MODEL HIDROGEOLOGI BERDASARKAN PERUBAHAN SIFAT FISIK - KIMIA AIR TANAH PADA SISTEM AKIFER ENDAPAN GUNUNGAPI STUDI KASUS: ZONA MATA AIR GUNUNG CIREMAI, JAWA BARAT

RINGKASAN DISERTASI

Oleh:
D. ERWIN IRAWAN
NIM: 32005002
(Program Studi Teknik Geologi)

INSTITUT TEKNOLOGI BANDUNG
2009

MODEL HIDROGEOLOGI BERDASARKAN PERUBAHAN SIFAT FISIK - KIMIA AIR TANAH PADA SISTEM AKIFER ENDAPAN GUNUNGAPI STUDI KASUS: ZONA MATA AIR GUNUNG CIREMAI, JAWA BARAT

Disertasi ini dipertahankan pada Sidang Terbuka Komisi Sekolah Pascasarjana Institu Teknologi Bandung sebagai Salah Satu Syarat untuk memperoleh gelar Doktor Institut Teknologi Bandung

03 Juli 2009

Oleh:
D. ERWIN IRAWAN
NIM: 32005002

Promotor : Prof.Dr.Ir. Deny Juanda Puradimaja,DEA
Ko-Promotor I : Prof.Dr.Ir. Sudarto Notosiswoyo,M.Eng
Ko-Promotor II : Dr.Ir. Prihadi Soemintadiredja

INSTITUT TEKNOLOGI BANDUNG
2009

ABSTRAK

Gunung Ciremai merupakan gunung api strato yang terletak di Kabupaten Kuningan dan Majalengka. Zona mata air terletak di bagian kaki dengan jumlah total kurang lebih 200 mata air berdebit 10 L/s hingga 800 L/s. Tipe mata air umumnya adalah rekahan pada batuan lahar dan lava, serta tipe depresi yang muncul pada tanah pelapukan.

Penelitian ini menggunakan observasi mata air dan analisis terhadap 15 sifat fisik dan kimia air dengan menggunakan analisis korelasi, analisis klaster serta analisis komponen utama. Tujuannya adalah untuk mengidentifikasi model hidrogeologi yang terdiri dari sistem akuifer endapan gunung api dan pola aliran air tanah.

Dari hasil analisis sifat fisik dan kimia dengan grafik korelasi dan Diagram Piper dapat diidentifikasi dua kelompok karakter air tanah, yaitu: air tanah dengan pengaruh air meteorik dominan dan air tanah dengan pengaruh panas bumi. Pengelompokkan tersebut dicirikan pula oleh perubahan fasies kimia air dari daerah tinggi ke yang lebih rendah, yakni dari fasies bikarbonat menjadi fasies kalsium–bikarbonat hasil interaksi dengan batuan kaya plagioklas, magnesium–bikarbonat yang mengindikasikan kontak dengan batuan sedimen yang diperkirakan dolomit, selanjutnya berubah menjadi natrium–kalium–klorida hasil interaksi dengan batuan sedimen batu lempung.

Analisis klaster berhasil mengidentifikasi dua klaster makro. Klaster 1 beranggotakan mata air mesotermal dan hipotermal yang bersirkulasi di dalam akuifer batuan gunung api. Kelompok ini terbagi menjadi Klaster 1a beranggotakan 131 mata air yang kaya Ca - HCO_3 serta Klaster 1b yang terdiri dari tiga mata air yang mengandung Mg - HCO_3. Klaster 2 terdiri dari dua mata air yang bersirkulasi di dalam akuifer batuan gunung api dengan tipe aliran cepat. Mata air dalam klaster ini tergolong hipertermal dengan kandungan Na-K-Cl dan nilai TDS/DHL yang lebih tinggi dibanding air dalam Klaster 1.

Hasil Analisis Komponen Utama menunjukkan parameter utama dari Kuadran II dengan ion bersifat seimbang beranggotakan contoh model mata air mesotermal dan hipotermal pada elevasi yang tinggi. Parameter utama kemudian berubah menjadi pH, Mg^{2+}, Ca^{2+}, HCO_3^- pada Kuadran IV atau tetap seimbang pada Kuadran III. Ketiga kuadran tersebut dikendalikan oleh waktu perjalanan air tanah dari elevasi tinggi ke rendah, komposisi akuifer batuan gunung api serta tipe aliran cepat pada media rekahan. Pergeseran contoh air tanah dari Kuadran II ke Kuadran III dan IV mengindikasikan adanya interaksi air tanah pada ketiga jenis akuifer piroklastik, lava, dengan lahar. Untuk model mata air hipertermal pada Kuadran I, komponen utama berubah menjadi TDS, DHL, Na, K, Cl, dan SO_4 sebagai hasil interaksi dengan panas bumi dari aktivitas volkanisme.

Pengamatan suhu air tanah dan suhu udara selama 24 jam dimanfaatkan untuk mengindikasikan perilaku air tanah di dalam akuifer dengan lebih rinci. Di lokasi mata air Cibulan, pengukuran mengindikasikan aliran air tanah pada sistem akuifer tertutup yang tidak berhubungan dengan udara permukaan tanah. Sementara pengukuran di Mata air Telaga Remis memperlihatkan pola interaksi air tanah dengan lingkungan permukaan tanah.

Berdasarkan analisis respon debit mata air terhadap curah hujan pada dua lokasi mata air dihasilkan dua bentuk kurva *time series* yang memiliki kemiringan gradual dan tajam. Kurva dengan kemiringan gradual mencerminkan kendali akuifer media pori yang dominan, sementara kemiringan tajam dikendalikan oleh akuifer media rekahan. Kedua jenis kurva memperlihatkan perkiraan *time lag* rata-rata dalam kurun waktu 3-7 bulan. Hasil lainnya adalah perhitungan kawasan imbuhan dengan luas 3725 km^2 untuk mata air Cibulan dengan volume imbuhan $8,2x10^9$ m^3/tahun, 6188 km^2 untuk mata air Telaga Remis dengan volume imbuhan $14,5x10^9$ m^3/tahun.

