

IDENTIFIKASI KERENTANAN AIRTANAH (*GROUNDWATER VULNERABILITY*) CEKUNGAN AIRTANAH PALU MELALUI PENENTUAN KUALITAS RELATIF DAN TIPE HIDROKIMIA DENGAN PENDEKATAN GEOMORFOLOGI DAN GEOLOGI

Zeffitni

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Tadulako
Kampus Bumi Tadulako, Jl. Soekarno Hatta km.9. Palu – Sulawesi Tengah. Telp 0451- 244844
Email: zeffitni_04@yahoo.com

Abstrak

Kebijakan manajemen pemanfaatan airtanah, pada prinsipnya harus tetap memperhatikan aspek kualitas dan lingkungan fisik (physical environment), serta proteksi terhadap kontaminan kimia airtanah. Penilaian kerentanan airtanah merupakan suatu yang bersifat relatif, tidak terukur, dan bersifat dimensional. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi kerentanan airtanah (groundwater vulnerability) melalui penentuan kualitas relatif airtanah berdasarkan nilai DHL yang menunjukkan total konsentrasi ion terlarut. Kualitas relatif dan tipe hidrokimia dalam penelitian ini dianalisis berdasarkan pendekatan geomorfologi dan geologi. Pendekatan geomorfologi berdasarkan variasi satuan bentuklahan dan pendekatan geologi berdasarkan sebaran litologi penyusun akuifer pada setiap formasi geologi. Parameter penting yang menentukan karakteristik akuifer adalah: ketebalan akuifer, kelulusan atau permeabilitas (permeability), keterusan (transmissivity) dan hasil jenis (specific yield). Penentuan kualitas relatif dan tipe hidrokimia, dilakukan berdasarkan nilai DHL dan sebaran kation (Ca, Mg, Na, K) dan anion (Cl, SO₄, HCO₃, CO₃ dan NO₃) dalam airtanah. Pengambilan sampel airtanah bebas dan mataair berdasarkan musim, sedang airtanah tertekan berdasarkan data dari 36 sumur bor eksplorasi (SE) dan sumur bor produksi (SD). Penetapan jumlah sampel secara acak berstrata (proportional sampling), dimana sampel ditetapkan berdasarkan variasi dan luasan bentuklahan yang berbeda dengan satuan bentuklahan dan unit geologi sebagai stratumnya. Klasifikasi tipe hidrokimia airtanah yang digunakan dalam penelitian ini berdasarkan metode Szcukariew - Priklonski yang mendasarkan analisis pada ion dominan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kualitas relatif dan tipe hidrokimia pada: 1). airtanah bebas bernilai baik dengan nilai DHL sejumlah 507 $\mu\text{mhos/cm}$ dan didominasi oleh air bikarbonat (HCO₃), 2). mataair bernilai baik dengan nilai DHL 471,53 $\mu\text{mhos/cm}$ dan didominasi oleh air bikarbonat (HCO₃), dan 3). airtanah tertekan bernilai baik (413,58 $\mu\text{mhos/cm}$) dan didominasi oleh air bikarbonat (HCO₃). Sebarannya di satuan bentuklahan dataran aluvial, dataran banjir dan perbukitan terdenudasi, pada Formasi Aluvium dan Pakuli dengan litologi penyusun akuifer yang bervariasi. Dapat disimpulkan bahwa airtanah di CAT Palu belum rentan terhadap pencemaran tapi ditinjau dari faktor kondisi fisik (morfokronologi) di Cekungan Airtanah Palu erat kaitannya dengan terjadinya pencemaran airtanah.

Kata kunci: airtanah; DHL; geologi; geomorfologi; kualitas

Pendahuluan

Airtanah adalah air yang terdapat pada lapisan pengandung air (*akuifer*) di bawah permukaan tanah, termasuk mataair yang muncul di permukaan tanah. Peranan airtanah semakin lama semakin penting karena airtanah menjadi sumber air utama untuk memenuhi kebutuhan pokok hajat hidup orang banyak (*common goods*), seperti air minum, rumah tangga, industri, irigasi, perkotaan dan lainnya. Airtanah sudah menjadi komoditi ekonomis bahkan di beberapa tempat sudah menjadi komoditi strategis. Diperkirakan 70% kebutuhan air bersih penduduk dan 90% kebutuhan air industri berasal dari airtanah (Pusat Lingkungan Geologi, 2006; Hadian dkk., 2006; Zeffitni, 2010). Airtanah merupakan sumberdaya alam yang dapat diperbaharui (*renewable*) secara alami, karena airtanah merupakan bagian yang tidak terpisahkan dalam siklus hidrologi. Meskipun airtanah mempunyai sifat dapat diperbaharui, namun waktu pembaharuan tersebut sangat relatif, tergantung dari kecepatan pengimbuhan (*recharge*) yang berlangsung pada setiap hitungan waktu. Oleh karena itu kebanyakan pengguna airtanah mempunyai pemahaman yang keliru tentang sifat terbaharui airtanah, yang bertindak tanpa mempertimbangkan keterbatasan

ketersediaan airtanah baik secara kuantitas maupun kualitas (Soetrisno,1995; Pusat Lingkungan Geologi, 2006; Susilo, 2008; Zeffitni, 2010). Ditinjau dari segi kualitas, airtanah merupakan salah satu sumberdaya air yang baik untuk air minum, karena adanya berbagai keuntungan dibanding dengan sumber air lainnya, (Elearly dalam Travis dan Etner,1984). Namun di sisi lain kerentanan airtanah terhadap kontaminan baik secara alami maupun aktivitas manusia tidak dapat dihindari sebagai pemicu penurunan kualitas airtanah.

