

## Model Intrusi Air Laut Terhadap Air Tanah Pada Akuifer di Kota Semarang

Edy Suhartono<sup>1)\*</sup>; Purwanto<sup>2)</sup>; Suripin<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> Mahasiswa Program Doktor Ilmu Lingkungan Undip

<sup>2)</sup> Ketua Program Doktor Ilmu Lingkungan Undip sebagai Promotor

<sup>3)</sup> Dosen Program Doktor Ilmu Lingkungan sebagai Co-Promotor

\* edmaryamah@gmail.com; edyjanelik60@yahoo.co.id

### ABSTRACT

*The pollution of groundwater is a very serious problem because it causes water quality decline. Especially in coastal cities such as Semarang, seawater intrusion is one of the sources of pollution to groundwater salinity resulting in high ground water, in this case identified by the concentration of chloride (Cl) derived from sea water through the mass transport chloride (Cl) on groundwater and the volume of groundwater quality standards appropriate to be very limited.*

*Some researchers on ground water in the city of Semarang as IG.L. Setyawan Purnama (2004), to identify and analyze the quality of groundwater, and the factors that cause salt water in the soil, M. Irham N, Reyfana T Achmad, Sugeng Widodo (2006), mapped the distribution of salty ground water in the aquifer, and Setyawan Purnama, Andri Kurniawan, Sudaryatno (2006), examines a model of groundwater conservation.*

*The purpose of this research is to build a model of seawater intrusion in groundwater in the city of Semarang with the development of the mass of contaminant transport models chloride (Cl) in the ground water through advection and dispersion processes. Parameters to be the main causes of the seawater intrusion in groundwater is groundwater flow is influenced by the soil and water additive tides (rob), retardation of soil and soil porosity. Sampling of ground water in the aquifer using grid sampling and modeling using numerical methods with MATLAB programming. The results of this research can be one tool to predict the level of sea water intrusion in the city of Semarang.*

**Key Words:** chloride (Cl), mass transport models

## 1. PENGANTAR

Indonesia merupakan salah satu negara kepulauan terbesar di dunia, dimana sekitar 17.508 buah pulau membentang lebih kurang 5.120 km dari Timur ke Barat sepanjang khatulistiwa dan 1.760 km dari Utara ke Selatan. Luas daratan negara Indonesia mencapai 1,9 juta km<sup>2</sup> dan luas perairan laut tercatat sekitar 7,9 juta km<sup>2</sup>, (Bachtiar, 2002). Lebih lanjut negara Indonesia mempunyai panjang garis pantai sekitar 81.791 km. Mengingat Perairan pantai atau pesisir merupakan perairan yang sangat produktif, maka panjangnya pantai Indonesia merupakan potensi sumber daya alam (hayati) yang besar untuk pembangunan ekonomi negara ini. Sejalan dengan terus meningkatnya kegiatan pembangunan dan bertambahnya jumlah penduduk yang diperkirakan pada tahun 2020 akan mendekati 257 juta jiwa dan lebih dari 60% nya bermukim di wilayah pantai ini, maka akan menjadi penyebab semakin beratnya beban bagi lingkungan perairan pantai (Bachtiar, 2002).

Kota Semarang dengan luas wilayah 373,70 km<sup>2</sup>, mempunyai jumlah penduduk 1.481.644 jiwa dengan kepadatan penduduk sebesar 7.449 jiwa/km<sup>2</sup> dan tingkat pertumbuhan penduduk sebesar 1,67% (BPS,2010), sebagian besar penduduk terutama di Semarang bagian bawah dalam pemenuhan kebutuhan air untuk kegiatan sehari-harinya menggunakan air tanah. IG.L. Setyawan Purnama (2004), mengidentifikasi dan menganalisis kondisi kualitas air tanah bahwa pengambilan yang berlebihan menyebabkan terdapatnya air asin dalam tanah terutama terjadi di pantai bagian tengah (pusat kota), Nurwidyanto, M. Irham, Achmad, Reyfana T, Widodo, Sugeng (2006), memetakan sebaran air tanah asin pada akuifer dalam di wilayah Semarang bawah, menyatakan bahwa keasinan air tanah pada akuifer dalam di wilayah Semarang Bawah akibat dari adanya intrusi air laut, Setyawan Purnama, Andri Kurniawan, Sudaryatno (2006), membangun model konservasi air tanah di dataran pantai Kota Semarang yang bertujuan membuat model pemanfaatan dan konservasi airtanah, rekomendasi dari penelitian ini adalah gerakan hemat air, pembatasan laju industri, pembatasan laju perluasan permukiman (terutama pada daerah *recharge*) dan meningkatkan kapasitas produksi PDAM.