Kata kunci: endapan gunung api, sifat fisik dan kimia, analisis klaster, analisis komponen utama

DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG

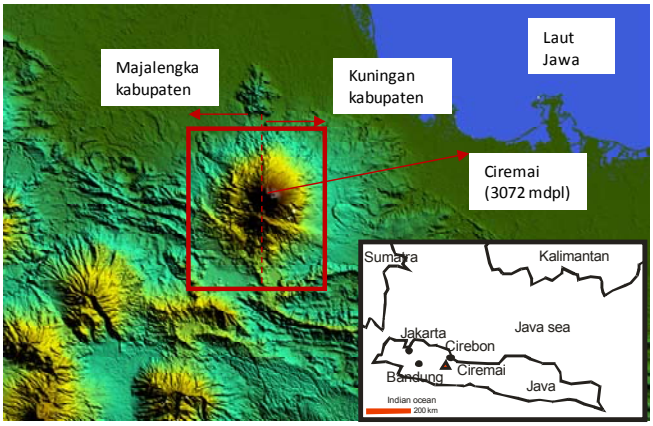
Singkatan	**Nama**
AK	Analisis Klaster
AKU	Analisis Komponen Utama
B	Barat
CA	*Cluster Analysis*
DHL	Daya Hantar Listrik (µS/cm)
H_2S	Hidrogen Sulfida
LhB	Lahar
Lv	Lava
mapl	Meter di atas permukaan laut
NW	*North West*
PCA	*Principal Component Analysis*
PxB	Piroklastik
Q	Debit (dalam satuan L/det)
S, SE	Selatan, *South East*
SMEWW	*Standard Method Evaluation for Water and Waste Water*
SRTM	*Shuttle Radar Topographic Mission*
T	Temperatur (dalam satuan ^oC)
U, T	Utara, Timur
TDS	*Total Dissolved Solids* (dalam satuan ppm)
Lambang	
β	koefisien resesi
ρ	Rho
Ω	Ohm
(t_2-t_1)	beda waktu antara Q_t dan Q_o
Ca	Kalsium
Cl	Klorida
E	basis angka logaritmik
HCO_3	Bikarbonat
K	Kalium
Mg	Magnesium
Na	Natrium
Q_0, Q_t	debit mata air pada t_o, debit mata air pada waktu t
R	Besaran *Recharge* (imbuhan)

1. PENDAHULUAN

1.1 Permasalahan

Gunung Ciremai merupakan gunung api yang bersifat *solitaire* atau terpisah dari gunung api lainnya. Gunung api strato ini memiliki elevasi 3072 mdpl, terletak 20 km ke arah selatan Cirebon. Lereng timur Ciremai masuk wilayah Kabupaten Kuningan, sementara lereng barat masuk wilayah Kabupaten Majalengka (Gambar 1). Puncaknya terletak pada koordinat 6° 53' 30" *latitude* dan 108° 24' 00" *longitude* dengan jari-jari dari puncak ke kaki kurang lebih 10 km.

Akuifer Ciremai yang produktif menjadi sumber air bagi masyarakat Kab. Kuningan, sebagian Kab. Majalengka, dan Kab. Cirebon, bahkan Kota Cirebon. Peran Ciremai yang sangat penting ini mengharuskan pemda Kab. Kuningan untuk mengelola keberlangsungan suplai air melalui berbagai langkah proteksi lingkungan.



Gambar 1 Peta Lokasi Ciremai dan Citra SRTM yang Memperlihatkan Morfologinya sebagai Gunung Api yang Dikelilingi Batuan Sedimen Terlipat.

Berkaitan dengan kondisi riil yang telah disampaikan di atas, Penulis merumuskan masalah utama, yaitu bagaimana mengidentifikasi model hidrogeologi berupa sistem akuifer dan pola aliran air tanah pada sistem akifer batuan gunung api berdasarkan analisis perubahan sifat fisik dan kimia air tanah.

1.2 Lingkup dan Tujuan Penelitian

Lingkup penelitian ini dapat dideskripsikan sebagai berikut.

- Obyek yang diobservasi di lapangan adalah zona mata air di lereng Gunung Ciremai yang berkembang pada sistem akuifer tak tertekan (bebas) pada endapan gunung api.
- Observasi lapangan terdiri dari: observasi kondisi geologi lapangan, pengukuran laju infiltrasi akhir di lapangan, pengukuran sifat fisik dan kimia air tanah pada 140 mata air, pengambilan contoh air tanah, pengukuran hidrometri parameter debit mata air (Q), temperatur air dan udara (T), total padatan terlarut/*total dissolved solids* (TDS), dan daya hantar listrik (DHL).
- Tahap metoda analisis di laboratorium/studio terdiri dari analisis kimia komposisi ion utama pada 140 contoh air tanah serta pemanfaatan analisis statistik multi variabel menggunakan analisis klaster dan analisis komponen utama.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi model hidrogeologi berupa sistem akuifer dan pola aliran air tanah pada sistem akifer batuan gunung api berdasarkan analisis perubahan sifat fisik dan kimia air tanah.

1.3 Metodologi

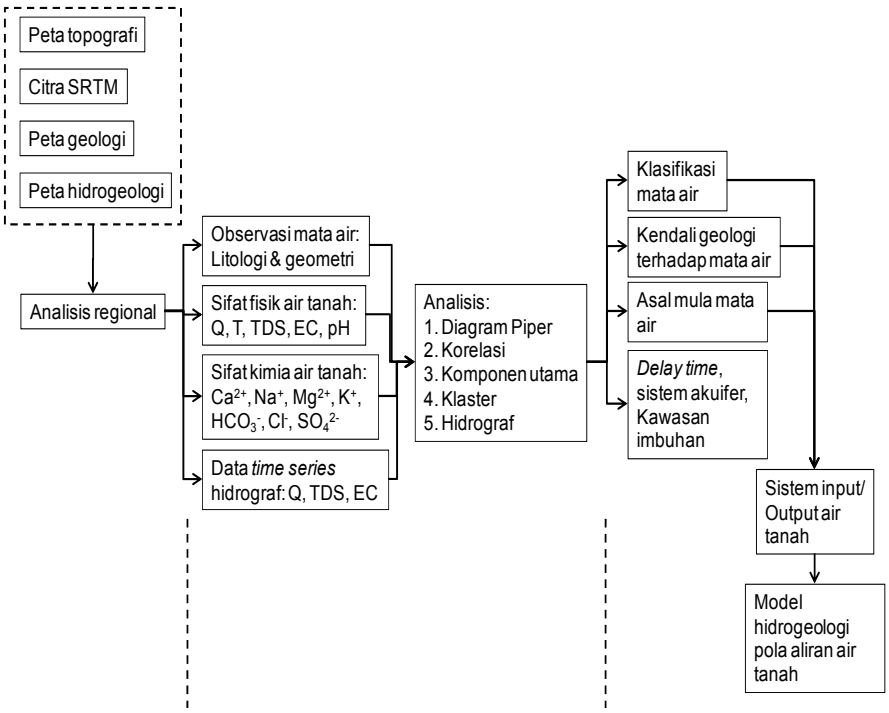
Penelitian ini menggunakan dua metoda utama, yakni observasi geologi, serta pengukuran sifat fisik dan kimia air tanah pada mata air. Kedua data tersebut dianalisis menggunakan metoda statistik multi variabel berupa Analisis Klaster dan Analisis Komponen Utama (Gambar 2).

Sifat fisik yang diukur di lapangan meliputi: temperatur udara, temperatur air, Daya Hantar Listrik, Total Padatan Terlarut atau *Total Dissolved Solids*, dan pH (tingkat keasaman). Temperatur udara diukur menggunakan thermometer air raksa standar. Parameter lainnya diukur dengan alat ukur DHL/TDS meter merk Orion dan pH meter merk Hanna. Untuk keperluan analisis kimia, contoh air tanah diambil dengan botol plastik berukuran 1 L.

