1,22	1.820	7,40	7,60	0,04	1,22
10.	08RH53A	1-b	1,06	1.750	7,60	7,80	0,04	1,44
11.	08RH54	1-c	1,16	1.720	8,50	8,60	0,04	1,42
12.	08RH55A	1-c	1,36	1.640	8,60	8,80	0,06	1,85
13.	08RH57	1-b	1,80	1.580	10,20	10,60	0,12	2,20
14.	08RH58A	1-b	1,06	1.680	8,20	8,40	0,08	1,82
15.	08RH59	1-b	0,84	1.780	6,90	9,15	0,04	0,88
16.	08RH60A	1-b	1,09	1.710	8,65	8,75	0,06	1,06
17.	08RH61A	1-d	1,84	1.520	12,50	13,10	0,12	2,82
18.	08RH62	1-b	1,66	1.620	10,40	10,60	0,08	1,90
19.	08RH63	1-b	1,84	1.580	8,20	8,40	0,07	1,82
20.	08RH66A	1-c	1,80	1.560	9,50	10,20	0,11	2,20
21.	08JK03B	1-a	0,81	1.760	6,60	6,60	0,02	0,80
22.	08JK32B	1-a	1,20	1.730	7,40	7,60	0,02	1,06
23.	08JK48B	1-b	0,65	1.725	6,20	6,60	0,02	0,62
24.	08JK50B	1-b	0,68	1.740	5,50	5,70	0,03	0,64
25.	08JK51	1-b	0,88	1.730	6,90	7,70	0,03	0,92
26.	08JK54	1-b	0,64	1.780	4,40	4,50	0,02	0,46
27.	08JK55A	1-b	1,10	1.740	7,55	7,60	0,02	0,62
28.	08JK57	1-a	0,88	1.760	7,20	7,30	0,02	0,48
29.	08JK58A	1-b	0,62	1.810	4,60	4,60	0,02	0,44
30.	08JK59	1-b	0,86	1.740	7,70	7,80	0,02	0,62

Sambungan.....

No. Urut	Kode Percontoh	Jenis Batuan	Variabel Pengukuran					
			1	2	3	4	5	6
31.	08JK60B	1-b	0,74	1.750	5,60	5,60	0,02	0,46
32.	08JK61B	1-b	0,68	1.760	4,60	4,60	0,02	0,48
33.	08JK63	1-b	0,80	1.720	7,40	7,60	0,02	0,72
34.	08JK66B	1-b	1,12	1.680	7,60	7,80	0,05	0,82
35.	08JK75A	1-a	4,85	1.755	6,40	6,60	0,02	0,45
36.	08SM05	2	2,80	880	24,60	28,80	0,14	4,60
37.	08SM07A	2	2,80	880	24,60	28,80	0,14	4,60
38.	08SM08	2	2,60	890	16,40	18,40	0,12	6,60
39.	08SM11	2	1,40	820	19,40	20,40	0,10	6,60
40.	08SM12	2	2,80	780	22,40	22,60	0,14	4,80
41.	08SM13A	2	1,20	840	18,40	18,80	0,12	2,80
42.	08SM14	2	3,40	640	27,80	28,40	0,16	4,60
43.	08SM15A	2	1,40	740	22,40	22,80	0,12	5,60
44.	08SM17	2	1,50	760	20,40	22,40	0,16	7,80
45.	08SM18A	2	1,40	750	14,80	15,60	0,10	3,60
46.	08SM27	2	1,20	820	17,40	18,80	0,12	4,40
47.	08SM28B	2	1,80	830	16,60	16,40	0,10	3,80
48.	08SM29A	2	1,60	860	12,70	14,60	0,08	3,60
49.	08SM29B	2	4,20	640	28,40	30,60	0,20	6,60
50.	08SM30A	2	3,20	755	22,40	23,40	0,13	4,20
51.	08SM32A	2	2,30	820	18,40	18,60	0,18	6,40
52.	08SM36A	2	2,40	780	24,60	24,80	0,16	6,60
53.	08SM37C	2	2,60	820	20,20	22,80	0,14	5,60
54.	08SM38	2	1,60	840	18,00	18,40	0,12	6,40
55.	08SM39	2	2,20	820	22,20	22,60	0,14	3,80
56.	08SM56	2	1,60	830	20,30	20,50	0,12	4,00
57.	08SM57	2	1,60	870	23,00	23,80	0,12	3,40
58.	08SM58	2	1,70	850	24,00	24,20	0,14	4,20
59.	08SM60	2	1,50	830	24,60	26,00	0,14	5,80
60.	08SM61A	2	3,20	680	24,00	28,40	0,14	7,20

