



Kajian Kualitas Air Tanah Dampak Intrusi di Sebagian Pesisir Kabupaten Tuban

Erik Febriarta ^{*1}, M. Widyastuti²

¹ Magister Pengelolaan Pesisir dan Daerah Aliran Sungai, Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia

² Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia

¹ Palawa Karya, Yogyakarta, Indonesia

Article Info

Article History

Dikirim 24 April 2020
 Diterima 1 Juni 2020
 Terbit 29 Juli 2020

Keywords:

air tanah; intrusi; kualitas air; pesisir

groundwater; intrusion;
 water quality; coastal

Abstrak

Wilayah Kabupaten Tuban bagian utara berbatasan langsung dengan Laut Jawa dengan pembangunan terpusat pada daerah pesisir. Salah satu isu permasalahan yang timbul dari pertumbuhan kota pesisir adalah penurunan kualitas air tanah akibat intrusi air laut. Penelitian ini bertujuan mengetahui kualitas air tanah yang terdapat intrusi air laut. Metode yang digunakan untuk mengetahui kondisi kualitas air tanah dengan analisis perbandingan dengan nilai baku mutu Permenkes RI No.32 Tahun 2017. Unsur yang dianalisis e.coli, e.coli total, nitrit (N02), nitrat (N03), bau, total zat padat terlarut (TDS), rasa, daya hantar listrik (DHL), besi (Fe), klorida (Cl), sulfat (S04), kesadahan (CaC03), keasaman (pH), natrium (Na), kalium (K), bikarbonat (HC03), karbonat (C03), kalsium (Ca). Unsur yang melebihi baku mutu antara lain ecoli yang bersumber dari limbah rumah tangga (domestik), nitrat (N03) yang bersumber dari pupuk pertanian, daya hantar listrik (DHL) bersumber dari ion garam terlarut dan kesadahan (CaC03) yang bersumber dari batuan kapur. Sedangkan metode untuk mengetahui dampak intrusi air laut adalah dengan perbandingan ion mayor yaitu Mg²⁺ dan Ca²⁺, dan Cl⁻ dan HC03⁻. Hasil penelitian menunjukkan 11 dari 12 sampel atau 91% terpengaruh intrusi air laut.

Abstract

Abutting the Java Sea-Indonesia, the north edge of Tuban Regency centers its development on coastal areas. With the intensive growth of coastal cities, groundwater quality is inclined to deteriorate due to seawater intrusion. This study was conducted to assess groundwater quality affected by seawater intrusion by comparing it with the water quality standard issued in the Regulation of the Indonesian Minister of Health No. 32/2017. The elements analyzed were E. Coli, total E. Coli, nitrite (N02), nitrate (N03), odor, Total Dissolved Solids (TDS), taste, Electrical Conductivity (EC), iron (Fe), chloride (Cl), sulfate (S04), hardness (CaC03), acidity (pH), sodium (Na), potassium (K), bicarbonate (HC03), carbonate (C03), and calcium (Ca). E. Coli originating in domestic waste, nitrate (N03) from agricultural fertilizers, electrical conductivity (EC) from dissolved salt ions, and hardness (CaC03) due to the influence of limestone were found to have exceeded the quality standard. Seawater intrusion was determined from the ratio of major ions, namely Mg²⁺ + Ca²⁺ and Cl⁻ + HC03⁻, and the results showed that 11 of the 12 samples, or approximately 91%, were affected by seawater intrusion.

PENDAHULUAN

Air tanah merupakan bagian dari kebutuhan dasar bagi manusia dan makhluk hidup disekitar yang diperlukan untuk keberlangsungan hidup. Air tanah merupakan media yang dapat berubah dan menyerap disetiap batuan yang dilewatinya (Fetter, 2014). Air tanah mempunyai sifat melarutkan mineral yang terkandung didalam batuan yang dilewatinya (Mishra et all, 2015) Sehingga kandungan mineral yang terkandung dalam suatu akuifer sangat dipengaruhi oleh material batuan yang dilewatinya atau dapat didefinisikan sebagai tipe air tanah dari unsur kimia air (Singhal dan Gupta, 2010.). Selain dari kondisi geologi, kualitas air tanah dapat dipengaruhi oleh lokasi terhadap laut. Semakin mendekati laut karakteristik air tanah mendekati payau hingga asin. Karakteristik air tanah pesisir yang dominan payau memiliki nilai daya hantar listrik yang relatif tinggi selain dari sifat fisik mempunyai rasa asin (Febriarta *et al*, 2018; Hounsinou, 2020)

Air tanah di kawasan pesisir sangat dinamis, faktor yang mempengaruhi antara lain jarak terhadap laut, kedalaman air tanah, porositas batuan, dan aktivitas manusia diatasnya (Purnama, 2010). Musim juga mempengaruhi dinamika tersbut, dimana pada musim kemarau memiliki potensi intrusi air laut lebih besar dari pada musim penghujan (Hounsinou, 2020). Intrusi air laut merupakan peristiwa masuknya air laut kedalam akuifer air tanah tawar diakibatkan oleh dorongan atau tekanan air laut dimana dapat diakibatkan oleh rongga akuifer air tanah tawar kosong (Purnama, 2010; Suharno *et al*, 2015). Faktor tersebut mengakibatkan secara kualitas air tanah menurun.

Penurunan kualitas air tanah memiliki dampak tidak dapat tidak dapat dikonsumsi pada jumlah tertentu atau sama sekali tidak dapat dikonsumsi oleh manusia dan makhluk hidup disekitarnya. Air tanah yang kualitasnya menurun mempunyai dampak kesehatan bagi tubuh manusia atau makhluk hidup disekitar yang mengkonsumsi. Terbatasnya air tanah yang dapat dikonsumsi sangat dipengaruhi oleh batas kebutuhan dasar manusia atau makhluk hidup atau disebut dengan kadar baku mutu (Febriarta *et al*, 2018). Pentingnya informasi kualitas air tanah diperlukan sebagai cara adaptasi dalam rangka memenuhi kebutuhan hidup dan sangat mempengaruhi pola penggunaan air tanah, dimana air tanah merupakan kebutuhan dasar (Widada *et al*, 2018). Perubahan unsur yang dominan dari intrusi air laut dapat dilihat dari komposisi kimia air tanah diantaranya dari ion klorida (Cl) (Singhal dan Gupta, 2010; Purnama 2010; Cahyadi et al, 2017). Unsur kimia dari air ta-

nah yang dominan terdampak intrusi ditunjukkan dari kandungan nilai sodium (Na) dan klorida (Cl) yang relatif tinggi (Suhartono et al, 2015, Cahyadi et al, 2017; Hounsinou, 2020).

