

PENGGUNAAN PROGRAM AQUACHEM UNTUK PENGOLAHAN DATA GEOKIMIA AIR SUNGAI CITARUM DAN AIR TANAH DANGKAL DI DAERAH KARAWANG

E. Ristin Pujiindiyati

Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Isotop dan Radiasi - BATAN

ABSTRAK

PENGGUNAAN PROGRAM AQUACHEM UNTUK PENGOLAHAN DATA GEOKIMIA AIR SUNGAI CITARUM DAN AIR TANAH DANGKAL DI DAERAH KARAWANG. Aquachem adalah suatu paket program yang khusus dikembangkan dalam bidang hidrologi untuk pengolahan dan interpretasi data geokimia air. Program ini dimaksudkan untuk pembuatan database baku, pengecekan data, pembuatan grafik, perhitungan sederhana hingga kompleks dari data geokimia. Program ini menyediakan 13 macam grafik visual, diantaranya adalah: piper, Durov, Schoeller, ternary dan Stiff. Program ini diaplikasikan pada data anion-kation utama air tanah dangkal dan air sungai Citarum di daerah Karawang. Contoh airtanah diambil pada kedalaman 15-40 m di bulan Juni-Agustus 2002. Pada perhitungan percampuran, dapat diketahui komposisi anion-kation dari proses percampuran atau evaporasi dua jenis air. Diketahui bahwa air di daerah KrSB-2 diduga tercampur air laut sebesar 6%. Dengan beberapa aplikasi grafik visual diketahui bahwa air sungai bertipe NaHCO_3 atau air segar, sebagian kecil air tanah bertipe NaCl dan umumnya air tanah dangkal daerah Karawang merupakan percampuran CaSO_4 , Ca-Mg-HCO_3 , NaHCO_3 .

ABSTRACT

THE USE OF AQUACHEM PROGRAM TO MANAGE AQUEOUS GEOCHEMICAL DATA OF CITARUM RIVER AND SHALLOW GROUNDWATER IN KARAWANG. Aquachem is a software package developed specifically for management and interpretation of aqueous geochemical data. This program covers wide range of creation hydrochemical database, checking analytical data, plotting data in visual graphics, simple or complex calculations of hydrochemical data set. To make data interpretation easier, this program also provides thirteenth types of visual graphics such as: piper, Durov, Schoeller, ternary and Stiff. In this paper, Aquachem program was used for interpretation of major anions and cations contained in shallow groundwater and irrigation channel of Citarum at Karawang site. Groundwater samples were taken from dug or pump wells with 15-40 m depths and carried out in dried season of June-August 2002. Composition of anions and cations caused by mixing or evaporation process can be calculated easily through this program. It was also estimated that six percents of KrSB-2 groundwater was mixed with seawater. Some visual graphic showed that Citarum river has water type of NaHCO_3 or fresh water whereas a few of groundwater samples could be classified as NaCl water type or rather brackish water. Most shallow groundwater of Karawang indicated a mixing composition of CaSO_4 , Ca-Mg-HCO_3 and NaHCO_3 water type.

PENDAHULUAN

Pada saat ini perangkat lunak yang umum digunakan untuk pengolahan data adalah Excel. Dalam bidang hidrologi program ini mempunyai keterbatasan untuk pembuatan grafik maupun untuk pengolahan data geokimia air yang semakin kompleks. Kalaupun dipakai program Excel akan memerlukan waktu relatif lebih lama dan memungkinkan terjadi banyak kesalahan dalam perhitungan karena tidak tersedianya menu yang sesuai.

Salah satu perangkat lunak yang mulai dikembangkan sejak tahun 1999 oleh Waterloo Hydrogeology-Canada adalah AQUACHEM. Program ini kemudian secara luas digunakan dalam bidang hidrologi karena kemudahan-kemudahan yang tersedia. Program Aquachem adalah suatu paket program yang dikembangkan untuk analisis dan pemodelan data geokimia air baik secara grafis maupun numerik untuk mempermudah interpretasi data.

Secara garis besar, program Aquachem dapat digunakan untuk analisis sekelompok data geokimia air maupun isotop alam dengan cara: pembuatan *database* hidrokimia, pengecekan data, grafik visual, perhitungan sederhana kimia dan perhitungan termodinamik. Beberapa keunggulan program Aquachem adalah dapat mengubah satuan secara otomatis, misalnya mg/l , mol/l , ppm , m-eq/l ; metode input data yang *flexible* yaitu bisa dari ASCII file atau secara manual; menggunakan *database* baku yang fungsional sehingga dapat digunakan untuk program lain, misal: PHREEGC. Program Aquachem juga menyediakan banyak pilihan metode analisis maupun kalkulasi data geokimia untuk penentuan suhu lapangan panas bumi dan pilihan tampilan grafik yang menyeluruh sehingga mempermudah interpretasi data.

Ada dua pengelompokan data yang tersedia dalam program Aquachem yaitu parameter teks dan parameter numerik. Parameter teks terdiri atas tanggal dan lokasi sampling, nama dan kode sumur/mata air, geologi dan litologi, sedangkan

parameter numerik terdiri dari tiga bagian yaitu parameter yang diukur, parameter yang dihitung dan parameter yang dimodel. Parameter diukur terdiri dari parameter fisik (misal: koordinat x-y-z, pH, suhu), kation (misal: Ca^{2+} , Na^+ , K^+ , Mg^{2+}), anion (misal: Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^-), komponen kimia tak bermuatan (misal: SiO_2 , CO_2 , B,P), variabel (misal: isotop, bakteri). Parameter dihitung terdiri dari jumlah kation, jumlah anion, molalitas, kesetimbangan muatan, kesadahan total, alkalinitas, zat padat terlarut, $\text{T}^{(18\text{O})}$ -estimasi suhu berdasar isotop oksigen-18 dan lain-lain.