Keterangan jenis batuan:

- 1-a : Batuan beku basal
- 1-b : Batuan beku andesit
- 1-c : Batuan beku diorit
- 1-d : Batuan beku dasit
- 2 : Batugamping

Keterangan variabel pengukuran:

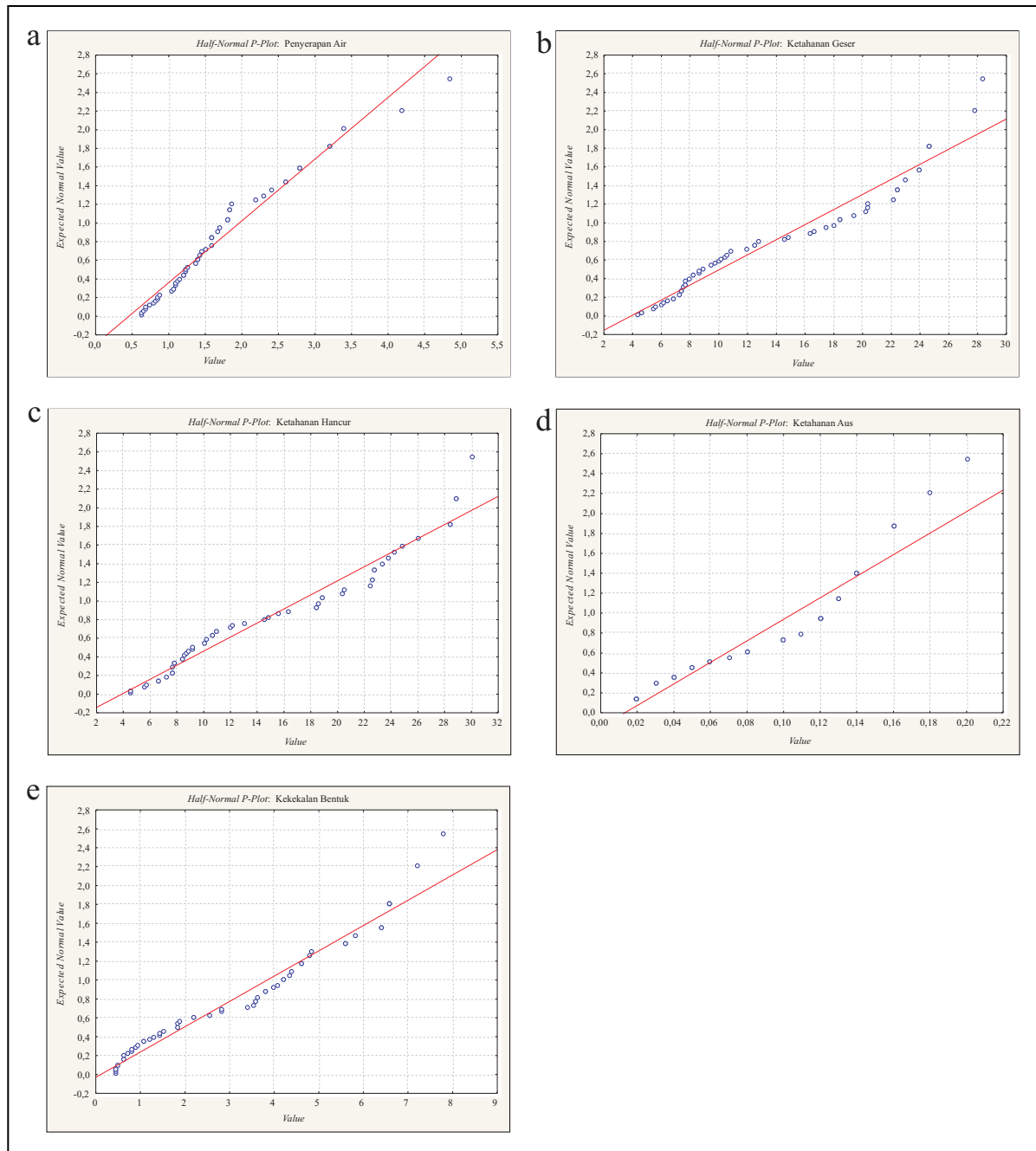
- 1. Penyerapan air maks. (%)
- 2. Kekuatan tekan min. (kg/cm<sup>2</sup>)
- 3. Ketahanan geser LA bagian tembus 1,7 mm maks. (%)
- 4. Ketahanan hancur Rudellof, bag. tembus 2 mm maks. (%)
- 5. Ketahanan aus gesekan Bauschinger maks. (mm/menit)
- 6. Kekekalan bentuk dengan Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, bag. hancur maks. (%)