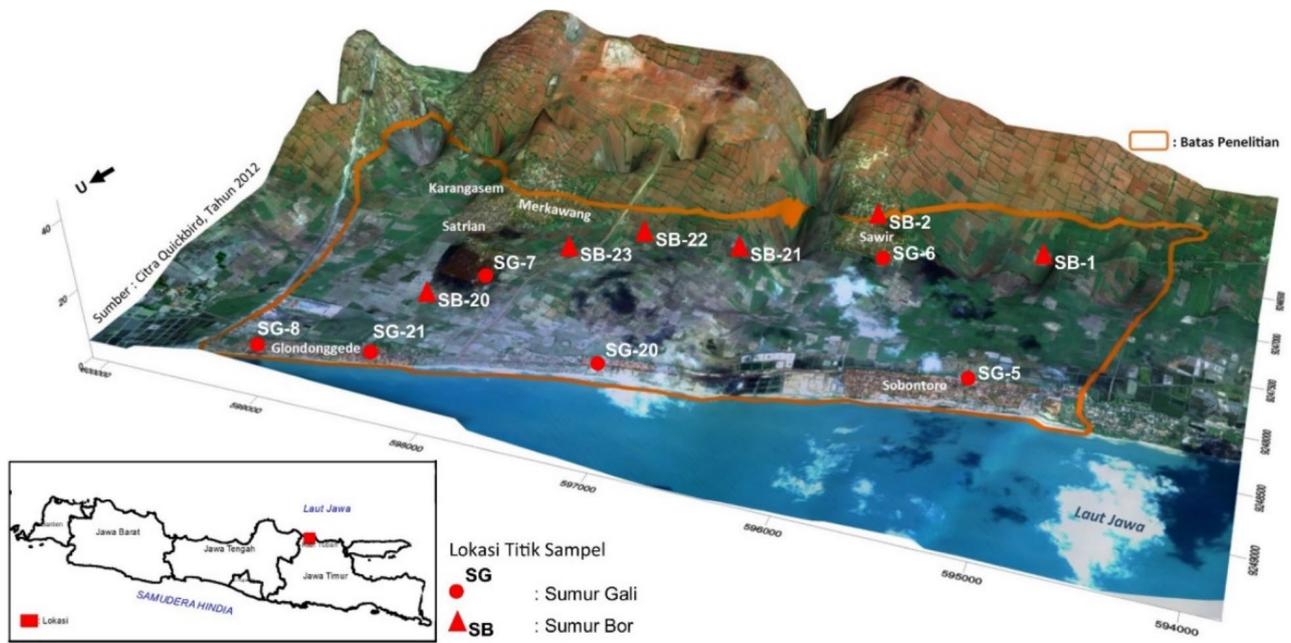
Kabupaten Tuban memiliki wilayah di pesisir pantai utara Pulau Jawa. Petumbuhan permukiman berada di kawsan pesisir, dikarenakan memiliki kondisi topografi yang datar dan terdapat akses jalan utara antar provinsi. Pertumbuhan ekonomi dan pembangunan daerah mempunyai dampak perubahan ruang wilayah menjadi lahan terbangun dengan aktivitas manusia. Pola perkembangan pembangunan yang berada di sepanjang pesisir, memiliki dampak diantaranya dari sisi penggunaan air tanah adalah pengambilan air tanah yang melebihi kapasitas daya dukung dari akuifer air tanah sehingga mengakibatkan intrusi air tanah dan menurunkan kualitas air tanah. Selain penggunaan air di kawasan permukiman dan kawasan kegiatan ekonomi, pola pengarian dari kegiatan pertanian dan sawah di pesisir juga mempercepat kontaminasi atau intrusi air laut. Faktor tersebut dipengaruhi oleh pengambilan air tanah dangkal untuk kegiatan pertanian dan sawah. Penurunan kualitas air tanah dapat mengakibatkan penurunan kesehatan. Berdasarkan latar belakang tersebut, maka tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui kualitas air tanah dilihat dari unsur mayor di dalam air dan mengkaji potensi daerah yang terdampak intrusi air laut dengan perbandingan ion mayor.

METODE PENELITIAN

Lokasi pengambilan sampel air tanah berada di dataran pantai, secara administrasi berada di Kecamatan Tambakboyo dan Kecamatan Jenu. Metode pengambilan titik sampel air tanah menggunakan *purposive sampling*, dengan pertimbangan sampel air yang digunakan digunakan sehari-hari atau kegiatan domestik dan mewakili di kawasan permukiman. Berdasarkan pendekatan tersebut diperoleh jumlah sampel sejumlah 12 titik pengambilan. Sumber air sampel berasal dari 6 titik dari sumur bor (SB) dan 6 titik dari sumur gali (SG). Lokasi titik sampel disajikan pada Gambar 1.

Analisis Nilai Daya Hantar Listrik (DHL)

Parameter pengukuran yang dapat diuji langsung dilapangan antara lain nilai Daya Hantar Listrik (DHL), bau dan rasa. Pendekatan nilai daya hantar listrik (DHL) mempunyai korelasi dengan nilai salinitas, yang disebabkan oleh ion garam terlarut (Youger, 2007; Aries et al, 2013; Hounsinou, 2020). Sehingga distribusi nilai daya hantar listrik (DHL) dapat digunakan sebagai persebaran pen-



Gambar 1. Lokasi titik sampel air

garuh intrusi air laut secara keruangan (Hounsinou, 2020). Analisis salinitas adalah kadar garam terlarut dalam air dengan satuan salinitas adalah per mil (‰). Data yang diperoleh disajikan dengan metode ekstrapolasi dalam Sistem Informasi Geografis (SIG). Nilai kelas salinitas berdasarkan nilai daya hantar listrik ditunjukkan dalam Tabel 1, sebagai berikut (Suherman, 2007).

