

PAIR/P.291/1988

PENENTUAN KLASIFIKASI AIR TANAH DENGAN
DIAGRAM PAPER TRILINIER DAN
DIAGRAM STIFF

N. Laksmi, Zainal Abidin,
Indrojono, dan Agus Martinus

PENENTUAN KLASIFIKASI AIR TANAH DENGAN DIAGRAM PAPER TRILINIER DAN DIAGRAM STIFF

N. Laksminingpuri*, Zainal Abidin*, Indrojono*, dan Agus Martinus*

ABSTRAK

PENENTUAN KLASIFIKASI AIR TANAH DENGAN DIAGRAM PIPER TRILINIER DAN DIAGRAM STIFF. Telah dilakukan interpretasi hasil analisis hidrokimia untuk contoh Semarang dan Jakarta dengan menggunakan diagram piper trilinear dan stiff. Kedua diagram tersebut dapat menjelaskan klasifikasi tentang asal-usul air tanah dan proses intrusi air laut. Dalam klasifikasi piper trilinear, air tanah Semarang dan Jakarta terletak pada 3 sub-daerah. Sub-daerah itu adalah Mg-Ca-HCO₃, Na-K-HCO₃, dan Na-K-Cl. Adanya intrusi air laut terlihat pada contoh no. 24, 34, 43, dan 37 (Semarang) serta no. 103,97 (Jakarta) yang letaknya pada sub daerah Na-K-Cl. Adapun dalam diagram Stiff, air tanah yang berasal dari sumber yang berbeda mempunyai pola yang berbeda pula.

ABSTRACT

DETERMINATION OF GROUNDWATER CLASSIFICATION USING PIPER TRILINIER AND AND STIFF DIAGRAMS. Interpretation of hydrochemistry analysis was carried out for samples of Semarang and Jakarta using Piper Trilinear and Stiff diagrams. Both of diagrams can describe the classification of groundwater origin and sea water intrusion process. In the piper trilinear classification, Semarang and Jakarta groundwater lies in 3 sub areas. The sub areas are Mg-Ca-HCO₃, Na-K-HCO₃, and Na-K-Cl. Sea water intrusion presence of Semarang can be seen in samples no. 24, 34, 43, and 37 whereas Jakarta in samples no. 103,97 which is located on Na-K-Cl sub area. In the Stiff diagram, groundwater which comes from different source has different pattern.

PENDAHULUAN

Air merupakan salah satu kebutuhan pokok bagi manusia dalam kelangsungan hidupnya. Air yang ada di alam terdiri atas tiga macam, yaitu air hujan, air permukaan, dan air tanah. Ketiganya itu saling bergantung dan berada dalam sistem siklus hidrologi. Air hujan turun ke permukaan bumi dari atmosfer, kemudian merembes ke dalam tanah dan mencapai lapisan penampung air (akifer). Aliran air tanah dalam lapisan akifer bergerak mengikuti kemiringan

lapisan sesuai dengan keadaan topografi. Dalam pergerakannya, air tanah berinteraksi dengan lapisan batuan yang dilalui. Mineral yang turut menyertainya mengalami peristiwa kimia-fisika dengan melalui mekanisme kesetimbangan serta terjadi pelarutan dan pertukaran ion (ion exchange), sehingga kandungan kimiawinya mempunyai ciri-ciri khusus (1).

Klasifikasi dan asal-usul air tanah berdasarkan analisis mineral yang larut dapat dijelaskan dengan menggunakan diagram Stiff dan diagram Piper Trilinear. Lebih jauh kedua diagram tersebut juga dapat menggambarkan ada-

* Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi, BATAN

nya proses pencampuran dari sumber air tanah yang berbeda atau intrusi air laut. Mineral yang dianalisis terdiri dari ion-ion Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , HCO_3^- , dan SO_4^{2-} . Dalam diagram Stiff, jumlah miliekivalen kation dan anion menggambarkan pola-pola tertentu dari air tanah, sedangkan untuk diagram piper kesetimbangan kelompok kation dan anion diproyeksikan pada bidang intan yang menggambarkan origin air tanah (1).

Kandungan Kimiawi Air Tanah. Kandungan kimiawi air tanah ditentukan oleh unsur-unsur kimia dan biologi, kandungan sedimen, dan suhu. Hal tersebut sangat penting di dalam penentuan kualitas air tanah untuk beberapa penggunaan, seperti sumber air untuk umum, irigasi, industri, pendingin, pemanas, pembangkit tenaga. Kandungan mineral air tanah yang dibawa dimulai dari proses pelarutan partikel di atmosfer dan reaksi-reaksi yang terjadi akibat interaksi dari batuan yang dilalui sampai air tanah keluar melalui mata air atau dipompa dari sumur bor. Dengan demikian, kandungan kimiawi air tanah dapat menunjukkan asal-usul dan sejarahnya. Faktor-faktor yang mempengaruhi kandungan kimiawi air tanah adalah hujan di atmosfer, mineral-mineral, dan batuan dalam tanah serta leaching (pelindian) (1).

Unsur-unsur Kimia Air Hujan. Umum-

nya sumber air tanah berasal dari air hujan. Air tersebut masuk/meresap ke dalam tanah melalui permukaan bumi, kemudian mengalami peristiwa perkolasi dan filtrasi mencapai zone jenuh.

