

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Salah satu komponen lingkungan hidup yang sangat berperan dalam keberlangsungan kehidupan adalah air, bukan hanya untuk manusia namun juga makhluk lain. Sebagai salah satu sumberdaya alam yang sangat penting, air tidak hanya digunakan manusia sebagai keperluan hidup sehari-hari seperti makan dan minum namun juga sebagai penunjang kegiatan yang lain seperti alat transportasi, pembangkit listrik, pertanian, peternakan dan lain lain (Saparudin, 2010). Begitu pentingnya air bagi kehidupan, negara menjamin setiap warga negara mempunyai hak atas air seperti yang tertuang dalam Undang Undang Dasar (UUD) 1945 pasal 33 ayat 3 bahwa “bumi, air, dan kekayaan alam yang terkandung di dalamnya dikuasai oleh negara dan dipergunakan untuk sebesar-besarnya kemakmuran rakyat”. Air merupakan penunjang kehidupan manusia maka air merupakan kebutuhan yang sangat krusial yang wajib terpenuhi. Tindakan pemenuhan kebutuhan air dapat memicu meningkatnya tekanan lingkungan yang mengakibatkan pertukaran perdagangan antara kebutuhan air dan kelestarian lingkungan. Sebagaimana dinyatakan dalam kalimat pertama dari World Water Development Report 2015, “air adalah inti dari pembangunan berkelanjutan” (UNESCO-WWAP, 2015).

Dinamika kependudukan di suatu wilayah sangat berkaitan dengan ekosistem termasuk di dalamnya ketersediaan air bersih di wilayah tersebut (Hunter et al, 2001). Pertumbuhan kepadatan penduduk sering kali berbanding terbalik dengan ketersediaan air bersih. Semakin tinggi pertumbuhan penduduk mengakibatkan meningkatnya penggunaan air yang akan membuat menurunnya ketersediaan air bersih. Potensi ketersediaan air yang melimpah tidak membuat semua komponen masyarakat dapat memanfaatkan air bersih dalam memenuhi kebutuhan air bagi kehidupan sehari-hari. Hal tersebut dikarenakan ketersediaan air bersih yang terbatas. Seperti yang terjadi di Propinsi Jawa Tengah, masyarakat yang mempunyai tingkat pendidikan yang rendah serta merupakan kalangan

bawah (berpendapatan rendah) mengalami kesulitan memperoleh air minum dan memanfaatkan air bersih yang jumlahnya mencapai 4,73 juta orang (BPS Provinsi Jawa Tengah, 2014). Hal tersebut mengakibatkan banyak di antara mereka menggunakan air sungai dan air tanah yang belum tentu layak dikonsumsi sebagai solusi untuk pemenuhan kebutuhan rumah tangga termasuk sebagai air minum.

Kota Semarang yang merupakan ibukota Propinsi Jawa Tengah mengalami pertumbuhan penduduk yang cukup signifikan. Tercatat pertumbuhan penduduk dari tahun 2010 sampai tahun 2017 mencapai 12,37% dengan total jumlah penduduk di tahun 2017 adalah 1,753 juta jiwa (BPS Kota Semarang, 2018). Pertambahan penduduk sebagian besar diakibatkan karena adanya urbanisasi dan migrasi masyarakat. Sebagai ibu kota provinsi, Kota Semarang melaksanakan pembangunan intens di berbagai bidang, khususnya di sektor industri dan komersial (Putranto dkk, 2014). Perkembangnya pariwisata, perdagangan serta terdapat beberapa universitas yang membuat daya tarik tersendiri bagi masyarakat yang tinggal di luar Kota Semarang untuk bermigrasi.