Tabel 1. Korelasi DHL terhadap salinitas

Kualitas Air	DHL ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
Tawar	< 1.500
Agak Payau	> 1.500 - \leq 5.000
Payau	> 5.000 - \leq 15.000
Asin	>15.000 - \leq 50.000
Brine	> 50.000

Analisis Kualitas Air

Parameter unsur uji laboratorium, dilakukan pengambilan sampel air dengan menggunakan botol sampel tertutup dan untuk sampel biologi yaitu unsur coli, diberi pendingin untuk menjaga kondisi air sampel tidak berubah sampai uji laboratorium. Waktu pengambilan sampel air musim kemarau. Setiap pengambilan titik sampel dilakukan pencatatan koordinat lokasi dengan *Global Positioning System* (GPS). Lokasi pengambilan titik sampel air disajikan pada Gambar 1. Penyajian data secara keruangan (spasial) titik pengambilan sampel menggunakan Sistem Informasi Geografi (SIG).

Sampel air yang digunakan untuk uji kualitas air tanah bersumber langsung dari sumur gali dan sumur bor. Parameter yang digunakan untuk men-

getahui kualitas air antara lain biologi, an organik, fisik dan kimia. Satuan usur yang diuji untuk parameter kualitas air disajikan pada Tabel 2. Untuk mengetahui kadar maksimal baku mutu terhadap konsumsi manusia mengacu nilai baku mutu (kadar maksimal) dari PermenKes RI No.32 Tahun 2017, tentang standar baku mutu kesehatan lingkungan dan persyaratan kesehatan air untuk keperluan hygiene sanitasi, dan untuk nilai unsur yang tidak terdapat di pemendes, yaitu unsur natrium (Na), kalium (K), bikarbonat (HCO_3^-), magnesium (Mg) dan kalsium (Ca) merujuk nilai dari baku mutu Todd dan Mays (2005).

Perbandingan Ion Mayor terhadap Intrusi Air Laut

Analisis pengaruh intrusi air laut di akuifer pesisir dapat diketahui dengan pendekatan analisis perubahan air tawar menjadi air laut berdasarkan perbandingan nilai ion mayor (Youger, 2007). Analisis pengaruh intrusi air laut dapat diketahui dengan perbandingan ion Kalsium (Ca^{2+}) dan Magnesium (Mg^{2+}) dan perbandingan ion klorida (Cl^-) dengan Bikarbonat (HCO_3^-) (Aries *et al*, 2013). Kemudian untuk penyajian perbandingan disajikan dengan gambar *scatter plot*. Kriteria yang pengaruh intrusi air laut dapat dilihat pada Tabel 3, sebagai berikut (Aries *et al*, 2013):

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukuran untuk mengetahui kondisi kualitas air tanah di pesisir diperoleh dari uji laboratorium. Jumlah sampel yang diuji sejumlah 12

Tabel 2. Unsur parameter baku mutu air

No.	Parameter	Unsur	Baku mutu	Unit	Baku Mutu
1	Biologi	1 E.Coli		CFU/100ml	0
		2 E.Coli Total		CFU/100ml	50
2	An Organik	1 Nitrit (NO ²)		mg/l	10
		2 Nitrat (NO ³)	PermenKes RI No.32 Tahun 2017,tentang standar baku mutu kesehatan lingkungan dan persyaratan kesehatan air untuk keperluan hygiene sanitasi	mg/l	1
3	Fisik	1 Bau		-	Tidak berbau
		2 Total zat padat terlarut (TDS)		mg/l	1000
		3 Rasa		-	Tidak berasa
		4 Daya Hantar Listrik (DHL)		µmhos/cm	1000
4	Kimia	1 Besi (Fe)		mg/l	1
		2 Khlorida (Cl)		mg/l	250
		3 Sulfat (SO ₄)		mg/l	400
		4 Kesadahan (CaCO ₃)		mg/l	500
		5 Keasaman (pH)		mg/l	6,5 – 8,5
		6 Natrium (Na)		mg/l	200
		7 Kalium (K)		mg/l	50
		8 Bikarbonat (HCO ₃ ⁻)	Todd dan Mays (2004)	mg/l	500
		9 Magnesium (Mg)		mg/l	50
		10 Kalsium (Ca)		mg/l	100

Tabel 3. Perbandingan ion terhadap intrusi air laut

No.	Perbandingan Ion	Kriteria
1	Mg ²⁺ dan Ca ²⁺	Mg ²⁺ /Ca ²⁺ > 1 ; air tanah terpengaruh intrusi air laut
2	Cl ⁻ dan HCO ₃ ⁻	1. Cl ⁻ / HCO ₃ ⁻ < 0.5 ; air tanah belum terpengaruh intrusi air laut,
		2. Cl ⁻ dan HCO ₃ ⁻ antara 0.5 – 6,6 air tanah terpengaruh sedikit intrusi air laut,
		3. Cl ⁻ dan HCO ₃ ⁻ > 6,66 air tanah sudah terpengaruh air laut.