Air hujan banyak membawa mineral-mineral yang berasal dari pelarutan partikel-partikel di atmosfer, antara lain nitrat, klorida, sulfat, kalsium, natrium, bikarbonat, dan magnesium. Kandungan mineral-mineral tersebut dalam air hujan tergantung pada garis pantai yang pada umumnya mengalami penurunan konsentrasi apabila jaraknya semakin jauh dari garis pantai (4). Selain itu kegiatan industri dan gunung api juga dapat mempengaruhi konsentrasi ion-ion tersebut dalam air hujan. Sumber terbesar klorida adalah air laut, tetapi ratio Cl/Na dalam air tanah umumnya lebih kecil dari air laut, hal ini menunjukkan kelebihan Na , yang mungkin berasal dari tanah (1).

Pengaruh Akifer dan Batuan. Secara kontinu air bergerak ke bawah dan akhirnya menjadi air tanah yang selanjutnya berinteraksi dengan unsur-unsur tanah dan batuan dalam akifer.

Air tanah cenderung mempunyai kualitas yang baik, kecuali bila berada dalam akifer yang sangat dalam atau berada dalam daerah kaya mineral atau sirkulasi yang bersentuhan dengan air tanah brine (evaporites). Umumnya air tanah yang melalui batuan igneos dan batuan kristal mempunyai mutu yang pa-

ling baik dengan konsentrasi garam umumnya di bawah 100 mg/l dan jarang sekali di atas 500 mg/l (1).

Air dapat juga menjadi sadah tergantung pada mineral-mineral dalam batuan, seperti silika tinggi, magnesium yang tinggi, sedikit asam, atau sedikit alkali. Air dari batuan vulkanik juga bermutu baik, biasanya kandungan HCO_3 relatif tinggi. Demikian pula dengan batuan sedimen. Air yang berasal dari batuan sandstone kemungkinan mempunyai Na dan HCO_3 yang tinggi, sedangkan yang berasal dari daerah shale airnya sedikit asam dan mengandung Fe, SO_4 , dan F tinggi. Batuan kapur mempunyai air yang sedikit alkali dan mengandung Ca dan Mg relatif tinggi.

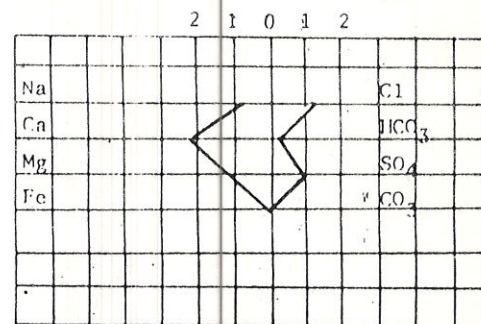
Air di daerah yang alluvial mengandung batuan sedimen mengandung Ca, Mg, HCO_3 , dan SO_4 . Umumnya Na dan Cl dipengaruhi oleh banyaknya pelindian (leaching), konsentrasi di lapisan permukaan tanah serta kontak dengan air connate pada akifer yang dalam. Jika mengandung batuan karbonat, air di daerah ini akan mengandung Ca, Mg, dan HCO_3 . Batuan gipsum dan anhidrat merupakan penyumbang Ca dan SO_4 .

Garam-garam yang terlarut dalam air tanah terutama terdiri dari Na, Ca, Mg, K, Cl, SO_4 , HCO_3 , dan CO_3 . Klasifikasi air tanah digambarkan dengan menggunakan diagram piper trilinear dan diagram stiff. Menurut diagram piper air tanah dikelompokkan menjadi

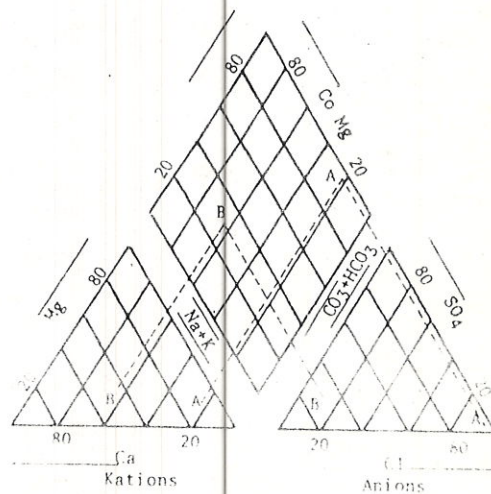
kelompok kalsium-bikarbonat, kalsium-natrium-klorida, natrium-kalsium-magnesium-klorida-sulfat, dan sebagainya (Piper, 1944). Pengelompokan air ini dapat membantu penggambaran secara umum tipe-tipe dan asal-usul geokimia air tanah (7).

Diagram Stiff dan Piper Trilinear.

Untuk mengetahui klasifikasi serta kemungkinan terjadinya proses intrusi air laut dan asal-usul lokasi dari studi hidrokimia digunakan diagram stiff dan diagram piper trilinear (Gambar 1a dan 1b). Kedua diagram tersebut menggambarkan pola atau bentuk khas dari masing-masing sumber (2).



