

# ANALISA KUANTITAS DAN KUALITAS AIRTANAH DI KABUPATEN MOJOKERTO (GROUNDWATER QUANTITY AND QUALITY ANALYSIS IN THE DISTRICT MOJOKERTO)

Harri Pranowo<sup>1</sup>, Moh. Sholichin<sup>2</sup>, Lily Montarcih<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Program Magister Teknik Pengairan Universitas Brawijaya

<sup>2</sup>Dosen Jurusan Teknik Pengairan Universitas Brawijaya

**ABSTRAK:** Airtanah merupakan salah satu dari sekian banyak alternatif sumber air yang mempunyai kuantitas yang besar dengan kualitas yang baik. Pada daerah penelitian di Kabupaten Mojokerto, memanfaatkan airtanah untuk irigasi dan pemanfaatannya terbatas agar tidak mengakibatkan kerusakan lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kuantitas dan kualitas airtanah dengan melakukan uji akuifer, uji sumur dan uji kimiawi airtanah. Untuk uji akuifer penelitian ini menggunakan metode *Long Period Test* guna mengetahui jenis aliran antara aliran tunak (*steady state flow*) atau aliran tidak tunak (*unsteady state flow*) dengan karakteristik akuifer tertekan (*confined aquifer*), untuk uji sumur penelitian ini menggunakan metode *step test* atau *step drawdown test* guna mengetahui kemampuan produksi sumur dan untuk uji kualitas air ini mendeskripsikan karakteristik kimia airtanah dengan diagram wilcox dan metode trilinear piper yang di bantuan piranti lunak program *Aquachem version 2011.1 (demo version)*. Hasil penelitian pada sumur dalam Mojokerto (SDMJ) dengan rata-rata kedalaman 100m - 120m termasuk jenis akuifer tertekan (*confined aquifer*), debit eksisting antara 1,00 ltr/dtk hingga 14,00 ltr/dtk, debit potensial antara 2,33 ltr/dtk hingga 33,07 ltr/dtk, debit optimum antara 3,90 ltr/dtk hingga 19,80 ltr/dtk, untuk nilai transmisivitas antara 132,489 m<sup>2</sup>/hari hingga 2047,140 m<sup>2</sup>/hari, untuk nilai intrusi air laut (R) antara 0,0727 meq/ltr - 0,26027 meq/ltr, pada diagram wilcox kualitas air masuk kelompok (C2-S1) – klasifikasi “Baik” untuk pertanian. Dari hasil penelitian rata-rata kuantitas sumur pompa airtanah baik dan kualitas airtanah sangat baik untuk pertanian.

**ABSTRACT:** Groundwater is one of the many alternative sources of water that has a large quantity and good quality. In the research area at Mojokerto regency, groundwater utilizing for irrigation but the use is limited, so it doesn't cause environmental damage. This study aims to determine the quantity and quality of groundwater within the aquifer test, well test, and groundwater chemical test. For the aquifer test, this study use Long Period Test method to determine the type of flow between the steady state flow or unsteady state flow with the characteristics of confined aquifer, for well test in this research use step test method or step drawdown test method to determine the ability of wells production and the water quality test to determine the groundwater chemical characteristics with wilcox diagram and trilinear piper method with Aquachem 2011.1 demo version software. The results on the Mojokerto deep well (SDMJ) with an average depth of 100m - 120m including confined aquifer type, the existing discharge between 1.00 ltr / sec to 14.00 liters / sec, discharge potential between 2.33 ltr / sec to 33.07 liters / sec, optimum discharge between 3.90 ltr / sec to 19.80 liters / sec, for transmissivity values between 132.489 m<sup>2</sup>/day to 2047.140 m<sup>2</sup>/day, for the value of sea water intrusion (R) between 0.0727 meq / liter - 0.26027 meq / liter, on wilcox diagram the quality of water is in the (C2-S1) groups – with classification "Good" for agriculture. From the research result, the average quantity and the quality of groundwater wells pump is very good for agriculture.

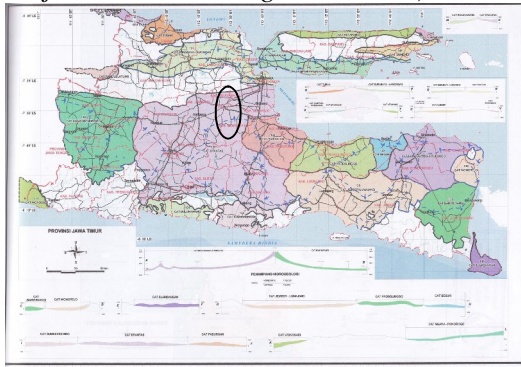
**Keyword :** Groundwater quality and quantity, aquifers, wells discharge, groundwater chemical, Aquachem version 2011.1 (demo version).

## A. PENDAHULUAN

Lokasi penelitian studi terletak pada cekungan air tanah (CAT) Brantas dan di wilayah administrasi Kabupaten Mojokerto Provinsi Jawa Timur dengan luas 969,36 Km<sup>2</sup>, terletak antara 07<sup>0</sup> 17' s/d 07<sup>0</sup> 45' Lintang Selatan serta 111<sup>0</sup> 19' s/d 1120 39' Bujur Timur, dengan rata-rata ketinggian Kabupaten Mojokerto di kelompokkan menjadi tiga: dataran tinggi (lebih dari 1000m diatas permukaan laut) seluas

101,01 Km<sup>2</sup>, sedang (500-1000m) seluas 119,81 Km<sup>2</sup>, dan rendah (dibawah 500m) seluas 748,54 Km<sup>2</sup>. Bentangan lahan yang ada bervariasi; terdiri dari daerah berlandai dan bergelombang mencapai 68,98%, daerah berbukit dengan kemiringan 15<sup>0</sup> mencapai 9,04% dan daerah pegunungan dengan kemiringan 15<sup>0</sup>-40<sup>0</sup> mencapai 21,98%. Secara administrasi lokasi penelitian pada Pemerintahan Kabupaten Mojokerto Provinsi Jawa Timur, secara

geografis terletak pada  $111^{\circ} 19' 112,29''$  Bujur Timur dan  $07^{\circ} 45' 31,1''$  Lintang Selatan. Luas Kabupaten Mojokerto adalah  $692,15 \text{ km}^2$ , terdiri dari 18 Kecamatan dan 304 Desa. Wilayah Kabupaten Mojokerto berbatasan dengan sebelah utara adalah Kabupaten Lamongan dan Kabupaten Gresik, sebelah selatan adalah Kabupaten Malang dan Kota Batu, sebelah timur adalah Kabupaten Sidoarjo dan Kabupaten Pasuruan dan sebelah barat adalah Kabupaten Jombang. (Sumber: Kabupaten Mojokerto Dalam Angka thn 2012).



Gambar 1 Peta lokasi di Kabupaten Mojokerto

Dengan meningkatnya pertumbuhan penduduk maupun perindustrian di daerah Kabupaten Mojokerto maka kebutuhan air bersih semakin meningkat sehingga untuk memenuhinya bisa memanfaatkan airtanah dengan membuat sumur-sumur bor baik dilakukan oleh swasta maupun oleh pemerintah melalui Proyek Pengembangan Air Tanah (PAT) Jawa Timur. Untuk pengambilan airtanah harus sesuai aturan dan perundang-undangan yang ada sehingga tidak menimbulkan kerusakan lingkungan berupa penurunan muka tanah, intrusi air laut, dan lain-lain. Dalam penelitian ini membahas tentang analisa kuantitas dan kualitas airtanah di Kabupaten Mojokerto yang bertujuan untuk mengetahui karakteristik akuifer, karakteristik sumur dan kimiawi airtanah untuk pertanian.