Tujuan dari penelitian ini adalah : Menyusun model transport massa klorida (Cl) terhadap laju perubahan klorida (Cl) pada air tanah

## 2. METODOLOGI

Metode penelitian merupakan suatu kesatuan sistem dalam penelitian yang terdiri dari prosedur dan teknik yang perlu dilakukan dalam penelitian. Beberapa aspek yang terkait dengan metode penelitian adalah tempat dan waktu

penelitian, desain penelitian, populasi dan sampel, variabel penelitian, materi penelitian, teknik pengumpulan data, jadwal penelitian dan diagram alir penelitian.

Penelitian ini adalah penelitian deskriptif analitik dengan mengambil lokasi penelitian di Kota Semarang, yang secara geografis terletak antara  $6^{\circ}56' - 7^{\circ}07'$  LS serta antara  $110^{\circ}16' - 110^{\circ}30'$  BT. Secara administratif di sebelah utara dibatasi oleh Laut Jawa, di sebelah selatan oleh Kabupaten Semarang, di sebelah barat oleh Kabupaten Kendal serta sebelah timur oleh Kabupaten Demak, selama 6 (enam) bulan dimulai bulan Mei 2012 sampai dengan Oktober 2012.

Desain/ Rancangan dari penelitian ini adalah sebagai berikut: a). Menghimpun Data sekunder. b). Membangun model transportasi massa klorida (Cl) dengan memperhatikan beberapa kondisi yang mempengaruhi proses transport seperti proses adveksi yang berhubungan dengan kecepatan aliran tanah dan proses dispersi hidrodinamik yang berhubungan dengan difusi molekuler zat pencemar klorida (Cl) yang mengakibatkan difusi mekanik klorida (Cl) pada air tanah. Klorida (Cl) merupakan zat pencemar konservatif yaitu zat pencemar yang tidak mengalami reaksi kimia selama mengalami transport mengikuti aliran air tanah. c). Menyusun solusi model transport massa klorida (Cl) tersebut dalam bentuk persamaan differensial parsial order kedua dari fungsi  $C = C(x, z, t)$ , dimana  $C = C(x, z, t)$  merupakan fungsi klorida (Cl) terhadap jarak, kedalaman dan waktu aliran air tanah. Penyelesaian awal menggunakan metode analitis dengan menggunakan fungsi integral. d). Melakukan analisis kelayakan model dengan menggunakan program komputer MATLAB terhadap model yang terpilih berdasarkan data sekunder yang telah tersedia. e). Melakukan kegiatan pengambilan cuplikan sampel air tanah dari sumur bor yang terpilih dan pengukuran terhadap parameter klorida (Cl) di laboratorium terhadap kandungan konsentrasi klorida (Cl). Dari hasil laboratorium ini, kemudian dilakukan uji validasi terhadap model. f). Melakukan simulasi model dengan menggunakan program komputer MATLAB terhadap model yang terpilih berdasarkan data primer, hasil dari pengukuran langsung di lapangan, dan g). Melakukan peramalan atau prediksi pengaruh intrusi air laut terhadap air tanah pada masa yang akan datang dengan cara menetapkan besaran waktu  $t$  tertentu.