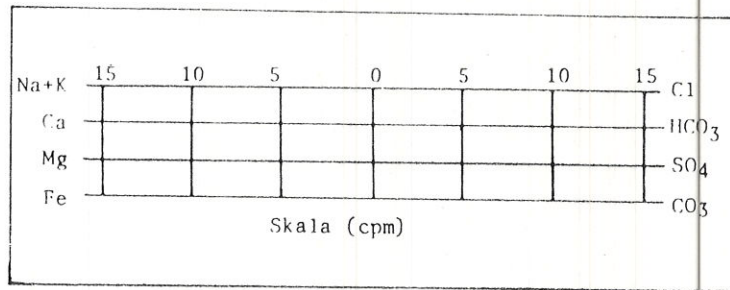
Gambar 1a. Diagram Stiff.



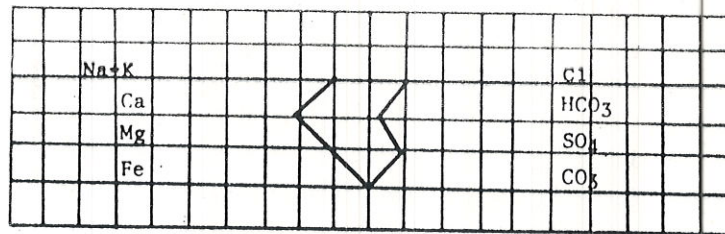
Gambar 1b. Diagram piper trilinear.

Diagram Stiff. Diagram stiff pertama kali dikemukakan oleh HENRY A. STIFF, JR (6). Ciri-ciri dari sistem pola ini adalah grafik, seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2, berupa garis horisontal yang diperpanjang ke kanan dan ke kiri dari garis vertikal pada titik nol. Ion-ion positif diplot

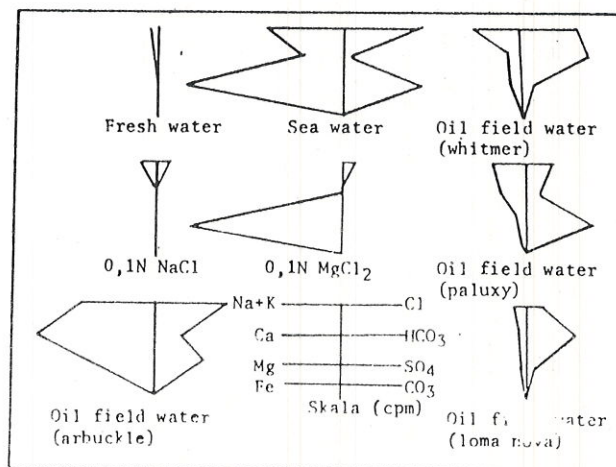
di sebelah kiri sedangkan ion-ion negatif diplot di sebelah kanan. Lalu pada pola tersebut diberi skala. Satuan kimia yang dipergunakan adalah epm. Apabila titik-titik dari anion dan kation telah digambarkan pada grafik, maka masing-masing titik dihubungkan dengan garis, seperti yang diperli-



Gambar 2. Sistem analisis pola diagram Stiff.



Gambar 3. Metode penggambaran pola herdasar diagram Stiff.



Gambar 4. Berbagai pola air berdasar diagram Stiff.

hatkan pada Gambar 3, yang selanjutnya membentuk pola tertutup. Diagram stiff pada Gambar 4 memperlihatkan tipe-tipe air seperti tipe fresh water, tipe air laut, larutan kimia, dan oil field brines (6).

Diagram Piper Trilinier. Dalam metode grafik ini, semua kelimpahan unsur-unsur yang kecil dijumlahkan dengan tiga unsur mayor yang masing-masing dihubungkan dengan sifat kimianya. Air dalam metode ini digambarkan hanya mengandung tiga unsur kation dan tiga unsur anion. Konsentrasi dari unsur-unsur terlarut dihitung dalam bentuk persen ekuivalen (7).

Diagram ini menggambarkan gabungan tiga bidang yang berbeda, dua bidang berbentuk segitiga terletak di kiri bawah dan kanan bawah, masing-masing merupakan kelompok kation dan anion, satu bidang lagi berbentuk intan merupakan proyeksi dari bidang segitiga anion dan kation. Bidang intan itu akan memperlihatkan secara keseluruhan sifat kimia air. Bidang intan dibagi menjadi 4 sub-daerah seperti Gambar 5. Subdaerah 1 adalah daerah $Mg-Ca-HCO_3$ (>50%), sub-daerah 2 adalah daerah $Na-K-HCO_3$ (>50%), sub daerah 3 adalah daerah $Na-K-Cl-SO_4$ (>50%) dan sub daerah 4 adalah daerah $Mg-Ca-Cl-SO_4$ (>50%). Satuan yang dipergunakan pada ketiga bidang tersebut di atas masing-masing dibagi dalam 100 persen ekuivalen (5).

BAHAN DAN METODE

Pengambilan Contoh/Sampel. Contoh air tanah diambil dari sumur bor dan mata air di Jakarta, Semarang, dan sekitarnya. Untuk keperluan analisis hidrokimia, contoh air tanah dimasukkan ke dalam botol plastik satu liter. Semua contoh yang diambil dianalisis langsung di tempat pengambilan contoh, antara lain: suhu, pH, konduktiviti, dan turbiditi. Umumnya contoh air tanah dibedakan atas tiga kedalaman berdasarkan pada daerah akifer (3). Lihat Gambar 8 dan 9 (peta) terlampir.

