



## The 39<sup>th</sup> IAGI Annual Convention & Exhibition

Senggigi Beach, 22-25 November 2010



Almost 200 scientific papers covering various subjects of petroleum (oil & gas), mineral, coal, geohydrogeology, and other geological matters, will be presented during the three day conventions, making one of the biggest earth science conferences in Indonesia this year.

# PROCEEDINGS

Supported by:



ISBN 978-979-8126-22-2



9 789798 126222

CELEBRATING  
THE INDONESIAN ASSOCIATION OF GEOLOGISTS  
GOLDEN ANNIVERSARY 1960 - 2010





## The 39<sup>th</sup> IAGI Annual Convention & Exhibition Senggigi Beach, 22-25 November 2010



Almost 200 scientific papers covering various subjects of petroleum (oil & gas), mineral, coal, geohydrogeology, and other geological matters, will be presented during the three day conventions, making one of the biggest earth science conferences in Indonesia this year.

# PROCEEDINGS

Supported by:



Edited by:  
- Johan Arif  
- Baiq Dewi Krisnayanti  
- Dudy Setyandhaka

PROCEEDINGS PIT IAGI LOMBOK 2010  
The 39<sup>th</sup> IAGI Annual Convention and Exhibition



The 39<sup>th</sup> IAGI Annual Convention & Exhibition

Senggigi Beach - Lombok, 22-25 November 2010



NO	PAPER TITLE	AUTHOR
88	Prakiraan Bahaya Abu Vulkanik di G. Tambora, Nusa Tenggara Barat	Anjar Heriwaseso, M.N. Kartadinata
89	Perbandingan Antara Metode Elemen Hingga Dengan Metode Kriging Pada Estimasi Sumberdaya Nikel Laterit	Ferdy Firmansyah, Lilik Eko Widodo & M. Nur Heriawan
90	Percepatan Dan Mikrozonasi Kerentanan Bencana Gempabumi Lajur Pantura (Pemalang-Pekalongan-Semarang), Jawa Tengah	A.Soehaimi, Kamawan, Marjiyono & Nengsri Mulyati
91	Development Drilling at Fault Zone in Pedada Field, Central Sumatra Basin	Dicki Hendrian, Andi Fadly
92	Is Gross PSC more Attractive?	Casdira
93	Bentu & Korinci Baru Block : Proven and Potential Shallow Biogenic Gas In Central Sumatra Basin	Bayu Sapta F, Radig Wisnu Y, Pintarwan S.K, Setiabudi Djaelani, Benny Sjafran
94	Prioritasasi Pengembangan Mineral Dan Energi Berkelanjutan Di Provinsi Nusa Tenggara Barat	Djoko Sunarjanto dan Muhammadiyah
95	Mapping of Inclusions Inside High Pressure Rock's Garnet of the Bantimala Complex South Sulawesi	Joko Soesilo, Emmy Suparka and Chalid Idham Abdullah
96	Kajian Intensitas Erosi Batuan Vulkanik Kuarter Di Daerah Aliran Hulu Sungai Citarum, Cekungan Bandung Bagian Selatan	Emi Sukiyah, Adjat Sudradjat & Nana Sulaksana
97	Reevaluasi Mekanisme Geotektonik Pegunungan Kulon Progo, Yogyakarta	Adjat Sudradjat; Ildrem Syafrie; Evaristus Budiadi
98	The Characteristics Of Lahar In Merapi Volcano, Central Java As The Indicator Of The Explosivity During Holocene	Adjat Sudradjat; Ildrem Syafrie; Eko Teguh Paripurno
99	Intra-arc Basin Development in The Region of Majalengka-Banyumas: Complex Tectonic History in The Convergence Margin	Permana H., Purna Sulastiya Putra P.S., Ismayanto A. F, Setiawan,
100	Geomorphology Analysis for landslides detection in Semarang, Central Java	Prakosa Rachwibowo
101	Klasifikasi Kekuatan Massa Batuan Berdasarkan Metode RMR di Pit Bendili, PT. Kaltim Prima Coal, Sengata, Kalimantan Timur	Didi R. Wenas dan Teten Risyana
102	Mineralogy and Microthermometry of the Epithermal Base Metal Veins at Baturappe Area, South Sulawesi, Indonesia	Irzal Nur, Yusuke Juyanagi, Arifudin Idrus, Subagyo Pramumijoyo, Agung Harjoko, Akira Imai
103	Model Sederhana Luapan Lusi untuk Prediksi 40 Tahun Mendatang.	Diky Irawan S; Prihadi Sumintadiredj; Hilman Mardian; Alditama P
104	Model Konseptual Hidrogeologi Kubah Kulonprogo Berdasarkan Pemetaan dan Analisis Geometri Fraktal	Sari Kusumayudha
105	Fault Pattern and Active deformation of Outer Arc Ridge of Northwest of Simeulue Island, Aceh, Indonesia	Permana H, Hirata K, Fujiwara T, Udrek, Gaffar E.Z, Kawano M. and Djajadihardja Y.S
106	Geologi Lingkungan untuk Penataan Ruang Kota Padang Paska Gempa Bumi 30 September 2009	Andiani; Alwin Darmawan; Indra Badri; Arif Kurniawan
107	Best Practice on Ore/Waste Delineation in Cu-Au Porphyry Deposit : A Case Study in Batu Hijau Deposit	Dahroni; Ruly Amrullah; Dudy Setyandhaka; Eddy Priowasono; Johan Arif
108	Shell Beds Identification Of Kaliwangu Formation And Its Sedimentary Cycles Significance	Aswan, Sonia Rijani, Yan Rizal
109	Larger Foraminifera From The Bottom Of Wonocolo Formation, East Java	M. Tatang Djunaidi; M. Taufiq
110	Penerapan Teknologi Adamech 3Dm Photogrametry dalam Kegiatan Pit Mapping PT. Arutmin Indonesia	Faisyal Fadilah
111	Geochemical and thermodynamic modelling of Segara Anak Lake and the 2009 Eruption of Rinjani Volcano, Lombok, Indonesia	Akhmad Solikin
112	Comparing Ordinary Kriging And Ordinary Cokriging Methods For Estimating Bedrock Elevation Of Lateritic Nickel Deposit At Gee Island, East Halmahera	M. Nur Heriawan; Syafrizal; Robby Hartanto A; Lukman Efendi
113	Ancaman Bahaya Letusan Gunung Api Skala Besar Dan Monogenesis Di Indonesia	Sutikno Broto