## PEMBAHASAN

Data hasil pengujian petrofisika yang telah dilakukan terhadap batuan beku dan batugamping dari daerah Kulonprogo dan sekitarnya tersebut se-

lanjutnya diverifikasi dengan metode statistik, yang diawali dengan uji kenormalan data.

Hasil pengujian kenormalan data, seperti yang terlihat pada Gambar 2 dan Tabel 2, memperlihatkan bahwa data tersebut terdistribusi normal. Secara



Gambar 2. Visualisasi uji kenormalan data pengukuran parameter petrofisika: a. penyerapan air; b. ketahanan geser; c. ketahanan hancur; d. ketahanan aus; dan e. kekekalan bentuk yang memperlihatkan data yang normal.

Tabel 2. Hasil Pengujian Statistik Parameter Petrofisika yang memperlihatkan Jumlah Percontoh dan Rerata Pengukuran

	<i>Valid N</i>	<i>Mean</i>	<i>Minimum</i>	<i>Maximum</i>	<i>Std.Dev.</i>
Penyerapan Air	60	1,64	0,62	4,85	0,87
Ketahanan Geser	60	13,63	4,40	28,40	7,08
Ketahanan Hancur	60	14,34	4,50	30,00	7,64
Ketahanan Aus	60	0,08	0,02	0,20	0,05
Kekekalan Bentuk	60	3,05	0,44	7,80	2,15

umum, ada dua pengelompokan data (*binomial distribution*; Dowdy drr., 2004), yaitu pada: 1) batuan beku dan 2) batugamping untuk pengelompokan populasi utama. Selanjutnya, populasi tersebut dapat dibagi lagi menjadi subpopulasi: 1.a) basal, 1.b) andesit, 1.c) diorit, 1.d) dasit, dan 2) batugamping.

Pengelompokan variabel pengukuran dilakukan berdasarkan jenis pengujian, meliputi: 1) untuk parameter penyerapan air maksimum dalam satuan %, 2) untuk parameter kekuatan tekan minimum dalam satuan kg/cm<sup>2</sup>, 3) untuk parameter ketahanan geser Los Angeles, yaitu bagian tembus 1,7 mm maksimum dalam satuan %, 4) untuk parameter ketahanan hancur Rudeloff, yaitu bagian tembus 2 mm maksimum dalam satuan %, 5) untuk parameter ketahanan aus gesekan dengan Bauschinger maksimum dalam satuan mm/menit, dan 6) untuk parameter kekekalan bentuk (*soundness*) dengan Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, yaitu bagian hancur maksimum dalam satuan %. Pengelompokan ini diperlukan guna penentuan bentuk dan nilai hubungan antarparameter pengujian petrofisika.