Analisis Hidrokimia. Analisis contoh air tanah dilakukan dengan menentukan kandungan ion-ion sulfat (SO_4^{2-}), klor (Cl^-), magnesium (Mg^{2+}), kalsium (Ca^{2+}), natrium (Na^+), kalium (K^+), dan bikarbonat (HCO_3^-). Analisis contoh air dilakukan sebagai berikut :

- Analisis anion HCO_3^- . Analisis anion HCO_3^- dilakukan dengan metode titrasi alkalimetri (volumetri), contoh air tanah dititar dengan larutan asam sulfat (H_2SO_4) 0,01 N dengan indikator merah metil.
- Analisis anion Cl^- . Analisis anion Cl^- dilakukan dengan menambahkan larutan $Fe(NH_4)(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ dan larutan jenuh $Hg(CNS)_2$ dalam etanol ke dalam contoh air, lalu dibuat kalibrasi standar Cl^- 100 ppm, pengukuran dilakukan dengan meng-

gunakan Spektrometer UV-Visible pada panjang gelombang 456 nm.

- c). Analisis anion SO_4^{2-} . Analisis anion ini dilakukan dengan menambahkan larutan HCL 1:10 dan larutan BaCl_2 stabil ke dalam contoh, lalu dibuat kalibrasi standar 120 ppm dengan konsentrasi yang berbeda dan perlakuan yang sama seperti contoh. Kemudian diukur dengan Spektrometer UV-Vis pada panjang gelombang 650 nm.
- d). Analisis kation Na^+ . Analisis kation ini dilakukan dengan menambahkan larutan K 10.000 ppm ke dalam contoh, kemudian dibuat kalibrasi standar Na 100 ppm dengan konsentrasi yang berbeda dan ditubuhikan larutan K 10.000 ppm. Kandungan ion natrium ditentukan dengan menggunakan Spektrometer Serapan Atom (Atomic Absorption Spectrometry).
- e). Analisis kation Mg^{2+} . Analisis kation ini dilakukan dengan menambahkan larutan La 10.000 ppm ke dalam contoh air tanah, kemudian dibuat kalibrasi standar larutan Na 100 ppm dengan konsentrasi yang berbeda dan ditubuhikan larutan K 10.000 ppm. Pengukuran kation Mg^{2+} dilakukan dengan menggunakan Spektrometer Serapan Atom (AAS).
- f). Analisis kation Ca^{2+} . Analisis kation ini dilakukan dengan menambahkan larutan La 10.000 ppm ke dalam

contoh, kemudian kalibrasi standar dibuat dari larutan standar Ca 100 ppm dengan konsentrasi yang berbeda, kemudian ditubuhikan larutan K 10.000 ppm. Pengukuran kation ini dilakukan dengan mempergunakan Spektrometer Serapan Atom (AAS).

- g). Analisis kation K^+ . Analisis kation ini dilakukan dengan menambahkan larutan Cs 10.000 ppm ke dalam contoh, kemudian kalibrasi standar dibuat dari larutan standar K 100 ppm dengan konsentrasi yang berbeda, kemudian ditambahkan larutan Cs 10.000 ppm. Pengukuran kation ini dilakukan dengan mempergunakan Spektrometer Serapan Atom (AAS).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil interpretasi analisis hidrokimia yang dilakukan dengan menggunakan diagram Piper trilinear dan diagram Stiff untuk contoh air tanah Jakarta dan Semarang diperoleh gambaran tentang asal-usul dan proses pencampuran (mixing) air tanah.

Secara umum, kelompok air tanah menempati sub-sub daerah pada bidang intan dari diagram piper, yang merupakan proyeksi dari mineral yang terlarut dalam air tanah (Cl^- , HCO_3^- , SO_4^{2-} , K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}) serta menggambarkan secara keseluruhan sifat kimia air (5). Keempat sub-daerah tersebut masing-masing menggambarkan ion-ion yang menonjol dari air tanah (>50%).

Pada Gambar 6, tampak kelompok air tanah tersebar hanya pada tiga sub daerah, yaitu sub daerah Na-K-HCO₃, Mg-Ca-HCO₃, dan Na-K-Cl. Sebaran air tanah tidak dijumpai pada sub daerah Mg-Ca-Cl-SO₄. Hal ini berarti tidak ada air tanah yang melewati/berasal dari batuan kapur, gipsum, dan anhidrat.

Pada contoh air tanah Semarang, untuk sumber no. 9, 18, 20, 22, 33, 35, 40, dan 41 pada peta geologi Semarang terletak di daerah formasi damar dan dalam diagram stiff termasuk dalam kelompok Mg-Ca-HCO₃, sedangkan no. 2, 3, 5, 6, 12, 34, dan 50 merupakan kelompok Na-k-HCO₃ dan terletak pada formasi geologi alluvium/delta garang. Dengan diagram stiff, tampak perbedaan bentuk dari kedua daerah tersebut (daerah Mg-Ca-HCO₃ dan Na-K-HCO₃) seperti yang terlihat pada Gambar 7 (lampiran 3). Kedua contoh di atas dengan jelas memperlihatkan bahwa diagram piper dan diagram stiff dapat membedakan dua asal sumber air tanah dan batuan yang dilewati. Untuk kelompok Na-K-Cl yaitu no. 24, 37, dan 43, umumnya terletak di daerah pantai pada formasi alluvium/delta garang dengan kedalaman lebih dari 80 m. Hal tersebut menunjukkan adanya proses pencampuran air tanah dengan air laut (intrusi). Pola pencampuran antara air tanah dari kelompok Na-K-HCO₃ dan air laut terlihat pada diagram piper. Letak titik air tanah pada daerah Na-K-Cl seperti no.

