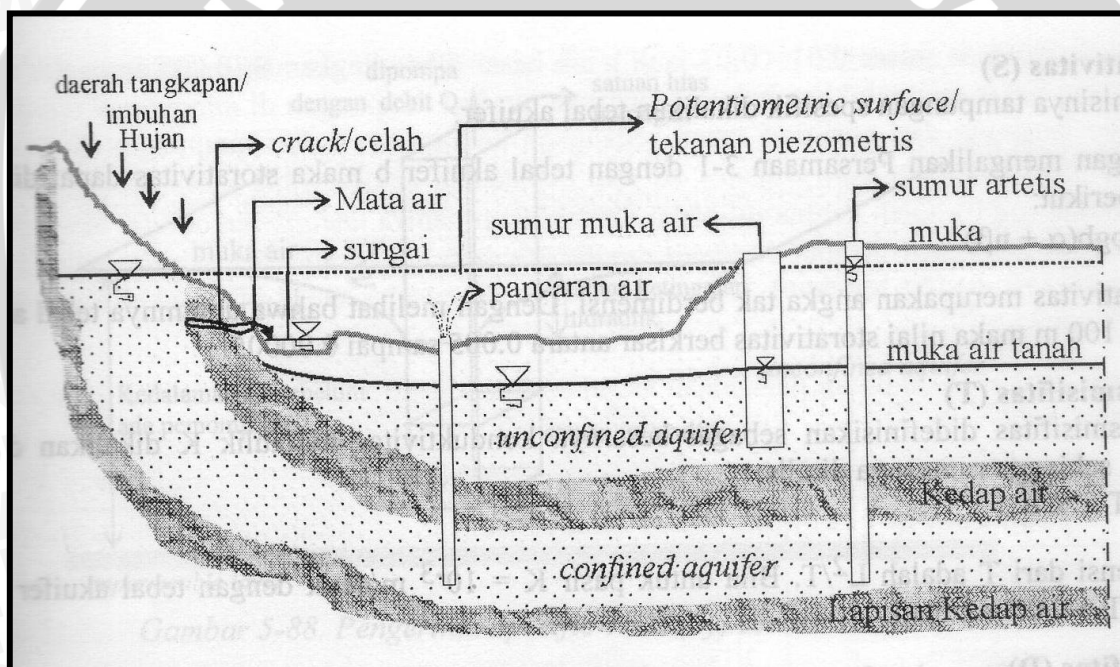


BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Akuifer

Menurut Undang-Undang Sumber Daya Air No.7 Tahun 2004 pasal 1 ayat 4 air tanah adalah yang terdapat dalam lapisan tanah atau batuan di bawah permukaan tanah. Menurut Kodoatie (1996) air tanah adalah sejumlah air di bawah permukaan bumi yang dapat dikumpulkan dengan sumur-sumur, terowongan atau sistem drainase. Akuifer adalah berasal dari kata *aqua* yang berarti air dan *ferre* yang berarti mengandung. Jadi akuifer dapat juga diartikan sebagai lapisan pembawa air atau lapisan permeabel (Suharyadi, 1984). Beberapa definisi dan pengertian air tanah diatas dapat diilustrasikan dalam Gambar 2.1 berikut:



Gambar 2.1 Akuifer

Sumber: Todd, 1959 dalam Kodoatie (1996)

Kedalaman air tanah tidak sama dan setiap tempat tergantung pada tebal-tipisnya lapisan permukaan di atasnya dan kedudukan lapisan air tanah tersebut. Permukaan yang merupakan bagian atas dari tubuh air disebut permukaan preatik. Volume air yang meresap ke dalam tanah tergantung pada jenis lapisan batumannya. Terdapat dua jenis lapisan dalam tanah yaitu lapisan kedap air (*impermeable*) dan lapisan tak kedap air (*permeable*).

Kadar pori lapisan kedap sangat kecil sehingga kemampuan untuk meneruskan air juga kecil. Kadar pori adalah jumlah ruang di celah butir-butir tanah yang dinyatakan dalam bilangan persen, sedangkan pori kadar lapisan tak kedap air cukup besar. Oleh karena itu kemampuan untuk meneruskan air juga besar. Air hujan yang jatuh di daerah ini akan terus meresap ke bawah sampai berhenti di suatu tempat setelah tertahan oleh lapisan yang kedap. Contoh lapisan tembus air ialah pasir, padas, kerikil dan kapur. Lapisan-lapisan ini merupakan tempat-tempat persediaan air yang baik karena merupakan tempat berkumpulnya air sehingga pada lapisan-lapisan tersebut terbentuk tubuh air.

Selain lapisan kedap dan lapisan tak kedap juga terdapat lapisan peralihan yang merupakan variasi dari kedua jenis lapisan tersebut. Tekanan air yang timbul dari airtanah tak bebas tergantung pada perbedaan tinggi antara suatu tempat dengan daerah tangkapan hujannya. Pada daerah yang letak airtanahnya lebih rendah dari permukaan airtanah pada daerah tangkapan hujannya, air akan memancar keluar dari sumur yang dibor atau biasa disebut sumur artesis. Air artesis ini biasanya sangat penting bagi daerah yang kondisi tanahnya kering.

Todd (1980) dan Sosrodarsono dkk (1983), mengklasifikasikan jenis akuifer berdasarkan pada ada atau tidaknya adanya permukaan air tanah bebas, yaitu:

1) Akuifer Bebas (Unconfined Aquifer)

Akuifer yang terletak antara lapisan permeabel dengan lapisan impermeabel karena letaknya yang dangkal (kedalaman kurang dari 20 meter), maka air yang terdapat pada akuifer ini disebut air tanah dangkal. Tinggi permukaan tanah bervariasi dan bergantung pada luas daerah catchment, laju pemompaan dan permeabilitas akuifernya.

2) Akuifer Terkekang (Confined Aquifer)

Akuifer yang terletak antara dua lapisan kedap air (impermeabel). Pada akuifer ini air tanah terletak di bawah lapisan impermeabel dan mempunyai tekanan lebih besar dari tekanan atmosfer.

3) Akuifer Bocor (Leaky Aquifer)

Akuifer yang terletak di bawah lapisan setengah kedap air (semi confining layer) antara akuifer bebas dengan akuifer terkekang.

4) Akuifer Tumpang (Perched Aquifer)

Akuifer yang terdapat pada lapisan aerasi dengan lapisan impermeabel yang berfungsi sebagai penahan air, sehingga membentuk air tanah. Akuifer jenis ini tidak

repository.ub.ac.id

dapat digunakan sebagai usaha pengembangan air tanah, karena mempunyai variasi permukaan dan volume yang besar.

Lapisan tanah kaitannya dengan kemampuan menyimpan dan meloloskan air dibedakan atas empat lapisan yaitu (Suharyadi, 1984):

1. Akuifer :lapisan pembawa air = lapisan permeabel.

Yaitu batuan yang mempunyai susunan sedemikian rupa sehingga dapat mengalirkan air yang cukup berarti di bawah kondisi lapangan.

Contoh: pasir, kerikil, batu pasir, batu gamping yang berlubang- lubang, lava yang retak- retak.

2. Akuiklud: lapisan kedap air = lapisan impermeable.

Yaitu batuan yang dapat menyimpan air tetapi tidak dapat mengalirkan air dalam jumlah besar.

Contoh: lempung, tuff halus dan silt dan berbagai batuan yang berukuran lempung, shale.

3. Akuiflug: lapisan kebal air.

Yaitu batuan yang tidak dapat menyimpan dan mengalirkan air. Contoh: batuan granit dan batuan yang kompak, keras, dan padat.