Selain menyediakan beberapa teknik pembuatan grafik seperti yang terdapat dalam program Excel (misal; radial, pie, histogram dan scatter), program Aquachem juga dapat menampilkan grafik piper, Durov, Stiff, ternary, geotermometer, Schoeller, Langelier-Ludwig dan map plot. Secara keseluruhan program Aquachem menyediakan 13 jenis grafik yang dapat saling mendukung satu sama lain untuk mempermudah interpretasi data geokimia air (1,2). Dalam makalah ini ditampilkan beberapa pengolahan data air tanah dangkal dan air irigasi sungai Citarum di daerah Karawang yang lebih dari 70 % luas area 1753,27 km^2 adalah untuk pertanian (3).

METODOLOGI

Pada makalah ini digunakan contoh air tanah dangkal dan air sungai Citarum di daerah Karawang. Sampling air tanah dan air sungai dilakukan pada bulan Juni-Agustus 2002. Contoh air tanah dangkal diambil dari sumur penduduk baik sumur gali maupun sumur bor pada kedalaman 10 - 45 m dengan jarak sampling ± 5 km. Sedangkan contoh air sungai diambil pada permukaan S. Citarum, saluran irigasi Tarum Barat, dan saluran irigasi Tarum Utara. Contoh air yang telah disaring dimasukkan ke dalam botol 1 lt dan dianalisis di laboratorium Hidrologi-P3TIR-BATAN. Untuk menambah variasi aplikasi program Aquachem diambil data kimia air asin daerah Karawang dari Dinas Geologi dan Tata Lingkungan yaitu KrSG-18, KrSG-15, KrSB-2 dan KrSP-1 (4). Sedangkan data kimia air hujan dan air laut diambil secara global yang konsentrasinya relatif sama (5).

Analisis hidrokimia dilaksanakan dengan menentukan kandungan ion-ion utama seperti natrium, kalium, kalsium, magnesium, sulfat, klor dan bikarbonat yang terkandung dalam air. Pengukuran dilakukan dengan teknik analisis

baku dalam analisis kimia air sesuai dengan prosedur ASTM. Analisis kation Na, K, Ca, Mg, dilakukan dengan alat spektrometer serapan atom, analisis anion Cl^- dan SO_4^{2-} dilakukan dengan spektrometer UV-VIS pada panjang gelombang masing-masing 456 nm dan 650 nm sedangkan HCO_3^- dilakukan dengan metode tetrimetri (6). Data anion dan kation yang diperoleh *diinputkan* ke program Aquachem selanjutnya diolah menggunakan fasilitas yang tersedia dalam program tersebut dan dibuat beberapa grafik untuk mempermudah interpretasi data.

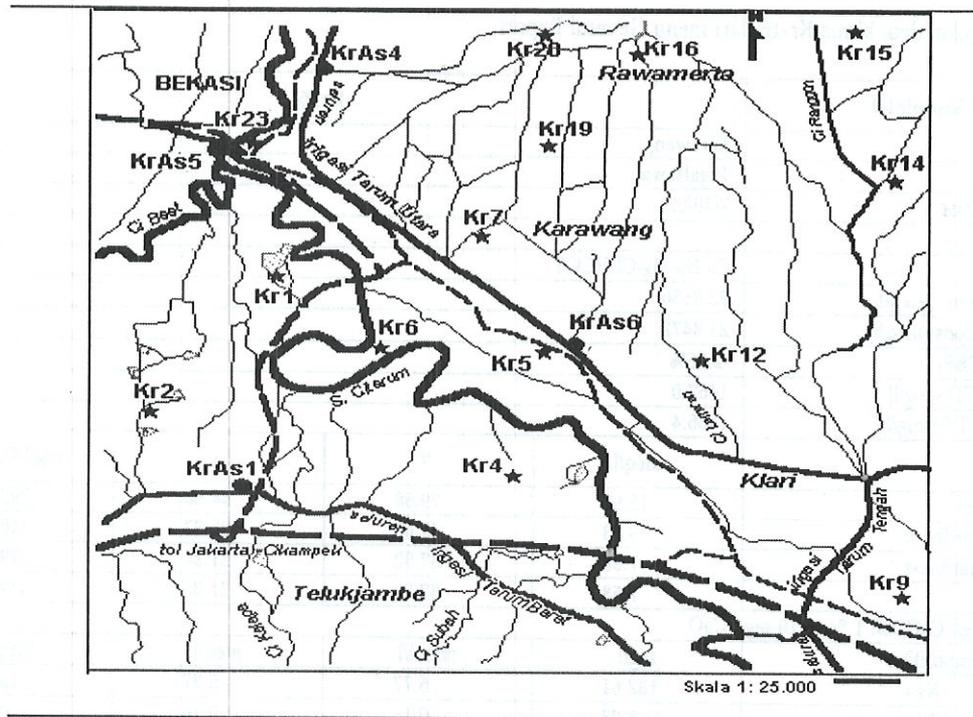
HASIL DAN PEMBAHASAN

Lokasi sampling air tanah dangkal dan air sungai Citarum daerah Karawang seperti terlihat pada Gambar 1. Hasil analisis kation dan anion air tanah dangkal dan air sungai Citarum seperti tertera pada Tabel 1. Setelah *diinputkan* ke program Aquachem, data tersebut dapat diolah sesuai dengan keperluan.