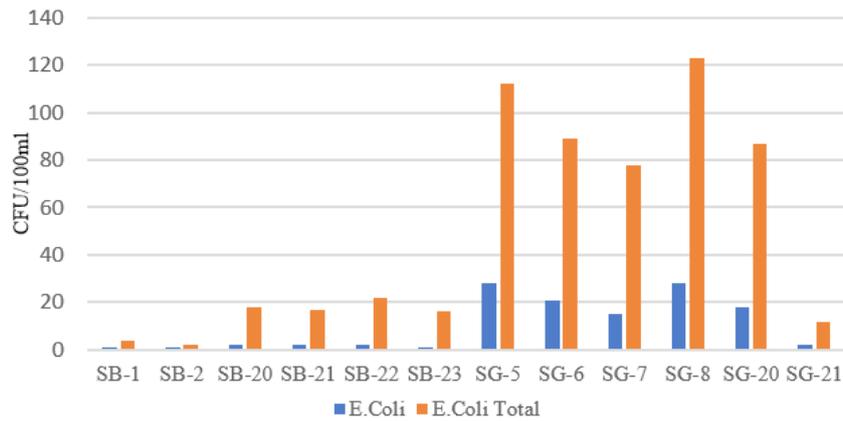
sampel. Nilai keakuratan pengujian *Cation Anion Balance* atau *Charge Balance Error* (CBE) hasil uji laboratorium < 8% (Tabel 4), sehingga hasil tersebut memiliki tingkat keakuratan yang tinggi dan dapat digunakan untuk analisis kualitas air. Parameter yang diuji antara lain parameter biologi, an organik, fisik dan kimia.

Unsur dari parameter biologi terdiri dari e.coli dan e.coli total. Berdasarkan hasil uji menunjukkan seluruh sampel melebihi nilai baku mutu yaitu nilai kadar 0 untuk e.coli, sedangkan kadar baku mutu untuk e.coli total adalah kadar 50. Sampel yang bersumber dari sumur gali menunjukkan nilai yang lebih tinggi dibanding sampel sumur bor (Gambar 2). Hal ini dimungkinkan sumur gali memiliki kedalaman relatif dangkal dan mendapatkan sumber pencemar dari aliran permukaan yang masuk ke akuifer dangkal.

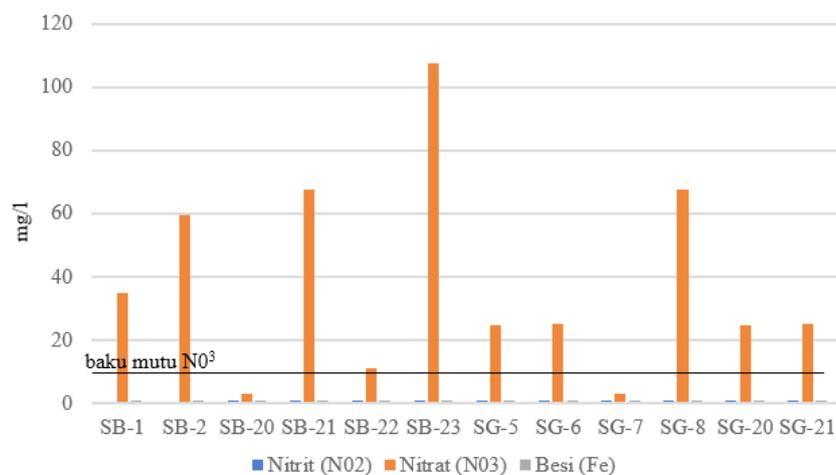
Unsur dari parameter an organik terdiri dari nitrit (NO²) dan nitrat (NO³). Berdasarkan hasil uji laboratorium diketahui kadar nitrit (NO²) seluruh

sampel dibawah baku mutu, yaitu < 1. Sumber nitrit (NO²) dapat bersumber dari limbah kegiatan rumah tangga atau limbah domestik. Sedangkan kadar nitrat (NO³) seluruh sampel melebihi baku mutu, yaitu >50 (Gambar 3). Nilai nitrat (NO³) yang tinggi dimungkinkan berasal dari limbah pertanian dimana penggunaan lahan di lokasi penelitian terdapat pertanian dan sawah (Gambar 1). Sumber dari nitrat (NO³) dapat dimungkinkan dari pupuk pertanian yang berlebihan dan masuk kedalam akuifer. Selain pencemaran pupuk, nilai nitrat (NO³) dapat menunjukkan kedekatan dengan air laut dimana konsentrasi nitrat (NO³) di pantai 0-30 mg/l. Berdasarkan hasil tersebut konstrasi nitrat (NO³) yang berkorelasi dengan intrusi air latu ditunjukkan dari sampel SB-1, SB-2, SB-21, SB-23, SG6, dan SG-8.

Unsur dari parameter fisik yang diuji antara lain bau, total zat adat (TDS), rasa, dan daya hantar listrik (DHL). Berdasarkan hasil seluruh sampel uji laboratorium menunjukkan unsur tidak



Gambar 2. Kadar E.Coli dan E.Coli total melebihi baku mutu



Gambar 3. Kadar NO_2 , NO_3 melebihi baku mutu dan Fe

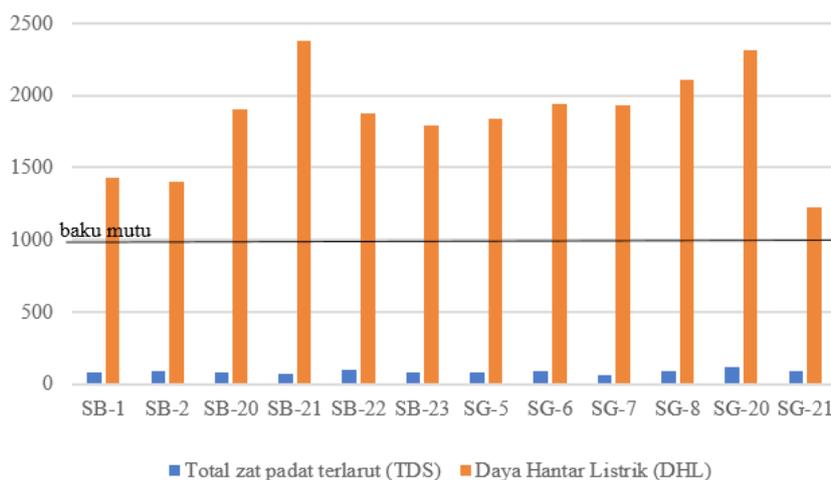
berbau. Parameter untuk unsur rasa seluruh sampel menunjukkan rasa sedikit asin. Rasa sedikit asin mempunyai korelasi dengan nilai daya hantar listrik (DHL) yang melebihi baku mutu dimana $> 1000 \mu\text{mhos/cm}$ (Gambar 4). Nilai daya hantar listrik (DHL) berkorelasi dengan ion garam terlarut didalam air. Nilai yang tinggi tersebut dimungkinkan dipengaruhi oleh air laut yang bercampur dengan akuifer air tanah.