4. Akuitar

Yaitu batuan yang dapat menyimpan air tetapi hanya dapat meloloskan air dalam jumlah yang terbatas. Misalnya tampak adanya rembesan atau kebocoran.

Jenis-jenis air tanah menurut Sutrisno (2004):

- Air Tanah Dangkal
- Air Tanah Dalam
- Mata Air

Penjelasan dari jenis-jenis airtanah di atas adalah sebagai berikut:

1. Air Tanah Dangkal

Air tanah dangkal terjadi karena daya proses pearsapan air dari permukaan tanah. Lumpur akan tertahan, demikian pula dengan sebagian bakteri, sehingga air tanah akan terjadi tetapi lebih banyak mengandung zat kimia (garam-garam yang terlarut) kerana melalui lapisan tanah yang mempunyai unsur-unsur kimia tertentu untuk masing-masing lapisan tanah (Sutrisno, 2004).

Pemanfaatan air tanah dangkal untuk memenuhi keperluan rumah tangga akan air bersih dan air untuk industri sudah banyak dilakukan. Di daerah dataran rendah umumnya tidak didapat cukup airtanah dangkal. Bila tidak ada sumber air minum,

airtanah dangkal merupakan sumber utama dan sebagian besar dieksploitasi dengan jalan membuat sumur. Sehingga sumur merupakan sumber air yang penting maka dari itu lingkungan sumur maupun konstruksinya harus diperhatikan (Surbakti,1989:53)

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam membuat sumur dangkal adalah:

1. Sumur harus diberi tembok rapat air 3,00 m² dari muka tanah, agar rembesan air permukaan dapat dihindari.
2. Sekeliling sumur harus diberi lantai rapat air 1-1,5 m² untuk mencegah terjadinya pengotoran dari luar.
3. Pada lantai sekelilingnya harus diberi saluran pembuangan air kotor agar air dapat tersalurkan dan tidak akan mengotori sumur
4. Pengambilan air sebaiknya dengan pipa kemudian air dipompa keluar.
5. Pada bibir sumur hendaknya diberi tembok pengaman setinggi 1m² (Sutrisno,1991:17).

2. Air Tanah Dalam

Pada umumnya lebih baik dari air dangkal, karena penyaringan lebih sempurna dan bebas dari bakteri.susunan unsur-unsur kimia tergantung pada lapis-lapis tanah yang dilalui (Sutrisno, 2004).

3. Mata Air

Adalah air tanah yang keluar dengan sendirinya kepermukaan tanah. Mata air yang berasal dari dalam tanah, hampir tidak terpengaruh oleh musim dan kualitasnya sama dengan keadaan air dalam (Sutrisno, 2004).

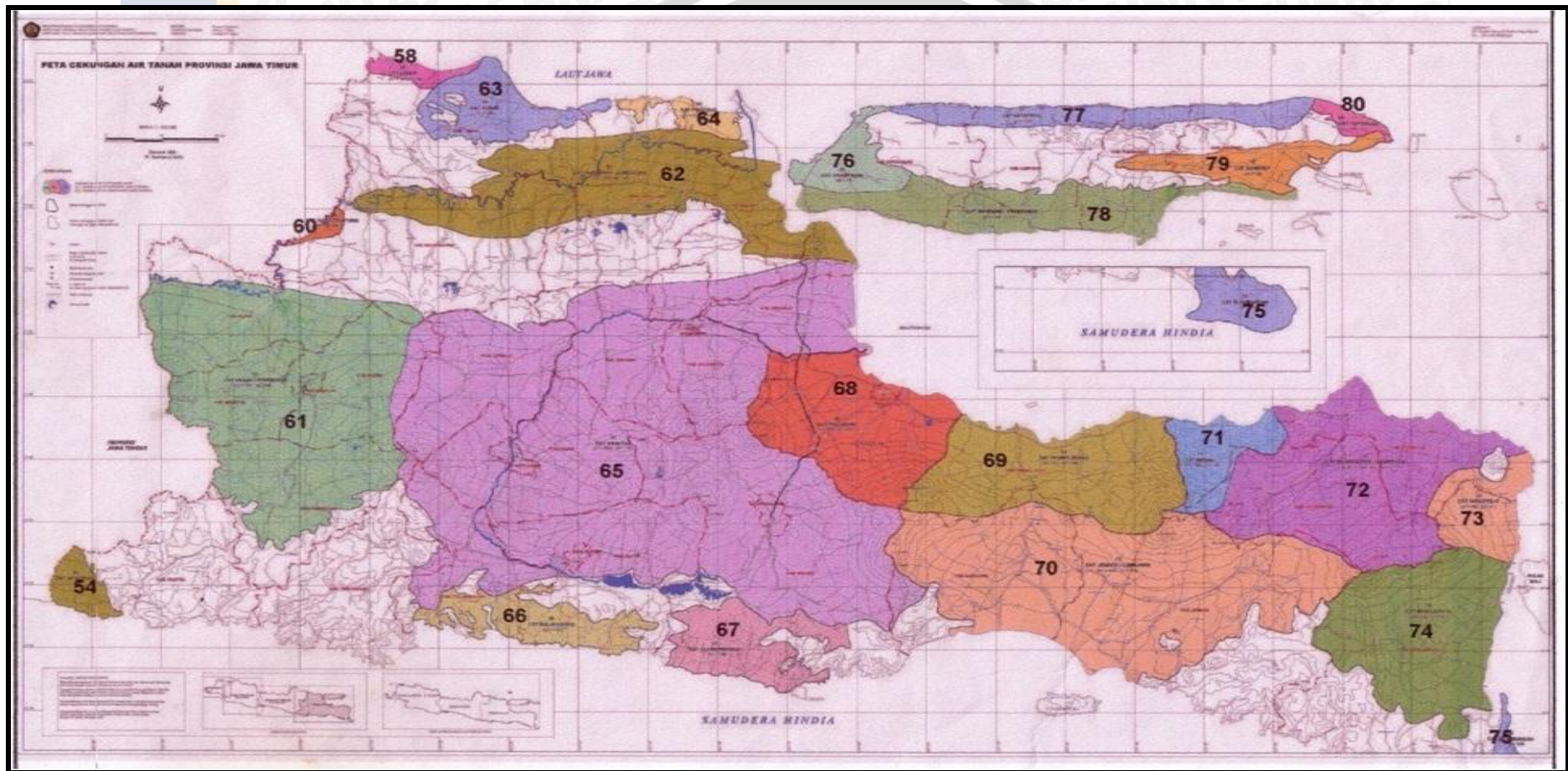
Adapun klasifikasi mata air adalah sebagai berikut:

1. Sifat pengalirannya.
2. Besar debit pengalirannya.
3. Suhu air.
4. Tenaga penyebab.
5. Tipe material pembawa air.

Cekungan Air Tanah (CAT) dalam Undang-Undang Sumber Daya Air No.7 Tahun 2004 pasal 1 ayat 12 adalah suatu wilayah yang dibatasi oleh batas hidrogeologis, tempat semua kejadian hidrogeologis seperti proses pengimbuhan, pengaliran, dan pelepasan air tanah berlangsung. Dengan demikian setiap cekungan airtanah memiliki ciri-ciri hidrogeologi tersendiri, yang secara hidraulika dapat berhubungan dengan cekungan airtanah lainnya atau bahkan tidak sama sekali (Suharyadi,1984). Hidrogeologi yaitu suatu studi tentang interaksi antara kerangka

system batuan dan atau air tanah. Dalam prosesnya menyangkut aspek-aspek fisika dan kimia yang terjadi di dekat atau di bawah permukaan tanah (Kodoatie,1996). Peta Cekungan Air Tanah Jawa Timur dapat ditunjukkan pada Gambar 2.2 di bawah ini.