Populasi dari penelitian ini adalah air tanah dari akuifer yang berlokasi di Kota Semarang dan sampel penelitian untuk mendukung penelitian ini adalah air tanah dari akuifer berupa sumur pantau dari Dinas ESDM Provinsi Jawa Tengah dan sumur bor lainnya di Kota Semarang yang memiliki kelengkapan informasi tentang : a). Besaran klorida (Cl) dari hasil penelitian laboratorium, b). Besaran klorida (Cl) tersebut disajikan secara deret waktu minimal 5 tahun, c). Koordinat lokasi sumur bor, berupa garis lintang dan garis bujur, d). Kedalaman air tanah, e). Debit air tanah

Variabel penelitian ini meliputi : **Variabel tak bebas** :  $C$  = Konsentrasi zat pencemar, yang dalam penelitian ini adalah konsentrasi klorida Cl (dalam dimensi  $ML^{-3}$ ), **Variabel bebas** : a).  $x$  = jarak sumur bor dari garis pantai (dalam dimensi L), b).  $z$  = kedalaman air tanah di dalam sumur bor (dalam dimensi L), c).  $t$  = waktu pengamatan (dalam dimensi T), **Konstanta** :  $R$  = Faktor Retardasi tanah (-),  $k$  = Koefisien adsorpsi (-),  $\rho_b$  = Massa jenis zat pencemar (dalam dimensi  $ML^{-3}$ ),  $\theta$  = Koefisien tingkat pengembunan air tanah,  $v$  = Kecepatan aliran tanah (dalam dimensi  $LT^{-1}$ ),  $K$  = Konduktivitas hidrolis tertekan (dalam dimensi  $LT^{-1}$ ),  $n$  = porositas efektif media pori (-),  $\nabla h$  = Gradient dari head ( perubahan kedalaman air tanah per satuan jarak)

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampel air yang diambil dari sumur bor di Kota Semarang. Selain itu digunakan pula peta rupa bumi dengan skala 1 : 25.000, dan peta jenis tanah dengan skala 1 : 100.000. Bahan lain yang digunakan dalam penelitian ini adalah karakteristik akuifer, yang diperoleh dari interpretasi data pemboran, kemudian alat yang digunakan *Cemerer Water Sampler* untuk mengambil sampel air dan GPS.

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis data primer dan sekunder. **Data primer** merupakan data yang diukur dan dikumpulkan atau diolah secara langsung pada kegiatan di lapangan. Data primer berupa data kuantitatif hasil pengukuran dari besaran konsentrasi klorida (Cl) dalam mg/L yang diukur secara langsung di laboratorium kualitas air Dinas ESDM Propinsi Jawa Tengah. Data ini berfungsi sebagai alat untuk melakukan validasi dari model yang disusun. **Data sekunder**, yaitu data yang diperoleh dari survei instansional melalui sumber yang relevan dengan penelitian ini, yaitu dari instansi terkait diantaranya Dinas ESDM Provinsi Jawa Tengah, Direktorat Geologi dan Tata lingkungan Kementerian ESDM yang berkedudukan di Bandung, LIPI Bandung, BPS Kota Semarang, dan BPS Provinsi Jawa Tengah. Data sekunder penelitian ini adalah : Besaran klorida (Cl) pada air tanah , Besaran klorida (Cl) tersebut disajikan secara deret waktu minimal 5 tahun, Koordinat lokasi sumur bor, berupa garis lintang dan garis bujur, Kedalaman air tanah, Debit air tanah, Data pasang surut /rob, Curah hujan di Kota Semarang, Jenis tanah daerah penelitian di Kota Semarang, Kecepatan aliran air tanah, Faktor retardasi tanah di daerah penelitian, Informasi tentang kondisi geografis Kota Semarang, Informasi tentang kependudukan/demografi Kota Semarang., Dari data yang diperoleh tersebut di atas, kemudian diuraikan bagaimana mengidentifikasi penelitian dari sisi sasaran, informasi yang diperlukan, metode analisis yang digunakan dan sumber data yang dibutuhkan. **Tabel 1** menyajikan identifikasi dari penelitian.