## MODEL KONSEPTUAL HIDROGEOLOGI KUBAH KULONPROGO BERDASARKAN PEMETAAN DAN ANALISIS GEOMETRI FRAKTAL

**Sari B. Kusumayudha**

Teknik Geologi, Fakultas Teknologi Mineral, UPN “Veteran” Yogyakarta  
Jl. Lingkar Utara Condongcatur Yogyakarta 55283, Tlp 0274-486733, Faks 0274-486400  
saribk@plasa.com

### ABSTRAK

Perbukitan Kulonprogo terletak di Kabupaten Kulonprogo, Provinsi DIY. Daerah ini didominasi oleh batuan vulkanik berupa breksi dan lava berumur Tersier, dengan topografi berbukit-bukit, dirajam oleh struktur geologi berupa kekar dan sesar. Sistem hidrogeologi Kubah Kulonprogi dicirikan oleh hadirnya akuifer retakan dan munculnya mata-air-mata-air celah yang dimanfaatkan oleh masyarakat sebagai sumber air bersih. Guna menyusun model konseptual hidrogeologi dilakukan pemetaan geologi dan analisis geometri fractal. Dalam analisis fractal, yang digunakan sebagai obyek yang dianalisis adalah jaringan kekar. Berdasarkan analisis fractal ini, diketahui bahwa sesar dan jaringan kekar menunjukkan harga dimensi fraktal bervariasi, yang dapat membedakan antara zona resapan dan zona luahan. Zona luahan menunjukkan harga dimensi fractal  $D < 1.409$  Sedangkan zona resapan memiliki nilai dimensi fractal  $D > 1.410$

Kata kunci: akuifer retakan, mata-air, batuan vulkanik, kekar

### ABSTRACT

Kulonprogo Hills is located in the Kulonprogo Region, DIY province. This area is predominantly composed of Tertiary volcanic rocks, with hilly topography, and is dissected by relatively dense joint networks. In this area, people generally use spring to fulfil their freshwater need. Non-homogenous, non-isotropic, and complex pattern of topography or joint network can be classified as fractal geometry. These geologic factors basically trigger the occurrence of landslide. In Kulonprogo Area, fault and joint networks show various fractal dimensions, and their distributions can be delineated into four zones, i.e. Zone A with fractal dimension  $D < 1.409$ , Zone B with fractal dimension  $1.410 < D < 1.609$ , Zone C with fractal dimension  $1.610 < D < 1.809$ , and Zone D with fractal dimension  $D > 1.810$ . When these zones are overlain to zones of slope distributions, new zones of landslide potential locations are obtained

Key words: *fractured aquifer, springs, volcanic rocks, joints*

### PENDAHULUAN

Dalam kerangka melaksanakan kegiatan eksplorasi sumberdaya airtanah, pada umumnya diperlukan informasi lengkap tentang kondisi hidrogeologi suatu daerah. Guna menyederhanakan kondisi fisik hidrogeologi suatu daerah yang acapkali kompleks, dapat disusun suatu model baik secara konseptual, matematik, maupun numerik. Biasanya model konseptual merupakan dasar pada penyusunan model-model lainnya. Untuk itulah

studi tentang model konseptual di daerah Kubah Kulonprogo ini dilaksanakan.

Lokasi kajian adalah di daerah Kubah Kulonprogo, meliputi kompleks Gunung Kukusan - Gunung Ijo dan sekitarnya, terletak di Kabupaten Kulonprogo, DIY (Gambar 1). Daerah tersebut merupakan wilayah perbukitan dengan topografi berlereng landai hingga terjal, dan secara geologi disusun oleh batuan vulkanik berumur tua (Tersier). Di daerah kubah Kulonprogo juga

langka sumber air bersih. Masyarakat yang tinggal di tempat ini pada umumnya memanfaatkan mata air sebagai sumber air bersih.

Tujuan penelitian adalah untuk menyusun model hidrogeologi konseptual sebagai langkah awal untuk pemodelan numerik dan matematik. Sejauh ini pemodelan hidrogeologi di daerah Kubah Kulonprogo belum pernah dilakukan. Penelitian hidrogeologi yang telah ada dilakukan dengan menggunakan peta dasar yang berskala kecil, yaitu 1 : 250.000, sementara kajian ini dilakukan dengan peta dasar topografi skala 1 : 50.000.

