

STUDI KEADAAN OKSIDASI BESI PADA AIR HUJAN

HIDAYAH¹, DEDE SUHENDAR^{1*}, TETY SUDIARTI¹, DAN EMAY MAESAROH¹

¹Jurusan Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sunan Gunung Djati Bandung,
Jl. A. H. Nasution No.105 Cibiru Kota Bandung

*alamat email korespondensi: dede.suhendar@uinsgd.ac.id

Informasi Artikel	Abstrak/Abstract
<p>Riwayat Naskah : Diterima pada 22 Mei 2019 Diterima setelah direvisi pada 3 Juli 2019 Diterbitkan pada 5 Juli 2019</p> <p>Kata Kunci: air hujan; besi ; kompleks; Spektrofotometer UV-Vis; SSA.</p> <p>Keywords: rainwater; iron ; complex; UV-Vis Spectrophotometer; AAS.</p>	<p>Air hujan merupakan sumber air permukaan dan air tanah. Air hujan terbentuk melalui beberapa proses yakni kondensasi, presipitasi, evaporasi, dan transpirasi. Air hujan memiliki kandungan besi dalam bentuk partikulat dan terlarutnya seperti ferro (Fe^{2+}) dan ferri (Fe^{3+}). Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk menentukan kandungan Fe total, Fe(II) dan Fe(III) dalam air hujan serta perbandingannya dengan air hujan dari tiga tempat yang berbeda dan untuk mempelajari kandungan air hujan yang dapat mereduksi Fe(III). Fe total dianalisis dengan menggunakan instrumen Spektrofotometer Serapan Atom (SSA). Ion Fe(II) dan Fe(III) dianalisis dengan instrumen Spektrofotometer UV-Vis menggunakan ligan Fenantrolin dan KSCN sehingga membentuk senyawa kompleks $[Fe(C_{12}H_8N_2)_3]^{2+}$ dan $[Fe(SCN)_6]^{3-}$. Derajat keasaman air hujan dianalisis menggunakan pH meter sedangkan keadaan oksidasi besi pada air hujan dianalisis menggunakan Spektrofotometer UV-Vis dengan pelarutan aqua dm dan air hujan yang turun di kawasan industri, pegunungan dan pemukiman. Hasil analisis menunjukkan kandungan Fe total, Fe(II) serta Fe(III) dalam air hujan yang turun sekitar industri, pegunungan dan pemukiman secara berturut-turut yaitu Fe total 0,5655; 1,6854; dan 2,4232 mg/L, Fe(II) 0,0867; 0,2232 dan 0,0731 mg/L, dan Fe(III) 0,5198; 0,4994 dan 0,5672 mg/L. Dari perbandingan geseran panjang gelombang maksimum sinar tampak larutan $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ teknis dan pro analisis dengan pengompleks fenantrolin diperoleh bahwa air hujan memiliki daya reduksi terhadap ion Fe^{3+}.</p> <p><i>Rainwater is a source of surface water and ground water. Rainwater is formed through several processes namely condensation, precipitation, evaporation and transpiration. Rainwater has an iron content in the form of particulates and dissolves such as ferro (Fe^{2+}) and ferric (Fe^{3+}). The purpose of this study is to determine the content of total Fe, Fe(II) and Fe(III) in rainwater and its comparison with rainwater from three different places and to study the content of rainwater that can reduce Fe(III). Total Fe was analyzed using Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) instrument. Fe(II) and Fe(III) ions were analyzed with an UV-Vis spectrophotometer using Fenantrolin and KSCN ligands to form complex compounds $[Fe(C_{12}H_8N_2)_3]^{2+}$ and $[Fe(SCN)_6]^{3-}$. The degree of acidity of rainwater was analyzed using a pH meter while the oxidation state of iron in rainwater was analyzed using a UV-Vis spectrophotometer by dissolving aqua dm and falling rainwater in industrial estates, mountains and settlements. The results of the analysis show the content of total Fe, Fe(II) and Fe(III) in rainwater that falls around the industry, mountains and settlements respectively, namely Fe total 0.5655; 1.6854; and 2.4232 mg/L, Fe(II) 0.0867; 0.2232 and 0.0731 mg/L, and Fe(III) 0.5198; 0.4994 and 0.5672 mg/L. From the comparison of the maximum wavelength shear of the visible light the technical and pro $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ solution with phenanthroline complexing was obtained that the rain water had a reduction in the Fe^{3+} ion.</i></p>

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara tropis sehingga mempunyai curah hujan yang tinggi dan dapat terjadi sepanjang tahun. Hal ini disebabkan karena Indonesia mempunyai tingkat keragaman yang tinggi baik secara temporal (waktu) maupun secara keruangan (tempat). Keadaan ini disebabkan oleh posisi Indonesia yang dilewati oleh garis katulistiwa dan keberadaannya di antara dua benua (Benua Asia dan Benua Australia) dan dua samudera (Samudera Pasifik dan Samudera

Hindia) yang mempengaruhi pergerakan angin serta menimbulkan curah hujan [1].

Air hujan merupakan sumber air permukaan dan air tanah. Air hujan terbentuk melalui beberapa proses yakni kondensasi, presipitasi, evaporasi, dan transpirasi. Air dari daratan serta air laut dapat mengalami proses penguapan sehingga membentuk uap air. Seluruh uap air yang terbentuk akan terbawa angin menuju atmosfer selanjutnya akan jatuh ke laut dan daratan sebagai air hujan [2]. Sebagian air hujan yang turun ke permukaan akan diserap oleh

tanaman, mengalir ke permukaan tanah dan dapat meresap dalam tanah lalu masuk ke sungai sehingga mengalir menuju laut. Sebagian air hujan dapat menguap dan terangkat kembali menuju atmosfer [3].