**Tabel 1.** Identifikasi dari penelitian

No	Sasaran	Informasi yang diperlukan	Metode Analisis	Sumber
	Menyusun model transport massa klorida (Cl)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Proses dispersi dan adveksi aliran air tanah</li> <li>- Jarak sumur bor dari garis pantai</li> <li>- Koordinat lokasi sumur bor</li> <li>- Kedalaman air tanah pada sumur bor dari garis pantai</li> <li>- Nilai klorida (Cl)</li> </ul>	Konstruksi model secara analitik	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Model matematik</li> <li>- Solusi Persamaan Differensial Parsial</li> <li>- Data Sekunder</li> </ul>

Pengambilan data primer melalui pengambilan sampel air pada sumur bor terpilih di wilayah Kota Semarang, utamanya yang terletak di daerah pantai dan melakukan analisis untuk nilai klorida (Cl) di dalam air tanah (mg/L), kemudian dilanjutkan dengan melakukan pengukuran beberapa parameter hidrogeologi tanah yang berkorelasi langsung dengan transportasi massa klorida (Cl), sedangkan pengumpulan data sekunder dilakukan melalui studi pustaka. Studi pustaka merupakan metode pengumpulan data dengan cara mempelajari literatur-literatur yang berhubungan dengan topik penelitian, antara lain buku, jurnal, laporan dari instansi atau lembaga terkait seperti Dinas ESDM Provinsi Jawa Tengah, Direktorat Geologi dan Tata lingkungan Kementerian ESDM yang berkedudukan di Bandung, LIPI Bandung, BPS Pemerintah Kota Semarang, BPS Provinsi Jawa Tengah dan lembaga lainnya sesuai dengan kebutuhan data dari penelitian ini.

Hipotesis mayor dari penelitian ini adalah Intrusi air laut terhadap air tanah akan meningkat intensitasnya manakala terjadi pengambilan air tanah yang melebihi daya dukung air tanah, sehingga muka air laut lebih tinggi daripada muka air tanah, beda tinggi ini menyebabkan tekanan air laut lebih tinggi daripada tekanan air tanah sehingga terjadi proses intrusi air laut menuju air tanah. Disamping tingkat pengambilan air tanah yang tidak terkendali, intrusi air laut pada air tanah juga terjadi apabila jarak lokasi sumur dengan garis pantai relatif dekat. Sedangkan Hipotesis Minor :  $H_0$  : Tingkat pengambilan air tanah yang tinggi tidak mengakibatkan tingkat intrusi air laut pada air tanah tinggi dan  $H_1$  : Tingkat pengambilan air tanah yang tinggi akan mengakibatkan tingkat intrusi air laut pada air tanah tinggi

### 3. HASIL DAN DISKUSI

Permodelan intrusi air laut terhadap air tanah dengan indikator zat pencemar berupa garam yang berasal dari air laut dan terlarut dalam air tanah. Garam tersebut dapat berupa senyawa NaCl atau ion Cl (klorida) berasal dari air laut yang merupakan satu titik sumber pencemar. Kebanyakan model menirukan migrasi zat-pencemar dalam air tanah yang mengalami proses fisika berupa adveksi dan proses hidrodinamik berupa dispersi dengan menggunakan persamaan transport massa zat pencemar, dalam penelitian ini zat pencemar diasumsikan berada pada medium tanah semi tak terhingga, dan tidak mengalami penyerapan oleh media tanah pada proses degradasi. Persamaan transport ini dalam bentuk persamaan differensial parsial yang diturunkan dari persamaan kontinuitas dari prinsip hukum kekekalan massa, dimana laju perubahan massa zat pencemar dalam suatu media berpori sama dengan selisih dari fluks massa zat pencemar yang masuk dengan fluks massa zat pencemar yang keluar (Freeze and Cherry, 1979). Pengaruh lain pada proses transport massa zat pencemar tersebut adalah proses difusi molekuler dan proses dispersi secara mekanik.

Pengaruh dispersi mekanik secara umum lebih kuat daripada difusi molekuler, dan kecuali pada aliran air tanah yang lambat, kontribusi difusi molekuler sering diabaikan. Demikian pula koefisien dispersivitas transversal memiliki nilai lebih rendah daripada nilai koefisien dispersivitas longitudinal dengan faktor sekitar 5 sampai dengan 20 (Freeze and Cherry, 1979). Persamaan transport adveksi – dispersi zat pencemar digambarkan sebagai laju perubahan konsentrasi untuk zat pencemar tunggal sebagai berikut :

$$\frac{\partial \theta C}{\partial t} = -\nabla \cdot [\theta \cdot v \cdot C - \theta D \cdot \nabla C] + \theta \cdot Q_s \dots\dots\dots(1)$$