Gambar 2.2 Peta Cekungan Air Tanah Jawa Timur

Sumber: Direktorat Tata Lingkungan Geologi dan Kawasan Pertambangan,
Departemen Energi dan Sumber Daya Lingkungan.

Keterangan nomor pada Gambar 2.2 merupakan nama Cekungan Air Tanah yang ada di Jawa Timur yang selanjutnya akan ditunjukkan pada Tabel 2.1 di bawah ini.

Tabel 2.1 Jumlah Potensi Air Tanah di Jawa Timur

No.	No. CAT	Nama CAT	Jumlah Air (Juta m ³ /tahun)	
			Bebas (Q ₁)	Tertekan (Q ₂)
1	54	Wonosari	463	0
2	58	Lasem	107	9
3	60	Randublatung	23	9
4	61	Ngawi- Ponorogo	1547	66
5	62	Surabaya- Lamongan	843	37
6	63	Tuban	160	0
7	64	Panceng	27	41
8	65	Brantas	3674	175
9	66	Bulukawang	163	0
10	67	Sumberbening	238	0
11	68	Pasuruan	628	43
12	69	Probolinggo	711	124
13	70	Jember – Lumajang	2625	131
14	71	Besuki	446	33
15	72	Bondowoso- Situbondo	1426	172
16	73	Wonorejo	406	27
17	74	Banyuwangi	1163	70
18	75	Blambangan	124	0
19	76	Bangkalan	77	0
20	77	Ketapang	137	0
21	78	Sampang- Pamekasan	238	57
22	79	Sumenep	130	0
23	80	Toranggo	21	0

Sumber : Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor: 716 K/40/MEM/2003

Menurut Danaryanto dkk. (2004) CAT di Indonesia secara umum dibedakan menjadi dua yaitu CAT bebas (*unconfined aquifer*) dan CAT tertekan (*confined aquifer*). CAT ini tersebar di seluruh wilayah Indonesia dengan total besarnya potensi masing- masing CAT adalah:

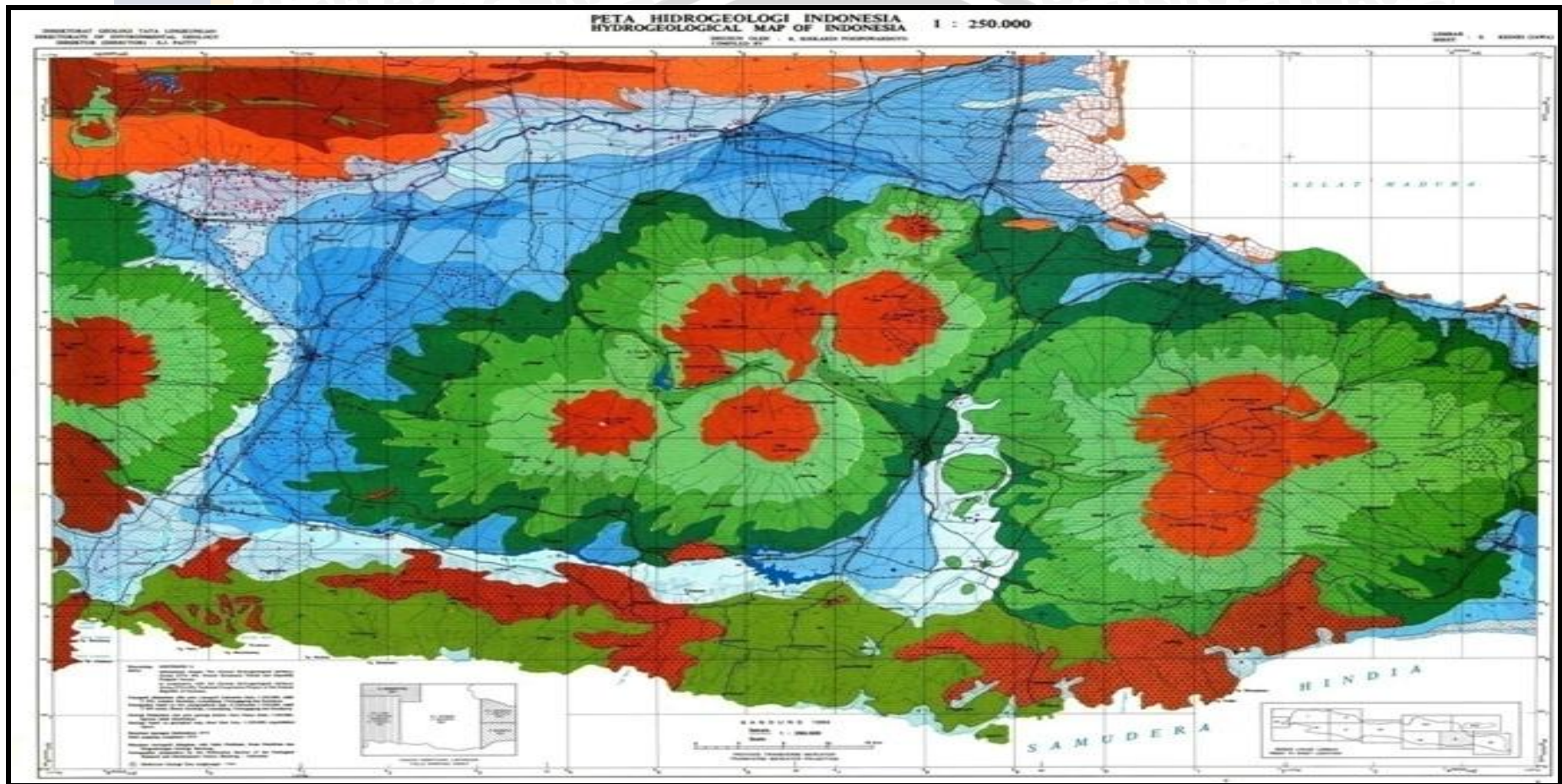
- CAT bebas : potensi 1.165.971 juta m³/dt
- CAT tertekan : potensi 35.325 juta m³/dt

Kriteria Cekungan Air Tanah berdasarkan PP No.43 Tahun 2008 adalah sebagai berikut:

1. Mempunyai batas hidrogeologis yang dikontrol oleh kondisi geologis atau kondisi hidrolis air tanah. Batas hidrogeologis adalah batas fisik wilayah pengelolaan air tanah. Batas hidrogeologis dapat berupa batas antara batuan lulus dan tidak lulus air, batas pemisah air tanah, dan batas yang terbentuk oleh struktur geologi yang meliputi, antara lain kemiringan lapisan batuan, lipatan, dan patahan.
2. Mempunyai daerah imbuhan dan daerah lepasan air tanah dalam satu sistem pembentukan air tanah. Daerah “imbuhan air tanah” merupakan kawasan lindung air tanah, di daerah tersebut air tanah tidak didayagunakan, sedangkan daerah lepasan air tanah secara umum dapat didayagunakan, dimana dapat dikatakan sebagai kawasan budidaya air tanah.
3. Memiliki satu kesatuan akuifer : yaitu kesatuan akuifer, termasuk batuan kedap air yang berada didalamnya. Akuifer dapat berada pada kondisi tidak tertekan atau bebas (*unconfined*) atau tertekan (*confined*).