Kota Semarang yang mempunyai pertumbuhan industri yang pesat membuat permintaan atas air untuk memenuhi kebutuhan industri semakin lama semakin meningkat. Namun demikian, sebagian besar kawasan industri di Kota Semarang cenderung menggunakan air tanah dibandingkan dengan PDAM. Hal tersebut dikarenakan PDAM belum mampu memenuhi permintaan industri, dan juga untuk menghemat biaya yang dikeluarkan sehingga lebih ekonomis (Volentino, 2013). Pertumbuhan industri bukan hanya membuat kebutuhan akan air semakin tinggi, namun juga membuat limbah yang dihasilkan dari sisa produksi meningkat. Sebagian besar industri-industri kecil masih belum menyadari bahwa limbah yang dihasilkan dapat mengakibatkan kerusakan lingkungan. Hal tersebut didasari asumsi limbah industri kecil yang hanya sedikit (Suparmoko, 2000).

Berkembangnya industri mengakibatkan jumlah penduduk yang bermigrasi ke Kota Semarang cukup besar sehingga penduduk makin padat dan pembangunan perumahan dan pemukiman semakin pesat. Berkembangnya pemukiman-pemukiman yang kurang terencana dengan baik dapat mengakibatkan

sistem pembuangan limbah rumah tangga seperti pembuangan limbah kamar mandi/wc dan dapur tidak terkoordinasi dengan baik pula, akibatnya sumber air warga menjadi tercemar (Kadek dan Konsukartha, 2007).

Eksplorasi air tanah yang berlebihan serta pembuangan limbah yang tidak dikelola dengan tepat dapat mengakibatkan penurunan kuantitas dan kualitas air bawah tanah. Selain itu eksploitasi air tanah yang tidak terkendali dan secara terus menerus menyebabkan banyaknya ruang kosong di dalam akuifer. Perubahan batas garis pantai serta perubahan akuifer tertekan membuat pergerakan zona transisi secara dinamis sehingga terjadi desakan antara air laut dan air tawar. Desakan tersebut mengakibatkan majunya air laut ke arah darat sehingga permukaan laut lebih tinggi dibandingkan dengan muka air tanah. Majunya air laut ke arah darat mengakibatkan intrusi air laut terjadi (Rahmawati dkk, 2013). Beberapa tahun terakhir intrusi air laut di Kota Semarang semakin lama semakin meningkat pada daerah industri terutama di bagian utara serta pada daerah pemukiman yang dekat dengan pusat perkotaan seperti di daerah Tanah Mas, Simpang Lima, Muara Kali Garang dan Pengapon (Hendrayana, 2002).

Penurunan mutu kualitas air tanah menyebabkan air tanah yang semula layak digunakan sebagai air minum tidak dapat dimanfaatkan lagi sebagai air yang layak untuk dikonsumsi (Nurwidyanto dkk, 2006). Namun demikian sebagian besar masyarakat di Kota Semarang masih memanfaatkan air pada sumur gali sebagai pemenuhan kebutuhan untuk keperluan sehari-hari. Data hasil pemantauan beberapa sumur gali didapatkan intrusi air laut sudah meresap ke sumur gali di beberapa wilayah di Kota Semarang.

Permasalahan penurunan kualitas air tanah dangkal di Kota Semarang telah diteliti oleh beberapa akademisi antara lain Thomas Triadi Putranto pada tahun 2017. Dalam penelitian tersebut, Thomas melakukan pengamatan dengan menggunakan 6 sampel air dengan 11 parameter meliputi DHL, DO, salinitas, Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , HCO_3^- , SO_4^{2-} . Hasil menunjukkan bahwa muka air bervariasi dari 0,03 hingga 17,5 m dan mengalir dari selatan ke utara yang mengikuti topografi yaitu lebih tinggi ke selatan. Nilai pH berkisar dari 6,05 hingga 8,17 sementara DO hingga 1,5 mg/L. Nilai DHL mencapai hingga 6.370