### METODE PENELITIAN

Untuk melaksanakan tujuan penelitian digunakan pendekatan analitik dengan memadukan data geologi dan hidrogeologi baik primer maupun sekunder, didukung dengan analisis geometri fraktal. Analisis fraktal dimanfaatkan untuk mengetahui daerah resapan dan daerah luahan. Selain itu, guna mendapatkan data primer tentang kondisi geologi dan hidrogeologi, dalam studi ini dilakukan survei lapangan, dan pemetaan distribusi mata air. Sementara itu dalam penyusunan model hidrogeologi konseptual, dilakukan kompilasi antara data primer dari lapangan dan data sekunder dari hasil penelitian yang pernah dilakukan. Data sekunder yang digunakan adalah peta geologi skala 1 : 100.000.

Dalam analisis fractal, guna menentukan harga dimensi fractal suatu obyek, digunakan metode *box counting*, dengan peralatan antara lain foto udara pankromatik skala 1 : 50.000, dan peta topografi skala 1 : 50.000. Foto udara dimanfaatkan untuk mendapatkan pola dan distribusi struktur retakan yang terdapat di daerah penelitian (Gambar 2), karena obyek fraktal yang dianalisis dalam penelitian ini adalah jaringan retakan, kekar, celah, sesar (Gambar 3.). dari hasil analisis fractal, selanjutnya dapat digunakan untuk menentukan zona resapan dan luahan.

Metode *box counting* biasanya diaplikasikan untuk obyek-obyek fraktal yang digolongkan sebagai *statistical self-similar* atau *statistical self-affine fractal* (Sahimi & Yortsos, 1990). Penentuan dimensi fraktal dilakukan dengan cara

membuat grid bersisi tertentu ( $r$ ) pada obyek fraktal. Selanjutnya dimensi box ( $D$ ) ditentukan dengan persamaan :

$$D = \lim_{r \rightarrow 0} \frac{\log Nr(F)}{-\log r} \quad (1)$$

$Nr(F)$  adalah jumlah kotak bersisi  $r$  yang memotong himpunan fraktal ( $F$ ). Penghitungan  $Nr(F)$  dilakukan berulang kali dengan mengubah-ubah harga  $r$  hingga mendekati 0, sehingga variasi harga  $Nr(F)$  terhadap  $r$  dapat diplotkan ke dalam grafik log-log untuk menentukan dimensinya, yaitu kemiringan hasil plot tersebut

Setelah harga dimensi box di seluruh daerah penelitian diketahui, selanjutnya harga-harga tersebut diplotkan di atas peta topografi. Selanjutnya dilakukan deliniasi dan zonasi berdasarkan kisaran harga-harga dimensi fraktal yang ada. Setelah dilakukan cek lapangan, ternyata zonasi-zonasi tersebut merupakan zona luahan, atau zona terdapatnya mata-air melalui system retakan pada akifer di daerah penelitian.

### GEOLOGI DAN HIDROGEOLOGI

Berdasarkan pembagian fisiografi Pulau Jawa menurut Van Bemmelen (1949), daerah penelitian berada pada zona tengah Jawa bagian tengah, tepatnya di dalam Zona Pegunungan Serayu Selatan bagian paling Timur (Lihat Gambar 4). Secara struktur geologi daerah penelitian membentuk kubah yang disusun oleh batuan vulkanik terkekarkan, dengan kerapatan tinggi.

Urut-urutan stratigrafi Daerah Kulonprogo dari yang tertua hingga termuda secara berturut-turut adalah Formasi Nanggulan, Formasi Dukuh - Kaligesing, Formasi Jonggrangan, Formasi Sentolo, dan Endapan Kuarter. Formasi Nanggulan terdiri dari batupasir, napal, batulempung, dan tufa. Umurnya adalah Eosen Tengah hingga Oligosen Akhir. Formasi Dukuh - Kaligesing disusun oleh breksi andesitik, aglomerat, lava, tufa lapili, dan batupasir, berumur Oligosen Akhir hingga Miosen Awal ( 30 - 16,6 juta tahun). Formasi Jonggrangan terdiri dari konglomerat, napal tufaan, lignit, dan batugamping terumbu. Umur formasi ini adalah

Miosen Awal hingga Miosen Tengah. Formasi Sentolo tersusun oleh konglomerat, napal, batugamping berlapis, berumur Miosen Awal hingga Pliosen ( 23,7 - 16,6 juta tahun). Aluvial dan Endapan Merapi terdiri dari gravel, kerikil, pasir, breksi laharik, dan piroklastika berbutir halus, berumur Kuartar (1,6 - 0,01 juta tahun). Struktur geologi yang dijumpai di Kubah Kulonprogo ini adalah kekar dan sesar. Orientasi sesar di daerah ini membentuk pola umum radial. Peta geologi daerah penelitian dapat dilihat pada Gambar 5.

Sistem akifer di daerah penelitian dibangun oleh batuan vulkanik Formasi Kaligesing yang berkomposisi andesitik, dengan ketebalan lebih dari 300 m. Secara setempat batuan ini sudah mengalami pelapukan cukup intensif, dan membentuk tubuh tanah yang tebal (5 m sd 10 m). Adanya kekar-kekar yang relatif rapat, membuat batuan menjadi retak-retak, dan terbelah-belah. Airtanah menempati formasi vulkanik ini dengan mengisi celah-celah retakan pada batuan tersebut. Berdasarkan karakteristik lapisan batuan yang massif, terkekarkan cukup rapat, dan airtanah menempati celah-celah, maka system akifer di daerah penelitian dapat diklasifikasikan sebagai akifer vulkanik retakan. Pada akifer ini terdapat beberapa mata air melalui sistem celah, dengan debit aliran yang pada umumnya kecil, yaitu antara 2 hingga maksimal 10 l/detik. Hal ini menunjukkan bahwa akifer tersebut memiliki permeabilitas rendah.