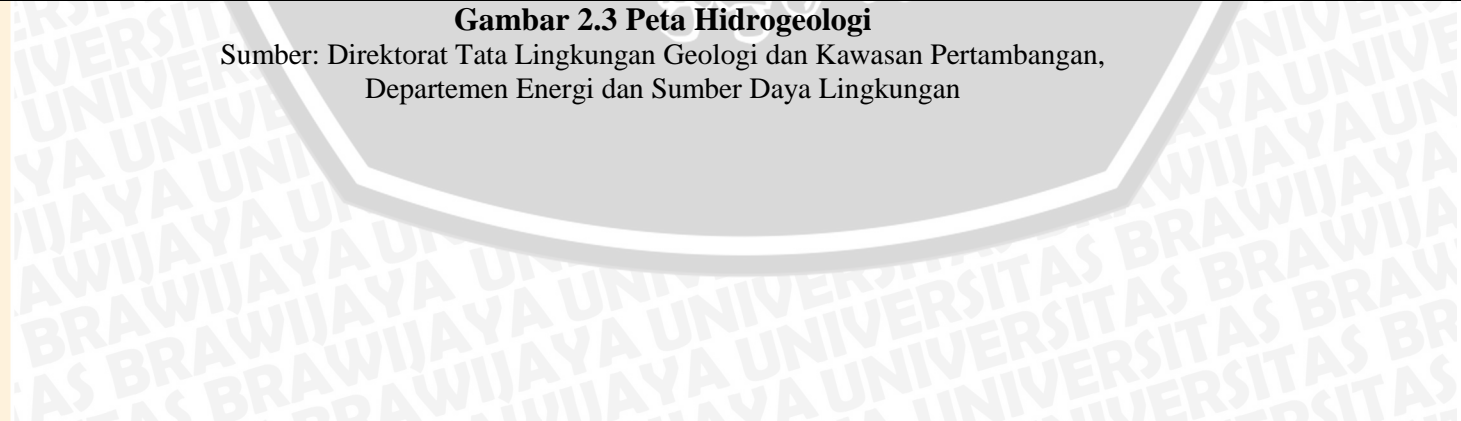
Peta Hidrogeologi skala 1:250.000 adalah bentuk ungkapan pelampiran akuifer bersama-sama dengan kondisi geologi, hidrogeologi, curah hujan, dan tampilan air permukaan untuk memahami rezim air tanah suatu daerah atau kawasan dengan tingkat kualitas berdasarkan skala 1:250.000. (<http://www.scribd.com/doc/39571821/SNI-Legenda-Peta-Hidrologi>).

Peta Hidrogeologi untuk sheet X Kediri (Jawa) ditunjukkan pada gambar 2.3 dibawah ini.



Gambar 2.3 Peta Hidrogeologi

Sumber: Direktorat Tata Lingkungan Geologi dan Kawasan Pertambangan,
Departemen Energi dan Sumber Daya Lingkungan



Terdapatnya air tanah dan produktivitas akuifer yang ditunjukkan pada Peta Hidrogeologi adalah sebagai berikut (SNI Legenda Peta Hidrogeologi):

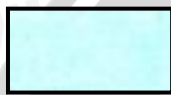
1. Akuifer Dengan Aliran Melalui Ruang Antar Butir



Akuifer produktif tinggi dengan penyebaran luas (akuifer dengan keterusan sedang hingga tinggi, muka air tanah atau tinggi pisometri dangkal atau di atas muka tanah, debit sumur umumnya lebih dari 10 liter/detik.



Akuifer produktif dengan penyebaran luas (akuifer dengan keterusan sedang, muka air tanah atau tinggi pisometri dangkal atau di atas muka tanah, debit sumur umumnya 5 sampai 10 liter/detik.



Akuifer Produktif sedang dengan penyebaran luas (akuifer dengan keterusan rendah sampai sedang, muka air tanah atau tinggi pisometri beragam, debit sumur umumnya kurang dari 5 liter/detik.



Akuifer produktif sedang (akuifer tidak menerus, tipis, dan rendah keterusannya, muka air tanah umumnya dangkal, debit sumur umumnya kurang dari 5 liter/detik.

2. Akuifer Dengan Aliran Melalui Celahan dan Ruang Antar Butir



Akuifer produktif tinggi dengan penyebaran luas (akuifer dengan keterusan dan kisaran kedalaman muka air tanah sangat beragam, debit sumur umumnya lebih dari 10 liter/detik



Akuifer produktif sedang dengan penyebaran lusa (akuifer dengan keterusan sangat beraga, kedudukan muka air tanah umumnya dalam, debit sumur umumnya kurang dari 5 liter/detik.



Akuifer produktif (akuifer dengan keterusan sangat beragam, umumnya airtanah tidak dimanfaatkan karena dalamnya muka air tanah, setempat mata air dengan debit kecil dapat diturap).

3. Akuifer Dengan Aliran Melalui Celahan, Rekahan, dan Saluran



Akuifer produktif tinggi (aliran air tanah terbatas pada zona celahan, rekahan, dan saluran, muka air tanah umumnya dangkal, debit sumur dan mata air umumnya besar).

4. Akuifer Dengan (Becelah atau Sarang) Produktif Kecil dan Daerah Air Tanah

Langka



Akuifer produktif kecil, setempat berarti (umumnya keterusan sangat rendah, air tanah dangkal dijumpai dalam jumlah terbatas di lembah-lembah atau zona pelapukan).



Daerah air tanah langka (umumnya keterusan sangat rendah sampai kedap air dan daerah setempat produktif rendah sampai tidak terpetakkan).

2.2 Sifat Kimia Air Tanah

Kualitas air tanah di suatu daerah sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor yang menyangkut lingkungan dan asal-usul terdapat air tanah, yakni meliputi (Arismunandar, 2000):

- Jenis litologi penyusunan akuifer, tempat terdapatnya atau terakumulasinya air tanah.
- Jenis litologi yang dilalui air tanah dari daerah imbuhan hingga muncul.
- Jarak daerah imbuhan hingga muncul air tanah.

Airtanah yang terakumulasi pada litologi penyusun akuifernya terdiri dari mineral-mineral yang mudah larut, maka airtanah itu banyak mengandung zat terlarutkan, begitu juga apabila mineral menyusun litologi yang dilaluinya mudah terlarutkan akan mempengaruhi jumlah zat yang terlarutkan. Tinggi dan rendahnya zat yang terlarutkan dalam airtanah akan mempengaruhi sifat-sifat fisika dan kimianya. Airtanah cenderung mencapai kesetimbangan kimia-fisika dan hal ini akan dicapai setelah terjadi proses-proses di dalam airtanah yang berlangsung dari waktu ke waktu. Sifat-sifat tersebut merupakan parameter untuk menentukan klasifikasi kualitas airtanah.

Menurut Suharyadi (1984), kualitas airtanah ditentukan oleh 3 sifat utama :

1. Sifat Fisik, antara lain warna, bau, rasa, total zat padat terlarut (TDS), kekeruhan dan suhu.
2. Sifat Kimia, antara lain derajat keasaman, potensial redoks, daya hantar listrik dan kandungan ion.
3. Sifat Biologis, antara lain bakteri E.coli

Sifat-sifat kimia air tanah diantaranya dapat sebagai berikut:

1. Derajat Keasaman (pH)

Reaksi kimia akan meningkat seiring dengan perubahan temperatur air. Perubahan temperatur air menyebabkan pH air berubah dan perubahan pH air tersebut bergantung pada jenis endapan akuifernya. Metode paling sederhana untuk mengetahui nilai pH adalah menggunakan kertas indikator pH dengan kesalahan $\pm 0,9$ unit. Pada temperature 25°C keaktifan ion H^{+} dan ion OH^{-} pada air adalah 9^{-4} , sehingga dengan asumsi konsentrasi $\text{H}^{+} = (1 \times 9^{-7} \text{ mol/liter})$ maka nilai pH air murni = 7. Air yang bersifat asam ($\text{pH} < 7$) terdapat pada daerah-daerah dengan endapan vulkanik, sedangkan air yang bersifat basa ($\text{pH} > 7$) terdapat pada daerah-daerah dengan bantuan Ultramafik (Hem, 1985).