Uji laboratorium terdiri dari pengukuran kandungan ion utama (Ca^{2+}, Na^{+}, Mg^{2+}, K^{+}, HCO_3^{-}, SO_4^{2-}, dan Cl^{-}) menggunakan *Standard Method Evaluation for Water and Waste Water* (SMEWW) oleh *The America Public Health Administration (APHA)* tahun 1999.

$$[(\Sigma \text{ cations} - \Sigma \text{ anions}) / (\Sigma \text{ cations} + \Sigma \text{ anions})] \times 100\%$$

Analisis dan interpretasi dalam penelitian ini memerlukan teknik pengklasifikasian contoh air tanah berbasis sifat fisik dan kimia. Untuk itu digunakan metoda grafis dan statistik multivariabel yaitu: Diagram Piper, Analisis Klaster (*Cluster Analysis*), dan Analisis Komponen Utama (*Principal Component Analysis*). Kombinasi analisis grafis dan statistik, dapat menghasilkan klasifikasi contoh yang konsisten dan saling mendukung (Guller dkk, 2002). Analisis statistik menggunakan piranti lunak *Minitab version 15 (trial version) by Minitab Inc*.



Gambar 2 Diagram Alir Penelitian

1.4 Output Penelitian

Penelitian ini menghasilkan model hidrogeologi berupa sistem akuifer endapan gunung api dan pola aliran air tanahnya berdasarkan analisis perubahan sifat fisik dan kimia air tanah.

2. HASIL DAN PEMBAHASAN

Survei mata air oleh penulis dilaksanakan pada perioda Mei 2006 hingga Juni 2007, yang pada umumnya berada pada musim kemarau. Sebanyak 140 mata air telah diobservasi, terdiri dari 120 mata air dari lereng timur dan 20 mata air dari lereng barat. Pada setiap mata air, pengukuran yang dilakukan meliputi tujuh parameter: koordinat (x, y, z), debit (Q) in L/s, Total Padatan Terlarut (*Total Dissolved Solids*) (TDS) dalam ppm, Daya Hantar Listrik (*Electro-Conductivity*) (EC) dalam µS/cm, keasaman (pH), suhu mata air (WT) dan suhu udara (AT) dalam ^{o}C.

Mata air mulai muncul pada elevasi 100 mdpl hingga 1200 mdpl, berdasarkan observasi terhadap 140 mata air. Ketinggian lokasi mata air rata-ratanya adalah 512,9 mdpl. Namun pemunculan mata air terbanyak didapati pada elevasi 250 mdpl dengan 25 mata air. Jumlah mata air kemudian berkurang mengikuti elevasi yang semakin tinggi.

Pada di bawah ini, dapat dilihat bahwa mata air piroklastik terletak pada daerah yang tinggi, dari ketinggian 675 hingga lebih dari 1000 mdpl. Pada elevasi lebih rendah, 575 – 700 mdpl, terdapat mata air lava. Di bawahnya, terdapat mata air lahar pada 320 – 400 mdpl. Selanjutnya mata air yang muncul dari Formasi Kaliwangu pada elevasi lebih rendah dari 280 mdpl.

Lebih lanjut, penampang geologi berarah utara-selatan (Gambar 4) memperlihatkan lereng utara-selatan yang landai. Perubahan kemiringan lerengnya yaitu 10°, 15°, 30°, dan 42°. Kemudian penampang berarah barat-timur memperlihatkan lereng yang landai di bagian barat dengan sudut 10°, 20°, dan 35°, serta adanya indikasi patahan normal.

2.1 Geometri Mata Air

Dari observasi di lapangan, didapatkan dua jenis geometri mata air, yaitu mata air depresi dan mata air rekahan (Gambar 4). Mata air depresi merupakan jenis yang umum muncul di lapangan. Kemunculannya ke permukaan dikendalikan oleh distribusi dan ketebalan tanah pelapukan. Beberapa contoh mata air depresi yaitu Cibulan dan Telaga Remis.

Mata air rekahan muncul ke permukaan dikendalikan oleh sistem rekahan pada batuan. Beberapa contoh mata air rekahan terdiri dari Bandorasa dan Cibulakan

2.2 Analisis Model Hidrogelogi

2.2.1 Analisis Perubahan Sifat Fisik dan Kimia Air Tanah

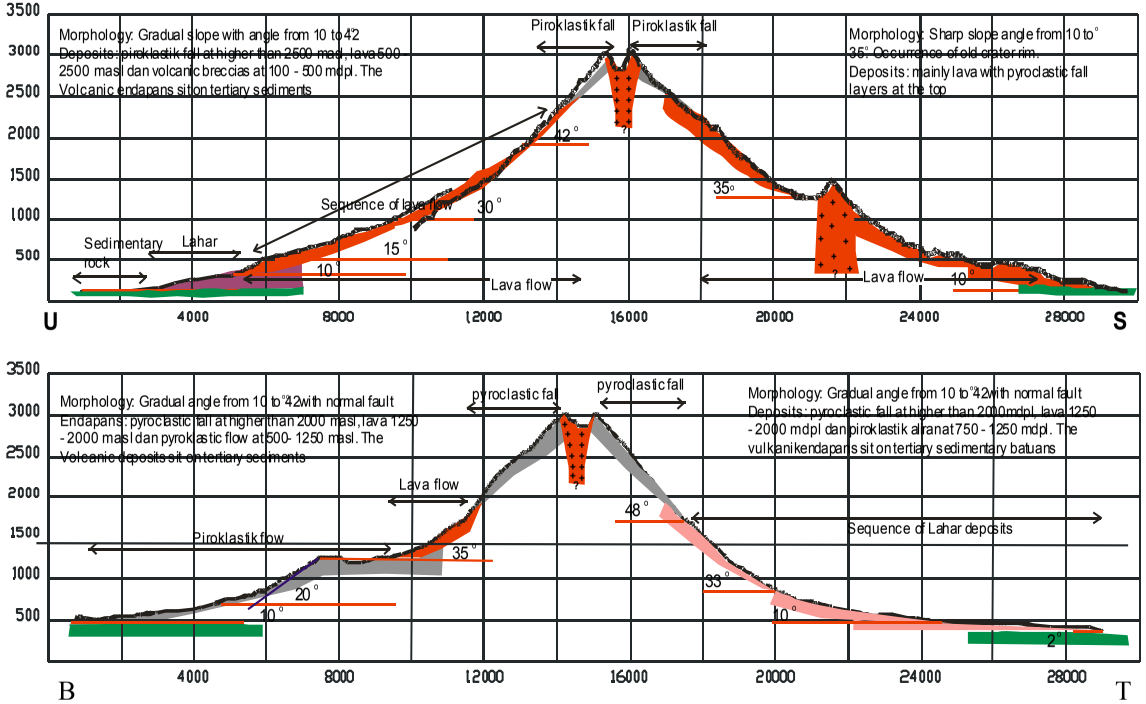
Kimia air tanah berevolusi dari fasies ion seimbang seperti air hujan menjadi tiga sub fasies akibat interaksi dengan akuifer. Perubahannya mengikuti urutan perubahan dari elevasi tinggi ke rendah sebagaimana di perlihatkan pada Diagram Piper (Gambar 5), yaitu:

- Fasies kation seimbang – bikarbonat karena penambahan bikarbonat di kawasan imbuhan.
- Fasies kalsium – bikarbonat karena kontak dengan batuan kaya plagioklas.
- Fasies magnesium – bikarbonat karena kontak dengan batuan gunung api yang bersifat *ferromagnesian*.
- Fasies natrium – kalium – klorida karena berinteraksi dengan batuan sedimen.

