

**KUALITAS DAN TIPE KIMIA AIR TANAH
DI DATARAN PANTAI KOTA SEMARANG.**
*(Quality and Chemical Types of Groundwater in Coastal Plain
of Semarang City)*

Oleh :

Setyawan Purnama

*Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada
Bulaksumur, Yogyakarta. Telp. (0274)902332. Fax. (0274)589595*

ABSTRACT

There are two objectives of this research. First, to identify and analyse the condition of groundwater quality in the research area, and second, to determined the chemical types of groundwater. To achieve these objectives, 59 groundwater samples were taken stratifiedly, base on the different of electrical conductance value.

As a result, it is identified that most groundwater in the research areas is not suitable for drinking water sources, because has high concentration of electrical conductance, turbidity, hardness, chloride, manganese and salinity. This conclusion is also supported by Stiff diagram analysis. The result of Stuyfzand analysis shows that the chemical types of groundwater is very variative. Groundwater in coastal areas has higher supply of saline water than fresh water.

Keywords : tipe kimia, diagram Stiff, metode Stuyfzand

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Ditinjau dari segi hidrologi, ada tiga jenis air utama yaitu air hujan, air permukaan (sungai, danau, rawa) dan air tanah. Air tanah mempunyai peranan besar dalam kehidupan manusia sehari-hari karena merupakan sumber air minum utama. Ada beberapa keuntungan menggunakan air tanah sebagai sumber air minum, selain kualitasnya lebih baik daripada air permukaan dan air hujan, kesinambungan ketersediaannya juga relatif tidak begitu terpengaruh oleh perbedaan musim.

Kualitas air merupakan salah satu aspek yang makin banyak diperhatikan dalam pengelolaan sumberdaya air. Disamping karena

persyaratannya harus diperhatikan, saat ini terlihat adanya kecenderungan penurunan kualitas air di beberapa daerah terutama di daerah perkotaan, tak terkecuali di Kota Semarang.

Ditinjau dari topografinya, Kota Semarang mempunyai kondisi topografi datar hingga bergelombang. Topografi datar dengan kemiringan lereng 0 - 2% dijumpai di Kota Semarang bagian bawah yang merupakan wilayah penelitian. Wilayah ini meliputi 18,4 % dari seluruh wilayah kota yang berupa dataran pantai. Permasalahan utama yang dihadapi daerah ini adalah pada kualitas air tanahnya. Selain karena tingginya tingkat pencemaran oleh limbah penduduk

dan industri, rendahnya kualitas air juga disebabkan oleh adanya air asin.

Berdasarkan latar belakang tersebut, tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

- 1) Mengidentifikasi dan menganalisis kondisi kualitas air tanah di daerah penelitian.
- 2) Menentukan tipe kimia air tanah di daerah penelitian.

Tinjauan Pustaka

Dari seluruh air tawar yang terdapat di bumi (tidak termasuk es di kutub), 96% merupakan air tanah. Empat persen sisanya terdapat dalam waduk, danau, sungai serta uap air di udara (Chorley, 1969; Slaymaker dan Spencer, 1998). Air tanah adalah air yang berada di bawah permukaan tanah pada mintakat jenuh, dengan tekanan hidrostatik sama atau lebih besar daripada tekanan udara. Menurut Linsley (1982) dan Todd (1980), sumber air tanah adalah air hujan yang meresap ke dalam tanah mengikuti suatu proses yang merupakan bagian dari siklus hidrologi.

Air tanah tidak dijumpai di semua tempat. Keterdapatannya air tanah tergantung dari ada tidaknya lapisan batuan yang dapat mengandung air tanah yang disebut akuifer. Akuifer adalah formasi batuan yang dapat menyimpan dan melalukan air, seperti misalnya pasir dan kerikil lepas (Seyhan, 1977; Fetter, 1988). Akuifer sering pula disebut waduk air atau formasi air.

Air tanah sebagai salah satu komponen dalam siklus hidrologi, akan meng-

alami perubahan komposisi kimia, baik berupa penambahan maupun pengurangan konsentrasi unsur kimia (Stauffer dan Canfield, 1992). Adapun proses-proses yang dapat mempengaruhi perubahan komposisi kimia tersebut diantaranya adalah hujan, evaporasi dan transpirasi, pelarutan air fosil, pertukaran kation, pelarutan mineral, proses oksidasi-reduksi serta aktivitas manusia.

Kualitas air tanah tidaklah selalu sama antara satu tempat dengan tempat lain, tergantung kepada faktor-faktor yang berpengaruh terhadap kualitas air di daerah yang bersangkutan. Secara ringkas dapat dikatakan bahwa ada dua faktor utama yang berpengaruh terhadap kualitas air di suatu daerah, yaitu faktor alami dan faktor buatan. Faktor alami meliputi batuan dan tanah, vegetasi serta iklim, sedangkan faktor buatan meliputi pupuk dan limbah pertanian, insektisida, limbah domestik serta limbah industri (Sudarmadji, 1991). Disamping itu erosi yang terjadi di bagian hulu dapat pula mempengaruhi kualitas air di bagian hilirnya, terutama dalam hal kekeruhan.

METODE PENELITIAN

Cara Penelitian

Penentuan sampel air secara stratified random sampling. Stratifikasi berdasarkan perbedaan nilai DHL yaitu di bawah 1000 mmhos/cm dan di atas 1000 mmhos/cm. Dari masing-masing stratifikasi diambil 29 dan 30 sampel air tanah. Selain itu diambil pula 4 sampel air sungai yang berfungsi sebagai kontrol pengaruh sungai terhadap air tanah (Gambar 1).

Untuk mengetahui sifat fisik dan kimia air, dilakukan analisis terhadap sifat-sifat ini, yaitu kekeruhan, kesadahan, Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , SO_4^{2-} , HCO_3^- , CO_3^{2-} , Cl^- , Fe^{2+} , Mn^{2+} , NO_3^- dan salinitas. DHL, suhu dan pH diukur langsung di lapangan.

Analisis Data

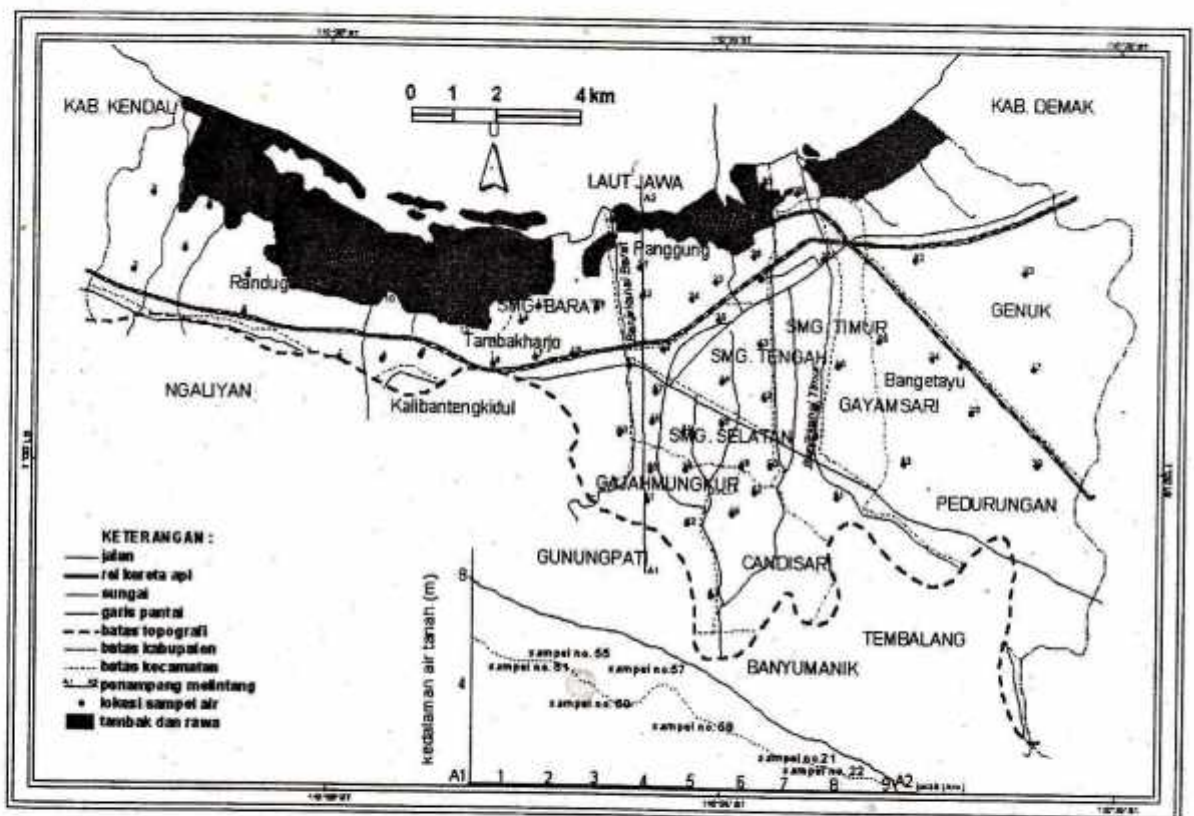
Analisis konsentrasi kimia air tanah dengan diagram Stiff

Analisis kimia air dengan diagram Stiff digunakan untuk mengetahui sifat kimia air tanah dengan mudah dan cepat secara visual. Parameter kimia air tanah yang digunakan dalam analisis diagram Stiff adalah ion-ion dominan dalam air tanah yaitu Ca^{2+} , Mg^{2+} , $(Na^+ + K^+)$, HCO_3^- , Cl^- dan SO_4^{2-} , yang

kadarnya terlebih dahulu dinyatakan dalam satuan miligram ekuivalen per liter (meq/l).