Setelah diketahui bahwa data hasil pengujian petrofisika tersebut terdistribusi normal, kecuali pada parameter kekuatan tekan batuan yang membentuk dua populasi batuan, selanjutnya dilakukan pengujian korelasi statistik antarparameter pengujian. Berdasarkan uji korelasi statistik yang telah dilakukan (Tabel 3) tampak bahwa masing-

masing parameter pengujian petrofisika mempunyai hubungan antarsesamanya dengan tingkat hubungan sedang hingga sangat kuat, baik yang positif maupun negatif (Gambar 3).

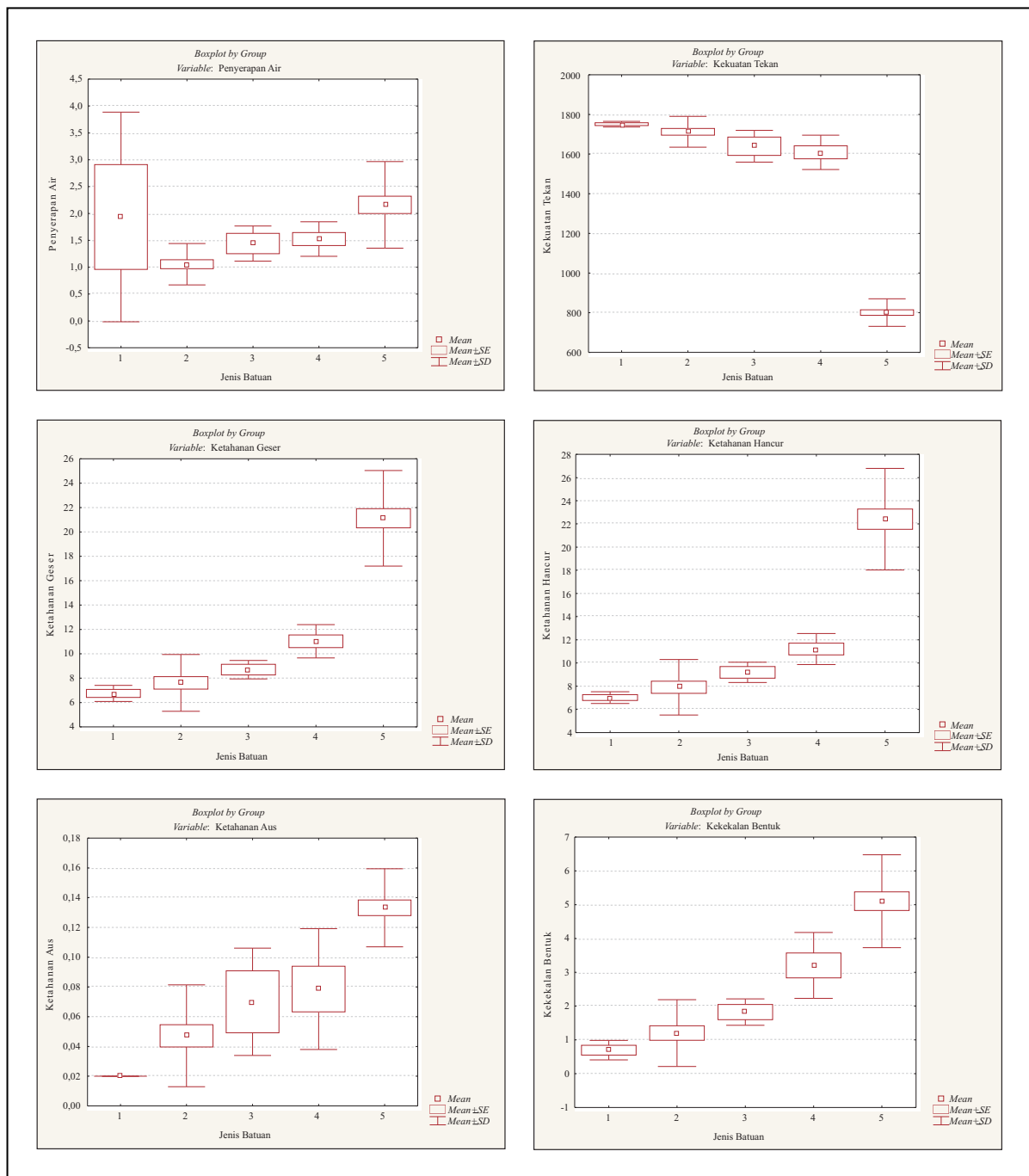
Berdasarkan nilai korelasi antarparameter pengujian petrofisika tersebut, selanjutnya dicari bentuk dan besaran hubungan antarparameter pengujian. Bentuk dan besaran hubungan antarparameter ini dilakukan dengan asumsi bahwa semua hubungan tersebut berupa persamaan linier (Weisberg, 2005). Dengan menggunakan perhitungan manual dari Johnson dan Bhattacharyya (1987) dengan rumus:  $t_{hitung} = r \sqrt{(n-2)/(1-r^2)}$  diperoleh nilai seperti tampak pada Tabel 4.