Dimana :  $Q_s$  = sumber atau buangan zat pencemar

Karena rapat massa fluida diasumsikan konstan, maka persamaan (1) menurut Bear (1979) dapat ditulis dalam bentuk konsentrasi massa zat pencemar. Solusi dari persamaan tersebut dengan mengasumsikan bahwa kecepatan aliran air tanah seragam dan konstan dan dengan mengikuti sistem aliran koordinat diperoleh persamaan sebagai berikut :

$$\frac{\partial C}{\partial t} = D_x \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} + D_y \frac{\partial^2 C}{\partial y^2} + D_z \frac{\partial^2 C}{\partial z^2} - V_x \frac{\partial C}{\partial x} - V_y \frac{\partial C}{\partial y} - V_z \frac{\partial C}{\partial z} + Q_s \dots\dots\dots(2)$$

Dimana :

$$V_x = \text{Kecepatan aliran air tanah seragam ke arah sumbu } x \text{ (LT}^{-1}\text{)}$$

$$V_y = \text{Kecepatan aliran air tanah seragam ke arah sumbu } y \text{ (LT}^{-1}\text{)}$$

$$V_z = \text{Kecepatan aliran air tanah seragam ke arah sumbu } z \text{ (LT}^{-1}\text{)}$$

Pada akuifer, dimana zat pencemar mengalami pencampuran yang seragam pada bidang datar ( $x - z$ ) sebagai batasan aliran masuk zat pencemar yaitu ke arah vertikal ( $z$ ) dan ke arah horisontal ( $x$ ), maka gradient konsentrasi zat pencemar ke arah  $y$  yaitu  $\frac{\partial C}{\partial y} = 0$ , sehingga persamaan transport adveksi – dispersi dengan 2 dimensi tersebut dapat dinyatakan oleh persamaan sebagai berikut :

$$\frac{\partial C}{\partial t} = D_x \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} + D_z \frac{\partial^2 C}{\partial z^2} - V_x \frac{\partial C}{\partial x} - V_z \frac{\partial C}{\partial z} + Q_s \dots\dots\dots(3)$$

Pada peristiwa transformasi kimia dari zat pencemar, tidak terjadi reaksi kimia sehingga klorida merupakan zat pencemar konservatif, dengan mempertimbangkan tidak ada sumber titik sehingga  $Q_s = 0$ , maka persamaan (3) menjadi :

$$\frac{\partial C}{\partial t} = D_x \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} + D_z \frac{\partial^2 C}{\partial z^2} - V_x \frac{\partial C}{\partial x} - V_z \frac{\partial C}{\partial z} \dots\dots\dots(4)$$

Selain proses transformasi kimia dari zat pencemar ini, proses lainnya yang terjadi yaitu proses adsorpsi sebagai akibat dari faktor retardasi media berpori ( Helfferich, 1962) dimana :

$$R = 1 + \frac{k\rho_b}{\theta} \dots\dots\dots(5)$$

Dimana :

- $R$  = Faktor Retardasi (-)
- $k$  = Koefisien adsorpsi (-)
- $\rho_b$  = Massa jenis zat pencemar ( $M L^{-3}$ )
- $\theta$  = Koefisien tingkat pengembunan air tanah

Sehingga persamaan (4) dengan memperhatikan faktor retardasi dan diasumsikan tidak terjadi peluruhan radioaktif pada zat pencemar, akan menjadi :

$$R \frac{\partial C}{\partial t} = -V_x \frac{\partial C}{\partial x} + D_x \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} - V_z \frac{\partial C}{\partial z} + D_z \frac{\partial^2 C}{\partial z^2} \dots\dots\dots(6)$$

Atau 
$$\frac{\partial C}{\partial t} = -\frac{V_x}{R} \frac{\partial C}{\partial x} + \frac{D_x}{R} \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} - \frac{V_z}{R} \frac{\partial C}{\partial z} + \frac{D_z}{R} \frac{\partial^2 C}{\partial z^2} \dots\dots\dots(7)$$