Untuk membuat diagram ini, kadar masing-masing ion tersebut digambarkan pada sumbu yang dibuat pada arah kanan dan kiri dari pusat. Kadar ion positif (kation) digambarkan pada sumbu ke arah kiri, sedangkan kadar ion negatif (anion) digambarkan pada sumbu ke arah kanan. Dengan menghubungkan ujung dari sumbu yang menunjukkan kadar ion, akan diperoleh bentuk dan ukuran diagram Stiff.

Penggambaran diagram ini dilakukan untuk setiap sampel air tanah. Selanjutnya diagram tersebut dialurkan dalam peta sesuai dengan titik pengambilannya, sehingga akan



Gambar 1. Peta Lokasi Pengambilan Sampel Air Tanah dan Air Sungai

diperoleh peta sifat kimia air tanah yang dicerminkan dengan bentuk dan ukuran diagram Stiff pada tiap sampel air. Bila bentuk dan ukuran diagram relatif tidak berubah di seluruh daerah penelitian, berarti tidak terjadi perbedaan sifat kimia air tanah dari satu tempat ke tempat lainnya. Bila bentuk diagram berubah tetapi ukurannya tetap berarti terjadi perbedaan tipe kimia air dari satu tempat ke tempat lainnya. Bila bentuk diagram tetap tetapi ukurannya berubah, berarti meskipun tipe kimia airnya sama tetapi terdapat perbedaan kadar ion dalam air tanah. Selanjutnya bila bentuk dan ukuran diagram berbeda, berarti terjadi perbedaan tipe kimia dan kadar ion dominan dalam air tanah tersebut (Appelo dan Postma 1993).

Analisis tipe kimia air tanah dengan Metode Stuyfzand

Dalam klasifikasi Stuyfzand, tipe kimia air dibagi menjadi tipe utama, tipe, sub-tipe dan kelas dari sampel air (Stuyfzand 1986). Pada Tabel 1, 2 dan 3 ditunjukkan cara penentuan tipe utama, tipe dan kelas menurut klasifikasi ini, sedangkan pada Gambar 2 ditunjukkan pembagian sub-tipe menurut kation dan anion dominan (dalam meq/l).

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Kondisi Kualitas Air tanah di Daerah Penelitian

Kondisi kualitas air tanah di daerah

Tabel 1. Pembagian Tipe Kimia Air pada Tipe Utama

No.	Tipe utama	Kode	Cl ⁻ (mg/l)
1	Air tawar	F	< 150
2	Air tawar-payau	Fb	150-300
3	Air payau	B	300-10 ³
4	Air payau-asin	Bs	10 ³ -10 ⁴
5	Air asin	S	10 ⁴ -2.10 ⁴
6	Air asin kadar tinggi	H	>2.10 ⁴

Tabel 2. Pembagian Tipe Menurut Kesadahan yang Disebabkan Ion Ca²⁺ dan Mg²⁺

No	Tipe	Kode Tipe	Kesadahan Ca ²⁺ dan Mg ²⁺ (mmol/l)	Kejadian umum di alam
-1	Sangat lunak	*	0,0 - 0,5	F
0	Lunak	0	0,5 - 1,0	F Fb B
1	Agak sadah	1	1 - 2	F Fb B Bs
2	Sangat sadah	2	2 - 4	F Fb B Bs
3	Amat sangat sadah	3	4 - 8	F Fb B Bs
4	Amat sangat sadah	4	1. - 16	Fb B Bs S
5	Amat sangat sadah	5	1. - 32	Bs S H
6	Amat sangat sadah	6	- - 64	Bs S H
7	Amat sangat sadah	7	64 - 128	S H
8	Amat sangat sadah	8	128 - 256	H
9	Amat sangat sadah	9	> 256	H

Tabel 3. Pembagian Kelas Berdasarkan $(Na^+ + K^+ + Mg^{2+})$ Tipe Kimia Air pada Tipe Utama Terkoreksi

Kelas	Kode	Kondisi	Keterangan
Kekurangan $(Na^+ + K^+ + Mg^{2+})$ $(Na^+ + K^+ + Mg^{2+})$ seimbang	-	$(Na^+ + K^+ + Mg^{2+})_{\text{terkoreksi}} < \sqrt{1/2 Cl}$	ada tambahan air asin
Kelebihan $(Na^+ + K^+ + Mg^{2+})$	+	$(Na^+ + K^+ + Mg^{2+})_{\text{terkoreksi}} > \sqrt{1/2 Cl}$	tambahan air seimbang ada tambahan air tawar

$$\text{Catatan : } (Na^+ + K^+ + Mg^{2+})_{\text{terkoreksi}} = (Na^+ + K^+ + Mg^{2+})_{\text{pengukuran}} - 1,061 Cl$$

yang relevan dengan topik penelitian. Sebagai acuan adalah baku mutu air Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 416 Tahun 1990 (PERMENKES No. 416 Tahun 1990), Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 20 Tahun 1990 (PP. 20 Tahun 1990), Surat Keputusan Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup Nomor 2 Tahun 1988 (SK. Meneg. KLH No. 2 Tahun 1988) dan hasil pengamatan lapangan. Berikut ini disajikan pembahasannya untuk masing-masing parameter yang kadarnya telah melampaui ketiga baku mutu tersebut.

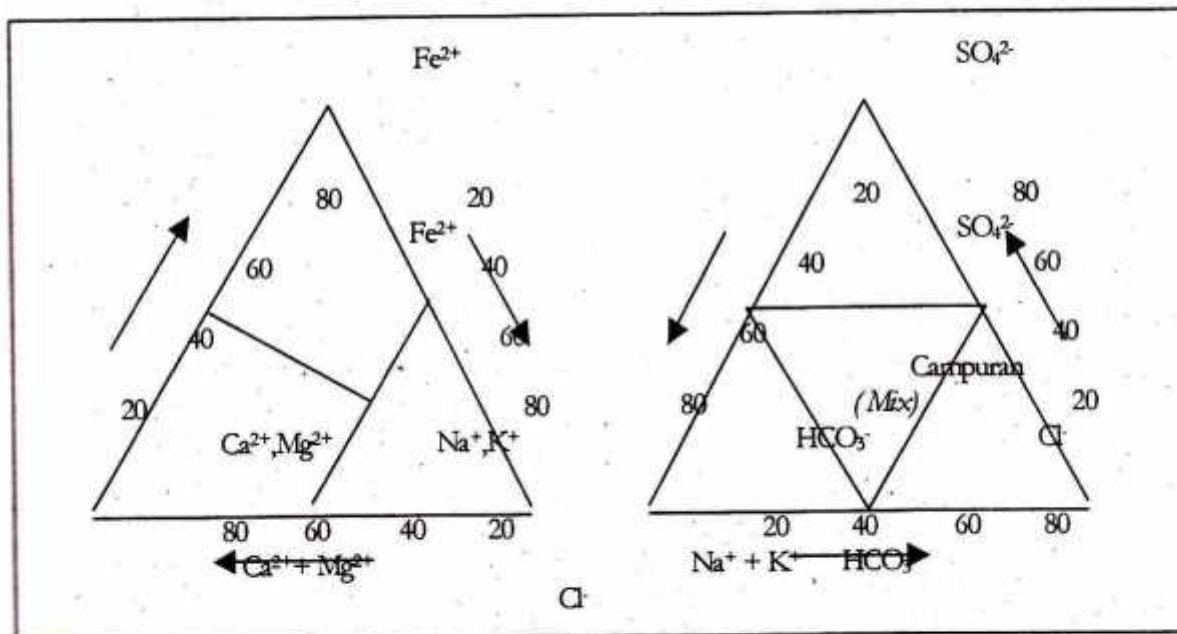
- 1) Ditinjau dari nilai DHLnya, dari pengamatan di lapangan menunjukkan bahwa air tanah dengan nilai DHL lebih dari 1200 mmhos/cm sudah tidak digunakan lagi sebagai sumber air minum sehari-hari. Berdasarkan hal ini sampel nomor 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 1, 11, 12, 13, 14, 15, 18, 19, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38 dan 39, termasuk dalam kriteria tersebut.
- 2) Ditinjau dari tingkat kekeruhannya, air tanah di daerah penelitian tidak layak untuk digunakan sebagai sumber air minum sehari-hari. PERMENKES No. 416 Tahun 1990, mensyaratkan nilai 5 NTU sebagai kekeruhan maksimum yang diperbolehkan dalam air minum.
- 3) Ditinjau dari kesadrahannya, 26 sampel sudah tidak layak untuk sumber air minum, yaitu sampel nomor 3, 4, 5, 7,

10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 18, 19, 21, 22, 26, 27, 28, 29, 30, 32, 33, 36, 38, 39 dan 43. PERMENKES No.416 Tahun 1990 mensyaratkan kadar kesadahan kurang dari 500 mg/l untuk air yang akan digunakan sebagai air minum.

