

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Gunung Kawah Ijen

Kawah Ijen (*Ijen Crater*) merupakan salah satu danau terbesar di dunia dengan derajat keasaman yang sangat tinggi ($\text{pH} < 0,5$) dan juga terisi air yang telah mengalami mineralisasi vulkanik. Di kawah ini juga terdapat sebuah solfatara permanen di tepi danau yang menghasilkan belerang murni yang sesekali terjadi ledakan akibat adanya kegiatan freatik yang terjadi di tengah danau kawah.

Menurut Rovicky (2012) terbentuknya kawah diperkirakan terkait dengan letusan dengan volume besar yang menghasilkan 80 km^3 endapan aliran piroklastik, yang mencapai ketebalan 100-150 m. Yang paling luas berada di bagian utara lereng kompleks gunung api ini dan peristiwa ini diperkirakan terjadi beberapa waktu sebelum 50.000 tahun lalu. Kegiatan vulkanik paska pembentukan danau kawah diantaranya fase letupan phreatomagmatic, fratik, strombolian, dan plinian yang menghasilkan kerucut lingkaran, yang umumnya berupa bangunan-bangunan komposit dan kerucut dalam, yang sebagian besar adalah dibangun oleh material abu vulkanik. Gunung berapi ini menghasilkan abu vulkanik muda dan kerucut scoria (batu apung) serta lava, endapan aliran piroklastik dan endapan material hasil longsoran dan puing-puing yang sekarang mencakup aliran kawah.

2.1.1. Danau Kawah

Menurut Suparman (2010) Danau Kawah Ijen berada pada ketinggian + 2148 m di atas muka laut, dan danau kawah ijen berukuran $910 \times 600 \text{ m}$, luas permukaan $41 \times 106 \text{ m}^2$ dan volumenya diperkirakan antara $30 \times 10^6 \text{ m}^3$. Pada tahun 1921 dibangun bendungan oleh Belanda untuk mengatur tingkat air dan mencegah melimpahnya danau kawah selama musim hujan, tetapi pintu ini sudah tidak digunakan karena ada rembesan di dinding kawah. Topografi danau kawah menunjukkan bahwa morfologi kawah tidak banyak berubah sampai akhir peristiwa letusan freatik yang terus terjadi berulang-ulang, sedangkan morfologi dasar danau kawah telah mengalami perubahan yang signifikan. Kedalaman pengukuran menggunakan *sounding* pada tahun 1925 mencatat kedalaman maksimum 198 meter pada titik terdalam di sebelah timur pusat kawah.



Gambar 2.1. Danau Kawah Gunung Ijen

Sumber : *Google Earth*

2.1.2. Parameter Kandungan Kimia

Reaksi-reaksi akibat interaksi air dengan mineral kimia kawah dalam suhu tinggi ini menyebabkan keasaman tinggi akibat beberapa kandungan unsur yang di hasilkan dari air kawah danau yang kemudian mengalami rembesan dan mengalir kedalam aliran air tanah dan air permukaan. Ketika kegiatan keaktifan gunung terjadi maka suhu dibawah permukaan meningkat yang menyebabkan material padat dari dalam magma yang berinteraksi dengan air akan menghasilkan peningkatan unsur kimia pada kawah danau. Air asam merupakan sifat air dengan tingkat keasaman yang tinggi atau dengan pH yang rendah, dimana air asam ini terjadi oleh beberapa kandungan unsur dengan konsentrasi yang tinggi yang bereaksi dengan air.

Menurut Sriwana *et. al.* (1999). Kawah Gunung Ijen mengandung konsentrasi yang memengaruhi tingkat keasaman seperti Klorida (Cl^-), SO_4^{2-} (Sulfat), dan F^- (Flourida) yang sangat tinggi. Konsentrasi maksimum $\text{Cl}^- = 25.000 \text{ mg/L}$, $\text{SO}_4^{2-} = 25.000 \text{ mg/L}$ dan $\text{F}^- = 1300 \text{ mg/L}$. Air danau kawahnya mempunyai pH yang sangat rendah ($\text{pH} < 0,2$). Suhu air

dari permukaan hingga kedalaman 60 m fluktuasinya relatif kecil dari 16,5⁰C hingga 35,7⁰

C. Kandungan kimia yang biasa terdapat di air tanah ditunjukkan dalam tabel dibawah ini.

Tabel 2.1. Kandungan Kimia Mayor dan Minor Dalam Perairan

Kandungan Mayor	Kandungan Minor
Natrium (Na ⁺)	Besi (Fe ²⁺)
Kalsium (Ca ²⁺)	Strontium (Sr ²⁺)
Magnesium (Mg ²⁺)	Kalium (K ⁺)
Bikarbonat (HCO ₃ ⁻)	Karbonat (CO ₃ ²⁻)
Sulfat (SO ₄ ²⁻)	Nitrat (NO ₃)
Klorida (Cl ⁻)	Fluorida (F ⁻)

Sumber : Todd,(1970:271)

Beberapa parameter kimia yang akan diujikan di laboratorium adalah :

1. Suhu

Suhu sangat dipengaruhi oleh keadaan tempat atau lokasinya. Tempat atau lokasi air berada merupakan faktor fisik yang mempengaruhi nilai suhu yang terdapat di sumur. Suhu dapat diukur dengan menggunakan termometer dan diukur dilapangan saat itu juga saat pengambilan sampel (Suharyadi,1984:97).

2. Warna

Air minum sebaiknya tidak berwarna untuk alasan estetika dan untuk mencegah keracunan dari berbagai zat kimia maupun mikroorganisme yang berwarna. Warna dapat menghambat penetrasi cahaya ke dalam air. Warna dari air tanah dapat disebabkan oleh adanya zat-zat yang terkandung di dalamnya yang berupa zat terlarut (Suharyadi, 1984:97).

3. Kekeruhan

Kekeruhan disebabkan adanya zat-zat yang dikandung tetapi tidak terlarutkan, contohnya lempung, lanau, zat organik serta mikroorganisme. Alat untuk mengukur kekeruhan adalah turbidimeter (Suharyadi,1984:97).

4. pH

Air sebagai zat pelarut akan melarutkan semua zat yang ada padanya baik itu bersifat asam, basa, ataupun netral. Apabila air banyak mengandung parameter yang bersifat asam maka air itu akan bersifat asam. Derajad keasaman dinyatakan dengan pH berkisar 1-14. Air yang mempunyai pH < 7 bersifat asam. pH >7 mempunyai sifat basa.

Air yang mengandung Ca^{2+} , Mg^{2+} dan CO_3^{2-} yang banyak mempunyai pH sekitar 7,5-8. Sedangkan air yang mempunyai pH 7 adalah netral. Pengukuran pH dapat menggunakan pH meter Universal maupun pH meter digital (Suharyadi,1984:100).

5. Flourida (F^-)

Sumber flourida dalam air tanah adalah dari penyusun mineral kalsium (Fluorit), apatit, kriolit (dalam batuan beku) dan fluorspar (dalam batuan sedimen). Dalam air tanah unsur flourida dengan jumlah kandungan lebih dari 1 mg/l banyak ditemukan. Didapat pula, kandungan konsentrasi F^- dapat melebihi dari 10 mg/l bahkan bisa mencapai lebih 30 mg/l (Cox, 1964). Konsentrasi yang tinggi pada unsur Flourida juga berhubungan dengan pH yang rendah. Jika dalam konsumsi air minum mengandung unsur Fluorida yang tinggi maka hal ini berpengaruh pada gigi manusia timbul bintik merah (fluorosis). Untuk konsumsi air minum, kandungan flourida yang diijinkan untuk dikonsumsi air minum pada manusia sebesar 1,4 sampai 2,4 mg/l (Bouwer,1978:349).

6. Natrium (Na^+)

Natrium melimpah dalam grup logam alkali. Dalam batuan sedimen, sodium berada dalam mineral-mineral yang terdapat pada air. 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 air tanah, 10.000 mg/liter untuk air laut, 25.000 mg/liter untuk air garam (Todd,1980:273).

7. Magnesium (Mg^{2+})

Magnesium dalam air tanah berasal dari batuan beku terutama berasal dari mineral olivin ferromagnesian seperti, pyroxenes, amphiboles, dan mika berwarna gelap. Untuk metamorf dan batuan lainnya, magnesium terdapat pada mineral seperti klorit, montmorilonit, dan serpentine. Dalam batuan sedimen, magnesium terjadi sebagai mineral dan karbonat lain, bahkan juga penggabungan dengan kalsium karbonat. Kebanyakan air tanah mengandung unsur Mg yang relatif kecil, kecuali unsur tersebut telah bereaksi dengan dolomite (kandungan Ca dan Mg hampir sama). Dimana Magnesium (Mg^{2+}) yang menyebabkan unsur ini menjadi kation dominan pada air tanah (Bouwer,1978:347).

8. Kalsium (Ca^{2+})

Kalsium merupakan salah satu kation utama dalam tanah. Sumber kalsium adalah

mineral batuan beku-rock seperti silikat, pyroxenes, amphiboles, feldspars, dan mineral silikat yang dihasilkan dalam metamorfosis. Dalam batuan sedimen, kalsium terdapat sebagai karbonat, kalsium magnesium karbonat, kalsit, dan kalsium sulfat. Beberapa kalsium fluorida juga dapat pada kalsium. (Bouwer,1978:346). Pada manusia normal kandungan kalsium yang diperbolehkan untuk dikonsumsi yaitu 1,5 -2,2 mg/l. Kekurangan kalsium dapat menyebabkan gigi keropos dan juga dapat mengurangi pembentukan tulang (<http://www.peterparkerblog.com/2668/kalsium/>, diakses pada 20 desember 2014)

9. Kalium (K^+)

Kalium merupakan kation yang tidak dominan ditemukan dalam air tanah. Dalam batuan sedimen kalium umumnya dalam bentuk ilit atau mineral lainnya. Konsentrasi kalium umumnya kurang dari 10 mg/l untuk air tanah, 100 mg/l untuk mata air panas, 25.000 mg/l untuk air garam (Todd,1980:273)

10. Bikarbonat (HCO_3^{2-}) dan Karbonat (CO_3^{2-})

Sumber karbonat dan bikarbonat meliputi CO_2 dari atmosfer, CO_2 yang dihasilkan oleh biota tanah atau oleh aktivitas reduksi sulfat dan bakteri lainnya dalam formasi yang lebih dalam, dan berbagai batuan karbonat dan mineral. Konsentrasi bikarbonat lebih dari 200 mg/l yang tidak biasa dalam air tanah, dan konsentrasi yang lebih tinggi dapat terjadi di mana CO_2 diproduksi dalam akuifer. Konsentrasi karbonat dalam air tanah tidak boleh lebih dari 10 mg/l (Bouwer,1978:348).

11. Sulfat (SO_4^{2-})

Sulfat dibentuk oleh oksidasi pirit dan sulfida lainnya di batuan beku dan sedimen. Sulfat ditemukan dalam sedimen evaporasi (gypsum, anhidrit, natrium sulfat). Di daerah kering, penyerapan sulfat dari lapisan tanah bagian atas juga mungkin signifikan, menyebabkan sulfat menjadi anion utama dari air tanah yang mendasar. Konsentrasi sulfat dalam air minum tidak boleh melebihi 250 mg/l karena air akan memiliki sifat asam dan dapat menghasilkan efek diare pada tingkat yang lebih tinggi (Bouwer,1978:349).

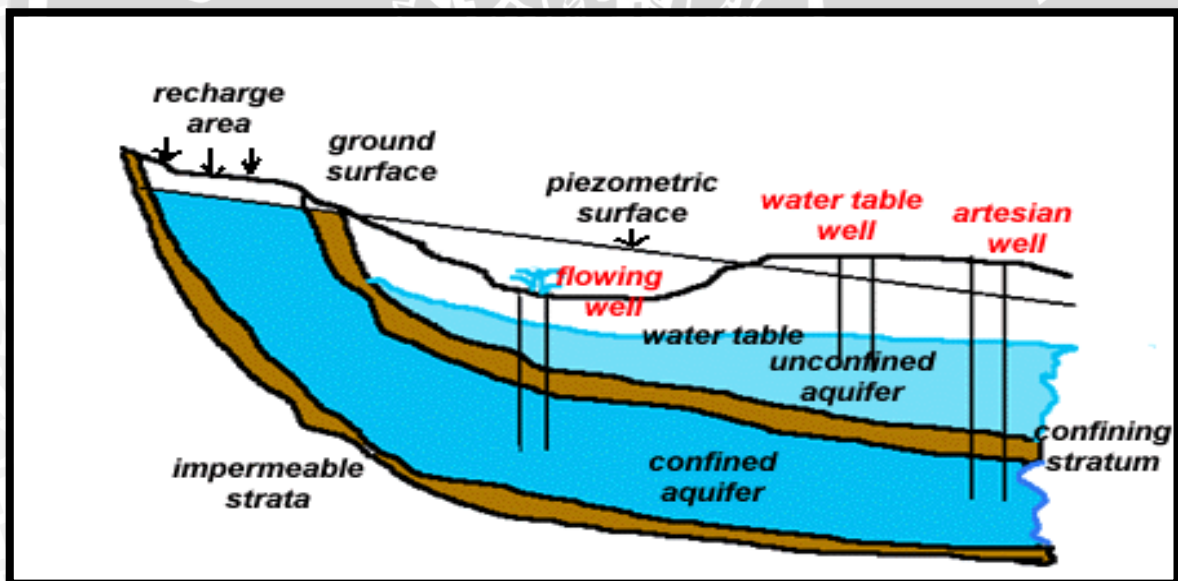
12. Klorida (Cl^-)

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 di daerah lembab, 1000 mg/l untuk daerah kering. (Bouwer,1978:348).

2.2. Akuifer

Akuifer diartikan sebagai lapisan pembawa air atau lapisan permeabel. Akuifer berasal dari kata “*aqua*” yang berarti air dan “*ferre*” berarti mengandung, sehingga dari asal kata ini akuifer dapat diartikan sebagai lapisan yang mengandung air. Akuifer merupakan batuan yang mempunyai susunan sedemikian rupa sehingga dapat mengalirkan air yang cukup berarti di bawah kondisi lapangan. Akuifer inilah asal dari adanya air di dalam sumur gali maupun sumur bor. Contoh batuan sebagai pembawa air yaitu pasir, kerikil, batu pasir, batu gamping yang berlubang, lava yang retak-retak dan sebagainya (Suharyadi,1984:12).