Apabila  $V_x = \frac{V_x}{R}$ ;  $D_x = \frac{D_x}{R}$ ;  $V_z = \frac{V_z}{R}$ ; dan  $D_z = \frac{D_z}{R}$  merupakan konstanta, maka persamaan (7) akan menjadi :

$$\frac{\partial C}{\partial t} = D_x \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} - V_x \frac{\partial C}{\partial x} + D_z \frac{\partial^2 C}{\partial z^2} - V_z \frac{\partial C}{\partial z} \dots\dots\dots(8)$$

Dan dapat diselesaikan secara analitik sebagai berikut :

$$\int \partial C = \int (D_x \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} - V_x \frac{\partial C}{\partial x} + D_z \frac{\partial^2 C}{\partial z^2} - V_z \frac{\partial C}{\partial z}) dt \dots\dots\dots(9)$$

$$C(x, z, t) = \frac{C_0}{2} \left\{ \exp\left(\frac{x}{2D_x}(V_x - U_x)\right) \operatorname{erfc}\left(\frac{x - U_x t}{2\sqrt{D_x t}}\right) + \exp\left(\frac{x}{2D_x}(V_x + U_x)\right) \operatorname{erfc}\left(\frac{x + U_x t}{2\sqrt{D_x t}}\right) \right\} + \frac{C_0}{2} \left\{ \exp\left(\frac{z}{2D_z}(V_z - U_z)\right) \operatorname{erfc}\left(\frac{z - U_z t}{2\sqrt{D_z t}}\right) + \exp\left(\frac{z}{2D_z}(V_z + U_z)\right) \operatorname{erfc}\left(\frac{z + U_z t}{2\sqrt{D_z t}}\right) \right\} \dots\dots\dots(10)$$

Dimana  $U_x = \sqrt{V_x^2}$  dan  $U_z = \sqrt{V_z^2}$ , serta  $\operatorname{erfc}(x)$  dan  $\operatorname{erfc}(z)$  adalah fungsi kesalahan komplementer

Kondisi awal dibangun dengan memperhatikan kesetimbangan konsentrasi zat pencemar klorida (Cl) yaitu :

$$C(x, z, t) = C_i(x, z, 0) \dots\dots\dots(11)$$

Dimana  $C_i$  adalah konsentrasi awal (dalam  $ML^{-3}$ ), untuk semua fase ketidakseimbangan jika transport dalam keadaan tidak seimbang dijadikan bahan pertimbangan.

Hubungan yang sangat kompleks antara domain transport dengan lingkungan seringkali harus dipertimbangkan untuk bagian aliran air tanah di satu sisi, ketika menentukan interaksi besaran fluks air tanah yang melintas pada batas-batas domainnya. Dengan membandingkan, bagian transport zat pencemar dari model analitis selalu dipertimbangkan hanya pada 3(tiga) tipe kondisi batas. Apabila konsentrasi zat pencemar diketahui batasannya, dapat menggunakan tipe pertama (tipe Dirichlet) dari kondisi batas yaitu

$$C(x, z, t) = C_0(x, z, t) \dots\dots\dots(12)$$

Dimana  $C_0$  adalah nilai konsentrasi yang ditetapkan (dalam  $ML^{-3}$ ) pada bagian atas atau bagian bawah air tanah di dalam sumur bor. Kondisi batas ini sering dijadikan acuan kondisi batas konsentrasi zat pencemar.

Kondisi awal dari konsentrasi klorida (Cl) adalah  $C(x, z, t) = f(x, z)$  pada saat  $t = 0$ . Suatu sistem di perairan pantai dibatasi oleh efluen yang jauh dari sumber zat pencemar, batasan ini tidak menyebabkan konsentrasi zat pencemar yaitu klorida (Cl) mempengaruhi air tanah yang letaknya sangat jauh dari garis pantai menjadi tercemar oleh intrusi air laut. Sehingga sistem dapat diterapkan pada daerah yang semi tak terhingga jaraknya dari garis pantai :

$$\left( C \text{ dan } \frac{\partial C}{\partial x} \text{ atau } \frac{\partial C}{\partial z} \right)_{X=\infty; Z=\infty} = 0 \dots\dots\dots(13)$$