- 4) Ditinjau dari kadar kalsiumnya, SK. Meneg. KLH No. 2 Tahun 1988, mensyaratkan kadar kalsium 200 mg/l sebagai batas maksimum yang diperbolehkan. Berdasarkan kriteria ini, sampel nomor 4, 7, 10, 11, 21, 22, 27, 30 tidak layak untuk dijadikan sumber air minum.
- 5) Ditinjau dari kadar magnesiumnya, SK. Meneg. KLH. No. 2 Tahun 1988, kadar magnesium 150 mg/l sebagai batas maksimum yang diperbolehkan. Berdasarkan kriteria ini, ada tiga sampel yang kadar magnesiumnya melebihi batas yang diperbolehkan yaitu sampel nomor 10,

29 dan 30, yang masing-masing berkadar magnesium 175, 206 dan 417 mg/l.

- 6) Ditinjau dari kadar natriumnya, PERMENKES No. 416 Tahun 1990, menetapkan nilai 200 mg/l sebagai kadar natrium maksimum yang diperbolehkan terdapat dalam sumber air minum. Berdasarkan kriteria tersebut, sampel nomor 3, 7, 10, 11, 18, 20, 21, 22, 27 dan 30 tidak layak untuk dijadikan sumber air minum.
- 7) Ditinjau dari kadar kloridanya, PERMENKES No. 416 Tahun 1990, mensyaratkan kadar klorida 250 mg/l sebagai batas maksimum yang diperbolehkan. Berdasarkan kriteria tersebut, sampel nomor 3, 4, 7, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 32, 33, 34, 35, 36 dan 39, tidak layak untuk digunakan sebagai sumber air minum sehari-hari.



Gambar 2. Penentuan Sub-Tipe Berdasarkan Keseimbangan Kation dan Anion

- 8) Ditinjau dari kadar besinya, PERMEN-KES No. 416 Tahun 1990, mensyaratkan kadar besi 0,3 mg/l sebagai batas maksimum yang diperbolehkan. Berdasarkan kriteria ini, sampel nomor 14 dan 15 tidak layak untuk dijadikan sumber air minum.
- 9) Ditinjau dari kadar mangannya, PERMEN-KES No. 416 Tahun 1990, mensyaratkan kadar mangan 0,1 mg/l sebagai batas maksimum yang diperbolehkan. Berdasarkan kriteria ini, sampel nomor 4, 8, 10, 11, 13, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 32, 38, 39, 44, 54 dan 61 tidak layak untuk digunakan sebagai sumber air minum sehari-hari.
- 10) Ditinjau dari kadar nitratnya, PERMEN-KES No. 416 Tahun 1990, mensyaratkan air tanah dengan kadar nitrat 10 mg/l sebagai batas maksimum yang diperbolehkan. Berdasarkan kriteria tersebut, sampel nomor 9, 23, 24, 26, 45 dan 46 tidak layak untuk dijadikan sumber air minum.
- 11) Ditinjau dari kadar salinitasnya, berdasarkan pengamatan di lapangan, air tanah dengan kadar salinitas lebih dari 600 mg/l tidak digunakan lagi oleh penduduk setempat sebagai sumber air minum sehari-hari. Berdasarkan hal ini, sampel nomor 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 21, 22, 27, 28, 29, 30, 36 dan 37 termasuk dalam kriteria tersebut.

Analisis Sifat Kimia Air Tanah dengan Diagram Stiff

Sifat kimia air tanah di daerah penelitian dianalisis menggunakan diagram

Stiff. Dengan diagram ini dapat dilihat secara cepat, distribusi ion-ion dominan di daerah penelitian secara serempak. Hasil pengaluran diagram Stiff ditunjukkan pada Gambar 3. Dari Gambar 3 tersebut terlihat bahwa bentuk dan ukuran diagram Stiff berubah dari satu tempat ke tempat lain.

Dengan melihat luas masing-masing diagram, secara umum diagram Stiff yang terdapat di daerah penelitian bagian utara memiliki ukuran yang lebih besar daripada diagram Stiff di daerah penelitian bagian selatan. Hal itu berarti, kadar ion dominan dalam air tanah di daerah penelitian bagian utara lebih besar daripada kadar ion dominan dalam air tanah di daerah penelitian bagian selatan. Secara lebih rinci, terlihat bahwa perbedaan tersebut terutama disebabkan oleh luasan diagram Stiff pada bagian kanan sumbu, yang artinya disebabkan oleh besarnya kadar anion atau ion negatif.

Dengan melihat panjang garis pada anion, terlihat bahwa di daerah penelitian bagian utara ion klorida merupakan ion dengan kadar tertinggi, sedangkan di bagian selatan yang air tanahnya tawar, ion bikarbonat merupakan ion dengan kadar tertinggi. Untuk kation, dengan melihat bentuk diagram pada sumbu bagian kiri, terlihat bahwa di daerah penelitian bagian utara kadar ion kalsium relatif sama dengan ion natrium ditambah dengan kalium, sedangkan di bagian selatan kadar ion kalsium dan juga magnesium jauh lebih tinggi daripada ion natrium ditambah kalium. Berdasarkan hasil ini dapat diketahui bahwa pada daerah air asin, kadar ion natrium

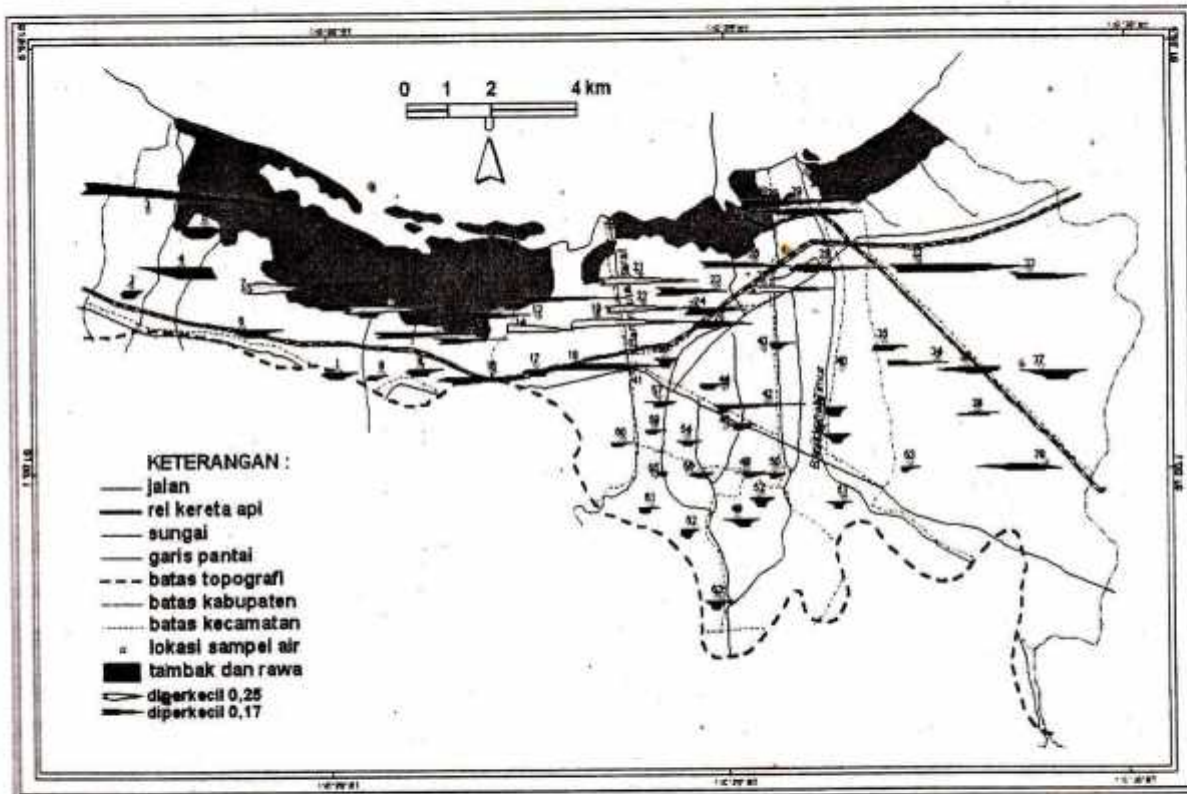
dan kloridanya tinggi, sedangkan pada daerah air tawar yang dominan adalah ion kalsium, magnesium dan bikarbonat. Fenomena ini cukup menarik, karena ternyata faktor perbedaan kepadatan penduduk tidak berpengaruh terhadap tingginya kadar ion dominan di daerah penelitian.

Ditinjau dari bentuknya, ternyata bentuk diagram Stiff di daerah penelitian sangat bervariasi, sehingga karakteristik kimia air tanahnya pun akan sangat bervariasi. Meskipun demikian secara garis besar, daerah-daerah yang berdekatan memperlihatkan bentuk diagram Stiff yang relatif sama, yang menunjukkan tipe kimia air tanah yang sama, disebabkan oleh kondisi lingkungan yang sama. Sebagai contoh diagram Stiff di Kecamatan Candisari yang

memperlihatkan ukuran dan bentuk yang relatif serupa, demikian pula dengan diagram Stiff di daerah Panggung dan Kecamatan Semarang Selatan. Meskipun demikian, kadang-kadang pada daerah yang berdekatanpun terdapat diagram Stiff yang bentuk dan ukurannya berbeda. Perbedaan ini dapat disebabkan oleh pengaruh lingkungan lokal, seperti misalnya tata guna lahan dan kegiatan industri.