Gambar 2.2. Lapisan Akuifer

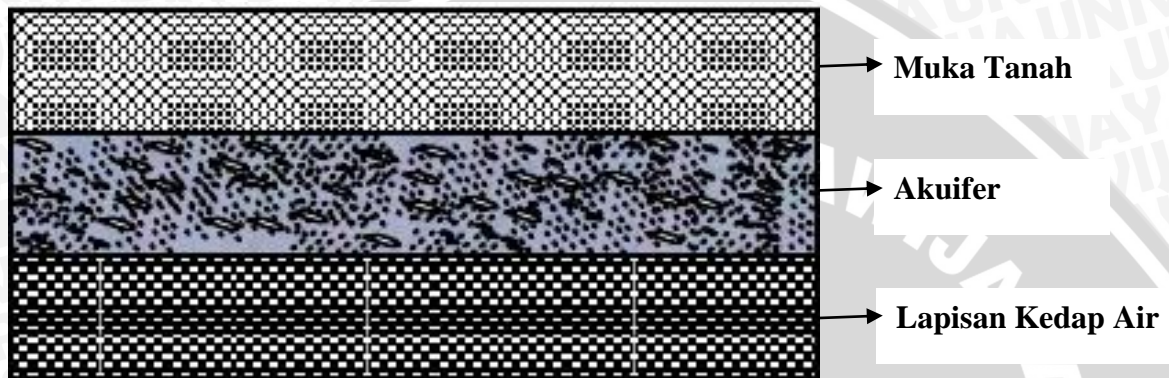
Sumber : <http://tambangunp.blogspot.com/2013/10/jenis-jenis-akuifer.html>, diakses pada 20 Agustus 2014

2.2.1. Jenis Akuifer

Berdasarkan susunan lapisan geologi (litologinya) dan besarnya koefisien kelulusan air (K), akuifer dapat dibedakan menjadi empat macam, yaitu Akuifer Bebas (*Unconfined Aquifer*), Akuifer Tertekan (*Confined Aquifer*), Akuifer Setengah Tertekan (*Semiconfined Aquifer*), Akuifer Menggantung (*Perched Aquifer*). (Suharyadi 1984 : 19)

A. Akuifer Bebas

Akuifer bebas (*Unconfined Aquifer*) merupakan akuifer yang memiliki satu lapisan pembatas kedap air yang terletak dibagian bawahnya. Dengan kata lain muka airtanah merupakan bidang batas sebelah atas daripada daerah jenuh air. Akuifer ini disebut juga sebagai *phreatic aquifer*, *non artesian equifer* atau *free aquifer*. (Suharyadi, 1984:19)



Gambar 2.3. Akuifer Bebas (*Unconfined Aquifer*)

Sumber : Suharyadi, 1984

B. Akuifer Tertekan



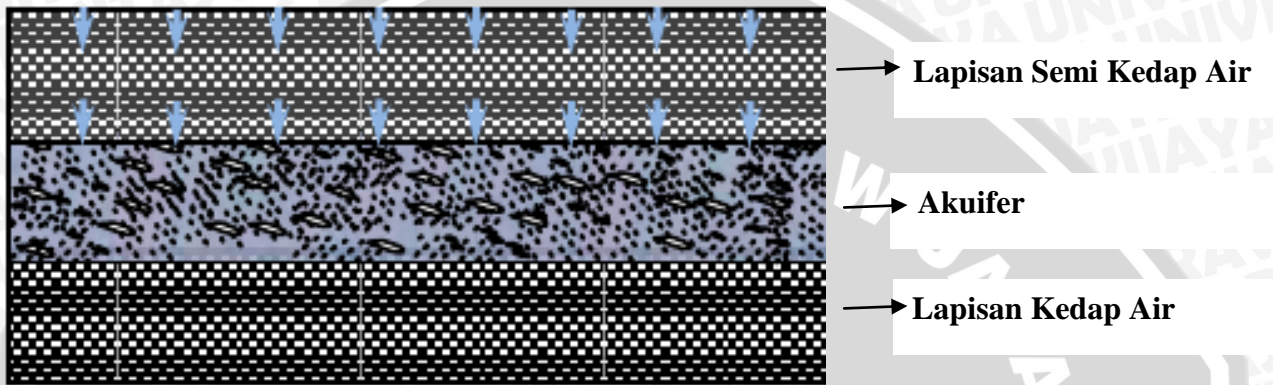
Gambar 2.4. Akuifer Tertekan (*Confined aquifer*)

Sumber : Suharyadi, 1984

Akuifer tertekan (*Confined Aquifer*) merupakan suatu akuifer jenuh air yang pada lapisan atas dan lapisan bawahnya merupakan lapisan kedap air sebagai pembatasnya. Pada lapisan pembatasnya dipastikan tidak terdapat air yang mengalir (*no flux*). Pada akuifer ini tekanan airnya lebih besar daripada tekanan atmosfer. Oleh karena itu akuifer ini disebut juga dengan *pressure aquifer* (Suharyadi, 1984:19).

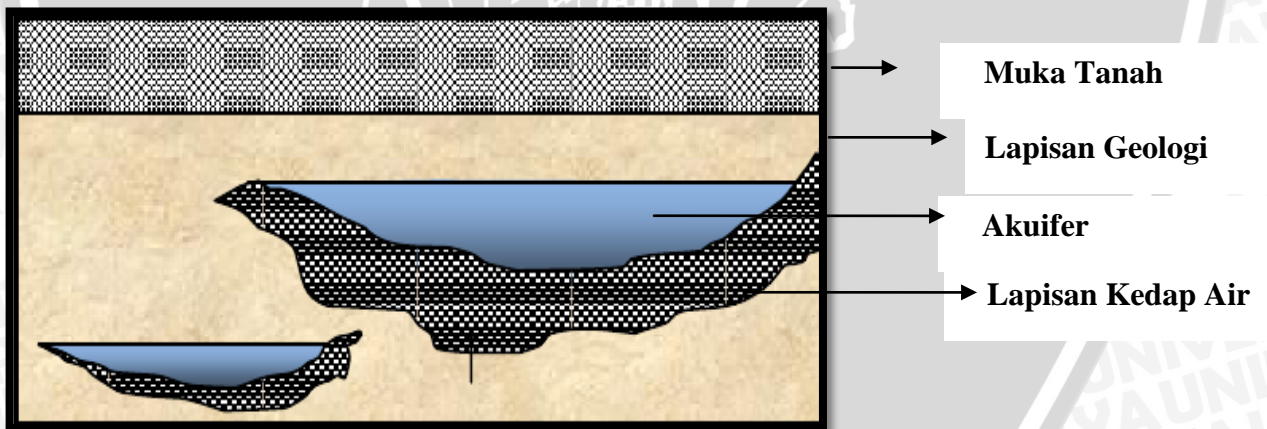
C. Akuifer Setengah Tertekan

Akuifer setengah tertekan (*Semiconfined Aquifer*) ialah suatu akuifer jenuh air, dengan bagian atas dibatasi oleh lapisan setengah kedap air (nilai kelulusannya terletak antara akuifer dan akuitar) dan pada bagian bawah dibatasi oleh lapisan kedap air. Pada lapisan pembatas dibagian atasnya dimungkinkan masih ada air yang mengalir ke akuifer tersebut. Akuifer ini disebut juga dengan *leaky-artesian aquifer* (Suharyadi, 1984:19).



Gambar 2.5. Akuifer Setengah Tertekan (*Semiconfined Aquifer*)
 Sumber : Suharyadi, 1984

D. Akuifer Menggantung



Gambar 2.6. Akuifer Menggantung (*Perched aquifer*)
 Sumber : Suharyadi, 1984

Akuifer menggantung (*Perched Aquifer*) merupakan akuifer yang massa airtanahnya terpisah dari airtanah induk. Dipisahkan oleh suatu lapisan yang relatif kedap air yang begitu luas dan terletak diatas daerah jenuh air. Biasanya akuifer ini terletak di atas suatu lapisan formasi geologi yang kedap air. Kadang-kadang lapisan bawahnya tidak

murni kedap air namun berupa *aquitards* yang juga bisa memberikan distribusi air pada akuifer dibawahnya (Suharyadi, 1984:20)

2.2.2. Sifat Jenis Tanah

Macam-macam jenis tanah dan sifatnya dapat dijelaskan sebagai berikut ;

1. Podsolik Merah Kuning

Jenis ini memiliki lapisan solum tanah yang agak tebal, yaitu 90-180 cm dengan batas antara horizon yang nyata. Warna tanah ini kemerah-merahan hingga kuning atau kekuning kuningan. Kandungan bahan organik pada lapisan top soil adalah kurang dari 9%, umumnya sekitar 5%. Kandungan unsure hara tanaman seperti N,P,K, dan Ca umumnya rendah dan reaksi tanahnya (pH) sangat rendah, yaitu antar 4-5,5. Tingkat permeabilitas, dalam hal ini infiltrasi dan perkolasinya, adalah sedang hingga lambat, pada lapisan permukaan umumnya sedang dan makin ke bawah makin lambat (Sarief,1986:136).

2. Regosol

Tanah jenis ini mempunyai sedikit atau belum banyak perkembangan profilnya dan bahan induknya dari abu vulkanik. Tanah ini berwarna kelabu coklat atau coklat kekuning-kuningan sampai keputih-putihan. Proses kimia mengenai keasaman tanahnya pada pH 6-7 (Handiri (dalam dharmawijaya 1992), 2011). Strukturnya adalah lepas atau butir tunggal, sedang teksturnya pasir sampai lempung berdebu. Berhubung dengan keadaan tekstur dan strukturnya berpasir, maka tanah ini mempunyai permeabilitas dan infiltrasi yang cepat sampai sangat cepat (Sarief,1986:137).

3. Latosol

Warna dari jenis tanah ini merah, coklat sampai kekuning-kuningan. Reaksi tanah bekisar antara pH 4,5-6,5, yaitu dari asam sampai agak asam. Tekstur tanah ini umumnya adalah liat, sedang strukturnya remah dan konsistensi gembur. Mudah sampai agak sukar merembeskan air, oleh sebab itu infiltrasinya dan perkolasinya dari agak cepat sampai agak lambat (Sarief,1986:138)..

4. Podsol

Warna dari tanah ini yaitu coklat pucat atau keputih-putihan hingga wana coklat ke kuning-kuningan. Teksturnya umumnya dari pasir sedang sampai kasar, dengan struktur yang lepas di bagian atas dan pejal di bagian bawah. Reaksi tanah biasa dilihat dari pH sekitar 3,5-5,5 atau dari sangat asam sampai asam (Sarief,1986:140).

5. Litosol

Merupakan lapisan bahan induk dengan pecahan-pecahan batuan yang telah mengalami pelapukan. Teksturnya umumnya kasar, yaitu berpasir atau berkerikil, sedangkan strukturnya tidak ada atau butir lepas. reaksi tanah pH, permeabilitasnya bervariasi (Sarief,1986:140).

6. Planosol

Warna dari tanah umumnya kelabu, teksturnya liat, strukturnya gumpal dan konsistensinya keras atau teguh. Tekstur pada lapisan ini liat berat dengan struktur pejal atau gumpal sudut. Reaksi tanah agak asam sampai netral dengan pH 5,5-7,6 dan hamper selalu dalam keadaan jenuh dengan air (Sarief,1986:142).

7. Andosol

Tanah ini berwarna hitam, kelabu sampai coklat tua. Teksturnya adalah debu, lempung berdebu sa,pai lempung. Reaksi tanahnya juga cukup baik, yaitu asam sampai netral (5,0-7,0). Permeabilitas tanahnya adalah cepat (Sarief,1986:147).

8. *Asosiasi Non Calcic Brown*

merupakan jenis tanah yang tidak mengandung kalsium atau bisa dikatakan tidak terlalu tinggi (Kolay,2007:471)

2.3. Kelayakan Kualitas Air Tanah

Pada penelitian ini, penentuan kondisi kualitas air ditentukan oleh Peraturan Kementerian Kesehatan Nomor 492/Menkes/Per/IV/2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum. Tabel peruntukan air dapat dilihat pada tabel 2.2 dibawah ini.

Tabel 2.2. Persyaratan Kualitas Air Minum Kementerian Kesehatan Nomor 492/Menkes/Per/IV/2010

No	Jenis Parameter	Satuan	Kadar maksimum yang diperbolehkan
1	Parameter yang berhubungan langsung dengan kesehatan		
	a. Parameter Mikrobiologi		
	1) E.Coli	Jumlah per 100 ml sampel	0
	2) Total Bakteri Koliform	Jumlah per 100 ml sampel	0

No	Jenis Parameter	Satuan	Kadar maksimum yang diperbolehkan
	b. Kimia an-organik		
	1) Arsen	mg/l	0,01
	2) Fluoride	mg/l	1,5
	3) Total Kromium	mg/l	0,05
	4) Kadmium		0,003
	5) Nitrit	mg/l	3
	6) Nitrat	mg/l	50
	7) Sianida	mg/l	0,07
	8) Selenium	mg/l	0,01
2	Parameter yang tidak langsung berhubungan dengan kesehatan		
	a. Fisik		
	1) Bau		Tidak Berbau
	2) Warna	TCU	15
	3) TDS	Mg/l	500
	4) Kekeruhan	NTU	5
	5) Rasa		Tidak Berasa
	6) Suhu	°C	± 3
	b. Kimiawi		
	1) Alumunium	mg/l	0,2
	2) Besi	mg/l	0,3
	3) Kesadahan	mg/l	500
	4) Khlorida	mg/l	250
	5) Mangan	mg/l	0,4
	6) pH	mg/l	6,5-8,5
	7) Flourida	mg/l	1,5
	8) seng	mg/l	3
	9) sulfat	mg/l	250
	10) tembaga	mg/l	2
	11) amonia	mg/l	1,5

Sumber : Keputusan Menteri Kesehatan 492/Menkes/Per/IV/2010

2.3.1. Evaluasi Terhadap Paparan Kontaminan

Paparan kontaminan bila terjadi pada siapa saja dengan efek pada kesehatan yang tak terduga. Untuk itu diperlukan suatu metode atau prosedur untuk memperkirakan seberapa besar paparan tersebut, frekuensi serta lamanya paparan dan rute paparan. Dalam hal ini paparan kontaminan tanah dan air tanah, rute kontaminan yang masuk pada manusia sebagian besar melalui mulut (minum dan makan) hidung, akibat menghirup uap kontaminan yang volatil, seperti PAH atau pelarut kimia (Notodarmojo,2005;174)

Salah satu faktor penting dalam evaluasi paparan kontaminan adalah bagaimana memperkirakan jumlah kontaminan yang masuk ke dalam tubuh manusia atau terpapar pada manusia. Dalam buku ini hanya dibahas paparan kontaminan melalui makanan/minuman dan pernapasan saja. Persamaan umum untuk menghitung asupan kontaminan yang dianjurkan oleh EPA adalah sebagai berikut (Watts, 1998) :

Untuk kontaminan yang terlarut dalam air tanah :

$$I = \frac{C \times IR \times FP \times WP}{BT} \times \frac{1}{WR} \quad (2-1)$$

Dimana :

- I = Intake atau asupan kontaminan harian (mg/kg-hari)
- C = konsentrasi kontaminan rata-rata selama periode pengamatan (mg/L untuk kontaminan air atau mg/m³ untuk kontaminan dari udara)
- IR = jumlah medium yang tertelan persatuan waktu (L/hari)
- FP = frekuensi paparan (hari/tahun)
- WP = lama waktu paparan (tahun)
- BT = berat tubuh yang terpapar (kg)
- WR = waktu perata, dimana paparan dirata-ratakan (hari)

Setelah nilai Asupan kontaminan (I) diketahui, selanjutnya menghitung indeks gangguan (HI) dengan persamaan

$$HI = \frac{I}{RfD} \quad (2-2)$$

Apabila HI <1, maka tidak terjadi resiko pada kesehatannya dan HI >1, terjadi resiko pada kesehatannya.

Tabel 2.3. Nilai Fator-Faktor Paparan Untuk Menghitung Asupan Berbagai Paparan

Tata Guna	Jalur Paparan	Asupan Harian	Frekuensi Paparan (hari/tahun)	Durasi Paparan (tahun)	Berat Badan (kg)
Residensial	Air Minum	2L (Dewasa)	350	30	70 dan 55
		1L (Anak)	350	6	15
	Tanah & Debu	200 mg	350	6	15
		100 mg	350	24	70 dan 55
		Inhalasi	20 m ³ (dewasa)	350	30
	Air Minum	1L	250	25	70 dan 55

Sumber : Rahman (dalam EPA 1990), 2007.

