

FAKTOR PENYEBAB INTRUSI AIR LAUT TERHADAP AIR TANAH PADA AKUIFER DALAM DI KOTA SEMARANG

Edy Suhartono¹⁾; Purwanto²⁾; Suripin³⁾

¹⁾ Staf Pengajar Polines, Mahasiswa Program Doktor Ilmu Lingkungan Program Pascasarjana Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia;

²⁾ Staf Pengajar Program Doktor Ilmu Lingkungan Program Pascasarjana Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia;

³⁾ Staf Pengajar Program Doktor Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia
email : edymaryamah@gmail.com

Abstract

Semarang is a beach city that is potential for sea water intrusion process happened. Correlation to the sustainable development programs in our country especially environment-conservations aspect, it is important to be known, and need to be monitored and controlled. Contamination in land water is a serious probleme, because it makes water quality decrease. Sea water intrusion is one of contaminant resources to the land water that cause hight concentration of salt. It is identified by concentration level of chloride (Cl) that come from sea water by mass transportation process of chloride (Cl) to the land water, and so the volume of land water that is fullfill in quality standard limited. Focus of the research is identifying distributions of factor that cause sea water intrusions happened to the land water in inner aquifer in Semarang area. Method of research, by determining of monitoring wells of ESDM service as sample points, continued to measuring concentrations of chloride (Cl) continuously and identifies factor causes the intrusions. To describe the distributions is used the ArcGIS application programs, and to know correlations of chloride's concentrations to time changes is used correlations statistics test. The result of research showed that sea water intrusions which are identified the chloride (Cl) concentrations and exceeded the quality standard (PERMENKES No. 492/MENKES/PER/IV/2010), in 1992 only one of them, that is monitory wells on STM Perkapalan, north of Semarang. And in 2013, the intrusions happened in 6 (six) areas, those are monitory wells on STM Perkapalan, PRPP, Pelabuhan Tanjung Mas, Simpang Lima, PT Panca Jaya and LIK Kaligawe located in areas of : Kecamatan west of Semarang, nort of Semarang, middle of Semarang and Gayamsari. Factors which cause sea water intrusions are : the increase of populations effects the water reserve decreases to be about $125,7 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, Land water head changes that caused by descending (sinking) of land , changings of land water surface level from sea level make the distributions of intrusion go to short -east direction, and there is correlation between Chloride's concentrations level changes to the times changes by the constant of correlations about $R = 0,704$ to $R = 0,997$.

Kata kunci : sea water intrusions, chloride (Cl), land water

PENDAHULUAN

Peningkatan jumlah penduduk dan kegiatannya di wilayah pesisir Kota Semarang, baik pemukiman, pertanian, dan industri pada dua dasa warsa terakhir ini, diindikasikan telah menyebabkan menurunnya kuantitas dan kualitas air tanah. Hal ini terjadi, karena dalam memenuhi kebutuhan air, sebagian penduduk di wilayah pesisir Kota Semarang memanfaatkan air tanah. PDAM Kota Semarang menurut Sihwanto dan Sukrisno (2002) baru mampu memasok 46,9% air bersih untuk memenuhi kebutuhan penduduk, sehingga penduduk memanfaatkan air tanah dari sumur bor. Sumur bor pertama di kota Semarang menurut Putranto, T.T. dan Rde, T.R.(2011), dibuat pada tahun 1841, kemudian pada Tahun 1900 terdapat 16 buah sumur bor, pada Tahun 1990 menjadi 260 buah dan Tahun 2003 meningkat menjadi 1.194 buah sumur bor, sehingga selama lebih kurang 13 tahun telah terjadi peningkatan pemanfaatan air tanah dari sumur bor sebanyak 459%.

Kenaikan permukaan air laut, penurunan permukaan tanah dan pengambilan air tanah yang dilakukan secara terus-menerus (Abdullah, dkk, 2010) menyebabkan majunya air laut kearah darat utamanya terjadi pada akuifer dalam akan bercampur dengan air tanah dan menyebabkan penurunan kualitas air tanah tersebut. Pengambilan air tanah yang berlebihan menyebabkan banyaknya ruang kosong di dalam akuifer dan mengakibatkan tinggi muka air tanah lebih rendah dari

pada permukaan air laut, perbedaan tinggi permukaan air tanah dengan permukaan air laut ini menyebabkan air laut yang mengandung unsur garam seperti klorida (Cl) merembes ke dalam air tanah sehingga menimbulkan pencemaran air tanah. Pencemaran air tanah (SNI 19-6728.1-2002) adalah masuknya unsur satuan, komponen fisika, kimia atau biologi ke dalam air bawah tanah dan/atau berubahnya tatanan air bawah tanah oleh kegiatan manusia atau oleh proses alami yang mengakibatkan mutu air bawah tanah turun sampai ke tingkat tertentu sehingga tidak lagi sesuai dengan peruntukannya.