Rumusan hubungan tersebut di atas merupakan rumusan sederhana yang dapat dipergunakan sebagai acuan untuk mendeteksi kebenaran pengujian petrofisika di masa mendatang. Dengan demikian, rumusan ini merupakan kunci pengujian parameter petrofisika yang sudah baku.

Di pihak lain, jenis batuan menentukan nilai hasil pengujian petrofisika. Data statistik uji T-F-P memperlihatkan perbedaan nilai berdasarkan jenis batuan tersebut. Urutan jenis batuan yang diperlihatkan adalah basal, diorit, andesit, dasit, dan batugamping. Namun demikian, karena jumlah percontoh yang terbatas, maka hasil uji T-F-P kurang mendukung hasil korelasi parameter petrofisika pada masing-masing batuan.

Tabel 3. Korelasi Statistik Antarparameter Pengujian Petrofisika

	<b>Penyerapan Air</b>	<b>Ketahanan Geser</b>	<b>Ketahanan Hancur</b>	<b>Ketahanan Aus</b>	<b>Kekekalan Bentuk</b>
Penyerapan Air	1	0,63	0,64	0,60	0,53
Ketahanan Geser	0,63	1	0,99	0,89	0,86
Ketahanan Hancur	0,64	0,99	1	0,88	0,86
Ketahanan Aus	0,60	0,89	0,88	1	0,88
Kekekalan Bentuk	0,53	0,86	0,86	0,88	1



Gambar 3. Visualisasi parameter petrofisika yang memperlihatkan nilai rerata, simpangan, dan kesalahan pada masing-masing kelompok jenis batuan.

Berdasarkan pengujian statistik yang telah dilakukan, terlihat dengan jelas bahwa memang ada hubungan antarparameter pengujian petrofisika dengan tingkat hubungan sedang hingga sangat kuat. Selain

itu, jenis batuan juga sangat berpengaruh terhadap nilai pengujian yang dilakukan. Asumsi ini dibuat dengan mengabaikan faktor ubahan atau pelapukan serta intensitas kekar dan retakan yang hadir di dalam batuan.