Tabel 2.4. Nilai RfD dan SF untuk beberapa kontaminan terpilih

No	Kontaminan	RfD	SF	No	Kontaminan	RfD	SF
1	Benzene	-	0,029	13	DDT	5×10^{-4}	0,34
2	Toluene	0,2	-	14	Hexachlorobenze	8×10^{-4}	1,6
3	Etilbenzene	0,1	-	15	Lindane	3×10^{-4}	-
4	Xylene	2,0	-	16	Fluorene (Child)	0,093	-
5	Anthracen	0,3	-	17	Atrazine	0,035	-
6	Fluorene	0,04	-	18	Phenol	0,6	-
7	Pyrene	0,03	-	19	Arsen(anorganik)	3×10^{-4}	1,5
8	Acetone	0,1	-	20	Boron	0,09	-
9	Metil etil ketone	0,6	-	21	Cadmium	5×10^{-4}	-
10	Aldrin	3×10^{-5}	17	22	Chromium (VI)	0,005	-
11	Cabaryl	0,1	-	23	Tembaga sianida	0,005	-
12	Dieldrin	5×10^{-5}	16	24	Mangan	0,005	-
13	Chloride (grown)	0,204	-	25	Sulfate (Grown)	0,408	-
14	Chloride (Child)	0,476	-	26	Sulfate (Child)	0,95	-

Sumber: Notodarmojo (dalam EPA 1995), (2005:176)

2.4. Studi Terdahulu

1. Susiati dan Wibago (2002)

Melakukan kegiatan penelitian yang berjudul “Inventarisasi Komposisi Isotop Alam Untuk Identifikasi Ancaman Bahaya Sebaran Polutan Magmatik Sepanjang Kali Bayupahit-Banyuputih”. Penelitian tersebut bertujuan untuk mengetahui kandungan isotop yang berbahaya di sepanjang kali Banyupahit-Banyuputih. Metode yang digunakan pengambilan sampel di air kawah, mata air panas, air hujan dan air permukaan yang terdapat di sekitar daerah yang diteliti. Hasil yang didapatkan yaitu telah terjadi perembesan air asam yang cukup tinggi dari hulu Banyupahit sampai hilir Banyuputih yang membahayakan bagi keselamatan manusia dan hewan. Beberapa besar kandungan di kali Banyuputih Asembagus Klorida (145 mg/l), Flourida (8 mg/l), Sulfat (442 mg/l), dan Besi (7,2 mg/l)

2. Fitrianietyas, Sukojo dan Wibowo (2009)

Melakukan kegiatan penelitian yang berjudul “Studi Perkiraan Jalur Aliran Air Aki Menggunakan Data Citra Satelit Landsat dan SRTM”. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui jalur aliran wilayah terdampak air asam oleh Kawah Ijen. Metode yang digunakan yaitu dengan data citra satelit landsat dan SRTM. Hasil yang didapat dari penelitian ini yaitu diketahuinya daerah mana saja yang terpengaruh aliran air asam

termasuk salah satunya Kecamatan Asembagus (Ds. Wringin Anom, Ds. Awar-awar, Ds. Bantal) dan Banyuputih (Ds. Banyuputih dan Ds. Sumberejo). Daerah yang terdampak air asam Kawah Ijen dapat dilihat di tabel 2.5.

Tabel 2.5. Daerah terdampak Jalur Air Asam Kawah Ijen

No	Nama Desa	Kecamatan	Kabupaten
1	Sumbercanting	Klabang	Bondowoso
2	Wringin Anom	Asembagus	Situbondo
3	Jeding (Kayumas)	Arjasa	Situbondo
4	Awar-awar	Asembagus	Situbondo
5	Bantal	Asembagus	Situbondo
6	Banyuputih	Banyuputih	Situbondo
7	Sumberejo	Banyuputih	Situbondo
8	Pesucen	Giri	Situbondo
9	Glagah	Glagah	Banyuwangi
10	Kenjo	Glagah	Banyuwangi
11	Licin	Glagah	Banyuwangi
12	Kampung Anyar	Glagah	Banyuwangi
13	Tamansari	Glagah	Banyuwangi
14	Sragi	Songgon	Banyuwangi
15	Parangharjo	Songgon	Banyuwangi
16	Songgon	Songgon	Banyuwangi
17	Kemiri	Singojuruh	Banyuwangi
18	Bedewang	Songgon	Banyuwangi
19	Balak	Songgon	Banyuwangi
20	Padang	Singojuruh	Banyuwangi
21	Singolatren	Singojuruh	Banyuwangi
22	Bunder	Kabat	Banyuwangi
23	Bareng	Kabat	Banyuwangi
24	Benelan Lor	Kabat	Banyuwangi
25	Benelan Kidul	Singojuruh	Banyuwangi
26	Labanasem	Kabat	Banyuwangi
27	Pengantingan	Rogojampi	Banyuwangi
28	Gitik	Rogojampi	Banyuwangi
29	Karangbendo	Rogojampi	Banyuwangi
30	Pakistaji	Kabat	Banyuwangi
31	Sukotaji	Kabat	Banyuwangi
32	Badean	Kabat	Banyuwangi
33	Alasrejo	Wongsorejo	Banyuwangi
34	Kelir	Giri	Banyuwangi
35	Sumberwaru	Banyuputih	Banyuwangi
36	Watukebo	Wongsorejo	Banyuwangi
37	Bajulmati	Wongsorejo	Banyuwangi
38	Sidodado	Wongsorejo	Banyuwangi

No	Nama Desa	Kecamatan	Kabupaten
39	Sumberkecono	Wongsorejo	Banyuwangi
40	Wongsorejo	Wongsorejo	Banyuwangi
41	Alasbutu	Wongsorejo	Banyuwangi
42	Kalipuro	Giri	Banyuwangi
43	Klatak	Giri	Banyuwangi
44	Giri	Giri	Banyuwangi
45	Jambesar	Giri	Banyuwangi
46	Boyolangu	Giri	Banyuwangi
47	Panataban	Giri	Banyuwangi
48	Grogol	Giri	Banyuwangi
49	Pengatigan	Banyuwangi	Banyuwangi
50	Singotrunan	Banyuwangi	Banyuwangi
51	Singonegaran	Banyuwangi	Banyuwangi
52	Penganjuran	Banyuwangi	Banyuwangi
53	Tukangkayu	Banyuwangi	Banyuwangi
54	Kertosari	Banyuwangi	Banyuwangi
55	Karagrejo	Banyuwangi	Banyuwangi
56	Lateng	Banyuwangi	Banyuwangi
57	Sobo	Banyuwangi	Banyuwangi
58	Pakis	Banyuwangi	Banyuwangi
59	Kebalenan	Banyuwangi	Banyuwangi
60	Pendarungan	Kabat	Banyuwangi
61	Rejosari	Glagah	Banyuwangi

Sumber : Fitrianingtyas *et. al* (2012)

Dari beberapa peneliti belum ada peneliti yang memetakan penyebaran kandungan kimia di daerah terdampak air asam. Oleh karena itu dalam penelitian ini akan memetakan kandungan kimia yang tersebar di sebagian kecil daerah terdampak air asam Kawah Ijen.

2.5. Metode Analisa Karakteristik Kimia Air Tanah

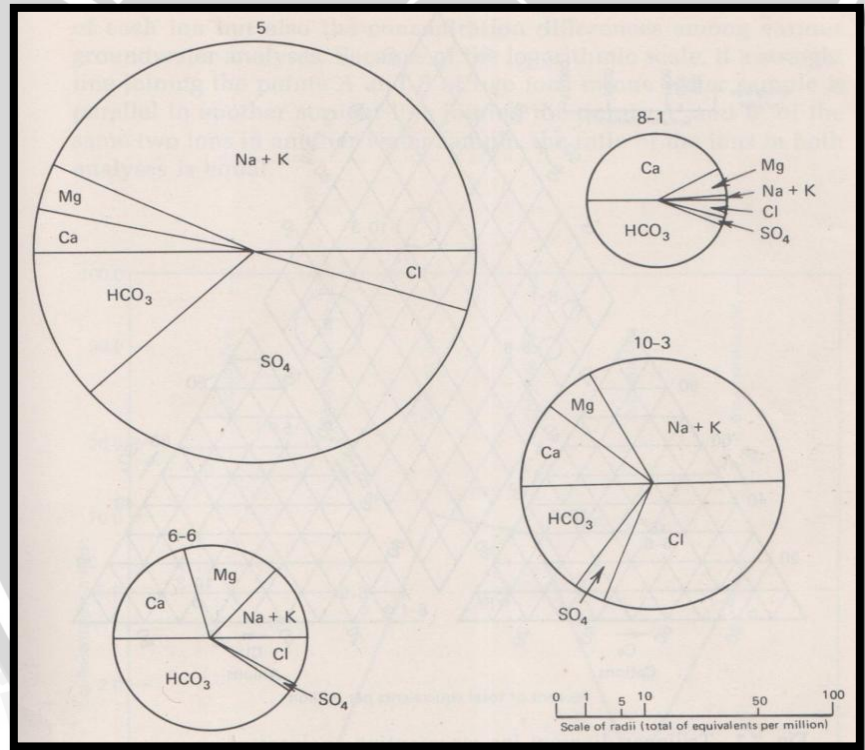
Untuk analisis data kualitas air tanah didasarkan pada ion-ion penyusun air tanah dan sangat berguna untuk tujuan analisis, klasifikasi, dan ilustrasi penyebaran. Ion penyusun utama pada kation terdiri dari kalsium, magnesium, natrium, kalium sedangkan anionnya terdiri atas klorida, sulfat, bikarbonat, karbonat, dan kadang-kadang juga fluorida. Air yang mempunyai mempunyai $Ph < 7$ adalah asam (Suharyadi,1984:100).

Ada dua proses kimia di dalam hubungan antara air dan batuan yaitu proses kimia primer dan proses kimia sekunder. Proses kimia primer adalah proses yang menyebabkan bertambahnya unsur-unsur mineral yang larut dalam air tanah akibat kontak langsung antara air dan batuan. Sedangkan proses kimia sekunder merupakan proses modifikasi dan

perubahan karakteristik kimia air tanah pada waktu air melakukan kontak dengan bahan mineral (Kodoatie, 1996:218). Dalam menganalisis data komposisi kimia terdapat pada air tanah dapat menggunakan berbagai macam metode dengan menggunakan paket program *aquachem* 2011.1 diantaranya adalah :

2.5.1. Metode Diagram Pie

Metode diagram ini merupakan diagram lingkaran untuk menganalisa komposisi kandungan kimia dalam sumur air tanah yang dinyatakan pada besar jari-jari pada diagram lingkaran. Di dalam satu lingkaran akan dibagi besaran potongan yang berbeda beda luasnya berdasarkan jumlah kandungan unsur yang terdapat pada sampel air tanah. Setiap sumur air tanah akan menghasilkan nilai diagram yang berbeda-beda tergantung dari besaran kandungan pada sampel air tanah dangkal (Todd, 1980:286).



Gambar 2.7. Diagram Pie
Sumber : Todd, (1980:287)

2.5.1.1. Tahapan Analisis Metode Diagram Pie

1. Dari data hasil uji laboratorium seperti gambar dibawah ini, gambarkan pembagian luasan daerah tiap-tiap parameter ke dalam diagram pie.

Tabel 2.6. Contoh Hasil Rekapitulasi Data Uji Laboratorium

Nomor Sumur	Cl ⁻ Mg/l	SO ₄ ²⁻ Mg/l	HCO ₃ ⁻ Mg/l	CO ₃ ²⁻ Mg/l	K ⁺ Mg/l	Na ⁺ Mg/l	Mg ²⁺ Mg/l	Ca ²⁺ Mg/l	Total Kandungan
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	247.38	546.65	137.03	12.00	15.00	32.50	0.97	0.54	992.07
2	156.13	157.52	137.03	12.00	15.00	27.50	0.52	0.49	506.19
3	344.71	471.85	102.77	12.00	25.00	42.50	1.81	1.23	1001.87
4	227.10	378.85	85.64	12.00	15.00	32.50	1.28	0.07	752.44
5	319.35	508.86	137.03	12.00	18.75	40.00	1.40	0.66	1038.05
6	326.46	478.70	85.64	12.00	18.75	37.50	1.40	0.07	960.52

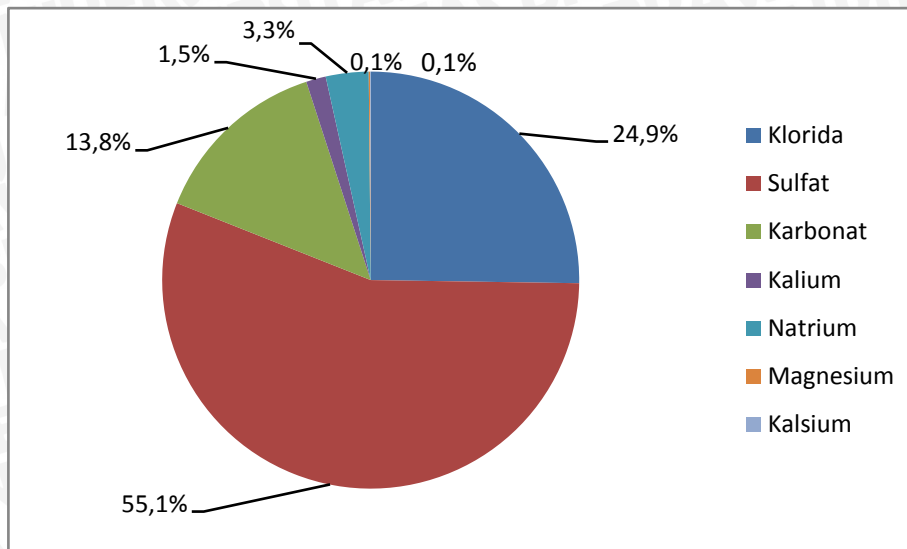
2. Contoh untuk sumur nomor 1, dari data hasil uji laboratorium dirubah terlebih dahulu ke dalam bentuk prosentase. Sehingga rekapitulasinya seperti tabel dibawah ini.