Kebijakan manajemen pemanfaatan air dari sumber airtanah, pada prinsipnya harus tetap memperhatikan aspek kualitas dan lingkungan fisik (*physical environment*) airtanah, serta proteksi terhadap kontaminan kimia airtanah. Penilaian kerentanan airtanah merupakan suatu yang bersifat relatif, tidak terukur, dan bersifat dimensional. Atribut utama yang digunakan dalam penilaian intrinsik kerentanan airtanah terdiri dari: *recharge*, kondisi tanah, dan karakteristik akuifer - non akuifer. Atribut sekunder terdiri dari: topografi, hubungan air permukaan ke dalam airtanah, dan unit akuifer. Semua atribut tersebut tidak terlepas dari kondisi hidrogeologi dan hidromorfologi airtanah. Identifikasi kerentanan airtanah (*mapping groundwater vulnerability*) Cekungan Airtanah (CAT) Palu merupakan salah satu upaya untuk pengelolaan air yang tepat di Kota Palu, Provinsi Sulawesi Tengah. Airtanah di Cekungan Airtanah Palu (CAT Palu) merupakan salah satu fenomena fisik lingkungan (*physical enviroment*) yang memerlukan proteksi kualitas airtanah. Keberadaan CAT Palu erat kaitannya dengan struktur graben di Cekungan Palu, yaitu Sesar Palu. Secara administratif CAT Palu berada di Provinsi Sulawesi Tengah dan meliputi wilayah Kota Palu (sebagai ibukota Provinsi Sulawesi Tengah), Kabupaten Donggala, dan Sigi. Dengan demikian airtanah di CAT Palu merupakan salah satu sumber pemasok air bersih bagi penduduk di Kota Palu serta di sebagian Kabupaten Donggala dan Sigi. Permasalahan kerentanan airtanah dalam manajemen pengelolaan air bagi penduduk Kota Palu merupakan permasalahan urgen yang perlu dicarikan solusinya. Berdasarkan hal tersebut, maka penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi kerentanan airtanah (*groundwater vulnerability*) CAT Palu melalui penentuan kualitas relatif dan tipe hidrokimia dengan pendekatan geomorfologi dan geologi.

Agihan potensi airtanah di CAT Palu tidak merata dan berfluktuasi berdasarkan musim, sehingga menimbulkan permasalahan manajemen pemanfaatan air di Kota Palu. Kelangkaan air terjadi di berbagai tempat, diiringi dengan kualitas airtanah yang tidak memenuhi syarat. Keadaan ini dipicu oleh kurangnya proteksi dan manajemen terhadap kontaminan sebagai akibat dari kondisi alami dan aktivitas manusia. Berdasarkan survei yang dilakukan Ruchijat dan Denny (1989) bahwa kualitas airtanah bebas pada beberapa tempat cenderung mengalami pencemaran. Indikasi adanya pencemaran pada litologi akuifer berkedudukan < 30 meter dari permukaan tanah. Dhuhudijat (1995) menyatakan bahwa di Daerah Palu airtanah bebas sudah terindikasi pencemaran zat organik dengan kandungan nitrit di atas 0,01 mg/l.

Di bagian timur CAT Palu sumber air permukaan dan airtanah dangkal pada ketinggian tertentu hampir tidak ada. Di beberapa tempat sumur dangkal kering pada musim kemarau dan mengandung kapur seperti di daerah Besusu Kecamatan Palu Timur. Di daerah Tondo Kecamatan Palu Timur, kebutuhan air untuk domestik disuplai dari PDAM, yaitu sumur bor Watutela Tondo dengan produksi $\pm 3,5$ liter/detik, sehingga distribusi air bersih ke rumah penduduk dibatasi yaitu 2 hari/minggu (2 jam/hari). Di daerah Lasoani dan Kawatuna, produksi lebih rendah lagi yaitu 0,6 – 3,5 liter/detik. Kekurangan air bersih pada musim kemarau diantisipasi penduduk dengan cara "membeli air" (4 m³/tanki) dengan harga Rp.80.000,00/tanki (Rp.20.000,00/m³). Harga ini sangat mahal jika dibandingkan dengan harga sebagai pelanggan PDAM yang hanya Rp.1.400,00/m³ (PDAM Uwe Lino Kota Palu / Kabupaten Donggala, 2009; Zeffitni, 2010).Di bagian barat Cekungan Airtanah Palu penduduk memanfaatkan mataair, sumur – sumur dangkal dan juga sumur bor PDAM untuk kebutuhan air domestik melalui saluran langsung dan kran - kran umum.Kuantitas airtanah pada sumur – sumur dangkal (sumur gali) berfluktuasi pada musim hujan dan kemarau. Di Kecamatan Palu Barat, pemanfaatan air untuk domestik dari sumur bor dalam (SD) Duyu dengan produksi 23,6 liter/detik. Pemanfaatan air dari sumber mataair, yaitu: Duyu (3,5 liter/detik), Wuwu Yoega (1 liter/detik) dan Wuwu Kulu (1 liter/detik). Mataair - mataair tersebut pernah dikelola PDAM tapi karena kapasitas produksi tidak sebanding dengan biaya produksi akhirnya tidak dimanfaatkan lagi. Di beberapa tempat juga sumber – sumber airtanah mengandung kapur, seperti di daerah Ujuna, Kampung Lere, dan Baru di Kecamatan Palu Barat (PDAM Uwe Lino Kota Palu / Kabupaten Donggala, 2009; Zeffitni, 2010).