24, 43, dan 37 menunjukkan tingkat intrusi yang terjadi pada kawasan tersebut.

Demikian halnya untuk contoh air tanah Jakarta yang umumnya merupakan air tanah permukaan dengan kedalaman antara 18-97 m, letaknya pada diagram piper tersebar pada sub daerah Mg-Ca-HCO₃, Na-K-HCO₃, dan Na-K-Cl. Sama halnya dengan contoh air tanah Semarang, sebaran contoh air tanah Jakarta tidak dijumpai pada sub-daerah Ca-Mg-Cl-SO₄. Pada sumber no. 70, 71, 77, 78, 79, 80, 81, dan 83 dalam diagram piper terletak pada sub daerah Mg-Ca-HCO₃. Menurut Piper (5), sub-daerah ini termasuk sub daerah 1 yang didominasi oleh alkali tanah dan asam lemah. Contoh air tanah tersebut di atas diperkirakan berasal dari akifer atas di daerah coastal-plain sedimen, sedangkan no. 64, 75, 76 termasuk kelompok Na-K-HCO₃ yang diperkirakan berasal dari batuan sandstone (1). Pada diagram stiff kedua kelompok tersebut juga memperlihatkan perbedaan pola-pola yang terbentuk (Gambar 7). Dengan demikian, kedua diagram ini dapat membedakan dengan jelas dua asal sumber air tanah dari kedua contoh di atas serta batuan yang dilewati. Kelompok Na-K-Cl seperti no. 103 dan 97 yang pada peta geologi Jakarta terletak di tepi pantai menunjukkan adanya proses pencampuran air tanah dengan air laut (intrusi). Pola yang terbentuk pada Gambar 6 memperlihatkan tingkat

intrusi air tanah dengan air laut yang terjadi pada daerah tersebut.

Dengan demikian, kedua diagram ini dengan jelas dapat membedakan perbedaan asal sumber air tanah dan batuan yang dilewati.

KESIMPULAN

Beberapa hal yang dapat disimpulkan setelah melakukan interpretasi hasil analisis hidrokimia air tanah dengan metode diagram Piper trilinear dan diagram Stiff adalah sebagai berikut.

1. Kelompok-kelompok air tanah dapat dibedakan dengan melihat sebarannya pada diagram piper yang tampak tersebar di tiga sub daerah pada bidang intan (bidang proyeksi), yaitu daerah $Mg-Ca-HCO_3$, $Na-K-HCO_3$, dan $Na-K-Cl$ (Gambar 6). Letak titik pada sub-sub daerah-daerah menunjukkan asal sumber dan batuan yang dilewati.
2. Dengan diagram stiff tampak pula perbedaan pola yang terbentuk (Gambar 7). Perbedaan pola ini menunjukkan dominasi ion-ion pada air tanah yang dapat dipakai sebagai petunjuk untuk menentukan asal-usul serta batuan yang dilewati.
3. Adanya percampuran air tanah dengan air laut (intrusi) tampak pada diagram piper (Gambar 6) untuk contoh no. 5, 6, 34 (kelompok $Na-K-HCO_3$)

dan no. 24, 43, 37 (kelompok $Na-K-Cl$). Letak titik air tanah pada daerah $Na-K-Cl$ yang ditunjukkan oleh no. 24, 43, 37 (Semarang) dan No. 103,97 (Jakarta) menunjukkan tingkat intrusi air laut yang terjadi pada kawasan tersebut

DAFTAR PUSTAKA

1. BOUWER, M.A., Groundwater Hydrology, Mc. Graw-Hill Book Company, New York (1978).
2. INDROJONO, ABIDIN, Z., dan WANDOWO, "Studi pendahuluan groundwater Semarang menggunakan isotop alam", Aplikasi Isotop dan Radiasi (Simposium III, Jakarta, 1986), BATAN, Jakarta (1988) 135.
3. WANDOWO, INDROJONO, MANURUNG, S., SYAFALNI, dan ABIDIN, Z., Groundwater Studies in Jakarta and Vicinity, Centre for The Application Isotopes and Radiation, National Atomic Energy Agency, Jakarta (1985).
4. MERCADO, A., The Use of hydrochemical pattern in carbonat sand and sandstone aquifers to identify intrusion and flushing of saline water, Groundwater 23 5 (1985) 638.
5. PIPER, M.A., A grafik procedure in the geochemical interpretation of water analyses, Transaction American Geophysical Union 25 (1944) 914.
6. STIFF, HENRY, A.J.R., The interpretation of chemical water analysis by means of pattern, Journal of Petroleum Technology, (1951) 15.
7. D'AMORE, F., SCANDIFFIO, G., and PANICHI, C., Some observations on the chemical water analyses, Geothermics 12 2/3 (1983) 141.

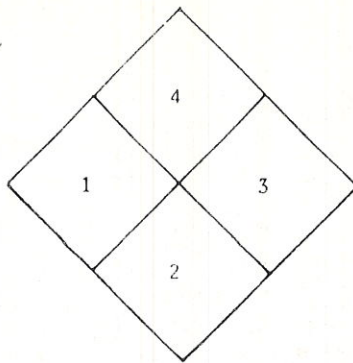
Tabel 1. Hasil analisis hidrokimia air tanah Semarang dan Jakarta.