Klasifikasi Tipe Kimia Air dengan Metode Stuyfzand

Seperti telah dikemukakan dalam metode penelitian, dalam klasifikasi Stuyfzand tipe kimia air dibedakan menjadi tipe utama, tipe, sub tipe dan kelas. Berikut ini disajikan perhitungan untuk masing-masing pembagian tersebut.



Gambar 3. Peta Distribusi Diagram Stiff Daerah Penelitian

Tipe utama

Untuk menentukan tipe utama, digunakan besarnya konsentrasi ion klorida sebagai dasar perhitungan, yang hasilnya ditunjukkan pada Lampiran 1. Berdasarkan Lampiran 1 tersebut dapat diketahui bahwa dari 59 sampel air tanah yang diambil, 27 sampel tergolong air tawar, lima sampel tergolong air tawar-payau, 12 sampel tergolong air payau dan 15 sampel tergolong air payau-asin. Sampel-sampel yang tergolong air payau-asin umumnya terdapat di dekat pantai, sedangkan sampel-sampel yang tergolong air tawar umumnya terdapat pada jarak yang lebih jauh dari pantai.

Tipe

Dalam klasifikasi hidrokimia metode Stuyfzand, penentuan tipe kimia air tanah berdasarkan pada nilai kesadahan yang disebabkan oleh ion Ca^{2+} dan Mg^{2+} . Pada Lampiran 2 ditunjukkan hasil perhitungan tersebut untuk masing-masing sampel.

Dari Lampiran 2 tersebut dapat diketahui bahwa dari 59 sampel air yang diambil, 38 sampel tergolong dalam tipe amat sangat sadah dan 21 sampel tergolong dalam tipe sangat sadah. Tipe amat sangat sadah umumnya terdapat pada sampel air yang diambil di dekat pantai, sedangkan tipe sangat sadah umumnya terdapat pada sampel air yang berada lebih jauh dari pantai.

Sub-tipe

Penentuan sub tipe didasarkan pada konsentrasi kation dan anion yang dominan. Pada Lampiran 3 ditunjukkan hasil penentuan

sub tipe berdasarkan kriteria tersebut. Berdasarkan Lampiran 3 tersebut dapat diketahui bahwa dari 59 sampel air yang diambil, 23 sampel bersub-tipe $\text{Ca}^{2+}/\text{HCO}_3^-$ lima sampel bersub-tipe $\text{Mg}^{2+}/\text{HCO}_3^-$, empat sampel bersub-tipe $\text{Mg}^{2+}/\text{Mix}$, 18 sampel bersub-tipe $\text{Ca}^{2+}/\text{Cl}^-$, delapan sampel bersub-tipe $\text{Mg}^{2+}/\text{Cl}^-$ dan satu sampel mempunyai sub-tipe Na^+/Cl^- .

Kelas

Untuk tiap sub-tipe dibagi menjadi tiga kelas menurut jumlah kation Na^+ , K^+ dan Mg^{2+} . Pada Lampiran 4 ditunjukkan hasil penentuan kelas untuk masing-masing sampel. Selanjutnya dari Lampiran 4 tersebut dapat diketahui bahwa dari 59 sampel yang diambil, 24 sampel termasuk kelas (+) atau memiliki tambahan air tawar yang lebih besar daripada air laut, 10 sampel termasuk kelas (0) atau memiliki tambahan air tawar dan laut seimbang dan 25 sampel termasuk kelas (-) atau memiliki tambahan air laut lebih besar daripada air tawar. Selanjutnya berdasarkan hasil penentuan tipe utama, tipe, sub-tipe dan kelas tersebut, dapat ditentukan tipe kimia tiap sampel air yang ditunjukkan pada Tabel 4.

Dari Tabel 4 tersebut dapat diketahui bahwa dari 59 sampel air tanah yang diambil, 13 sampel mempunyai tipe kimia $\text{F}/2/\text{Ca}^{2+}/\text{HCO}_3^-/+$, tujuh sampel tipe $\text{B}/3/\text{Ca}^{2+}/\text{Cl}^-/-$, enam sampel tipe $\text{F}/2/\text{Ca}^{2+}/\text{HCO}_3^-/0$, lima sampel tipe $\text{Bs}/4/\text{Ca}^{2+}/\text{Cl}^-/-$, empat sampel bertipe $\text{Bs}/3/\text{Ca}^{2+}/\text{Cl}^-/-$, tiga sampel bertipe $\text{Bs}/3/\text{Mg}^{2+}/\text{Cl}^-/-$, masing-masing dua sampel bertipe $\text{F}/3/\text{Ca}^{2+}/\text{HCO}_3^-/+$, $\text{F}/3/\text{Mg}^{2+}/\text{HCO}_3^-/+$, $\text{Bs}/4/\text{Mg}^{2+}/\text{Cl}^-/-$, $\text{Fb}/3/\text{Mg}^{2+}/\text{Mix}/+$ dan masing-masing satu

sampel bertipe hidrokimia $F/2/Mg^{2+}/HCO_3^-/+$, $B/4/Ca^{2+}/Cl^-/-$, $Fb/3/Ca^{2+}/HCO_3^-/+$, $F/2/Mg^{2+}/HCO_3^-/0$, $F/3/Mg^{2+}/HCO_3^-/-$, $Bs/4/Na^+/Cl^-/-$, $Bs/4/Ca^{2+}/Cl^-/-$, $B/3/Mg^{2+}/Cl^-/-$, $B/4/Mg^{2+}/Cl^-/-$, $Fb/3/Mg^{2+}/Mix/0$, $Fb/4/Ca^{2+}/HCO_3^-/0$, $B/3/Mg^{2+}/Mix^-/-$, $F/2/Mg^{2+}/Cl^-/+$.

Air tanah bertipe $F/2/Ca^{2+}/HCO_3^-/+$ sebagai tipe hidrokimia yang paling banyak dijumpai, adalah air tanah dengan kadar klorida kurang dari 150 mg/l atau air tawar, airnya sangat sadah, ion yang dominan kalsium dan bikarbonat serta adanya tambahan air tawar. Air tanah tipe ini umumnya terdapat di daerah yang jauh dari pantai.

Air tanah dengan tipe $B/3/Ca^{2+}/Cl^-/-$ adalah air tanah dengan kadar klorida 300 – 1000 mg/l atau air payau, airnya amat sangat sadah, ion yang dominan kalsium dan klorida serta adanya tambahan air asin yang lebih besar daripada air tawar. Air tanah bertipe $F/2/Ca^{2+}/HCO_3^-/0$ adalah air tanah dengan kadar klorida kurang dari 150 mg/l atau air tawar, sangat sadah, ion yang dominan kalsium dan bikarbonat serta adanya tambahan air asin dan air tawar yang seimbang.

Berikutnya adalah tipe $Bs/4/Ca^{2+}/Cl^-/-$ dan $Bs/3/Ca^{2+}/Cl^-/-$ yang artinya air tanah berkadar klorida antara 1000-10.000 mg/l atau air payau-asin, amat sangat sadah, ion yang dominan kalsium dan klorida serta adanya tambahan air asin lebih besar daripada air tawar. Tipe $Bs/3/Mg^{2+}/Cl^-/-$ juga serupa dengan kedua tipe tersebut, tetapi kation yang

dominan magnesium. Air tanah pada ketiga tipe ini merupakan air asin. Air tanah dengan tipe hidrokimia $F/3/Ca^{2+}/HCO_3^-/+$ adalah air tanah dengan kadar klorida kurang dari 150 mg/l, amat sangat sadah dengan ion dominan kalsium dan magnesium serta terjadi penambahan air tawar. Tipe $F/3/Mg^{2+}/HCO_3^-/+$ serupa dengan $F/3/Ca^{2+}/HCO_3^-/+$ tetapi kation yang dominan adalah magnesium. Air tanah dengan kedua tipe hidrokimia ini merupakan air tawar.

Berikutnya adalah tipe $Bs/4/Mg^{2+}/Cl^-/-$, yaitu air tanah berkadar klorida 1000 – 10000 mg/l, airnya amat sangat sadah dengan ion dominan magnesium dan klorida. Terjadi penambahan air asin lebih besar daripada air tawar, sehingga air berasa payau-asin. Tipe $Fb/3/Mg^{2+}/Mix/+$ adalah tipe hidrokimia dengan kadar klorida 150 – 300 mg/l dan air amat sangat sadah. Kation dominan magnesium, sedangkan anionnya berkadar seimbang. Pada tipe ini juga terjadi penambahan air tawar, dan air berasa tawar.

Tipe hidrokimia $F/2/Mg^{2+}/HCO_3^-/+$ serupa dengan $F/3/Mg^{2+}/HCO_3^-/+$, tetapi airnya sangat sadah, sedangkan tipe $B/4/Ca^{2+}/Cl^-/-$ serupa dengan $Bs/4/Ca^{2+}/Cl^-/-$, tetapi kadar kloridanya antara 300 – 1000 mg/l, sehingga berasa payau. Untuk tipe $Fb/3/Ca^{2+}/HCO_3^-/+$ serupa dengan $F/3/Ca^{2+}/HCO_3^-/+$, tetapi kadar kloridanya 150 – 300 mg/l, sehingga airnya berasa tawar-payau.