Tabel 2.7. Contoh Hasil Rekapitulasi Prosentase Data Uji Laboratorium

Nomor Sumur	Cl ⁻ % Mg/l	SO ₄ ²⁻ % Mg/l	CO ₃ ²⁻ % Mg/l	K ⁺ % Mg/l	Na ⁺ % Mg/l	Mg ²⁺ % Mg/l	Ca ²⁺ % Mg/l
	10	11	12	14	15	16	17
1	24.9	55.1	13.8	1.5	3.3	0.1	0.1
2	30.8	31.1	27.1	3.0	5.4	0.1	0.1
3	34.4	47.1	10.3	2.5	4.2	0.2	0.1
4	30.2	50.3	11.4	2.0	4.3	0.2	0.0
5	30.8	49.0	13.2	1.8	3.9	0.1	0.1
6	34.7	50.8	9.1	2.0	3.9	0.1	0.0
Total	185.8	283.5	84.8	12.8	25	0.8	0.4

Keterangan : 10 = (1/9) x 100% 13 = (4/9) x 100% 16 = (7/9) x 100%
 11 = (2/9) x 100% 14 = (5/9) x 100% 17 = (8/9) x 100%
 12 = (3/9) x 100% 15 = (6/9) x 100%

3. Setelah perhitungan selesai, selanjutnya penggambaran diagram Pie seperti dapat dilihat dalam gambar dibawah ini.

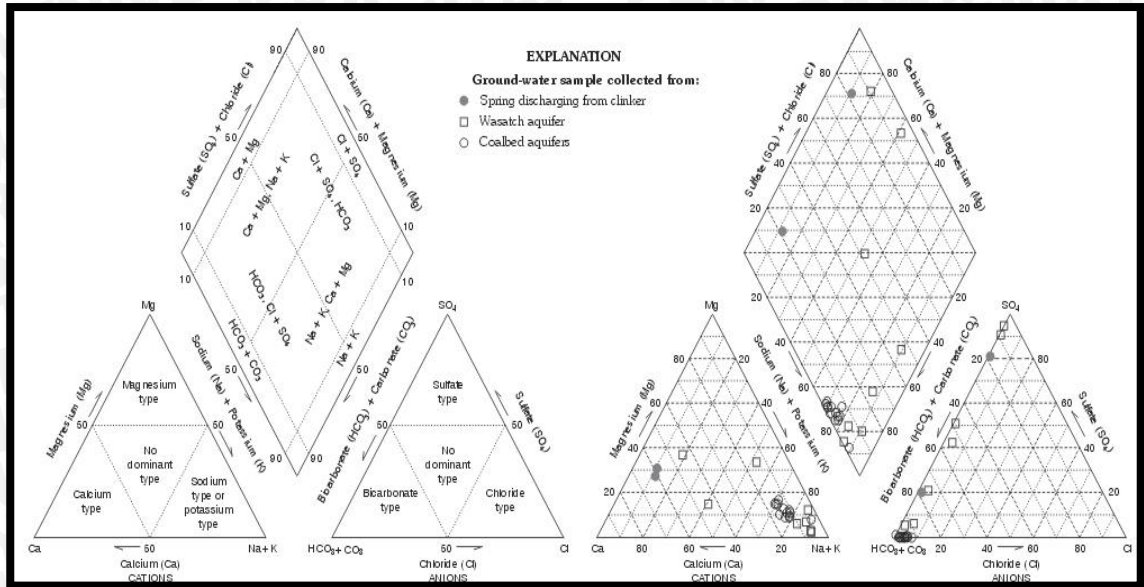


Gambar 2.8. Contoh Hasil Penggambaran Diagram Pie Sumur 1

Setelah diagram lingkaran terbentuk maka dapat dipresentasikan komposisi kandungan yang terdapat pada diagram, kemudian tentukan kandungan yang paling dominan pada tiap kation dan anion pada semua sumur. Pada tipe anion menunjukkan kandungan nilai Sulfat (SO_4^{2-}) lebih tinggi daripada kandungan nilai Klorida (Cl^-), Karbonat (HCO_3^-). Pada sampel sumur air tanah di lokasi penelitian pada tipe kation menunjukkan nilai Natrium (Na^+) lebih tinggi daripada kandungan nilai Kalium (K^+), Magnesium (Mg^{2+}), dan Kalsium (Ca^{2+}). Dari metode Diagram Pie dapat diketahui bahwa sifat air pada semua sampel air tanah di lokasi penelitian adalah memiliki karakteristik anion Sulfat (SO_4^{2-}) dan memiliki karakteristik kation Natrium (Na^+) yang lebih dominan atau kandungan nilainya lebih tinggi.

2.5.2. Metode Diagram Trilinier Piper

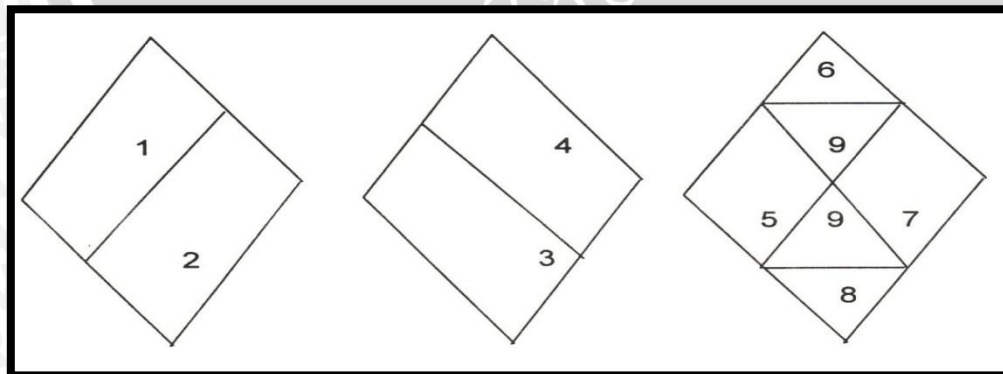
Metode ini merupakan metode terpenting dalam studi genetis air tanah, yaitu mengenai sumber penyusun terlarut dalam air tanah. Diagram ini terdiri dari dua segitiga sama sisi yang terletak di bawah kanan dan kiri masing-masing segitiga untuk mengplotkan kation dan anion yang terkandung pada tiap sampel air tanah, dimana pada kedua segitiga ini menentukan tipe kimia dominan yang terkandung pada tiap sampel sumur air tanah. Di atas kedua segitiga ini dibuat jajaran genjang, dimana titik-titik kation dan anion dari kedua segitiga ditarik keatas kedalam jajaran genjang. Dari jajaran genjang tersebut dapat diinterpretasikan tipe kandungan kualitas air tanahnya (Suharyadi, 1984:106).



Gambar 2.9. Diagram Trilinier Piper
 Sumber : USGS Groundwater Quality

Diagram Trilinier Piper juga dapat digunakan untuk membandingkan analisis kualitas air tanah. Diagram ini dapat membandingkan antara persamaan atau perbedaan kualitas penyusun kimia air tanah antar tiap-tiap sampel (Todd, 1980:288). Dimana ketika antar tiap sumur air tanah mempunyai data kuantitas yang sama maka tiap-tiap sumur tersebut akan mempunyai tipe kualitas yang sama pula dan ketika antar tiap sumur air tanah mempunyai data kuantitas yang berbeda maka akan mempunyai tipe kualitas air yang berbeda pula.

Tipe kualitas air tanah dapat diketahui dengan cepat dengan memperhatikan kelompok dominan hasil pengeplotan data pada jajaran genjang. Pembagian daerah pada jajaran genjang dapat ditunjukkan pada gambar dibawah ini.



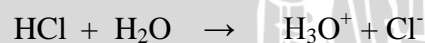
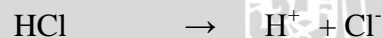
Gambar 2.10. Pembagian Klasifikasi Diagram Jajaran Genjang Menurut Piper
 Sumber : Suharyadi (1984:107)

Keterangan Area Klasifikasi Trilinier Piper :

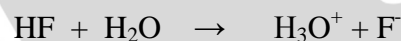
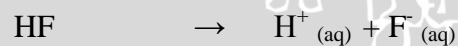
- Area 1. Berarti kandungan alkali tanah melebihi kandungan alkalinya.
 - Area 2. Berarti kandungan alkali melebihi kandungan alkali tanahnya.
 - Area 3. Berarti kandungan asam lemah melebihi asam kuatnya.
 - Area 4. Berarti kandungan asam kuat melebihi asam lemahnya.
 - Area 5. Berarti kekerasan karbonat (alkalinitas sekunder) > 50%, sifat kimia airtanah didominasi oleh alkali tanah dan asam lemah.
 - Area 6. Berarti kekerasan non-karbonat (kegaraman sekunder) > 50%.
 - Area 7. Berarti non-karbonat alkali (kegaraman primer) > 50%, sifat kimia airtanah didominasi oleh alkali dan asam kuat.
 - Area 8. Berarti karbonat alkali (alkalinitas primer) > 50%.
 - Area 9. Berarti pasangan kation dan anion seimbang tidak ada yang > 50%.
- Suharyadi (1984:107)

. Asam Kuat dan Asam Lemah

Definisi asam pertama kalinya dikemukakan oleh ilmuwan yang berasal dari Swiss, yaitu **Svante August Arrhenius** (1887). Menurututnya asam adalah senyawa yang jika dilarutkan dalam air akan melepaskan ion hidrogen (H^+) dan ion hidronium (H_3O^+). Asam merupakan senyawa yang akan menjadi bersifat asam bila sudah larut dalam air. Misalnya sebagai contoh :



Contoh lain



Ciri-ciri asam yaitu mempunyai rasa asam, dapat menghantarkan arus listrik, tingkat keasaman kurang dari $pH < 7$. Asam dapat menghantarkaln arus listrik dikarenakan dalam larutan asam terdapat ion-ion yang bermuatan listrik. Asam ketika bereaksi di dalam air menghasilkan ion positif dan ion negatif, ion inilah yang bertugas menghantarkan arus listrik. Berdasarkan kemampuan daya hantar listriknya, asam dibedakan menjadi asam kuat dan asam lemah.

1. Asam kuat mempunyai daya hantar listrik yang baik, karena mampu melepaskan ion hidrogen (H^+) dengan sempurna (terionisasi sempurna). Sebagai contoh, ketika hidrogen klorida dilarutkan dalam air untuk menghasilkan hidrogen klorida, sangat sedikit sekali terjadi reaksi kebalikan yang dapat kita tulis:



Pada tiap saat, sebenarnya 100% hidrogen klorida akan bereaksi untuk menghasilkan ion hidroksonium dan ion klorida. Hidrogen klorida digambarkan sebagai asam kuat.

2. Asam lemah mempunyai daya hantar listrik yang kurang karena asam lemah tidak mampu melepaskan ion hidrogen dengan sempurna (terionisasi sebagian). Asam etanoat (asam asetat) adalah asam lemah yang khas. Asam etanoat bereaksi dengan air untuk menghasilkan ion hidroksonium dan ion etanoat, tetapi reaksi kebalikannya lebih baik dibandingkan dengan reaksi ke arah depan. Ion bereaksi dengan sangat mudah untuk membentuk kembali asam dan air.



Pada setiap saat, hanya sekitar 1% molekul asam etanoat yang diubah ke dalam bentuk ion. Sisanya tetap sebagai molekul asam etanoat yang sederhana (Partana:2008:6).

Tabel 2.8. Contoh Asam Kuat

Asam Kuat	Nama Senyawa
Asam klorida	HCl
Asam nitrat	HNO_3
Asam sulfat	H_2SO_4
Asam bromida	HBr
Asam iodida	HI
Asam klorat	$HClO_3$
Asam perklorat	$HClO_4$
Asam klorit	$HClO_2$
Asam bromit	$HBrO_2$
Asam perbromat	$HBrO_4$
Asam iodit	HIO_2
Asam periodat	HIO_4

Sumber : <http://alfaboot.blogspot.com/2013/05/senyawa-asam-kuat-dan-asam-lemah.html>

Tabel 2.9. Contoh Asam Lemah

Asam Lemah	Nama Senyawa
Asam asetat	CH ₃ COOH
Asam askorbat	H ₂ C ₆ H ₆ O ₆
Asam benzoat	C ₇ H ₅ O ₂ H
Asam borat	H ₃ BO ₃
Asam karbonat	H ₂ CO ₃
Asam sitrat	H ₃ C ₆ H ₅ O ₇
Asam format	CHCOOH
Asam hidrazida	HN ₃
Asam sianida	HCN
Asam fluorida	HF
Hidrogen peroksida	H ₂ O ₂
Asam hipoklorit	HClO
Asam laktat	HC ₃ H ₅ O ₃
Asam nitrit	HNO ₂
Asam oksalat	C ₂ H ₂ O ₄
Fenol	C ₆ H ₅ OH
Asam propanoat	CH ₃ CH ₂ COOH
Asam sulfit	H ₂ SO ₃
Asam urat	C ₅ H ₃ N ₄ O ₃ H
Asam fosfat	H ₃ PO ₄
Asam sulfida	H ₂ S
Asam arsenat	H ₃ AsO ₄
Asam butanoat	C ₃ H ₇ COOH
Asam heptanoat	C ₄ H ₉ COOH
Asam heksanoat	C ₅ H ₁₁ COOH
Asam oktanoat	C ₇ H ₁₅ COOH
Asam pentanoat	C ₆ H ₁₃ COOH

Sumber : <http://alfaboot.blogspot.com/2013/05/senyawa-asam-kuat-dan-asam-lemah.html>, diakses pada 16 Agustus 2014

A. Alkali dan Alkali Tanah

Logam alkali adalah unsur-unsur golongan IA (kecuali hidrogen) yaitu litium(Li), natrium (Na), kalium (K), rubidium (Rb), sesium (Cs), dan Fransium(Fr). Kata alkali berasal dari bahasa arab yang berarti abu. Air abu bersifat basa. Oleh karena itu logam-logam golongan IA membentuk basa-basa kuat yang larut air maka disebut logam alkali. Kegunaan alkali (http://www.academia.edu/7198199/3._ALKALI_TANAH, diakses 25 Agustus 2014) :

1. NaOH : Disebut soda api. Digunakan sebagai bahan baku untuk pembuatan sabun, detergen, kertas, serat rayon.

2. Na_2CO_3 : Natrium karbonat dikenal dengan nama soda. Digunakan dalam industri kaca, melunakkan air sadah dan menghilangkan noda minyak.
3. NaHCO_3 : Natrium bikarbonat juga disebut soda kue. Digunakan untuk pembuatan kue, sebagai bahan baku natrium silikat pada pembuatan kertas.
4. Na-glutamat, digunakan sebagai penyedap makanan.
5. Na-benzoat, digunakan sebagai pengawet makanan dalam kaleng
6. KBr, Obat penenang saraf (sedative); pembuat plat potografi.
7. KClO_3 , Bahan korek api, petasan, zat peledak.
8. KIO_3 , Campuran garam dapur (sumber iodine bagi tubuh manusia).
9. K_2CrO_4 , Indicator dalam titrasi argentomeri.
10. $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, Zat pengoksidasi (oksidator).
11. KMnO_4 , Zat pengoksidasi, zat desinfektan.
12. KNO_3 , Bahan mesiu; bahan pembuat HNO_3 .
13. K-sitrat, Obat diuretik dan saluran kemih.
14. K-hidrogentartrat, Bahan pembuat kue

Alkali tanah merupakan unsur-unsur golongan II A meliputi berilium, magnesium, kalsium, stronsium, dan radium. Unsur-unsur ini membentuk basa lemah dan umumnya ditemukan dalam tanah berupa senyawa tak larut. Istilah tanah karena oksidasinya sukar larut dalam air, dan banyak ditemukan dalam bebatuan di kerak bumi. Oleh sebab itu, istilah “alkali tanah” biasa digunakan untuk menggambarkan kelompok unsur golongan II.

Kegunaan Alkali Tanah :

1. Berilium, digunakan sebagai bahan logam campur untuk pegas, klip, sambungan listrik, dan pembuatan tabung sinar X untuk reaktor atom.
2. Magnesium, digunakan sebagai bahan logam campuran dalam cluralumin (Mg 0,5 %, Cu 4 %, Mn 0,5 %, Al 95 %) dan magnalimum (campuran Mg dan Al yang ringan dan tahan korosi).
3. Kalsium, digunakan sebagai elektrode, sebagai reduktor pada pengolahan logam, dan membentuk proses pembekuan darah.
4. Barium, digunakan sebagai logam campuran (Ba + Ni) untuk membuat tabung volume.
5. Stronsium, digunakan sebagai bahan pembuatan kembang api.

2.5.2.1. Tahapan Analisis Metode Diagram Trilinier Piper dengan Cara Manual

Diagram Trilinier Piper digunakan untuk mengetahui kandungan penyusun kimia pada air sumur dangkal sehingga diketahui kandungan penyusun kimia yang terdapat di daerah penelitian.