Kode	Mg ²⁺ (ppm)	Ca ²⁺ (ppm)	K ⁺ (ppm)	Na ⁺ (ppm)	HCO ₃ ⁻ (ppm)	Cl ⁻ (ppm)	SO ₄ ⁻ (ppm)	Depth (m)	Formasi
S 9	2,25	12,75	7,70	139,50	320,50	92,15	51,85	72	Garang
5	1,00	12,75	4,20	134,00	254,68	30,40	110,00	90	Gar/all
6	1,50	12,75	2,55	144,50	280,60	29,10	110,00	93	All/gar
9	18,50	42,78	7,09	49,19	311,10	5,43	24,48	85	Damar
12	10,38	30,75	10,80	179,00	491,05	68,13	50,15	80	All/gar
18	24,67	26,45	7,41	44,02	347,70	11,61	6,24	50	Damar
20	5,66	20,31	5,10	10,89	120,17	3,18	2,83	60	Dam/brek
22	24,88	76,75	8,00	25,45	314,15	17,20	8,08	100	Damar
24	8,50	42,75	9,95	163,50	269,93	177,25	34,75	99	Gar/all
33	25,38	77,75	8,85	34,50	341,60	33,10	20,45	100	Dam/all
35	23,38	68,75	7,85	28,50	327,88	13,55	9,58	100	All/gar
37	115,00	378,00	17,94	575,00	106,75	2234,90	5,76	127	Gar/all
41	21,50	36,25	4,38	27,25	300,43	21,69	29,00	6	Damar
43	56,25	57,50	37,50	350,00	760,06	558,50	33,63	1	Gar/all
2	4,25	10,00	7,90	135,00	282,13	39,06	56,50	88	Garang
50	1,75	6,25	4,89	154,37	283,96	40,83	73,5	60	All/gar
40	13,75	27,50	4,38	27,25	300,43	21,69	29,00	7	Damar
34	5,50	16,75	5,35	170,50	235,85	130,75	54,75	87	All/gar
J 64	15,00	1,80	3,21	2,80	118,80	1,31	1,44	40	
70	5,07	22,55	2,81	10,00	89,98	12,30	3,86	18	
71	0,80	2,65	0,10	2,51	15,25	3,62	1,13	25	
77	3,81	27,56	3,99	10,00	117,21	2,30	0,00	20	
78	2,53	9,28	0,51	10,00	33,50	14,78	0,00	18	
79	5,07	22,05	1,02	16,25	71,81	13,97	16,33	18	
80	3,81	23,81	0,23	10,00	64,55	19,28	0,00	18	
81	3,81	18,80	0,23	9,79	55,03	13,79	0,00	24	
83	6,75	20,00	1,85	8,25	104,04	7,50	4,83	18	
103	124,98	124,07	12,53	719,71	696,01	681,11	249,71	18	
97	150,00	356,25	6,25	800,00	175,73	2066,2	78,18	90	

