

## Chemometric Analysis of Iron, Manganese, and Zinc Contents for Ground Water Quality Assessment around the Candi Industrial Estate of Semarang City

Kustomo ✉

Jurusan Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang  
Jalan Prof. Dr. Hamka (Kampus III), Ngaliyan, Semarang 50185, Indonesia

### Info Artikel

Diterima Juli 2022  
Disetujui September 2022  
Dipublikasikan November 2022

#### Keywords:

Chemometric  
Groundwater Quality  
Fe  
Mn  
Zn

### Abstrak

Air merupakan sumber daya alam yang paling penting bagi manusia dan fungsinya tidak dapat tergantikan dengan senyawa lainnya. Sebagian besar masyarakat menggunakan air tanah maupun air permukaan untuk memenuhi kebutuhan hidup sehari-hari. Beberapa aktivitas produksi pabrik di Kawasan Industri Candi Semarang telah memberikan peran dalam menjaga kelestarian lingkungan, khususnya yang berdampak pada pencemaran lingkungan perairan di wilayah sekitarnya. Beberapa potensi limbah cair yang terbuang ke lingkungan di antaranya adalah jenis logam berat seperti Besi (Fe), Mangan (Mn), dan Seng (Zn). Tujuan penelitian ini adalah untuk mengukur kadar logam berat Fe, Mn, dan Zn pada air tanah disekitar Kawasan Industri Candi Semarang dengan menggunakan Analisis Kemometri metode *Principal Component Analysis* (PCA) dan *Cluster Analysis* (CA). Data hasil kadar Fe, Mn, dan Zn telah dianalisis dengan metode PCA dan CA dengan menggunakan software aplikasi SPSS 22. Hasil dalam penelitian ini menunjukkan bahwa secara keseluruhan air sampel yang diteliti di Kawasan Industri Candi memenuhi baku mutu air bersih, hanya terdapat satu area yang memiliki kadar logam berat Fe sebesar 1 mg/L yang artinya diatas ambang baku mutu kualitas air bersih yang ditetapkan oleh Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2017. Hasil yang didapatkan dalam analisis PCA terbentuk 2 komponen utama yaitu PC1 dan PC2 yang terdiri dari 3 logam berat yang dianalisis, sedangkan dalam dalam metode CA terbentuk 4 kluster besar dalam pengelompokan lokasi area penelitian.

### Abstract

Water is the most important natural resource for humans and its function cannot be replaced with other compounds. Most people use ground water and surface water to meet their daily needs. Several factory production activities in the Candi Industrial Estate of Semarang have a role in protecting the environment, especially related to pollution of the aquatic environment in the surrounding area. Some of the potential liquid waste that make pollute into the environment such as Iron (Fe), Manganese (Mn), and Zinc (Zn). The purpose of this study was to measure the levels of heavy metals Fe, Mn, and Zn in groundwater around the Semarang Candi Industrial Estate by using chemometric analysis using Principal Component Analysis (PCA) and Cluster Analysis (CA) methods. Data on the levels of Fe, Mn, and Zn have been analyzed by PCA and CA methods using SPSS 22 application software. The results in this study indicate that mostly of water sample from Candi Industrial Estate reliable with clean water quality standard, just there is one area that have the content of heavy metal levels of Fe of 1 mg/L, which means that it is above the standard threshold for clean water quality set by the Regulation of the Indonesian Minister of Health Number 32 of 2017. The results obtained in PCA analysis formed 2 main components, namely PC1 and PC2 consist of three contaminants, while in the CA method 4 large clusters were formed in the research area of location.

© 2022 Universitas Negeri Semarang

✉ Alamat korespondensi:

Jl. Prof. Dr. Hamka (Kampus III), Ngaliyan, Semarang, Jawa Tengah, 50185  
Indonesia  
E-mail: [kustomo@walisongo.ac.id](mailto:kustomo@walisongo.ac.id)

p-ISSN 2252-6951  
e-ISSN 2502-6844

## Pendahuluan

Manusia membutuhkan air untuk keperluan pertanian, industri, transportasi, mencuci, memasak, minum dan lain sebagainya (Prasasti & Samudro 2018; Barang & Saptomo 2019; Ningrum 2018). Kualitas air mengalami penurunan walaupun siklus hidrologi di bumi masih dalam taraf seimbang. Kebutuhan air bersih akan meningkat seiring dengan pertambahan penduduk (Palma *et al.* 2021; De Vrieze *et al.* 2016). Sebagian besar masyarakat ada yang menggunakan air tanah maupun air dari sungai demi pemenuhan kebutuhan air minum, pembangkit listrik, irigasi pertanian, mandi, mencuci dan berbagai kebutuhan rumah tangga lainnya. Air dapat berubah karena adanya zat pencemar yang disebabkan oleh proses alamiah maupun dengan campur tangan manusia (Rohmawati & Kustomo 2020). Beberapa sumber pencemar berupa logam berat banyak yang bersumber dari penggunaan logam industri berupa peleburan logam, pertambangan atau penggunaan pestisida yang mengandung logam (Hajjaoui *et al.* 2022; Shahrashoub & Bakhtiari 2021).

Kecamatan Ngaliyan Kota Semarang merupakan daerah yang banyak diapit oleh kawasan industri seperti Kawasan Industri Wijaya Kusuma, Kawasan Industri Beringin, dan Kawasan Industri Candi (BPS Semarang 2019). Aktivitas kegiatan industri ini sudah aktif sejak lama dan menimbulkan berbagai dampak bagi lingkungan di kawasan tersebut. Kawasan Industri Candi mempunyai luas area 300 hektar dengan lebih dari 26 perusahaan yang berada di kecamatan Ngaliyan berpotensi menyebabkan pencemaran pada air bersih warga karena aktivitas industrinya. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian tentang kadar logam berat Fe, Mn, dan Zn dalam air tanah pada radius 1-10 km Kawasan Industri Candi. Aktivitas kegiatan Industri di Kawasan Industri Candi juga diduga mempunyai andil terkait terjadinya pencemaran lingkungan di wilayah sekitarnya, Kawasan Industri Candi berpotensi menghasilkan limbah buangan jenis logam berat (Kustomo, *et al.* 2022).