Karena secara umum Formasi Kaligesing merupakan tubuh-tubuh intrusi dan lava yang cukup tebal (> 300m), maka keberadaan lapisan dasar yang menjadi alas dari akifer ini, secara stratigrafi tidak dapat dideteksi. Formasi Nanggulan yang didominasi oleh napal dan batupasir kuarsa, di daerah penelitian dijumpai hanya sebagai xenoliths pada Formasi Kaligesing, dalam dimensi tidak signifikan. Oleh karena itu, sistem akifer di daerah penelitian diinterpretasikan sebagai akifer yang sepenuhnya disusun oleh batuan vulkanik hingga ke bagian alasnya. Karena batuan vulkanik ini tersingkap di permukaan secara luas dan berhubungan langsung dengan atmosfer, maka sistem akifer ini dapat digolongkan sebagai akifer tidak tertekan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam bab terdahulu telah disampaikan bahwa sistem akifer di daerah penelitian merupakan akifer retakan tidak tertekan. Akifer yang terdiri dari batuan vulkanik ini dirajam oleh kekar-kekar secara rapat. Sebagaimana diketahui, jaringan retakan pada batuan dapat dikategorikan sebagai obyek fraktal. Untuk mengidentifikasi hubungan dan pengaruh kehadiran kekar-kekar dalam sistem akifer dengan kehadiran airtanah, maka intensitas kekar perlu dikuantifikasi. Untuk itu pola jaringan kekar perlu ditentukan harga dimensi fraktalnya.

Dalam penentuan harga dimensi fraktal, pola retakan daerah penelitian dipetakan dari foto udara pankromatik skala 1 : 50.000. Kemudian di atas peta tersebut dibuat grid berukuran 1 x 1 km (konversi skala). Selanjutnya pola fraktal retakan yang ada di setiap sel pada grid tersebut, ditentukan dimensinya, dan harga-harganya diplotkan di atas grid tersebut. Hasilnya berupa kumpulan angka-angka distribusi harga dimensi fraktal jaringan retakan daerah penelitian.

Dari peta distribusi harga dimensi fraktal selanjutnya dibuat zonasi yang memperlihatkan distribusi harga-harga dimensi fraktal pola retakan yang berbeda-beda. Setelah dikaitkan dengan peta keberadaan mata air di daerah penelitian, maka dapat diketahui bahwa zona dengan dimensi fraktal  $1.410 > D > 1.410$  merupakan zona luahan (Lihat Gambar 3.), yaitu zona terturapnya airtanah ke permukaan, dan mata-air banyak didapatkan.

Meskipun zona dengan dimensi fractal  $1.410 > D > 1.410$  merupakan zona luahan, namun dari hasil survai lapangan dapat diidentifikasi bahwa permukaan airtanah di satu tempat dengan tempat lainnya tidak selalu berada pada elevasi yang sama. Hal ini menunjukkan bahwa permukaan airtanah secara local dapat tidak berhubungan satu sama lain. Namun demikian secara regional dapat ditarik bidang asumsif yang menghubungkan antara muka airtanah di satu tempat dengan tempat lainnya, khususnya di lokasi terturapnya airtanah sebagai mata air.

Akifer Kulonprogo merupakan akifer retakan yang disausun oleh batuan vulkanik andesitic,

terdiri dari lava, breksi, dan intrusi. Bagian dasar dari kelompok batuan ini tidak diketahui. Secara geologi batuan yang diterobos oleh formasi ini adalah Formasi Nanggulan. Namun di daerah penelitian, formasi Nanggulan hanya dijumpai dalam bentuk xenoliths. Oleh karena itu, hasil studi ini berasumsi bahwa bagian alas dari system akifer Kubah Kulonprogo adalah batuan vulkanik pula, yaitu berupa tubuh intrusi dan endapan lava yang massif dengan dimensi dan geometri yang cukup besar dan tebal. Sehingga model konseptual hidrogeologi Kubah Kulonprogo adalah sebagai terlihat di dalam Gambar 9.