2. Potensial Redoks (Eh)

Potensial redoks adalah ukuran kecenderungan (agresivitas) air untuk mengoksidasi atau mereduksi unsur yang terlarut dalam larutan. Di dalam reaksi kimia hal ini terlihat dalam jumlah electron yang dilepas dan electron yang diikat. Potensial redoks dinyatakan dalam satuan milivolt (mV). Besarnya Eh dapat diukur dan perbedaan potensial antara elektroda logam inert yang terbuat dari emas atau platinum dengan sebuah elektroda lain yang mempunyai nilai potensial konstan. Nilai potensial hidrogen dianggap sebagai nilai nol (*baseline*), sehingga jika nilai Eh air lebih besar dari nilai Eh hidrogen, maka potensial redoksnya positif. Potensial redoks yang positif menunjukkan kondisi oksidasi, sedangkan nilai negatif menunjukkan kondisi reduksi

(<http://blog.fitb.itb.ac.id/derwinirawan/wp-content/uploads/2010/10/week13-gl-2121-general-hydrogeology-fenomenadispersidankimia-air-tanah.pdf>).

3. Daya Hantar Listrik (DHL)

Daya hantar listrik (*specific conductivity*/konduktivitas) adalah ukuran kemampuan suatu zat menghantarkan arus listrik dalam temperatur tertentu yang dinyatakan dalam micromohs per centimeter $^{\circ}\text{C}$. Satuan yang lebih umum digunakan adalah mikroSiemens (μS). Untuk menghantarkan arus listrik, ion-ion bergerak dalam larutan memindahkan muatan listriknya (*ionic mobility*) yang bergantung pada ukuran dan interaksi antar ion dalam larutan. Nilai daya hantar listrik untuk berbagai jenis air adalah sebagai berikut (Mandel, 1981) :

- Air destilasi (aquades) : 0,5 – 50 μS
- Air hujan : 5,0 – 30 μS

- Air tanah segar : 30 – 2.000 μS
- Air laut : 45.000 – 55.000 μS
- Air garam (Brine) : > 90.000 μS

Nilai konduktivitas merupakan fungsi antara temperatur, jenis ion-ion terlarut, dan konsentrasi ion terlarut. Peningkatan ion-ion yang terlarut menyebabkan nilai konduktivitas air juga meningkat. Sehingga dapat dikatakan nilai konduktivitas yang terukur merefleksikan konsentrasi ion yang terlarut pada air.

4. Kandungan ion.

Kandungan ion dalam air yang penting antara lain Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Al^{3+} , Mn^{2+} , Cu^{2+} , Fe^{3+} , Zn^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} , CO_2 , CO_3^{2-} , HCO_3^- , H_2S , F^- , NH_4^+ , NO_3^- , NO_2^+ , KMNO_4 , SiO_2 dan B. Selain itu ion-ion logam yang biasanya jarang tapi bersifat racun antara lain As, Pb, Se, Cr, Cd, Hg, CO.

Kandungan ion – ion mayor yang akan dibahas yaitu magnesium (Mg^{2+}), kalsium (Ca^{2+}), kalium (K^+), natrium (Na^+), sulfat (SO_4^{2-}), karbonat (CO_3^{2-}), klorida (Cl^-), bikarbonat (HCO_3^-) (<http://wiretes.wordpress.com/tag/airtanah/>).

a. Magnesium (Mg^{2+})

Magnesium (Mg^{2+}) sebagai kation yang dijadikan parameter besar kecilnya pengaruh pelarutan litologi dalam air. Magnesium pada batuan beku berasal dari mineral-mineral feromagnesium berwarna gelap, yakni olivine, piroksen, amfibol. Dalam batuan alterasi hadir dalam klorit, montmorilonit dan serpentin. Magnesium juga hadir dalam sedimen karbonat sebagai magnesit dan hidromagnesit serta hydroxide brucite. Konsentrasi magnesium pada airtanah umumnya kurang dari 50 mg/liter, air laut lebih dari 1000 mg/liter, sedangkan brine (air garam) berkisar 75.000mg/liter. (Todd,1980)

b. Kalsium (Ca^{2+})

Nilai kandungan kalsium (Ca^{2+}) terlarut akan digunakan untuk menganalisis pengaruh litologi terhadap komposisi kimia airtanah. Kalsium adalah salah satu unsur penting dalam mineral-mineral batuan beku yakni dalam rantai silika, piroksen, amfibol dan feldspar. Kalsium berada dalam air karena kontak air dengan batuan beku dan batuan metamorf umumnya mempunyai konsentrasi yang rendah karena laju dekomposisinya lambat. Kebanyakan kalsium terdapat dalam batuan sedimen karbonat. Kalsium hadir dalam gipsum ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), anhidrit (CaSO_4), dan florit (CaF_2). Dalam batu pasir sebagai semen. Konsentrasi kalsium pada

airtanah umumnya kurang dari 100 mg/liter, untuk brine berkisar 75.000mg/liter. (Todd,1980)

c. Kalium (K^+)

Kalium merupakan kation yang tidak dominan ditemukan dalam air tanah. Terdapat dalam feldspar ortoklas dan mikroklin ($KAlSi_3O_8$), mika, feldspathoid leucite ($KAlSi_2O_6$). Dalam batuan sedimen kalium umumnya hadir sebagai feldspar, mika atau illit atau mineral lempung lainnya. Konsetrasi kalium umumnya kurang dari 10 mg/liter untuk airtanah, 100 mg/liter untuk mata air panas, 25.000mg/l untuk air garam. (Todd, 1980)

d. Natrium (Na^+)

Natrium melimpah dalam grup logam alkali. Dalam batuan sedimen, natrium hadir dalam mineral-mineral yang resisten sebagai semen. Air yang terjebak dalam sedimen dan tersimpan dalam waktu yang lama akan mempunyai konsentrasi Na^+ yang tinggi. Konsentrasi natrium umumnya kurang dari 200 mg/liter untuk airtanah, 10.000 mg/liter untuk air laut, 25.000 mg/liter untuk air garam. (Todd,1980)

e. Sulfat (SO_4^{2-})

Kandungan sulfat (SO_4^{2-}) terlarut merupakan parameter utama yang digunakan untuk menentukan ada tidaknya proses oksidasi mineral sulfida terhadap komposisi kimia airtanah. Sumber lain adalah dari mineral gipsum ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) dan mineral anhidrit ($CaSO_4$) yang akan mudah terlarut oleh air menjadi Ca^{2+} dan SO_4^{2-} . Konsentrasi sulfat untuk airtanah umumnya kurang dari 300 mg/liter kecuali dipengaruhi oleh air sisa drainase. 200.000mg/liter untuk air garam. (Todd,1980)

f. Karbonat (CO_3^{2-})

Karbonat merupakan anion yang penting. ionkarbonat dengan konsentrasi tinggi merupakan indikasi adanya sumber polutan dalam airtanah. Kandungan karbonat umumnya kurang dari 10 mg/liter untuk airtanah dengan komposisi biasa (Todd, 1980).

g. Klorida (Cl^-)