Evaluasi atas permasalahan terjadinya intrusi air laut di wilayah pesisir kota Semarang sangat penting dilakukan dalam upaya pengelolaan sumberdaya air tanah, hal ini agar kuantitas dan kualitas pasokan air tanah dalam jangka panjang tetap terpenuhi. Kondisi intrusi air laut di wilayah pesisir kota Semarang dari waktu ke waktu perlu digambarkan, guna mengetahui trend dari proses intrusi air laut terhadap air tanah khususnya pada sumur bor. Informasi seperti ini diperlukan, karena bertambahnya penduduk dan kegiatannya pada masa yang akan datang semakin meningkat, sehingga pemanfaatan air tanah pada sumur bor juga semakin meningkat.

METODE PENELITIAN

a.Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di wilayah pesisir Kota Semarang meliputi

Kecamatan Semarang Utara, Kecamatan Semarang Tengah, Kecamatan Semarang Barat, dan Kecamatan Gayamsari. Waktu penelitian selama 2 (dua) tahun di lapangan. Penelitian tahun pertama difokuskan pada upaya pencarian referensi berupa artikel jurnal, buku dan hasil penelitian terdahulu yang berkaitan dengan masalah intrusi air laut terhadap air tanah di wilayah pesisir Kota Semarang. Kemudian melakukan pendalaman tentang instrumen yang akan digunakan antara lain yaitu program SPSS untuk melakukan perhitungan statistik tentang uji korelasi dan program ArcGIS untuk mengilustrasikan kandungan konsentrasi Klorida (Cl) pada air tanah, yang mengindikasikan terjadinya intrusi air laut pada air tanah. Pada tahun kedua, difokuskan pada penelitian lapangan dari mulai memilih lokasi penelitian, berupa sumur pantau untuk sumur bor dan melakukan pengambilan langsung, pengukuran, dan pencatatan sampel air tanah dari sumur bor tersebut.

Parameter kualitas air tanah untuk mengindikasikan telah terjadi intrusi air laut terhadap air tanah adalah tingkat konsentrasi Klorida (Cl), dimana parameter tersebut merupakan salah satu unsur kimia yang berasal dari air laut yang terkandung dalam senyawa garam. Dari referensi, ditemukan bahwa terdapat data yang mengikuti runtut waktu mulai tahun 1992 sampai dengan tahun 2008, tentang uji tingkat konsentrasi Klorida pada beberapa sumur pantau khususnya sumur bor yang dikelola

oleh Dinas Energi dan Sumberdaya Mineral Provinsi Jawa Tengah (Dinas ESDM).

b. Desain Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif yang menggunakan metode survey dan disajikan dalam bentuk deskripsi analitik. Metode survey ditujukan untuk menggali informasi dari lapangan tentang terjadinya intrusi air laut terhadap air tanah di wilayah pesisir Kota Semarang. Dari survey lapangan digali informasi mengenai ketersediaan data tentang tingkat konsentrasi Klorida (Cl) pada sumur bor, dimana data tersebut merupakan hasil penelitian dari beberapa peneliti terdahulu tentang konservasi air tanah di Kota Semarang yang tersajikan secara runtut waktu.

Dari hasil penelitian terdahulu ini, kemudian dilakukan penelitian lapangan pada Tahun 2013, pengukuran kualitas sampel air tanah ini mengacu pada PERMENKES No. 492/MENKES/PER/IV/2010 tentang standar air minum, selanjutnya dianalisis menggunakan program surfer untuk simulasi trend intrusi air laut di wilayah pesisir Kota Semarang. Langkah berikutnya adalah menggunakan diagram pencar untuk melihat apakah terdapat kecenderungan perubahan tingkat konsentrasi Klorida (Cl) terhadap perubahan waktu (t).

c. Populasi dan Sampel

Populasi dari penelitian ini adalah Sumur bor di wilayah pesisir Kota Semarang, sedangkan sampel dari penelitian ini adalah Sumur pantau

yang berlokasi di STM Perkapalan, PRPP, Pelabuhan Tanjung Mas, Kimia Farma, LIK Kaligawe, Simpang Lima, Sandratex dan PT Panca Jaya.

d. Variabel Penelitian

Variabel dependen adalah tingkat konsentrasi Klorida (Cl) dalam satuan mg/L, dan variabel independen adalah Waktu dalam satuan tahun.