Beberapa zat pencemar yang dihasilkan dari Kawasan Industri Candi adalah besi (Fe), karbon monoksida (CO), seng (Zn), beberapa partikel debu dan mangan (Mn). Partikel yang paling banyak terdapat adalah besi karena di Kawasan Industri Candi terdapat pabrik pengolahan Baja dan banyak terdapat limbah besi bekas (Alihar 2018; Yuliani & Rahdriawan 2015). Kadar besi pada air bisa bersumber dari tanah ataupun sumber lainnya berupa larutan pipa besi, endapan limbah industri atau reservoir air dari besi. Seng (Zn) dan Mangan (Mn) juga berbahaya jika masuk ke tubuh melebihi ambang batas selain dari besi logam berat. Mangan dalam jumlah kecil pada air akan berguna bagi tubuh berupa membentuk energi yang akan diaplikasikan bersama protein, mengubah karbohidrat dalam metabolisme tubuh berupa enzim, berperan dalam pertumbuhan kuku dan rambut serta menjaga kesehatan tulang dan otak (Sasongko, *et al.*, 2014; Kurniawan 2017; Lu *et al.* 2022; Wang *et al.* 2021).

Sifat neurotoksik didapatkan dari air minum yang mengandung mangan dengan kadar besar (Hartanto 2007). Gejala yang didapatkan adalah muka seperti topeng, ekspresi muka yang beku, lemahnya pada otot dan kaki serta diagnosis susunan insomnia dan saraf. Gejala hiperfleksi dan bicara lambat merupakan gejala yang lanjutan yang didapatkan (Kurniawan 2017; Lu *et al.* 2022). Proses metabolisme kerja enzim yang sangat besar peranannya bagi tubuh juga didapatkan dari Seng (Zn). Kekurangan Zn menyebabkan menurunnya sistem imun. Kelebihan Seng dalam tubuh menyebabkan gangguan reproduksi, anemia, muntah, diare dan aterosklerosis (Kumari *et al.* 2013; Salam, Al-Zhrani, & Kosa 2012; Shi *et al.* 2021; Egbosiuba & Abdulkareem 2021).

Metode analisis kemometri mampu menganalisis sejumlah data besar dari spektroskopi dengan satu kali pembacaan sampel dengan beberapa komponen secara berkesinambungan (Platikanov 2016; Kustomo, *et al.*, 2022; Muzyka *et al.* 2021; Armanino *et al.* 2005). Data multivariat didapatkan dari beberapa sampel untuk tiap sampel diantaranya Principal Component Analysis (PCA) dan Cluster Analysis (CA) dimana analisis tersebut paling sering dijumpai dalam menganalisis data dari beberapa komponen hasil spektroskopi (Gao *et al.* 2015; Zavaleta *et al.* 2021). Kemometri digabungkan dengan spektroskopi dengan tujuan untuk memperoleh kualitas data. Kemometri memungkinkan dalam analisis sejumlah besar pesan dari berbagai konsentrasi sampel dengan periode singkat walaupun pada awalnya hanya diaplikasikan dalam mengolah data spectra (Hidayah, *et al.*, 2014; Inayah 2018; Monakhova, *et al.*, 2013; Gemperline & Group 2006).

## Metode Penelitian

### Alat dan Bahan

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Kesehatan Kota Semarang. Jenis penelitian yang dilaksanakan berupa eksperimen laboratorium dengan tujuan dalam mengetahui kadar logam berat Fe, Mn, dan Zn dalam air tanah di sekitar Kawasan Industri Candi Kecamatan Ngaliyan Kota Semarang. Beberapa alat yang digunakan diantaranya pH meter (Hanna HI98107); gelas beaker, labu ukur, pipet ukur (Iwaki

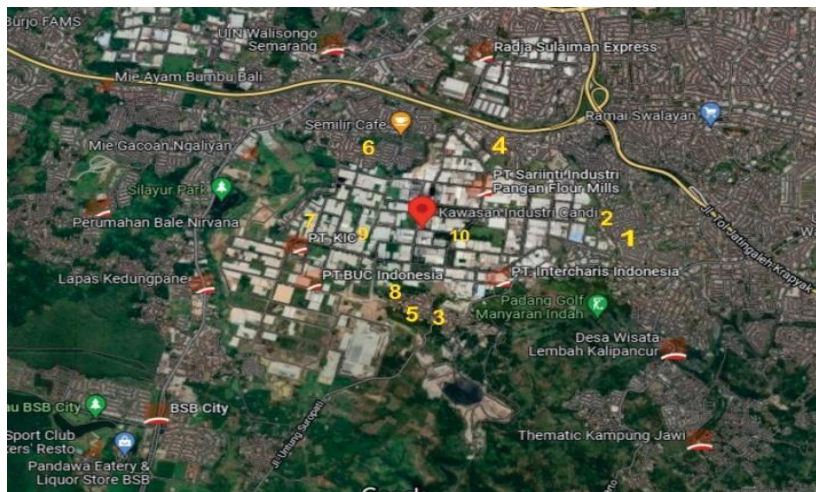
Ltd.), labu Erlenmeyer (Pyrex), dan instrumen Spektrofotometer UV-Vis (Genesys 10). Sedangkan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah air tanah yang diambil di sekitar Kawasan Industri Candi Semarang, larutan  $\text{HNO}_3$  63% (p.a. Merck), akuades, larutan standar Fe (II) dari  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  (p.a. dan teknis), Larutan Standar Mn dari  $\text{MnSO}_4$  (p.a. Merck), dan larutan standar Zn merek spektrosol.

#### Parameter Pengujian

Parameter kimia meliputi logam Fe (SNI 6989.4: 2009), Mn (SNI 06-6989 5-2004), dan Zn (SNI 06-6989 7-2004) yang akan diuji dalam kualitas air tanah (Malik, Malik, & Bishnoi 2021; Aragaw, Bogale, & Aragaw 2021; Khan, Malik, & Nehra 2021) lalu hasilnya dibandingkan dengan standar baku mutu kualitas air bersih yang telah diatur pada Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia (Permenkes RI) Nomor 32 Tahun 2017 (Ministry of Health 2017). Data jumlah kadar logam setiap sampel kemudian dilakukan analisis kemometrik menggunakan metode Principal Component Analysis dan Cluster analysis dengan software aplikasi SPSS 22 dengan dilakukan uji pendahuluan menggunakan uji *Kaiser-Mayer-Olkin* (KMO) dan uji *Bartlett* untuk mengetahui normalitas dari data penelitian (Platikanov *et al.* 2019).

#### Lokasi Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel air tanah dilakukan pada 10 titik lokasi di sekitar Kawasan Industri Candi Semarang. Sampel 1 sampai 10 yang mewakili populasi area permukiman disajikan pada Gambar 1. Lokasi sampling diambil berdasarkan jarak dari titik pusat atau titik tengah di Kawasan Industri Candi Semarang, dalam penelitian ini jumlah sampel yang diambil ada 10 sampel yang berasal dari sumur warga yang berada di sekitar Kawasan Industri Candi kota Semarang. Pengambilan sampel dilakukan dengan menggunakan teknik random sampling dengan keterwakilan jarak permukiman dari pusat Kawasan Industri Candi.