Melalui menu *General Report* dapat dilihat parameter yang dihitung seperti jumlah kation, anion, persentase kesalahan kesetimbangan muatan (CBE - *Charge Balance Error*) anion-kation, tipe air, kesadahan, alkalinitas. Parameter CBE menunjukkan seberapa baik hasil analisis di laboratorium yang dihitung sebagai berikut:

$$\text{CBE} = (\sum M_c z_c - \sum M_a z_a) / (\sum M_c z_c + \sum M_a z_a) \times 100\%$$

di mana M adalah molaritas (mmol/l), c adalah kation, a adalah anion dan z adalah muatan ion. Hasil analisis dianggap baik apabila nilai CBE kurang dari 5%. Apabila nilai CBE melebihi angka tersebut maka analisis perlu diulang atau terdapat unsur-unsur minor yang perlu *diinputkan* seperti NO_3^- , Fe, Si dll. Data konsentrasi anion dan kation yang *diinputkan* dalam satuan mg/l (ppm) juga dihitung secara otomatis ke satuan lain seperti mmol/l, meq/l, meq% dan dihitung juga rasio unsur-unsurnya. Satuan meq% digunakan untuk pembuatan grafik piper, Durov dll. Mineral terlarut yang mempengaruhi komposisi kimia air tanah tersebut misalnya halite (NaCl), anhydrite (CaSO_4), sylvite (KCl), carbonate (CaCO_3), dolomit ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) juga dapat dihitung konsentrasinya. Menu *General Report* dicontohkan dengan data Kr-16 seperti tertera pada Tabel 2.



Gambar 1. Peta lokasi sampling air tanah dangkal dan air sungai Citarum daerah Karawang

Tabel 1. Data kimia air tanah dan air sungai Citarum di daerah Karawang

No	Kode Sampel	Tanggal sampling	Lokasi	Konsentrasi (ppm)						
				Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻
1	KrSG-18	1999 (4)	Pojok Labar Alhidayah	66.40	42.80	17.50	720.00	567.40	785.10	109.60
2	KrSG-15	1999 (4)	Ayong Cemara Jaya	50.40	53.70	31.00	640.00	591.10	741.30	60.40
3	KrSB-2	1999 (4)	Mesjid Al'Jihad	40.60	14.10	9.50	788.00	174.00	1234.20	2.10
4	KrSP-1	1999 (4)	Jodi, pengkolan	35.00	21.50	9.00	360.00	284.50	511.50	2.10
5	Kr-1	15-6-2002	Resinda-Purwadana	43.28	23.88	6.12	26.52	301.08	9.37	50.92
6	Kr-2	15-6-2002	Karangligar-Margamulya	19.12	8.04	7.02	72.13	307.14	10.27	31.57
7	Kr-4	15-6-2002	Sukadana-Telukjambe	39.55	12.60	1.74	42.10	77.78	64.99	22.92
8	Kr-5	15-6-2002	Johar Barat-Adiarsa	26.48	35.42	1.04	96.73	284.26	45.18	153.85
9	Kr-6	15-6-2002	Poponcol-Karangkulon	31.92	11.32	5.49	44.74	288.84	11.73	22.53
10	Kr-7	15-6-2002	Kepuh-Karangpawitan	73.83	35.83	2.94	68.75	406.26	37.37	163.79
11	Kr-9	16-6-2002	Pancawati-	30.58	18.18	1.42	39.50	235.46	44.47	52.35
12	Kr-10	16-6-2002	Citrakebummas	4.70	17.97	0.22	79.56	370.58	51.23	164.72
13	Kr-11	16-6-2002	Gebangjaya	11.18	13.05	0.08	91.05	386.74	19.08	99.03
14	Kr-12	30-7-2002	Tumelangraya-Margasari	127.33	45.83	0.71	100.14	304.09	336.34	128.98
15	Kr-14	30-7-2002	CiranggonTimur	139.60	54.58	6.51	118.15	480.38	255.20	267.30
16	Kr-15	30-7-2002	Sumurbatu-Sukamerta	48.74	33.75	0.59	69.43	171.41	130.50	143.59
17	Kr-16	30-7-2002	Bojongloa-Tegalsawah	213.19	64.15	6.38	132.61	462.69	411.86	175.41
18	Kr-19	5-8-2002	Kiaralawang-Karang.P	70.76	49.17	3.39	94.76	518.81	78.19	166.70
19	Kr-20	5-8-2002	Krajan-Purwamekar	41.60	5.29	2.94	89.70	62.75	237.90	20.46
20	Kr-23	5-8-2002	Kaum-Kedunggede	125.38	55.00	11.28	84.29	619.76	144.99	65.98
21	KrAS-1	5-8-2002	Cisalak utara	8.84	3.95	2.69	36.67	88.45	11.129	27.08
22	KrAS-4	5-8-2002	Tunggakjati	8.37	3.86	2.56	36.92	86.93	8.33	25.16
23	KrAS-5	5-8-2002	Bekasi	9.93	4.52	3.07	39.36	89.06	10.16	41.19
24	KrAS-6	30-7-2002	Johar timur	8.29	3.83	2.56	37.16	86.93	11.40	25.16
25	Air hujan		global (5)	1.333	0.33	0.4	0.163	3.70	0.26	3.128
26	Air laut		global (5)	412.30	1291.80	399	10768.00	142.00	19353.00	2712.00

Tabel 2. Tampilan data kimia Kr-16 dari menu General Report

SampleID	Kr16			
Location	Karawang			
Site	Tegalsawah			
Sampling Date	7/30/02			
Geology				
Watertype	Ca-Na-Mg-Cl-HCO3			
Sum of Anions (meq/l)	22.8556			
Sum of Cations (meq/l)	21.8472			
Balance (CBE)	-2.26%			
Measured TDS(mg/l)	1467.0			
Calculated TDS(mg/l)	1466.4			
Hardness	meq/l	°f	°g	mg/l CaCO3
Total hardness	15.92	79.58	44.56	795.80
Permanent hardness	8.33	41.66	23.33	416.60
Temporary hardness	7.58	37.92	21.24	379.20
Alkalinity	7.58	37.92	21.24	379.20
(1 °f = 10 mg/l CaCO3/l 1 °g = 10 mg/l CaO)				
Major ion composition	mg/l	mmol/l	meq/l	meq%
Na+	132.61	5.77	5.77	12.90
K+	6.38	0.16	0.16	0.37
Ca++	213.19	5.32	10.64	23.80
Mg++	64.15	2.64	5.28	11.81
Cl-	411.86	11.62	11.62	25.99
SO4--	175.41	1.83	3.65	8.17
HCO3	462.69	7.58	7.58	16.97
Ratios	SampleID		Comparison to Seawater	
	mg/l	mmol/l	mg/l	meq%
Ca/Mg	3.32	2.02	0.32	0.19
Ca/SO4	1.22	2.91	0.15	0.36
Na/Cl	0.32	0.50	0.56	0.86
Dissolved Minerals	mg/l	mmol/l		
Halite (NaCl)	337.44	5.77		
Sylvite (KCl)	12.17	0.16		
Carbonate (CaCo3)	85.50	0.86		
Dolomite (CaMg(CO3)2)	485.81	2.64		
Anhydrite (CaSO4)	248.72	1.83		