e. Pengolahan Data

Data merupakan tingkat konsentrasi Klorida (Cl) dalam satuan mg/L yang diperoleh dari hasil pengukuran sampel air tanah yang diambil dari survey lapangan di beberapa sumur bor yang terpilih sebagai sampel. Sampel air tersebut diujikan di Laboratorium air tanah Dinas ESDM Provinsi Jawa Tengah pada bulan Februari 2013. Hubungan antara parameter Klorida (Cl) dengan lokasi sumur bor dan waktu penelitian disimulasikan menggunakan program ArcGIS guna mengilustrasikan kecenderungan intrusi air laut di wilayah pesisir Kota Semarang. Selanjutnya hubungan tingkat konsentrasi Klorida terhadap waktu disimulasikan menggunakan program SPSS 21 guna mengetahui apakah terdapat korelasi antara kedua variabel tersebut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Kondisi Hidrogeologi

1. Penyebaran Jenis Tanah

Struktur geologi pada dataran rendah di wilayah Kota Semarang (Dinas ESDM Provinsi Jawa Tengah, 2003) terdiri dari endapan aluvial sungai, endapan fasies dataran delta dan endapan fasies pasang-surut. Endapan tersebut terdiri dari selang-seling antara

lapisan pasir, pasir lanauan dan lempung lunak, dengan sisipan lensa-lensa kerikil dan pasir vulkanik. Wilayah dataran rendah Kota Semarang memiliki jenis tanah berupa struktur pelapukan, endapan, dan lanau yang dalam. Jenis Tanah di Kota Semarang meliputi kelompok mediteran coklat tua, latosol coklat tua kemerahan, asosiasi alluvial kelabu, Alluvial Hidromorf, Grumosol Kelabu Tua, Latosol Coklat dan Komplek Regosol Kelabu Tua. Kurang lebih sebesar 30 % wilayah Kota Semarang memiliki jenis tanah mediteran coklat tua, 26 % memiliki jenis tanah latosol coklat tua, 22 % memiliki geologi jenis tanah asosiasi kelabu dan aluvial coklat kelabu, dan 22% sisanya merupakan jenis tanah alluvial hidromorf dan grumosol kelabu tua.

2. Potensi Air Tanah

Kondisi air tanah dibedakan menjadi *Air Tanah Bebas* dan *Air Tanah Tertekan*. *Air Tanah Tertekan* merupakan air yang terkandung di dalam suatu lapisan pembawa air yang berada diantara 2 lapisan batuan kedap air sehingga memiliki debit tetap dan kualitas yang pada umumnya memenuhi syarat sebagai air bersih. Debit air ini sedikit sekali dipengaruhi oleh musim dan keadaan di sekelilingnya. Akuifer pada wilayah pesisir Kota Semarang umumnya berupa endapan alluvial dan Delta Garang yang memiliki kedalaman antara 60 meter sampai dengan 90 meter, terutama di wilayah Kecamatan Semarang Barat dan lebih dari 90 meter di wilayah

Kecamatan Semarang Timur dan Kecamatan Semarang Utara. Kelompok akuifer Delta Garang ini merupakan kelompok akuifer utama, karena merupakan sumber air tanah yang potensial dan bersifat tawar. Selanjutnya untuk wilayah Semarang yang berbatasan dengan kaki perbukitan, akuifernya terletak pada endapan pasir dan konglomerat formasi damar pada kedalaman antara 50 - 90 meter.

b. Kondisi Intrusi air laut di wilayah pesisir Kota Semarang

Kondisi air tanah yang telah terintrusi oleh air laut diidentifikasi dari besarnya nilai konsentrasi khlorida pada air tanah yang telah diukur di laboratorium Air Tanah Dinas ESDM Provinsi Jawa Tengah. Pada PERMENKES No. 492/MENKES/PER/IV/2010 telah ditegaskan bahwa untuk sampel air tanah yang memiliki nilai konsentrasi klorida (Cl) kurang dari 250 mg/L, dinyatakan berkualitas baik dan layak digunakan untuk air minum, selanjutnya untuk sampel air tanah yang memiliki nilai konsentrasi klorida (Cl) lebih dari atau sama dengan 250 mg/L, maka

dinyatakan bahwa air tanah tersebut berkualitas buruk dan tidak layak untuk digunakan sebagai air minum, air tersebut memiliki tingkat salinitas yang tinggi akibat dari proses intrusi air laut yang memiliki nilai konsentrasi klorida (Cl) lebih dari 1000 mg/L kedalam air tanah tersebut dan dikatakan air tanah telah tercemar.

Pengukuran nilai konsentrasi klorida (Cl) pada air tanah telah dilakukan para peneliti terdahulu antara lain oleh Mulyana, Wahid, Sihwanto dan Hadi yang dimulai dari Tahun 1992 sampai dengan Tahun 2008, menggunakan beberapa sampel air tanah yang berasal dari Sumur Pantau yang dikelola oleh Dinas ESDM Provinsi Jawa Tengah tersebut.