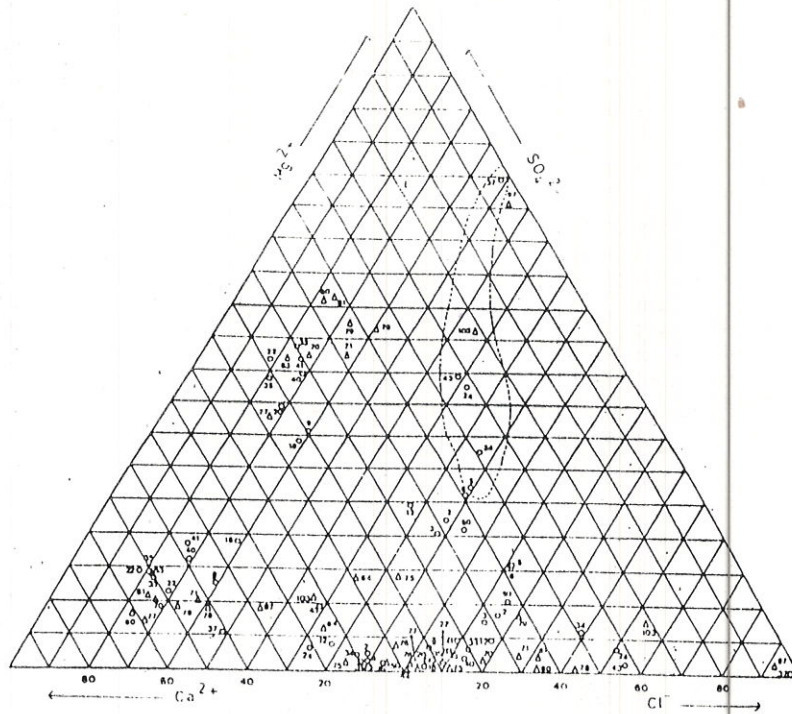
S = Semarang
J = Jakarta

Gar = Garang
All = Alluvium

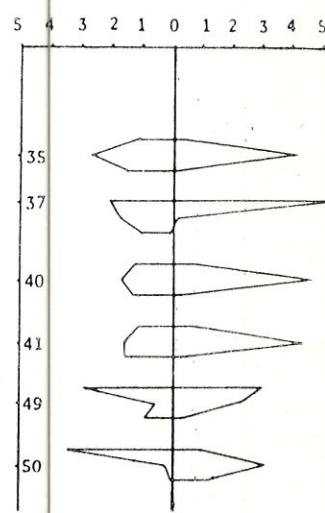
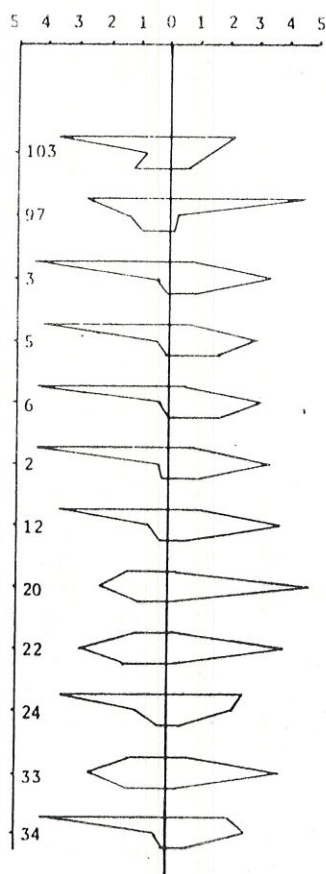
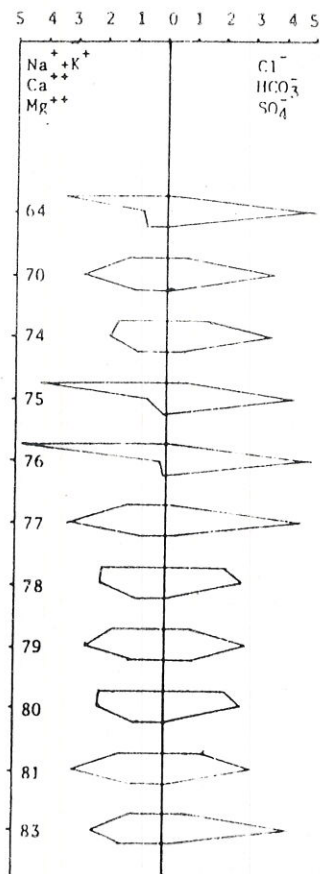
Brek = Breksi



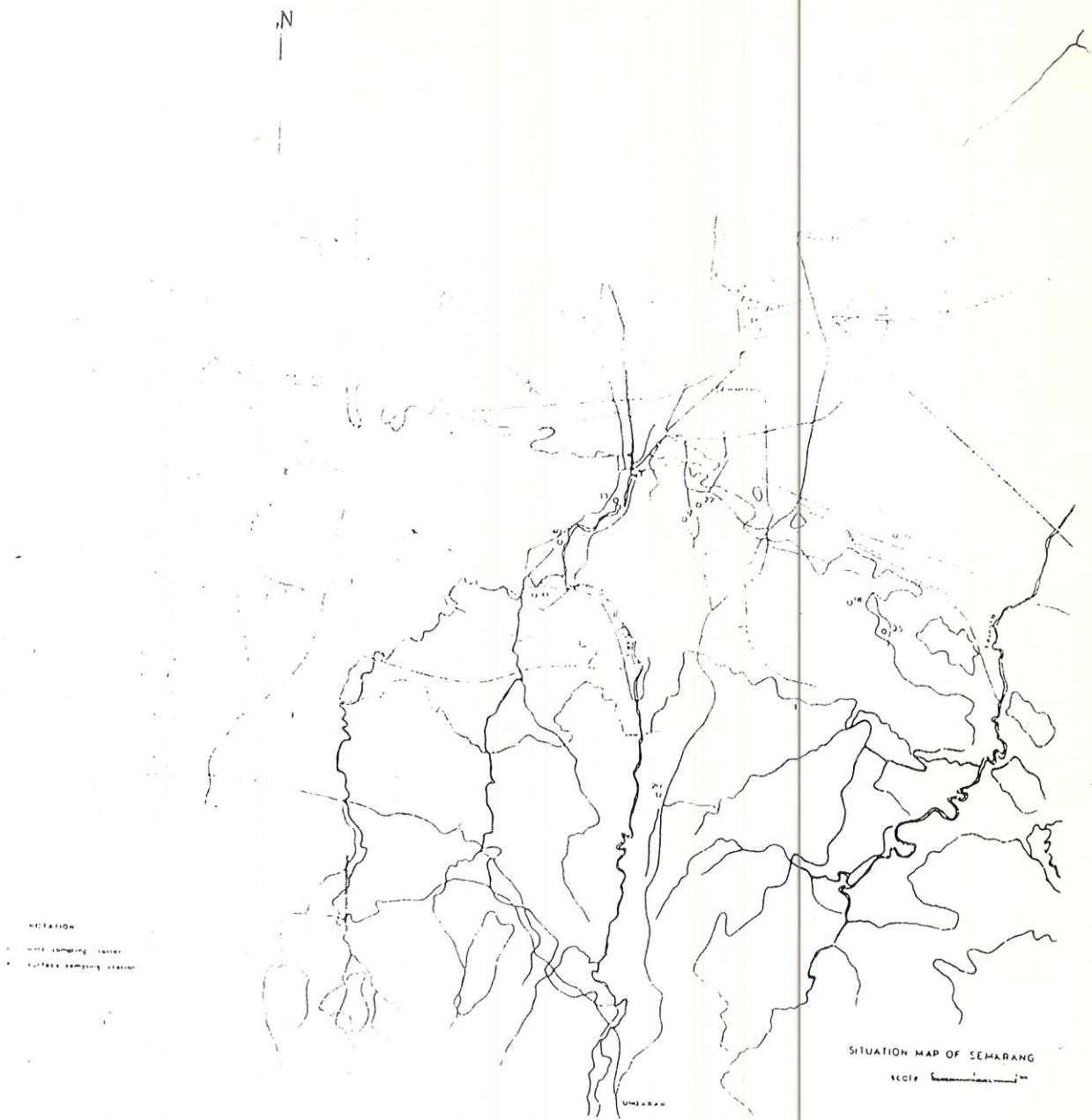
Gambar 5. Subdaerah pada bidang intan (proyeksi).
 1. Subdaerah Mg-Ca-HCO₃
 2. Subdaerah Na-K-HCO₃
 3. Subdaerah Na-K-Cl-SO₄
 4. Subdaerah Mg-Ca-Cl-SO₄