Tinjauan Pustaka

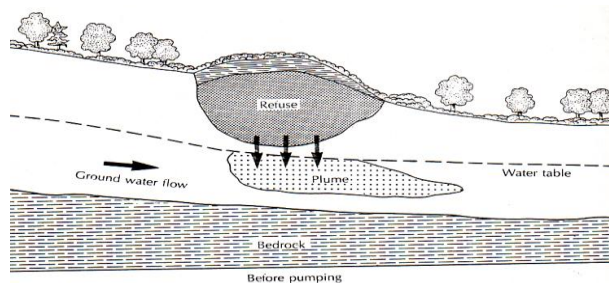
Airtanah merupakan salah satu komponen dari sistem daur air di alam yang disebut dengan siklus hidrologi. Sumberdaya airtanah bersifat dapat diperbaharui (*renewable*) secara alami. Airtanah terdapat pada berbagai formasi geologi, terutama pada akuifer (*aquifer*), yang merupakan suatu formasi geologi yang mampu mengandung dan meloloskan air. Konsep kerentanan airtanah didasarkan pada asumsi bahwa lingkungan fisik telah menyebabkan penurunan proteksi terhadap airtanah yang ditandai dengan masuknya kontaminan. Proses infiltrasi dari permukaan tanah menyebabkan ikut terbawanya kontaminan, namun disamping itu secara alami proses perkolasi juga ikut mempengaruhi pada zona tidak jenuh (*unsaturated*). Villumsen, dkk (1983) dalam Vrba (1994) berpendapat bahwa kerentanan airtanah merupakan suatu keadaan yang menunjukkan sistem airtanah yang sangat sensitif akibat dari kegiatan manusia atau kondisi alami. Kerentanan airtanah ditentukan oleh beberapa faktor hidrogeologi, yaitu karakteristik akuifer, kondisi tanah dan material geologi. Untuk menggambarkan kerentanan airtanah dapat dilakukan

melalui pemetaan yang menunjukkan secara spesifik tata guna lahan dan kontaminan yang bersifat spasial temporal. Pada pendapat lain Johnston (1988) menambahkan bahwa kerentanan yang ditandai dengan masuknya kontaminan pada akuifer berasal dari kontaminan permukaan yang dikontrol oleh sistem aliran airtanah, kondisi hidrogeologi, dan iklim.

Vrba (1991) menyatakan bahwa kerentanan sangat tergantung pada waktu. Kerentanan airtanah akibat aktivitas manusia, telah merubah lingkungan fisik, zona jenuh dan tidak jenuh dari suatu sistem akuifer dan tergantung dari abilitas dan inabilitas dari proses alami dan kegiatan manusia. Albinet dan Margat (1970); Adam dan Foster (1984) menambahkan bahwa kerentanan yang terjadi pada akuifer dimungkinkan oleh perkolasi dan difusi kontaminan dari permukaan tanah menembus muka airtanah di bawah kondisi alami. Olmer dan Reza (1974) menyatakan bahwa kerentanan airtanah ditentukan oleh kondisi alami dan tidak hanya tergantung dari sumber polusi, tapi juga permeabilitas, gradien hidrolik dan kecepatan dari aliran airtanah. Vrana (1984) berpendapat bahwa kerentanan pada akuifer merupakan suatu kondisi kompleks dari permukaan dan bawah permukaan tanah yang mempengaruhi perpindahan kontaminan ke dalam akuifer pada suatu cekungan airtanah.

Pemecahan masalah airtanah umumnya dimulai dari evaluasi morfologi permukaan airtanah. Untuk melakukan analisis dan evaluasi potensi airtanah, maka pendekatan geomorfologi dapat diterapkan dengan cara menyusun satuan hidromorfologi dan pendekatan geologi untuk menyusun satuan hidrogeologi. Hal ini sesuai dengan konsepsi hidromorfologi bahwa potensi airtanah pada suatu wilayah sangat ditentukan oleh kondisi geomorfologi (variasi relief topografi, material penyusun termasuk struktur dan proses geomorfologi) secara lateral dan konsepsi hidrogeologi bahwa potensi airtanah sangat ditentukan oleh kondisi geologi (litologi termasuk sifat fisik batuan, stratigrafi dan struktur geologi) secara vertikal.

Kualitas airtanah merupakan faktor yang penting disamping faktor kuantitas. Kualitas airtanah antara satu tempat dengan tempat lain tidaklah selalu sama tergantung pada faktor - faktor yang berpengaruh terhadap kualitas airtanah di daerah yang bersangkutan. Faktor alami seperti kondisi atau variasi batuan dan umur akan menyebabkan variasi kualitas airtanah. Dalam hal ini kualitas airtanah ditentukan oleh 3 sifat utama, yaitu: sifat fisik, kimia dan biologis (Sutikno 1989). Kualitas airtanah dipengaruhi oleh kegiatan dalam bidang pertanian, industri, dan masyarakat, yang telah menyebabkan peningkatan jumlah zat kimia masuk ke bawah permukaan tanah, yaitu pada airtanah (Ruan dan Illangasekare, 1999). Proses pembentukan airtanah sangat erat kaitannya dengan proses - proses geologi yang ada di alam. Sebaliknya kondisi geologi memberikan peranan yang cukup penting terhadap kualitas airtanah yang terdapat pada jenis batuan tersebut.