Uji untuk parameter kimia terdiri dari unsur besi (Fe), klorida (Cl), natrium (Na), sulfat (SO_4), kesadahan (CaCO_3), bikarbonat (HCO_3), magnesium (Mg), kalium (K) dan kalsium (Ca). Berdasarkan hasil uji laboratorium, nilai konsentrasi unsur besi (Fe) seluruh sampel tidak melebihi baku mutu (Gambar 3). Konsentrasi nilai klorida (Cl) yang melebihi batas baku mutu ditunjukkan pada sampel sumur gali yaitu SG-8, SG-20 dan SG-21. Konsentrasi klorida (Cl) mempunyai dampak terhadap salinitas, yang disebabkan oleh ikatan ion garam terlarut mengikat dengan ion lain. Natrium (Na) merupakan unsur senyawa yang memiliki korelasi dengan lebih besar dengan air laut dibanding

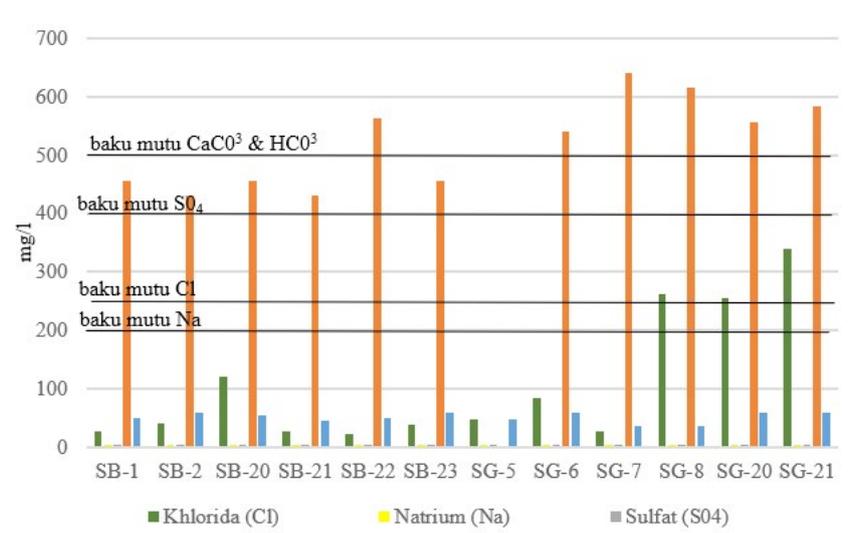
dengan unsur terlarut dari batu atau faktor geologi. Berdasarkan hasil uji laboratorium menunjukkan dibawah batas baku mutu dimana $>200 \text{ mg/l}$ (Gambar 5).

Unsur sulfat (SO_4) mempunyai kesamaan sumber seperti natrium (Na) yaitu dominan dari air laut selain dari batuan (faktor geologi). Berdasarkan dari hasil nilai uji laboratorium sulfat (SO_4) menunjukkan nilai dibawah baku mutu yaitu 400 mg/l . Konsentrasi dari unsur kesadahan (CaCO_3) menunjukkan nilai melebihi baku mutu yaitu 500 mg/l (Gambar 5). Sumber dari kesadahan (CaCO_3) bersumber dari pelarutan kapur faktor geologi yaitu dari Formasi Paciran dan Ngratong yang tersusun atas batugamping. Unsur bikarbonat (HCO_3) dari sampel uji laboratorium menunjukkan dibawah baku mutu yaitu dibawah 500 mg/l .

Kadar dari unsur magnesium (Mg) sebanyak 7 sampel melebihi baku mutu yaitu 50 mg/l , yaitu sampel SB-1, SB-2, SB-21, SB-22, SG-6, SG-20 dan SG-21. Sumber magnesium (Mg) dialam bersumber dari pelarutan batuan (batu beku), dan merupakan unsur ketiga yang dominan di dari air



Gambar 4. Kadar TDS dan DHL



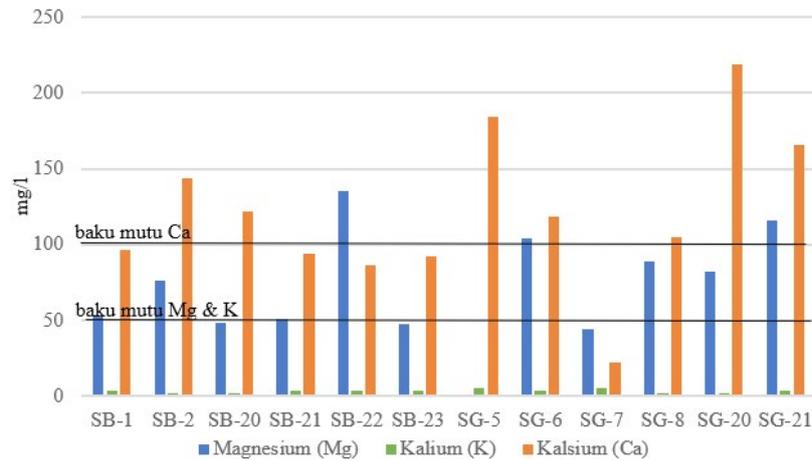
Gambar 5. Kadar Cl, Na, S04, CaCO3, dan HCO3

laut. Seperti unsur magnesium (Mg), unsur kalium (K) juga berumber pelarutan batu beku. Berdasarkan hasil uji laboratorium unsur kalium (K) tidak melebihi baku mutu air. Unsur yang terakhir diuji laboratorium adalah kalsium (Ca). Kalsium (Ca) bersumber dari pelarutan batuan dengan dominan kapur. Berdasarkan hasil uji laboratorium unsur kalsium (Ca) terdapat 7 sampel yang melebihi baku mutu yaitu 100 mg/l. Sampel yang melebihi baku mutu ditunjukkan pada sampel SB-2, SB-122, SG-5, SG-6, SG-8, SG-20 dan SG-2 (Gambar 6). Tingginya kadar nilai kalsium (Ca) memiliki korelasi dengan unsur kesadahan (CaCO³) dimana unsur tersebut dipengaruhi oleh batuan kapur.