1. Sebaran Tingkat Konsentrasi Khlorida(Cl)

Tingkat konsentrasi klorida (Cl) yang terkandung di dalam air tanah pada sumur pantau terhadap letak sumur dari Garis Pantai dari tahun 1992 sampai dengan tahun 2013, berdasarkan data sekunder disajikan oleh Tabel 1 berikut :

Tabel 1. Tingkat Konsentrasi Cl Pada Air Tanah Sumur Pantau Kota Semarang

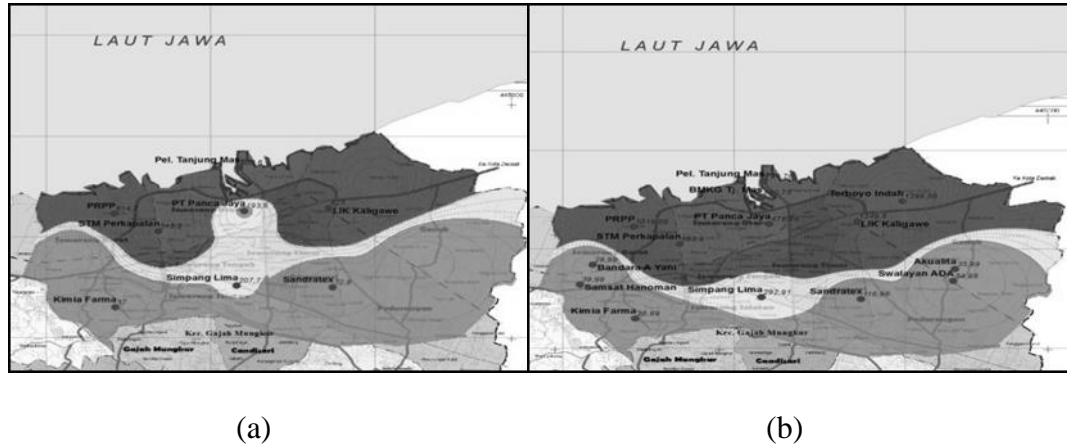
Sumur Pantau	Nilai Cl (mg/L)						
	1992*	1994*	1996*	1998***	2000***	2008***	2013****
STM Perkapalan	614,2	912,5	760,5	903,0	898,2	1.200,6	2.020,0
PRPP	215,2	524,9	663,6	774,7	885,9	924,4	963,0
Pel.Tanjung Mas	100,6	101,4	163,9	112,6	540,1	650,3	794,8
Kimia Farma	17,0	27,9	27,2	23,8	17,0	22,4	27,0

LIK Kaligawe	125,0	210,9	249,8	435,3	246,7	375,1	1.349,6
Simpang Lima	207,7	215,2	210,6	253,2	246,2	252,4	293,0
Sandratex	172,8	153,8	164,1	152,3	137,5	164,1	217,0
PT Panca Jaya	193,6	201,1	321,3	375,2	431,8	367,2	478,9

Sumber : Hasil Penelitian: Mulyana; Wahid; Sihwanto; Hadi; Edy Suhartono

2. Peta Sebaran Nilai Klorida (Cl)

Sebaran dari konsentrasi khlorida tersebut diilustrasikan oleh Gambar 1.



Gambar 1. Tingkat Konsentrasi Klorida (Cl) pada (a). Tahun 1992; (b). Tahun 2013

Pada Gambar 1(a), diilustrasikan pada Tahun 1992, air tanah di sumur pantau pada akuifer rendah yaitu STM Perkapalan, PRPP, Pel. Tanjung Mas dan PT. Panca Jaya. STM Perkapalan berjarak 2.082,6 meter dari garis pantai memiliki tingkat konsentrasi klorida (Cl) sebesar 614,2 mg/L dan telah melebihi baku mutu yang disyaratkan maksimal sebesar 250 mg/L (PERMENKES No. 492/MENKES/PER/IV/2010), hal ini selain disebabkan oleh Potensi Air Tanah Rendah pada Akuifer Dangkal dan pada Non Akuifer dibawahnya, juga disebabkan oleh tingkat kepadatan dan kegiatan penduduk yang tinggi di wilayah tersebut. Pada Tahun 1992, lokasi Sumur Pantau STM Perkapalan terdapat di Kelurahan Panggung,

termasuk Kecamatan Semarang Barat dengan kepadatan penduduk mencapai 14.054 Jiwa/km².