Gambar 1. Kualitas Air dan Kontaminan Airtanah (Todd, 1980)

Faktor kondisi fisik erat kaitannya dengan kemungkinan terjadinya pencemaran pada airtanah. Menurut Le Grand; Todd (1980) mengemukakan bahwa potensi pencemaran pada airtanah, berdasarkan: kedalaman sumber pencemar dari permukaan airtanah, penyerapan oleh mineral - mineral di permukaan airtanah, permeabilitas akuifer, gradien muka airtanah, dan jarak horizontal antara sumur dengan sumber pencemar. Makin dekat jarak vertikal antara sumber pencemar dengan muka airtanah makin besar kemungkinan airtanah tersebut mengalami pencemaran. Ukuran batuan berpengaruh terhadap penyerapan pencemar. Oleh sebab itu, makin halus butir material batuan pada mintakat di atas muka airtanah makin besar daya serapnya terhadap pencemar (Sudarmadji, 1991). Lebih lanjut Sudarmadji (1991) menjelaskan bahwa akuifer dengan permeabilitas tinggi memungkinkan pencemar untuk menyebar dengan cepat dan jauh. Gradien muka airtanah berpengaruh terhadap kecepatan aliran airtanah. Hal lain yang perlu diperhatikan adalah jarak horizontal antara sumur dengan sumber pencemar. Makin dekat jarak antara sumur dengan sumber pencemar makin besar kemungkinan airtanah dalam sumur tercemar.

Tabel 1. Skala Kemungkinan Terjadi Pencemar Dalam Airtanah

Skala	Kemungkinan Terjadi Pencemaran
0 – 4	Kemungkinan terbesar airtanah terkena pencemar
4 – 8	Kemungkinan besar terjadi pencemaran
8 – 12	Indikasi pencemaran, ada kemungkinan tetapi belum tentu
12 – 25	Belum pasti (keraguan) terjadi pencemaran
25 – 35	Kondisi tidak terjadi pencemaran

Sumber: Le Grand (Todd,1980)

Setiap penyelidikan hidrogeologi yang sempurna harus meliputi hidrokimia dari setiap akuifer. Paling sedikit contoh air diambil 2 liter untuk dianalisis di laboratorium meliputi kandungan unsur - unsur kation Ca, Mg, Na, K dan unsur anion Cl, SO₄, HCO₃, CO₃ dan NO₃. Dengan hasil analisis kimia tersebut dapat ditentukan kualitas airtanah di daerah penyelidikan (Hendrayana, 1994). Tipe hidrokimia airtanah dapat menggambarkan genesis (asal usul), evolusi (perubahan), dan proses hidrogeokimia airtanah (Jankowski, 2001; Santosa dan Adji, 2005). Proses hidrogeokimia sangat mempengaruhi komposisi kimia airtanah, di samping juga terkait erat dengan mineral batuan yang memberikan kontribusi terhadap komposisi tersebut.

Metode Penelitian

Kualitas relatif dan tipe hidrokimia dalam penelitian ini dianalisis berdasarkan pendekatan geomorfologi dan geologi. Pendekatan geomorfologi berdasarkan variasi satuan bentuklahan dan pendekatan geologi berdasarkan sebaran litologi penyusun akuifer pada setiap formasi geologi. Penentuan kualitas relatif dan tipe hidrokimia, dilakukan berdasarkan nilai DHL dan sebaran kation (Ca, Mg, Na, K) dan anion (Cl, SO₄, HCO₃, CO₃ dan NO₃) dalam airtanah. Pengambilan sampel airtanah bebas dan mataair berdasarkan musim, yaitu musim kemarau dan musim hujan. Pemeriksaan sampel di Laboratorium Analitik Fakultas Pertanian Universitas Tadulako. Klasifikasi tipe hidrokimia airtanah yang digunakan dalam penelitian ini berdasarkan metode Szczukariew - Prikłonski yang mendasarkan analisis pada ion dominan.

Hasil dan Pembahasan

Kualitas Relatif dan Tipe Hidrokimia Airtanah Bebas

Penentuan kualitas relatif dan tipe hidrokimia airtanah bebas berdasarkan hasil analisis pada: 32 sumur gali, 62 sumur pantek di dataran aluvial bagian timur, serta pada: 26 sumur gali dan 40 sumur pantek di dataran aluvial bagian barat. Penetapan jumlah sampel secara acak berstrata (*proportional sampling*), dimana sampel ditetapkan berdasarkan variasi dan luasan bentuklahan yang berbeda dengan satuan bentuklahan dan unit geologi sebagai straturnya. Kualitas relatif airtanah ditentukan berdasarkan nilai DHL. Nilai DHL menunjukkan total konsentrasi ion terlarut dalam airtanah. Berdasarkan hasil perhitungan dan analisis data dari pengambilan sampel musim kemarau dan musim hujan yang direratakan, bahwa pada umumnya kualitas airtanah bebas di Cekungan Airtanah Palu, berkategori baik (air berasa tawar dan jernih) dengan nilai DHL sejumlah 507 µmhos/cm. Sebaran nilai DHL di dataran aluvial bagian timur sejumlah 544,88 µmhos/cm, sedangkan di dataran aluvial bagian barat sejumlah 452,20 µmhos/cm.