Intrusi air laut menjadikan perubahan kualitas air tanah oleh penurunan tinggi muka air akibat pengambilan atau pemompaan air tanah yang berlebihan. Analisis sampel air laut menggunakan parameter perbandingan ion. Hasil analisis pengaruh intrusi airlaut terhadap airtanah di daerah pesisir diperoleh dari dua metode perbandingan ion mua-

tan positif (+) atau kation dan ion muatan negatif (-) atau anion. Ion yang digunakan untuk perbandingan adalah ion kalsim (Ca) dengan magnesium (Mg), dan perbandingan ion bikarbonat (HCO³) dengan khlorida (Cl) (Tabel 4). Nilai skala perbandingan pengaruh intrusi disajikan pada Tabel 5.

Perbandingan muatan positif (kation) yaitu perbandingan kalsium (Ca) dan magnesium (Mg). Satuan perbandingan ion menggunakan satuan miliequivalen per liter (meq/l). Hasil perbandingan ion kalsium (Ca) dengan magnesium (Mg) adalah > 1 (Gambar 7). Kriteria perbandingan ion kalsium (Ca) dengan magnesium (Mg) >1 mempunyai arti bahwa sudah terpengaruhi oleh air laut. Hasil perbandingan ion nilai yang paling sedikit terpengaruh berada di titik SB-22, sedangkan nilai perbandingan tertinggi berada di titik SG-5 yang berlokasi paling dekat dengan garis pantai yang bersinggungan langsung dengan sumber intrusi yaitu air laut. Berdasarkan pengelompokan tersebut diketahui bahwa air tanah terjadinya penambahan ion mag-



Gambar 6. Kadar Mg, K, dan Ca

Tabel 4. Parameter unsur air tanah

No	Unsur	SB-1	SB-2	SB-20	SB-21	SB-22	SB-23	SG-5	SG-6	SG-7	SG-8	SG-20	SG-21	Satuan	Baku Mutu
1	E.Coli	1	1	2	2	2	1	28	21	15	28	18	2	CFU/100ml	0
2	E.Coli Total	4	2	18	17	22	16	112	89	78	123	87	12	CFU/100ml	50
3	NO_3^-	0,0009	0,0015	0,0009	0,0009	0,0009	0,0009	0,0009	0,0009	0,0009	0,0009	0,0009	0,0009	mg/l	1
4	NO_3^-	34,97	59,64	3,07	67,39	11,22	107,39	24,59	24,87	3,07	67,39	24,59	24,87	mg/l	10
5	Bau	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Tidak berbau
6	TDS	76,5	88,9	83,1	75,3	101	82	78,1	91,1	57,7	86,5	118,6	86,2	mg/l	1000
7	Rasa	Sedikit asin	Sedikit asin	Sedikit asin	Asin sedang	Sedikit asin	Asin sedang	Sedikit asin	Sedikit asin	-	Tidak berasa				
8	DHL	1.426	1.402	1.908	2.376	1.872	1.794	1.835	1.939	1.931	2.109	2.310	1.222	μ mhos/cm	1000
9	Fe	0,001	0,001	0,070	0,070	0,070	0,1	0,001	0,001	0,001	0,001	0,1	0,1	mg/l	1
10	Cl	28	40	120	28	22	38	48	84	28	262	256	340	mg/l	250
11	SO_4	0,60	0,80	0,70	0,90	0,08	0,09	0,90	0,90	0,03	0,06	0,09	0,08	mg/l	400
12	$CaCO_3$	456	432	456	432	564	456	440	540	640	616	556	584	mg/l	500
13	pH	7,26	7,32	7,45	7,26	7,74	7,28	7,44	7,49	7,49	7,36	7,53	7,66	mg/l	6,5–8,5
14	Na	2,89	3,23	1,80	2,17	2,53	2,95	2,02	1,57	4,17	3,86	3,20	2,18	mg/l	200
15	K	3,01	1,07	1,30	3,11	3,33	3,33	4,81	3,46	4,77	1,19	1,72	3,20	mg/l	50
16	HCO_3^-	51	59	54,30	45,80	51	58	48	58	36,40	36,40	58	58	mg/l	500
17	Ca	96	144	122	94	86	92	184	118	22	105	219	166	mg/l	100
18	Mg	53	76	48	51	135	47	20	104	44	89	82	116	mg/l	50
	CBE (%)	2,10	4,30	0,70	3,70	1,90	0,10	7,60	7,10	1,00	3,40	7,70	4,90		

Tabel 5. Sebaran nilai perbandingan ion terhadap air tanah

No	Unsur (mg/l)	SB-1	SB-2	SB-20	SB-21	SB-22	SB-23	SG-5	SG-6	SG-7	SG-8	SG-20	SG-21	
1	Magnesium (Mg)		53	76	48	51	135	47	20	104	44	89	82	116
2	Kalsium (Ca)		96	144	122	94	86	92	184	118	22	105	219	166
3	Ca/Mg		1,81	1,89	2,54	1,84	0,64	1,96	9,20	1,13	0,50	1,18	2,67	1,43
4	Khlorida (Cl)		28	40	120	28	22	38	48	84	28	262	256	340
5	Bikarbonat (HCO_3^-)		51	59	54,3	45,8	51	58	48	58	36,4	36,4	58	58
6	CL/ HCO_3^-		0,55	0,68	2,21	0,61	0,43	0,66	1,00	1,45	0,77	7,20	4,41	5,86