Berbeda dengan Sumur Pantau lainnya, walaupun terletak pada wilayah dengan akuifer yang rendah seperti PRPP yang terletak di Kelurahan Tawang Sari, Kecamatan Semarang Barat memiliki tingkat kepadatan penduduk sebesar 1.515 Jiwa/km² berjarak 1.194,1 meter dari garis pantai memiliki tingkat konsentrasi klorida (Cl) sebesar 215,2 mg/L dan masih dibawah baku mutu, hal ini terjadi karena pada Tahun 1992, kegiatan dan kepadatan penduduk di wilayah sumur pantau ini masih rendah. Pel. Tanjung Mas berjarak 458,9 meter dari garis pantai (di halaman Masjid Pelabuhan) memiliki tingkat konsentrasi

khlorida (Cl) sebesar 100,6 mg/L dan masih dibawah baku mutu, hal ini terjadi karena pada tahun ini, wilayah pelabuhan masih banyak lahan kosong dan kegiatan penduduk masih rendah. PT. Panca Jaya berjarak 739,7 meter dari garis pantai memiliki tingkat konsentrasi klorida (Cl) sebesar 193,6 mg/L dan masih dibawah baku mutu, hal ini terjadi karena pada tahun ini, kegiatan di PT Panca Jaya masih rendah dan lahan sekitar PT Panca Jaya masih banyak yang belum dimanfaatkan.

Kemudian air tanah di sumur pantau pada akuifer rendah yaitu LIK Kaligawe berjarak 2.737,2 meter dari garis pantai memiliki tingkat konsentrasi klorida (Cl) sebesar 125,0 mg/L dan masih dibawah baku mutu, hal ini terjadi karena pada tahun ini, kegiatan di LIK Kaligawe masih rendah dan lahan sekitar LIK Kaligawe masih banyak yang belum dimanfaatkan. Selanjutnya air tanah di sumur pantau pada akuifer tinggi yaitu Kimia Farma, Simpang Lima dan Sandratex. Kimia Farma berjarak 5.686,4 meter dari garis pantai memiliki tingkat konsentrasi klorida (Cl) sebesar 17,0 mg/L dan masih dibawah baku mutu, hal ini selain karena berada di kawasan akuifer yang baik, juga karena jaraknya sangat jauh dari garis pantai. Simpang Lima berjarak 3.853 meter dari garis pantai memiliki tingkat konsentrasi klorida (Cl) sebesar 207,7 mg/L dan masih dibawah baku mutu, hal ini selain karena berada di kawasan akuifer yang baik dan jarak yang cukup jauh, juga karena kegiatan dan kepadatan penduduk di sekitar kawasan masih rendah. Sandratex berjarak 5.981,2 meter dari garis pantai memiliki

tingkat konsentrasi klorida (Cl) sebesar 172,8 mg/L dan masih dibawah baku mutu, hal ini selain karena berada di kawasan akuifer yang baik dan jarak yang sangat jauh, juga karena kegiatan dan kepadatan penduduk di sekitar kawasan masih rendah. Dari tren sebaran tersebut dapat diidentifikasi bahwa pada Tahun 1992, intrusi air laut mulai terjadi di sekitar wilayah Kelurahan Panggung Kidul, Kecamatan Semarang Utara dengan tren sebaran konsentrasi klorida (Cl) tinggi cenderung dari Barat Laut ke arah Tenggara.

Pada Gambar 1(b), diilustrasikan pada Tahun 2013, air tanah di sumur pantau STM Perkapalan, PRPP, Pel. Tanjung Mas dan PT. Panca Jaya. STM Perkapalan memiliki tingkat konsentrasi klorida (Cl) sebesar 2.020,0 mg/L dan telah melebihi baku mutu (PERMENKES No. 492/MENKES/PER/IV/2010), hal ini selain disebabkan oleh Potensi Air Tanah Rendah pada Akuifer Dangkal dan pada Non Akuifer dibawahnya, juga disebabkan oleh tingkat kepadatan dan kegiatan penduduk yang tinggi di wilayah tersebut. PRPP memiliki tingkat konsentrasi klorida (Cl) sebesar 963,0 mg/L dan telah melebihi baku mutu, hal ini terjadi karena pada Tahun 2008, kegiatan dan kepadatan penduduk di wilayah sumur pantau ini telah meningkat. Pel. Tanjung Mas memiliki tingkat konsentrasi klorida (Cl) sebesar 794,8 mg/L dan telah melebihi baku mutu, hal ini terjadi karena pada tahun ini, wilayah pelabuhan masih banyak lahan telah dimanfaatkan dan kegiatan dan kepadatan penduduk meningkat. PT. Panca Jaya memiliki tingkat konsentrasi