Di dataran aluvial bagian timur, mencakup: Kecamatan Palu Timur (507 µmhos/cm), Kecamatan Palu Selatan (730,53 µmhos/cm), Kecamatan Dolo (532,87 µmhos/cm), Kecamatan Biromaru (525,83 µmhos/cm), dan Kecamatan Gumbasa (409,90 µmhos/cm). Sebarannya di satuan bentuklahan dataran aluvial dan dataran banjir, setempat di perbukitan terdenudasi, seperti di daerah Pantosu, Poboya, Bora dan Lampio, pada Formasi Aluvium dan Pakuli, dengan litologi penyusun akuifer terdiri dari: pasir, pasir lempungan, dan pasir kerikilan. Di dataran aluvial bagian barat, sebaran nilai DHL adalah: Kecamatan Palu Barat (596,68 µmhos/cm), Kecamatan Palu Selatan (434,80 µmhos/cm), Kecamatan Marawola (335,58 µmhos/cm), Kecamatan Dolo Barat (423,50 µmhos/cm), dan Kecamatan Dolo Selatan (390,08 µmhos/cm). Sebarannya merata di satuan bentuklahan dataran aluvial, dataran banjir, dan perbukitan terdenudasi. Ditinjau dari kondisi geologi, berada di Formasi Aluvium dan Formasi Pakuli dengan litologi penyusun akuifer terdiri dari: pasir, pasir kerikilan, dan pasir lempungan.

Berdasarkan hasil penentuan tipe hidrokimia pada 160 sampel airtanah di Cekungan Airtanah Palu, ternyata tidak terdapat anomali yang berarti. Perubahan tipe hidrokimia airtanah bebas Cekungan Airtanah Palu masih mengikuti teori evolusi yang ada, dan tetap berkorelasi dengan tipe kimia air hujan, serta faktor arah aliran airtanah di tekuk lereng perbukitan Gunung Gawalise pada bagian barat dan Gunung Tanggunguno pada bagian timur. Secara umum airtanah masih didominasi oleh tipe air bikarbonat (HCO₃). Di Kecamatan Palu Timur dan Kecamatan Palu Barat, tipe air bikarbonat didominasi oleh kandungan kalsium dan natrium yang cukup tinggi. Hal ini disebabkan karena pengaruh dari air laut, ditandai dengan nilai DHL >750 µmhos/cm. Hasil analisis laboratorium tidak menunjukkan nilai yang lebih besar dari baku mutu air Klas I pada semua sampel. Artinya bahwa semua konsentrasi unsur mayor terlarut masih berada di bawah batas baku mutu air untuk air minum.

Kualitas Relatif dan Tipe Hidrokimia Mataair

Penentuan kualitas relatif dan tipe hidrokimia mataair, berdasarkan data dari 38 mataair di dataran aluvial bagian timur dan 45 mataair di dataran aluvial bagian barat dari 104 mataair yang terdapat di Cekungan Airtanah Palu. Penetapan jumlah sampel secara acak berstrata (*proportional sampling*), dimana sampel ditetapkan berdasarkan variasi dan luasan bentuklahan yang berbeda dengan satuan bentuklahan dan unit geologi sebagai straturnya. Berdasarkan hasil perhitungan dan analisis data, bahwa kualitas relatif mataair di Cekungan Airtanah Palu, bernilai baik dengan nilai DHL 471,53 $\mu\text{mhos/cm}$, dengan sebaran di dataran aluvial bagian timur sejumlah 561,68 $\mu\text{mhos/cm}$ dan di dataran aluvial bagian barat sejumlah 395,40 $\mu\text{mhos/cm}$.

Di dataran aluvial bagian timur, nilai DHL tersebar merata di Kecamatan Palu Timur (628,83 $\mu\text{mhos/cm}$), Kecamatan Palu Selatan (437,50 $\mu\text{mhos/cm}$), Kecamatan Dolo (441,33 $\mu\text{mhos/cm}$), Kecamatan Biromaru (553,88 $\mu\text{mhos/cm}$), dan di Kecamatan Gumbasa (595,60 $\mu\text{mhos/cm}$). Berdasarkan kondisi geomorfologi, berada di satuan bentuklahan dataran aluvial, dataran banjir dan perbukitan terdenudasi. Ditinjau dari kondisi geologi, berada di Formasi Aluvium dan Formasi Pakuli dengan litologi penyusun akuifer terdiri dari: kerikil, pasir, lempung, lanau, pasir kerikilan, pasir lempungan, kerikil pasiran dan setempat – setempat ditemui sekis, seperti di daerah Paneki, Pakuli, dan Omu. Di dataran aluvial bagian barat, sebaran nilai DHL di Kecamatan Palu Barat (382,86 $\mu\text{mhos/cm}$), Kecamatan Palu Selatan (368,50 $\mu\text{mhos/cm}$), Kecamatan Marawola (401,07 $\mu\text{mhos/cm}$), Kecamatan Dolo Barat (378,53 $\mu\text{mhos/cm}$), dan di Kecamatan Dolo Selatan (447,00 $\mu\text{mhos/cm}$). Secara geomorfologi, berada di satuan bentuklahan dataran aluvial, dataran banjir dan perbukitan terdenudasi. Ditinjau dari kondisi geologi, maka berada di Formasi Aluvium dan Formasi Pakuli, dengan litologi penyusun akuifer terdiri dari: kerikil, pasir, lanau, pasir lempungan, kerikil pasiran, dan pasir kerikilan. Setempat – setempat ditemui granit, granodiorit, sekis, di daerah Mataair Uweposa, Kabonena, Balaroa, Uwelana, Porame, Mantikole, Katimba, Pulu, dan Kawatua.