Cara membuat diagram trilinier piper dengan cara manual sebagai berikut :

1. Menyiapkan data kandungan kimia hasil uji laboratorium. Contoh seperti gambar dibawah ini.

Tabel 2.10. Rekapitulasi Data Kandungan Kimia

Nomor Sumur	Cl ⁻ Mg/l	SO ₄ ²⁻ Mg/l	HCO ₃ ⁻ Mg/l	CO ₃ ²⁻ Mg/l	K ⁺ Mg/l	Na ⁺ Mg/l	Mg ²⁺ Mg/l	Ca ²⁺ Mg/l	Total Kandungan
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	247.38	546.65	137.03	12.00	15.00	32.50	0.97	0.54	992.07
2	156.13	157.52	137.03	12.00	15.00	27.50	0.52	0.49	506.19
3	344.71	471.85	102.77	12.00	25.00	42.50	1.81	1.23	1001.87
4	227.10	378.85	85.64	12.00	15.00	32.50	1.28	0.07	752.44
5	319.35	508.86	137.03	12.00	18.75	40.00	1.40	0.66	1038.05
6	326.46	478.70	85.64	12.00	18.75	37.50	1.40	0.07	960.52

2. Konversi data hasil analisa dari satuan milligram/liter (mg/l) ke epj (meq/l) seperti rumus 3-1, kemudian ubah kedalam bentuk perbandingan prosentase epj.

$$\text{Jumlah ekuivalen unsur} = \frac{\text{Berat Atom Unsur}}{\text{Valensi}}$$

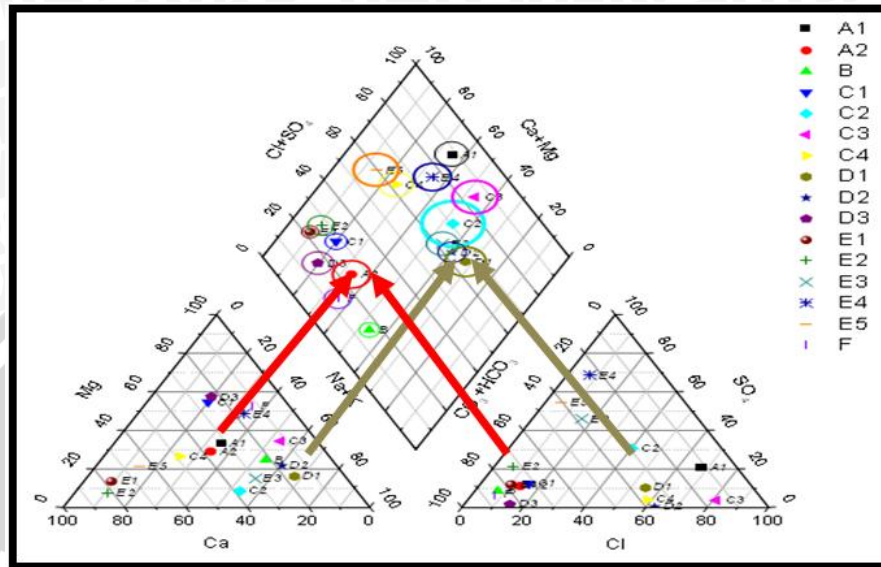
$$\text{Kandungan unsur (epj)} = \frac{\text{Kandungan Unsur (mg/liter)}}{\text{Jumlah ekuivalen unsur}} \tag{2-3}$$

$$\% \text{ epj} = \frac{\text{Kandungan unsur (epj)}}{\text{Jumlah Kandungan unsur (epj)}} \times 100\%$$

3. Setelah dikonversi ke dalam satuan % epj, selanjutnya pengeplotan kandungan tipe kation dan anion ke dalam diagram trilinier piper yang berbentuk segitiga. Segitiga yang kiri merupakan diagram kation dan yang kiri diagram anion. Cara pengeplotan didasarkan pada nilai prosentase epj pada tiap satu sumur, yang diplotkan sesuai dengan rentang pada diagram. Beri perbedaan warna dalam ploting tiap sumur.

Setelah pengeplotan diagram anion dan kation semua sumur selesai, selanjutnya pengeplotan diagram jajar genjang. Pengeplotan diagram jajar genjang didapatkan dari perpindahan titik diagram kation dan anion tiap sumur yang sama, yang kemudian

ditarik garis lurus menuju diagram jajar genjang sehingga terjadi pertemuan titik pada diagram jajar genjang. Titik perpotongan itulah yang merupakan hasil plotting di diagram jajar genjang. Contoh plotting seperti gambar 2.11.



Gambar 2.11. Diagram Trilinier Piper

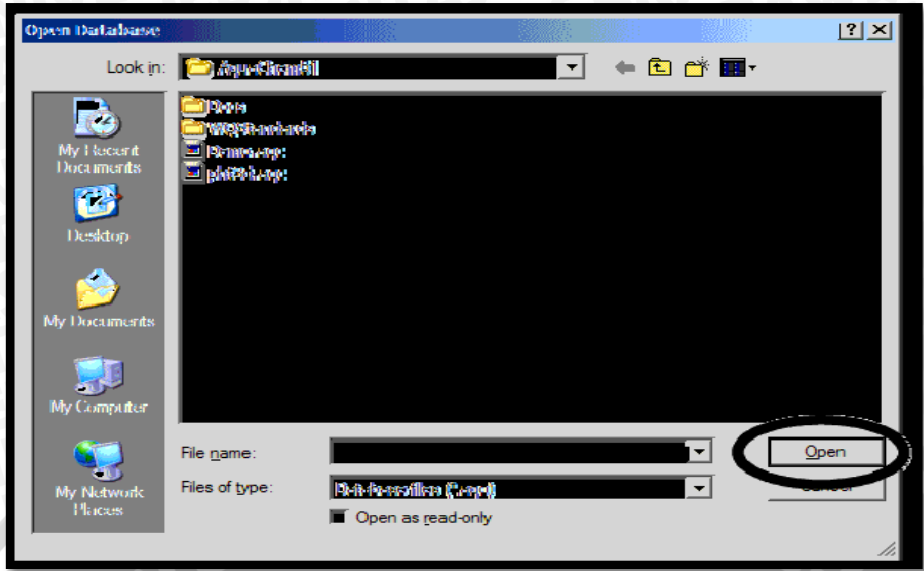
Sumber : <http://www.originlab.com/doc/Origin-Help/Piper-Diagram>

- Setelah pengeplotan selesai seperti gambar di atas, selanjutnya analisa sumber penyusun kandungan kimia air tanah tiap sumur berdasarkan teori mengenai klasifikasi tipe kelas air (Gambar 2.10). Selanjutnya akan didapatkan penyusun kandungan yang terdapat pada air tanah.

2.5.2.2. Tahapan Analisis Metode Diagram Trilinier Piper Dengan Software

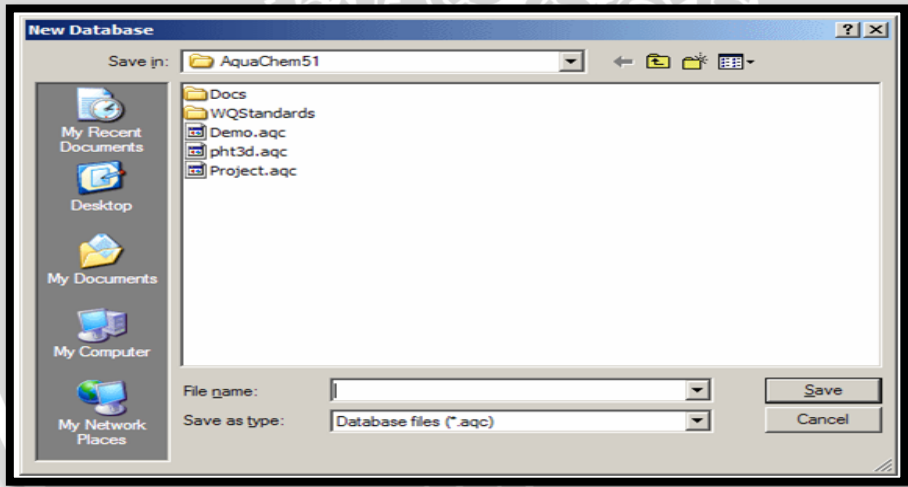
Aquachem 2011.1

- Membuka program Aquachem 2011.1, ditunjukkan pada Gambar di bawah ini.



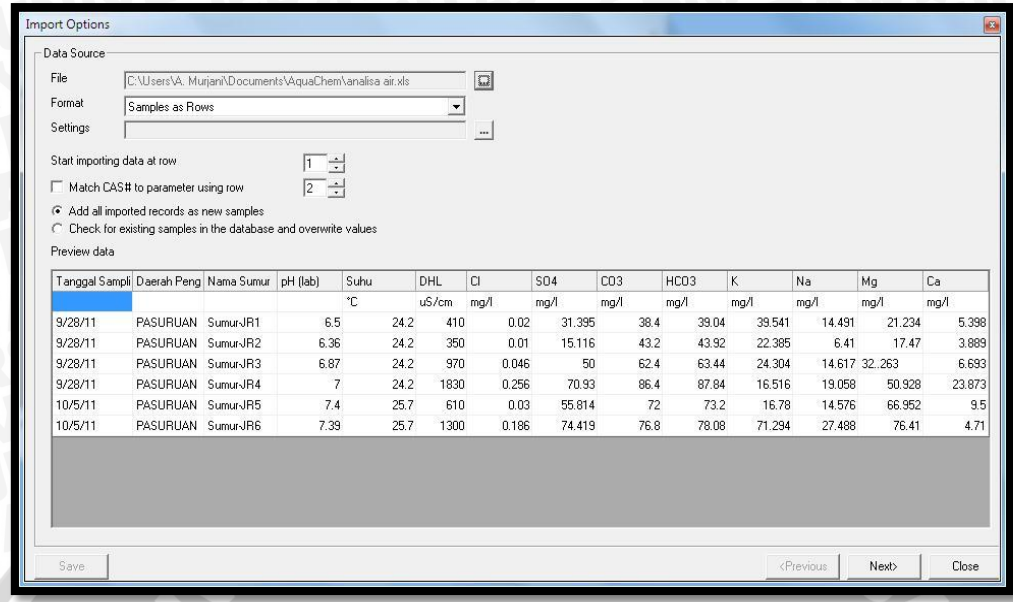
Gambar 2.12. Tampilan Dialog Awal

2. Membuka database baru dengan memilih File pada main menu kemudian klik New, cari ke folder kemudian klik Save, terlihat pada gambar berikut:



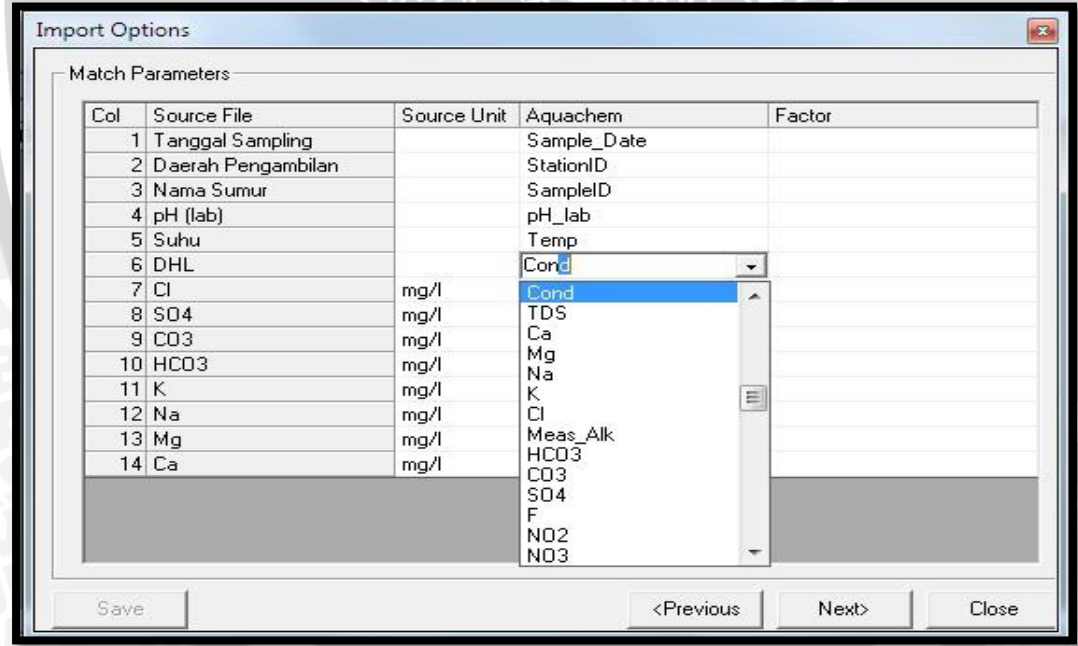
Gambar 2.13. Tampilan Jendela untuk Pembuatan Database Baru

3. Memasukkan data secara manual atau data dapat diimpor dari data excel 1997-2003 file (format *.xls), terlihat pada gambar berikut:



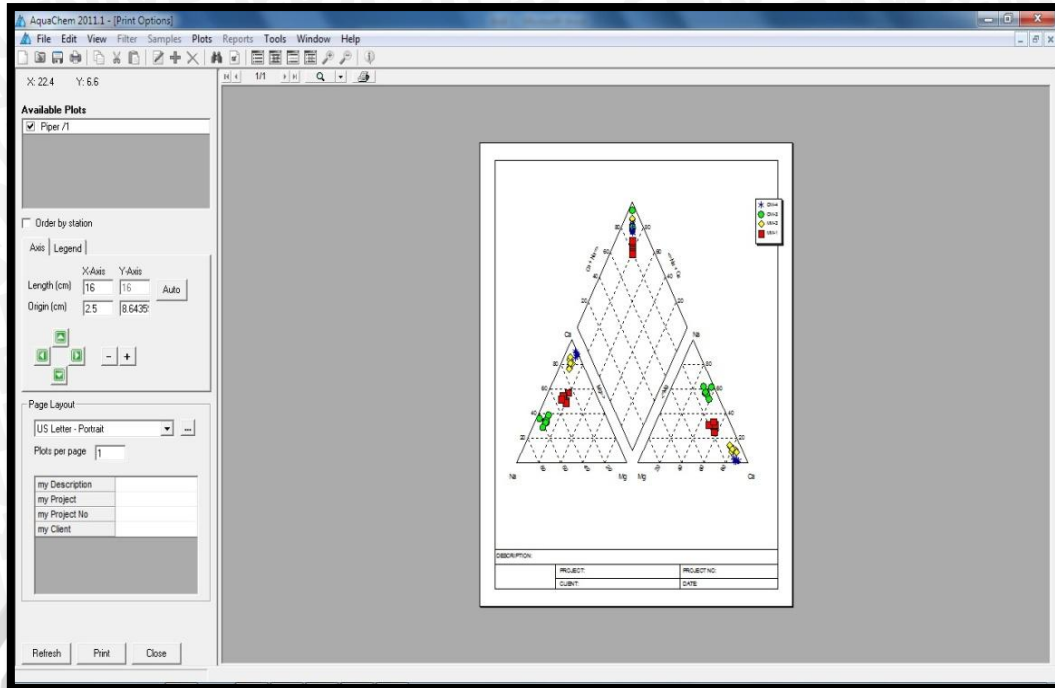
Gambar 2.14. Tampilan Jendela File Impor Data .xls

4. Mencocokkan parameter kondisi data inputan dengan Aquachem 2011.1 seperti terlihat gambar berikut.



Gambar 2.15. Pencocokan Parameter

5. Setelah sampel telah dipilih semua maka langkah selanjutnya sampel akan diplot.



Gambar 2.16. Tampilan Printing Plot Options Diagram Piper

- Setelah pengeplotan selesai seperti gambar di atas, selanjutnya analisa sumber penyusun kandungan kimia air tanah tiap sumur berdasarkan teori yang telah dijelaskan di bab II sub bab 2.5. Dimana hasil plot akan dicocokkan dengan lokasi klasifikasi kandungan (Gambar 2.10) dan kemudian akan didapatkan penyusun kandungan yang terdapat pada air tanah.