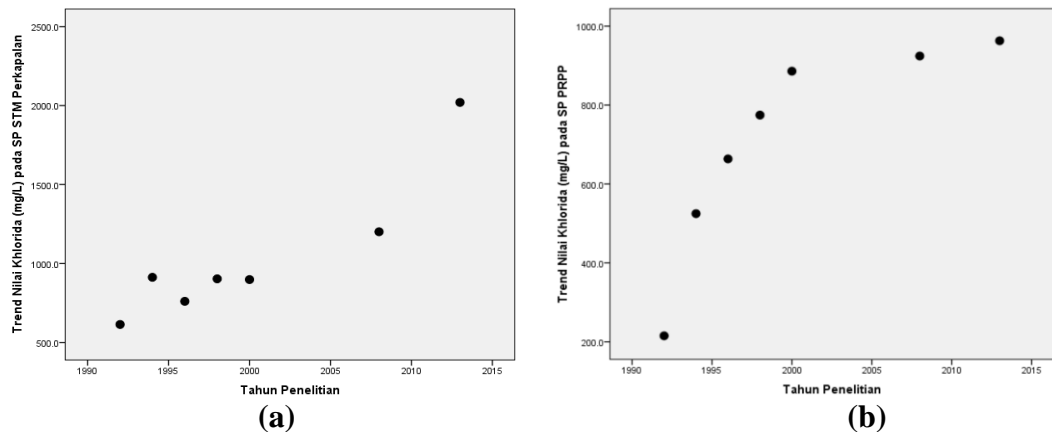
klorida (Cl) sebesar 478,9 mg/L dan telah melebihi baku mutu, hal ini terjadi karena pada tahun ini, kegiatan di PT Panca Jaya meningkat dan lahan sekitar PT Panca Jaya telah dimanfaatkan. Kemudian air tanah di sumur pantau LIK Kaligawe memiliki tingkat konsentrasi klorida (Cl) sebesar 1.349,6 mg/L, hal ini terjadi karena pada tahun ini, kegiatan di LIK Kaligawe telah meningkat dan lahan sekitar LIK Kaligawe telah dimanfaatkan. Selanjutnya air tanah di sumur pantau Kimia Farma, Simpang Lima dan Sandratex.

Kimia Farma memiliki tingkat konsentrasi klorida (Cl) sebesar 27,0 mg/L dan masih dibawah baku mutu, hal ini selain karena berada di kawasan akuifer yang baik, juga karena jaraknya sangat jauh dari garis pantai. Simpang Lima memiliki tingkat konsentrasi klorida (Cl) sebesar 293,0 mg/L, hal ini karena kegiatan dan kepadatan penduduk di sekitar kawasan mulai meningkat. Sandratex memiliki tingkat konsentrasi klorida (Cl) sebesar 217,0 mg/L dan masih dibawah baku mutu, hal ini selain karena berada di kawasan akuifer yang baik dan jarak yang sangat jauh, juga karena kegiatan dan kepadatan penduduk di sekitar kawasan masih rendah. Dari tren sebaran tersebut dapat diidentifikasi bahwa pada Tahun 2013, intrusi air laut telah meningkat di sekitar wilayah Kelurahan Panggung Kidul, Kelurahan Tawang - Mas, Kelurahan Bandarharjo, dan Kelurahan Tanjung Mas, Kecamatan Semarang Utara, Kelurahan Kaligawe, Kecamatan Gayamsari, serta Kelurahan

Pekunden, Kecamatan Semarang Tengah dan tren sebaran konsentrasi klorida (Cl) tinggi cenderung dari Barat Laut ke arah Tenggara.

3. Grafik hubungan Tingkat Konsentrasi Klorida (Cl) terhadap Waktu. Hubungan tingkat konsentrasi klorida (Cl) yang terkandung di dalam air tanah pada sumur pantau dari hasil penelitian periode 1992 – 2013 dengan waktu penelitian, dapat disajikan dalam bentuk diagram gambar 2.

Pada Gambar 3(a), grafik tingkat konsentrasi klorida (Cl) di Sumur Pantau STM Perkapalan menunjukkan trend meningkat mengikuti periode waktu, hal ini . mengindikasikan bahwa telah terjadi intrusi air laut pada sumur pantau STM Perkapalan yang berlokasi di Kelurahan Panggung Kidul, Kecamatan Semarang Utara sejak awal tahun penelitian dengan trend meningkat pada setiap tahunnya dengan nilai konstanta korelasi $R = 0,704$, Sedangkan pada Gambar 3(b), grafik tingkat konsentrasi klorida (Cl) di Sumur Pantau PRPP menunjukkan trend yang sama dan mengindikasikan bahwa intrusi air laut juga telah terjadi pada sumur pantau PRPP yang berlokasi di Kelurahan Tawang Mas, Kecamatan Semarang Utara sejak tahun 1993 dengan trend meningkat pada setiap tahunnya dengan nilai konstanta korelasi $R = 0,997$.



Gambar 2. Grafik Tingkat konsentrasi klorida (Cl) di Sumur Pantau (a). STM Perkapalan dan (b) PRPP

Pada Gambar 3(a), grafik tingkat konsentrasi klorida (Cl) di Sumur Pantau STM Perkapalan menunjukkan trend meningkat mengikuti periode waktu, hal ini . mengindikasikan bahwa telah terjadi intrusi air laut pada sumur pantau STM Perkapalan yang berlokasi di Kelurahan Panggung Kidul, Kecamatan Semarang Utara sejak awal tahun penelitian dengan trend meningkat pada setiap tahunnya dengan nilai konstanta korelasi $R = 0,704$, Sedangkan pada Gambar 3(b), grafik tingkat konsentrasi klorida (Cl) di Sumur Pantau PRPP menunjukkan trend yang sama dan mengindikasikan bahwa intrusi air laut juga telah terjadi pada sumur pantau PRPP yang berlokasi di Kelurahan Tawang Mas, Kecamatan Semarang Utara sejak tahun 1993 dengan trend meningkat pada setiap tahunnya dengan nilai konstanta korelasi $R = 0,997$.