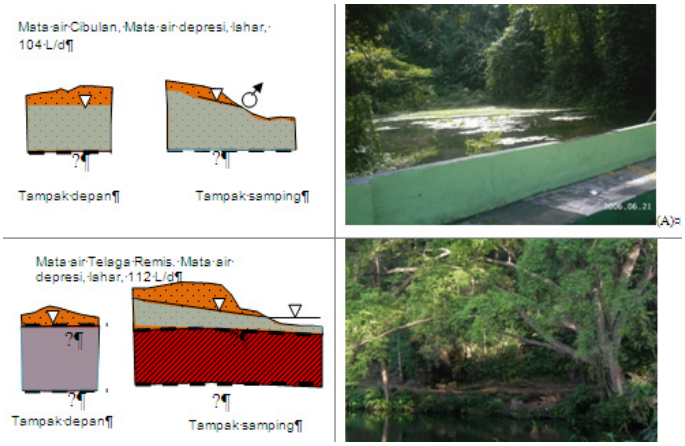
Hasil akhir dari analisis klaster (Minitab 15 - *trial version*) adalah pengelompokkan 140 contoh berdasarkan parameter yang diukur di lapangan. Hasil analisis menjumpai dua klaster besar (K1 dan K2). Masing-masing klaster dapat dibagi-bagi kembali menjadi sub klaster sebagai berikut (lihat Gambar 6).

Total contoh air tanah	140 mata air	
→ Klaster 1 (K1):	134 mata air	(96%) Meso/hipotermal
→ Klaster 1a (K1a)	131 mata air→Akuifer batuan gunung api	
→ Klaster 1b (K1b)	3 mata air →Akuifer batuan gunung api	
→ Klaster 2 (K2):	6 mata air	(4%) Hipertermal
→ Klaster 2a (K2a)	2 mata air	Akuifer batuan gunung api
→ Klaster 2b (K2b)	4 mata air	Akuifer batuan sedimen

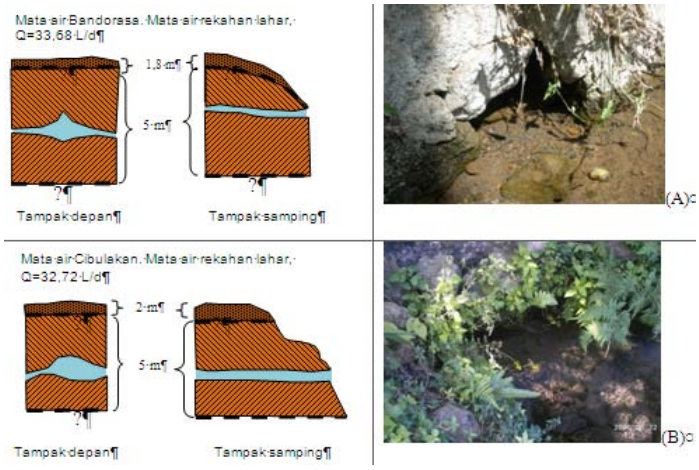
Bila dikaitkan dengan analisis hasil Diagram Piper, Klaster K1 adalah mata air meso atau hipotermal. Yang bersirkulasi di dalam akuifer batuan gunung api. Lebih rinci lagi, Klaster K1 dapat dibagi menjadi K1a yang terdiri dari 131 mata air dan K1b yang terdiri dari tiga mata air. Berdasarkan komposisi kation utamanya, K1a diperkaya oleh magnesium dan bikarbonat, sedangkan K1b diperkaya oleh kalsium dan bikarbonat. Klaster K2 yang terdiri dari enam mata air (4%) yang tergolong mata air hipertermal. Klaster ini dapat tersusun oleh dua mata air (K2a) yang bersirkulasi di dalam akuifer batuan gunung api dan empat mata air (K2b) bersirkulasi dalam akuifer batuan sedimen. Klaster ini dicirikan oleh kandungan klorida dan nilai TDS/EC yang sangat tinggi.



Gambar 3 Penampang geologi Ciremai berarah utara selatan (atas) dan barat-timur (bawah)

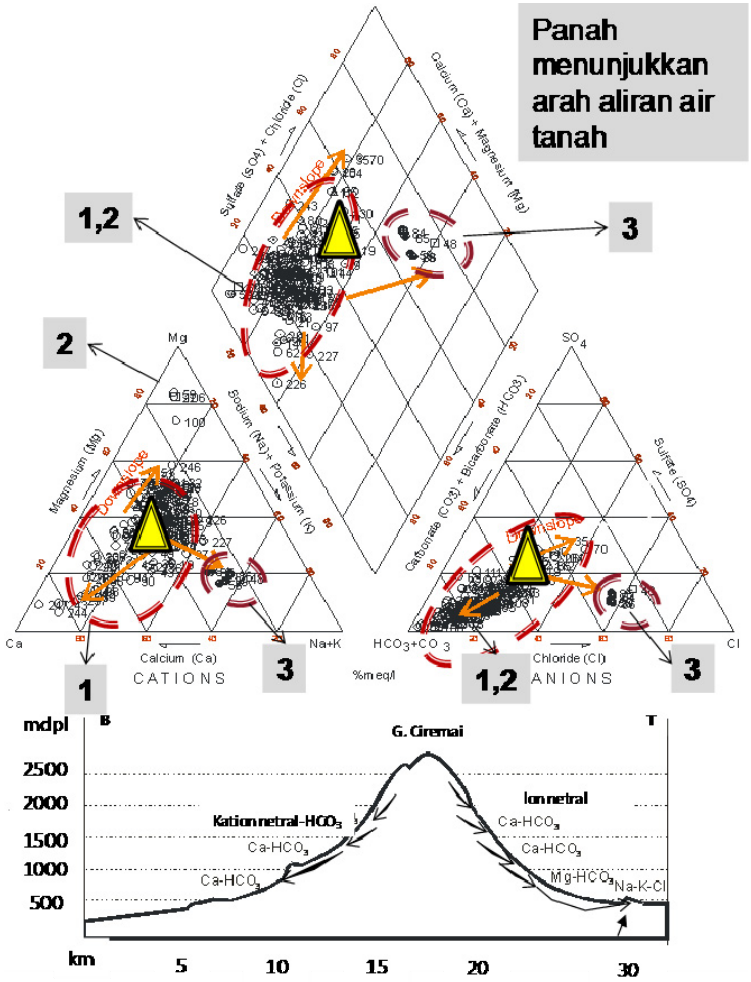


(1)