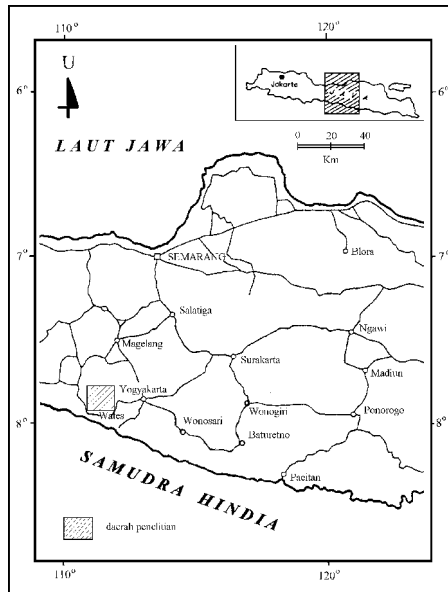
### KESIMPULAN

Dari studi ini dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

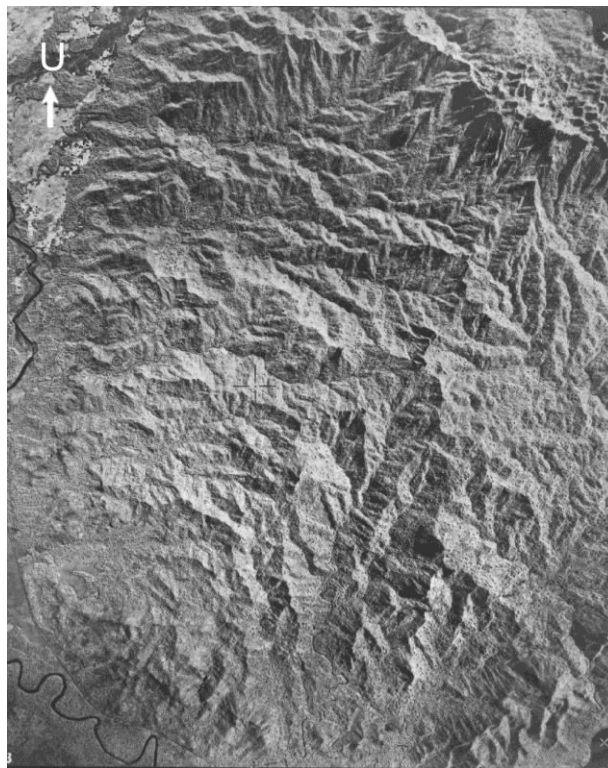
- Hidrogeologi Daerah Kubah Kulonprogo disusun oleh sistem akifer retakan yang dibangun oleh batuan vulkanik terdiri dari tubuh intrusi, endapan lava, dan breksi andesitic, dengan ketebalan > 300m. Akifer ini memiliki permeabilitas rendah, ditandai dengan debit luahan yang berkisar antara 2 – 10 l/detik.
- Bagian alas dari akifer tidak dapat diketahui, karena *impermeable layer* yang diduga merupakan napal Formasi Nanggulan, di Kubah Kulonprogo tidak tersingkap secara luas, tetapi hanya didapatkan sebagai xenoliths.
- Luahan airtanah terjadi pada zona yang mempunyai harga dimensi fraktal jaringan retakan  $1.410 > D > 1.410$ , ditandai dengan munculnya mata-air – mata-air celah.
- Muka airtanah antara satu tempat dengan tempat lainnya tidak secara setempat tidak saling berhubungan, dan tidak berada pada elevasi yang relative sama. Namun demikian, secara regional dapat ditarik bidang asumsif permukaan freatik airtanah di Daerah Kubah Kulonprogo

### DAFTAR PUSTAKA

1. Franklin, J.A & M. B. Dussault (1989), Rock Engineering, McGraw Hill Book Company
2. Hermawan, 1993, Sifat Keteknikan Lempung Formasi Subang dan Endapan Volkanik Tua di Daerah Kalijati, Pros. PIT IAGI XXII, Vol 1, hal 407-715
3. Kusumayudha, S.B., M.T. Zen, S. Notosiswoyo, R.S. Gautama, 1998. *Study of Carbonate Distribution Based on Fractal Analysis*. Jurnal Teknologi Mineral V. 1: 21-28.
4. Kusumayudha, S. B., 1993, Asia Tenggara Daerah Rentan Longsor, Kasus Indonesia, Malaysia, Filipina, dan Thailand, Wimaya, No. 16 Tahun X, hal 1-11
5. ----- 1996, Analisis Kinematika ketidakstabilan Lereng di Sekitar Bendungan Sermo, Kulonprogo, Buletin Teknologi Mineral, No 02, Tahun I, hal 2-9
6. Kusumayudha....
7. Mandelbrot, B.E., 1983. *The Fractal of Nature*. Springer Verlag.
8. Rahardjo, W., Sukandarrumidi, H.M.D. Rosidi, 1977, *Peta Geologi Lembar Yogyakarta Jawa*, Direktorat Geologi
9. Tricot, C., 1996. *Curves and Fractal Dimension*. Springer Verlag.
10. Van Bemmelen, R.W., 1949. *The Geology of Indonesia. IA*. Martinus Nijhoff The Hague.
11. Xie, H., 1993, *Fractals in Rock Mechanics*, A.A. Balkema, Rotterdam