PERCAMPURAN

Program Aguachem dapat digunakan untuk simulasi percampuran dua tipe air tanah yakni melalui menu *Mix Samples* dengan *option simple mixing*. Air tanah 1 ditambahkan melalui beberapa step (persentase) ke air tanah 2 sehingga diperoleh komposisi kimia air tanah campuran untuk tiap-tiap step. Persamaan dasar untuk percampuran yaitu: $C_1(1-n) + C_2n = C_{mix}$, dengan C adalah konsentrasi ion air 1 atau 2, n adalah persentase air 2, sedangkan C_{mix} adalah konsentrasi ion air tanah campuran. Ini dicontohkan pada Tabel 3 antara air tanah Kr-2 yang bertipe $NaHCO_3$ (air segar) dengan KrSB-2 yang bertipe NaCl. Untuk air tanah bertipe NaCl

dengan konsentrasi klorida 500-2000 ppm diklasifikasikan sebagai air agak payau (7).

Menu ini lebih jauh dapat digunakan untuk mengetahui seberapa besar (persentase) intrusi air laut pada sistem air tanah yakni melalui *option optimize*. Untuk ini dipilih air laut dengan komposisi kimia paling pekat dan air hujan yang dengan komposisi kimia sangat rendah serta salah satu air tanah yang dicurigai telah terintrusi air laut, misalnya KrSB-2. Hasil optimasi contoh air tanah KrSB-2 seperti terlihat pada Tabel 4 dan diketahui bahwa komposisi kimia air tanah KrSB-2 dipengaruhi air laut sebesar 6 %.

Menu *Mixing* juga dapat digunakan untuk simulasi proses evaporasi yakni dengan memasukkan sejumlah negatif air murni pada

option step. Untuk itu diperlukan input komposisi kimia air murni dan air hujan. Dengan cara ini dapat diketahui komposisi kimia air hujan setelah terevaporasi seperti terlihat pada Tabel 5.

Tabel 3. Percampuran Kr-2 dan KrSB-2

Solution 1: Kr2 Karangligar Na-HCO3 0003 (03)
 Solution 2: KrSB-2 Masjid Al'Jihad Na-Cl 0007 (15)

Solution	Percentage of solution 1 in target solution:						
Sol 1	1.00	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.00
Sol 2	0.00	0.90	0.80	0.70	0.60	0.50	1.00
Parameter	Concentration (mg/l)						
Na ⁺	72.10	716.41	644.83	573.24	501.65	430.07	788.00
Ca ²⁺	19.12	38.45	36.30	34.16	32.01	29.86	40.60
Mg ²⁺	8.04	13.49	12.89	12.28	11.68	11.07	14.10
Cl ⁻	10.27	1111.81	989.41	867.02	744.63	622.23	1234.20
SO ₄ ²⁻	31.57	5.05	7.99	10.94	13.89	16.84	2.10
HCO ₃ ²⁻	307.14	187.31	200.63	213.94	227.25	240.57	174.00

Tabel 4. Optimasi percampuran air laut terhadap KrSB-2

Sample 1 : air laut Na-Cl 0017
 Sample 2 : air hujan Ca-Mg-SO4 0006 (14)
 Optimized sample : KrSB-2 Na-Cl 0007 (15)
 Contribution of sample 1 : 6 %

mg/l	Sample 1	Sample 2	Sample 3	Optimized
Na ⁺	10768.00	0.16	788.00	646.23
K ⁺	399.00	0.40	9.50	24.32
Ca ²⁺	412.30	1.33	40.60	25.99
Mg ²⁺	1291.80	0.33	14.10	77.81
Cl ⁻	19353.00	0.26	1234.20	1161.43
SO ₄ ²⁻	2712.00	3.13	2.10	165.66
HCO ₃ ²⁻	142.00	3.70	174.00	11.99
pH	8.22	4.60	7.10	4.82

Tabel 5. Komposisi kimia selama air hujan mengalami evaporasi

Solution 1: air murni 0048
 Solution 2: air hujan (rata-rata) Ca-Mg-SO4 0006 (14)

Solution	Percentage of solution 1 in target solution:					
Sol 1	1.00	-0.25	-0.50	-0.75	-1.00	0.00
Sol 2	0.00	1.25	1.50	1.75	2.00	1.00
Parameter	Concentration (mg/l)					
Na ⁺	0.00	0.20	0.25	0.29	0.33	0.16
K ⁺	0.00	0.50	0.60	0.70	0.80	0.40
Ca ²⁺	0.00	1.67	1.99	2.33	2.67	1.33
Mg ²⁺	0.00	0.41	0.49	0.57	0.65	0.33
Cl ⁻	0.00	0.33	0.39	0.46	0.52	0.26
SO ₄ ²⁻	0.00	3.91	4.69	5.47	6.26	3.13
HCO ₃ ⁻	0.00	4.63	5.55	6.48	7.40	3.70
pH	7.00	4.50	4.42	4.36	4.30	4.60