$\mu\text{S} / \text{cm}$ di utara serta nilai salinitas maksimum sekitar 3.600 mg/L terkait dengan air tanah yang digunakan berlebihan dan intrusi air laut. Dwi Nur Yuliyani pada tahun 2018 melakukan penelitian dengan menggunakan 5 sampel air dan pengukuran parameter meliputi pH, TDS, DHL dan Nitrat (NO_3). Hasil menunjukkan kecamatan yang terkena dampak paling parah adalah Kecamatan Genuk dan kecamatan yang kualitasnya masih bagus adalah Kecamatan Pedurungan. Tri Retnaning Nur Amanah pada tahun 2019 melakukan penelitian dengan menggunakan 10 sampel air dan pengukuran 12 parameter meliputi TDS, pH, Fe^{3+} , CaCO_3 , Mn^{2+} , NO_3^- , NO_2^- , Cd, Cr, Zn, SO_4^- , Pb. Hasil menunjukkan bahwa pencemaran faktor antropogenik seperti limbah domestik (rumah tangga), limbah industri dan pertanian merupakan pencemar yang sangat berkontribusi dalam pencemaran air tanah sebagai air minum. Sayangnya dari semua penelitian yang sudah dilakukan, belum ada yang mengkaji faktor kontaminasi hidrokimia yang bertanggung jawab terjadinya penurunan kualitas air tanah dangkal serta sebaran cemaran yang mengakibatkan penurunan kualitas air tanah dangkal di Kota Semarang.

Analisis yang digunakan untuk menyeleksi parameter dengan cara mengidentifikasi kekuatan dan arah dari variasi di antara seluruh parameter kualitas perairan yang terkumpul adalah dengan *Principal Component Analysis* (PCA) (Kocer and Sevgili, 2014). PCA sering digunakan untuk melihat kualitas air dengan cara mengubah variabel asli menjadi baru dengan memberikan informasi pada parameter yang paling menggambarkan seluruh interpretasi set data, dengan cara mengurangi dan merangkum korelasi statistik antara konstituen kualitas air dengan kehilangan minimum dari informasi asli (Olsen et al, 2012). Dalam mengevaluasi kualitas air salah satu metode statistik yang digunakan mengelompokkan parameter kimia pada sumber daya air adalah *Hierarchical Clustering Analysis* (HCA). HCA telah digunakan dalam berbagai penelitian untuk mengevaluasi air permukaan, sumber daya air tanah dan menganalisis kualitas air (Guler et al, 2002; McNeil et al, 2005; Belkhiri et al, 2010; Ledesma et al, 2015).

Beberapa penelitian mengembangkan metodologi berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG) yang digunakan merancang sistem pemantauan air tanah dan memperkirakan distribusi kontaminasi air tanah (*Dutta et al,1998; Sinkevich et al, 2005; Giupponi and Vladimirova, 2006*). GIS mampu menjadi alat yang digunakan untuk mencari solusi masalah sumber daya air tanah, menilai kualitas air tanah, menentukan ketersediaan air tanah, dan mengelola sumber daya air tanah pada rentang nasional atau internasional (*Tjandra et al, 2003*). Salah satu metode interpolasi yang digunakan untuk memprediksi sebaran air tanah dalam akuifer yang tidak ditentukan adalah dengan menggunakan *ordinary kriging* (*Kholghi and Hosseini, 2009*)

Bertolak dari penelitian yang sudah dilakukan, penelitian ini menganalisa penurunan kualitas air tanah dangkal yang terjadi di Kota Semarang, mengidentifikasi faktor kontaminasi hidrokimia yang bertanggung jawab atas turunnya kualitas air tanah dengan menggunakan metode statistik multivariat yaitu PCA dan analisis cluster (HCA) serta memetakan sebaran air tanah beserta cemaran dengan menggunakan metode Sistem Informasi Geografis (GIS) dan *Ordinary Kriging*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut maka dapat ditarik beberapa permasalahan penelitian sebagai berikut :

1. Bagaimana kualitas air tanah di Kota Semarang, apakah layak untuk dikonsumsi?
2. Faktor apa saja yang mempengaruhi penurunan kualitas air tanah di Kota Semarang dengan menggunakan *Principal Component Analysis* (PCA) dan analisis cluster (*Hierarchical Clustering Analysis*)?
3. Bagaimanakah sebaran cemaran air tanah di Kota Semarang dengan menggunakan metode Sistem Informasi Geografis (*Ordinary Kriging*)?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian mengacu pada hal-hal apa yang hendak dicapai dalam suatu penelitian. Adapun tujuan yang ingin dicapai adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui kualitas air tanah di Kota Semarang dengan berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Tahun 2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum serta keterkaitannya dengan lingkungan hidup.
2. Menganalisis faktor apa saja yang mempengaruhi penurunan kualitas air tanah di Kota Semarang menggunakan analisis statistik multivariat yaitu *Principal Component Analysis* (PCA) dan analisis cluster (*Hierarchical Clustering Analysis*)
3. Menggambarkan sebaran air tanah dan cemaran air tanah di Kota Semarang dengan menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG) serta metode interpolasi *Ordinary Kriging*.