4. Faktor-faktor penyebab intrusi air laut di Semarang

Menurut Efendi dan Helfinalis (1991), Intrusi air laut disebabkan oleh beberapa faktor yaitu (a) Jumlah Penduduk yang mengakibatkan pengambilan air tanah melebihi daya dukung sumberdaya air tanah, (b) Terjadinya kenaikan permukaan air laut, (c) Terjadi pasang surut perbani, dimana waktu pasang air laut mencapai ketinggian yang melebihi keadaan normal sehari-hari, (d) Akibat turunnya permukaan tanah di daratan, baik akibat peristiwa tektonik maupun peristiwa pemampatan.

- a. Faktor Jumlah Penduduk Penduduk Kota Semarang seiring pertambahan waktu telah meningkat dan membutuhkan air bersih per tahun seperti tertera pada Tabel 2. berikut :

Tabel 2. Hubungan cadangan air tanah dengan pemakaian air tanah di Kota Semarang

No.	Tahun	Jumlah Penduduk (Jiwa)	Kebutuhan Air (juta m ³)	Kebutuhan Air Tanah (juta m ³)	Potensi Air Tanah Kota Semarang (juta m ³)	Cadangan Air Tanah (juta m ³)
1.	1992	1.171.578	81,2	65,0	194,5	129,5
2.	1994	1.206.363	83,7	67,0	211,2	144,2
3.	1996	1.251.845	86,8	69,4	245,0	175,6
4.	1998	1.273.550	88,3	70,6	247,7	177,1
5.	2000	1.309.667	90,8	72,6	306,0	233,4
6.	2011	1,544,358	107,1	85,7	211,4	125,7

Sumber : Stasiun Meteorologi Maritim Semarang,2012 (diolah)

b. Faktor Kenaikan Permukaan Air Laut
 Permukaan air laut di wilayah pesisir kota Semarang ada kecenderungan meningkat setiap tahunnya ketika terjadi pasang, air laut mengalami pasang tertinggi rata-rata sebesar 176,1 Cm, sedangkan pasang terendah rata-rata sebesar 54,6 Cm. Dari Tahun 1992 sampai dengan tahun 2012 terjadi peningkatan kenaikan permukaan air laut sebesar 20,3 Cm pada saat pasang tinggi. Perubahan permukaan air laut dari kondisi normal sebesar 176,1 Cm, mengakibatkan elevasi permukaan tanah pada lokasi sumur pantau menjadi berkurang dari kondisi semula.

Tabel 3. Elevasi Permukaan Air Tanah terhadap Air Laut di lokasi Sumur Pantau

Nama Sumur Pantau	Kedalaman (m)	Letak Cuplikan air max(m)	Elevasi Tanah (dml) (meter)	Elevasi Awal (dml) (meter)	Elevasi Pasang (dml) (meter)
STM Perkapalan	125	89	3	1,2	-19,1
PRPP	91	86	2	0,2	-20,1
Tanjung Mas	120	84	1	- 0,8	-21,1
Kimia Farma	152	77	18	16,2	-4,1
LIK Kaligawe	120	86	2	0,2	-20,1
Simpang Lima	150	42	5	3,2	-17,1
Sandratex	83	65	6	4,2	-16,1
PT Panca Jaya	135	107	2	0,2	-20,1

Sumber : Hasil penelitian ini (2012) (diolah)

C. Faktor Amblesan Tanah
Putranto dan Rde (2011) menyatakan Tingkat tertinggi penurunan tanah terjadi di wilayah Kota Semarang bagian utara yaitu sekitar 8-9 cm/tahun, sedangkan di wilayah bagian selatan berkisar antara 0-1 cm/tahun. Marfai & Raja (2007) menyatakan bahwa daerah yang terkena dampak penurunan tanah di Semarang secara bertahap akan meningkat dari 362 ha pada tahun 2010 menjadi 1,377.5 ha pada tahun 2015 dan sampai dengan 2.227 ha pada tahun 2020. Setiyanto (2002) menyatakan bahwa faktor yang paling berpengaruh terhadap penurunan muka tanah adalah perkembangan lahan terbangun.