GRAFIK VISUAL

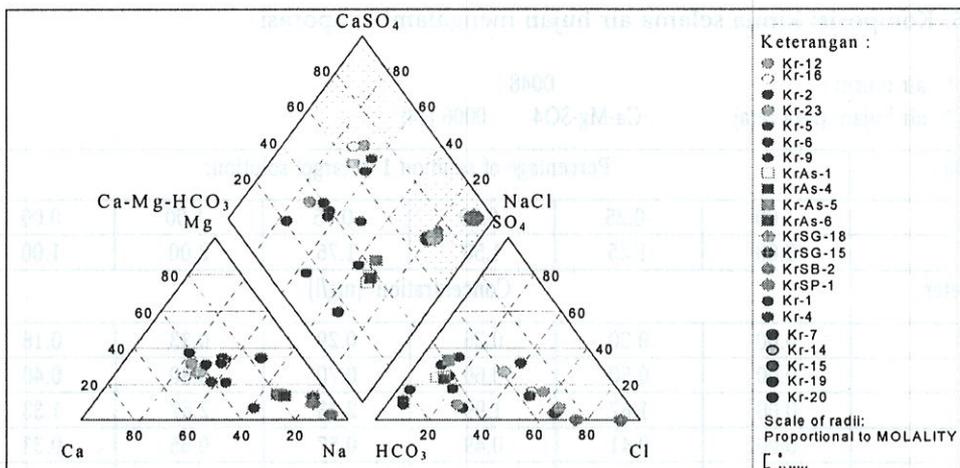
Seperti dijelaskan diatas bahwa program Aquachem dalam bidang hidrologi digunakan untuk pembuatan grafik visual. Beberapa diantaranya yang umum digunakan adalah: piper, Durov, Stiff, ternary, scatter dan Schoeller.

Diagram piper digunakan untuk mengklasifikasikan tipe air tanah dari beberapa titik dalam satu diagram dan mengidentifikasi adanya pencampuran air tanah. Anion dan kation utama diplotkan masing-masing pada segitiga sama sisi dengan satuan meq/l % kemudian diproyeksikan pada segi empat. Ada 4 tipe air tanah yang dapat diidentifikasi melalui diagram piper ini yaitu: NaCl, NaHCO₃, Ca-Mg-HCO₃, dan CaSO₄. Dari Gambar 2 terlihat bahwa sumur KrSG-15, KrSB-2 dan KrSP-1 mempunyai tipe air NaCl atau air asin, kemungkinan sumur tersebut telah mengalami pencampuran dengan air laut sedangkan air sungai Citarum (KrAs-1,4,5,6) dan Kr-2 bertipe NaHCO₃ yang menunjukkan bahwa air tersebut adalah air segar yang umum terdapat pada air pegunungan. Sedangkan dua tipe air tanah lainnya menunjukkan adanya pelarutan mineral anhidrit gypsum - CaSO₄ dan karbonat - Ca(Mg)HCO₃. Akan tetapi letak titik-titik tersebut pada diagram piper tampaknya tidak sangat dominan bertipe air tanah tertentu (kecuali KrSB-2) melainkan telah terjadi pencampuran seperti Kr-5 yang terletak di tengah segiempat.

Diagram Stiff digunakan untuk mengetahui tipe air tanah tiap-tiap titik dalam satu gambar. Konsentrasi ion dalam meq/l diplotkan pada bidang horisontal sedangkan kation diplotkan di sebelah kiri dan anion di sebelah kanan pada

bidang vertikal sehingga titik data akan membentuk suatu poligon. Keuntungan dari diagram ini adalah tiap-tiap tipe air akan menghasilkan bentuk poligon tertentu sehingga mempermudah interpretasi. Diagram Stiff juga dapat dipakai untuk mengevaluasi perubahan komposisi atau kualitas kimia air tanah pada suatu lokasi selama selang waktu tertentu. Perubahan tersebut dapat disebabkan karena air tanah tersebut dapat disebabkan karena air tanah melalui formasi geologi yang berbeda atau melalui kondisi sub-permukaan yang berbeda. Seperti yang terlihat pada Gambar 3 untuk titik data Kr-6, KrSB-2 dan Kr-5 yang mempunyai bentuk poligon berbeda dengan tipe air tanah berturut-turut NaHCO₃, NaCl, dan Na Mg HCO₃SO₄.