2.5.3. Metode Kurlov

Metode kurlov sangat praktis dan dengan cepat dapat menentukan kelas airnya. Penamaan kelas airtanah ditentukan oleh kandungan ion yang mempunyai jumlah persentasenya $\geq 25\%$ (Suharyadi, 1984:104). Dalam Metode Klasifikasi Kurlov antara anion dan kation dari berbagai sampel disajikan dalam sebuah tabel. Untuk mengetahui perbandingan antara jumlah masing-masing ion yang terkandung dalam larutan, maka satu mg/liter harus dikonversi ke dalam satuan meq/liter (epj). Cara mengkonversi satuan mg/liter menjadi epj :

$$\text{Jumlah ekuivalen unsur} = \frac{\text{Berat Atom Unsur}}{\text{Valensi}}$$

$$\text{Kandungan unsur (epj)} = \frac{\text{Kandungan Unsur (mg/liter)}}{\text{Jumlah ekuivalen unsur}} \quad (2-4)$$

Tahapan analisis penamaan tipe kandungan air tanah dengan menggunakan Metode Klasifikasi Kurlov adalah sebagai berikut :

1. Data Dari hasil uji laboratorium diubah menjadi satuan parameter epj.
2. Antara Kation dan Anion dipisah kemudian diubah kedalam persen.
3. Pemberian nama tipe jenis kandungan air, berdasarkan kandungan dengan prosentase \geq 25%.

Tabel 2.11 Contoh Metode Klasifikasi Kurlov

Lokasi		Sampel M-A1		Sampel M-A2		Sampel M-A3	
Analisis Kimia		epm	%	epm	%	epm	%
Kation	Na ⁺ + K ⁺	0,802	14,501	0,966	15,168	0,419	6,035
	Mg ²⁺	0,731	13,219	0,381	5,987	1,233	17,742
	Ca ²⁺	4,001	71,870	5,024	78,844	5,299	76,221
Jumlah		5,536	99,591	6,373	99,999	5,952	99,999
Analisis Kimia		epm	%	epm	%	epm	%
Anion	Cl ⁻	0,569	9,893	0,639	11,76	0,273	4,462
	NO ₃ ⁻	0,049	0,640	0,060	1,367	0,080	1,315
	HCO ₃ ⁻	36,19	62,870	4,654	79,451	5,192	81,711
	SO ₄ ²⁻	1,519	26,396	0,437	7,415	0,582	9,510
Jumlah		5,757	99,999	5,896	99,999	6,129	99,999
SiO₂ (ppm)		20,212		31,843		29,056	
pH		7,30		7,40		7,30	
Kurlov		Ca ²⁺ , HCO ₃ ⁻ , SO ₄ ²⁻		Ca ²⁺ , HCO ₃ ⁻ ,		Ca ²⁺ , HCO ₃ ⁻ ,	
Tipe Air		Kalsium Bikarbonat, Sulfat		Kalsium Bikarbonat,		Kalsium Bikarbonat,	

Sumber: Suharyadi (1984:105)

2.6. Aquachem 2011.1

Aquachem 2011.1 adalah perangkat lunak dikembangkan oleh perusahaan Shlumberger Water Service yang ada di Negara Kanada. Software ini untuk membantu pembuatan diagram atau grafik dasar mengenai air tanah menurut data fisik dan kimia saja, selanjutnya untuk intepretasi data selanjutnya dapat dilakukan dengan teori yang ada. Secara khusus paket program ini untuk analisis secara grafis dan numerik pada permodelan data kualitas air tanah. Software ini sepenuhnya disesuaikan parameter fisik dan kimia dan menyediakan pilihan komprehensif alat analisis, kalkulasi dan grafik untuk menginterpretasikan data kualitas air tanah. Ada beberapa grafik dan diagram yang terdapat di program aquachem 2011.1. yaitu diagram pie, diagram trilinier piper, diagram stiff, dan diagram scater.

2.7. Pemetaan dengan Paket Program *Surfer 8*

Pemetaan digunakan untuk penggambaran penyebaran kualitas air tanah yang dapat digambarkan dengan peta maupun diagram balok. Kualitas air tanah dapat berupa kelas air ataupun yang lain dan setiap kelas air diberi sumbul atau warna sehingga akan lebih mudah tampak di dalam penyebaran kualitas air tanah maupun pada diagram balok.

Surfer 8 merupakan salah satu perangkat lunak produk Golden Software, Inc. *Surfer* merupakan salah satu perangkat lunak yang digunakan untuk membuat peta kontur dan perodelan tiga dimensi. Perangkat lunak *surfer* melakukan plotting data tabular X Y Z tidak beraturan menjadi lembar titik-titik dan horizontal yang dalam *Surfer* berbentuk segi empat yang menjadi dasar pembentuk kontur dan permukaan tiga dimensi. Pada titik perpotongan grid disimpan nilai Z berupa titik ketinggian atau kedalaman. *Grriding* merupakan proses pembentukan rangkaian nilai Z yang teratur dari sebuah data X Y Z. Hasil proses gridding ini adalah file grid yang tersimpan pada file.grd.

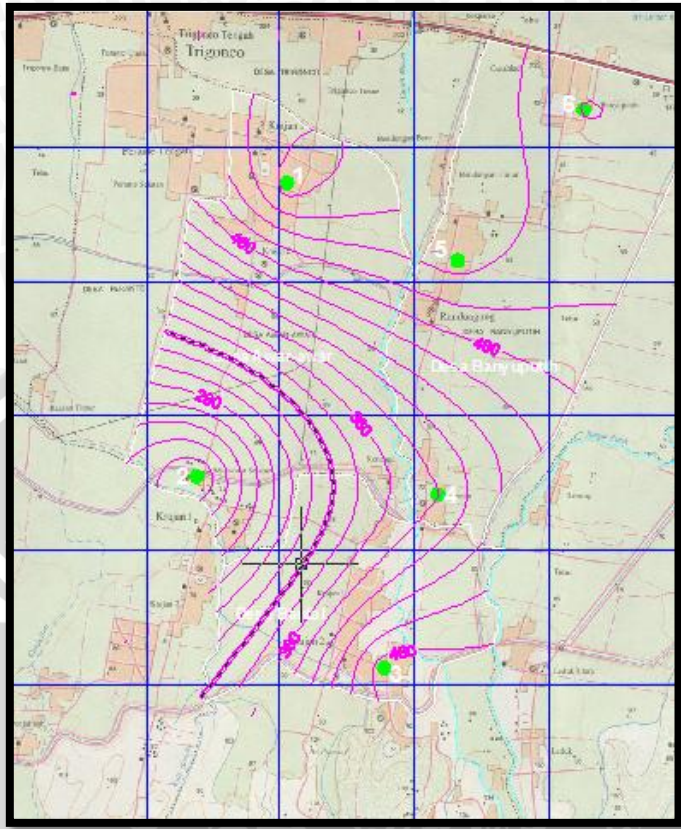
Metode gridding menghasilkan jarak teratur persegi panjang dari nilai Z dari data XYZ yang tersebar. Dimana data XYZ yang tidak ada diantaranya akan diinterpolasi keberadaannya sehingga menghasilkan data antara dari data XYZ yang sudah ada. Metode Gridding yang telah terbukti fleksibel dan dapat digunakan ke sebagian besar tipe data adalah Kringing. Ciri dari metode ini adalah menghasilkan visual peta yang lengkap dari antara data XYZ yang ada (Primasari,2013:17).

2.7.1. Garis Kontur

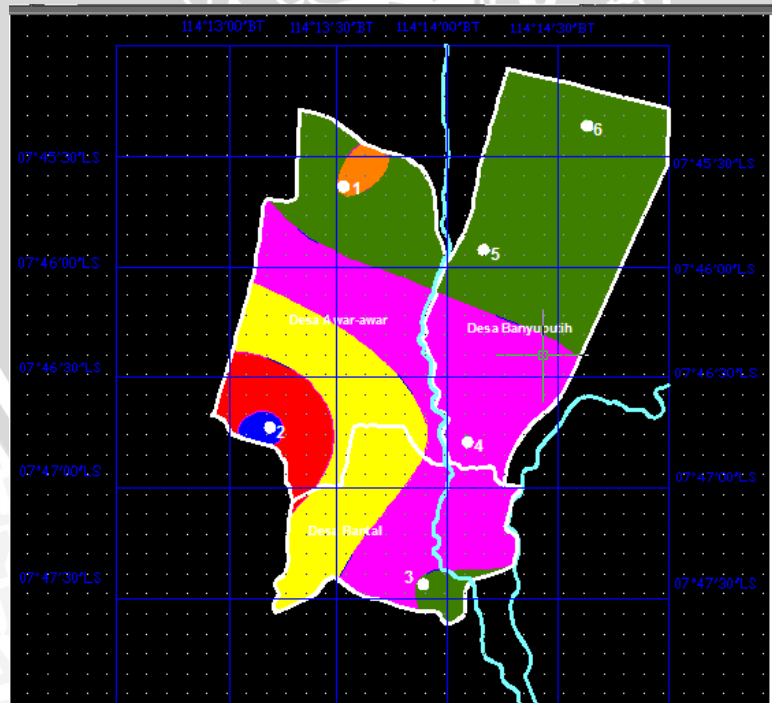
Garis kontur adalah garis untuk menggambarkan atau menunjukkan semua titik atau daerah yang mempunyai kandungan kimia air yang sama. Garis kontur kandungan kimia air digambarkan dengan interval kontur dimana jarak vertikal antara 2 titik atau garis ketinggian yang ditentukan berdasarkan skalanya.

Kontur kandungan kimia air pada peta dinyatakan garis bersambung berwarna tebal, dimana garis kelima terdapat indeks berupa angka yang menunjukkan besar kandungan kimia pada titik tersebut. Dan diantara garis kontur indeks terdapat kontur dengan garis tipis tanpa indeks sehingga pembacaan besar kandungan kimia air diantara garis indeks tetap dapat terbaca dengan mudah

Ciri dari garis kontur pada peta adalah satu garis kontur mewakili satu ketinggian yang sama dan Garis kontur tidak berpotongan dan tidak bercabang.



Gambar 2.17. Hasil Overlay Pemetaan
Sumber : Hasil Analisa

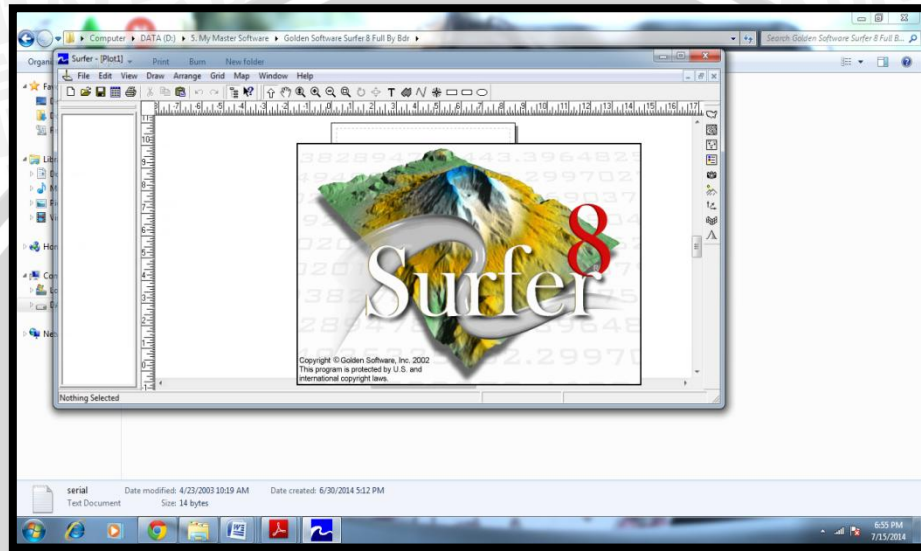


Gambar 2.18. Pemetaan Klasifikasi Kandungan Kimia
Sumber : Hasil Analisa

Dari contoh gambar diatas dapat dijelaskan klasifikasi besar kandungan kimia yang terdapat di daerah penelitian. Sebagai contoh klasifikasi warna merah merupakan kandungan yang mempunyai besar kurang dari 17,8 mg/l. Sedangkan klasifikasi warna hijau mempunyai rentang besaar kandungan 17,8 mg/l – 18,8 mg/l.

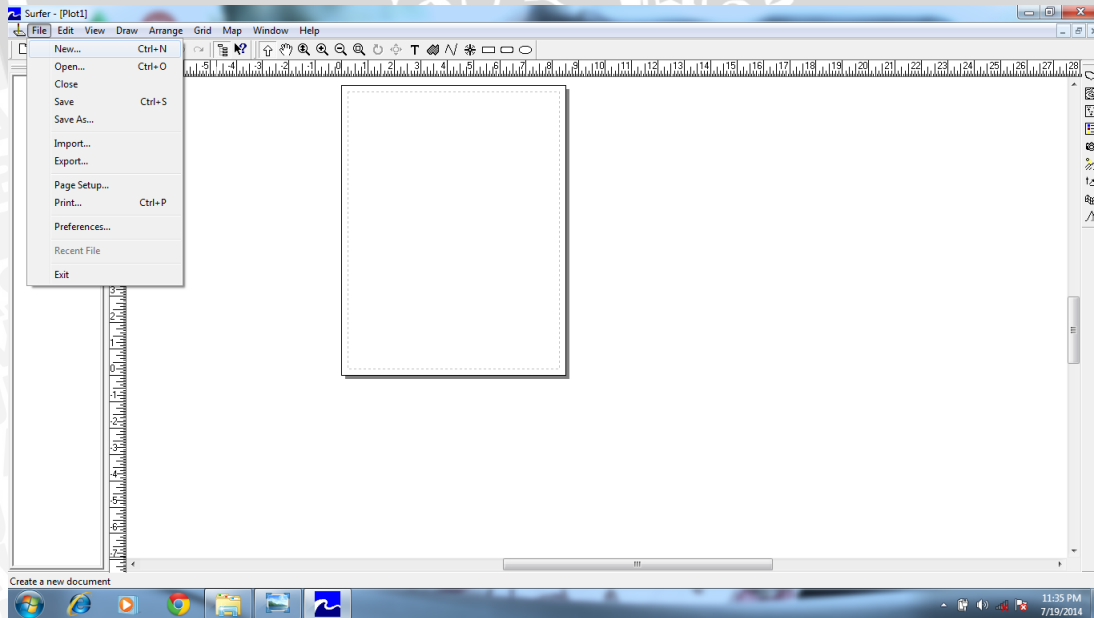
2.7.2. Tahapan pemetaan kandungan kimia air tanah dengan paket program Surfer 8.