Perubahan head air tanah disebabkan oleh 3 faktor utama yaitu : penambahan jumlah penduduk, kenaikan permukaan air laut, dan amblesan tanah dengan rata-rata sebesar 0,09 meter per tahun akan mempengaruhi tinggi h, dan kecepatan aliran air tanah secara horisontal :

$$V_x = \frac{Wx}{n(h - 0,437t + 135,8)}$$

Keterangan :

V_x = Kecepatan aliran air tanah ke arah x (m/dtk)

W = Besarnya curah hujan (mm/tahun)

n = angka porositas tanah (-)

h = Tinggi head air tanah (m)

x = Jarak interface dengan batas daratan (m)

t = Waktu (tahun)

SIMPULAN

Simpulan dari uraian tersebut diatas adalah :

1. Tingkat konsentrasi Klorida (Cl) pada sumur yang berlokasi di wilayah yang memiliki akuifer rendah pada umumnya memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan wilayah yang memiliki akuifer baik/tinggi.
2. Pada Tahun 1992, baru air tanah di sumur bor di sekitar kelurahan Panggung Kidul yang mengalami intrusi air laut, tetapi seiring bertambahnya waktu sejak Tahun 2000 sampai dengan sekarang, sumur bor di wilayah Kecamatan Semarang Utara, Semarang Tengah dan Gayamsari perlu diwaspadai telah terjadi intrusi air laut dengan tingkat konsentrasi Klorida yang cukup tinggi.
3. Hasil simulasi pada peta sebaran menunjukkan bahwa trend terjadinya intrusi air laut condong dari Barat Laut kearah Tenggara.
4. Dari diagram pencar menunjukkan bahwa tingkat konsentrasi Klorida (Cl) pada sebagian besar sumur bor meningkat seiring dengan bertambahnya waktu.
5. Perubahan head air tanah disebabkan oleh 3 faktor utama yaitu : penambahan jumlah penduduk, kenaikan permukaan air laut, dan amblesan tanah

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, M.H., Raveena, S.R., Aris A.Z. 2010, *A Numerical Modelling of Seawater Intrusion into an Oceanic Island Aquifer, Sipadan Island, Malaysia, Sains Malaysiana. Malaysia.*
- Dinas Pertambangan dan Energi Propinsi Jawa Tengah dan Direktorat Tata Lingkungan Geologi dan Kawasan Pertambangan, 2003, *Kajian Zonasi Konfigurasi dan Tata Guna Air Bawah Tanah pada Cekungan Semarang-Demak.*
- Hadi, S., 2008, *Penelitian Hidrologi Daerah Imbuhan Air Tanah Dengan Metode Isotop dan Hidrokimia di CAT Semarang Demak Tahap II, Laporan No.16/ Lap/ BGE P2K/ 2008, Sub. Direktorat Hidrologi, Direktorat Geologi Tata Lingkungan, Dirjen Geologi dan Sumberdaya Mineral, Bandung.*
- Marfai, M.A., King, L., 2007, *Monitoring Land Subsidence in Semarang, Indonesia, Environmental Geology Volume 53, Number 3, 651-659, DOI: 10.1007/s00254-007-0680-3, Springer-Verlag.*
- Mulyana, A., 1994, *Konservasi Air Tanah Daerah Semarang Demak dan Sekitarnya, Laporan No. 07/HGKA/1994, Sub. Direktorat Hidrologi, Direktorat Geologi Tata Lingkungan, Dirjen Geologi dan Sumberdaya Mineral, Bandung.*
- Kementerian Kesehatan RI, 2010, *Baku Mutu Air Minum dalam PERMENKES No. 492/MENKES/PER/IV/2010.*
- Putranto, T.T., Rude, T.R., 2011, *Groundwater Problems in Semarang Demak Urban Area, Java/Indonesia, RWTH Aachen University, Institute of Hydrogeology, Germany*
- Setiyanto, H., 2002, *Studi Pengaruh Penurunan Muka Tanah Dan Pasang Air Laut Terhadap Banjir Rob Di Kecamatan Semarang Utara, Universitas Diponegoro.*
- Sihwanto., Iskandar, N., 1999, *Konservasi Air Tanah Daerah Semarang, Laporan No. 36/ Lap/ PHPA/1999, Sub. Direktorat Hidrologi, Direktorat Geologi Tata Lingkungan, Dirjen Geologi dan Sumberdaya Mineral, Bandung.*
- Sihwanto., Budi, M.R., 2000, *Konservasi Air Tanah Daerah Semarang, Sub. Direktorat Hidrologi, Direktorat Geologi Tata Lingkungan, Dirjen Geologi dan Sumberdaya Mineral, Bandung*
- Wahid, H., 1996, *Konservasi Air Tanah Daerah Semarang Demak dan Sekitarnya, Laporan No. 25/Lap/PHPA/1996, Sub. Direktorat Hidrologi, Direktorat Geologi Tata Lingkungan, Dirjen Geologi dan Sumberdaya Mineral, Bandung.*