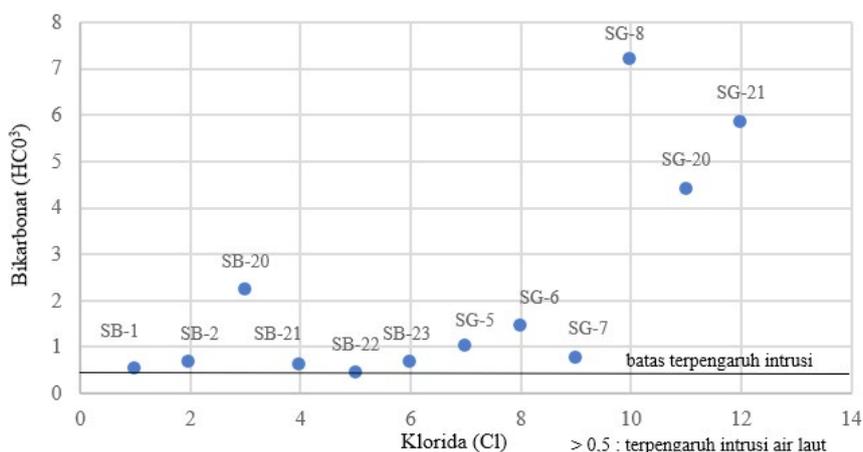
nesium (Mg) dari air laut. Sifat jumlah penambahan magnesium (Mg) dengan kalsium (Ca) relatif stabil menunjukkan pengaruh intrusi oleh air laut. Pengaruh intrusi air laut akan menimbulkan pergeseran ion kalsium (Ca) dengan magnesium (Mg) oleh kalium (K) dan natrium (Na).

Analisis pengaruh intrusi dapat diketahui juga dari perbandingan ion ion muatan negatif (-) atau anion. Perbandingan ion muatan negatif (-) atau anion menggunakan komposisi klorida (Cl) dengan bikarbonat (HCO^3). Hasil dari perbandingan ion negtif (-) adalah skala $>0,5$ batas terpengaruh intrusi air laut (Gambar 8). Nilai terkecil berada di titik SB-22, sama seperti pada perbandingan ion kalsium (Ca) dan magnesium (Mg). Nilai skala $>0,5$ dalam perbandingan ion muatan negatif menunjukkan bahwa semua sampel air tanah terpengaruh oleh intrusi air laut. Tingkat pengaruh intrusi kecil terdapat pada sampel SB-1, SB-2, SB-21, SB-23, SG-5, dan SG-7. Intrusi tingkat pengaruh sedang ditunjukkan pada sampel SG-6 dan SB-20.

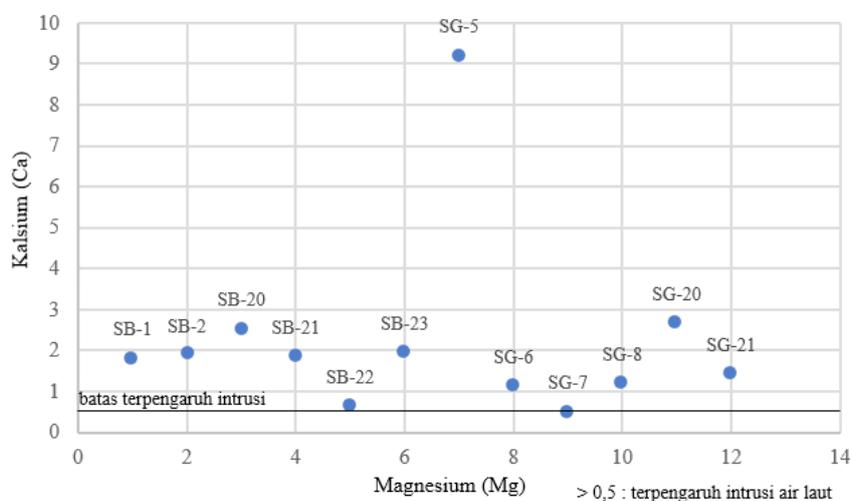
Tingkat intrusi pengaruh cukup besar ditunjukkan pada sampel SG-20 dan SG-21 sedangkan sampel dengan tingkat pengaruh terbesar ditunjukkan pada sampel SG-8 yang berlokasi dekat dengan garis pantai.

Sampel SB-23, SG-5, SG-7, SG-6, SB-20, SG-20 dan SG-21 menunjukkan perbandingan nilai klorida (Cl) yang relatif lebih tinggi mengindikasikan memiliki kemiripan mineral ion garam laut. Sifat ion negatif klorida (Cl) sangat dipengaruhi oleh air laut karena merupakan penyusun mineral di perairan laut. sedangkan dengan bikarbonat (HCO^3) adalah reaksi dari pelarutan batuan yang dilalui oleh aliran airtanah. Perbandingan bikarbonat (HCO^3) dan klorida (Cl) dengan nilai yang meningkat atau tinggi pada sampel SG-8 mengindikasikan terjadinya pergerakan air tanah terpengaruh oleh air laut dan bila nilai klorida (Cl) meningkat tajam (sangat tinggi) menunjukkan laju intrusi yang semakin besar.

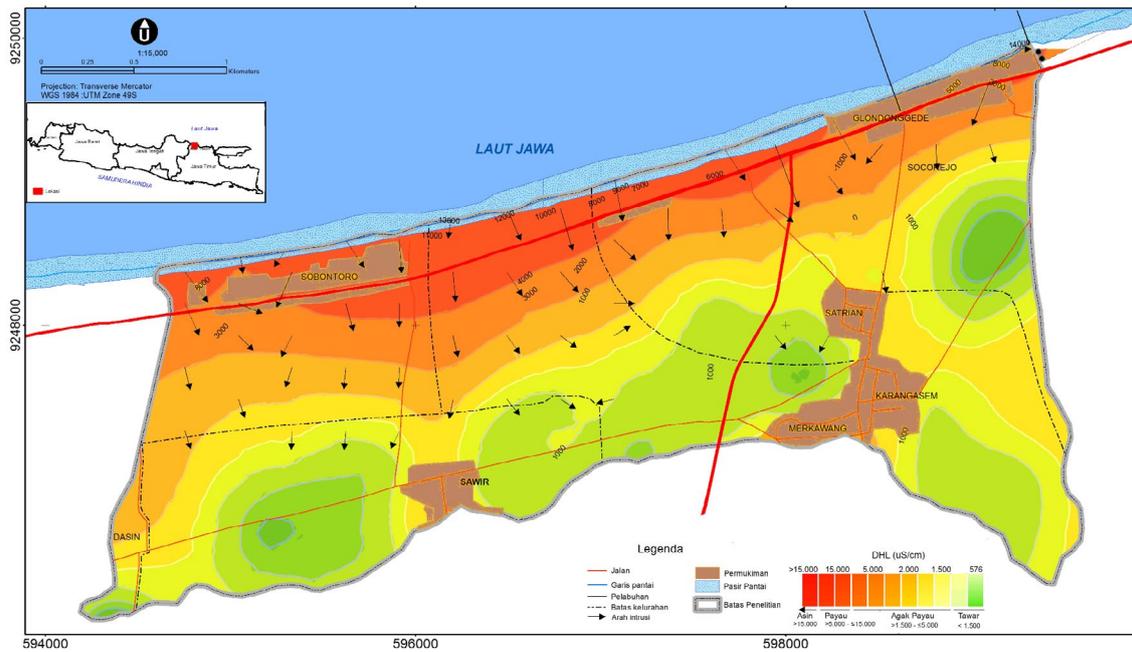
Nilai daya hantar listrik (DHL) memiliki ko-