1. Membuka paket program *Surfer 8*, seperti gambar dibawah ini



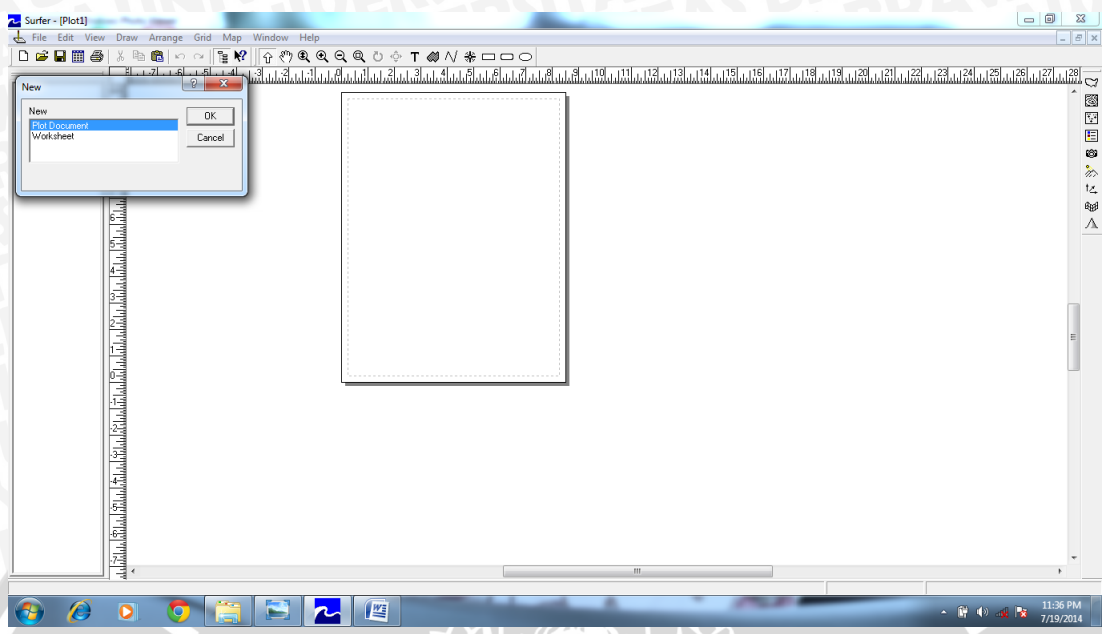
Gambar 2.19. Tampilan Awal Program *Surfer 8*

2. Membuka lembar untuk menginput data. Klik File – new, seperti gambar dibawah ini.



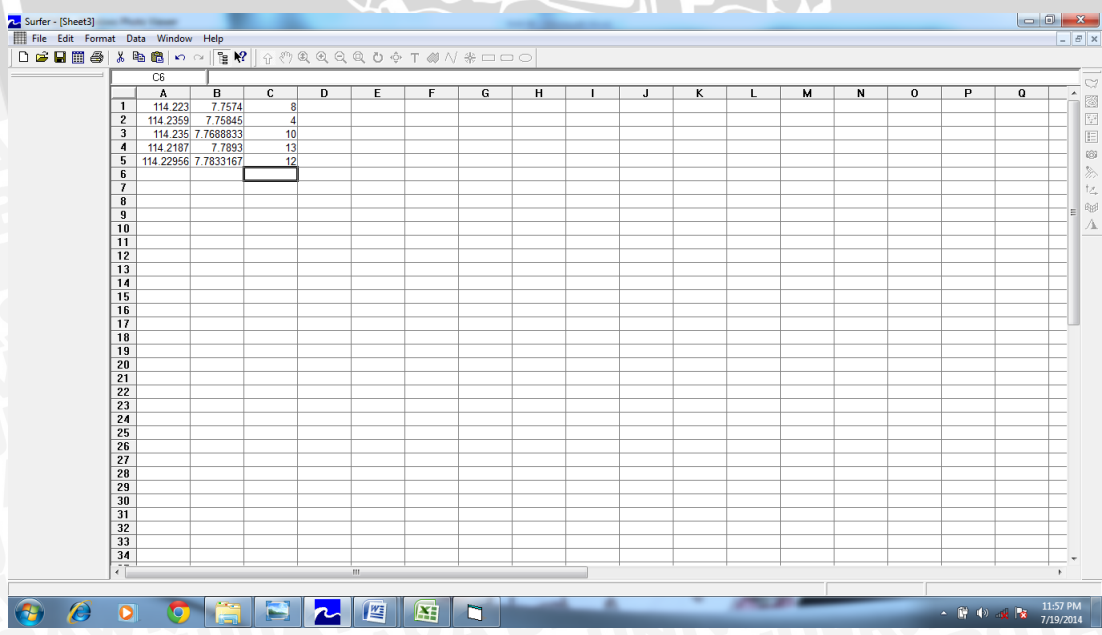
Gambar 2.20. Langkah Membuka Lembar Input Data

3. Kemudian klik *Plot Document* dan pilih *ok*.



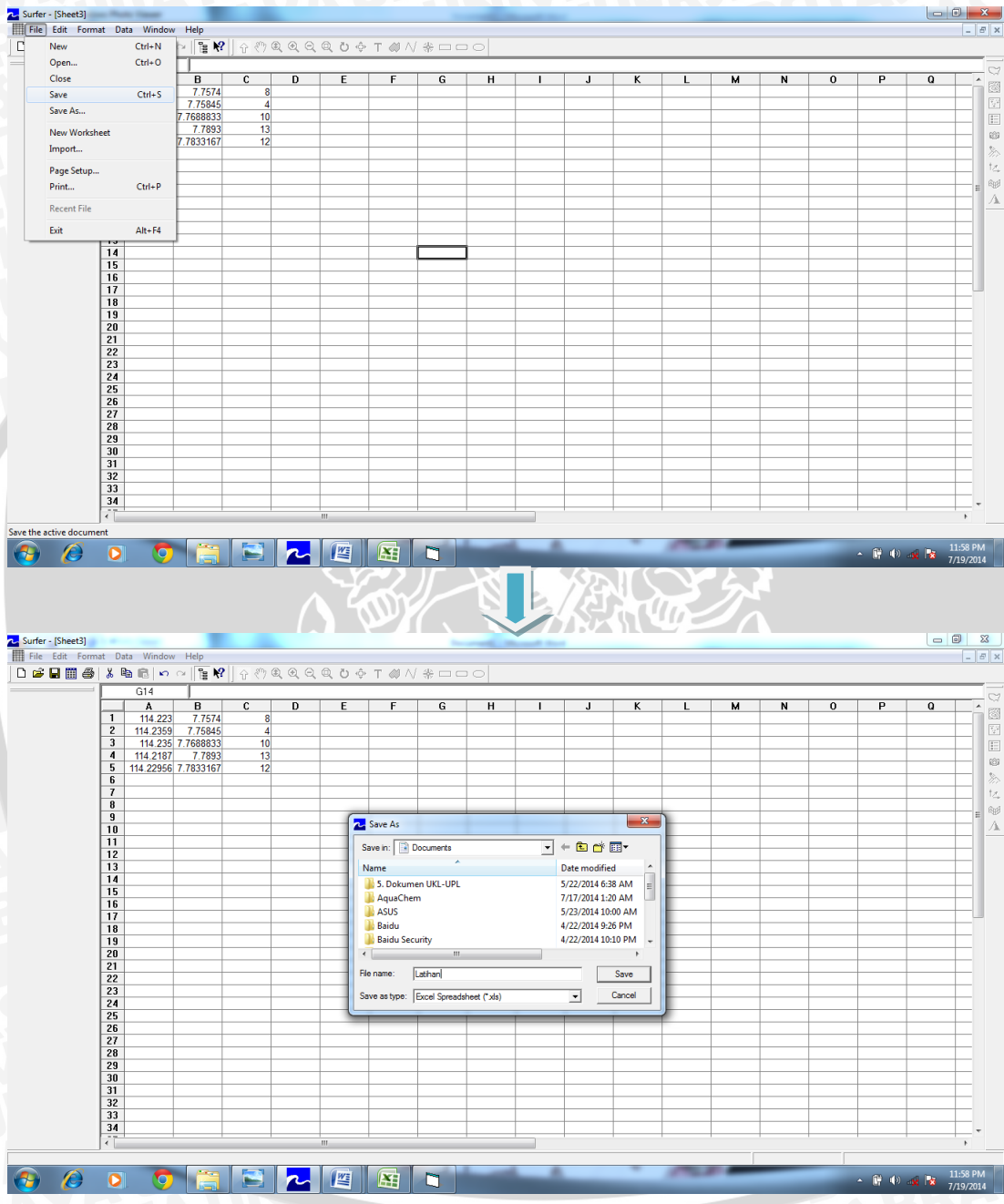
Gambar 2.21. Langkah Membuka Lembar Input Data

4. Inputkan data koordinat XYZ kedalam lembar kerja. Dimana di Kolom A merupakan data koordinat bujur timur (X), kolom B merupakan koordinat lintang selatan (Y), sedangkan Z merupakan data kandungan unsur kimia hasil uji laboratorium. Dapat dilihat seperti gambar dibawah ini.



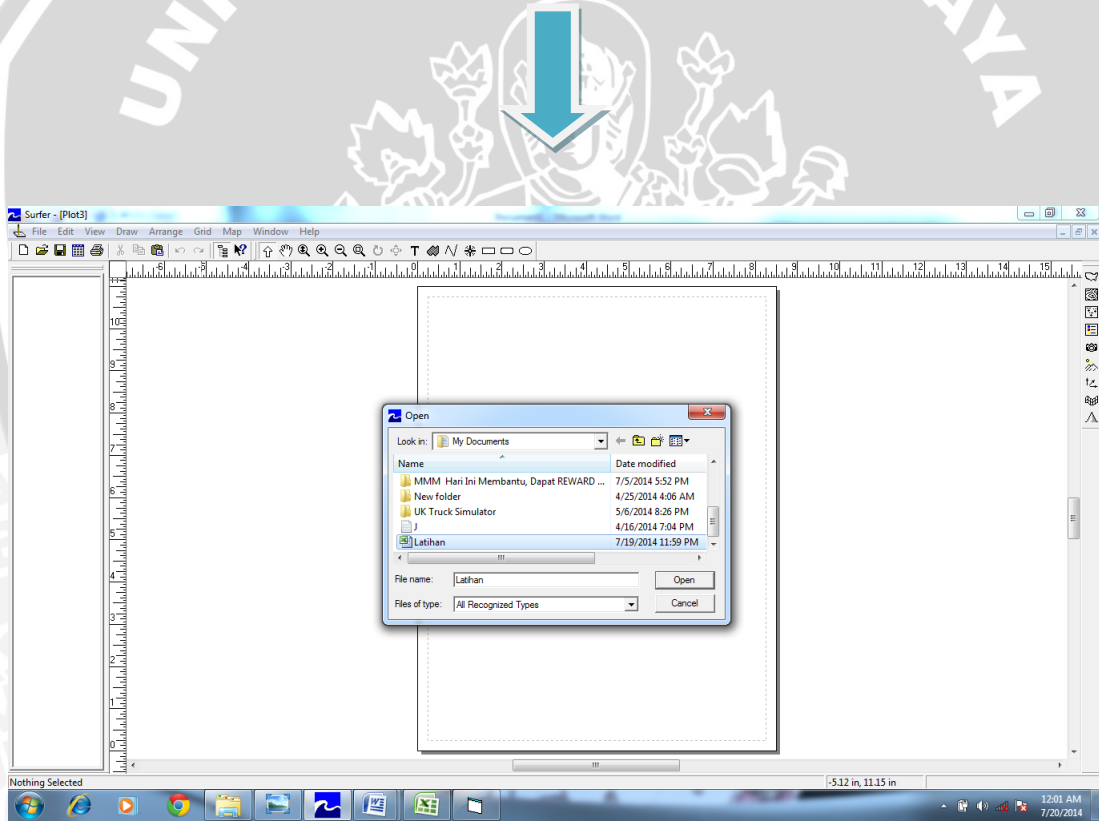
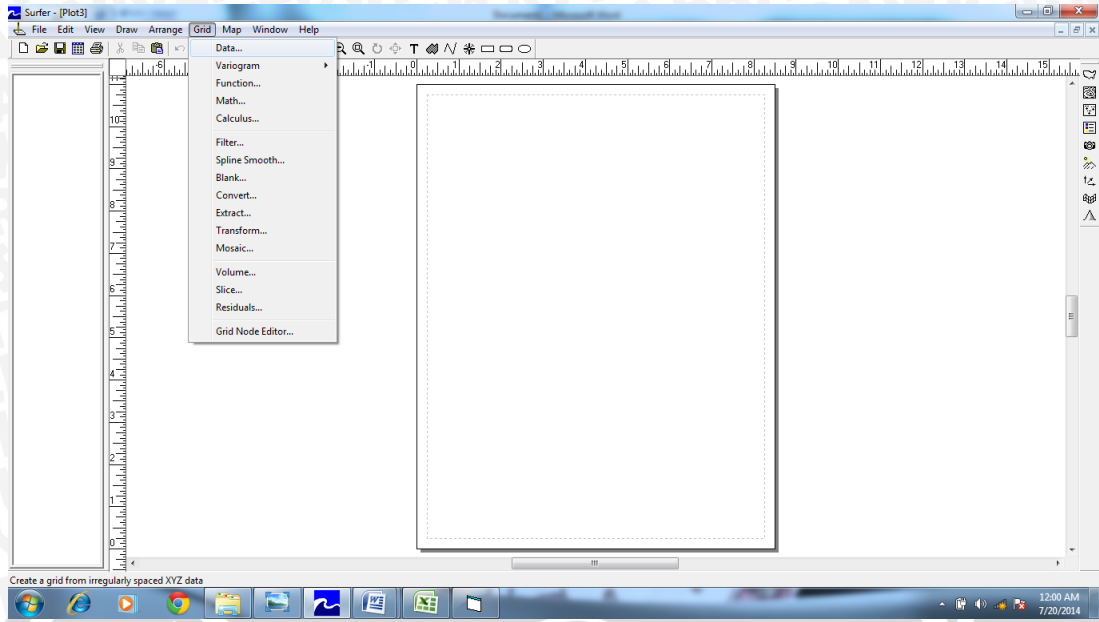
Gambar 2.22. Memasukan Data XYZ

- Setelah data diinput, selanjutnya save data input tersebut kedalam folder yang kita tentukan. Dengan klik File - beri nama pada *File Name* - Save - Ok. Lankah dapat dilihat seperti pada gambar dibawah ini.



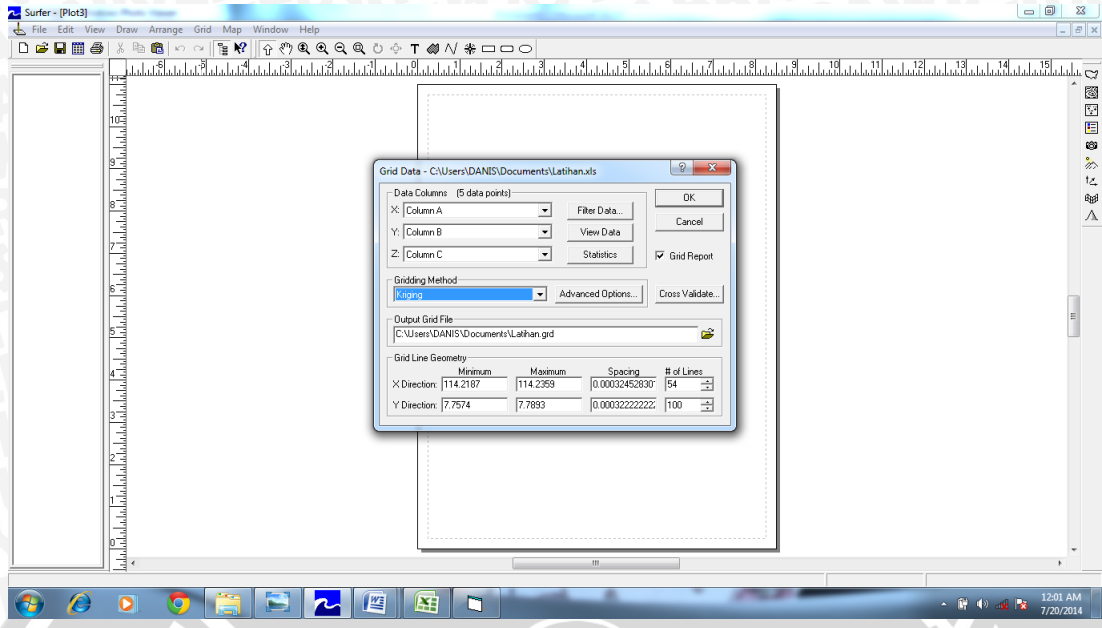
Gambar 2.23. Save Data *Gridding*

- Setelah selesai di save, *minimize* lembar data. Kemudian menampilkan hasil grid dari data yang telah diinput tadi. Yaitu klik Grid – Data – Enter, kemudian pilih file yang telah disimpan tadi. Langkah seperti gambar dibawah ini.