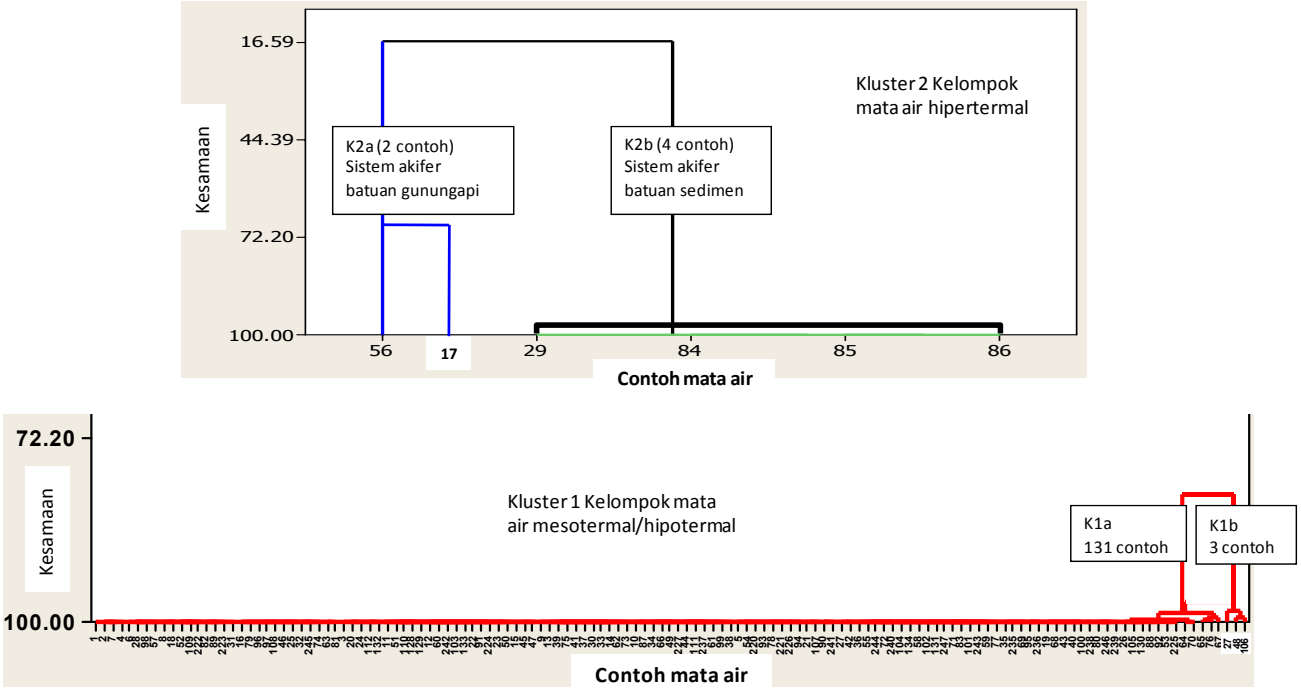


(2)

Gambar 4 Sketsa Geometri Mata Air Depresi Contoh Pada Mata Air Cibulan (1 atas) dan Cilimus (1 bawah) serta Rekahan Pada Mata Air Bandorasa (2 atas) dan Cibulakan (2 bawah)

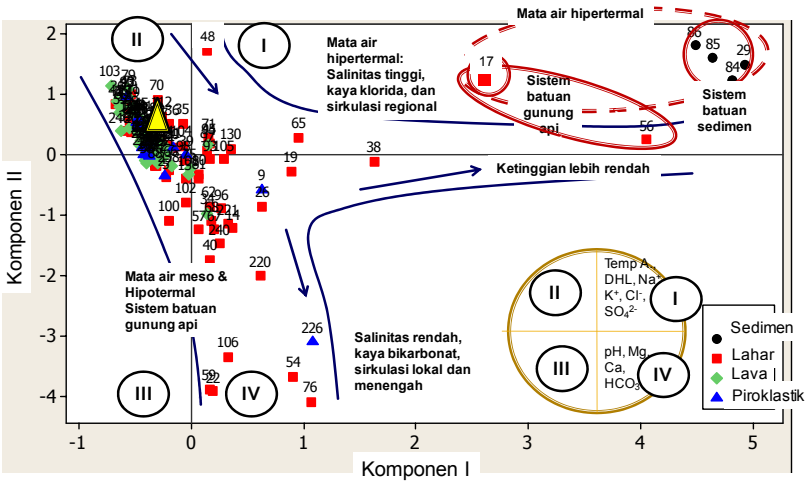


Gambar 5 Perubahan Sifat Fisik dan Kimia Air Tanah dari Elevasi Tinggi ke Elevasi Lebih Rendah

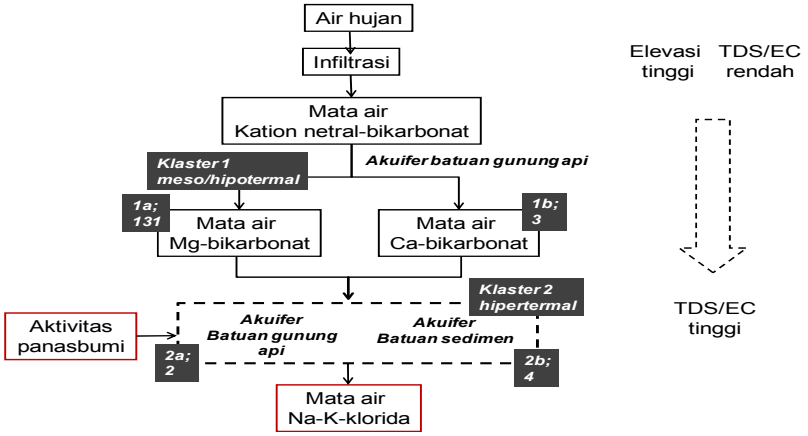


Gambar 6 Dendogram Analisis Klaster (*Minitab trial version*)