Gambar 8. Distribusi perbandingan ion HCO^3 dan Cl terhadap air tanah



Gambar 7. Distribusi perbandingan ion Ca dan Mg terhadap air tanah



Gambar 9. Distribusi nilai DHL dan arah pengaruh intrusi

relasi dengan salinitas yang dipengaruhi oleh kandungan ion garam terlarut. Garam terlarut dipengaruhi oleh jarak dari sumber kontaminasi yaitu air laut. Hal tersebut dipengaruhi juga oleh unsur yang bersumber domain dari laut yaitu kalsium (Ca) dan klorida (Cl). Berdasarkan hasil laboratorium dari unsur nilai daya hantar listrik dapat menggambarkan secara keruangan (spasial) terpengaruh air laut.

Berdasarkan nilai daya hantar listrik (DHL) seluruh sampel mendapat pengaruh air asin kecil hingga sedang Berdasarkan nilai daya hantar listrik Desa Sobontoro, Glondonggede dan Socorejo mendapat pengaruh terbesar dari intrusi air laut disebabkan oleh jarak yang paling dekat dengan garis pantai. Sedangkan Desa Sawir, Satrian, Karangasem dan Merkawang terpengaruh intrusi air laut kecil. Arah distribusi nilai daya hantar listrik (DHL) pengaruh asin membentuk arah ke permukiman, yang mengindikasikan bahwa air asin tertarik hingga ke akuifer tawar yang berada di sekitar permukiman. Distribusi nilai daya hantar listrik (DHL) disajikan pada Gambar 9.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian dapat disimpulkan bahwa unsur yang melebihi baku mutu antara lain ecoli yang bersumber dari limbah rumah tangga (domestik), nitrat (NO_3^-) yang bersumber dari pupuk pertanian, daya hantar listrik (DHL) bersumber dari ion garam terlarut dan kesadahan (CaCO_3) yang bersumber dari batuan gamping. Sedangkan metode untuk mengetahui dampak intrusi air laut ada-

lah dengan perbandingan ion mayor yaitu magnesium (Mg) dan kalsium (Ca), dan klorida (Cl) dan bikarbonat (HCO_3^-) Hasil penelitian menunjukkan 11 dari 12 sampel atau 91% terpengaruh intrusi air laut.

DAFTAR PUSTAKA

- Aris, A.Z.; Pravenaa, S.M. dan Isa, N.M., 2013. Groundwater composition and geochemical controls in small tropical island of Malaysia : Comparative study dalam Wetzelhuetter, C. 2013. *Groundwater in The Coastal Zone of Asia-Pasific*. Dordrecht: Springer.
- Febriarta E., Prabawa B. A., Rosaji F.S.C., 2018. Sumber Daya Air di Pulau Pelapis Kepulauan karimata, Kabupaten Kayong Utara, Kalimantan Barat. *Prosiding Seminar nasional Ke- Pengelolaan Pesisir dan Daerah Aliran Sungai*.4.181-186. doi 10.17605/osf.io/v6nx8.
- Fetter, C.W., 2014. *Applied Hydrogeology Fourth Edition*. Pearson New Interbational Education: England.
- Hounsinou S.P., 2020. Assessment of potential seawater intrusion in a coastal aquifer system at Abomey - Calavi, Benin. *Heliyon*.6(2).doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03173
- Mishra, P., Panda, U.S., Pradhan U., Kumar,C.S., Mehmuna B., and Ishwarya, 2015. *Coastal Water Quality Monitoring And Modeling Off Chennai City*. Procedia Engineering.116.2015.955-962.
- Purnama S., 2010. *Hidrologi Airtanah*. Yogyakarta: Penerbit Kanisius
- Singhal, B.B.S. and Gupta, R.P., 2010. *Applied Hydrogeology of Fracture Rock*. Springer Dordrecht Heidelberg London: Springer.
- Suhartono E., Purwanto P., dan Suripin S., 2015. Seawater Intrusion Modeling On Groundwater Confined Aquifer In Semarang. *Procedia Environmental Sciences* 23: 110-115.
- Suherman D., 2007. *Mata Air Sebagai Sumber Air Bersih di Pulau-Pulau Kecil, Maluku Tenggara*. Dalam Hehanusa, P.E. dan Bhakti, H. (eds) 2005. Sumber Daya Air di

Pulau Kecil. Bandung: Lipi Press.

Todd, D.K. and Mays, L.W., 2005, *Groundwater Hydrology*
3rd Edition, Denver: John Wiley & Sons, Inc.

Widada S., Rochaddi B.,Suryono C., dan Irwani I., 2018. In-
trusi Air Laut Berdasarkan Resistiviti dan Hidrokimia
di Pesisir Tugu Kota Semarang Indonesia. *Jurnal*
Kelautan Tropis.21(2). 75-80. doi.org/10.14710/jkt.
v21i2.3610

Younger, P.L. 2007. *Groundwater In The Environment*. Oxford
UK: Blackwell Publishing.