Airtanah merupakan salah satu sumber daya air yang mempunyai potensi dalam pemenuhan kebutuhan air. Sudarmadji (1991) menyebutkan bahwa keuntungan dari airtanah adalah mempunyai kualitas yang relatif baik dibanding air permukaan dan tidak terpengaruh musim, cadangan

airtanah lebih besar dan lebih mudah diperoleh dengan cara yang sederhana, dan mempunyai biaya yang murah.

## B. LANDASAN TEORI

### 1. Jenis akuifer

Lapisan pembawa airtanah atau akuifer (Aquifer) berasal dari kata aqua yang berarti air dan free yang berarti mengandung. Atau dapat diartikan sebagai lapisan tanah lulus air yang menyimpan dan mengalirkan airtanah dalam jumlah yang cukup. Pada keadaan geologi tertentu yang berupa cekungan (basin), dengan beberapa lapisan pembawa air, dapat membentuk sebuah cekungan airtanah (Bisri.M, 2012).

Berdasarkan susunan lapisan geologi (*litologinya*) dan besarnya koefisien kelulusan air (K) pada daerah penelitian termasuk jenis Akuifer Tertekan. Akuifer tertekan (*Confined Aquifer*) merupakan suatu akuifer jenuh air pada lapisan atas dan lapisan bawahnya merupakan lapisan kedap air sebagai pembatasnya. Pada lapisan pembatas dipastikan tidak terdapat air yang mengalir (no flux). Pada akuifer ini tekanan airnya lebih besar dari pada tekanan atmosfer. Oleh karena itu akuifer ini disebut juga dengan pressure aquifer (Suharyadi,1984). Parameter fisik dan hidraulik dari akuifer yang akan dijadikan landasan dalam menentukan karakter dan sistem akuifer antara lain adalah ketebalan lapisan yang jenuh air (b), nilai transmisivitas (T), nilai konduktivitas hidraulik (K), nilai debit pengambilan air tanah (Q), dan kedudukan muka air tanah (h).

Koefisien keterusan air atau koefisien transmisivitas (Coefficient of Transmissivity) merupakan banyaknya air yang dapat mengalir melalui suatu bidang vertikal setebal akuifer, selebar satu satuan panjang. Harga koefisien keterusan dapat ditentukan dengan uji pompa (pumping test) atau melalui perhitungan secara teoritis. Koefisien keterusan air dinyatakan dalam (Bisri, 2012; 89):

$$T = K \times D$$

T = Koefisien keterusan atau -  
transmisivitas akuifer ( $\text{m}^2/\text{detik}$ )

K = Koefisien kelulusan air (m/hari)

D = Tebal dari akuifer (m)

## 2. Uji Pompa

Uji pompa debit airtanah yang dapat diambil adalah debit optimum bukan debit maksimum, hal ini untuk menjaga kelestarian airtanah. Analisis uji pompa bertujuan selain untuk mengetahui kemampuan suatu sumur bor dalam memproduksi debit airtanah dan juga mengetahui kelulusan lapisan pembawa air (akuifer). Ada dua macam uji pompa, yaitu (Bisri.M, 2012; 89):

a. Pengujian Sumur (Well Test)

b. Pengujian Akuifer (Aquifer Test)

**Pengujian sumur (Well Test)** adalah untuk menetapkan kemampuan sumur yang akan diproduksi. Dari debit Q dan penurunan muka air (S) yang diukur, dapat diperoleh kapasitas jenis sumur (specific discharge) atau sebaliknya penurunan jenis sumurnya. Kapasitas jenis sumur merupakan ukuran kemampuan produksi suatu sumur. Metode “*Step Drawdown Test*” yaitu dimana pemompaan dilaksanakan secara terus menerus dengan perubahan debit secara bertahap pada sumur-sumur yang telah ditetapkan. Sehingga total penurunan muka air di sumur dinyatakan sebagai :

$$S_w = BQ + CQ^2$$

dimana :

Sw = total penurunan muka air (m)

BQ = kehilangan tinggi tekan pada akuifer (m)

B = koefisien kehilangan tinggi tekan pada akuifer (dt/m<sup>2</sup>)

C = koefisien kehilangan tinggi tekan pada sumur (dt<sup>2</sup>/m<sup>5</sup>)

CQ<sup>2</sup> = kehilangan tinggi tekan pada sumur (m)

Sumur produktif menurut Walton dan Bierschenk adalah sumur yang mempunyai harga koefisien kehilangan tinggi tekan pada sumur (C) dan faktor pengembangan (Fd) yang kecil. Nilai C dan Fd dapat dilihat pada Tabel 1 dan 2.

Faktor pengembangan (Fd) dinyatakan dengan  $Fd = (c/b) \times 100$

Tabel 1 Harga koefisien kehilangan tinggi tekan pada sumur (well loss)

C (menit <sup>2</sup> /m <sup>5</sup> )	Kondisi Sumur
< 0,5	Baik
0,5 - 1	Mengalami sedikit penyumbatan
1 - 4	Penyumbatan di beberapa tempat
> 4	Sulit dikembalikan seperti semula

Sumber: Bisri. M, 2012; 91

Tabel 2 Klasifikasi sumur berdasarkan faktor pengembangan menurut Bierschenk

Fd (hari/m <sup>3</sup> )	Klas
< 0,1	Sangat Baik
0,1 - 0,5	Baik
0,5 - 1	Sedang
> 1	Jelek

Sumber: Bisri. M, 2012; 91

Debit optimum pompa adalah besarnya debit air yang diambil/dipompa dengan menghitung nilai Qmaksimum dan Sw maksimum.

$$S_{w\text{maks}} = BQ_{\text{maks}} + CQ_{\text{maks}}^2$$

$$Q_{\text{maks}} = 2\pi \cdot r_w \cdot D \sqrt{K/15}$$

Kemudian Qmaks dan Swmaks diplotkan pada grafis penurunan dengan garis linier sehingga antara garis persinggungan tersebut diperoleh nilai Q<sub>optimum</sub> dan Sw<sub>optimum</sub>.

**Pengujian Akuifer (Aquifer Test)** adalah untuk menentukan besarnya nilai koefisien keterusan air/nilai Transmisivitas (T) digunakan dua model uji akuifer, yaitu Metode *Thiem* dan Metode *Jacob*.

Pegujian akuifer (Bisri.M, 2012; 97):

a. Untuk memperoleh sifat hidraulis akuifer (koefisien keterusan/transmisivitas akuifer T), dengan jalan menganalisis data pengamatan. Harga K (Koefisien kelulusan air) dihitung dengan rumus  $T = K \cdot D$ , dimana D adalah tebal dari akuifer.

b. Untuk menetapkan jenis akuifer, dan hasilnya bisa menambah kepastian terhadap hasil analisis diskripsi geologi, juga memberikan keterangan atas besarnya debit hasil (*well yield*) dan penurunan muka air di sumur (*drawdown*).

Metode analisis yang dapat digunakan adalah metode *Long Period Test*. Pada akuifer tertekan jika terjadi pemompaan dengan tekanan penuh maka pengaruh pemompaan meluas secara radial keluar seiring dengan waktu, dan air yang dipompa akan berkurang dari tampungan akuifer dalam. Secara teoritis, air yang dipompa akan mengalir dari tempat pengurangan tampungan di dalam akuifer. Jika keadaan saat praktek perubahan dalam *drawdown* telah menjadi mengecil diikuti dengan waktu pemompaan dengan demikian arus dianggap sebagai posisi stabil.