Selanjutnya adalah tipe $F/2/Mg^{2+}/HCO_3^-/0$ yaitu tipe air berkadar klorida kurang dari 150 mg/l, airnya sangat sadah dengan

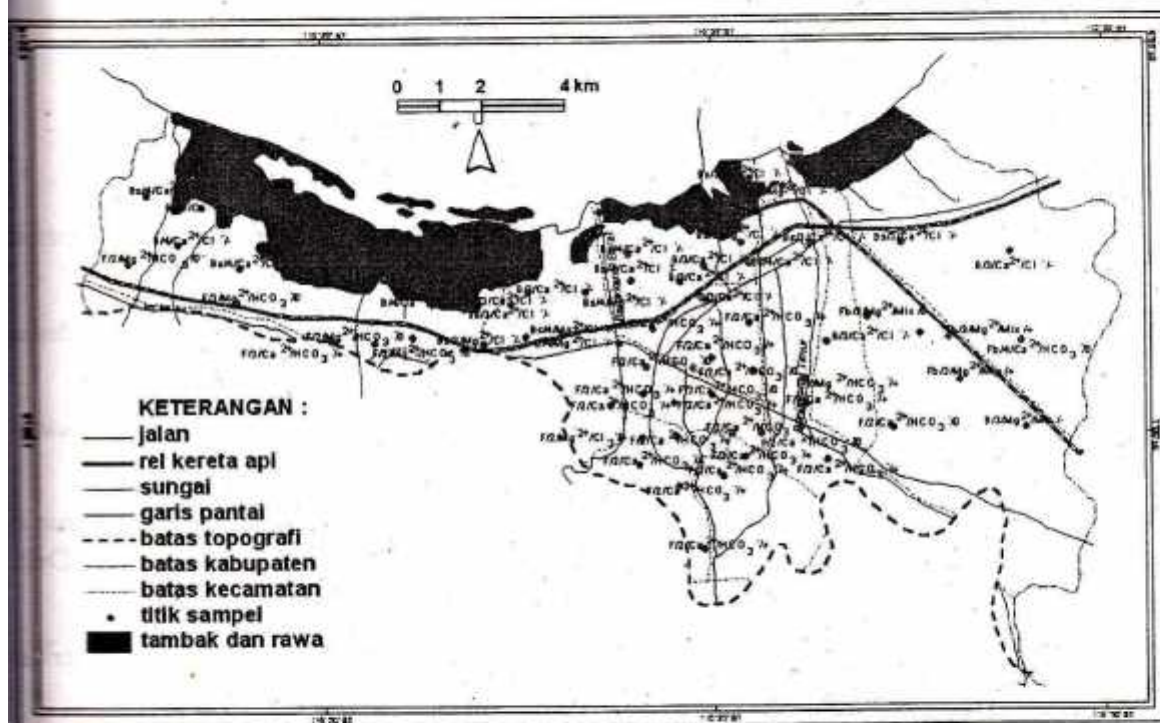
Tabel 4. Tipe Kimia Air Tiap-tiap Sampel

Nomor Sampel	Lokasi	Tipe kimia Air
1	Tambakhaji	F/3/Ca ²⁺ /HCO ₃ ⁻ /+
2	Mangkang Kulon	F/2/Mg ²⁺ /HCO ₃ ⁻ /+
3	Mangunharjo	Bs/4/Ca ²⁺ /Cl ⁻ /-
4	Mangkang Wetan	B/4/Ca ²⁺ /Cl ⁻ /0
5	Mangkang wetan	Fb/3/Ca ²⁺ /HCO ₃ ⁻ /+
6	Randugarut	F/3/Mg ²⁺ /HCO ₃ ⁻ /+
7	Randugarut	Bs/4/Ca ²⁺ /Cl ⁻ /-
8	Tugurejo	F/2/Mg ²⁺ /HCO ₃ ⁻ /0
9	Tugurejo	F/3/Mg ²⁺ /HCO ₃ ⁻ /-
10	Tugurejo	Bs/4/Na ⁺ /Cl ⁻ /-
11	Tugurejo	B/4/Ca ²⁺ /Cl ⁻ /-
12	Jerakah	B/3/Ca ²⁺ /Cl ⁻ /-
13	Tambakharjo	B/3/Ca ²⁺ /Cl ⁻ /-
14	Jerakah	Bs/3/Ca ²⁺ /Cl ⁻ /-
15	Jerakah	Bs/3/Ca ²⁺ /Cl ⁻ /-
16	Jerakah	Bs/3/Mg ²⁺ /Cl ⁻ /-
17	Krapyak	B/3/Mg ²⁺ /Cl ⁻ /-
18	Tawangsari	Bs/4/Mg ²⁺ /Cl ⁻ /-
19	Tawangsari	Bs/4/Mg ²⁺ /Cl ⁻ /-
20	Sungai Garang	S/4/Mg ²⁺ /Cl ⁻ /-
21	Panggung Kidul	Bs/4/Ca ²⁺ /Cl ⁻ /-
22	Bulu Lor	Bs/4/Ca ²⁺ /Cl ⁻ /-
23	Melayu Barat	B/3/Ca ²⁺ /Cl ⁻ /-
24	Purwosari	B/3/Ca ²⁺ /Cl ⁻ /-
25	Dadapsari	B/3/Ca ²⁺ /Cl ⁻ /-
26	Bandarharjo	Bs/3/Mg ²⁺ /Cl ⁻ /-
27	Kemijen	Bs/4/Ca ²⁺ /Cl ⁻ /-
28	Mlatiharjo	Bs/3/Ca ²⁺ /Cl ⁻ /-
29	Tambakrejo	B/4/Mg ²⁺ /Cl ⁻ /-
30	Kemijen	Bs/3/Mg ²⁺ /Cl ⁻ /-
31	S.Semarang Timur	B/4/Mg ²⁺ /Cl ⁻ /0
32	Muktiharjo Lor	Bs/3/Ca ²⁺ /Cl ⁻ /-
33	Banjardowo	B/3/Ca ²⁺ /Cl ⁻ /-
34	Tlogosari	B/3/Ca ²⁺ /Cl ⁻ /-
35	Muktiharjo	Fb/3/Mg ²⁺ /Mix/0
36	Togosari	Fb/3/Mg ²⁺ /Mix/+
37	Sambunharjo	Fb/4/Ca ²⁺ /HCO ₃ ⁻ /0
38	Tlogomulyo	Fb/3/Mg ²⁺ /Mix/+
39	Tlogomulyo	B/3/Mg ²⁺ /Mix/-
40	S.Semarang Timur	F/3/Mg ²⁺ /HCO ₃ ⁻ /+
41	Sungai Garang	F/2/Ca ²⁺ /HCO ₃ ⁻ /+
42	Jagalan	F/2/Ca ²⁺ /HCO ₃ ⁻ /0
43	Kanggan	F/3/Ca ²⁺ /HCO ₃ ⁻ /+
44	Brumbung	F/2/Ca ²⁺ /HCO ₃ ⁻ /+
45	Pekunden	F/2/Ca ²⁺ /HCO ₃ ⁻ /0
46	Rejosari	F/3/Mg ²⁺ /HCO ₃ ⁻ /+
47	Karangtempel	F/2/Ca ²⁺ /HCO ₃ ⁻ /+
48	Wonodri	F/2/Ca ²⁺ /HCO ₃ ⁻ /0
49	Wonotunggal	F/2/Ca ²⁺ /HCO ₃ ⁻ /+
50	Wonodri	F/2/Ca ²⁺ /HCO ₃ ⁻ /0
51	Lamper Kidul	F/2/Ca ²⁺ /HCO ₃ ⁻ /+
52	Wonodri	F/2/Ca ²⁺ /HCO ₃ ⁻ /+
53	Sendangguwo	F/2/Ca ²⁺ /HCO ₃ ⁻ /0
54	Randusari	F/2/Ca ²⁺ /HCO ₃ ⁻ /+
55	Petompon	F/2/Mg ²⁺ /Cl ⁻ /+
56	Randusari	F/2/Ca ²⁺ /HCO ₃ ⁻ /+
57	Barusari	F/2/Ca ²⁺ /HCO ₃ ⁻ /0
58	Padrikan Baru	F/2/Ca ²⁺ /HCO ₃ ⁻ /+
59	Lemahgempal	F/2/Ca ²⁺ /HCO ₃ ⁻ /+
60	Bojongsalaman	F/2/Ca ²⁺ /HCO ₃ ⁻ /+
61	Karangkumpul	F/2/Ca ²⁺ /HCO ₃ ⁻ /+
62	Gajahmungkur	F/2/Ca ²⁺ /HCO ₃ ⁻ /+
63	Kaliwiru	F/2/Ca ²⁺ /HCO ₃ ⁻ /+

an dominan magnesium dan bikarbonat serta terjadi penambahan air tawar dan asin yang seimbang. Tipe hidrokimia F/3/Mg²⁺/HCO₃⁻ serupa dengan F/3/Mg²⁺/HCO₃⁻, hanya saja terjadi penambahan air asin yang lebih besar daripada air tawar. Air tanah bertipe ini masih berasa tawar, tetapi kemungkinan akan berasa payau hingga asin di masa mendatang. Air tanah tipe Bs/4/Na⁺/Cl⁻ serupa dengan Bs/4/Mg²⁺/Cl⁻, tetapi kation dominan natrium, sedangkan tipe B/4/Ca²⁺/Cl⁻ serupa dengan Bs/4/Ca²⁺/Cl⁻ tetapi kadar kloridanya 1000 – 10000 mg/l. Tipe B/3/Mg²⁺/Cl⁻ dan B/4/Mg²⁺/Cl⁻ serupa dengan B/3/Ca²⁺/Cl⁻, tetapi kation yang dominan kalsium.