Berdasarkan hasil penentuan tipe hidrokimia pada 83 sampel mataair di Cekungan Airtanah Palu, ternyata tidak terdapat anomali yang berarti. Perubahan tipe hidrokimia mataair Cekungan Airtanah Palu masih mengikuti teori evolusi yang ada, dan tetap berkorelasi dengan tipe kimia air hujan, serta faktor arah aliran airtanah di tekuk lereng perbukitan Gunung Gawalise pada bagian barat dan Gunung Tanggunguno pada bagian timur. Secara umum mataair masih didominasi oleh tipe air bikarbonat (HCO_3). Namun demikian, di daerah Bora (Mataair Panas Bora) di dataran aluvial bagian timur, mataair termasuk tipe Klorida ($\text{Cl-HCO}_3\text{-Ca}$), dengan nilai DHL 3.120 $\mu\text{mhos/cm}$ (kualitas jelek). Hal ini disebabkan karena pengaruh aktivitas vulkanik. Nilai DHL tinggi juga ditemui di Mataair Panas Pakuli (2.850 $\mu\text{mhos/cm}$). Di dataran aluvial bagian barat, kualitas air mataair dengan nilai DHL tinggi, ditemui di Mataair Panas Mantikole (1.897 $\mu\text{mhos/cm}$). Secara umum pada semua sampel mataair, hasil analisis laboratorium tidak menunjukkan nilai yang lebih besar dari baku mutu air Klas I. Artinya bahwa semua konsentrasi unsur mayor terlarut masih berada di bawah batas baku mutu air untuk air minum.

Kualitas Relatif dan Tipe Hidrokimia Airtanah Tertekan

Penentuan kualitas relatif dan tipe hidrokimia airtanah tertekan di Cekungan Airtanah Palu, berdasarkan data dari 36 sumur bor eksplorasi (SE) dan sumur bor produksi (SD). Sebaran sampel tersebut adalah: 28 sumur bor di dataran aluvial bagian timur dan 8 sumur bor di dataran aluvial bagian barat, dari 78 sumur bor yang ada. Penetapan jumlah sampel secara acak berstrata (*proportional sampling*), dimana sampel ditetapkan berdasarkan variasi dan luasan bentuklahan yang berbeda dengan satuan bentuklahan dan unit geologi sebagai straturnya. Selain itu pertimbangan penetapan sampel juga berdasarkan lokasi pemboran, jumlah pemboran, ketersediaan data uji pemompaan dan jumlah sumur – sumur yang masih produktif dimanfaatkan.

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisis data, bahwa kualitas relatif airtanah tertekan di Cekungan Airtanah Palu berdasarkan nilai DHL, pada umumnya baik (413,58 $\mu\text{mhos/cm}$). Sebaran nilai DHL tersebut berada pada dataran aluvial bagian timur sejumlah 430,32 $\mu\text{mhos/cm}$ dan di dataran aluvial bagian barat sejumlah 355,00 $\mu\text{mhos/cm}$. Di dataran aluvial bagian timur, sebaran nilai DHL mencakup Kecamatan Palu Timur (543,50 $\mu\text{mhos/cm}$), Kecamatan Palu Selatan (672,00 $\mu\text{mhos/cm}$), dan di Kecamatan Biromaru (411,60 $\mu\text{mhos/cm}$). Berdasarkan kondisi geomorfologi, nilai DHL ini pada umumnya tersebar di dataran aluvial dan hanya setempat – setempat ditemui di dataran banjir (daerah Soulowe) serta di perbukitan terdenudasi (daerah Ngatabaru, Bora dan Pombewe). Ditinjau dari kondisi geologi, sebarannya berada di Formasi Aluvium dan Formasi Pakuli, dengan litologi penyusun akuifer terdiri dari: kerikil, pasir kerikilan, dan pasir lempungan.

Sebaran nilai DHL di dataran aluvial bagian barat, meliputi: Kecamatan Palu Barat (332,00 $\mu\text{mhos/cm}$), Kecamatan Palu Selatan (372,50 $\mu\text{mhos/cm}$), dan Kecamatan Marawola (366,33 $\mu\text{mhos/cm}$). Sebarannya di satuan bentuklahan dataran aluvial dan dataran banjir, setempat – setempat di perbukitan terdenudasi pada daerah Silae Atas. Pada umumnya berada di Formasi Aluvium dan Formasi Pakuli (daerah Silae Atas), dengan litologi penyusun akuifer terdiri dari: pasir lempungan, batupasir, pasir kerikilan, dan granodiorit. Berdasarkan hasil penentuan tipe hidrokimia pada 36 sampel sumur bor di Cekungan Airtanah Palu, ternyata tidak terdapat anomali yang berarti. Perubahan tipe hidrokimia airtanah tertekan di Cekungan Airtanah Palu masih mengikuti teori evolusi yang ada, dan tetap berkorelasi dengan tipe kimia air hujan, serta faktor arah aliran airtanah. Secara umum airtanah tertekan masih didominasi oleh tipe air bikarbonat (HCO_3). Setempat di daerah Bora (SE-TW-131) di dataran aluvial bagian timur,

termasuk tipe Klorida ($\text{Cl-HCO}_3\text{-Ca}$), dengan nilai DHL 2.976 $\mu\text{mhos/cm}$ (kualitas jelek). Hal ini disebabkan karena pengaruh aktivitas vulkanik. Di dataran aluvial bagian timur, tipe air bikarbonat dengan dominasi unsur kalsium ($\text{HCO}_3\text{-Ca}$) terdapat di daerah Talise, Lolu, Mpanau, dan Watunonju. Di dataran aluvial bagian barat, keseluruhan didominasi oleh tipe air bikarbonat ($\text{HCO}_3\text{-Ca-Na}$). Secara umum pada semua seluruh sampel airtanah tertekan, hasil analisis tidak menunjukkan nilai yang lebih besar dari baku mutu air Klas I. Artinya bahwa semua konsentrasi unsur mayor terlarut masih berada di bawah batas baku mutu air untuk air minum.