**Gambar 1.** Lokasi Pengambilan Sampel Air Tanah (sumber: GPS)

Sampel yang terkumpul kemudian dipindahkan ke wadah kecil yang steril dan bersih untuk kemudian dilakukan pengukuran kadar Fe, Mn, dan Zn dengan menggunakan spektrofotometer *UV-Vis* pada saat itu juga. Area pengambilan sampel disajikan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Area Pengambilan Sampel

Sampel	Jarak dari titik pusat
Area 1	10 km
Area 2	9 km
Area 3	8 km
Area 4	7 km
Area 5	6 km
Area 6	5 km
Area 7	4 km
Area 8	3 km
Area 9	2 km
Area 10	1 km

### Hasil dan Pembahasan

Pengukuran Kadar Fe, Mn, dan Zn dalam Air Tanah

Pengukuran kadar logam Fe, Mn, dan Zn pada sampel air tanah di 10 titik lokasi telah dilakukan menggunakan instrument Spektroskopi UV-Vis yang ditunjukkan pada Tabel 2.

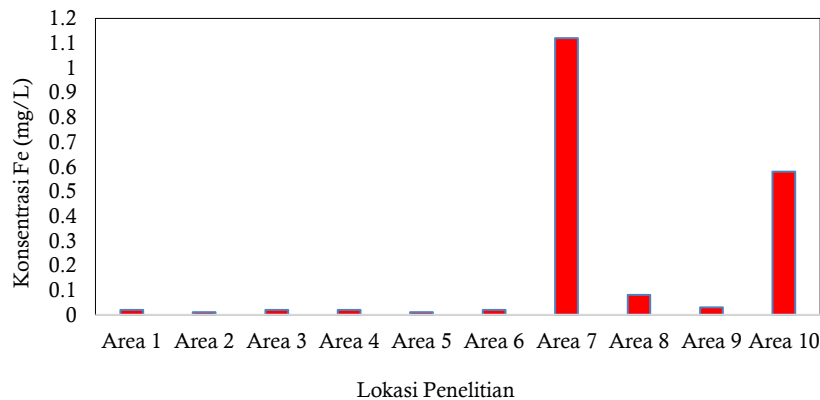
**Tabel 1.** Kadar Logam berat dalam Air bersih

Kode Sampel	Fe (mg/L)		Mn (mg/L)		Zn (mg/L)	
	Terukur	Baku mutu	Terukur	Baku mutu	Terukur	Baku mutu
Area 1	0,02	1	0,1	0,5	0,05	15
Area 2	0,01	1	0,2	0,5	0,24	15
Area 3	0,02	1	0,1	0,5	0,07	15
Area 4	0,02	1	0,1	0,5	0,17	15
Area 5	0,01	1	0,1	0,5	0,24	15
Area 6	0,02	1	0,1	0,5	0,25	15
Area 7	1,12	1	0,1	0,5	0,12	15
Area 8	0,08	1	0,1	0,5	1,45	15
Area 9	0,03	1	0,1	0,5	3,83	15
Area 10	0,58	1	0,1	0,5	0,21	15

Keterangan: Baku Mutu Air Bersih sesuai Permenkes RI No. 32 Tahun 2017 (Ministry of Health 2017)

Kadar logam Fe tertinggi terukur pada sampel di area 7 yaitu 1,12 mg/L yang melebihi standar baku mutu air bersih, sedangkan pada area lainnya masih memenuhi standar baku mutu air bersih sesuai Permenkes RI No. 32 Tahun 2017. Air tanah yang terkontaminasi Fe bisa menyebabkan rasa mual jika air tersebut dikonsumsi, selain itu dalam dosis yang besar Fe dapat juga mengakibatkan kerusakan pada dinding usus sehingga akan mengakibatkan kematian. Kandungan zat besi lebih dari 1 mg/L dapat menyebabkan terjadinya iritasi pada kulit dan mata. Apabila kelarutan Fe dalam air lebih dari 10 mg/L dapat menyebabkan air menjadi berbau (Kumari *et al.* 2013). Disamping memiliki dampak negatif, besi juga memiliki dampak positif yaitu besi digunakan untuk pembentukan sel-sel darah merah namun apabila melebihi yang telah ditetapkan oleh Kementerian Kesehatan, maka perlu pengolahan lebih lanjut (Le *et al.* 2022). Bersumber pada hasil pengujian, didapatkan data kadar Fe pada berbagai sampel yang disajikan dalam Gambar 2.

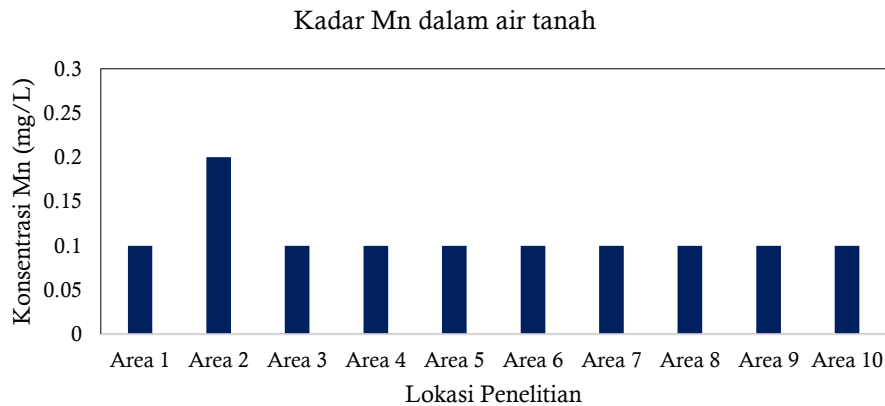
Kadar Fe dalam air tanah



**Gambar 2.** Kadar Logam Fe dalam Sampel

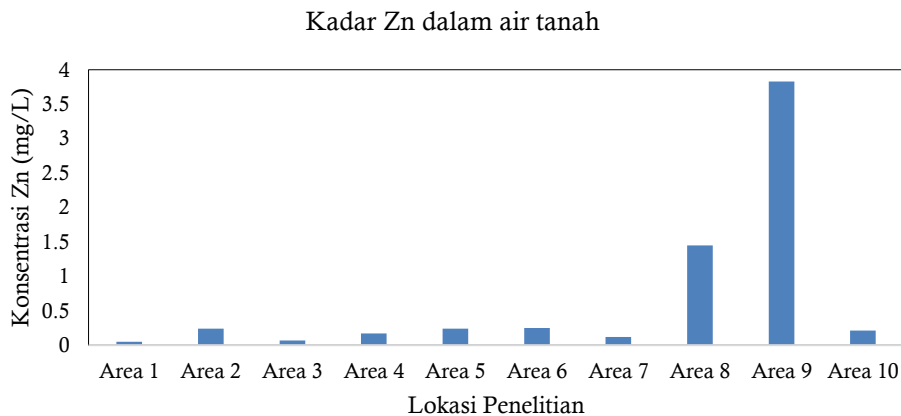
Kelebihan kadar besi (Fe) dalam tubuh dapat menyebabkan keracunan. Terdapat empat bagian jika kelebihan kadar Fe dalam tubuh dapat menyebabkan keracunan berupa (1) terjadi pasca enam jam kelebihan kadar besi di tubuh dapat dilihat dari munculnya efek gastrointestinal seperti diare; (2) dianggap sebagai bagian laten jika tersapat pada periode waktu enam hingga 24 jam; (3) antara 12-96 jam terjadi keracunan yang dapat menyebabkan kematian, nekrosis hati, hipotensi, asidosis metabolik dan takikardia, dan (4) antara dua sampai enam minggu terjadi ulserasi gastrointestinal (Zhang *et al.* 2003; Barang & Saptomo 2019; Kumari *et al.* 2013).

Hasil pengujian kadar Mn dalam air tanah di sekitar Kawasan Industri Candi Semarang disajikan dalam Gambar 3. Kadar kontaminan Mn yang lebih besar dari 0,5 mg/L dapat menyebabkan rasa yang aneh pada air tanah dan meninggalkan warna coklat-coklatan pada pakaian setelah proses pencucian, selain itu Mn juga menyebabkan kerusakan pada hati (Lu *et al.* 2022). Berdasarkan standart baku mutu Permenkes RI No. 32 Tahun 2017 bahwa kadar Mn dalam air bersih maksimum adalah 0,5 mg/L (Ministry of Health 2017), sedangkan dalam pengukuran penelitian air tanah tersebut memiliki rata-rata kadar Mn sebesar 0,1 mg/L sehingga masih memenuhi standar baku mutu air bersih dan layak untuk dikonsumsi oleh masyarakat.



**Gambar 3.** Kadar Logam Mn dalam Sampel

Seng (Zn) adalah salah satu unsur yang paling umum berada di alam. Zat gizi mikro, yaitu zat gizi yang dibutuhkan dalam jumlah banyak sedikit (Salam, Al-Zhrani, & Kosa 2012). Zn adalah logam putih kebiruan mengkilap yang sangat reaktif. Jenis logam yang bereaksi dengan oksigen dan tidak mudah terurai pada udara bebas. Hasil pengujian kadar Zn dalam sampel air tanah di sekitar Kawasan Industri Candi Semarang disajikan dalam Gambar 4 berikut ini.



**Gambar 4.** Kadar Logam Zn dalam Sampel

Bersumber pada data di Gambar 4 didapatkan bahwa kadar logam Zn tertinggi berada pada sampel di area 9 yaitu 3.83 mg/L, dan tertinggi kedua berada pada sampel di area 8 dan kadar logam Zn terendah berada pada sampel di area 1 yaitu 0.05 mg/L. Data dalam Gambar 4 menunjukkan perbedaan kadar logam Zn dalam air bersih, namun semua kadar logam Zn dalam sampel tidak melebihi ambang batas yang ditetapkan oleh kementerian kesehatan dalam Permenkes RI No. 37 tahun 2017 yaitu maksimum sebesar 15 mg/L (Ministry of Health 2017).

#### Analisis Kemometri dengan Menggunakan PCA

Data pengujian kemudian di analisis mengaplikasikan metode *Principal Component Analysis* (PCA). PCA adalah metode analisis multivariat yang diaplikasikan dalam memotong data menjadi variabel berdimensi kecil dari dimensi besar. Data yang didapatkan berupa komponen utama (*Principal Component*,

PC) sebaran data matriks yang dibentuk dari vektor eigen, nilai eigen, variabel asli dan matrik. Analisis PCA dilakukan dengan menggunakan aplikasi SPSS 22.

#### Uji Pendahuluan

Uji ini diaplikasikan dengan menghitung analisis suatu faktor yang diaplikasikan berbasis kelayakan. Uji yang diaplikasikan dengan syarat signifikansi reaksi besarnya nilai didapatkan dari ambang batas  $\geq 0,5$  nilai KMO (*Kaiser-Meyer-Olkin*). Uji *Bartlett Test of Sphericity* diaplikasikan untuk menentukan korelasi antar variabel. Analisis faktor dapat dilanjutkan berupa 0,05 pada *Sig.* harus  $\leq p$  value (Wu *et al.* 2017; S. Platikanov *et al.* 2019; Song *et al.* 2011). Uji KMO dan *Bartlett test* dengan spss dilakukan dengan cara memasukan terlebih dahulu data hasil penelitian kemudian dari menu SPSS dipilih *Analyze* lalu pilih *Dimension Reduction* dan pilih *Factor*. Semua variabel kuesioner dimasukan pada kotak variable (s) lalu pilih *Descriptive*, pilih *KMO Bartlett's test of Sphericity* serta *anti Image*, pilih *Initial Solution* dan akhirnya akan didapatkan hasil keluaran data tersebut, hasil uji nya disajikan pada Gambar 5.

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.		.516
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	.682
	Df	3
	Sig.	.047

Gambar 5. Hasil uji KMO dan Bartlett Test

Uji yang telah sesuai tersebut diteruskan dengan proses MSA (*Measure of Sampling Adequacy*) yaitu berupa eliminasi *parameter* dengan skor ambang batas  $\geq 0,5$  pada *anti-image*. Pemenuhan *preliminary test* didapatkan ketika ketiga parameter dilakukan eliminasi mengacu pada MSA. Analisis faktor bisa dilanjutkan jika mempunyai MSA  $> 0,5$  pada ketiga parameter tersebut. Hasil dari pengujian MSA disajikan pada Gambar 6.