Analisis klorida (Cl^-) dimaksudkan untuk memperkecil nilai ketidakseimbangan kation-anion dalam hasil perhitungan. Selain itu klorida juga digunakan untuk mengetahui berapa besar kadar sodium klorida ($NaCl$) yang terlarut dalam air. Pelapukan batuan dan tanah melepaskan klorida ke perairan. Konsentrasi klorida pada umumnya kurang dari 10 mg/liter didaerah lembab, 1000 mg/l untuk daerah kering. (Todd,1980)

h. Bikarbonat (HCO_3^-)

Tingkat kebasahan suatu sampel air tanah dinyatakan dalam nilai yang disebut alkalinitas. Dengan kata lain alkalinitas dapat diartikan sebagai berapa besar asam yang digunakan untuk menetralkan air tanah. Tingginya alkalinitas dalam air disebabkan oleh ionisasi asam karbonat, terutama pada air yang banyak mengandung karbondioksida (kadar CO_2 mengalami saturasi/jenuh). Karbondioksida dalam air bereaksi dengan basa yang terdapat pada batuan dan tanah membentuk bikarbonat. Konsentrasi bikarbonat umumnya kurang dari 500 mg/liter dapat melebihi 1000mg/liter dalam air sangat didukung dengan karbondioksida. (Todd, 1980)

2.3 Metode Analisis Karakteristik Kimia Air Tanah

Komposisi kimia air tanah sangat dipengaruhi oleh akuifer tempat airtanah tersebut berada. Kontak antara air tanah dan litologi yang menjadi akuifernya akan menyebabkan terjadi suatu reaksi yang memungkinkan perubahan komposisi air tanah. Proses pelarutan mineral pembentuk batuan yang menjadi akuifer oleh air tanah yang melewatinya akan mengakibatkan penambahan kation-anion terlarut pada air tanah dengan jenis yang berbeda (wiretes.wordpress.com, 2010).

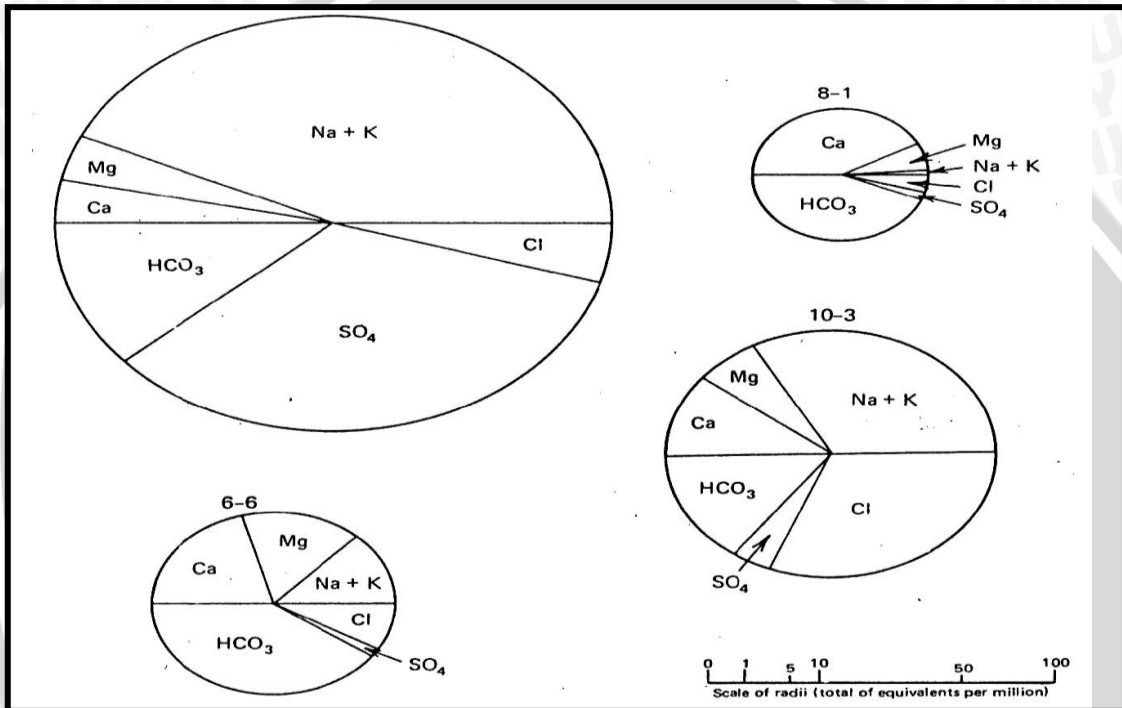
Dalam menganalisis data komposisi kimia yang terdapat pada air tanah dapat menggunakan berbagai macam metode diantaranya adalah:

1. Metode Klasifikasi Kurlov

Penamaan kelas air tanah ditentukan oleh kandungan ion yang mempunyai jumlah persentasenya $\geq 25\%$ (Suharyadi, 1984). Metode ini dipakai karena lebih praktis dan cepat.

2. Metode Diagram Pie

Diagram ini menunjukkan komposisi ion-ion yang terkandung dalam air tanah dalam daerah-daerah di dalam lingkaran yang memiliki proporsi yang berbeda-beda sesuai dengan jumlah kandungan ion masing-masing dalam miliequivalen per liter. Besarnya jari-jari lingkaran setiap sampel air tanah juga berbeda-beda sesuai dengan jumlah total ion yang diiliki. Semakin besar jari-jari lingkarannya maka jumlah total ion terlarutnya semakin besar. Diagram Pie ditunjukkan pada Gambar 2.4 di bawah ini.



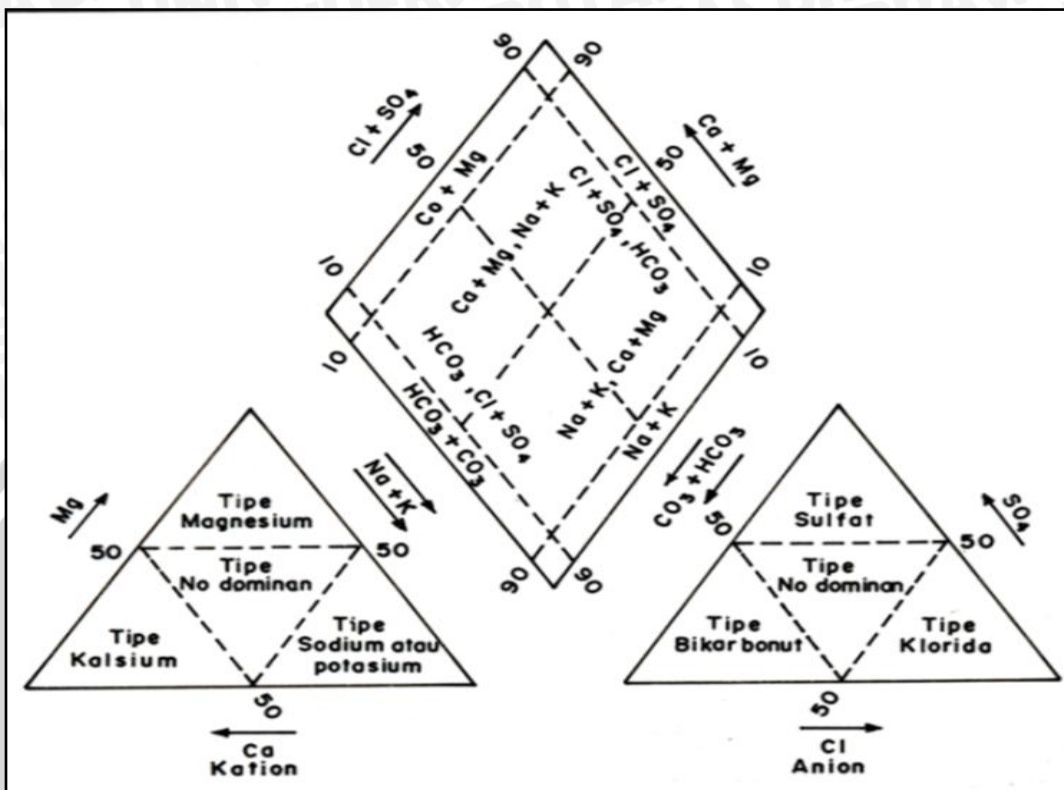
Gambar 2.4 Diagram Pie

Sumber: Tood,DK (1980:287)