Pada saat sistem dalam kondisi terhingga, dapat disusun solusi analitis yang disajikan pada **Tabel 2** berikut :

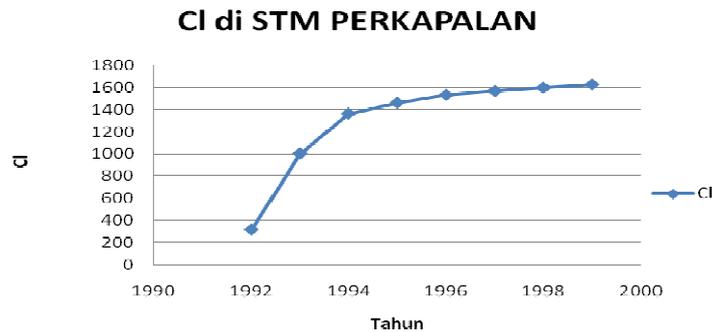
**Tabel 2.** Solusi analitis berdasarkan kondisi awal dan batas

No.	Kondisi Awal	Domain Air tanah	Kondisi Influen	Kondisi Efluen
1.	$C(x, z, 0) = 0$	Semi –Tak terhingga	$C_x = \{C_0, 0 < t < t_0$ dan $0, t > t_0$ $C_z = \{C_0, 0 < t < t_0$ dan $0, t > t_0$	Persamaan (13)

Selanjutnya nilai parameter yang digunakan sebagai batasan dalam penelitian ini ditunjukkan oleh **Tabel 3**.

**Tabel 3.** Nilai parameter yang digunakan sebagai batasan penelitian

No.	$V_x$ (m/hr)	$V_z$ (m/hr)	$t_0$ (tahun)	$D_x$ ( $m^2/hr$ )	$D_z$ ( $m^2/hr$ )	R	L (m)	H (m)	P
1.	1	1	1	20	20	1	6.000	160	25



**Gambar 1.** Kurva nilai CI (mg/L) berdasarkan perubahan waktu (t)

#### 4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian pendahuluan diperoleh kesimpulan bahwa tingkat intrusi air laut pada air tanah menunjukkan kenaikan berdasarkan waktu. Model dapat dibangun dari Model Transport massa zat pencemar klorida yang dipengaruhi oleh proses adveksi dan dispersi air tanah. Direkomendasikan untuk penelitian lapangan sebaiknya menggunakan data grid spasial untuk mendapatkan nilai awal dan syarat batas dengan menggunakan analisis numerik, sedemikian sehingga dapat diperoleh model yang mendekati dengan kondisi sebenarnya.

#### 5. REFERENSI

- Bachtiar, T, 2002, Koprostanol sebagai indikator kontaminasi dan perunut alamiah limbah domestik di perairan pantai Banjir Kanal Timur, Semarang, Jawa Tengah, Universitas Diponegoro, Semarang
- Bear, J. 1979. *Hydraulics of Groundwater*. McGraw-Hill, New York, 569 pp.
- BPS Pemerintah Kota Semarang, 2010, Lembar Daerah Kota Semarang 2010, Pemerintah Kota Semarang, Semarang
- Dinas ESDM Prov. Jateng, 2003, *Kajian Zonasi Konfigurasi dan Tata Guna Air Bawah Tanah pada Cekungan Semarang-Demak*
- F. G. Helfferich, 1962, *Ion Exchange*. McGraw-Hill, New York
- Freeze, R.A. and J.A. Cherry. 1979. *Groundwater*. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, NJ, 604 pp.
- IG.L. Setyawan Purnama (2004), *Distribusi Air Asin dalam Tanah Dataran Pantai (Studi Kasus di Kota Semarang)*, IPB, Bogor
- Nurwidyanto, M. Irham, Achmad, Reyfana T, Widodo, Sugeng (2006), *Pemetaan Sebaran Air Tanah Asin Pada Akuifer Dalam di Wilayah Semarang Bawah*, Universitas Diponegoro, Semarang
- Setyawan Purnama, Andri Kurniawan, Sudaryatno (2006), *Model Konservasi Air Tanah di Dataran Pantai Kota Semarang*, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta