

ANALISIS PENGARUH JUMLAH PENDUDUK TERHADAP SALINITAS AIR TANAH DI WILAYAH PESISIR KARAWANG

ANALYSIS OF THE EFFECT OF POPULATION NUMBER ON GROUNDWATER SALINITY IN KARAWANG COASTAL AREA

¹Wida Riyanti*, ²Sata Yoshida Srie Rahayu, ³Azis Kemal Fauzie

^{1,2}Pascasarjana Manajemen Lingkungan, Universitas Pakuan Bogor

^{1,3}Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Karawang

³Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Singaperbangsa Karawang

¹wiedarya@gmail.com, ²sata_rahayu@unpak.ac.id, ³azis.kemal@ft.unsika.ac.id

INFO ARTIKEL

Diterima: 13 Desember 2021

Direvisi: 22 April 2022

Disetujui: 09 Mei 2022

Kata Kunci:

Air tanah dangkal, Jumlah penduduk, Karawang, Salinitas, Wilayah pesisir

Keywords:

Coastal area, Karawang, Population number, Salinity, Shallow groundwater

ABSTRAK

Penelitian yang dilaksanakan pada bulan April 2021 ini menggunakan pendekatan eksploratif korelasional dan bertujuan untuk mengetahui kualitas air tanah dangkal yang berada di kawasan pesisir Kabupaten Karawang dan untuk mengetahui pengaruh antara jumlah penduduk terhadap nilai salinitas air tanah. Pengambilan sampel air tanah dilakukan dengan metode *systematic random grid sampling* yaitu dengan membagi wilayah pesisir Karawang menjadi 30 grid yang berukuran sama, masing-masing 2 km × 7 km. Hasil pengujian sampel air tanah yang diambil dari sumur pompa milik masyarakat menunjukkan kualitas air tanah di kawasan pesisir Kabupaten Karawang yang berada pada kedalaman antara 4 sampai 15 meter memiliki nilai salinitas rata-rata 1,5 ppt dan nilai total padatan terlarut (TDS) 1491,6 mg/liter. Pengumpulan data jumlah penduduk dilakukan dengan cara observasi langsung ke masyarakat di lokasi penelitian dengan dibantu data administrasi dari setiap desa. Analisis interpretasi korelasi dan regresi yang dilakukan dengan bantuan SPSS menunjukkan adanya interaksi positif yang signifikan antara jumlah penduduk dengan nilai salinitas air tanah ($r = 0,717$; $p < 0,001$). Hubungan positif ini menunjukkan kecenderungan nilai salinitas air tanah akan semakin besar seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk.

ABSTRACT

The study carried out on April 2021 used an explorative correlational approach and aimed to identify the shallow groundwater quality in Karawang coastal area and to analyze the effect of population number on the groundwater salinity. Groundwater sampling was managed using *systematic random grid sampling method* by dividing the Karawang coastal area into 30 grids of a uniform size of 2 km × 7 km. The analysis of groundwater samples taken from public borewells obtained a result that the quality of groundwater in Karawang coastal area at 4 to 15-meter depth has an average salinity of 1,5 ppt and total dissolved solid (TDS) of 1491,6 mg/l. The population number data were collected by direct observation to the local community at the study sites aided by administrative data collected from the village authorities. Interpretation analysis of correlation and regression using SPSS showed a significantly positive interaction between population number and groundwater salinity ($r = 0,717$; $p < 0,001$). This positive relationship gives the tendency that the groundwater salinity will increase as the population number grows.

*Corresponding author: wiedarya@gmail.com

I. PENDAHULUAN

Jumlah air di bumi dan ketersediaan air di laut sangat banyak, namun manusia menggunakan air tawar untuk keperluan hidupnya. Air tawar dapat diperoleh dari air tanah, air permukaan, air hujan dan air laut yang telah disuling. Sedangkan untuk memenuhi kebutuhannya akan air bersih manusia lebih banyak menggunakan air tanah karena air tanah bersifat lebih baik dibandingkan dengan air permukaan mengingat tidak begitu banyak terkontaminasi oleh lingkungan sekitar seperti halnya air permukaan. Air tanah adalah air yang terdapat di dalam tanah, tepatnya di bawah permukaan air tanah, sedangkan air permukaan adalah air yang berada di atas permukaan bumi seperti sungai dan danau [1]. Air tanah dibagi

menjadi dua kategori, yaitu air tanah dangkal dan air tanah dalam. Air tanah dangkal yaitu air yang berada pada suatu lapisan batuan/tanah pada kedalaman hingga 15 meter, sedangkan air tanah dalam yaitu air yang berada di dalam tanah pada kedalaman lebih dari 15 meter [2].

Seiring dengan berkembangnya industri, terjadi pula peningkatan jumlah penduduk dan pemukiman dengan segala fasilitasnya, terutama di Kabupaten Karawang yang merupakan salah satu daerah penyangga ibukota. Penyebaran pemukiman yang tidak lagi terpusat di area perkotaan namun mulai meluas hingga ke daerah-daerah yang masih dapat ditempati, termasuk daerah Utara Kabupaten Karawang. Banyaknya pemukiman, industri, dan perhotelan yang menggunakan air tanah untuk

kebutuhan sanitasinya juga dapat menjadi salah satu faktor yang dapat mempengaruhi kualitas air tanah. Berdasarkan data dari BPS Karawang, peningkatan jumlah penduduk selama empat tahun terakhir dapat diketahui kenaikan jumlah penduduk sebesar 2,16%. Berdasarkan data jumlah penduduk tersebut dapat diperkirakan peningkatan jumlah air bersih yang dibutuhkan karena pertumbuhan jumlah penduduk setiap tahunnya.

Pengambilan air tanah yang berlebihan pada akuifer yang dekat dengan pantai, dapat mengakibatkan kualitas air tanahnya menjadi menurun karena masuknya air laut dan merembesnya pencemaran limbah domestik lebih jauh pada air tanah dangkal [3]. Hal yang perlu diperhatikan untuk daerah pantai adalah jika potensi air tanah terus menerus dimanfaatkan secara berlebihan dari hulu ke hilir dapat menyebabkan terjadinya intrusi air laut sehingga air tanah yang tawar berubah menjadi asin [4]. Intrusi air laut adalah proses alami yang terjadi di hampir semua akuifer pantai dan terbatas pada wilayah pantai saja. Hal ini terdiri dari aliran air asin dari laut menuju akuifer air tawar dan mengalir ke pedalaman daratan [5]. Selain itu beberapa faktor yang dapat mempengaruhi terjadinya intrusi air laut yang menyebabkan air tanah tercemar air laut sehingga mengubah rasanya menjadi asin atau payau antara lain: curah hujan, kondisi sungai, topografi, oseanografi, struktur dan pori tanah, bangunan dan infrastruktur, vegetasi mangrove di sekitar pesisir, kondisi pasang dan surut air laut, dan juga eksploitasi pemompaan air tanah untuk pemanfaatan sebagai baku air bersih [6].

Akibat dari terjadinya intrusi air laut ini adalah kualitas air tanah akan menurun jika sudah terkontaminasi garam dari air laut. Dampak dari intrusi air laut ini akan dapat mempengaruhi gangguan kesehatan jika dikonsumsi, atau jika digunakan untuk kebutuhan sanitasi dapat memicu munculnya penyakit kulit. Selain itu, dampak intrusi air laut dapat menyebabkan kerusakan dan terganggunya struktur tanah dan bangunan karena dapat mengakibatkan korosi pada bagian pondasi, dan juga jika digunakan untuk pertanian dapat menurunkan kesuburan tanah [7]. Pada sektor industri, air yang digunakan untuk peralatan seperti ketel uap, unit penukar kalor harus bebas dari cemaran karena dapat memperbesar resistensi perpindahan panas penukar kalor [8], sehingga diperlukan air bersih yang tidak mengandung cemaran yang dapat menimbulkan kerak dan mengurangi efektivitas dan efisiensi peralatan, khususnya peralatan yang menggunakan air dan kalor.

Saat ini di Kabupaten Karawang untuk penyediaan air bersih dalam penggunaannya untuk memenuhi kebutuhan manusia, tidak hanya diperoleh dari air tanah, melainkan diperoleh juga melalui penyediaan air bersih oleh PDAM (Perusahaan Daerah Air Minum). Sehingga dapat diasumsikan, orang yang tidak menggunakan air dari PDAM akan menggunakan air tanah sebagai sumber air bersih. Jumlah penduduk di Karawang pada tahun 2019 berjumlah 2.323.700 jiwa [9]. Jika diasumsikan tingkat kebutuhan air untuk masyarakat kota metropolitan dengan ketentuan jumlah penduduk lebih dari satu juta jiwa berdasarkan SNI 6728.1:2015 adalah sebanyak 150 liter/hari/jiwa, maka kebutuhan air untuk domestik masyarakat Karawang dalam satu tahun adalah 127.222.575 m³ air bersih. Data penggunaan air dari PDAM Karawang pada tahun 2019 menunjukkan konsumsi

air dari PDAM sebanyak 19.084.539 m³ dari 84.287 pelanggan [9]. Sehingga dapat diketahui bahwa tidak semua masyarakat di Karawang menggunakan air bersih dari PDAM sebagai sumber air bersih untuk kebutuhan sehari-harinya dan kekurangan air bersih sekitar 108.138.036 m³ diperoleh dari air tanah.

Data tersebut memperlihatkan bahwa pemenuhan kebutuhan air bersih yang dialirkan oleh PDAM hanya memenuhi sekitar 15% saja, sedangkan sisanya masyarakat mengambil sumber air dari air tanah langsung. Hal ini dapat menyebabkan pengambilan air tanah secara besar-besaran di daerah yang jumlah penduduknya tinggi dan tidak menggunakan air dari PDAM untuk sumber air bersihnya. Sementara itu untuk daerah layanan PDAM belum dapat menjangkau seluruh daerah pesisir, sehingga masyarakat yang berada di area penelitian masih menggunakan air tanah sebagai sumber air bersihnya.

Penelitian sebelumnya mengenai intrusi air laut di pesisir Karawang tahun 2016 yang telah dipublikasikan dalam *Journal of Coastal Sciences* volume 3 edisi 2 tahun 2016, mengenai nilai salinitas dan TDS di seluruh kecamatan yang ada di Kabupaten Karawang [10]. Hingga saat ini belum dilakukan lagi penelitian lebih lanjut mengenai kondisi intrusi air laut pada air tanah terutama di daerah pesisir Kabupaten Karawang, sedangkan permasalahan intrusi air laut harus ditangani secara serius agar dapat dilakukan tindakan yang dapat mengurangi pencemaran air tanah yang diakibatkan intrusi air laut dan agar tetap terpenuhinya kebutuhan air bersih penduduk di Karawang. Oleh karena itu, penelitian ini berfokus pada 9 kecamatan yang berada di pesisir Kabupaten Karawang dengan dilakukannya pengukuran kembali kualitas air tanah sehingga dapat diketahui nilai salinitas dan TDS air tanah di daerah pesisir Kabupaten Karawang sehingga tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mengetahui tingkat kualitas air tanah yang berada di kawasan pesisir Kabupaten Karawang yang terkena intrusi air laut dan menganalisis hubungannya terhadap jumlah penduduk, sehingga dapat memberikan output berupa rekomendasi terkait penggunaan lahan pesisir sebagai areal pemukiman penduduk, serta kebijakan mengenai pengambilan air tanah, khususnya di wilayah Kabupaten Karawang.

II. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian kuantitatif dengan pendekatan eksploratif korelasional. Analisis korelasi dan regresi kemudian akan dilakukan terhadap data-data primer yang telah dikumpulkan.

A. Metode Pengumpulan Data

Data kualitas air tanah diperoleh melalui observasi, yaitu pengukuran secara langsung pada sampel air tanah untuk parameter TDS dan salinitasnya. Pengukuran secara insitu dengan alat *water quality test* yang terdiri dari *salinometer* dan *TDS meter*. Pengambilan sampel dilakukan pada sumur bor dengan pompa yang terdapat di kawasan pesisir Karawang. Pengambilan sampel air menggunakan metode SNI 6989-58:2008 tentang pengambilan contoh air tanah. Metode penentuan lokasi pengambilan sampel yang dilakukan menggunakan metode

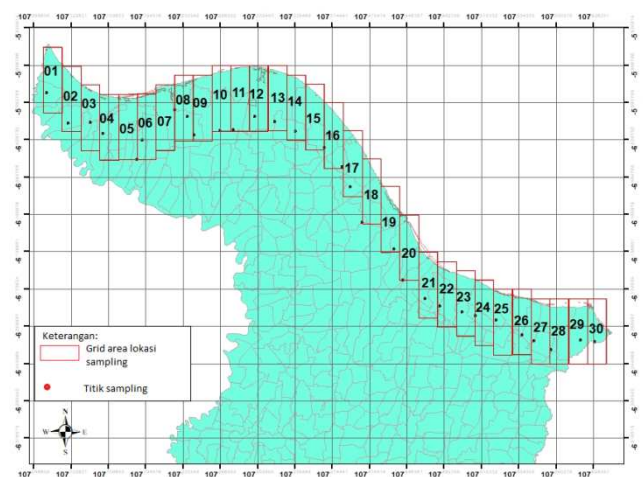
TABEL I
TITIK KOORDINAT AREA LOKASI PENGAMBILAN SAMPEL AIR TANAH DANGKAL DI DAERAH PESISIR KABUPATEN KARAWANG

Nomor Grid	Lokasi Area Grid				Lokasi Titik Sampling Air tanah	
	LS		BT		LS	BT
1	-5,93972°	-6,00306°	107,09556°	107,11361°	-5,98417°	107,09889°
2	-5,95778°	-6,02111°	107,11361°	107,13167°	-6,01250°	107,11972°
3	-5,97583°	-6,03917°	107,13167°	107,14972°	-6,01194°	107,14083°
4	-5,98472°	-6,04806°	107,14972°	107,16806°	-6,02278°	107,15306°
5	-5,98472°	-6,04806°	107,16806°	107,18611°	-6,04778°	107,18583°
6	-5,98472°	-6,04806°	107,18611°	107,20417°	-6,02944°	107,19111°
7	-5,97556°	-6,03889°	107,20417°	107,22222°	-6,00000°	107,22222°
8	-5,96639°	-6,02972°	107,22222°	107,24028°	-6,00667°	107,23444°
9	-5,96639°	-6,02972°	107,24028°	107,25833°	-6,02444°	107,24139°
10	-5,95722°	-6,02056°	107,25833°	107,27639°	-6,01972°	107,26639°
11	-5,95722°	-6,02056°	107,27639°	107,29444°	-6,01889°	107,27889°
12	-5,95722°	-6,02056°	107,29444°	107,31250°	-6,00611°	107,29944°
13	-5,95722°	-6,02056°	107,31250°	107,33056°	-6,01111°	107,31889°
14	-5,96611°	-6,02944°	107,33056°	107,34861°	-6,02056°	107,33861°
15	-5,97500°	-6,03833°	107,34861°	107,36667°	-6,03611°	107,36667°
16	-5,99306°	-6,05611°	107,36667°	107,38472°	-6,05472°	107,38361°
17	-6,02000°	-6,08333°	107,38472°	107,40306°	-6,07444°	107,39194°
18	-6,04694°	-6,11028°	107,40306°	107,42111°	-6,10889°	107,40333°
19	-6,07389°	-6,13722°	107,42111°	107,43917°	-6,13444°	107,43361°
20	-6,10111°	-6,16444°	107,43917°	107,45750°	-6,16444°	107,44250°
21	-6,13722°	-6,20056°	107,45750°	107,47583°	-6,18194°	107,46361°
22	-6,14611°	-6,20944°	107,47583°	107,49389°	-6,18944°	107,47833°
23	-6,15500°	-6,21833°	107,49389°	107,51194°	-6,19472°	107,49972°
24	-6,16389°	-6,22722°	107,51194°	107,53000°	-6,19861°	107,51250°
25	-6,17306°	-6,23611°	107,53000°	107,54806°	-6,20278°	107,53278°
26	-6,17306°	-6,23611°	107,54806°	107,56611°	-6,21694°	107,55722°
27	-6,18194°	-6,24500°	107,56611°	107,58417°	-6,22278°	107,56889°
28	-6,19083°	-6,25417°	107,58417°	107,60222°	-6,23111°	107,58556°
29	-6,19083°	-6,25417°	107,60222°	107,62056°	-6,22222°	107,61417°
30	-6,19083°	-6,25417°	107,62056°	107,63861°	-6,22333°	107,62778°

systematic random grid sampling dengan memanfaatkan *grid-grid* berukuran 2 kmx7 km dari masing-masing *grid* kemudian diambil satu titik pengambilan sampel air tanah dengan mempertimbangkan letak yang bisa mewakili tiap *grid*. Berdasarkan *grid* tersebut, jarak terjauh titik pengambilan sampel air tanah dari pantai adalah sejauh 7 km dari bibir pantai. Pemilihan titik sampling menggunakan teknik *random sampling*, dengan kriteria air tanah yang diambil merupakan air tanah dangkal dari sumur dengan pompa yang digunakan untuk keperluan sanitasi dan hygiene masyarakat dengan kedalaman antara 4 hingga 15 meter yang berada di 30 area lokasi yang telah ditentukan. Berdasarkan jumlah *grid* tersebut akan diperoleh 30 titik pengambilan sampel air tanah. Pembagian *grid* dan lokasi titik pengambilan sampel air tanah dapat dilihat pada Gambar 1 dengan titik koordinat seperti tercantum pada Tabel I.

Wilayah Kabupaten Karawang, Jawa Barat terdiri dari 30 kecamatan di mana 9 kecamatan di antaranya berbatasan langsung dengan Laut Jawa, yaitu Kecamatan Pakisjaya, Batujaya, Tirtajaya, Cibuaya, Pedes, Cilebar, Tempuran, Cilamaya Kulon, dan Cilamaya Wetan. Lokasi penelitian ini dilakukan berada di kawasan pesisir Kabupaten Karawang yang secara administratif terbagi menjadi 9 kecamatan yang terdiri dari 100 desa. Namun pada lokasi penelitian ini ditentukan pengambilan data yang mewakili wilayah dari 42 desa yang berada di pesisir Kabupaten

Karawang. Penentuan jumlah penduduk dalam area pengambilan sampel dihitung sesuai dengan kondisi aktual di area lokasi setiap *grid* yang diambil sampel air tanah dengan cara mengumpulkan data langsung dari masyarakat setempat berdasarkan data administrasi desa dan juga data dari penduduk yang menggunakan air tanah dangkal dari sumur bor dan tidak menggunakan air dari PDAM.



Gambar 1 Peta lokasi dan titik pengambilan sampel air tanah

B. Metode Analisis Data

Analisis deskriptif digunakan untuk mengetahui deskripsi data seperti nilai rata-rata, nilai minimum, nilai maksimum, standar deviasi dan lain sebagainya yang dihitung berdasarkan data yang telah dikumpulkan [11]. Analisis deskriptif pada penelitian ini hanya dilakukan pada data salinitas, TDS, dan jumlah penduduk yang berada di setiap area *grid* lokasi pengambilan sampel air tanah yang telah ditentukan. Penyajian data dilakukan dalam bentuk tabel dan diagram dari distribusi frekuensi dari setiap variabel. Walaupun ada dua jenis data hasil pengukuran kualitas air tanah dangkal dari lokasi pengambilan sampel, yaitu data salinitas dan TDS, namun hanya data TDS yang dibandingkan dengan baku mutu air bersih sesuai dengan Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 32 Tahun 2017, sehingga dapat menggambarkan kondisi air tanah di wilayah pesisir Kabupaten Karawang.

Analisis regresi bertujuan untuk mengetahui seberapa jauh perubahan nilai variabel terikat jika variabel bebasnya berubah atau mengalami kenaikan atau penurunan [12], sehingga pengaruh antara variabel jumlah penduduk (*X*) dan salinitas air tanah (*Y*) pada penelitian yang dilakukan di kawasan pesisir Kabupaten Karawang dapat diketahui. Penghitungan dan analisis data dilakukan melalui korelasi dan regresi linier dengan menggunakan perangkat lunak berupa aplikasi SPSS sehingga dapat diketahui hubungan antara variabel bebas (*X*) terhadap variabel terikat (*Y*). Analisis regresi menghasilkan persamaan regresi $Y = aX + b$, dimana *a* adalah koefisien yang diperoleh dari output SPSS ‘Coefficient’ pada kolom nilai ‘Unstandarized Coefficients B’ pada nilai *X*. Sedangkan *b* adalah konstanta yang diperoleh dari output SPSS ‘Coefficient’ pada kolom nilai ‘Unstandarized Coefficients B’ pada nilai ‘(Constant)’.

Analisis korelasi pada variabel jumlah penduduk (dalam satuan jiwa) terhadap nilai salinitas (ppt) air tanah dengan menggunakan SPSS dilakukan untuk mengetahui apakah terdapat pengaruh dari jumlah penduduk terhadap nilai salinitas air tanah. Analisis statistik ini menghasilkan nilai koefisien korelasi yang dapat menggambarkan kekuatan pengaruh dan juga arahnya. Metode *Pearson correlation* menggunakan SPSS digunakan untuk mengetahui besarnya pengaruh antar variabel. Sebagai patokan, interpretasi untuk nilai koefisien korelasi (*r*) adalah seperti terlihat pada Tabel II. Tingkat kuatnya korelasi dari variabel jumlah penduduk terhadap nilai salinitas air tanah dapat diketahui berdasarkan nilai koefisien korelasi hasil analisis.

TABEL II
INTERPRETASI KOEFISIEN KORELASI

Interval Koefisien Korelasi	Tingkat Korelasi
0,00 – 0,199	Sangat rendah
0,20 – 0,399	Rendah
0,40 – 0,599	Sedang
0,60 – 0,799	Kuat
0,80 – 1,000	Sangat Kuat

Sumber: [12]

Selain analisis korelasi dan regresi, uji *One Way Anova* juga dilakukan dalam penelitian ini untuk melihat pengaruh dari variasi jumlah penduduk terhadap nilai salinitas air tanah. Data hasil pengukuran dalam penelitian

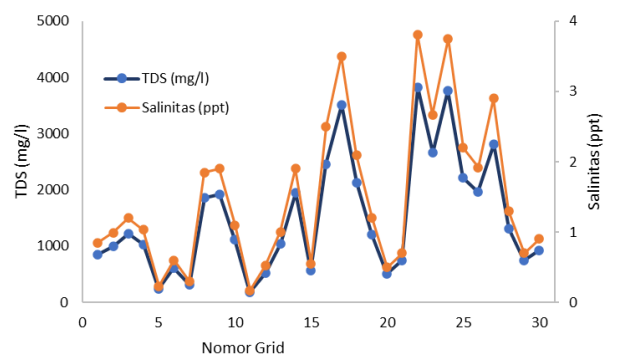
ini untuk variabel bebas dibuat ke dalam tiga kategori sehingga dapat dilakukan uji Anova. Adapun langkah-langkah dalam melakukan uji Anova yaitu dengan melakukan uji normalitas *Shapiro-Wilk*, dengan ketentuan jika nilai signifikansi lebih besar dari 0,05 maka data berdistribusi normal, dan sebaliknya jika nilai signifikansi kurang dari 0,05 maka data tidak berdistribusi normal. Kemudian dilakukan uji homogenitas untuk mengetahui varian data homogen atau tidak, dan uji *One Way Anova* yang dilakukan secara bersamaan [13].

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisis Kualitas Air Tanah

Pengambilan 30 sampel air tanah dangkal dari sumur pompa warga di kawasan pesisir Kabupaten Karawang dengan menggunakan pembagian wilayah pesisir menjadi 30 *grid* yang masing-masing berukuran 2 km x 7 km dan setiap sampel yang diambil mewakili setiap *grid* tersebut. Kondisi cuaca pada saat pengambilan sampel yaitu pada siang hari cuaca cerah dengan suhu udara 32 – 36 °C dan kelembapan 50 – 65 %, sedangkan pada malam hari hujan turun dengan intensitas sedang sampai tinggi selama beberapa jam. Waktu penelitian yang sangat singkat menyebabkan hasil penelitian ini hanya bisa mewakili kondisi pada saat penelitian ini dilakukan yaitu di bulan April 2021 saat musim kemarau, walaupun masih sering terjadi hujan hampir setiap hari terutama pada waktu malam hari. Pengambilan sampel dilakukan pada saat siang hari, sehingga kondisi pasang dan surut air laut tidak dijadikan faktor yang dianggap dapat mempengaruhi nilai parameter kualitas air tanah yang diukur.

Hasil pengukuran parameter salinitas dan TDS air tanah adalah sebagaimana tergambar dalam Tabel III dan Gambar 2.



Gambar 2 Hasil pengukuran nilai TDS dan salinitas air tanah pada 30 lokasi pengambilan sampel air tanah

Gambar 2 menunjukkan nilai dari parameter salinitas dan TDS air tanah yang berasal dari 30 lokasi di sepanjang pesisir Karawang. Air bersih harus memiliki kualitas yang baik sesuai dengan Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 32 Tahun 2017 tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Air untuk Keperluan Hygiene Sanitasi, Kolam Renang, Solus per Aqua, dan Pemandian Umum [14]. Besaran standar baku mutu yang harus dipenuhi untuk media air untuk keperluan sanitasi higienis berdasarkan peraturan tersebut dapat dilihat pada Tabel IV.

TABEL III
HASIL PENGUKURAN SALINITAS DAN TDS DI 30 TITIK SAMPLING

Nomor Grid	TDS (mg/l)	Salinitas (ppt)
1	853	0,85
2	1002	0,99
3	1214	1,2
4	1030	1,03
5	233	0,23
6	606	0,6
7	310	0,3
8	1860	1,85
9	1912	1,9
10	1120	1,1
11	172	0,17
12	518	0,52
13	1040	1
14	1903	1,9
15	560	0,55
16	2460	2,5
17	3458	3,5
18	2022	2,1
19	1206	1,2
20	510	0,5
21	727	0,7
22	3830	3,81
23	2560	2,67
24	3769	3,75
25	2260	2,2
26	1909	1,92
27	2817	2,9
28	1220	1,3
29	751	0,7
30	916	0,9
Rata-rata	1492	1,5

TABEL IV
PARAMETER FISIK DALAM STANDAR BAKU MUTU KESEHATAN

Parameter	Unit	Standar Baku Mutu (kadar maksimum)
Kekeruhan	NTU	25
Warna	TCU	50
TDS	mg/l	1000
Suhu	°C	Suhu udara ± 3
Rasa	-	Tidak berasa
Bau	-	Tidak berbau

Sumber: [14]

Kualitas air tanah berdasarkan tingkat salinitas dan nilai TDS dapat dikategorikan menjadi beberapa kriteria yang telah sepakati oleh Panitia Ad Hoc Intrusi Air Asin (PAHIAA) pada tahun 1986 di Jakarta dengan kriteria sebagaimana tercantum di Tabel V.

TABEL V
KLASIFIKASI TINGKAT KEASINAN AIR TANAH

Kualitas	TDS ^a (mg/l)	Salinitas ^b (ppt)
Tawar	<1.000	<0,5
Agak payau	1.000 – 3.000	0,5 – 5,0
Payau	3.000 – 10.000	5,0 – 18,0
Asin	10.000 – 35.000	18,0 – 30,0
Brine	>35.000	>30,0

Sumber: ^a [7]; ^b [15]

Salinitas yaitu kadar ion garam yang terkandung dalam air tanah. Garam tersebut tidak hanya NaCl yang lebih dikenal sebagai garam dapur, melainkan garam yang terbentuk dari reaksi asam-basa sehingga menghasilkan suatu senyawa tertentu yang disebut reaksi penggaraman. Senyawa yang dapat terukur dari parameter salinitas antara lain NaCl dan NaI. Semakin tinggi nilai salinitas, air akan

semakin berasa asin [16]. Air tanah yang berasa asin atau payau diindikasikan sudah tercemar atau terintrusi oleh air laut. Nilai salinitas ditunjukkan dalam satuan ppt (*part per thousand* atau bagian per seribu), % (persen atau bagian per seratus), dan PSU (*Practical Salinity Unit*). Alat yang dapat digunakan untuk mengukur salinitas secara insitu yaitu *salinometer* atau *salinity refraktometer*.

Nilai TDS (*Total Dissolved Solid* atau total padatan terlarut) menunjukkan banyaknya padatan berupa mineral, garam, logam dan kation-anion yang terlarut di dalam air. Benda padat yang terlarut dibagi menjadi organik dan anorganik. Nilai TDS memiliki satuan mg/l (miligram padatan terlarut dalam 1 liter air). TDS dapat diukur secara in-situ dengan menggunakan alat *TDS meter* dengan metode elektrokimia, dan dapat juga diuji di laboratorium dengan analisis secara gravimetri.

Data yang diperoleh dari hasil pengukuran di lapangan menggambarkan nilai kualitas air tanah yang diambil dari sumur pompa yang berada di wilayah pesisir Kabupaten Karawang. Jika dibandingkan dengan baku mutu Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 32 Tahun 2017 untuk parameter TDS yaitu nilai ambang batasnya adalah 1000 mg/liter, sedangkan jika dilihat dari hasil pengukuran sampel air tanah di sepanjang pesisir memiliki nilai TDS antara 172 hingga 3830 mg/l dengan rata-rata TDS adalah 1491,6 mg/l. Hal ini menunjukkan bahwa kualitas air tanah dangkal dari sumur pompa di daerah pesisir Karawang secara umum tidak memenuhi baku mutu, dan dapat dikatakan tidak layak untuk dijadikan sebagai baku air minum dan sanitasi higienis. Sementara nilai salinitas hasil pengukuran di 30 lokasi tersebut terukur antara 0,17 sampai 3,81 ppt dengan rata-rata nilai salinitas adalah 1,5 ppt dan menurut Tabel V dapat digolongkan ke dalam kategori agak payau, dan secara organoleptik air tanah dari beberapa lokasi berasa sedikit asin sehingga tidak layak untuk dikonsumsi sebagai baku air minum.

B. Analisis Jumlah Penduduk

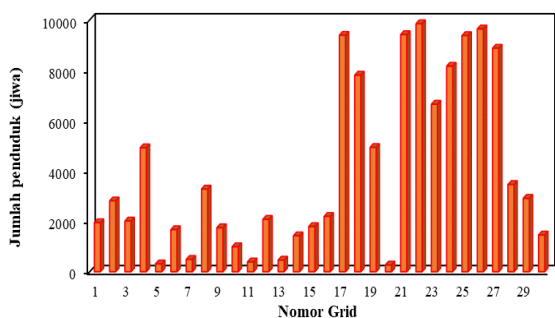
Penyebaran pemukiman di kawasan pesisir Karawang terlihat lebih padat di beberapa lokasi yang biasanya terdapat aliran sungai, karena biasanya di muara sungai tersebut banyak penduduk yang bermatapencaharian sebagai nelayan memanfaatkan adanya muara sungai tersebut untuk tempat menambatkan kapal nelayan, sementara di beberapa lokasi juga terdapat tambak ikan dan kolam proses pembentukan kristal garam. Berdasarkan data yang dimiliki oleh PDAM, layanan PDAM telah dapat melayani delapan dari sembilan kecamatan yang berada di wilayah pesisir [9], namun pada area lokasi pengambilan sampel, pada saat survei dilakukan, belum ada masyarakat yang menggunakan PDAM sebagai sumber air bersih.

Data jumlah penduduk di lokasi penelitian yang tidak menggunakan air dari PDAM terdeskripsikan dalam Tabel VI dan Gambar 3. Data tersebut memperlihatkan sebaran penduduk di setiap area lokasi pengambilan sampel yang terletak di kawasan pesisir Kabupaten Karawang. Data jumlah penduduk diperoleh dari data Badan Pusat Statistik Kabupaten Karawang. Terdapat sembilan *grid* area dengan jumlah penduduk lebih dari 5000 jiwa dari beberapa lokasi di area penelitian yang luasnya 2 km x 7 km, dan di lokasi tersebut terdapat jalur perekonomian masyarakat seperti

jalan umum utama, tempat pelelangan ikan (TPI), pasar, sekolah, dan kantor pemerintahan desa. Hal tersebut berkaitan dengan terbentuknya pemukiman dengan lebih banyak penduduk.