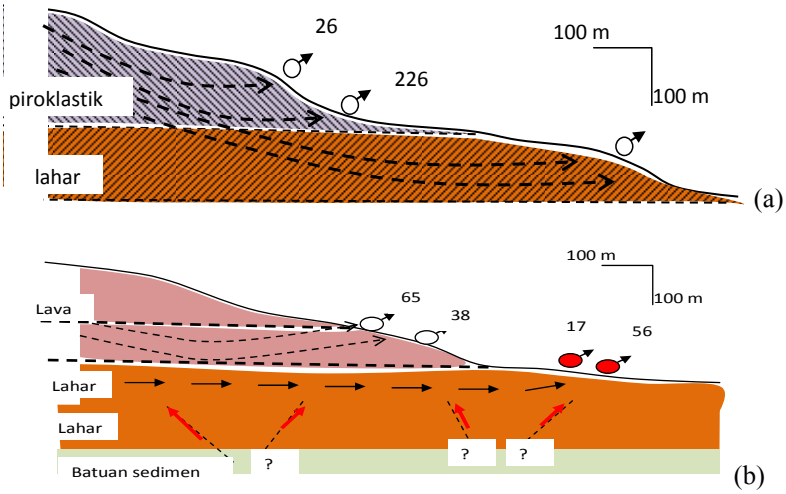
Hasil Analisis Komponen Utama pada Gambar 7 memperlihatkan separasi contoh air tanah berbasis kuadran. Kuadran I didominasi air tanah yang muncul pada elevasi tinggi yang bersirkulasi pada batuan piroklastik dan lava, serta beberapa mata air dari lahar. Kuadran I tidak memiliki variabel tertentu yang mendominasi karakteristik kimia dan fisika air tanah. Kuadran I diisi oleh contoh air tanah hipertermal (panas). Kuadran ini dikendalikan oleh variabel TDS/DHL, Na, K, Cl, dan SO_4. Kuadran II dan III tidak memiliki parameter yang dominan terhadap contoh mata air yang ada di dalamnya. Kuadran IV berisi mata air dengan debit besar pada elevasi lebih rendah. Air tanah dalam kuadran ini bersirkulasi dalam akuifer lahar yang dipengaruhi oleh dominasi parameter pH, Mg^{2+}, Ca^{2+}, HCO_3^-. Perubahan sifat fisik-kimia diatas dapat dijelaskan pada Gambar 8. Secara khusus pencampuran plot data antara mata air yang muncul pada batuan piroklastik, lava, dan lahar, mengindikasikan interaksi air tanah pada akuifer-akuifer tersebut sebagaimana disketsakan pada Gambar 9.



Gambar 7 Plot Analisis Komponen Utama Antara Komponen 1 dan Komponen 2



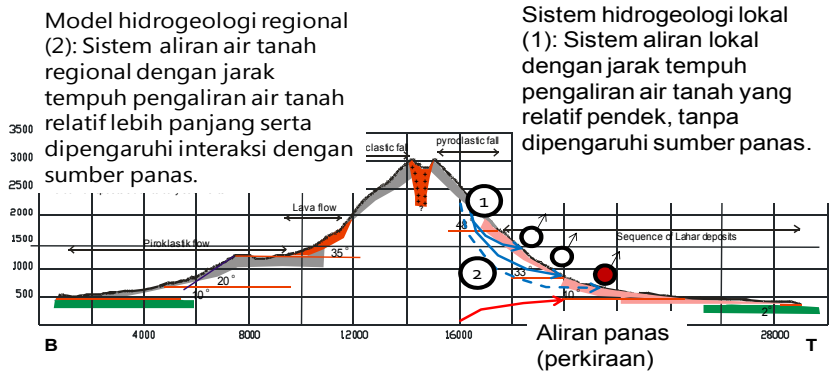
Gambar 8 Alur Proses Perubahan Sifat Fisik dan Kimia Air Tanah Secara Skematik di Gunung Ciremai



Gambar 9 Skema Interaksi Air Tanah pada Akuifer Endapan Gunung Api yang Berbeda.

Masing-masing karakter fisik dan kimia air tanah diatas mencerminkan dua model hidrogeologi, yaitu Model Hidrogeologi Aliran Lokal dan Model Hidrogeologi Aliran Regional (Gambar 10). Model Hidrogeologi Aliran Lokal berkaitan dengan air berfasies ion seimbang dan fasies bikarbonat. Pada model ini diperkirakan terjadi interaksi air tanah pada akuifer batuan piroklastik, lava, dan lahar.

Model Hidrogeologi Aliran Regional terkait dengan fasies natrium-kalium-klorida. Model ini adalah hasil interaksi antara sistem air tanah hipertermal yang bercampur dengan air meteorik. Air jenis ini ditandai dengan nilai TDS yang lebih tinggi dari air bersuhu mesotermal dengan batas maksimum 1200 ppm. Aliran air tanahnya berawal dari air tanah pada akuifer piroklastik, kemudian mengalir melalui akuifer lava, dan lahar. Selanjutnya air tanah bercampur dengan air panas dari akuifer yang lebih dalam. Air tanah kemudian muncul pada akuifer lahar.

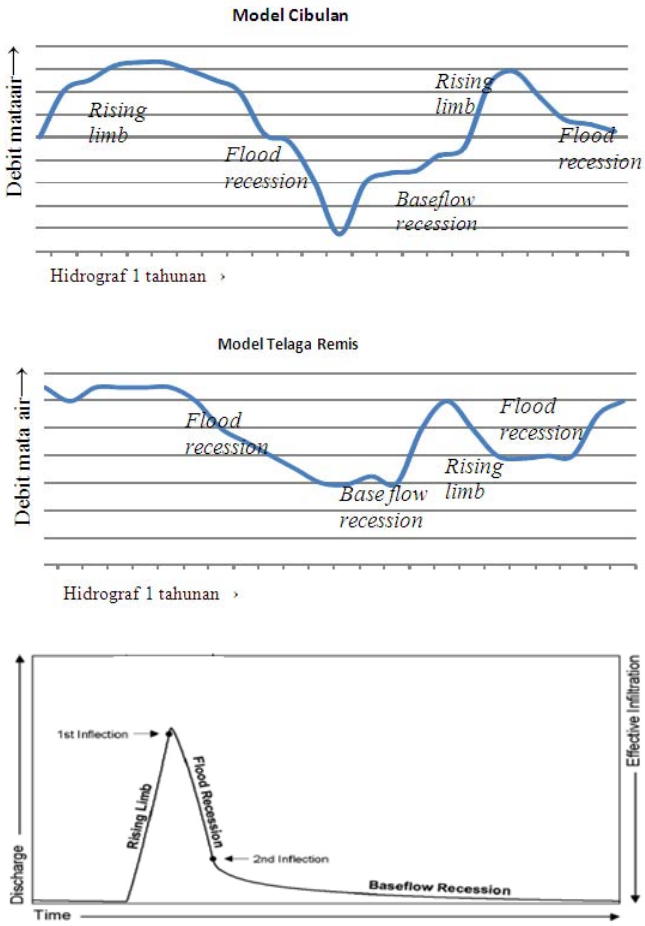


Gambar 10 Skema Model Hidrogeologi berdasarkan Sifat Fisik dan Kimia Air Tanah

2.2.2 Analisis Respon Debit Mata Air terhadap Hujan

Data debit dan curah hujan secara *time series* diambil pada dua lokasi mata air, yakni Cibulan, dan Telaga Remis (Gambar 11). Cibulan dan Telaga Remis tergolong Model Hidrogeologi Aliran Lokal. Kedua mata air sebagai contoh kasus menunjukkan korelasi yang relatif lemah terhadap curah hujan. Mata air tersebut memiliki waktu respon yang relatif cepat.