1.4 Batasan Penelitian

Penelitian yang dilakukan bertujuan untuk mengidentifikasi dan mengkaji kualitas air di Kota Semarang yang mempunyai batasan sebagai :

1. Sampel air tanah disini lebih spesifik di sumur – sumur gali di Kota Semarang dengan pengambilan sampel pada bulan Juli 2017
2. Parameter kualitas air yang diteliti meliputi DHL, pH, CaCO_3 , Mg^{2+} , Fe^{2+} , K^+ , Na^+ , Cl^- , NO_3^- , NO_2^- , Ca^{2+} , Mn^{2+} , NH_4^+ , HCO_3^- , SO_4^- dan TDS dengan menggunakan uji laboratorium kimia di laboratorium Badan Geologi Bandung
3. Metode yang digunakan untuk mengetahui faktor yang mempengaruhi penurunan kualitas air adalah dengan menggunakan *Principal Component Analysis* (PCA) dan analisis cluster (*Hierarchical Clustering Analysis*)
4. Pemetaan sebaran cemaran air tanah di Kota Semarang dengan menggunakan Sistem Informasi Geografis dengan metode interpolasi *Ordinary Kriging*.

1.5 Manfaat Penelitian

1.5.1 Manfaat Teoritis

Secara teoretis, penelitian ini bermanfaat untuk memberikan sumbangan pemikiran baik berupa konsep pemikiran, metode, teori dalam khasanah studi ilmu lingkungan pada umumnya. Khususnya dalam pengembangannya pencemaran air tanah di Kota Semarang.

1.5.2 Manfaat Praktis

Dari penelitian yang dilakukan diharapkan dapat memberikan manfaat bagi masyarakat, pelaku industri dan pemerintah. Berikut manfaat yang dapat diberikan :

1. Memberikan informasi mengenai kualitas air tanah di Kota Semarang serta memberikan masukan untuk membantu meminimalisir dampak yang mungkin ditimbulkan akibat memanfaatkan air tanah sebagai air konsumsi kepada masyarakat.
2. Memberikan informasi terkait gambaran sebaran cemaran air tanah di Kota Semarang serta memberikan masukan kepada para pelaku industri untuk meminimalisir penurunan kualitas air tanah.
3. Memberikan informasi terkait faktor faktor yang mempengaruhi penurunan kualitas air tanah di Kota Semarang serta memberikan rekomendasi dan saran kepada pemerintah untuk meminimalisir penurunan kualitas air tanah.

1.6 Keaslian Penelitian

Keaslian penelitian juga bermanfaat untuk mengatasi plagiarisme yang dilakukan penelitian terbaru dan penelitian sebelumnya di kalangan akademis. Keaslian pada penelitian ini terlihat pada rumusan masalah, tujuan dan manfaat pada penelitian, lokasi yang berbeda, teknik sampling, dan metode analisis. Keaslian penelitian disajikan pada Tabel 1.1.