Selanjutnya adalah air tanah dengan tipe hidrokimia Fb/3/Mg²⁺/Mix/0, yaitu air

tanah dengan kadar klorida 150 – 300 mg/l, airnya amat sangat sadah dan kation yang dominan magnesium. Kadar anion untuk air tanah tipe ini seimbang, demikian pula terjadi keseimbangan tambahan air tawar dan asin, sehingga air berasa tawar payau. Tipe hidrokimia Fb/4/Ca²⁺/HCO₃⁻/0 adalah tipe air dengan kadar klorida 150 – 300 mg/l, airnya amat sangat sadah dengan ion dominan kalsium dan bikarbonat. Terjadi penambahan air tawar dan asin yang seimbang, sehingga air tanah dengan tipe ini berasa tawar-payau. Tipe B/3/Mg²⁺/Mix/- serupa dengan B/3/Mg²⁺/Cl⁻, tetapi kadar anionnya seimbang. Tipe F/2/Mg²⁺/Cl⁻/+ serupa dengan F/2/Mg²⁺/HCO₃⁻/+, tetapi anion dominan klorida. Selanjutnya pada Gambar 4 ditunjukkan distribusi masing-masing tipe kimia air tanah di daerah penelitian.



Gambar 4. Peta Distribusi Tipe Kimia Air Tanah Daerah Penelitian

KESIMPULAN

- 1) Air tanah di daerah penelitian pada umumnya tidak layak untuk dijadikan sumber air minum. Sebagian besar air tanah mempunyai nilai DHL, kekeruhan dan kesadahan tinggi, serta kadar ion klorida, mangan dan salinitas yang tinggi pula. Tingginya kadar ion-ion tersebut (terutama ion klorida) serta salinitas mengindikasikan bahwa air tanah telah tercemar air asin.
- 2) Hasil analisis menggunakan diagram Stiff menunjukkan bahwa karakteristik kimia air tanah di daerah penelitian sangat bervariasi. Meskipun demikian, secara umum kadar ion utama pada air tanah di daerah pantai lebih tinggi daripada air tanah di daerah hulu, dengan ion klorida sebagai ion dengan kadar tertinggi.
- 3) Hasil analisis metode Stuyfzand menunjukkan bahwa tipe kimia air tanah di daerah penelitian sangat bervariasi. Meskipun demikian, tipe F/2/Ca²⁺/HCO₃⁻/+ merupakan tipe kimia paling sering ditemukan di daerah penelitian, serta terjadinya tambahan air asin yang lebih besar daripada air tawar pada air tanah di daerah pantai.

DAFTAR PUSTAKA

- Appelo CAJ, D.Postma. 1993. *Geochemistry, Groundwater and Pollution*. Rotterdam : A.A. Balkema.
- Carroll D. 1982.
- Chorley. 1969. *Introduction to Physical Hydrology*. New York : Barnes and Noble Inc.
- Fetter, C. W. 1988. *Applied Hydrogeology*. New York : Macmillan Publishing Company.
- Linsley RK. 1982. *Hydrology for Engineers*. New York : McGraw-Hill Inc.
- Seyhan, E. 1977. *Fundamentals of Hydrology*. Utrecht : Geografisch Instituut der Rijks-universiteit te Utrecht.
- Slaymaker O, T.Spencer. 1998. *Physical Geography and Global Environment Change*. Essex : Addison Wesley Longman Limited.
- Stauffer, R. E and D. E. Canfield. 1992. *Hydrology and Alkalinity Regulation of Soft Florida Waters : An Integrated Assessment*. Water Resources Research 28 (6) : 1901- 1923.
- Stuyfzand, P. J. 1986. *A New Hydrochemical Classification of Water Types: Principles and Application to The Coastal Dunes Aquifer System of The Netherlands*. Salt Water Intrusion Meeting 9. Delf: The Netherland Waterwork Testing and Research Institute KIWA Ltd.
- Sudarmadji. 1991. *Agihan Geografi Sifat Kimiawi Air Tanah Bebas di Kotamadya Yogyakarta*. Disertasi S3. Yogyakarta: Program Pascasarjana UGM.
- Todd, D. K. 1980. *Groundwater Hydrology*. New York : John Wiley & Sons.

ampiran 1. Penentuan Tipe Utama Kimia Air

Nomor Sampel	DHL ($\mu\text{mhos/cm}$)	Cl ⁻ (mg/l)	Kode	Tipe Utama
1	526	77,6	F	Air tawar
2	487	61,6	F	Air tawar
3	5010	1671	Bs	Air payau-asin
4	1260	348	B	Air payau
5	1725	179	Fb	Air tawar-payau
6	1202	105	F	Air tawar
7	5480	2437	Bs	Air payau-asin
8	395	25,8	F	Air tawar
9	628	73,6	F	Air tawar
10	9210	4626	Bs	Air payau-asin
11	8891	819	B	Air payau
12	1960	776	B	Air payau
13	2540	736	B	Air payau
14	3050	2268	Bs	Air payau-asin
15	2910	1223	Bs	Air payau-asin
16	850	1093	Bs	Air payau-asin
17	810	348	B	Air payau
18	4300	1701	Bs	Air payau asin
19	4900	7114	Bs	Air payau asin
20	24800	16417	S	Air asin*
21	7850	4477	Bs	Air payau-asin
22	5640	3749	Bs	Air payau-asin
23	2200	659	B	Air payau
24	1850	567	B	Air payau
25	1900	696	B	Air payau
26	1870	1044	Bs	Air payau-asin
27	5960	3741	Bs	Air payau-asin
28	2800	1114	Bs	Air payau-asin
29	3030	985	B	Air payau
30	5270	9701	Bs	Air payau-asin
31	19540	606	B	Air payau**
32	3130	1307	Bs	Air payau-asin
33	2910	666	B	Air payau
34	1412	672	B	Air payau
35	1515	252	Fb	Air tawar-payau
36	1320	252	Fb	Air tawar-payau
37	2720	181	Fb	Air tawar-payau
38	2500	181	Fb	Air tawar-payau
39	2390	604	B	Air payau
40	697	65,6	F	Air tawar**
41	690	101	F	Air tawar*
42	760	99,5	F	Air tawar
43	790	39,8	F	Air tawar
44	653	51,7	F	Air tawar
45	668	81,5	F	Air tawar
46	735	77,6	F	Air tawar
47	685	73,6	F	Air tawar
48	680	65,6	F	Air tawar
49	530	73,6	F	Air tawar
50	548	71,6	F	Air tawar
51	540	55	F	Air tawar
52	519	53,7	F	Air tawar
53	810	67,6	F	Air tawar
54	480	69,6	F	Air tawar
55	403	81,5	F	Air tawar
56	631	47,7	F	Air tawar
57	593	49,7	F	Air tawar
58	790	45,7	F	Air tawar
59	393	39,8	F	Air tawar
60	410	39,8	F	Air tawar
61	520	41,7	F	Air tawar
62	531	37,8	F	Air tawar
63	510	45,7	F	Air tawar

* Sampel air Sungai Garang

** Sampel air Sungai Semarang Timur

Lampiran 2. Penentuan Tipe Kimia Air

Nomor Sampel	Ca ²⁺ (mmol/l)	Mg ²⁺ (mmol/l)	Ca ²⁺ + Mg ²⁺ (mmol/l)	Kode	Tipe
1	2,2	2,0	4,2	3	Amat sangat sadah
2	1,5	1,9	3,4	2	Sangat sadah
3	4,3	4,0	8,3	4	Amat sangat sadah
4	7,1	3,4	10,5	4	Amat sangat sadah
5	3,2	2,5	5,7	3	Amat sangat sadah
6	2,5	3,2	5,7	3	Amat sangat sadah
7	6,3	2,7	9,0	4	Amat sangat sadah
8	1,5	1,7	3,2	2	Sangat sadah
9	2,0	2,9	4,9	3	Amat sangat sadah
10	5,8	7,2	13,0	4	Amat sangat sadah
11	5,9	5,2	11,1	4	Amat sangat sadah
12	4,3	2,2	6,5	3	Amat sangat sadah
13	4,0	2,2	6,2	3	Amat sangat sadah
14	3,2	2,5	5,7	3	Amat sangat sadah
15	4,3	1,1	5,4	3	Amat sangat sadah
16	2,4	3,5	5,9	3	Amat sangat sadah
17	2,2	2,5	4,7	3	Amat sangat sadah
18	4,5	4,9	9,4	4	Amat sangat sadah
19	3,2	5,3	8,5	4	Amat sangat sadah
20	4,1	5,4	9,5	4	Amat sangat sadah*
21	8,5	1,6	10,1	4	Amat sangat sadah
22	7,0	2,8	9,8	4	Amat sangat sadah
23	3,4	1,1	4,5	3	Amat sangat sadah
24	2,9	1,1	4,0	3	Amat sangat sadah
25	3,4	0,6	4,0	3	Amat sangat sadah
26	3,7	4,1	7,8	3	Amat sangat sadah
27	9,8	2,2	12,0	4	Amat sangat sadah
28	4,3	1,0	5,3	3	Amat sangat sadah
29	2,6	8,5	11,1	4	Amat sangat sadah
30	6,6	0,2	6,8	3	Amat sangat sadah
31	5,0	5,7	10,7	4	Amat sangat keras**
32	3,0	2,3	5,3	3	Amat sangat sadah
33	3,6	1,9	5,5	3	Amat sangat sadah
34	2,9	1,6	4,5	3	Amat sangat sadah
35	2,4	2,4	4,8	3	Amat sangat sadah
36	2,9	4,4	7,3	3	Amat sangat sadah
37	6,8	1,9	8,7	4	Amat sangat sadah
38	2,4	5,4	7,8	3	Amat sangat sadah
39	2,1	4,1	6,2	3	Amat sangat sadah
40	1,9	2,1	4,0	3	Amat sangat sadah**
41	1,8	1,4	3,2	2	Sangat sadah*
42	2,4	1,2	3,6	2	Sangat sadah
43	2,6	2,5	5,1	3	Amat sangat sadah
44	2,0	1,6	3,6	2	Sangat sadah
45	2,3	0,8	3,1	2	Sangat sadah
46	1,9	2,3	4,2	3	Amat sangat sadah
47	2,4	1,3	3,7	2	Sangat sadah
48	2,8	0,6	3,4	2	Sangat sadah
49	2,8	1,1	3,9	2	Sangat sadah
50	2,4	0,3	2,7	2	Sangat sadah
51	1,9	0,8	2,7	2	Sangat sadah
52	1,9	1,1	3,0	2	Sangat sadah
53	1,1	0,9	2,0	2	Sangat sadah
54	1,7	1,6	3,3	2	Sangat sadah
55	0,8	1,4	2,2	2	Sangat sadah
56	1,4	0,9	2,3	2	Sangat sadah
57	2,6	0,3	2,9	2	Sangat sadah
58	2,6	1,6	4,2	3	Amat sangat sadah
59	1,4	1,4	2,8	2	Sangat sadah
60	1,6	1,5	3,1	2	Sangat sadah
61	1,7	1,6	3,3	2	Sangat sadah
62	1,4	1,2	2,6	2	Sangat sadah
63	1,8	1,0	2,8	2	Sangat sadah