Hasil pengukuran pada kedua lokasi mata air menghasilkan dua kurva tipe, yakni tipe kurva landai (a) dan tipe kurva terjal (b). Kurva Tipe (a) dipengaruhi oleh kombinasi antara sistem akuifer media pori dan media rekahan. Kurva Tipe (b) dikendalikan oleh sistem akuifer media rekahan yang lebih dominan. Kondisi yang membedakan antara model a dan b adalah bentuk kurva *baseflow recession* yang menggambarkan kemampuan akuifer untuk menyimpan air pada saat musim kemarau. Dengan bentuk kurva seperti demikian, maka dapat diharapkan mata air dengan kurva seperti model b dapat lebih resisten terhadap musim kemarau dibanding mata air model a. Sebagai pembanding, kedua tipe kurva ini berbeda bila dibandingkan dengan hidrograf debit mata air karst dengan sistem akuifer rekahan murni (c).



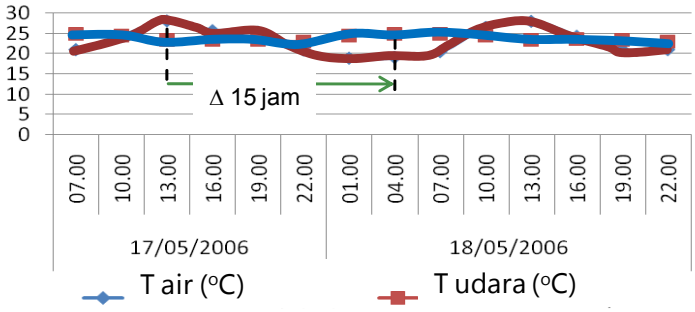
Gambar 11 Usulan model umum hidrograf mata air pada sistem akuifer Gunung Ciremai (a) dan (b) dan perbandingannya dengan model umum hidrograf sistem akuifer media rekahan murni (c)

2.2.3 Interaksi antara Akuifer dengan Lingkungan Permukaan

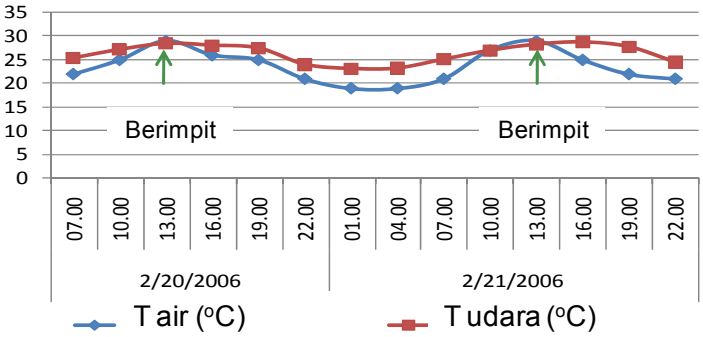
Interaksi antara akuifer dengan lingkungan di permukaan dapat diketahui dengan mengukur fluktuasi suhu mata air dibandingkan dengan suhu udara di permukaan. Metoda ini menghasilkan adanya perbedaan pola interaksi antara suhu mata air dengan suhu udara.

Hasil pengukuran pada mata air Cibulan pada Gambar 12 di bawah ini menunjukkan pola fluktuasi suhu mata air yang relatif tidak berubah bila dibandingkan dengan suhu udara. Perbedaan yang besar terutama terlihat pada pukul 12.00 – 13.00 dan 01.00 – 06.00. Kedua pola tersebut mengindikasikan sistem akuifer yang tertutup serta tidak berinteraksi dengan lingkungan permukaan.

Pola yang berbeda diperlihatkan pada Gambar 13 oleh hasil pengukuran pada mata air Telaga Remis. Fluktuasi suhu mata air memperlihatkan pola yang relatif mengikuti fluktuasi suhu udara permukaan dengan perbedaan suhu tidak linier, yaitu memiliki perbedaan lebih rendah pada pukul 12.00 – 13.00 dibanding pada waktu-waktu lainnya. Hasil yang tampak mengindikasikan adanya pengaruh lingkungan udara di permukaan pada akuifer sistem terbuka.



Gambar 12 Plot hasil pengukuran suhu air dan udara di lokasi Mata Air Cibulan selama 24 jam



Gambar 13 Plot hasil pengukuran suhu air dan udara di lokasi Mata Air Telaga Remis selama 24 jam

3. KESIMPULAN

Dari hasil observasi di lapangan dan pelacakan kimia diyakini bahwa zona akuifer produktif terletak di lereng timur G. Ciremai. Zona produktif pada batuan piroklastik, lava, dan lahar ini dicirikan debit mata air yang besar, 5 L/d hingga 400an L/d, dari akuifer tanah pelapukan yang tebal, hingga 10 m, serta keberadaan sistem rekahan yang tidak tersingkap.

Analisis perubahan sifat fisik dan kimia air tanah dengan metoda statistik Analisis Klaster dan Analisis Komponen Utama dan observasi lapangan berhasil mengidentifikasi air tanah berkarakter air meteorik dan air panas (air hipertermal) yang berkarakter air formasi pada sistem akuifer endapan gunung api strato. Metoda ini baru pertama kali diujicobakan untuk mempelajari model hidrogeologi akuifer produktif pada endapan gunung api berdasarkan contoh air tanah dari mata air.

Air tanah berkarakter air meteorik memiliki nilai temperatur yang normal, berkisar antara 23 hingga 26°C yang mengikuti dengan suhu udara di permukaan, nilai TDS berkisar antara 100 hingga 500 ppm, serta DHL pada kisaran 150-750 μS/cm dengan pH 6-7. Air tanah jenis ini tergolong bikarbonat tinggi dengan rata-rata 1,96 me/L dan maksimum 6,26 me/L. Secara rinci, variasi fasies kimianya adalah kalsium bikarbonat, dan magnesium bikarbonat. Diinterpretasikan, air jenis ini hanya bersirkulasi pada sistem akuifer endapan gunung api. Berdasarkan Analisis Komponen Utama, air jenis ini tidak memiliki komponen berpengaruh yang dominan, serta mengindikasikan adanya interaksi antara akuifer piroklastik, lava, dan lahar. Karakter seperti diatas, mencerminkan Model Hidrogeologi Aliran Lokal.

Jenis air yang kedua berkarakter air formasi yang diinterpretasikan akibat adanya interaksi antara air tanah pada akuifer gunung api dengan akuifer batuan sedimen. Air jenis ini memiliki nilai temperatur tinggi diduga berasal dari aktivitas vulkanisme, 30-40°, nilai TDS lebih besar dari 1000 pm, serta DHL lebih besar dari 1500 μS/cm dengan pH 6-7. Air tanah jenis ini mengandung klorida tinggi maksimum 4,9 me/L dengan fasies kimia natrium-kalium-klorida. Berdasarkan Analisis Komponen Utama, air jenis ini dipengaruhi oleh komponen T, TDS, DHL, Na, K, Cl yang mengindikasikan adanya interaksi dengan air tanah yang berasal dari batuan sedimen, diduga berupa air formasi sebagai ciri utama Model Hidrogeologi Aliran Regional.