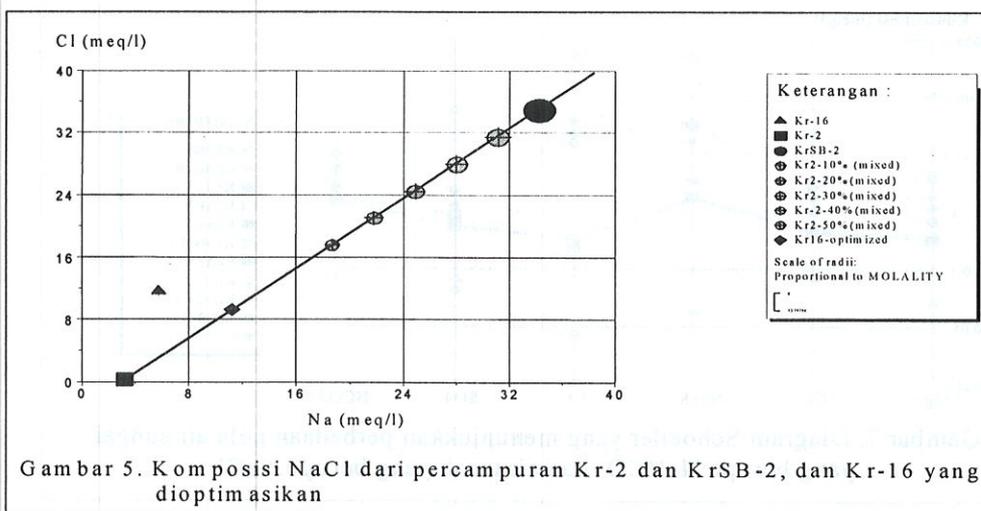
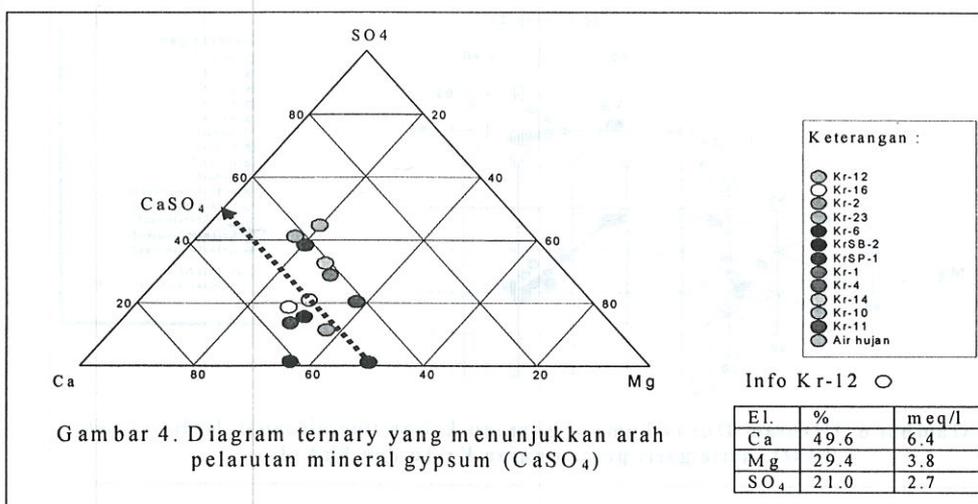
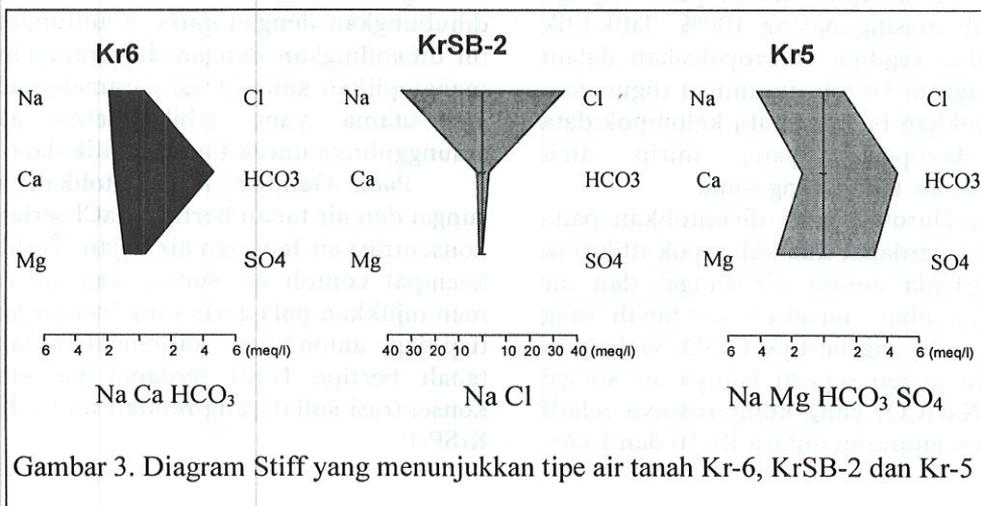
Diagram ternary digunakan untuk menentukan kecenderungan atau hubungan antara tiga parameter yang berbeda dari sekumpulan data. Diagram ini lebih mudah dimengerti daripada diagram piper atau Durov karena melibatkan lebih sedikit parameter dan tidak memproyeksikan titik-titik data. Diagram ini juga menampilkan konsentrasi relatif satu parameter terhadap jumlah konsentrasi tiap-tiap parameter. Tiap ujung diagram ternary mewakili konsentrasi 100% untuk parameter yang diletakkan pada ujung tersebut dan sebaliknya 0% pada ujung yang berlawanan. Pada Gambar 4 dipilih parameter Ca-SO₄-Mg dari beberapa titik data untuk mengetahui apakah ada kecenderungan pelarutan mineral anhidrite gypsum (CaSO₄) yang mempengaruhi komposisi kimia air tanah. Dari gambar tersebut terlihat ada beberapa titik data air tanah yang mengikuti arah garis pelarutan mineral anhidrite gypsum seperti halnya air hujan.



Gambar 2. Diagram piper air tanah dangkal dan air sungai Citarum daerah Karawang

Diagram scatter umum digunakan untuk pembuatan grafik, akan tetapi dalam program Aquachem diagram tersebut tersedia fasilitas untuk menampilkan ukuran simbol secara proposional dengan suatu parameter (misalnya parameter yang dihitung molalitas) sehingga secara sepiantas dapat dibandingkan konsentrasi

satu titik terhadap yang lain. Pada Gambar 5 ditampilkan garis percampuran antara air segar Kr-2 dan air agak payau KrSB-2 serta optimasi Kr-16. Pada garis tersebut dicantumkan juga persentase percampurannya secara gradual yang terlihat dari ukuran simbol. Konsentrasi percampuran dapat diakses dari database yang



dihitung dengan menu *Mix Samples*. Melalui gambar tersebut dapat diperkirakan $\pm 25\%$ air tanah KrSB-2 mempengaruhi kandungan Na-Cl pada air tanah Kr-16 yang dioptimalkan.