Tabel 4. Formula Regresi Antarparameter Petrofisika dan Koefisien Korelasi serta Taraf Signifikansinya

Persamaan	n	r	t <sub>hitung</sub>	Hasil
Y2 = 5,3303 + 5,0509 Y1	60	0,63	6,178	**
Y3 = 5,1811 + 5,5793 Y1	60	0,64	6,346	**
Y4 = 0,0279 + 0,0352 Y1	60	0,60	5,712	**
Y5 = 0,8903 + 1,3161 Y1	60	0,53	4,760	**
Y3 = -0,3085 + 1,0754 Y2	60	0,99	53,442	**
Y4 = -0,0031 + 0,0065 Y2	60	0,89	14,865	**
Y5 = -0,5117 + 0,2615 Y2	60	0,86	12,835	**
Y4 = 0,0007 + 0,0060 Y3	60	0,88	14,110	**
Y5 = -0,4200 + 0,2422 Y3	60	0,86	12,835	**
Y5 = -0,0835 + 36,546 Y4	60	0,60	5,712	**

Keterangan:

Y1 = Penyerapan

Y2 = Ketahanan Geser

Y3 = Ketahanan Hancur

Y4 = Ketahanan Aus

Y5 = Kekekalan Bentuk

t<sub>tabel</sub> dengan  $\alpha = 0,05$  adalah 1,671

t<sub>tabel</sub> dengan  $\alpha = 0,01$  adalah 2,390

ns = tak nyata pada taraf  $\alpha = 0,05$

\* = nyata pada taraf  $\alpha = 0,05$

\*\* = nyata pada taraf  $\alpha = 0,01$

## KESIMPULAN

Data pengujian petrofisika yang telah dilakukan memperlihatkan adanya hubungan pada seluruh parameter pengujian petrofisika dengan tingkat sedang hingga sangat kuat. Bentuk dan besaran hubungan antarparameter pengujian petrofisika yang didapatkan dapat dipakai sebagai acuan di dalam pengujian petrofisika selanjutnya. Jenis batuan sangat berpengaruh terhadap hasil pengujian parameter petrofisika tersebut, yaitu antara batuan beku dan batugamping.

**Ucapan Terima Kasih**—Penulis mengucapkan terima kasih kepada Sdr. Amar, Sdr. Undang Sukandi, dan Sdr. Deni Supriyadi untuk pembuatan percontoh balok batuan serta Sdr. Herwin Syah dan Sdr. Heriyanto untuk pengambilan data petrofisika.

## ACUAN

- Anonim, 2005. *Persyaratan Umum Kompetensi Laboratorium Pengujian dan Laboratorium Kalibrasi ISO/IEC 17025*. Komite Akreditasi Nasional (Versi Bahasa Indonesia).
- Dowdy, S., Weardon, S., dan Chilko, D., 2004. *Statistics for Research*, Third edition. John Wiley & Sons Publ. Inc., Hoboken, New Jersey.

Hasan, R., Amar, Wikanda, dan Heriyanto, 2008. Uji Coba Peralatan ASD untuk Studi Mineral Lempung di Daerah Kulonprogo dan Sekitarnya, Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. *Laporan teknis intern Pusat Survei Geologi*. Tidak terbit.

Johnson, R.A. dan Bhattacharyya, G.K., 1987. *Statistics, Principles and Methods*. Third Edition. John Wiley & Sons Publ, Inc., New York.

Maryanto, S., Subagio, S., Syah, H., Rustami, I., dan Anjani, N.D., 2008. Persiapan Penyusunan Atlas Petrografi Batugamping Indonesia: Pengambilan Sampel Batugamping di Daerah Kulonprogo dan Sekitarnya, Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. *Laporan teknis intern Pusat Survei Geologi*. Tidak terbit.

Rahardjo, W., Sukandarrumidi, dan Rosidi, H.M.D., 1995. *Peta Geologi Lembar Yogyakarta, Jawa, Skala 1 : 100.000*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.

Subandrio, J., Kawoco, P., Sukandi, U., Gunawan, W., dan Nawawi, O.W., 2008. Metode XRD untuk Identifikasi Mineralogi Bahan Non-Logam di Daerah Kulonprogo dan Sekitarnya, Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. *Laporan teknis intern Pusat Survei Geologi*. Tidak terbit.

Weisberg, S., 2005. *Applied Linear Regression*. Third edition. John Wiley & Sons Publ. Inc., Hoboken, New Jersey.