Tabel 2. Matriks Klas Potensi Kualitatif Airtanah Berdasarkan Nilai Kualitas

Sebaran	Klas Potensi Airtanah			Klas Potensi Rerata
	Bebas	Mataair	Tertekan	
Palu Timur	2,00	2,00	2,00	2,00
Palu Selatan	1,89	2,00	2,00	1,96
Dolo	2,00	1,67	-	1,84
Biomaru	1,93	1,76	1,95	1,88
Gumbasa	2,00	1,90	-	1,95
Palu Barat	1,92	1,57	2,00	1,75
Palu Selatan	2,00	2,00	2,00	2,00
Marawola	2,00	1,87	2,00	1,96
Dolo Barat	2,00	1,93	-	1,97
Dolo Selatan	1,75	1,83	-	1,79
CAT Palu	1,95	1,85	1,20	1,67

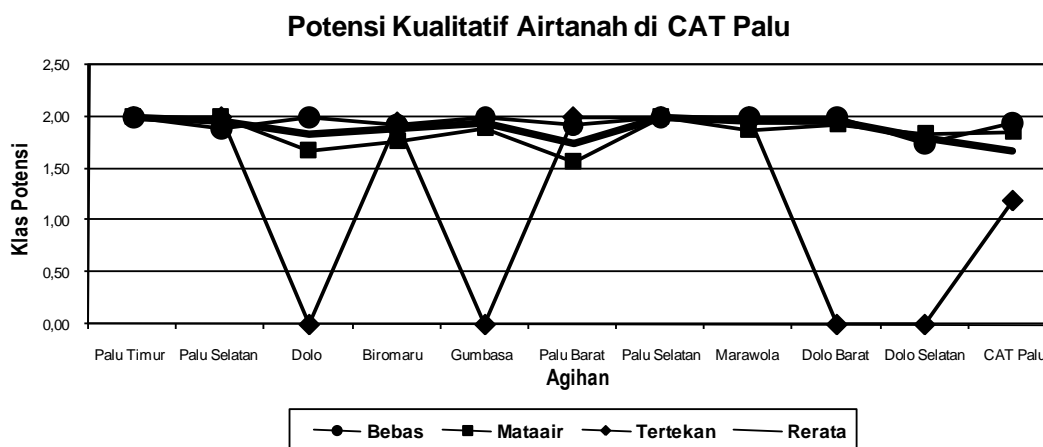
Sumber: Zeffitni, 2010

Keterangan:

< 1,00: jelek jika kadar unsur kimia penentu kualitas tidak sesuai dengan ketentuan pada Tabel 3.2.

1,00 - 2,00: baik jika kadar unsur kimia penentu kualitas sesuai dengan ketentuan pada Tabel 3.2.

tanda (-) tidak data pendukung



Gambar 2. Potensi Kualitatif Airtanah di Cekungan Palu (Zeffitni, 2010)

Kesimpulan

Penentuan Kualitas Relatif dan Tipe Hidrokimia

Kualitas Relatif dan Tipe Hidrokimia Airtanah Bebas

1. Kualitas airtanah bebas di Cekungan Airtanah Palu, berkategori baik dengan nilai DHL sejumlah 507 $\mu\text{mhos/cm}$ dan didominasi oleh air bikarbonat (HCO_3).
2. Sebarannya di satuan bentuklahan dataran aluvial bagian timur dan barat, dataran banjir serta setempat di perbukitan terdendusi, di Formasi Aluvium dan Pakuli dengan litologi penyusun akuifer yang bervariasi.

Kualitas Relatif dan Tipe Hidrokimia Mataair

1. Kualitas relatif mataair di Cekungan Airtanah Palu, pada umumnya bernilai baik dengan nilai DHL 471,53 $\mu\text{mhos/cm}$ dan didominasi oleh air bikarbonat (HCO_3).

2. Berdasarkan kondisi geomorfologi, berada di satuan bentuklahan dataran aluvial, dataran banjir dan perbukitan terdenudasi.
3. Ditinjau dari kondisi geologi, berada di Formasi Aluvium dan Pakuli dengan litologi penyusun akuifer terdiri dari: kerikil, pasir, lempung, lanau, pasir kerikilan, pasir lempungan, kerikil pasiran dan setempat – setempat ditemui sekis.

Kualitas Relatif dan Tipe Hidrokimia Airtanah Tertekan:

1. Kualitas relatif airtanah tertekan berdasarkan nilai DHL, pada umumnya baik (413,58 $\mu\text{mhos/cm}$) dan didominasi oleh air bikarbonat (HCO_3).
2. Sebarannya di satuan bentuklahan dataran aluvial, dataran banjir dan perbukitan terdenudasi, pada Formasi Aluvium dan Pakuli dengan litologi penyusun akuifer yang bervariasi.

Tingkat Potensi Kualitatif Airtanah dan Kerentanan Airtanah (*groundwater vulnerability*)

Tingkat Potensi Kualitatif Airtanah Bebas

1. Tingkat potensi kualitatif airtanah bebas termasuk klas kualitas baik.
2. Sebaran di satuan bentuklahan dataran aluvial, dataran banjir, dan perbukitan terdenudasi, di Formasi Aluvium dan Pakuli, dengan litologi penyusun akuifer terdiri dari: pasir, lempung, lanau, pasir kerikilan, pasir lempungan, dan lempung pasiran.