**Anti-image Matrices**

		Kadar_logam _Besi	Kadar_logam _Mangan	kadar_logam _Seng
Anti-image Covariance	Kadar_logam_Besi	.924	.188	.204
	Kadar_logam_Mangan	.188	.944	.154
	kadar_logam_Seng	.204	.154	.937
Anti-image Correlation	Kadar_logam_Besi	.629 <sup>a</sup>	.201	.220
	Kadar_logam_Mangan	.201	.501 <sup>a</sup>	.164
	kadar_logam_Seng	.220	.164	.614 <sup>a</sup>

a. Measures of Sampling Adequacy(MSA)

Gambar 6. Hasil pengujian *Measure of Sampling Adequacy* (MSA)

Dalam data pada Gambar 6 menunjukkan hasil pengujian *Measure of Sampling Adequacy* (MSA) pada ketiga variabel nilainya diatas 0.5 sehingga uji *Principal Component Analysis* (PCA) dapat dilakukan.

#### Komponen Faktor

Data Hasil Uji Pendahuluan menunjukkan bahwa data yang diperoleh layak untuk dilakukan uji *Principal Component Anlysis*. Terdapat tiga variabel yang diekstrak, hasil ekstraksi ketiga variabel dapat ditinjau pada Gambar 7

**Communalities**

	Initial	Extraction
Kadar_logam_Besi	1.000	.743
Kadar_logam_Mangan	1.000	.804
kadar_logam_Seng	1.000	.782

Extraction Method: Principal Component Analysis.

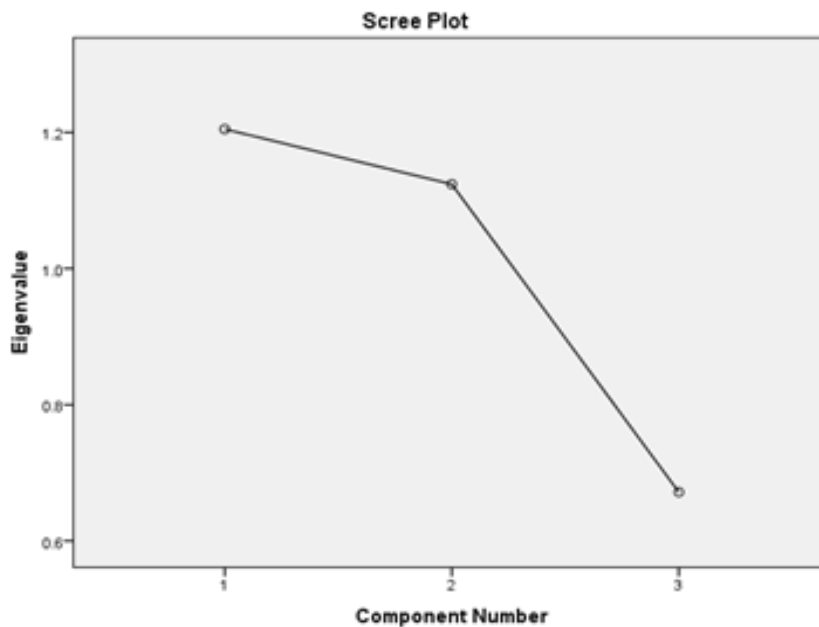
Gambar 7. Kontribusi Variabel Hasil Ekstraksi

Hasil ekstraksi PCA dalam analisis kadar logam berat pada air bersih di kawasan industri Candi kota Semarang merefleksikan dari tiga variabel menyusun dua faktor dan mempunyai nilai eigen >1 berjumlah 1.205 yang berada pada kolom total pada komponen satu. Untuk menentukan jumlah komponen faktor terdapat grafik tersendiri berupa *Scree Plot*. Grafik antara faktor *eigenvalues* tersebut berupa *Scree Plot*. Akar ciri atau *eigenvalues* merupakan pengaruh pembentukan komponen yang didapatkan dari suatu variabel (Gao *et al.* 2015). *Eigenvalues* menjadi faktor penentu jumlah komponen yang dapat ditinjau >1. Bersumber pada *eigenvalues* terdapat dua komponen yang didapatkan pada penelitian ini. Komponen factor *Eigenvalues* disajikan pada Gambar 8 dan *Scree plot* disajikan pada Gambar 9.

Component	Initial Eigenvalues		
	Total	% of Variance	Cumulative %
1	1.205	40.155	40.155
2	1.124	37.459	77.613
3	.672	22.387	100.000

Extraction Method: Principal Component Analysis.

**Gambar 8.** Komponen faktor *Eigenvalue*



**Gambar 9.** *Scree Plot*

Representasi dari Gambar 8 dan Gambar 9 dapat ditinjau bahwa titik satu sampai titik dua didapatkan penurunan yang stabil dibandingkan pada titik dua sampai titik tiga terjadi penurunan yang signifikan. Proses rotasi faktor didapatkan untuk mempertegas dari variabel tanpa meninjau nilai (+) dan (-) atau nilai *loading* yang merepresentasikan bahwa terdapat dua faktor yang terbentuk sebagaimana pada Gambar 10.

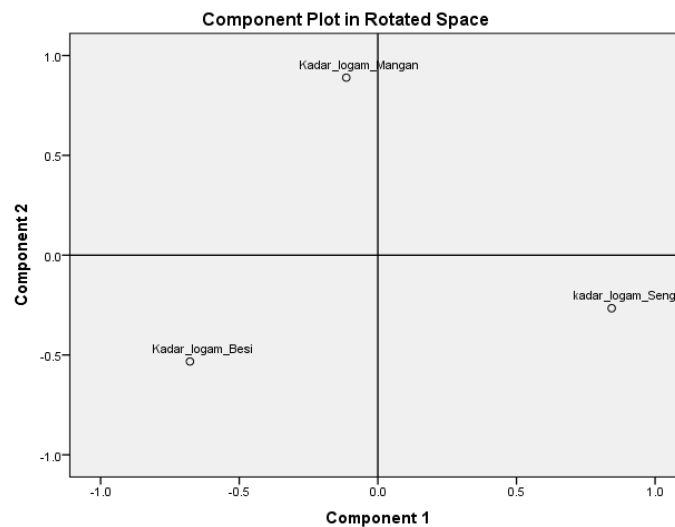
**Rotated Component Matrix<sup>a</sup>**

	Component	
	1	2
Kadar_logam_Besi	-.678	-.533
Kadar_logam_Mangan	-.114	.889
kadar_logam_Seng	.843	-.266

Extraction Method: Principal Component Analysis.

**Gambar 10.** *Rotated Component Matrix*

Penentuan substansi dari berbagai komponen parameter dilakukan dengan meninjau berbagai komponen ditinjau dari nilai yang paling besar. Logam Fe dan Zn pada data diatas dikelompokan di komponen satu, sedangkan untuk logam Mn berada di komponen dua. *Scatter plot* dibentuk dari komponen tersebut untuk meninjau sebaran komponen yang didapatkan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 11.