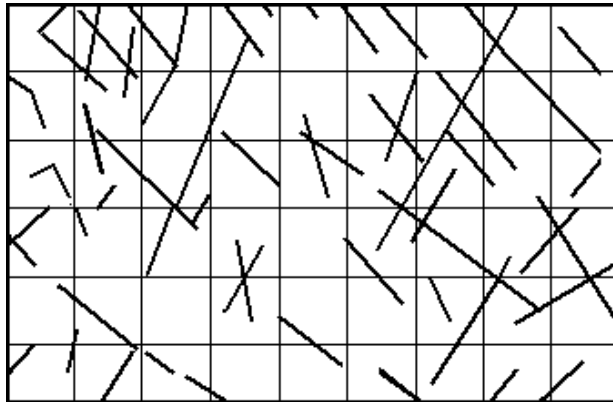


GAMBAR 1: Lokasi Daerah Penelitian

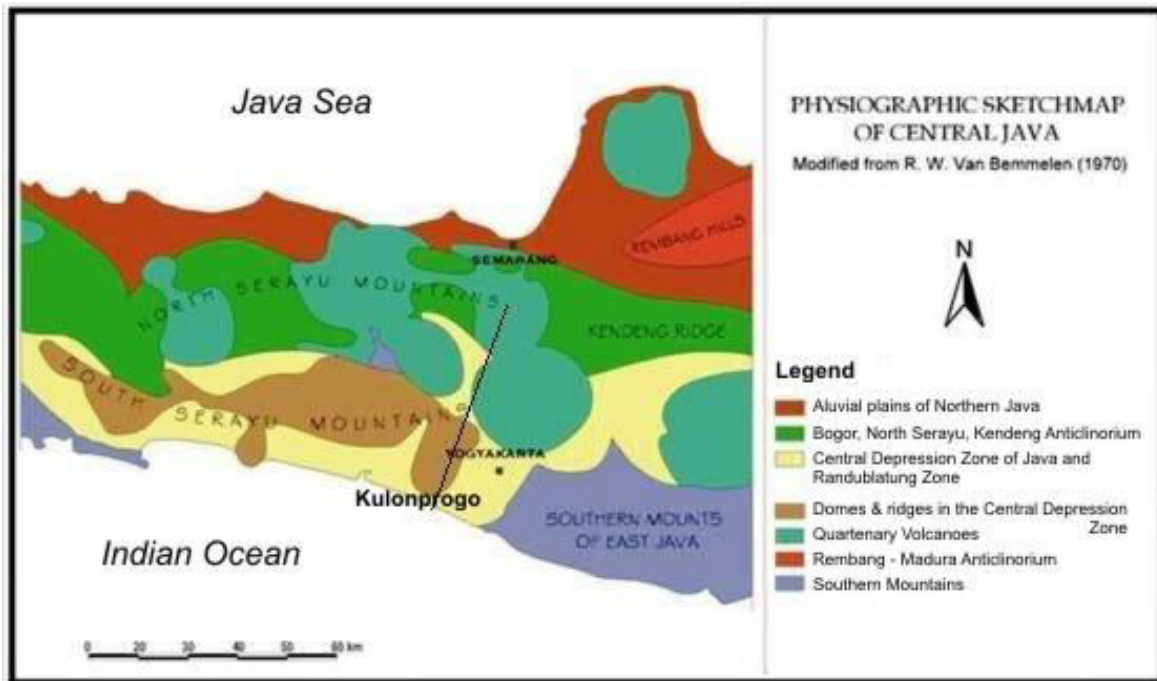


GAMBAR 2: Foto Udara daerah Kubah Kulonprogo

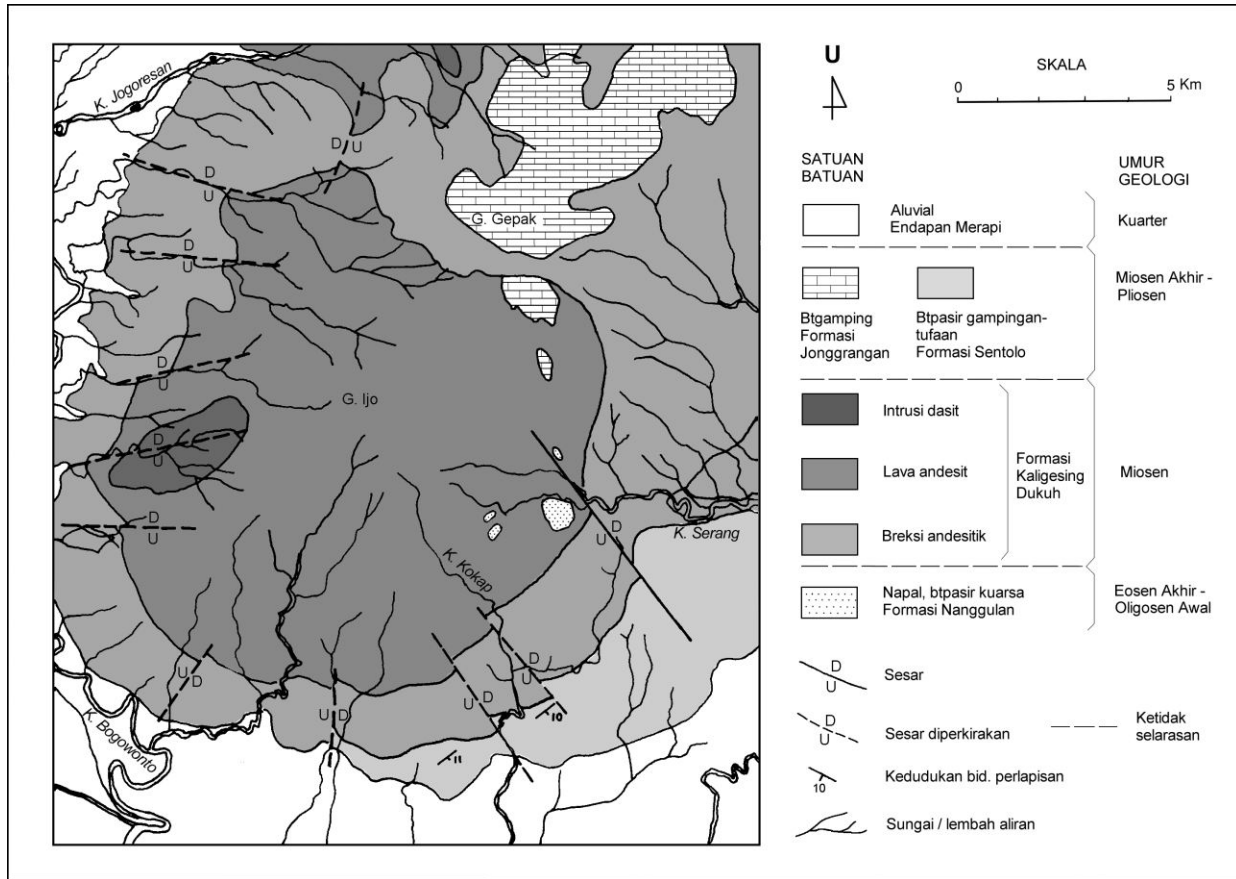