Tingkat Potensi Kualitatif Mataair

1. Tingkat potensi kualitatif mataair, termasuk klas kualitas baik.
2. Sebaran di satuan bentuklahan dataran aluvial, dataran banjir, dan perbukitan terdenudasi.
3. Berdasarkan kondisi geologi, tersebar di Formasi Aluvium dan Pakuli, dengan litologi penyusun akuifer terdiri dari: kerikil, pasir, lempung, lanau, pasir kerikilan, pasir lempungan, kerikil pasiran dan setempat ditemui sekis.

Tingkat Potensi Kualitatif Airtanah Tertekan

1. Tingkat potensi kualitatif airtanah tertekan termasuk klas kualitas baik dengan sebaran di dataran aluvial bagian timur dan barat.
2. Ditinjau dari kondisi geologi, sebarannya berada di Formasi Aluvium dan Pakuli, dengan litologi penyusun akuifer terdiri dari: kerikil, pasir kerikilan, dan pasir lempungan.
3. Faktor kondisi fisik (morfokronologi) di Cekungan Airtanah Palu erat kaitannya dengan terjadinya pencemaran airtanah dan dapat dikategorikan rentan terhadap pencemaran airtanah.

Daftar Pustaka

- Adam, B. and Foster, S.S.D. (1992). Land Surface Zoning For Groundwater Protection. Jour Instituion of Water and Environmental Management. No.6.p 312-320.
- Albinet, M. (1970). Carte de la vulnerabilite ia pollution des nappes d'eau souterrane de la France 1/1.000.000. (Map of France of the Groundwater Vulnerability to Contaminantion, scale 1:1.000.000). Publ. DATAR-BRGM.Ordelans, France.
- Dhuhudijat, A.S.1992. Penyelidikan Geologi Lingkungan Daerah Palu dan Sekitarnya.*Kumpulan Hasil Penelitian*. Direktorat Geologi Tata Lingkungan. Bandung.
- Hadian, M.S.D, Mardiana, U., dan Abdurahman, O. 2006. Sebaran Akuifer dan Pola Aliran Airtanah di Kecamatan Batuceper dan Kecamatan Benda Kota Tangerang, Provinsi Banten.*Jurnal Geologi Indonesia, Vol.1 No.3 September 2006:115-128*. Pusat Geologi Lingkungan. Bandung.
- Jankowski, J. 2001. Hydrogeochemical Modelling.*Short Course Note*.Scholl of Geology, University of New South Wales, Sydney. Australia.
- Johnson, R.H. (1988). Factors Affecting Groundwater Quality.National Water Summary 1986.Hydrologic Event and Groundwater Quality. U.S. Geological Survey Water Supply Paper 2325.p.71-86.
- Olmer M, and Reza B. (1974). Methodical Principles of Maps for Protection of Groundwater in Bohemia and Moravia. Scale 1:200.000. Intl. Assoc. Hydrogeologist, Memolres, Tome X, Congres de Montpellier, 1 Communication. P, 105-107.
- PDAM. 2009. Produksi PDAM Uwe Lino. *Laporan Tahunan*. PDAM Kota Palu / Kabupaten Donggala.
- Pusat Lingkungan Geologi. 2007. *Kumpulan Panduan Teknis Pengelolaan Airtanah*. Pusat Lingkungan Geologi. Bandung.

- Ruan, H and Illangasekare, T.H. 1999. Estimation of Relative Hydraulic Conductivity of Sandy Soils Based on A Sheet Flow Model. *Journal of Hydrology* 219, pp 83 - 93.
- Ruchijat, S dan Denny, B.R. 1989. Survey Potensi Airtanah Daerah Palu, Sulawesi Tengah. *Laporan Kegiatan*. Direktorat Geologi Tata Lingkungan. Sub Direktorat Hidrogeologi. Bandung.
- Santosa, L.W dan Adji, T.N. 2006. Penyelidikan Potensi Airtanah Cekungan Airtanah Sleman - Yogyakarta di Kabupaten Bantul. *Laporan Kegiatan*. Deprindagkop - Bidang Pertambangan dan Energi. Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta.
- Soetrisno, S. 1994. Airtanah dan Permasalahannya. *Prosiding Makalah Kursus Singkat Pengelolaan Airtanah Angkatan I Yogyakarta*, 6-15 Juli 1994. UGM. Yogyakarta.
- Sudarmadji. 1991. Agihan Geografi Sifat Kimiawi Airtanah Bebas di Kotamadya Jogjakarta. *Disertasi*. Fakultas Geografi UGM. Yogyakarta.
- Sutikno . 1989. Kajian Bentuk Lahan Untuk Pemintakatan Sistem Penyediaan Air Bersih di DAS Serang, Kulon Progo. *Laporan Penelitian*. Fakultas Geografi UGM. Yogyakarta.
- Todd, D.K. 1980. *Groundwater Hydrology*. John Willey and Sons, Inc. New York.
- Travis, C.C and Etnier, E.L. 1984. *Groundwater Pollution*. American Association for The Advancement of Science. Edited by Curtis C. Washington.
- Vrana, M. (1984). Methodology for Construction of Groundwater Protection Maps. (Lecture for Unesco/UNEP Project PLCE-3/29, Moscow, Sept.1981) Published in Hydrogeological Principles of Groundwater Protection, E.A. Kozlovsky. Editor in Chief, Unesco/UNEP, Moskow, vol.1, p.147-149.
- Vrba, J and Zoporozee, A. (1994). Guidebook of Mapping Groundwater Vulnerability. International Contributions to Hydrogeology. Volume. 16.
- Zeffitni. 2010. Agihan Keruangan Potensi Airtanah di Cekungan Airtanah Palu Provinsi Sulawesi Tengah. *Disertasi*. Fakultas Geografi. UGM. Yogyakarta.