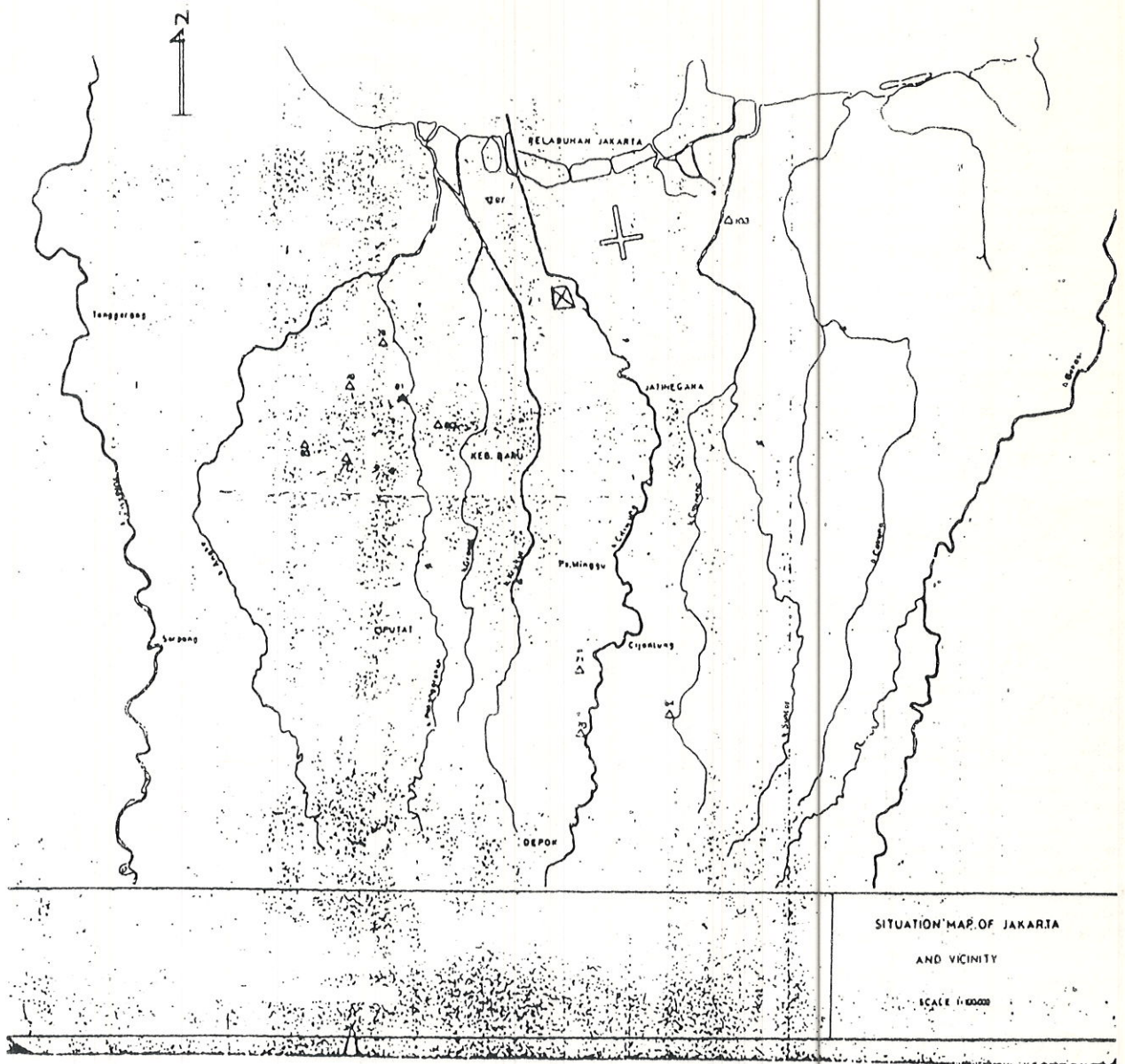
Gambar 6. Diagram piper trilinear untuk air tanah Semarang dan Jakarta.
 ● = air tanah Semarang;
 Δ = air tanah Jakarta



Gambar 7. Diagram stiff air tanah Jakarta dan Semarang.



Cambar 8. Peta titik sampling air tanah Semarang.



Gambar 9. Peta titik sampling air tanah Jakarta.