TABEL VI
DATA JUMLAH PENDUDUK DI 30 AREA SAMPLING

Nomor Grid	Jumlah Penduduk (jiwa)
1	1952
2	2817
3	2016
4	4924
5	314
6	1673
7	492
8	3284
9	1748
10	995
11	390
12	2083
13	463
14	1429
15	1795
16	2200
17	9393
18	7812
19	4940
20	268
21	9420
22	9853
23	6655
24	8163
25	9380
26	9645
27	8879
28	3467
29	2917
30	1459



Gambar 3 Data jumlah penduduk yang menggunakan air tanah

C. Hasil Analisis Regresi

Analisis regresi linier dilakukan untuk mengetahui pengaruh antara jumlah penduduk dengan nilai salinitas air tanah. Sementara untuk memastikan apakah koefisien regresi tersebut signifikan atau tidak, maka dilakukan pengujian dengan cara membandingkan nilai signifikansi (*Sig.*) dengan probabilitas 0,05. Adapun yang menjadi dasar pengambilan keputusan dalam analisis regresi dengan melihat nilai signifikansi (*Sig.*) hasil output SPSS, yaitu:

- Jika nilai signifikansi (*Sig.*), $p < 0,05$ berarti bahwa jumlah penduduk berpengaruh secara positif dan signifikan terhadap nilai salinitas;
- Jika nilai signifikansi (*Sig.*), $p > 0,05$ berarti bahwa jumlah penduduk tidak berpengaruh secara positif dan signifikan terhadap nilai salinitas.

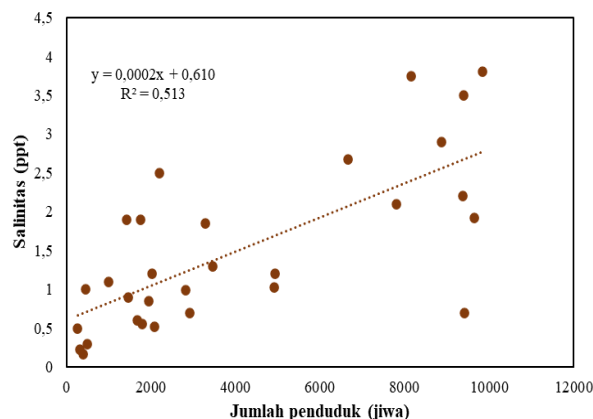
Output SPSS yang ditampilkan pada Tabel VII memperlihatkan nilai signifikansi (*Sig.*), $p < 0,001$ yang artinya lebih kecil dari probabilitas 0,05. Hal ini menandakan bahwa variabel jumlah penduduk berpengaruh secara signifikan terhadap nilai salinitas.

TABEL VII
OUTPUT DATA COEFFICIENTS DARI SPSS PADA VARIABEL JUMLAH PENDUDUK DENGAN NILAI SALINITAS

Model	Coefficients ^a			t	Sig.
	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients		
	B	Std. Error	Beta		
1 (Constant)	0,610	0,212		2,878	0,008
Jumlah Penduduk	0,0002	0,000	0,717	5,436	0,000

^a Dependent Variable: Salinitas

Data pada Tabel VII juga menunjukkan nilai koefisien regresi yang akan digunakan untuk membentuk persamaan garis hubungan *X* dan *Y*. Persamaan regresi dari pengaruh antara jumlah penduduk dengan nilai salinitas di mana nilai $a = 0,0002$ dan nilai $b = 0,610$, sehingga persamaanya menjadi $Y = 0,0002X + 0,610$, dengan *X* adalah variabel jumlah penduduk, dan *Y* adalah variabel nilai salinitas air tanah. Jika digambarkan dalam grafik, hubungan nilai *X* dan *Y* akan terlihat seperti pada Gambar 4.



Gambar 4 Hubungan jumlah penduduk dengan nilai salinitas air tanah

Grafik pada Gambar 4 sekilas memperlihatkan bahwa hubungan pengaruh yang terjadi tidak selalu membentuk titik yang presisi, namun dari kumpulan beberapa data tersebut memiliki kecenderungan bahwa variabel jumlah penduduk dapat mempengaruhi secara positif nilai salinitas air tanah, yang berarti secara umum menjelaskan semakin tinggi jumlah penduduk dapat meningkatkan nilai salinitas air tanah.

D. Hasil Analisis Korelasi

Tingkat hubungan antara variabel jumlah penduduk dengan nilai salinitas dapat diketahui dari uji *Pearson correlation* yang didemonstrasikan melalui program SPSS yang hasilnya seperti yang terlihat pada Tabel VIII. Hasil analisis *Pearson correlation* menghasilkan output nilai koefisien korelasi (*r*) yaitu sebesar 0,717 dengan nilai signifikansi (*Sig.*), $p < 0,001$. Nilai koefisien korelasi berada di interval 0,60 – 7,999 yang artinya mempunyai tingkat hubungan kuat [12]. Nilai koefisien korelasi

bernilai positif yang berarti pengaruh antara jumlah penduduk dan nilai salinitas air tanah adalah pengaruh positif yang menunjukkan kecenderungan semakin tinggi jumlah penduduk akan berdampak pada semakin tinggi pula nilai salinitas air tanah.

TABEL VIII
HASIL UJI HUBUNGAN PEARSON CORRELATION

		Salinitas	Jumlah Penduduk
Salinitas	Pearson Correlation	1	0,717**
	Sig. (1-tailed)		0,000
	N	30	30
Jumlah Penduduk	Pearson Correlation	0,717**	1
	Sig. (1-tailed)	0,000	
	N	30	30

** Correlation is significant at the 0.01 level (1-tailed).

Hasil perhitungan SPSS untuk koefisien determinasi (R^2) dapat dilihat pada Tabel IX. Nilai R Square (R^2) yang didapat di penelitian ini yaitu 0,513, di mana jika nilai R^2 mendekati 0 menunjukkan pengaruh yang semakin kecil dan sebaliknya jika mendekati 1 menunjukkan pengaruh yang semakin besar. Data nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,513 atau 51,3% menandakan ada pengaruh yang cukup besar antara jumlah penduduk terhadap nilai salinitas air tanah.

TABEL IX
OUTPUT DATA MODEL SUMMARY DENGAN SPSS PADA VARIABEL JUMLAH PENDUDUK DENGAN NILAI SALINITAS

Model Summary ^b				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	0,717 ^a	0,513	0,496	0,74407

^a Predictors: (Constant), Jumlah Penduduk

^b Dependent Variable: Salinitas

Hasil analisis ini menunjukkan bahwa jumlah penduduk dapat mempengaruhi kualitas air tanah dilihat dari nilai salinitasnya, yaitu secara umum semakin banyak jumlah penduduknya akan semakin tinggi pula nilai salinitas air tanahnya. Tingginya nilai salinitas pada air tanah menandai telah terjadinya intrusi air laut yang disebabkan oleh pengambilan dan pemanfaatan air tanah secara tidak terkendali yang dilakukan oleh masyarakat sebagai sumber air bersih untuk pemenuhan kebutuhan hidupnya sehari-hari.