* Sampel air Sungai Garang

** Sampel air Sungai Semarang Timur

Lampiran 3. Penentuan Sub-Tipe Kimia Air

Nomor Sampel	DHL ($\mu\text{mhos/cm}$)	Satuan	Na ⁺ +K ⁺	Ca ²⁺ +Mg ²⁺	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Sub-tipe
1	526	meq/l %	1,0 10,8	8,3 89,2	2,2 17,6	10,0 80	0,3 2,4	Ca ²⁺ /HCO ₃ ⁻
2	487	meq/l %	1,4 17,3	6,7 82,7	1,7 29,3	3,9 67,2	0,2 3,5	Mg ²⁺ /HCO ₃ ⁻
3	5010	meq/l %	10,5 38,6	16,7 61,4	47,1 79,6	10,0 16,9	2,1 3,5	Ca ²⁺ /Cl ⁻
4	1260	meq/l %	2,4 10,2	21,1 89,8	9,8 57,6	6,9 40,6	0,3 1,8	Ca ²⁺ /Cl ⁻
5	1725	meq/l %	3,8 25,0	11,4 75,0	5,0 41,3	6,6 54,6	0,5 4,1	Ca ²⁺ /HCO ₃ ⁻
6	1202	meq/l %	3,2 21,8	11,5 78,2	2,9 23,2	8,1 64,8	1,5 12,0	Mg ²⁺ /HCO ₃ ⁻
7	5480	meq/l %	10,4 36,6	18,0 63,4	68,7 86,6	7,9 10,0	2,7 3,4	Ca ²⁺ /Cl ⁻
8	395	meq/l %	0,9 12,2	6,5 87,8	0,7 7,2	8,9 90,8	0,2 2,0	Mg ²⁺ /HCO ₃ ⁻
9	628	meq/l %	1,3 11,6	9,9 88,4	2,1 19,6	8,3 77,6	0,3 2,8	Mg ²⁺ /HCO ₃ ⁻
10	9210	meq/l %	31,2 54,6	25,9 45,4	130,1 92,0	9,9 7,0	1,4 1,0	Na ⁺ /Cl ⁻
11	8891	meq/l %	13,5 37,8	22,2 62,2	23,1 68,1	10,3 30,4	0,5 1,5	Ca ²⁺ /Cl ⁻
12	1960	meq/l %	3,2 19,5	13,2 80,5	21,9 79,9	5,1 18,6	0,4 1,5	Ca ²⁺ /Cl ⁻
13	2540	meq/l %	3,3 20,9	12,5 79,1	20,8 82,5	4,2 16,7	0,2 0,8	Ca ²⁺ /Cl ⁻
14	3050	meq/l %	4,6 28,8	11,4 71,2	63,9 65,0	34,2 34,8	0,2 0,2	Ca ²⁺ /Cl ⁻
15	2910	meq/l %	4,7 30,1	10,9 69,9	34,5 84,8	6,1 15,0	0,1 0,2	Ca ²⁺ /Cl ⁻
16	850	meq/l %	2,0 14,5	11,8 85,5	30,8 83,0	5,9 15,9	0,4 1,1	Mg ²⁺ /Cl ⁻
17	810	meq/l %	2,0 17,4	9,5 82,6	9,8 62,0	5,7 36,1	0,3 1,9	Mg ²⁺ /Cl ⁻
18	4300	meq/l %	9,4 33,3	18,8 66,7	47,9 84,3	6,6 11,6	2,3 4,1	Mg ²⁺ /Cl ⁻
19	4900	meq/l %	9,4 35,5	17,1 64,5	200,7 95,2	6,6 3,1	3,6 1,7	Mg ²⁺ /Cl ⁻
20	24800	meq/l %	15,9 45,6	19,0 54,4	463,1 96,1	5,7 1,2	13,3 2,7	Mg ²⁺ /Cl ⁻
21	7850	meq/l %	12,8 38,9	20,1 61,1	126,3 94,9	5,8 4,4	0,9 0,7	Ca ²⁺ /Cl ⁻
22	5640	meq/l %	15,2 43,7	19,6 56,3	105,8 96,3	3,6 3,3	0,5 0,4	Ca ²⁺ /Cl ⁻
23	2200	meq/l %	4,9 35,3	9,0 64,7	18,6 77,8	5,1 21,3	0,2 0,9	Ca ²⁺ /Cl ⁻
24	1850	meq/l %	4,9 38,3	7,9 61,7	15,9 79,1	4,1 20,4	0,1 0,5	Ca ²⁺ /Cl ⁻
25	1900	meq/l %	3,7 31,9	7,9 68,1	19,6 87,9	2,5 11,2	0,2 0,9	Ca ²⁺ /Cl ⁻
26	1870	meq/l %	4,5 22,5	15,5 77,5	29,4 87,8	3,9 11,6	0,2 0,6	Mg ²⁺ /Cl ⁻
27	5960	meq/l %	9,9 29,2	24,0 70,8	105,5 97,4	2,0 1,9	0,8 0,7	Ca ²⁺ /Cl ⁻
28	2800	meq/l %	4,5 29,6	10,7 70,4	31,4 91,6	2,4 7,0	0,5 1,4	Ca ²⁺ /Cl ⁻
29	3030	meq/l %	4,5 16,9	22,1 83,1	27,8 72,6	10,0 26,1	0,5 1,3	Mg ²⁺ /Cl ⁻
30	5270	meq/l %	37,5 73,4	13,6 26,6	273,7 98,4	3,9 1,4	0,5 0,2	Mg ²⁺ /Cl ⁻
31	19540	meq/l %	4,5 17,4	21,3 82,6	17,1 60,9	10,0 35,6	1,0 3,5	Mg ²⁺ /Cl ⁻
32	3130	meq/l %	3,9 26,7	10,7 73,3	36,9 83,7	6,9 15,6	0,3 0,7	Ca ²⁺ /Cl ⁻

(lanjutan)