Tabel 1.1 Keaslian Penulisan

NO	PENELITI DAN TAHUN	JUDUL PENELITIAN	METODE YANG DIGUNAKAN	HASIL PENELITIAN
1	Sudaryanto, dkk. 2014	Gangguan Air Laut terhadap Kondisi Air Tanah di Wilayah Semarang, Jawa Tengah	Diagram Piper	Analisis kandungan kimia terhadap 13 percontoh air tanah tidak tertekan, 10 percontoh air tanah tertekan, dan analisis isotop stabil pada tujuh percontoh air tanah tertekan dan dua percontoh air tanah bebas menunjukkan indikasi adanya gangguan air laut terhadap kondisi air tanah di Kota Semarang.
2	Purba dan Kamil. 2015	Analisis Pola Penyebaran Logam Berat Pada Air Tanah Dangkal Akibat Lindi di Sekitar Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Jatibarang, Semarang	Pemodelan Matematis Analitik	Konsentrasi kromium <i>hexavalen</i> , kadmium dan timbal telah melebihi baku mutu yang dianjurkan. Kecepatan aliran air tanah sebesar 0,06 m/hari mengalir dari kontur yang lebih tinggi menuju kontur yang lebih rendah. Hasil analisis laboratorium menunjukkan bahwa konsentrasi kromium hexavalen pada wilayah air tanah dangkal 0,0135-0,045 mg/l, konsentrasi Timbal 0,0005-0,0042 mg/l, Daya hantar listrik 0,49-0,85 mS/cm, dan pH 5,66-6,45. Hasil simulasi model menunjukkan bahwa konsentrasi kromium hexavalen pada lindi masi dapat terdeteksi pada jarak \pm 300 meter, sedangkan konsentrasi timbal pada lindi masih dapat terdeteksi pada jarak \pm 200 meter. Berdasarkan simulasi model dalam memprediksi persebaran kontaminan pada air tanah, bila tanpa adanya pengelolaan yang baik maka 10 tahun mendatang, konsentrasi kromium hexavalen pada air tanah akan melebihi baku mutu yang ditetapkan, sedangkan pada parameter timbal, air tanah akan tercemar timbal setelah 50 tahun.

Tabel 1.1 Lanjutan

NO	PENELITI DAN TAHUN	JUDUL PENELITIAN	METODE YANG DIGUNAKAN	HASIL PENELITIAN
3	Yesiana,dkk. 2015	Pengelolaan Kawasan Pesisir Kota Semarang: Sebuah Potret Berkelanjutan	Kuantitatif	Pengelolaan kawasan pesisir di Kecamatan Tugu dan Kecamatan Genuk meliputi sinergitas stakeholder, kegiatan rehabilitasi mangrove, pembangunan alat pemecah ombak (APO), diversifikasi budidaya ikan tambak dan usaha pengolahan, pengembangan sistem informasi iklim dan pemanfaatan hutan mangrove sebagai fungsi ekologi, edukasi dan wisata (ekoeduwisata). Program-program yang dilakukan pada pengelolaan kawasan pesisir Kota Semarang dalam rangka menyelamatkan lingkungan dan meningkatkan taraf ekonomi masyarakat pesisir, sehingga pengelolaan tidak hanya berfokus pada konsep ekologi, namun juga konsep ekonomi partisipatif
4	<i>Pryambodo,dkk. 2016</i>	Zonasi Intrusi Air Asin Dengan Kualitas Fisik Air Tanah di Kota Semarang	SIG	Nilai pH didaerah penelitian sebagian besar berada diatas 7,5 dalam hal ini bersifat basa yang masuk dalam batasan air payau. Nilai Salinitasnya bernilai diatas 0,5 ‰ hal ini sudah masuk dalam katagori air payau. Nilai Daya Hantar Listrik (DHL) air tanahnya diatas 900 $\mu\text{mhos/cm}$ yang mengakibatkan berubahnya fungsi air tanah menjadi air payau. Ketiga peta sebaran nilai kualitas air tanah (pH, Salinitas, DHL) tersebut disajikan dengan peta zonasi untuk mengetahui pola sebaran intrusi air asin di wilayah kota Semarang. Peta zonasi di buat menjadi tiga zona yaitu zona air tawar, zona air payau, zona air asin, sebagian besar wilayah kota semarang fungsi air tanahnya sudah berubah menjadi air payau, untuk zona air tawar terdapat di wilayah Semarang Selatan.