E. Hasil Uji *One Way Anova*

Analisis *One Way Anova* dilakukan dengan cara membagi jumlah penduduk menjadi tiga kategori kelompok yaitu kelompok area dengan jumlah penduduk rendah, kelompok area dengan jumlah penduduk sedang, dan kelompok area dengan jumlah penduduk tinggi, lalu dibandingkan nilai salinitasnya dari tiap kelompok tersebut (Tabel X). Hasil uji normalitas dan uji homogenitas dari data tersebut dapat dilihat pada Tabel XI dan Tabel XII.

Output SPSS untuk uji normalitas, seperti tergambar pada Tabel XI, menunjukkan bahwa ketiga kategori kelompok jumlah penduduk berdistribusi normal karena nilai signifikansi yang dihasilkan lebih besar dari 0,05.

TABEL X
DATA SALINITAS DI TIAP KELOMPOK JUMLAH PENDUDUK

Kategori	Jumlah Penduduk (jiwa)		Salinitas (ppt)	
	Mean	SD	Mean	SD
Rendah	923	603	0,860	0,635
Sedang	2746	966	1,149	0,617
Tinggi	8414	1574	2,475	1,053

TABEL XI
HASIL UJI NORMALITAS KELOMPOK JUMLAH PENDUDUK DENGAN NILAI SALINITAS

Tests of Normality

Salinitas	Jumlah Penduduk	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Salinitas	Rendah	0,159	10	0,200*	0,881	10	0,132
	Sedang	0,203	10	0,200*	0,880	10	0,131
	Tinggi	0,135	10	0,200*	0,950	10	0,669

* This is a lower bound of the true significance

^a Lilliefors Significance Correction

Uji homogenitas data hasil penelitian, seperti tergambar pada Tabel XII, juga menunjukkan nilai signifikansi, $p > 0,05$ yang berarti data dari nilai salinitas pada ketiga kelompok kategori tersebut adalah normal, sehingga dapat dilanjutkan untuk pengujian *One Way Anova* untuk melihat variansi dari data tersebut.

TABEL XII
HASIL UJI HOMOGENITAS KELOMPOK JUMLAH PENDUDUK DENGAN NILAI SALINITAS

Test of Homogeneity of Variances

Salinitas	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Salinitas	2,447	2	27	0,106
	2,394	2	27	0,110
	2,394	2	24,466	0,112
	2,464	2	27	0,104

Output *One Way Anova* seperti terlihat pada Tabel XIII menunjukkan nilai signifikansi, $p < 0,001$, sehingga dapat disimpulkan bahwa nilai salinitas ketiga kelompok jumlah penduduk tersebut secara signifikan berbeda dan dapat disimpulkan bahwa daerah dengan jumlah penduduk yang lebih banyak cenderung memiliki salinitas air tanah yang lebih tinggi dibanding daerah dengan jumlah penduduk yang lebih sedikit. Hal ini berarti jumlah penduduk di suatu wilayah berpengaruh secara signifikan terhadap nilai salinitas air tanah di wilayah tersebut.

TABEL XIII
HASIL UJI ONE WAY ANOVA JUMLAH PENDUDUK DENGAN NILAI SALINITAS

ANOVA

Salinitas	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	14,833	2	7,417	11,758	0,000
Within Groups	17,030	27	0,631		
Total	31,864	29			

F. Pembahasan

Penelitian serupa pernah dilakukan pada tahun 2016 terhadap kualitas air tanah di Kabupaten Karawang. Metode yang digunakan pada penelitian tersebut adalah dengan mengukur sampel air tanah dari sumur bor di lima titik yang dipilih sebagai lokasi pengambilan sampel di

wilayah Karawang dengan jarak pengukuran kurang dari 15 km dari garis pantai. Nilai salinitas semua sampel air tanah diukur dalam satuan ppt, yang kemudian dikonversi menjadi nilai DHL dalam satuan $\mu\text{S}/\text{cm}$ dan TDS dalam satuan mg/l dengan menggunakan Kalkulator Konversi Salinitas dan diperoleh data nilai salinitas air tanah antara 0,5 hingga di atas 1,8 ppt, sedangkan nilai TDS antara 541 hingga 1613 mg/l dan nilai DHL di atas 2893 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Lokasi geografis titik pengambilan sampel air tanah dicatat menggunakan GPS dan data kemudian diplot di peta digital Karawang menggunakan *software* GIS (MapInfo) lalu dilakukan ekstrapolasi ke seluruh wilayah kecamatan berdasarkan jarak dari garis pantai, sehingga diperoleh peta yang menggambarkan distribusi spasial nilai salinitas air tanah di wilayah Karawang [10].

Hasil pengukuran nilai salinitas pada penelitian saat ini menunjukkan kecenderungan adanya peningkatan jika dibandingkan data pada tahun 2016, di mana nilai maksimum salinitas saat ini mencapai 3,81 ppt pada jarak kurang dari 7 km dari garis pantai, sedangkan pada tahun 2016 nilai maksimum salinitas 1,8 ppt pada jarak 15 km dari garis pantai. Perbandingan kedua data tersebut memperlihatkan adanya peningkatan nilai salinitas selama kurun waktu lima tahun di kawasan pesisir Karawang.

Penelitian korelasi antara jumlah/kepadatan penduduk dengan peristiwa intrusi air laut yang ditunjukkan dengan nilai salinitasnya juga pernah dilakukan di Semarang pada tahun 2013 yang menyatakan bahwa nilai salinitas dari air tanah yang diambil di sumur pantau yang berlokasi di pesisir pantai Kota Semarang dan membandingkan data dari tahun 1992 hingga 2013 mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya kepadatan penduduk di sekitar area pengambilan sampel air dilakukan. Data tersebut menunjukkan perubahan nilai salinitas pada sumur pantau yang sama dalam kurun waktu 11 tahun sudah meningkat tinggi seiring dengan pertambahan jumlah penduduknya [17].

Selain itu, penelitian mengenai pengaruh jumlah penduduk di suatu wilayah terhadap nilai salinitas air pada tahun 2012 di Kecamatan Rembang Kabupaten Rembang menjelaskan pada daerah yang memiliki luas wilayah dengan kepadatan penduduk tinggi di wilayah Kecamatan Rembang yaitu 466,19 ha, dan yang terkena dampak intrusi air laut seluas 397,65 ha atau sekitar 85,30%. Sedangkan kurang dari 15% tidak terdampak oleh intrusi air laut. Hal tersebut disebabkan karena sebagian besar wilayah yang terkena dampak intrusi air laut berada di wilayah yang terletak dekat garis pantai dengan tingkat kepadatan penduduk yang tinggi, sehingga berpengaruh terhadap kebutuhan air tanah untuk aktivitas manusia yang membutuhkan air bersih dalam jumlah yang tinggi pula di wilayah tersebut. Aktivitas manusia yang tinggi berdampak pada tingginya kebutuhan akan air bersih yang diambil dari sumber daya air tanah, sehingga air tanah tawar akan terus berkurang dan menyebabkan terjadinya intrusi air laut sehingga air tanah menjadi payau [18].