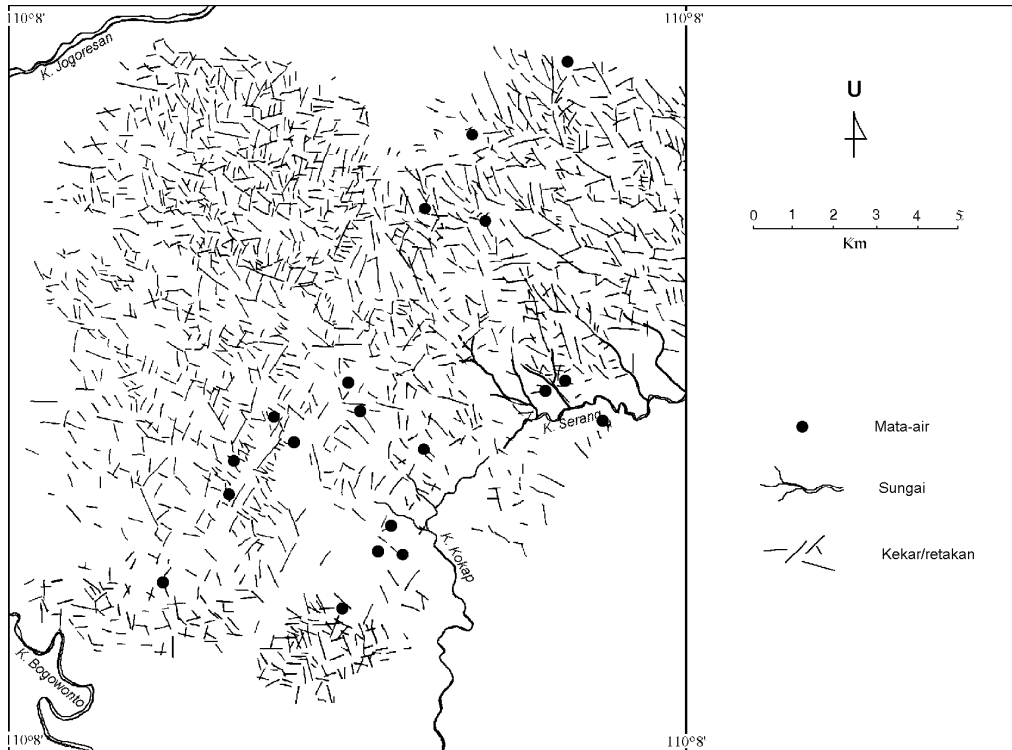
GAMBAR 3: Pola kekar dalam box counting method



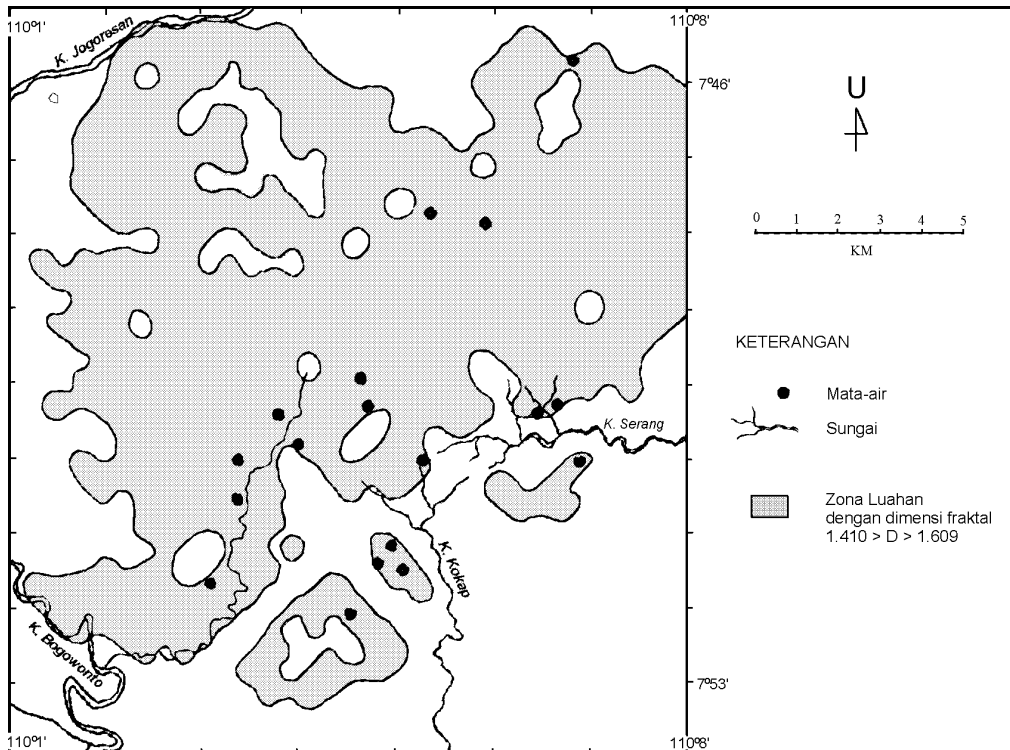
GAMBAR 4: Peta Fisiografi Jawa Tengah (Van Bemmelen, 1949)