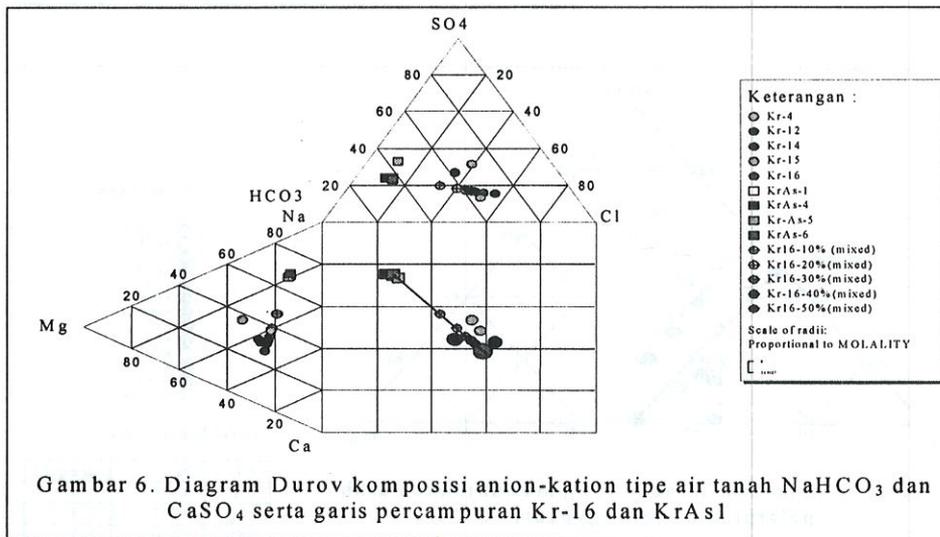
Seperti halnya diagram piper, diagram Durov juga mengplotkan ion-ion utama dalam satuan persen equivalen pada dua segitiga sama sisi. Total anion maupun kation pada segitiga tersebut adalah masing-masing 100%. Titik-titik data pada kedua segitiga diproyeksikan dalam segiempat. Diagram Durov umumnya digunakan untuk menunjukkan bahwa suatu kelompok data mempunyai komposisi yang mirip atau mempunyai tipe air tanah yang sama.

Diagram Durov seperti dicontohkan pada Gambar 6, yaitu terdapat dua kelompok titik-titik data yang berbeda antara air sungai dan air tanah. Dalam gambar tersebut air tanah yang dipilih lebih cenderung bertipe CaSO_4 walaupun tidak terlalu homogen seperti halnya air sungai yang bertipe NaHCO_3 yang komposisinya relatif sama. Garis percampuran antara Kr-16 dan KrAs-

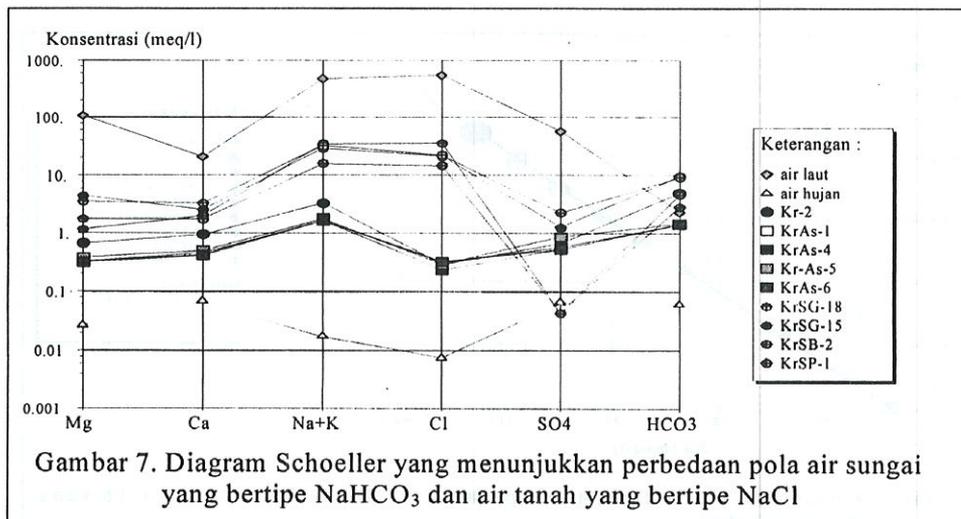
1 menunjukkan hingga komposisi Kr-16 sebesar 20% masih lebih cenderung bertipe CaSO_4 .

Diagram semi-logaritma yang ini dikembangkan oleh Schoeller (tahun 1962) dimaksudkan untuk mendemonstrasikan perbedaan hidrokimia tipe air dengan satuan milliequivalen per liter pada diagram yang sama. Masing-masing parameter dalam satu contoh dihubungkan dengan garis. Keuntungan diagram ini dibandingkan dengan diagram piper adalah menampilkan konsentrasi parameter seluruh ion-ion utama yang lebih detail atau yang sesungguhnya untuk tiap-tiap titik data.

Pada Gambar 7 dicontohkan antara air sungai dan air tanah bertipe NaCl serta gambaran konsentrasi air laut dan air hujan. Terlihat bahwa keempat contoh air sungai dan air tanah Kr-2 menunjukkan pola garis yang hampir sama untuk tiap-tiap anion dan kationnya sedangkan air tanah bertipe NaCl terdapat perbedaan pada konsentrasi sulfat yang rendah untuk KrSB-2 dan KrSP-1.



Gambar 6. Diagram Durov komposisi anion-kation tipe air tanah NaHCO_3 dan CaSO_4 serta garis percampuran Kr-16 dan KrAs1



Gambar 7. Diagram Schoeller yang menunjukkan perbedaan pola air sungai yang bertipe NaHCO_3 dan air tanah yang bertipe NaCl

KESIMPULAN

Dari pengolahan data anion dan kation air tanah dangkal dan air sungai Citarum daerah Karawang dengan program Aquachem diketahui bahwa air sungai Citarum bertipe NaHCO_3 atau air segar sedangkan sebagian air tanah dangkal bertipe NaCl atau air agak payau. Tetapi sebagian besar air tanah dangkal tersebut menunjukkan adanya percampuran antara NaHCO_3 , CaSO_4 dan Ca-Mg-HCO_3 . Program ini juga dapat digunakan untuk mengetahui komposisi percampuran antara dua jenis air dan mengoptimasikan komposisi kimia suatu air tanah. Air tanah KrSB-2 dioptimasikan telah tercampur air laut sebesar 6 %.