Sebagian besar masyarakat yang tinggal di daerah pesisir pantai hingga sampai berjarak kurang dari 7 km dari garis pantai saat ini menggunakan air tanah dalam untuk memenuhi kebutuhan air sehari-harinya. Keberadaan sumber air tanah dangkal masih digunakan oleh sebagian masyarakat untuk kegiatan sanitasi, keperluan memasak

dan sebagai baku air minum, namun sebagian masyarakat pada umumnya menggunakan air tanah dalam atau air yang dapat dibeli di depot-depot penyedia air bersih untuk digunakan sebagai baku air minum dan untuk kegiatan memasak. Air tanah dalam yang dibuat memiliki kedalaman antara 80 – 150 meter yang ditujukan untuk mendapatkan air tanah dengan kualitas yang lebih baik, terutama secara fisik tidak lagi berasa asin ataupun payau.

IV. KESIMPULAN

Penelitian yang telah dilakukan pada bulan April 2021 mengenai kualitas air tanah yang diambil dari sumur pompa masyarakat di sekitar kawasan pesisir Kabupaten Karawang menghasilkan data bahwa parameter TDS air tanah telah melebihi nilai ambang batas sehingga tidak layak digunakan untuk keperluan baku air minum dan juga sanitasi sesuai dengan baku mutu Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 32 Tahun 2017. Air tanah di kawasan pesisir Karawang berdasarkan nilai TDS dan salinitas dapat digolongkan ke dalam kategori agak payau, yaitu memiliki rasa yang tidak lagi tawar namun mendekati sedikit asin. Analisis regresi, korelasi, dan anova menyatakan bahwa terdapat pengaruh positif antara jumlah penduduk dengan nilai salinitas air tanah di kawasan pesisir Karawang yang artinya kecenderungan nilai salinitas akan semakin besar seiring meningkatnya jumlah penduduk.

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memperbaharui data kualitas air tanah dangkal di wilayah Kabupaten Karawang. Informasi berkaitan pengaruh jumlah penduduk terhadap intrusi air laut ini diharapkan dapat menjadi acuan untuk membuat kebijakan mengenai pengaturan wilayah pemukiman pesisir agar tidak ada lagi penambahan jumlah penduduk yang dapat mengakibatkan meningkatnya kebutuhan air tanah untuk sumber air bersih. Bagi pihak penyedia layanan air bersih seperti PDAM akan sangat bermanfaat jika dapat melayani kebutuhan air bersih masyarakat sekitar kawasan pesisir Karawang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih peneliti haturkan kepada semua pihak yang telah mendukung penulisan artikel ini, baik dari pihak PDAM, BPS, Dinas Lingkungan Hidup, aparat desa setempat, dan juga kepada seluruh masyarakat di daerah pesisir Karawang yang menjadi lokus penelitian ini.

DAFTAR RUJUKAN

- [1] T. Susana, "Air sebagai sumber kehidupan", *Oseana*, vol. 28, no. 3, pp. 17–25, 2003.
- [2] Saparuddin, "Pemanfaatan air tanah dangkal sebagai sumber air bersih di Kampus Bumi Bahari Palu", *SMARTek*, vol. 8, no. 2, pp. 143–152, 2010.
- [3] A. Herlambang and R. H. Indriatmoko, "Pengelolaan air tanah dan intrusi air laut", *J. Air Indones.*, vol. 1, no. 2, 2018.
- [4] E. Seyhan, *Dasar-dasar hidrologi*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press, 1990.
- [5] A. K. Soni and P. R. Pujari, "Sea-water intrusion

- studies for coastal aquifers: Some points to ponder", *Open Hydrol. J.*, vol. 6, no. 1, pp. 24–30, 2012.
- [6] E. Hilmi, C. Kusmana, E. Suhendang, and Iskandar, "Correlation analysis between seawater intrusion and mangrove greenbelt", *Indones. J. For. Res.*, vol. 4, no. 2, pp. 151–168, 2017.
- [7] I. Ode, "Intrusi air laut", *Bimafika*, vol. 3, pp. 266–271, 2011.
- [8] R. Setiawan, S. M. Fajar, and V. P. Fahriani, "Pembuatan dan pengujian alat praktikum penukar kalor tipe double pipe", *Barometer*, vol. 5, no. 1, pp. 227–231, 2020, doi: 10.35261/barometer.v5i1.3815.
- [9] Badan Pusat Statistik Karawang, *Kabupaten Karawang Dalam Angka 2020*, 2020.
- [10] A. K. Fauzie, "Assessment and management of coastal hazards due to flooding, erosion and saltwater intrusion in Karawang, West Java, Indonesia", *J. Coast. Sci.*, vol. 3, no. 2, pp. 8–17, 2016.
- [11] D. Priyatno, *Belajar alat analisis data dan cara pengolahannya dengan SPSS*. Yogyakarta: Gava Media, 2016.
- [12] Sugiyono, *Statistika untuk penelitian*. Bandung: Alfabeta, 2017.
- [13] I. Ghozali, *Aplikasi analisis multivariate dengan program SPSS*. Semarang: Badan Penerbit Universitas Diponegoro, 2009.
- [14] Menteri Kesehatan Republik Indonesia, "Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2017 tentang Standar baku mutu kesehatan lingkungan dan persyaratan kesehatan air untuk keperluan higiene sanitasi, kolam renang, solus per aqua dan pemandian umum", *Peratur. Menteri Kesehat. Republik Indones.*, pp. 1–20, 2017.
- [15] P. A. Montagna, J. B. Pollack, and T. A. Palmer, *Hydrological changes and estuarine dynamics*. Texas: Springer, 2013.
- [16] N. Izati and R. Syech, "Analisis pengaruh jarak laut terhadap sumur gali Desa Jangkang Kabupaten Bengkalis", *Komun. Fis. Indones.*, vol. 17, no. 1, pp. 7–13, 2020.
- [17] E. Suhartono, Purwanto, and Suripin, "Faktor penyebab intrusi air laut terhadap air tanah pada akuifer dalam di Kota Semarang", *Wahana Tek. SIPIL*, vol. 18, no. 2, pp. 76–87, 2013.
- [18] A. Nurrohim, W. Setyaningsih, and I. Artikel, "Kajian intrusi air laut di kawasan pesisir Kecamatan Rembang Kabupaten Rembang", *Geo-Image*, vol. 1, no. 1, 2012.