1) Aliran tidak tunak (*unsteady state*) Metode ini umumnya dikenal dengan nama metode Jacob. Merupakan penurunan dari rumus Theis, tetapi cara ini lebih konsisten dan lebih murah, karena hanya dibutuhkan satu sumur pengamatan. Anggapan-anggapan yang harus dipenuhi adalah sama dengan metode Theis, tetapi nilai U mempunyai batasan lebih kecil dari 0,01 sehingga nilai r kecil dan nilai t besar (Bisri.M, 2012; 89). Dari penurunan metode Theis dan Jacob menurunkan persamaan penurunan muka air tanah S menjadi (Bisri.M, 2012; 89):

$$T = \frac{2.30Q'}{2\pi\Delta S} 1$$

2) Aliran tunak (*steady state*) Metode ini umumnya dikenal dengan nama metode Thiem, di mana anggapan yang paling penting dari cara ini adalah aliran ke dalam sumur adalah aliran tunak (*steady flow/equilibrium atau steady stage*). Adapun bentuk persamaan Theim adalah (Bisri.M, 2012; 89): Thiem (1906) merupakan metode yang pertama menggunakan dua atau lebih sumur pantau untuk menentukan transmisivitas dari suatu akuifer. Bentuk persamaan untuk metode Thiem adalah sebagai berikut tetapi Bila piezometer diabaikan sehingga:

$$T = \frac{2.3Q}{2\pi(S_w)} \log\left(\frac{R}{r_w}\right)$$

Menurut Logan (1946) harga  $\log \frac{R}{r_w} = 3,33$ ; sehingga  $T = \frac{1,22Q}{S_w}$

dengan:

T = Transmisivitas akuifer (m<sup>2</sup>/hari)

Q = Debit sumur yang dipompa (m<sup>3</sup>/hari)

Sw =Penurunan muka air dalam sumur dipompa (dt<sup>2</sup>/m<sup>5</sup>)

### 3. Uji kualitas

Kualitas airtanah merupakan faktor yang penting disamping faktor kuantitas. Permasalahan kualitas airtanah tidak hanya penting untuk keperluan penyediaan air irigasi, industri dan lainnya (Suharyadi, 1984; 93).

Metode yang dapat digunakan untuk mengetahui kualitas air untuk irigasi adalah menggunakan metode klasifikasi daya hantar listrik (DHL) dan metode gabungan SAR dan DHL.

Metode klasifikasi daya hantar listrik (DHL) adalah sifat menghantarkan listrik dari air. Air yang banyak mengandung garam akan mempunyai harga daya hantar listrik yang tinggi. Pengukuran dengan EC meter, karena satuannya sangat kecil maka digunakan satuan mikrosiemen (uS/cm) atau mikromhos (umho/cm) 1 mili mho/cm sama dengan 103 uS/cm, 1 uS/cm sama dengan 1 umho/cm (Suharyadi, 1984). Daya hantar listrik ini diukur pada suhu standar yaitu dengan suhu 25<sup>0</sup>C. Apabila pengukurannya pada suhu di atas atau di bawah 25<sup>0</sup>C maka harus dilakukan koreksi yaitu dengan rumus (Suharyadi, 1984:99).

$$DHLt^0C = \frac{DHLt^u C}{1+0.02(t-25)}$$

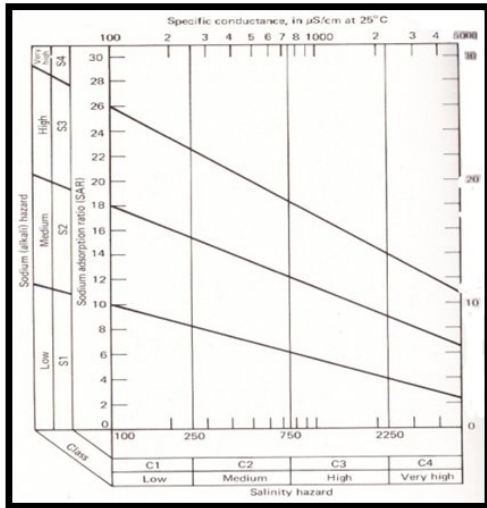
Tabel 3 Klasifikasi Air untuk Irigasi berdasarkan nilai DHL

Kelas Air	DHL (µmho/cm)	Keterangan
I	EC < 250 µmho/cm	Air garam rendah. Hal ini dapat digunakan untuk setiap jenis tanah dan tanaman
II	250 < EC < 750 µmho/cm	Air garam menengah. Hal ini cocok untuk semua tanaman, akan tetapi sistem drainase harus baik
III	750 < EC < 2250 µmho/cm	Air garam tinggi. Harus menggunakan drainase. Beberapa tanaman dapat mentolerir
IV	EC > 2250 µmho/cm	Garam sangat tinggi, tanah harus permeabel dan drainase harus baik. Selain itu, tanaman toleransi salinitas harus dipilih

Sumber: Todd,D.K (1980)

Metode gabungan SAR dan DHL Adalah gabungan metode antara nilai Sodium Adsorption Ratio (SAR) pada sumbu ordinat yang merupakan nilai yang berkaitan dengan sodium (alkali) hazard (resiko sodium) dan Daya Hantar Listrik (DHL) pada sumbu absis yang berkaitan

dengan salinity hazard (resiko salinitas), gambar grafik dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2 Grafik klasifikasi Air Irigasi menurut Wilcox

Sumber: Todd, D.K., 1980

Metode analisa kimia airtanah merupakan metode yang terpenting untuk studi genetis airtanah, dimana sangat efektif dalam pemisahan analisis data terutama mengenai sumber unsur penyusunan terlarut dalam airtanah. Perubahan sifat-sifat air yang melewati suatu wilayah tertentu serta hubungannya dengan problem-problem geokimia (Suharyadi, 1984) dalam diagram Trilinier Piper, serta prosentase kandungan anion dan kation dari berbagai sampel akan di gambarkan dalam satu diagram (Gambar 2). Pembagian Fasies untuk kation meliputi tipe adalah sodium (Na+K), kalsium (Ca), magnesium (Mg). Sedangkan untuk anion meliputi tipe bikarbonat ( $\text{HCO}_3+\text{CO}_3$ ), sulfat ( $\text{SO}_4$ ), klorida (Cl). Melalui diagram tersebut dapat digambarkan adanya pencampuran dua jenis air yang berbeda sumbernya. Pencampuran dua jenis air yang berbeda sumbernya akan tergambar pada garis lurus yang menghubungkan dua titik yaitu titik air tawar dan titik air laut, sehingga dapat digunakan untuk mendeteksi adanya intrusi air laut.