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Penulis lahir di Surabaya 17 April 1976. Pendidikan dasar di SDN Kertajaya XII, SMPN 12, dan SMAN 2, seluruhnya di Surabaya. Pada tahun 1994, penulis hijrah ke Kota Bandung untuk menempuh pendidikan sarjana di Program Studi Teknik Geologi ITB pada tahun 1994, yang diselesaikannya dalam waktu 4 tahun. Pendidikan lanjut diikuti penulis di Program Magister Teknik Geologi pada tahun 1999 sampai 2001, dilanjutkan dengan pendidikan doktor di Teknik Geologi ITB mulai tahun 2005 hingga 2009.

Minat penulis di bidang hidrogeologi kawasan gunung api tercermin sejak dari tugas akhir program sarjana dan magisternya yang mengambil contoh kasus Kawasan Bandung Selatan dan Gunung Ciremai. Bidang peminatan tersebut terus dikembangkan oleh penulis dalam bentuk berbagai publikasi pada jurnal nasional, pertemuan nasional, dan internasional sejak tahun 2000. Upaya untuk dapat menulis di jurnal internasional telah dimulai sejak tahun 2005. Saat ini sedang diproses review ke-2 di *Hydrogeology Journal* dan ke-3 di *Journal of Hydrology*.

Pengalaman kerja di ITB, penulis mengawalinya sebagai asisten Laboratorium Hidrogeologi sejak tahun 1999, Asisten Akademik di Kelompok Keilmuan Geologi Terapan pada tahun 2005 – 2007 serta CPNS mulai Desember 2007. Selain menangani kegiatan kuliah, praktikum, dan penelitian, penulis ikut berpartisipasi dalam berbagai tugas di tingkat program studi, fakultas, dan pusat. Penulis menikah pada tahun 2005 dan dikaruniai seorang putra yang bernama Abraary Raditya Irawan, saat ini berusia dua tahun.

Daftar publikasi terkait dengan disertasi (3 tahun terakhir):

1. Jurnal Internasional

1. **Irawan, D.E.**, Puradimaja, D.J., Notosiswoyo, S., Soemintadiredja, P. (2008): *The Hydrochemistry Evolution of Volcanic Waters at Ciremai, West Java, Indonesia*, *submitted to Hydrogeology Journal* (proses revisi ke-2).
2. **Irawan, D.E.**, Puradimaja, D.J., Notosiswoyo, S., Soemintadiredja, P. (2008): *Hydrogeochemistry of Volcanic Hydrogeology based on Cluster Analysis of Mount Ciremai, West Java, Indonesia, submitted to Journal of Hydrology* (proses revisi ke-3).

2. Prosiding Internasional

1. **Irawan, D.E.**, Puradimaja, D.J., Notosiswoyo, S., Soemintadiredja, P. (2008): *Hydrogeological Model of Stratovolcano using Physical and Chemical Parameters of Groundwater at Mt. Ciremai's Spring Zone*, dipresentasikan di *International Symposium on Efficient Groundwater Resources Management Bangkok Thailand*.
2. Puradimaja, D.J., **Irawan, D.E.**, Brahmantyo, B., Silaen, H. (2007): *Hydrodynamic Relationship between River and Aquifer to Water Quality at Ciliwung River Banks. an Overview of Integrated Water Management, International Symposium and Workshop on Current Problems in Groundwater Management and Related Water Resources Issues*, 2-8 December 2007.
3. **Irawan, D.E.**, Puradimaja, D.J. (2006): *The Hydrogeology of The Volcanic Spring Belt, East Slope of Gunung Ciremai, West Java, Indonesia*, IAEG Congress, Oct 2006.

3. Jurnal Nasional Terakreditasi

Puradimaja, D.J., Hutasoit, L.M., Silaen, H., **Irawan, D.E.** (2005): *The Origin of Hyperthermal Groundwater in Fractured Limestone Aquifer, Parigi Formation in Palimanan, West Java, based on Its Water Chemistry and Isotopic Composition*, Jurnal Teknologi Mineral, Vol XII, No. 1, 2005, pp 59-68.

4. Jurnal Nasional Belum Terakreditasi

Irawan, D.E., Puradimaja, D.J. (2006): *The Differentiation of Hyperthermal Groundwater Origin by using Multivariate Statistics On Water Chemistry*, Jurnal Geoaplika, Vol 1, No 2, 2006.

5. Prosiding Nasional

1. **Irawan, D.E.**, Puradimaja, D.J., Notosiswoyo, S. (2007): *Outlining Hydrogeological System using Multivariate Analysis on Groundwater Quality at Mt. Ciremai, West Java, Indonesia, Joint Convention* Bali, 13-16 November 2007.
2. **Irawan, D.E.**, Puradimaja, D.J., Bogaard, T. (2006): *Spatial Analysis of Volcanic Hydrogeology at Gunung Ciremai, West Java, Indonesia*, dipresentasikan di Persidangan Bersama Geosains, Universiti Kebangsaan Malaysia, Des 2006.
3. Puradimaja, D.J., Kombaitan, B., **Irawan, D.E.** (2006): *Hydrogeological Analysis in Regional Planning of Tigaraksa City, Tangerang, Banten, Indonesia*, dipresentasikan di Persidangan Bersama Geosains, Universiti Kebangsaan Malaysia, Des 2006.

6. Majalah Populer

Irawan, D.E., Puradimaja, D.J., Notosiswoyo, S., Soemintadiredja, P. (2009): Metoda Pelacakan Hidrokimia Untuk Memetakan Kondisi Hidrogeologi Gunung Ciremai. Hidrogeologi sebagai Salah Satu Parameter Kendali Perencanaan Wilayah, Warta Bapeda Edisi Juli 2009.

Daftar riset terkait dengan disertasi (3 tahun terakhir):

2008-2009 Anggota tim, *Aplikasi Tracer Technology Kimia dan Isotop Stabil untuk Merekonstruksi Hidrodinamika Airtanah pada Sistem Akuifer Gunungapi. Studi Kasus: Gunung Ciremai, Kabupaten Majalengka-Kuningan, Jawa Barat*, Competitive Research Grant of Directorate of Higher Education – LPPM ITB

2006 Anggota tim, *Characterization Volcanic Hydrogeology. Case Study: Mt. Ciremai, Mt. Tangkuban Perahu, Mt. Gede, Mt. Karang,* Graduate Research Grant (Hibah Tim Pasca Sarjana) Directorate of Higher Education – LPPM ITB

2005-2006 Anggota tim, *Characterization Volcanic Hydrogeology. Case Study: Mt. Ciremai, Mt. Tangkuban Perahu, Mt. Gede, Mt. Karang, Research Group Grant* – LPPM ITB