Nomor Sampel	DHL (µmhos/cm)	Satuan	Na ⁺ +K ⁺	Ca ²⁺ +Mg ²⁺	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Sub-tipe
33	2910	meq/l	3,9	11,0	18,9	6,6	0,3	Ca ²⁺ /Cl ⁻
		%	26,2	73,8	73,2	25,6	1,2	
34	1412	meq/l	3,0	9,0	18,9	8,1	1,9	Ca ²⁺ /Cl ⁻
		%	25,0	75,0	65,4	28,0	6,6	
35	1515	meq/l	3,0	9,6	7,1	7,9	2,6	Mg ²⁺ /Mix
		%	23,8	76,2	40,3	44,9	14,8	
36	1320	meq/l	2,5	14,7	7,1	8,9	1,9	Mg ²⁺ /Mix
		%	14,5	85,5	39,7	49,7	10,6	
37	2720	meq/l	2,5	17,4	5,1	8,3	2,5	Ca ²⁺ /HCO ₃ ⁻
		%	12,6	87,4	32,1	52,2	15,7	
38	2500	meq/l	4,3	15,6	5,1	9,9	5,4	Mg ²⁺ /Mix
		%	21,6	78,4	25,0	48,5	26,5	
39	2390	meq/l	4,2	12,4	17,0	10,3	6,8	Mg ²⁺ /Mix
		%	25,3	74,7	49,9	30,2	19,9	
40	697	meq/l	1,8	7,9	1,9	5,1	0,2	Mg ²⁺ /HCO ₃ ⁻ **
		%	18,6	81,4	26,4	70,8	2,8	
41	690	meq/l	1,8	6,3	2,8	4,2	0,3	Ca ²⁺ /HCO ₃ ⁻ *
		%	22,2	77,8	38,4	57,5	4,1	
42	760	meq/l	1,7	7,3	2,8	34,2	0,2	Ca ²⁺ /HCO ₃ ⁻
		%	18,9	81,1	7,5	91,9	0,6	
43	790	meq/l	1,6	10,0	1,1	6,1	0,2	Ca ²⁺ /HCO ₃ ⁻
		%	13,8	86,2	14,9	82,4	2,7	
44	653	meq/l	1,5	7,2	1,5	5,9	0,2	Ca ²⁺ /HCO ₃ ⁻
		%	17,2	82,8	19,8	77,6	2,6	
45	668	meq/l	1,5	6,4	2,3	5,7	0,2	Ca ²⁺ /HCO ₃ ⁻
		%	19,0	81,0	28,1	69,5	2,4	
46	735	meq/l	1,8	8,6	2,2	6,6	0,3	Mg ²⁺ /HCO ₃ ⁻
		%	17,3	82,7	24,2	72,5	3,3	
47	685	meq/l	1,8	7,5	2,1	6,6	0,3	Ca ²⁺ /HCO ₃ ⁻
		%	19,4	80,6	23,3	73,3	3,4	
48	680	meq/l	1,4	6,9	1,9	5,7	0,4	Ca ²⁺ /HCO ₃ ⁻
		%	16,9	83,1	23,8	71,2	5,0	
49	530	meq/l	1,4	7,8	2,1	5,8	0,3	Ca ²⁺ /HCO ₃ ⁻
		%	15,2	84,8	25,6	70,7	3,7	
50	548	meq/l	1,5	5,4	2,0	3,6	0,2	Ca ²⁺ /HCO ₃ ⁻
		%	21,7	78,3	34,5	62,1	3,4	
51	540	meq/l	1,5	5,3	1,6	5,1	0,2	Ca ²⁺ /HCO ₃ ⁻
		%	22,1	77,9	23,2	73,9	2,9	
52	519	meq/l	1,1	5,9	1,5	4,1	0,1	Ca ²⁺ /HCO ₃ ⁻
		%	15,7	84,3	26,3	71,9	1,8	
53	810	meq/l	1,0	4,1	1,9	2,5	0,2	Ca ²⁺ /HCO ₃ ⁻
		%	19,6	80,4	41,3	54,3	4,3	
54	480	meq/l	0,9	6,4	2,0	3,9	0,1	Ca ²⁺ /HCO ₃ ⁻
		%	12,3	87,7	33,3	65,0	1,7	
55	403	meq/l	1,0	4,3	2,3	2,0	0,2	Mg ²⁺ /Cl ⁻
		%	18,9	81,1	51,1	44,4	4,5	
56	631	meq/l	1,4	4,7	1,3	2,4	0,2	Ca ²⁺ /HCO ₃ ⁻
		%	22,9	77,1	33,3	61,5	5,2	
57	593	meq/l	1,4	5,9	1,4	6,1	0,1	Ca ²⁺ /HCO ₃ ⁻
		%	19,2	80,8	18,4	80,3	1,3	
58	790	meq/l	1,1	8,4	1,3	5,7	0,2	Ca ²⁺ /HCO ₃ ⁻
		%	11,6	88,4	18,0	79,2	2,8	
59	393	meq/l	1,1	5,5	1,1	3,2	0,2	Ca ²⁺ /HCO ₃ ⁻
		%	16,7	83,3	24,4	71,1	4,5	
60	410	meq/l	1,1	6,1	1,1	2,6	0,2	Ca ²⁺ /HCO ₃ ⁻
		%	15,3	84,7	28,2	66,7	5,1	
61	520	meq/l	1,1	6,5	1,2	3,6	0,5	Ca ²⁺ /HCO ₃ ⁻
		%	14,5	85,5	22,6	67,9	9,5	
62	531	meq/l	1,4	5,2	1,1	3,8	0,4	Ca ²⁺ /HCO ₃ ⁻
		%	21,2	78,8	20,8	71,7	7,5	
63	510	meq/l	1,4	5,7	1,3	4,5	0,6	Ca ²⁺ /HCO ₃ ²⁻
		%	19,7	80,3	20,3	70,3	9,4	

* Sampel air Sungai Garang

** Sampel air Sungai Semarang Timur

Lampiran 4. Penentuan Kelas Kimia Air

Nomor Sampel	DHL (µmhos/cm)	Na ⁺ +K ⁺ +Mg ²⁺ pengukuran (meq/l)	Na ⁺ +K ⁺ +Mg ²⁺ Terkoreksi (meq/l)	V(½ Cl) (meq/l)	Kode	Keterangan
1	526	4,9	2,6	1,1	+	Ada tambahan air tawar
2	487	5,2	3,4	0,9	+	Ada tambahan air tawar
3	5010	18,5	-31,5	4,9	-	Ada tambahan air asin
4	1260	9,3	-1,1	2,2	0	Tambahan air seimbang
5	1725	8,7	3,4	1,6	+	Ada tambahan air tawar
6	1202	9,7	6,6	1,2	+	Ada tambahan air tawar
7	5480	15,8	-57,1	5,9	-	Ada tambahan air asin
8	395	4,3	3,6	0,6	+	Ada tambahan air tawar
9	628	7,1	4,9	1,0	+	Ada tambahan air tawar
10	9210	45,5	-92,5	8,1	-	Ada tambahan air asin
11	8891	23,9	-0,6	3,4	0	Tambahan air seimbang
12	1960	7,7	-15,5	3,3	-	Ada tambahan air asin
13	2540	7,7	-14,4	3,2	-	Ada tambahan air asin
14	3050	9,6	-58,2	5,7	-	Ada tambahan air asin
15	2910	6,9	-29,7	4,2	-	Ada tambahan air asin
16	850	9,0	-23,7	3,9	-	Ada tambahan air asin
17	810	7,1	-3,3	2,2	-	Ada tambahan air asin
18	4300	19,3	-31,5	4,9	-	Ada tambahan air asin
19	4900	20,1	-192,8	10,0	-	Ada tambahan air asin
20	24800	26,7	-464,6	15,2	-	Ada tambahan air asin*
21	7850	16,0	-118,0	7,9	-	Ada tambahan air asin
22	5640	20,9	-91,4	7,3	-	Ada tambahan air asin
23	2200	7,2	-12,5	3,1	-	Ada tambahan air asin
24	1850	7,1	-9,8	2,8	-	Ada tambahan air asin
25	1900	4,9	-15,9	3,1	-	Ada tambahan air asin
26	1870	12,7	-18,5	3,8	-	Ada tambahan air asin
27	5960	14,3	-97,6	7,3	-	Ada tambahan air asin
28	2800	6,5	-26,8	4,0	-	Ada tambahan air asin
29	3030	21,4	-8,1	3,7	-	Ada tambahan air asin
30	5270	37,9	-252,5	11,7	-	Ada tambahan air asin
31	19540	15,8	-2,3	2,9	0	Tambahan air seimbang**
32	3130	8,6	-30,6	4,3	-	Ada tambahan air asin
33	2910	7,7	-12,4	3,1	-	Ada tambahan air asin
34	1412	6,2	-13,9	3,1	-	Ada tambahan air asin
35	1515	7,8	0,3	1,9	0	Tambahan air seimbang
36	1320	11,4	3,9	1,9	+	Ada tambahan air tawar
37	2720	6,2	0,8	1,6	0	Tambahan air seimbang
38	2500	15,1	9,7	1,6	+	Ada tambahan air tawar
39	2390	12,4	-5,6	2,9	-	Ada tambahan air asin
40	697	5,9	3,9	1,0	+	Ada tambahan air tawar**
41	690	4,6	1,6	1,2	+	Ada tambahan air tawar*
42	760	4,2	1,2	1,2	0	Tambahan air seimbang
43	790	6,5	5,3	0,7	+	Ada tambahan air tawar
44	653	4,7	3,1	0,9	+	Ada tambahan air tawar
45	668	3,2	0,8	1,1	0	Tambahan air seimbang
46	735	6,5	4,2	1,0	+	Ada tambahan air tawar
47	685	4,5	2,3	1,0	+	Ada tambahan air tawar
48	680	2,6	0,6	0,9	0	Tambahan air seimbang
49	530	3,6	1,4	1,1	+	Ada tambahan air tawar
50	548	2,1	-0,1	1,0	0	Tambahan air seimbang
51	540	3,0	1,3	1,0	+	Ada tambahan air tawar
52	519	3,2	1,6	0,9	+	Ada tambahan air tawar
53	810	2,9	0,9	1,0	0	Tambahan air seimbang
54	480	4,0	1,9	1,0	+	Ada tambahan air tawar
55	403	3,8	1,4	1,1	+	Ada tambahan air tawar
56	631	3,3	1,9	0,8	+	Ada tambahan air tawar
57	593	2,0	0,5	0,8	0	Tambahan air seimbang
58	790	4,4	3,0	0,8	+	Ada tambahan air tawar
59	393	3,8	2,6	0,7	+	Ada tambahan air tawar
60	410	4,1	2,9	0,7	+	Ada tambahan air tawar
61	520	4,3	3,0	0,8	+	Ada tambahan air tawar
62	531	3,8	2,6	0,7	+	Ada tambahan air tawar
63	510	3,5	2,1	0,8	+	Ada tambahan air tawar

* Sampel air Sungai Garang

** Sampel air Sungai Semarang Timur