DAFTAR PUSTAKA

1. LUCAS CALMBACH AND WATERLOO HYDROGEOLOGIC, Aquachem User's Manual, Waterloo Hydrogeologic Inc, Ontario-Canada 1998-1999.
2. ALBRECHT LEIS, Aqueous geochemical data management, interpretation and modelling using Aquachem and Phreeqc, paper TC on Hydrology - IAEA-Joanneum IHG Research, Graz 2002
3. PUSAT STATISTIK KABUPATEN KARAWANG, Karawang Dalam Angka, Pemda Karawang 2000
4. MANARIS PASARIBU dan WAWAN SUNKOWO E, Peta Hidrogeologi Indonesia 1:100.000 Catatan Penerangan Lembar 1209-5 Karawang dan 1210-2 Sadari, Laporan No: 42/LAP/PHPA/1998, Departemen Pertambangan dan Energi-Direktorat Jenderal Geologi dan Sumber Daya Mineral, Direktorat Geologi dan Tata Lingkungan, Bandung 1999
5. IAN CLARK dan PETER FRITZ, Environmental Isotopes in Hydrogology, Lewis publishers, Boca-Ratan, New York 1997
6. UNDERWOOD, A.L and DAY, R.A, Analisis Kimia Kuantitatif, Edisi 4, penerbit Erlangga, Jakarta (1983).
7. DINAS GEOLOGI dan TATA LINGKUNGAN, Studi Observasi Intrusi Air Asin di DKI Jakarta, Dinas Pertambangan DKI Jakarta, Jakarta 1986

DISKUSI

Ira Ariati / PT. BATAN Teknologi (Persero)

1. Sejauh mana program Aquachem dapat diimplementasikan dalam menentukan intrusi air laut sehingga dapat digunakan dalam deteksi dini pencemaran air untuk dapat disinergikan dengan Kementerian Lingkungan Hidup?
2. Bagaimana program Aquachem ini disosialisasikan kepada pengguna/masyarakat.

E. Ristin P.I

1. Program Aquachem menyediakan menu percampuran antara dua tipe air, misal air laut (air asin) dan air tawar sehingga komposisi "air baru" dapat diketahui. Menu ini juga dapat digunakan untuk mengestimasi berapa persen intrusi air laut pada sistem air tanah seperti yang dicontohkan pada tabel 4, dimana Kr-SB2 diestimasi telah tercampur air laut sebesar 6%. Sejauh pengetahuan penulis, Kementerian Lingkungan Hidup atau Dinas Geologi dan Tata Lingkungan (DGTL) telah mengidentifikasi daerah-daerah yang telah terintrusi air laut tetapi estimasi hingga berapa persen belum/tidak dihitung atau dipublikasikan.
2. Program Aquachem mulai disosialisasikan melalui berbagai *training* hidrologi oleh IAEA sekitar tahun 2002, sehingga kemungkinan masyarakat/pengguna yang berkecimpung dalam bidang hidrologi di Indonesia belum banyak yang mengetahui. Melalui seminar seperti ini program Aquachem dapat disosialisasikan.

Sudrajat I

Apakah hasil estimasi dengan rumus yang ada/dipakai sama dengan kenyataan di lapangan?.

E. Ristin P.I

Daerah Karawang bagian utara, seperti halnya daerah pantai lainnya, menurut DGTL air tanah dangkalnya telah tercampur dengan air laut sehingga tidak dapat digunakan untuk air minum. Komposisi hidrokimianya adalah NaMgClSO_4 dengan total zat padat terlarut (TDS) lebih dari 1000 ppm. Dari diagram Stiff, diketahui tipe air tanah Kr-SB2 adalah NaCl sehingga diestimasi telah tercampur air laut.

Tavip Dwikorianto (Pertamina)

Apakah program Aquachem dapat diaplikasikan dalam bidang geothermal khususnya untuk analisa contoh air (mata air panas/air separasi SPW) ?

E. Ristin P.I

Dalam program Aquachem tersedia juga grafik visual khusus untuk bidang geothermal yaitu geothermometer plot yang terdiri atas grafik $\log(K)-1000/T$ dan segitiga K-Mg-Na. Jika geothermometer yang disediakan Aquachem tidak sesuai seperti yang dibutuhkan maka dapat dipilih parameter lain misal Na-K-Ca, Na-K-Ca-Mg, Na/K FOUR73 dan sebagainya. Selain itu juga tersedia perhitungan temperature dengan parameter isotop.

Yeni Yulyaningsih

1. Apa saja yang harus diperhatikan agar penggunaan Aquachem memberikan hasil yang baik?.
2. Apakah Aquachem mengakomodasi seluruh prosedur kerja?

E. Ristin P.I

1. Agar penggunaan program Aquachem memberikan hasil yang baik maka parameter CBE (balance) harus benar-benar diperhatikan. Parameter ini digunakan untuk pengecekan data seberapa baik hasil analisis yang dilakukan di laboratorium. Nilai CBE yang direkomendasikan adalah -5% hingga +5%. Apabila nilai tersebut melebihi batas tersebut maka hasil analisis kurang bagus dan disarankan untuk mengulangi analisa atau memasukkan hasil analisa anion-kation minor dari air tanah, misal HNO_3^- , F⁻, I⁻, Fe^{2+} , Mn^{2+} dan sebagainya terutama untuk daerah-daerah ekstrem, misal daerah geothermal, pantai, pertanian dan daerah terkontaminasi.
2. Seperti halnya program pengolahan data lainnya, program Aquachem mengakomodasi apapun nilai yang *diinputkan* baik parameter kimia, isotop ataupun fisik tetapi sebaiknya prosedur kerja mengacu pada ASTM sehingga diperoleh nilai CBE yang bagus.