**Gambar 11.** *Scatter Plot* Komponen 1 terhadap Komponen 2

Bersumber pada *Scatter Plot* diatas, diantara komponen 1 dan komponen 2 diketahui bahwa nilai kadar logam Fe dan nilai kadar logam Zn dalam air tanah pada sampel yang diteliti berada di komponen y. Kondisi diatas merefleksikan kedua komponen terdapat relasi yang kuat. Berdasarkan grafik diatas, komponen yang mempengaruhi kualitas air di Kawasan Industri Candi Semarang adalah komponen 1.

#### Analisis Data dengan Metode Cluster Analysis

Analisis ini adalah metode multivariat yang diaplikasikan dalam mengklasifikasikan pengamatan atau obyek yang bersumber pada keseruan objek. Analisis ini mengelompokkan obyek dimana objek-objek terdapat pada klaster yang sama. Metode *single linkage* atau hirarki pautan tunggal merupakan metode yang diaplikasikan. Metode tersebut didapatkan antar obyek minimum di jarak *euclidean* yang diawali dengan dua objek yang diuraikan dengan jarak paling pendek diposisikan pada kelas pertama dan seterusnya. Langkah-langkah dalam pengelompokan terdapat pada Gambar 12.



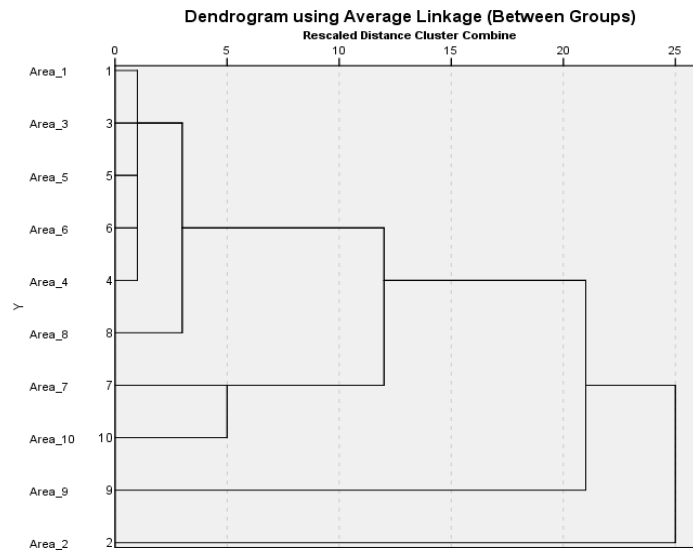
**Proximity Matrix**

Case	Squared Euclidean Distance									
	1:Area_1	2:Area_2	3:Area_3	4:Area_4	5:Area_5	6:Area_6	7:Area_7	8:Area_8	9:Area_9	10:Area_10
1:Area_1	.000	10.026	.000	.010	.026	.028	8.821	1.421	10.168	2.303
2:Area_2	10.026	.000	10.021	10.004	10.000	10.001	18.988	11.078	19.174	12.368
3:Area_3	.000	10.021	.000	.007	.021	.023	8.819	1.381	10.061	2.299
4:Area_4	.010	10.004	.007	.000	.004	.005	8.819	1.192	9.533	2.286
5:Area_5	.026	10.000	.021	.004	.000	.001	8.988	1.078	9.174	2.368
6:Area_6	.028	10.001	.023	.005	.001	.000	8.829	1.051	9.120	2.286
7:Area_7	8.821	18.988	8.819	8.819	8.988	8.829	.000	9.140	18.452	2.131
8:Area_8	1.421	11.078	1.381	1.192	1.078	1.051	9.140	.000	4.049	2.916
9:Area_9	10.168	19.174	10.061	9.533	9.174	9.120	18.452	4.049	.000	11.529
10:Area_10	2.303	12.368	2.299	2.286	2.368	2.286	2.131	2.916	11.529	.000

This is a dissimilarity matrix

**Gambar 12.** Pengelompokan kluster data penelitian berdasarkan jarak *Euclidian*

Berdasarkan data pada Gambar 12 yang diperoleh maka selanjutnya dilakukan pengelompokan yang didasarkan pada jarak *euclidian*. Analisis *cluster* mengelompokkan berbagai objek yang paling dekat kemiripannya pada kelas yang sama.



**Gambar 13.** Dendrogram Hasil Pembentukan Kluster

Pengelompokan sampel yang membentuk kluster baru, sumbu Y merupakan tingkat keserupaan mengacu pada jarak *euclidian* dan sumbu X merupakan nomor objek atau sampel. Analisis kelompok pada penelitian ini mengelompokkan sampel menjadi tiga kluster besar. Kluster pertama yang terdiri dari 4 kluster/kelompok sesuai kemiripan dari jarak *euclidian* adalah pada area 1, 3, 5, 6, 4, dan 8 yang menjadi satu kluster dengan 6 anggota, kemudian pada area 7, dan 10 menjadi satu kluster dengan 2 anggota, kemudian kluster selanjutnya adalah pada area 9 yang menjadi kluster dengan 1 anggota, dan area 2 yang menjadi kluster sendiri dengan 1 anggota. Kluster yang kedua terdiri dari 3 kelompok sesuai kemiripan jarak *euclidian*, pada area 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10 membentuk menjadi satu kluster dengan 8 anggota atau objek, kemudian area 2 membentuk kluster baru dengan 1 anggota, dan area 9 juga membentuk kluster sendiri. Kluster yang ketiga terdiri dari 2 kelompok sesuai kemiripan jarak *euclidian*, pada area 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, dan 10 membentuk kluster baru dengan 9 anggota atau objek, sedangkan area 2 membentuk kluster sendiri dengan 1 anggota.

## Simpulan

Air bersih merupakan kebutuhan utama manusia dalam menjalankan aktivitas kehidupan. Setiap masyarakat berhak mendapatkan akses air bersih, meskipun tinggal di wilayah permukiman yang berada dalam Kawasan Industri. Kadar logam Fe dalam air bersih di area 9-10 km dari Kawasan Industri Candi

ini melebihi ambang batas baku mutu air bersih yang ditetapkan Permenkes RI No. 32 tahun 2017 yaitu 1 mg/L, dimana baku mutu air bersih kadar Fe seharusnya adalah maksimal 0,43 mg/L. Metode PCA ditujukan pada dua komponen utama (PC) terbesar yang merepresentasikan seluruh data yaitu PC1 dan PC2 dengan koordinat plot data total 100% pada proporsi kumulatif. CA mengelompokkan berbagai objek yang paling dekat kemiripannya pada kelas yang sama dari analisis kadar Fe, Mn, dan Zn menjadi kluster berbeda pada jarak antar centroid. Secara berurutan, kluster pertama terdiri dari 4 kelompok, kluster kedua terdiri dari 3 kelompok, dan kluster ketiga terdiri dari 2 kelompok sesuai kemiripan dari jarak euclidian.

### Daftar Referensi

- Alihar, F. 2018. Penduduk Dan Akses Air Bersih Di Kota Semarang (*Population and Access to Clean Water in Semarang City*). *Jurnal Kependudukan Indonesia*, 13 (1): 67–76. <https://doi.org/10.14203/jki.v13i1.306>
- Aragaw, T. A., Fekadu, M.B., & Aragaw B. A. 2021. Iron-Based Nanoparticles in Wastewater Treatment: A Review on Synthesis Methods, Applications, and Removal Mechanisms. *Journal of Saudi Chemical Society*, 25 (8): 101280. <https://doi.org/10.1016/j.jscs.2021.101280>.
- Armanino, C., M. Forina, Gardiner, P.H.E., Heufel, E.J.v.d., Kateman G., Lanteri S., Smit H.C., & Vandeginste, B.G.M. 2005. Chemometrics and Species Identification. *Springer-Verlag*. 256. <https://link.springer.com/book/10.1007/3-540-17308-0>
- Barang, M. H. D., & Saptomo, S.K. 2019. Analisis Kualitas Air Pada Jalur Distribusi Air Bersih Di Gedung Baru Fakultas Ekonomi Dan Manajemen Institut Pertanian Bogor. *Jurnal Teknik Sipil Dan Lingkungan*, 4(1): 13–24. <https://doi.org/10.29244/jsil.4.1.13-24>.
- BPS Semarang. 2019. The Population & Housing in Semarang City. BPS: Semarang.
- Egbosiuba, T. C., & Abdulkareem A. S. 2021. Highly Efficient As-Synthesized and Oxidized Multi-Walled Carbon Nanotubes for Copper(II) and Zinc(II) Ion Adsorption in a Batch and Fixed-Bed Process. *Journal of Materials Research and Technology*, 15: 2848–72. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2021.09.094>.
- Gao, H., Chunjian, L., Yonghui, Zhang S.Y., Zheng L., Yujie, W., Peng J., & Yu, H. 2015. Chemometrics Data of Water Quality and Environmental Heterogeneity Analysis in Pu River, China. *Environmental Earth Sciences*, 73(9): 5119–29. <https://doi.org/10.1007/s12665-015-4233-x>.
- Gemperline, P., and Francis G. 2006. *Practical Guide to Chemometrics: Second Edition*. France: Taylor & Francis.
- Hajjaoui, H., Amal S., Abdennouri, M., Qourzal S., Tounsadi, H., & Barka, N. 2022. Removal of Cadmium Ions by Magnesium Phosphate: Kinetics, Isotherm, and Mechanism Studies. *Applied Surface Science Advances*, 9: 100263. <https://doi.org/10.1016/j.apsadv.2022.100263>.
- Hartanto, S. 2007. Studi Kasus Kualitas Dan Kuantitas Kelayakan Air Sumur Artetis Sebagai Air Bersih Untuk Kebutuhan Sehari-Hari Di Daerah Kelurahan Sukorejo Kecamatan Gunungpati Semarang Tahun 2007. *Master Thesis*, Semarang: Universitas Negeri Semarang.
- Hidayah, Ulil, I., Kuswandi B., & Wulandari, L. 2014. Deteksi Kemurnian Air Zamzam Menggunakan Metode Spektrofotometri Near Infra Red (NIR) Dan Kemometrik (Detection of Zamzam Water Purity Using Near Infra Red Spectroscopy (NIR) and Chemometrics). *Jurnal Pustaka Kesehatan*, 2(3): 439–44.
- Inayah, A. 2018. Analisis Kemometrik Menggunakan LDA (Linear Discriminant Analysis ) dan PLS ( Partial Least Square ) dari Sampel Minyak Babi dan Minyak Sawit Berbasis Data FTIR. *Master thesis*, Malang: UIN Maulana Malik Ibrahim Malang
- Jurado, Z., Marcel, A., Mirta, R., Alcaraz, L., Peñaloza G., Boemo A., Cardozo, A., Tarcaya, G., Silvana, M. A., & Héctor, C. G. 2021. Chemometric Modeling for Spatiotemporal Characterization and Self-Depuration Monitoring of Surface Water Assessing the Pollution Sources Impact of Northern Argentina Rivers. *Microchemical Journal*, 162(2): 105841. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2020.105841>.
- Khan, N., Anju M., & Kiran, N. 2021. Groundwater Hydro-Geochemistry, Quality, Microbiology and Human Health Risk Assessment in Semi-Arid Area of Rajasthan, India: A Chemometric Approach. *Environmental Monitoring and Assessment*, Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/s10661-021-08979-2>.
- Kumari, M., Smriti T., Vinita P., & Tripathi, B. D. 2013. Chemometric Characterization of River Water

- Quality. *Environmental Monitoring and Assessment*, 185(4): 3081–92. <https://doi.org/10.1007/s10661-012-2774-y>.
- Kurniawan, T. P. 2017. Kualitas Kimia Air Sumur di Perum Pondok Baru Permai Desa Bulak Rejo Kecamatan Sukoharjo Kabupaten Sukoharjo, Tahun 2015. *Sanitasi: Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 9(1): 26–30. <https://doi.org/10.29238/sanitasi.v9i1.747>.
- Kustomo, Rasidah, & Oktaviano, D. 2022. Chemometrics Analysis for the Groundwater Quality Assessment in UIN Walisongo Semarang. *Proceedings of the International Conference on Science and Engineering (ICSE-UIN-SUKA 2021)*, 211: 53–60. <https://doi.org/10.2991/aer.k.211222.009>.
- Le, H. M., Thanh, H. L., Quoc, H.P., & Pham, T.T.H. 2022. Mueller Matrix Imaging Polarimetry Technique for Dengue Fever Detection. *Optics Communications*, 502: 127420. <https://doi.org/10.1016/j.optcom.2021.127420>.
- Lu, H. L., Li, K. W., Jackson, N., Xian, H., Xu, R.K., Wei, Q., Shi R. Y., & Zhi, N.H. 2022. Effects of pH Variations Caused by Redox Reactions and pH Buffering Capacity on Cd(II) Speciation in Paddy Soils during Submerging/Draining Alternation. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 234 (March): 113409. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2022.113409>.
- Malik, N., Malik, A., & Bishnoi, S. 2021. Assessment of Groundwater Hydro-Geochemistry, Quality, and Human Health Risk in Arid Area of India Using Chemometric Approach. *Arabian Journal of Geosciences*, 14(15). <https://doi.org/10.1007/s12517-021-07852-3>.
- Ministry of Health, Indonesia. 2017. Indonesia Ministry of Health Decree Number 32 Year 2017 Concerning in Water Quality Standard for Hygien Sanitation, Swimming Pool, Solute Per Aqua and Public Bath. *Regulation of Ministry of Health Republic of Indonesia Nb. 32 Year 2017*.
- Monakhova, Y. B., Kuballa T., & Lachenmeier, D. W. 2013. Chemometric Methods in NMR Spectroscopic Analysis of Food Products. *Journal of Analytical Chemistry*, 68(9): 755–66. <https://doi.org/10.1134/S1061934813090098>.
- Muzyka, R., Maciej, C., Małgorzata, P., & Marcin, S. 2021. Chemometric Analysis of Air Pollutants in Raw and Thermally Treated Coals – Low-Emission Fuel for Domestic Applications, with a Reduced Negative Impact on Air Quality. *Journal of Environmental Management*, 281: 111787 <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111787>.
- Ningrum, S. O. 2018. Analisis Kualitas Badan Air Dan Kualitas Air Sumur Di Sekitar Pabrik Gula Rejo Agung Baru Kota Madiun. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 10(1): 1–12.
- Palma, D., Amina, K., Sleiman M., Guillaume, V., & Claire, R. 2021. Effect of UVC Pre-Irradiation on the Suwannee River Natural Organic Matter (SRNOM) Photoxidant Properties. *Water Research*, 202: 117395. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2021.117395>.
- Platikanov, S., Baquero, D., González S., Alonso, J.M., Paraira, M., Cortina, J.S., & Teuler, R.. 2019. Chemometric Analysis for River Water Quality Assessment at the Intake of Drinking Water Treatment Plants. *Science of the Total Environment*, 667: 552–62. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.02.423>.
- Platikanov, S. Y. 2016. Application of Chemometric Methods to Water Quality Studies Application of Chemometric Methods to Water Quality Studies. *Master Thesis*, Spain: University of Barcelona. [https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/399917/SYP\\_THESIS.pdf?sequence=1](https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/399917/SYP_THESIS.pdf?sequence=1)
- Prasasti, R. A., & Samudro, G. 2018. Analisis Fluktuasi Pemakaian Air Pdam Tirta Moedal Kota Semarang Wilayah Studi Dma Tejosari Dan Mega Bukit Mas. *Jurnal Presipitasi: Media Komunikasi Dan Pengembangan Teknik Lingkungan*, 15(2): 106. <https://doi.org/10.14710/presipitasi.v15i2.106-113>.
- Rohmawati, Y., & Kustomo. 2020. Analisis Kualitas Air Pada Reservoir PDAM Kota Semarang Menggunakan Uji Parameter Fisika, Kimia, Dan Mikrobiologi, Serta Dikombinasikan Dengan Analisis Kemometri. *Walisongo Journal of Chemistry*, 3(2): 100-107. <https://doi.org/10.21580/wjc.v3i2.6603>.
- Salam, M. A., Al-Zahrani, G., & Samia, A. K. 2012. Simultaneous Removal of Copper(II), Lead(II), Zinc(II) and Cadmium(II) from Aqueous Solutions by Multi-Walled Carbon Nanotubes. *Comptes Rendus Chimie* 15(5): 398–408. <https://doi.org/10.1016/j.crci.2012.01.013>.

- Sasongko, E. B., Endang, W., & Rawuh, E. P. 2014. Study of Water Quality and Utility of Dug Well to the People around Kaliyasa Rivers Cilacap. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 12(2): 72. <https://doi.org/10.14710/jil.12.2.72-82>.
- Shahrashoub, M., & Somayeh, B. 2021. The Efficiency of Activated Carbon/Magnetite Nanoparticles Composites in Copper Removal: Industrial Waste Recovery, Green Synthesis, Characterization, and Adsorption-Desorption Studies. *Microporous and Mesoporous Materials*, 311: 110692. <https://doi.org/10.1016/j.micromeso.2020.110692>.
- Shi, C., Hua, M., Zihao, W., & Xiwen, Z. 2021. Superhydrophobic Modification of the Surface of Cellulosic Materials Based on Honeycomb-like Zinc Oxide Structures and Their Application in Oil-Water Separation. *Applied Surface Science*, 563: 150291. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2021.150291>.
- Song, X., Liangmin, H., Jianlin, Z., Kedong, Y., Sheng, L., Yehui, T., & Jianqiang, Y. 2011. Chemometric Study of Spatial Variations of Environmental and Ecological Characteristics in the Zhujiang River (Pearl River) Estuary and Adjacent Waters. *Acta Oceanologica Sinica*, 30(4): 60–74. <https://doi.org/10.1007/s13131-011-0137-0>.
- Vrieze, J. D., Marta, C., Matthias, D., Paul, V. d. M., & Korneel, R. 2016. High Salinity in Molasses Wastewaters Shifts Anaerobic Digestion to Carboxylate Production. *Water Research*, 98: 293–301. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2016.04.035>.
- Wang, X., Ying, W., Chun, Z., Yunhua, Z., Zhihua, S., Hua J. S. F., Xuebin, H., & Huaili, Z. 2021. Ciprofloxacin Removal by Ultrasound-Enhanced Carbon Nanotubes/Permanganate Process: In Situ Generation of Free Reactive Manganese Species via Electron Transfer. *Water Research*, 202: 117393. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2021.117393>.
- Wu, M., Youshao, W., Junde, D., Fulin, S., Yutu, W., & Yiguo, H. 2017. Spatial Assessment of Water Quality Using Chemometrics in the Pearl River Estuary, China. *Frontiers of Earth Science*, 11(1): 114–126. <https://doi.org/10.1007/s11707-016-0585-0>.
- Yuliani, Y., & Mardwi, R. 2015. Kinerja Pelayanan Air Bersih Masyarakat Di Kelurahan Tugurejo Kota Semarang. *Jurnal Pengembangan Kota*, 3(1): 11-25. <https://doi.org/10.14710/jpk.3.1.11-25>.
- Zhang, J., Basanta, Z., Gustavo, J., Jinhong, X., Song, X. M., Stringfellow, A., Código, S. E. U., Pedido, D. E. É. 2003. The Qualitative Research Companion. *Strategic Management Journal*, 5: 1-16. <https://doi.org/10.1111/1468-0432.00044>.