Pada Metode Ratio Klorida Bikarbonat merupakan perbandingan ion digunakan sebagai dasar untuk mengetahui adanya penyusupan air laut. Perbandingan ion yang digunakan adalah perbandingan ion Klorida terhadap ion Karbonat

(Widanda. Sugeng, 2007). Hubungan antara tingkat penyusupan air laut dengan harga R dirumuskan sebagai berikut :

$$R = \frac{Cl}{CO_3 + HCO_3}$$

Dimana;

Cl : Konsentrasi ion Klorida (meq/l)

$\text{CO}_3$  : Konsentrasi ion Karbonat (meq/l)

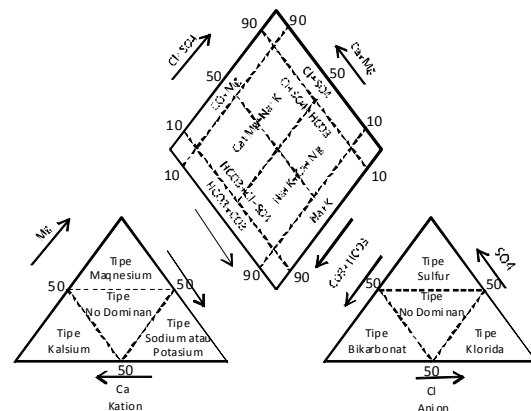
$\text{HCO}_3$ : Konsentrasi ion Bikarbonat (meq/l)

Tabel 4 Hubungan Nilai R dengan Tingkat Penyusupan Air Laut

Nilai R	Tingkat Penyusupan Air Laut
< 0,5	Airtanah Tawar
0,5 - 1,3	Terjadi penyusupan air laut
1,3 - 2,8	Terjadi penyusupan air laut
2,8 - 6,6	Terjadi penyusupan air laut
6,6 - 15,5	tinggi
15,5 - 20	Air laut

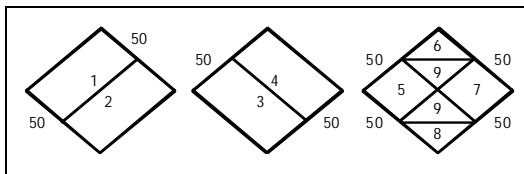
(Sumber: PAHIAA-Jakarta, 1986 dalam Widanda Sugeng 2007)

Dari kedudukan titik tersebut pada jajaran genjang dapat diinterpretasikan tipe kualitas airtanahnya. Gambar Diagram Trilinier Piper ditunjukkan pada Gambar 2 di bawah ini.



Gambar 3 Diagram Trilinier Piper  
Sumber: Todd,DK (1980:288)

Tipe kualitas airtanah dapat diketahui dengan cepat dengan memperhatikan kelompok dominan hasil pengeplotan data pada jajaran genjang. Pembagian daerah pada jajaran genjang ditunjukkan pada gambar 4 di bawah ini.



Gambar 4 Pembagian Daerah Pada Jajaran Genjang menurut Piper

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

Apabila titik yang di plot 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 seimbangan tidak ada yang melebihi 50%.

Disamping itu ada kemudahan bahwa Metode Diagram Trilinier Piper dapat diselesaikan dengan menggunakan alat bantu Software *Aquachem versi 2011.1. Demo Version*.

Software *Aquachem versi 2011.1. Demo Version* adalah perangkat lunak yang dikembangkan secara khusus untuk menganalisis sekelompok data geokimia air maupun isotop alam. Fitur yang ditampilkan dalam program ini sepenuhnya disesuaikan parameter fisik kimia juga menyediakan pilihan komprehensif alat analisis, kalkulasi dan grafik untuk menginter presentasikan data-data kualitas airtanah.

## C. METODOLOGI PENELITIAN

### 1. Metode Pengumpulan data

Metode pengumpulan data primer dan data sekunder, yaitu:

✓ Data primer dalam penelitian ini adalah mengambil data sampel airtanah dari lapangan kemudian di teliti dalam laboratorium untuk mengetahui kondisi kadar geokimia airtanah pada sumur pompa tersebut.

✓ Data sekunder dalam penelitian ini adalah data log lithologi sumur pompa, data pumping test sumur pompa, peta potensi airtanah Kabupaten Mojokerto, peta cekungan air tanah Brantas, peta hidrogeologi sheet X Kediri dan peta Kabupaten Mojokerto.

### 2. Metode Analisis

Dalam penyelesaian tesis perlu adanya tahap-tahap analisis sebagai berikut:

✓ Metode pengambilan sampel penelitian.

✓ Metode analisis kuantitas airtanah antara lain:

1. Uji akuifer airtanah untuk menentukan jenis aliran dengan menggunakan metode Thiem dan Jacob.
2. Uji sumur airtanah untuk menentukan kelas sumur nilai Fd dan menentukan debit optimum.

✓ Analisis Kualitas Airtanah dengan melakukan uji laboratorium sampel airtanah dan untuk mengklasifikasi kondisi geokimia.

## D. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Data Lapangan

A. Data lokasi dan karakteristik sumur bor di wilayah studi (pada tabel 5)

B. Data karakteristik log sumur bor untuk ketebalan akuifer dengan membaca interpretasi gambar bor log dan gambar desain konstruksi sumur sesuai dengan (screen) untuk mengetahui jenis tanah, jenis batuan dari litologi. (pada tabel 6).

Tabel 5 Data lokasi dan karakteristik sumur bor di wilayah studi

No	Kode / No. Sumur	D e s a	Kecamatan	Tahun Pembuatan	Elevasi MAT	Debit	H (m)	RPM Mesin
					Eksisting (m)	Sumur (l/dtk)		Eksisting
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	SDMJ 521	Belahan tengah	Mojosari	2008	8,80	15,01	114	1.400
2	SDMJ 484	Gedangan	Kutorejo	1999	7,00	2,33	110	1.500
3	SDMJ 438	Karangdiyeng	Kutorejo	1997	11,00	33,07	107,1	1.300
4	SDMJ 460	Gedangan	Kutorejo	1998	13,00	21,83	104	1.300
5	SDMJ 485	Sawo	Kutorejo	2002	20,00	24,10	114	1.200
6	SDMJ 417	Sumberwono	Bangsals	1997	12,00	30,14	118	1.300
7	SDMJ 489	Peterongan	Bangsals	1999	2,00	33,07	104,3	1.300
8	SDMJ 447	Ketemas dungus	puri	1997	10,00	33,07	106,65	1.300
9	SDMJ 488	Sambi lawang	Dlanggu	1999	12,00	33,07	104	1.100
10	SDMJ 518	Sambilawang	Dlanggu	2007	9,00	30,52	106	1.300
11	SDMJ 519	Randhu harjo	Pungging	2008	16,00	15,05	110	1.300

Sumber: Data BBWS Brantas-P2AT

Tabel 6 Data karakteristik log litologi sumur bor

No	Kode / No. Sumur	D e s a	Kecamatan	Tahun Pembuatan	Kedalaman Sumur	Jenis Akuifer	Partikel batuan
					(m)		
1	2	3	4	5	8	9	10
1	SDMJ 521	Belahan tengah	Mojosari	2008	114	Terkekang	Batuan pasir kasar, pasir, lempung, pasir, lempung pasiran, lempung hitam.
2	SDMJ 484	Gedangan	Kutorejo	1999	110	Terkekang	Pasir halus hitam, lempung pasiran hitam, batuan pasir sedang hitam, tufa kecoklatan.
3	SDMJ 438	Karangdiyeng	Kutorejo	1997	107,1	Terkekang	Batuan kasar, lempung pasiran hitam, pasir kasar hitam, lempung kehitaman.
4	SDMJ 460	Gedangan	Kutorejo	1998	104	Terkekang	Batuan kasar kelabu hitam, tufa kecoklatan, pasir kasar hitam, tufa kecoklatan.
5	SDMJ 485	Sawo	Kutorejo	2002	114	Terkekang	Batuan pasir kasar, lempung pasiran, tufa kecoklatan, pasir kasar-hitam, tufa kecoklatan.
6	SDMJ 417	Sumberwono	Bangsals	1997	118	Terkekang	Pasir hitam, batuan kerikil, lempung hitam, batuan butiran kasar sampai halus, lempung hitam.
7	SDMJ 489	Peterongan	Bangsals	1999	104,3	Terkekang	Pasir kasar-halus kehitaman, lempung pasiran hitam, batuan lempung berpasirlempung hitam.
8	SDMJ 447	Ketemas dungus	puri	1997	106,65	Terkekang	Batuan pasir kasar, lempung kecoklatan, batuan butiran halus dan pasir hitam, lempung
9	SDMJ 488	Sambi lawang	Dlanggu	1999	104	Terkekang	Pasir kasar-halus kehitaman, lempung pasiran hitam, tufa kecoklatan, pasir sedang halus hitam.
10	SDMJ 518	Sambilawang	Dlanggu	2007	106	Terkekang	Pasir kasar, lempung pasiran, pasir halus, tufa pasiran, lempung pasiran.
11	SDMJ 519	Randhu harjo	Pungging	2008	110	Terkekang	Pasir lempungan, batuan pasir kasar, pasir lempungan, lempung pasiran.