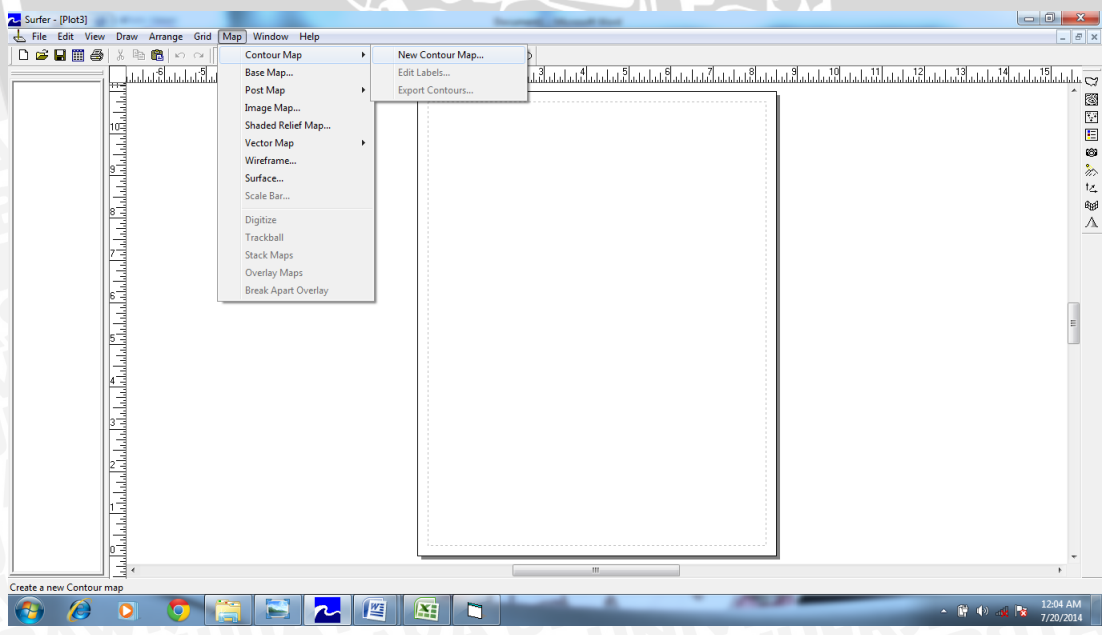
Gambar 2.24. Langkah Membuka Data *Gridding*

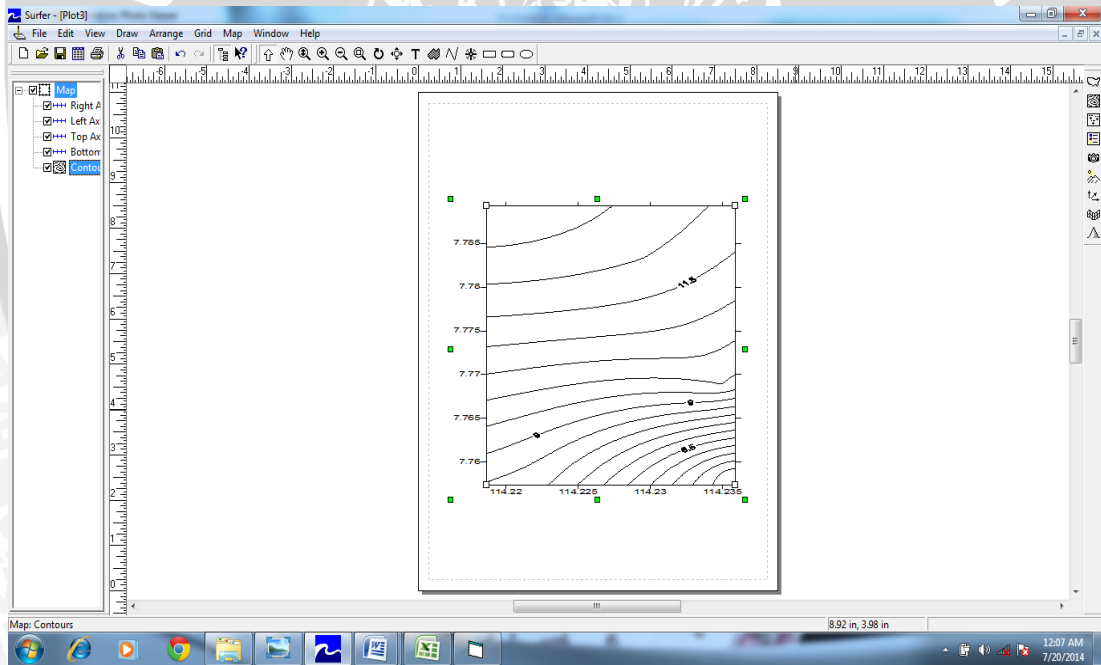
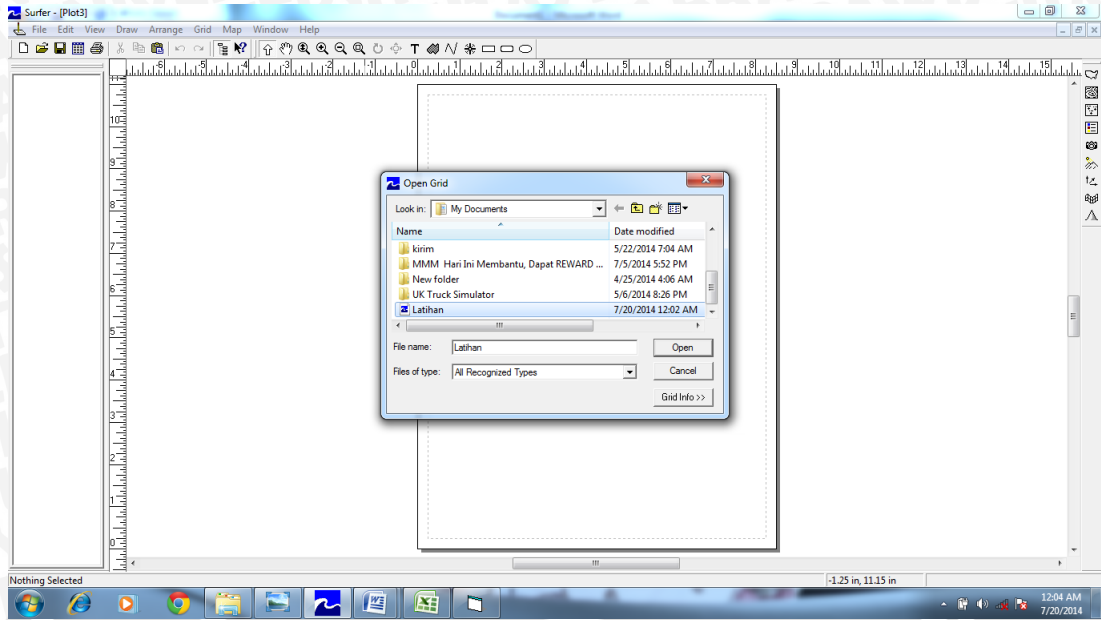
- Setelah itu akan muncul tampilan seperti gambar dibawah ini. Kemudian pilih *Gridding method* yaitu *Kringing* kemudian klik Ok.

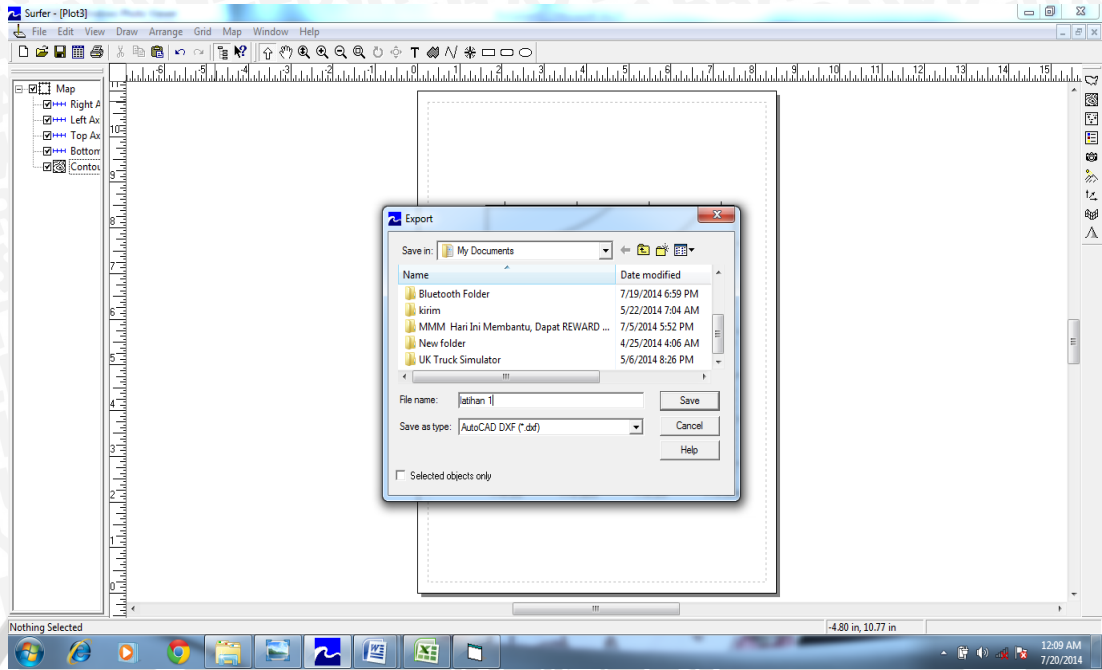


Gambar 2.25. Penentuan Metode *Gridding*

8. Untuk menampilkan hasil garis kontur, dengan pilih menu map - Countur Map - New Countur Map - Buka hasil Gridding sebelumnya – Ok. Setelah muncul hasil garis kontur, Export hasil kontur tersebut ke format DXF agar dapat dibuka di Autocad dan dioverlaykan dengan peta RBI. Langkah Seperti Gambar Dibawah ini.

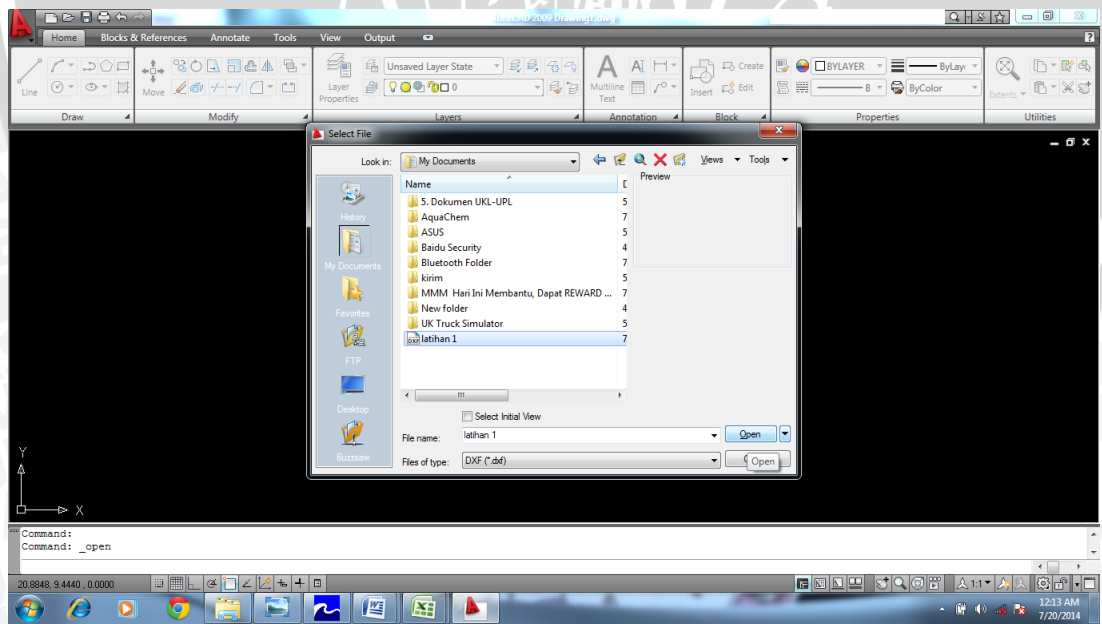


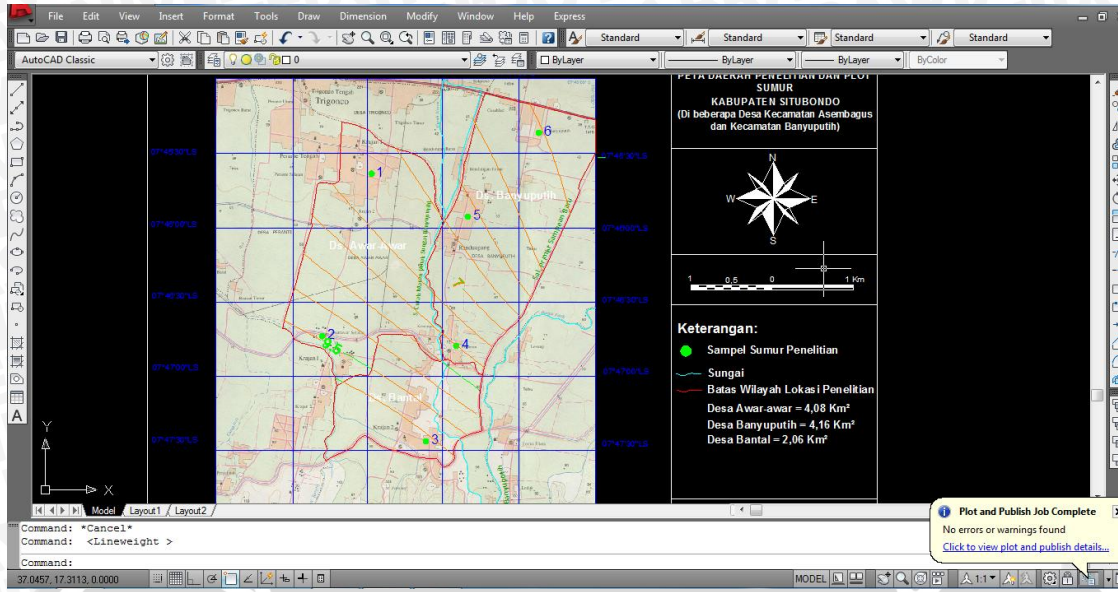




Gambar 2.26. Membuka Hasil Garis Kontur dan Export ke DXF

- 9. Setelah di export kedalam DXF, Buka hasil kontur DXF tadi kedalam Autocad, kemudian overlaykan hasil kontur dengan peta RBI yang sudah diratifikasi dengan *paste Koordinat*.





Gambar 2.27. Hasil Paste Kontur di Autocad