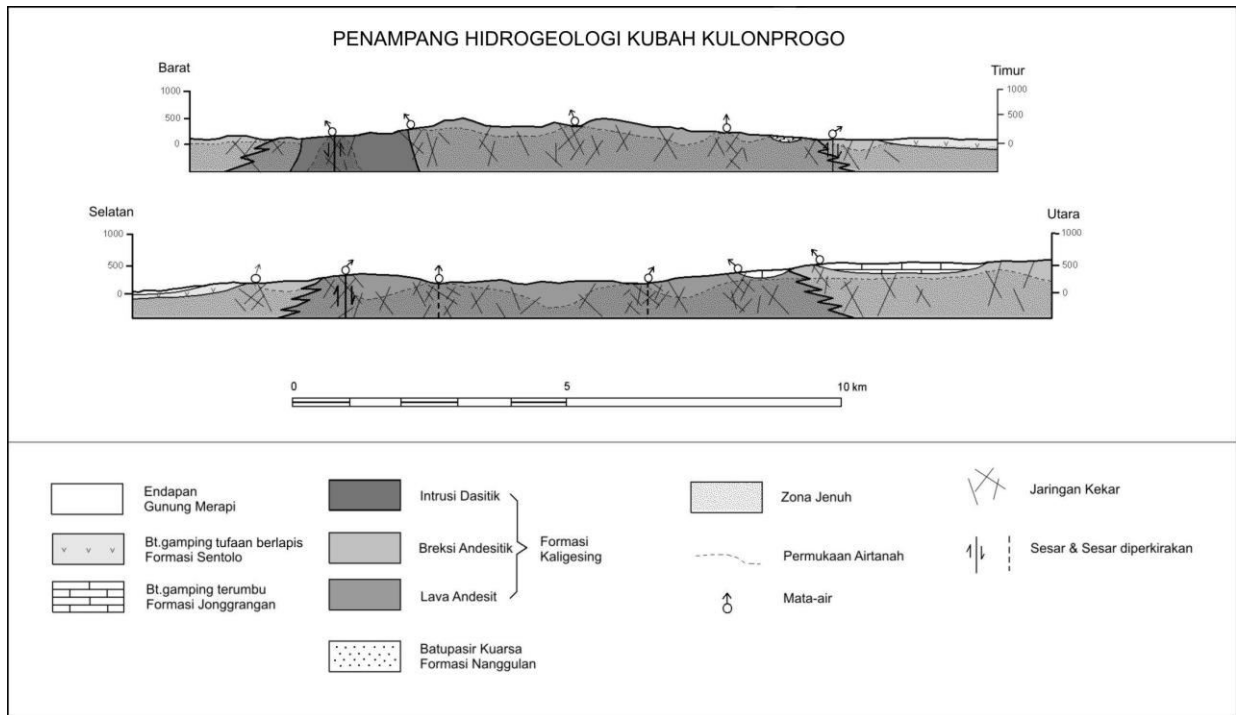
GAMBAR 5: Peta Geologi daerah Kubah Kulonprogo dan sekitarnya (Rahardjo, dkk, 1977)



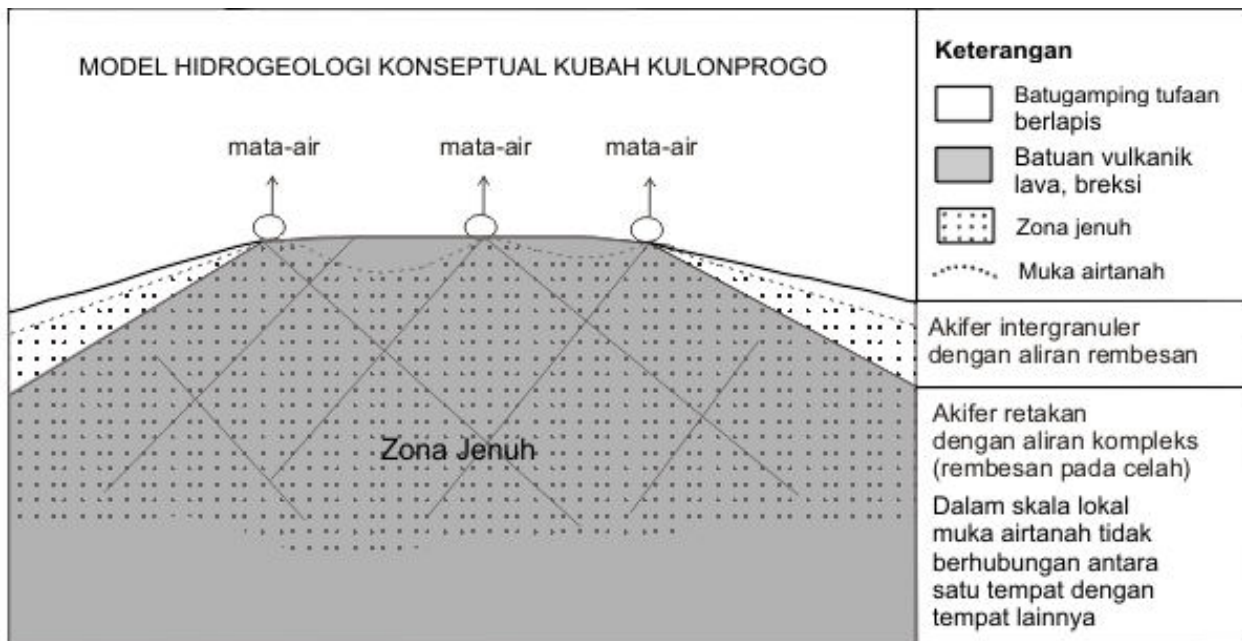
GAMBAR 6: Peta Jaringan Retakan di daerah Kubah Progo Berdasarkan Foto Udara



GAMBAR 7: Peta Zona Luahan di Kubah Kulonprogo Berdasarkan Analisis Fraktal



GAMBAR 8: Penampang Hidrogeologi Daerah Kubah Kulonprogo



GAMBAR 9: Model Hidrogeologi Konseptual Kubah Kulonprogo