3. Metode Diagram Trilinier Piper

Metode ini merupakan metode yang terpenting untuk studi genetika air tanah, dimana sangat efektif dalam pemisahan analisis data bagi studi krisis terutama mengenai sumber unsur penyusun terlarut dalam air tanah. Perubahan atau modifikasi sifat-sifat air yang melewati suatu wilayah tertentu serta hubungannya dengan problem-problem geokimia (Suharyadi, 1984). Diagram ini terdiri dari dua segitiga samasisi yang terletak di bawah kanan dan kiri masing-masing segitiga untuk mengplotkan kation dan anion di satu pihak dan anion di pihak lain. Di atas kedua segitiga itu dibuat jajaran genjang. Dan pada jajaran genjang tersebut titik-titik kation dan anion dari kedua segitiga ditarik keatas kedalam jajaran genjang. Dari kedudukan titik tersebut pada jajaran

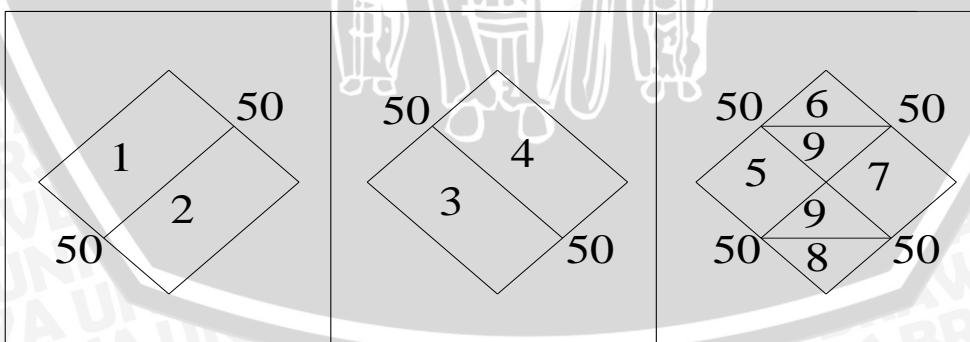
genjang dapat diinterpretasi tipe kualitas air tanahnya. Gambar Diagram Trilinier Piper ditunjukkan pada Gambar 2.5 di bawah ini.



Gambar 2.5 Diagram Trilinier Piper

Sumber : Piper, 1944 dalam (blog.ftb.itb.ac.id)

Tipe kualitas air tanah dapat diketahui dengan cepat dengan memperhatikan kelompok dominan hasil pengeplotan data pada jajaran genjang. Pembagian daerah pada jajaran genjang ditunjukkan pada Gambar 2.6 di bawah ini.



Gambar 2.6 Pembagian Daerah Pada Jajaran Genjang menurut Piper

Sumber: Walton, 1970 dalam Suharyadi (1984:107)

Apabila titik yang diplot jatuh pada daerah (Suharyadi, 1984):

1. berarti kandungan alkali tanah melebihi kandungan alkalinya.
2. berarti kandungan alkali melebihi kandungan alkali tanahnya.

3. berarti asam lemah melebihi asam kuatnya.
4. berarti asam kuat melebihi asam lemahnya.
5. berarti kekerasan karbonat (alkalinitas sekunder) lebih dari 50%, airtanah didominasi oleh alkali tanah dan asam lemahnya.
6. berarti kekerasan non karbonat (kegaraman sekunder) lebih dari 50%.
7. berarti non karbonat alkali (kegaraman primer) lebih dari 50%, airtanah didominasi oleh alkali dan asam kuat.
8. berarti karbonat alkali (alkalinitas primer) lebih dari 50%.
9. berarti pasangan kation-anion seimbang tidak ada yang melebihi 50%.

4. Metode Diagram Pola Stiff

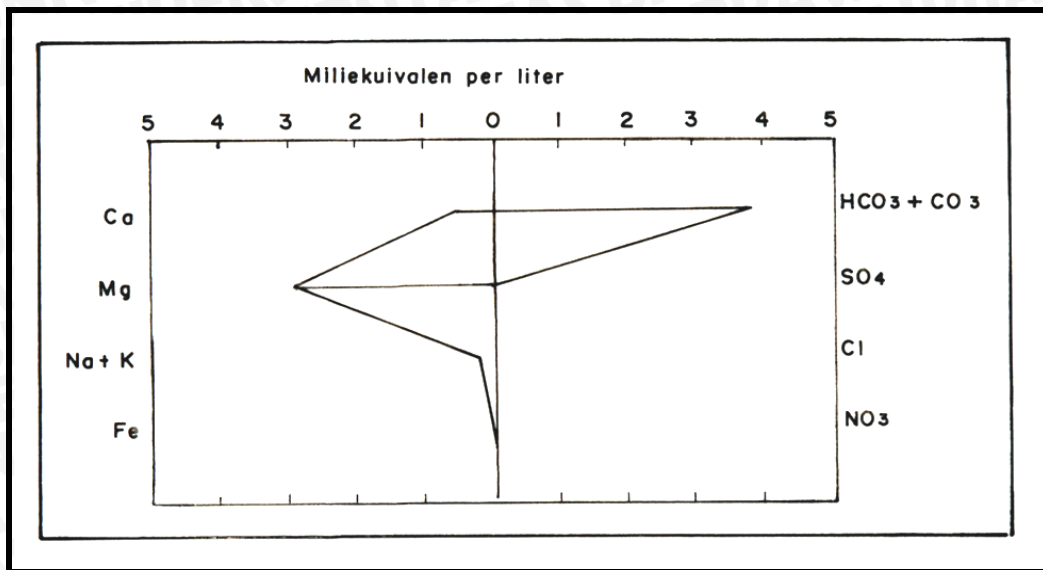
Metode diagram pola stiff dapat dipakai untuk menghubungkan atau mengkorelasikan kualitas air tanah secara tegak pada suatu lubang bor mulai dari air tanah teratas sampai yang terbawah atau secara mendatar pada akuifer yang sama. (Suharyadi, 1984).

Metode ini menggunakan empat sumbu paralel horisontal dan satu sumbu vertikal yang dipakai dalam membandingkan komposisi kimia air berdasarkan arah alirannya. Empat kation diplot pada setiap sumbu sebelah kiri dari titik nol dan empat anion di sebelah kanannya. Hubungan antara titik-titik kation dan anion memberikan gambaran/poligon tertutup atau "pola". Berdasarkan pola-pola yang dihasilkan dapat diinterpretasikan perkembangan ion-ion tersebut dalam air tanah.

Diagram stiff dapat digunakan untuk :

1. Membantu menggambarkan hubungan antar ion air dan menghubungkannya antara kation dan anion.
2. Jika hubungan telah diketahui, dapat diketahui juga komposisi ion.

Metode Diagram Stiff dapat ditunjukkan pada Gambar 2.7 di bawah ini.