Tabel 1.1 Lanjutan

NO	PENELITI DAN TAHUN	JUDUL PENELITIAN	METODE YANG DIGUNAKAN	HASIL PENELITIAN
5	Putranto dan Rude. 2016	Hydrogeological Model of an Urban City in a Coastal Area, Case Study: Semarang, Indonesian.	Kuantitatif	Hasil penelitian ini diketahui bahwa Kota Semarang memiliki air tanah yang tereksplorasi di sumur dalam dan terkonsentrasi di akuifer terbatas. Model hidrogeologi Semarang terdiri dari dua akuifer, tiga akuitar, dan satu akuiklus. Akuifer 1 tidak dibatasi, sedangkan akuifer 2 terbatas. Akuifer 2 diklasifikasikan menjadi tiga kelompok (2a, 2b, dan 2c) berdasarkan analisis kandungan ion utama dan penampang hidrostratigrafi.
6	Putranto, dkk. 2017	Assessment of Groundwater Quality to Achieve Sustainable Development in Semarang Coastal Areas.	Analisis Spasial	Semarang berkembang pesat terutama di sektor industri dan komersial. Pemetaan hidrogeologis dan analisis spasial digunakan untuk menilai kualitas air tanah di wilayah pesisir Semarang. Hasil menunjukkan bahwa muka air bervariasi dari 0,03 hingga 17,5 m dan mengalir dari selatan ke utara yang mengikuti topografi yaitu lebih tinggi ke selatan. Nilai pH berkisar dari 6,05 hingga 8,17 sementara DO hingga 1,5 mg/L. Nilai EC mencapai hingga 6.370 $\mu\text{S}/\text{cm}$ di utara serta nilai salinitas maksimum sekitar 3.600 mg/L.
7	Widada, dkk. 2018	Intrusi Air Laut di Pesisir Tugu Kota Semarang Berdasarkan Resistiviti dan Hidrokimia.	Analisis Deskriptif	Akuifer di daerah Pesisir Tugu terdiri dari beberapa lapisan. Akuifer yang telah terintrusi air laut adalah yang berada di sebelah utara jalan raya Semarang – Kendal, baik untuk akuifer bebas maupun akuifer tertekan. Kedalaman akuifer tertekan yang terintrusi adalah hingga mencapai 50 sampai dengan 75 m di bawah muka tanah setempat. Sedangkan kedalaman akuifer bebasnya berada hingga kedalaman 6 m di bawah muka tanah setempat.

Tabel 1.1 Lanjutan

NO	PENELITI DAN TAHUN	JUDUL PENELITIAN	METODE YANG DIGUNAKAN	HASIL PENELITIAN
8	Yuliyani dkk. 2018	Study Of Spatial Effect Distribution Of Groundwater Quality On Rob Disaster In Semarang City	Analisis Spasial	Indeks kualitas air tanah di Kota Semarang yang biasa digunakan untuk kegiatan sehari-hari dengan parameter pengukuran meliputi pH, DHL, TDS, dan Nitrat menunjukkan bahwa kecamatan yang terkena dampak paling parah adalah Kecamatan Genuk dan kecamatan yang kualitasnya masih bagus adalah Kecamatan Pedurungan
9	Amanah,dkk. 2019	Application of Cluster Analysis and Principal Component Analysis for Assessment of Groundwater Quality—A Study in Semarang, Central Java, Indonesia.	Analisis Klaster dan PCA	Konsentrasi timbal, kadmium dan TDS dalam air tanah tanah melebihi ambang batas yang ditetapkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia tahun 2010. Kelebihan konsentrasi timbal, kadmium dan TDS membuat air tidak layak konsumsi karena akan berdampak pada kesehatan seperti menginduksi cedera melalui stres oksidatif, perubahan epigenetik dalam ekspresi DNA, saraf pusat, hematopoietik, hati dan sistem ginjal yang mungkin tidak dapat dipulihkan. Analisis klaster menunjukkan 7 lokasi masuk pada klaster pertama sedangkan tiga lokasi yang lain masuk pada klaster ke dua, tiga, dan empat. Dari analisis faktor didapatkan empat faktor utama yaitu mangan, nitrat, seng dan kadmium. Keempat faktor diasumsikan bahwa pencemaran karena faktor antropogenik seperti limbah industri, limbah domestik dan pertanian yang menyebabkan menurunnya kualitas air tanah.