Sumber: Data BBWS Brantas-P2AT

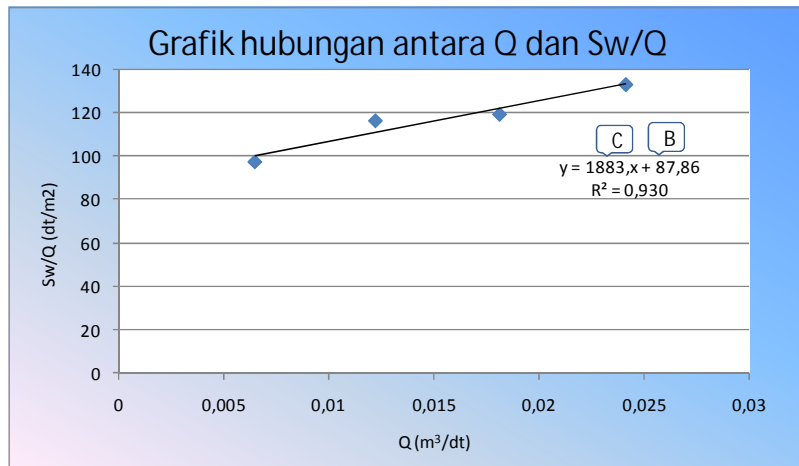
## 2. Analisa Kuantitas Airtanah

Berikut ini adalah analisis kuantitas airtanah dengan 2 macam uji pompa yaitu:

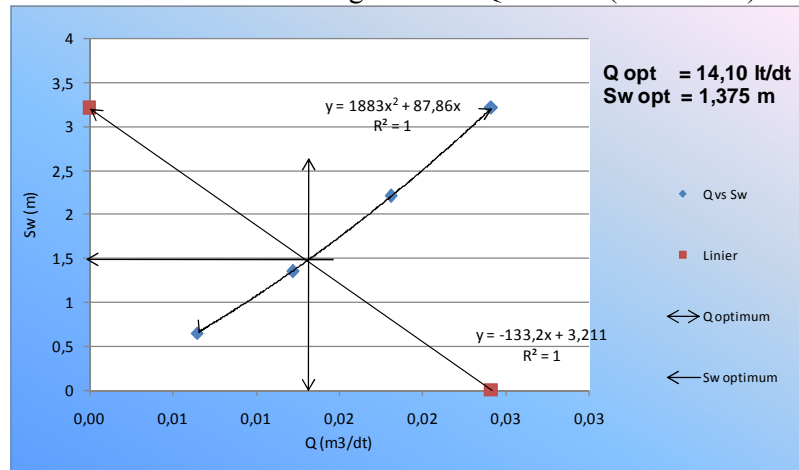
### A. Pengujian Sumur (*well test*);

Analisa uji sumur menggunakan metode *step test* atau *step drawdown test* dalam menentukan kelas sumur menghitung nilai  $S_c$  berdasarkan nilai  $S_w$

dan membuat grafik hubungan  $Q$  dan  $Sw/Q$  untuk mengetahui nilai  $C$  dan  $B$  mendapatkan nilai  $F_d$ . Menghitung debit optimum pompa nilai  $Q_{maks}$  dan  $Sw_{maks}$  diplotkan guna di tarik garis titik persinggungan dan diperoleh nilai  $Q_{optimum}$  dan nilai  $Sw_{optimum}$ .



Gambar 5 Grafik hubungan antara Q dan Sw (SDMJ 485)



Gambar 6 Grafik debit optimum dan Sw optimum (SDMJ 485)

Tabel 7 Hasil rekap pengujian sumur

No	Kode / No. Sumur	B	C		BQ	CQ2	Sw max m	Qmax m3/dtk	EP	Fd		Qopt		Sw opt m
			Nilai	Kondisi						Nilai	Kelas	ltr/dtk	m3/dtk	
1	2	3	4		5	6	7	8	9	10		11		12
1	SDMJ 521	1,958	0,235	Baik	3,751	0,861	4,612	0,00102	81,329	0,008	Sangat Baik	8,100	0,0081	4,78
2	SDMJ 484	9,610	0,436	Baik	11,373	0,610	11,982	0,00039	94,909	0,003	Sangat Baik	3,900	0,0039	5,57
3	SDMJ 438	1,957	0,466	Baik	8,898	9,640	18,539	0,00575	47,999	0,017	Sangat Baik	18,600	0,0186	2,54
4	SDMJ 460	2,380	0,170	Baik	6,587	1,299	7,886	0,00213	83,525	0,005	Sangat Baik	11,200	0,0112	1,66
5	SDMJ 485	1,464	0,5	Baik	2,971	2,153	5,123	0,00114	57,984	0,025	Sangat Baik	14,100	0,0141	1,37
6	SDMJ 417	1,823	0,284	Baik	6,241	3,323	9,564	0,00325	65,257	0,011	Sangat Baik	17,200	0,0172	1,93
7	SDMJ 489	4,303	0,246	Baik	17,460	4,042	21,501	0,00457	81,203	0,004	Sangat Baik	17,200	0,0172	4,76
8	SDMJ 447	3,588	0,487	Baik	10,492	4,163	14,655	0,00237	71,593	0,009	Baik	19,800	0,0198	3,31
9	SDMJ 488	5,458	0,277	Baik	11,073	1,141	12,214	0,00114	90,657	0,004	Sangat Baik	12,200	0,0122	5,21
10	SDMJ 518	3,337	0,343	Baik	7,080	1,542	8,622	0,00125	82,115	0,007	Sangat Baik	15,800	0,0158	3,63
11	SDMJ 519	2,421	0,286	Baik	6,154	1,851	8,005	0,00180	76,878	0,008	Sangat Baik	4,900	0,0049	2,64

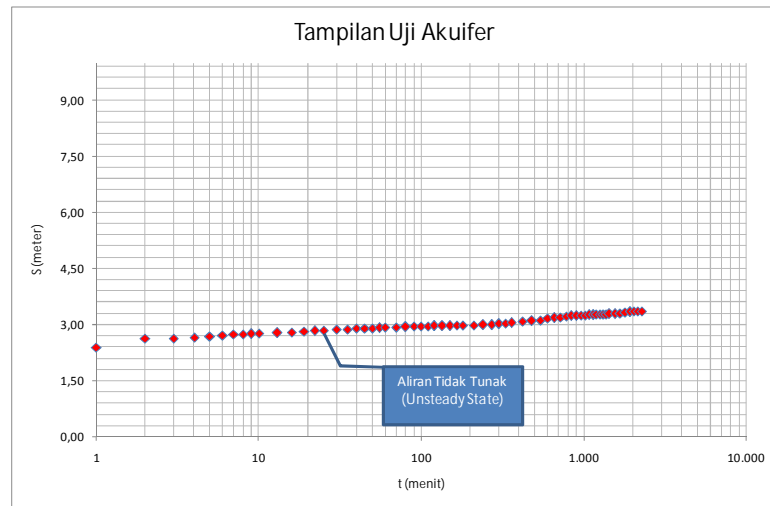
Sumber: Analisis data



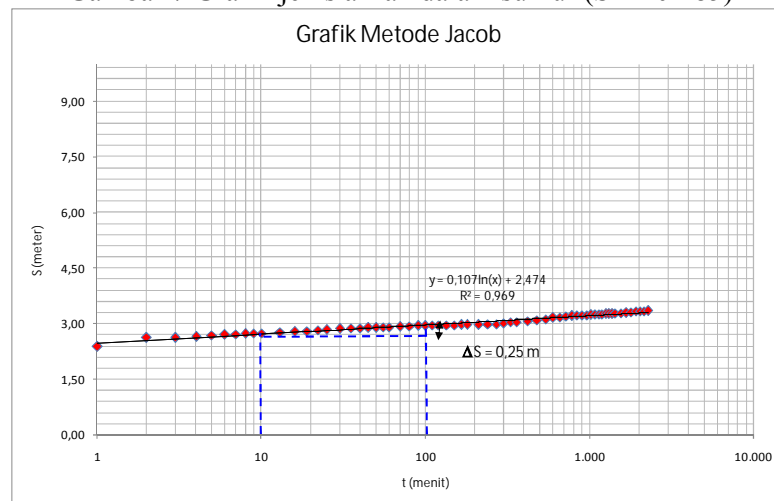
### B. Pengujian Akuifer (Akuifer Test)

Analisa uji akuifer untuk menentukan besarnya koefisien keterusan air / nilai transmisivitas (T) dengan menggunakan

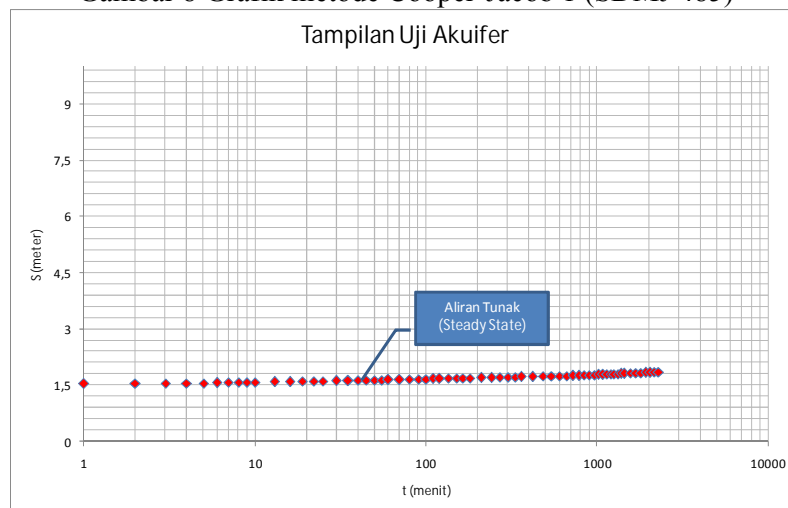
metode Thiem untuk aliran tunak (*steady state*) dan metode Jacob untuk aliran tidak tunak (*unsteady state*).



Gambar 7 Grafik jenis aliran dalam sumur (SDMJ 485)



Gambar 8 Grafik metode Cooper-Jacob 1 (SDMJ 485)



Gambar 9 Grafik jenis aliran dalam sumur (SDMJ 460)

Tabel 8 Rekap klasifikasi

No	Kode / No Sumur	Q eksisting		Qoptimum		Qpotensial		Jenis Aliran	Tipe Akuifer	Metode Analisis	rw (m)	D (m)	K m/dtk	Sw	T	Konduktivitas m3/hari
		ltr/dtk	m3/hari	ltr/dtk	m3/hari	ltr/dtk	m3/hari									
1	2	3		4		5		6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	SDMJ 521	6,00	518,40	8,10	699,84	15,05	1300,32	Tunak	Tertekan	Thiem	0,1016	8	0,0088	1,51	1052,332	131,541
2	SDMJ 484	1,00	86,40	3,90	336,96	2,33	201,31	Tunak	Tertekan	Thiem	0,1016	5	0,0086	1,85	132,489	26,498
3	SDMJ 438	12,00	1036,80	18,60	1607,04	33,07	2857,25	Tidak Tunak	Tertekan	Jacob	0,1016	4	0,0098	0,26	2047,140	511,785
4	SDMJ 460	9,00	777,60	11,20	967,68	21,83	1886,11	Tunak	Tertekan	Thiem	0,1016	14	0,008	1,73	1332,015	95,144
5	SDMJ 485	10,00	864,00	14,10	1218,24	24,1	2082,24	Tidak Tunak	Tertekan	Jacob	0,1016	9	0,0078	0,25	1546,193	171,799
6	SDMJ 417	12,00	1036,80	17,20	1486,08	30,14	2604,10	Tidak Tunak	Tertekan	Jacob	0,1016	6	0,0084	0,25	1882,725	313,787
7	SDMJ 489	13,00	1123,20	17,20	1486,08	33,07	2857,25	Tidak Tunak	Tertekan	Jacob	0,1016	4	0,0097	0,26	1993,268	498,317
8	SDMJ 447	14,00	1209,60	19,80	1710,72	33,07	2857,25	Tidak Tunak	Tertekan	Jacob	0,1016	5	0,0091	0,26	1993,268	398,654
9	SDMJ 488	8,00	691,20	12,20	1054,08	33,07	2857,25	Tidak Tunak	Tertekan	Jacob	0,1016	9	0,0078	0,27	1942,158	215,795
10	SDMJ 518	9,00	777,60	15,80	1365,12	30,52	2636,93	Tidak Tunak	Tertekan	Jacob	0,1016	12	0,0093	0,28	1733,147	144,429
11	SDMJ 519	3,00	259,20	4,90	423,36	15,05	1300,32	Tunak	Tertekan	Thiem	0,1016	11	0,0082	1,50	1059,359	96,305

Sumber: Analisis data

### 3. Analisa Kualitas Airtanah

Dalam penelitian kualitas airtanah ini menggunakan Metode Diagram Segitiga Piper. Sebagaimana dinyatakan dalam Suharyadi (1984), bahwa metode ini merupakan metode yang terpenting untuk studi genetik airtanah dan perubahan atau modifikasi sifat-sifat geokimia dalam air (Suharyadi, 1984). Metode Diagram Segitiga Piper dapat diselesaikan dengan menggunakan Software Program Aquachem versi 2011.1. (*Demo Version*).

Metode diagram trilinier piper terdiri dari dua segitiga sama sisi terletak di bawah kanan dan kiri masing-masing segitiga untuk pengeplotan kation dan anion. Sebelah kanan merupakan kation tipe Magnesium (Mg), Natrium+Kalium (Na+K), dan Kalsium (Ca), sebelah kiri anion tipe Sulfat (SO4), Karbonat +Bikarbonat (CO3+HCO3), dan Klorida (Cl) (Suharyadi, 1984).

Berdasarkan dari grafik Gabungan SAR

dan DHL yang diplot pada diagram Wilcox dari program Aquachem version 2011.1 (*demo version*) yaitu dapat disimpulkan: SDMJ 521 klasifikasi air untuk irigasi tergolong “diperbolehkan”, SDMJ 484 klasifikasi air untuk irigasi tergolong “baik”, SDMJ 438 klasifikasi air untuk irigasi tergolong “baik”, SDMJ 460 klasifikasi air untuk irigasi “baik”, SDMJ 485 klasifikasi air untuk irigasi tergolong “baik”, SDMJ 417 klasifikasi air untuk irigasi tergolong “baik”, SDMJ 489 klasifikasi air untuk irigasi tergolong “baik”, SDMJ 447 klasifikasi air untuk irigasi tergolong “baik”, SDMJ 488 klasifikasi air untuk irigasi tergolong “baik”, SDMJ 518 klasifikasi air untuk irigasi “baik”, SDMJ 519 klasifikasi air untuk irigasi tergolong “baik”.

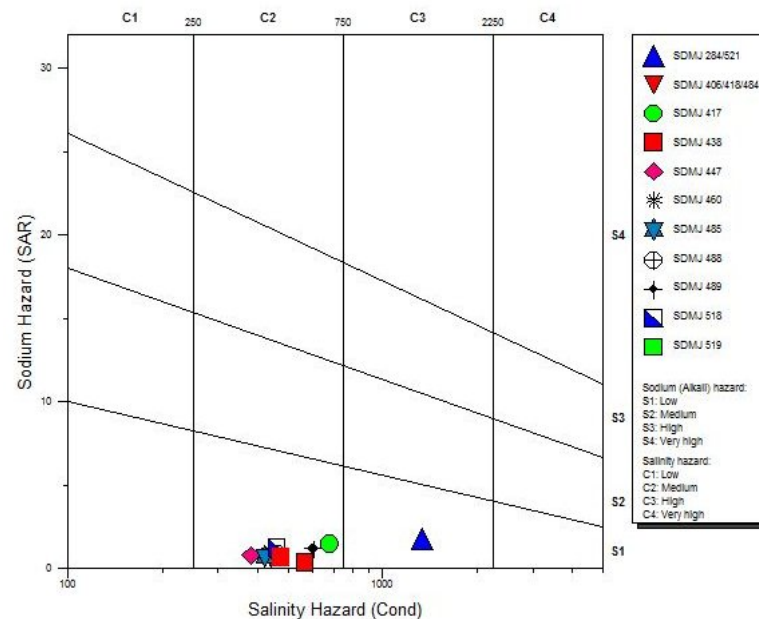
Tabel 9 Klasifikasi data kimia airtanah

Sumber: Hasil Laboratorium Kualitas Air BBWS Brantas

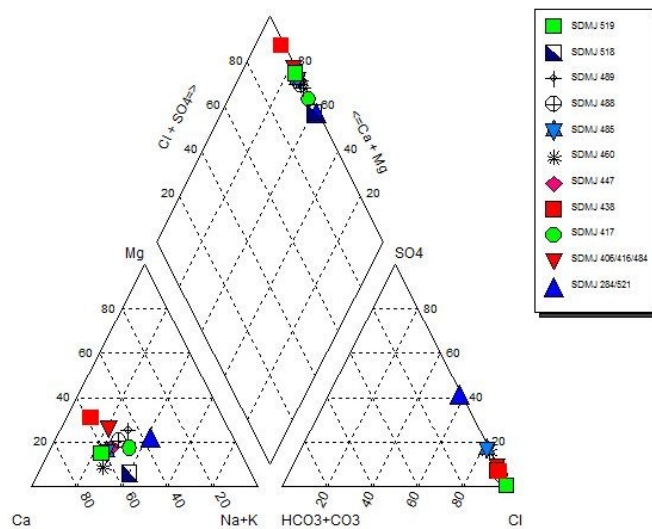
Tabel 10 Rekapitulasi diagram wilcox

No.	Lokasi Penelitian	SAR C	DHL S	Klasifikasi air untuk irigasi
1	SDMJ 521	C3	S1	Kelompok (C3-S1) - Klasifikasi "Diperbolehkan"
2	SDMJ 484	C2	S1	Kelompok (C2-S1) - Klasifikasi "Baik"
3	SDMJ 438	C2	S1	Kelompok (C2-S1) - Klasifikasi "Baik"
4	SDMJ 460	C2	S1	Kelompok (C2-S1) - Klasifikasi "Baik"
5	SDMJ 485	C2	S1	Kelompok (C2-S1) - Klasifikasi "Baik"
6	SDMJ 417	C2	S1	Kelompok (C2-S1) - Klasifikasi "Baik"
7	SDMJ 489	C2	S1	Kelompok (C2-S1) - Klasifikasi "Baik"
8	SDMJ 447	C2	S1	Kelompok (C2-S1) - Klasifikasi "Baik"
9	SDMJ 488	C2	S1	Kelompok (C2-S1) - Klasifikasi "Baik"
10	SDMJ 518	C2	S1	Kelompok (C2-S1) - Klasifikasi "Baik"
11	SDMJ 519	C2	S1	Kelompok (C2-S1) - Klasifikasi "Baik"

Sumber: Analisis data



Gambar 10 Diagram Wilcox



Gambar 11 Diagram Triliner Piper

Pada penelitian ini juga dianalisis apakah terjadi intrusi air laut pada daerah pengambilan sampel yaitu dengan Metode Ratio Klorida Bikarbonat untuk membandingkan ion yang digunakan antara ion khlorida terhadap ion karbonat, dirumuskan sebagai berikut:

$$R = \frac{Cl^{-}}{CO_3 + HCO_3}$$

Pada penelitian ini juga dianalisa nilai daya hantar listrik (DHL) untuk mengetahui kadar garam dalam airtanah. Nilai DHL merupakan fungsi antara temperatur, jenis ion-ion terlarut, dan konsentrasi ion terlarut. Peningkatan ion-ion yang terlarut menyebabkan nilai DHL juga akan meningkat. Berikut nilai DHL yang terlampir pada tabel 12:

Tabel 11 Perhitungan metode ratio khlorida bikarbonat

No	Lokasi Penelitian	Cl	CO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub>	R meq/ltr	Ket.
1	SDMJ 521	4,936	0,043	20,8139	0,237	Airtanah tawar
2	SDMJ 484	6,699	0,039	92,1055	0,073	Airtanah tawar
3	SDMJ 438	4,584	0,040	78,3388	0,058	Airtanah tawar
4	SDMJ 460	3,878	0,037	27,3694	0,142	Airtanah tawar
5	SDMJ 485	3,173	0,036	35,5639	0,089	Airtanah tawar
6	SDMJ 417	3,878	0,036	42,7750	0,091	Airtanah tawar
7	SDMJ 489	5,641	0,042	21,6333	0,260	Airtanah tawar
8	SDMJ 447	4,936	0,042	19,8305	0,248	Airtanah tawar
9	SDMJ 488	3,878	0,038	85,7138	0,045	Airtanah tawar
10	SDMJ 518	2,821	0,036	34,5805	0,081	Airtanah tawar
11	SDMJ 519	5,994	0,037	119,9666	0,050	Airtanah tawar

Sumber: Analisis data

Tabel 12 Hasil DHL

No.	Lokasi Penelitian	DHL mS/cm	DHL $\mu$ S/cm	DHL $\mu$ mho/cm	Keterangan
1	SDMJ 521	1,34	1340,00	1340	Air garam tinggi, harus menggunakan drainase, beberapa tanaman dapat mentolerir.
2	SDMJ 484	0,441	441,00	441	Air garam menengah, hal ini cocok untuk semua tanaman, akan tetapi sistem drainase harus baik.
3	SDMJ 438	0,569	569,00	569	Air garam menengah, hal ini cocok untuk semua tanaman, akan tetapi sistem drainase harus baik.
4	SDMJ 460	0,441	441,00	441	Air garam menengah, hal ini cocok untuk semua tanaman, akan tetapi sistem drainase harus baik.
5	SDMJ 485	0,422	422,00	422	Air garam menengah, hal ini cocok untuk semua tanaman, akan tetapi sistem drainase harus baik.
6	SDMJ 417	0,68	680,00	680	Air garam menengah, hal ini cocok untuk semua tanaman, akan tetapi sistem drainase harus baik.
7	SDMJ 489	0,603	603,00	603	Air garam menengah, hal ini cocok untuk semua tanaman, akan tetapi sistem drainase harus baik.
8	SDMJ 447	0,382	382,00	382	Air garam menengah, hal ini cocok untuk semua tanaman, akan tetapi sistem drainase harus baik.
9	SDMJ 488	0,464	464,00	464	Air garam menengah, hal ini cocok untuk semua tanaman, akan tetapi sistem drainase harus baik.
10	SDMJ 518	0,461	461,00	461	Air garam menengah, hal ini cocok untuk semua tanaman, akan tetapi sistem drainase harus baik.
11	SDMJ 519	0,475	475,00	475	Air garam menengah, hal ini cocok untuk semua tanaman, akan tetapi sistem drainase harus baik.

Sumber: Analisis Hasil Laboratorium

## E. KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis terhadap 11 sumur pompa ada beberapa kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini, yaitu:

- Berdasarkan analisis data litologi pada sebelas sumur pompa yang tersebar di lokasi penelitian termasuk jenis akuifer tertekan (*confined aquifers*).
- Berdasarkan hasil analisis uji sumur pada sebelas sumur pompa adalah:
  - ✓ Debit tersedia ( $Q_p$ ) 1 ltr/dtk – 10 ltr/dtk dan debit optimum ( $Q_{opt}$ ) 1 ltr/dtk – 4 ltr/dtk tergolong debit kecil/sumur kurang baik yaitu pada SDMJ 484
  - ✓ Debit tersedia ( $Q_p$ ) 10 ltr/dtk – 20 ltr/dtk dan debit optimum ( $Q_{opt}$ ) 4 ltr/dtk – 10 ltr/dtk tergolong debit sedang/sumur baik yaitu pada SDMJ 521 dan SDMJ 519.
  - ✓ Debit tersedia ( $Q_p$ ) 20 ltr/dtk – 35 ltr/dtk dan debit optimum ( $Q_{opt}$ ) 10 ltr/dtk – 20 ltr/dtk tergolong debit besar/sumur sangat baik yaitu pada SDMJ 438, SDMJ 460, SDMJ 485,

SDMJ 417, SDMJ 489, SDMJ 447, SDMJ 488 dan SDMJ 518.

- Berdasarkan hasil analisis uji akuifer pada sebelas sumur pompa adalah:

- ✓ Nilai Transmisivitas  $< 50 \text{ m}^2/\text{hari}$  pemanfaatannya kurang baik untuk irigasi yaitu pada SDMJ 484
  - ✓ Nilai Transmisivitas  $50 \text{ m}^2/\text{hari} - 300 \text{ m}^2/\text{hari}$  pemanfaatannya baik untuk irigasi yaitu pada SDMJ 489 dan SDMJ 518.
  - ✓ Nilai Transmisivitas  $> 300 \text{ m}^2/\text{hari}$  pemanfaatannya sangat baik untuk irigasi yaitu pada SDMJ 521, SDMJ 438, SDMJ 460, SDMJ 485, SDMJ 417, SDMJ 447, SDMJ 488 dan SDMJ 519.
- Berdasarkan hasil analisis kualitas air pada sebelas sumur pompa adalah:
    - ✓ Nilai  $R < 0,5 \text{ meq/ltr}$  tingkat intrusi air laut tidak ada yaitu pada SDMJ 521, SDMJ 484, SDMJ 438, SDMJ 460, SDMJ 485, SDMJ 417, SDMJ 489, SDMJ 447, SDMJ 488, SDMJ 518 dan SDMJ 519.

- ✓ Nilai DHL 250  $\mu\text{mho/cm}$  - 750  $\mu\text{mho/cm}$  air garam menengah. Hal ini cocok untuk semua tanaman, akan tetapi sistem drainase harus baik yaitu pada SDMJ 484, SDMJ 438, SDMJ 460, SDMJ 485, SDMJ 417, SDMJ 489, SDMJ 447, SDMJ 488, SDMJ 518 dan SDMJ 519.
- ✓ Nilai DHL 750  $\mu\text{mho/cm}$  - 2250  $\mu\text{mho/cm}$  air garam tinggi. Harus menggunakan drainase. Beberapa tanaman dapat mentolerir yaitu pada SDMJ 521.
- ✓ Klasifikasi air irigasi menurut nilai grafik wilcox:  
SDMJ 521 tergolong kelompok ( $C_3 - S_1$ ) klasifikasi "diperbolehkan".  
SDMJ 484, SDMJ 438, SDMJ 460, SDMJ 485, SDMJ 417, SDMJ 489, SDMJ 447, SDMJ 488, SDMJ 518 dan SDMJ 519 tergolong kelompok ( $C_2 - S_1$ ) klasifikasi "baik".

#### **Saran**

1. Untuk menjaga kelestarian lingkungan sebaiknya dalam pengambilan/pengelolaan airtanah memperhatikan peraturan/tata cara yang ada dan sebaiknya mengurangi pengambilan airtanah secara terus menerus.
2. Pada irigasi airtanah untuk pertanian padi sebaiknya memperhatikan drainase yang baik dan pemilihan jenis tanaman yang sesuai dengan kadar airtanah sedang sehingga dapat memaksimalkan hasil panen.
3. Sebaiknya dilakukan evaluasi rutin untuk monitoring airtanah pada sumur-sumur dalam sehingga dapat diketahui kuantitas dan kualitas airtanah pada saat ini.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- Anonim. 2000. Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor: 1451K / 10 / MEM / 2000 Tentang Pedoman Teknis Penyelenggaraan Tugas Pemerintah di Bidang Pengelolaan Air Bawah Tanah.
- Anonim. 2005. *Standar Nasional Indonesia Penyelidikan Potensi Air Tanah Skala 1:100.000 atau lebih besar*.
- Anonim. 2007. *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 7 Tahun 2004 Tentang Sumber Daya Air*. Badan Standardisasi Nasional.
- Bates dan Jackson. 1984. *Dictionary of Geological. American Geological Institute: United States of America*.
- Bisri. M. 2012. *Studi Tentang Pendugaan Air Tanah, Sumur Air Tanah dan Upaya Dalam konservasi Air Tanah*. UB Press: Malang.
- Kodoatie, Robert. 1996. *Pengantar Hidrogeologi*. Andi: Yogyakarta.
- Mandel, S., 1981. *Groundwater Resources*. Academic Press, Inc., New York
- Sudarmadji. 1991. *Agihan Geografis Sifat Kimiawi Airtanah Bebas di Kotamadya Jogyakarta. Disertasi*. Fakultas Geografi UGM. Yogyakarta.
- Suharyadi. 1984. *Geohidrologi*. Fakultas Teknik UGM: Yogyakarta.
- Tood, D.K. 1980. *Groundwater Hydrology*. John Wiley & Sons, Inc. New York.
- Widada Sugeng. 2007, *Gejala Intrusi Air Laut di Daerah Pantai Kota Pekalongan*. Ilmu Kelautan. Vol. 12 (1) : 45 – 52 .