Gambar 2.7. Contoh Diagram Pola Stiff

Sumber: Todd, DK (1980:286)

5. Metode Diagram Fingerprint

Metode diagram Fingerprint menyajikan deskripsi visual dari pola kelimpahan relatif ion terlarut dalam bentuk garis dan salinitas relatif yang dilihat dari posisi garis apakah di bagian bawah atau di bagian atas dari diagram (Mazor, 1997). Setiap garis merupakan penggambaran dari sebuah sampel airtanah. Beberapa sampel airtanah dapat dimasukkan dalam diagram ini untuk dibandingkan. Dalam pengeplotan ion di dalam diagram ini dipisahkan antara kation dan anion. Kation diplot di sebelah kiri dan anion diplot di sebelah kanan. Semua kation dihubungkan dengan satu garis dan semua anion juga dihubungkan dengan satu garis sehingga dapat dilihat pola keseimbangan antara kation dan anion.

6. Metode Diagram Komposisi

Sepasang parameter yang diukur dapat diplotkan dalam diagram x-y, atau lebih dikenal dengan diagram komposisi (Mazor, 1997). Data yang diplotkan misalnya antara ion mayor dengan TDI. Diagram ini menyajikan cara yang cepat untuk dapat melihat keterkaitan antar sampel airtanah. Pola yang umum terbentuk pada diagram komposisi ini adalah:

1. Satu kluster

Hal ini mengindikasikan bahwa sampel air yang diplotkan berasal dari tipe air yang sama atau dengan kata lain berasal dari akuifer yang sama.

2. Dua klaster

Hal ini mengindikasikan bahwa sampel air memiliki dua tipe air yang berbeda dan tidak terjadi pencampuran. Selain itu kemungkinan muncul tiga atau lebih kelompok air yang terlihat pada diagram komposisi.

3. Garis

Pola garis dapat terbentuk akibat pencampuran antara fresh water dengan saline water dengan berbagai macam persentase. Minyalnya pada pengeplotan SO_4^{2-} dengan TDI, perpanjangan garis menuju angka nol mengindikasikan pencampuran antara saline water dengan air yang memiliki konsentrasi SO_4^{2-} yang dapat diabaikan. Perpanjangan garis menuju TDI mengindikasikan bahwa fresh water yang terletak di akhir memiliki konsentrasi ion dominan selain SO_4^{2-} . Sedangkan perpanjangan garis menuju SO_4^{2-} mengindikasikan bahwa kedua air yang bercampur memiliki konsentrasi SO_4^{2-} yang signifikan.

4. Distribusi segitiga

Seringkali data yang diplotkan membentuk pola segitiga. Hal ini mengindikasikan bahwa terjadi pencampuran antara tiga tipe air yang berbeda.

5. Distribusi acak

Distribusi acak dapat disebabkan oleh:

- Sampel air tersebut berasal dari sumber yang tidak berkaitan dengan komposisi yang berbeda.
- Kualitas analisis data yang jelek.

Dalam penelitian ini menggunakan Metode Diagram Pie, Diagram Trilinier Piper. Untuk mempermudah Metode tersebut dapat diselesaikan dengan menggunakan alat bantu Software *Aquachem versi 2011.1*.

Aquachem versi 2011.1 adalah perangkat lunak dikembangkan secara khusus untuk analisis grafis dan numerik pada pemodelan data kualitas air. Fitur ini sepenuhnya disesuaikan parameter fisik kimia dan menyediakan pilihan komprehensif alat analisis, kalkulasi dan grafik untuk menginterpretasikan data kualitas air tanah.

AquaChem versi 2011.1 mempunyai kemampuan analisis data yang mencakup berbagai fungsi dan perhitungan termasuk unit konversi, saldo biaya, sampel perbandingan dan pencampuran, ringkasan statistik, analisis tren, dan banyak lagi. AquaChem terdiri dari database disesuaikan standar kualitas air sampai dengan tiga tindakan yang berbeda untuk setiap parameter tingkat. Setiap sampel melebihi standar yang dipilih secara otomatis disorot dengan warna tingkat dilakukan dengan tepat untuk

mudah mengidentifikasi dan kualifikasi potensi masalah. Kemampuan analisis yang kuat ini dilengkapi dengan pilihan komprehensif yang umum digunakan untuk mewakili karakteristik kimia dari data kualitas air.

Beberapa studi terdahulu tentang analisis karakteristik kimia air tanah dapat ditunjukkan sebagai berikut:

1. Miftahussalam (2002) dengan penelitiannya yang berjudul kualitas air tanah untuk air irigasi di daerah Pengasih, Kabupaten Kulon Progo, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta, melakukan penelitian yang bertujuan untuk menganalisis kualitas airtanah untuk air irigasi. Metode yang digunakan adalah metode Diagram Segitiga Piper yang menghasilkan bahwa baik pada tahun 2000 atau 2001 semua sampel masuk dalam kelompok 5 yaitu sifat kimia air tanah yang didominasi alkali tanah dan asam lemah.
2. Irham, Ahmad, dan Widodo (2006) dengan penelitiannya yang berjudul pemetaan sebaran air tanah asin pada akuifer dalam di wilayah Semarang Bawah, melakukan penelitian yang bertujuan untuk menganalisis kualitas airtanah asin pada akuifer di wilayah tersebut. Metode yang digunakan adalah metode Diagram Segitiga Piper yang menghasilkan bahwa bagian barat menunjukkan adanya gejala instruksi air laut, bagian tengah kandungan airtanah lebih mendekati unsur kimia air tawar, bagian Timur menuju pada unsur kimia air asin.
3. Rosadi (2008) dengan penelitiannya yang berjudul kualitas air tanah dangkal di daerah lumpur Sidoarjo dan sekitarnya, Jawa Timur (setahun setelah letusan) didapatkan analisis air terhadap 10 (sepuluh) contoh air sumur gali di daerah lumpur Sidoarjo dan sekitarnya tidak memenuhi persyaratan untuk dipergunakan untuk air minum.

2.4 Pemetaan Dengan Program *Surfer 8*

Surfer 8 merupakan salah satu perangkat lunak produk *Golden Software, Inc.* *Surfer* merupakan salah satu perangkat lunak yang digunakan untuk membuat peta kontur dan pemodelan tiga dimensi. Perangkat lunak *surfer* melakukan plotting data tabular X Y Z tidak beraturan menjadi lembar titik-titik segi empat (*grid*) yang beraturan. Grid adalah serangkaian garis vertikal dan horizontal yang dalam Surver berbentuk segi empat yang menjadi dasar pembentuk kontur dan permukaan tiga dimensi. Pada titik perpotongan *grid* disimpan nilai Z berupa titik ketinggian atau

kedalaman. *Gridding* merupakan proses pembentukan rangkaian nilai Z yang teratur dari sebuah data X Y Z. (Nanang, 2010).

Metode *gridding* menghasilkan jarak teratur persegi panjang dari nilai Z dari data XYZ tidak lengkap. *Gridding* mengisi lubang ini dengan ekstrapolasi atau interpolasi nilai Z dilokasi tersebut dimana tidak ada data. Beberapa metode *gridding* dalam surfer adalah sebagai berikut (program *surfer 8*):

1. Inverse Distance to Power
2. Kriging
3. Minimum Curvature
4. Nearest Nighbor
5. Polynomial Regression
6. Radial Basis Function
7. Shepard Method

Kriging adalah metode *gridding* yang telah terbukti fleksibel dan dapat digunakan ke sebagian besar tipe data. Metode ini menghasilkan visual peta lengkap dari data tidak lengkap.