Air hujan memiliki peran yang sangat penting bagi makhluk hidup salah satunya tumbuhan. Dalam tumbuhan air hujan berperan sebagai nutrisi untuk pertumbuhan tumbuhan yaitu ditandai dengan tingginya tumbuhan tersebut [4]. Dalam air hujan memiliki kandungan besi yang terdapat dalam bentuk kation ferro (Fe^{2+}) dan ferri (Fe^{3+}) [5]. Kandungan besi dalam air hujan berperan sebagai nutrisi fitoplankton [6]. Selain itu, kandungan besi pada air hujan merupakan nutrisi penting untuk tanaman. Besi dapat diserap oleh tanaman dan ditransportasi ke dalam akar sebagai besi(II) [7].

Berdasarkan penelitian dari Kieber dkk pada tahun 2015, konsentrasi Fe(II) dan Fe(III) dalam air hujan masing-masing diperoleh sebesar 3,8 nM dan 12 nM [6]. Selain mengandung besi, air hujan juga memiliki kandungan hidrogen peroksida (H_2O_2). Konsentrasi hidrogen peroksida dalam air hujan yaitu 15 μM [8] dan berada antara 20 sampai 30 μM [9]. Hidrogen peroksida dapat bertindak sebagai oksidator maupun reduktor dalam atmosfer [9].

EKSPERIMEN

Material

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah air bebas mineral (akua DM), larutan induk Fe(II) 1000 mg/L, larutan induk Fe(III) 1000 mg/L, FeCl_3 (pa merck), $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (p.a dan teknis), Larutan 1,10 Fenantrolin, Buffer asetat pH 4,5, CH_3COONa , CH_3COOH , HNO_3 65 %, larutan induk Fe 1000 mg/L, KSCN 2M, HCl 4M dan sampel air hujan.

Instrumentasi

Instrumentasi yang digunakan dalam penelitian ini yaitu: pH meter, spektrofotometer UV-Vis merek Agilent Technologies tipe carry 60 dan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) merek Agilent Technologies tipe 200 Series.

Prosedur

Preparasi sampel

Teknik penampungan air hujan dilakukan dengan menampung air hujan yang jatuh dari langit tanpa adanya perantara, dengan menggunakan wadah berbahan polipropilen. Hasil

penampungan air hujan kemudian dipindahkan ke dalam botol yang telah bersih, dibilas dengan aqua dm dan dibilas dengan air hujan sebanyak tiga kali. Botol ditutup hingga rapat, kemudian air hujan diawetkan secara fisika, yaitu dengan didinginkan dalam lemari es pada suhu 4°C . Sampel tersebut dicampurkan dengan volume yang sama yaitu 50 mL setiap kali hujan.

Penampungan sampel air hujan dilakukan di tiga kawasan yaitu di sekitar industri, pegunungan dan pemukiman. Adapun titik koordinat masing-masing penampungan sampel air hujan yaitu sebagai berikut:

- Kawasan industri (kampung Cipacing, Desa Mekar Bakti, Kecamatan Pamulihan, Kabupaten Sumedang) di sekitar titik koordinasi (-6.9234°LU , 107.8318°BT)
- Kawasan pegunungan (kampung Mekarsari, Desa Mekarsari, Kecamatan Cimaung, Kabupaten Bandung) di sekitar titik koordinasi (-7.1080°LU , 107.5698°BT)
- Kawasan pemukiman (kampung Haurngombang, Desa Haurngombang, Kecamatan Pamulihan, Kabupaten Sumedang) di sekitar titik koordinasi (-6.9127°LU , 107.8361°BT)

Pembuatan Larutan Baku Fe total 10 mg/L

Sebanyak 1 mL larutan baku standar besi 1000 mg/L dipipet dalam labu ukur 10 mL. Setelah itu, ditambahkan larutan pengencer (HNO_3 0,05 M diencerkan dengan akua DM dalam labu ukur 100 mL) sampai tanda batas untuk memperoleh larutan baku besi 100 mg/L. Sebanyak 2,5 mL larutan baku besi 100 mg/L dipipet ke dalam labu ukur 25 mL di tanda bataskan dengan larutan pengencer, sehingga diperoleh larutan baku besi 10 mg/L.

Pembuatan Larutan Deret Standar Fe total

Pembuatan larutan deret standar Fe total dibuat dari larutan baku besi 10 mg/L dengan rentang konsentrasi 0,5; 1,0; 1,5; 2; dan 2,5 mg/L dalam labu ukur 10 mL. Larutan deret standar kemudian diukur menggunakan SSA pada panjang gelombang 248,3 nm. Hasil pengukuran diperoleh kurva kalibrasi antara variasi konsentrasi dengan absorbansi. Dimana $R^2 \leq 0,995$ dilakukan pengukuran ulang sampai memperoleh nilai $R^2 \geq 0,995$.

Pengukuran Fe total dalam Sampel Air Hujan

Sebanyak 50 mL masing-masing sampel air hujan (industri, pegunungan dan pemukiman)

yang telah dikocok dimasukkan dalam gelas kimia 100 mL. Kemudian ditambahkan 5 mL HNO₃ pekat dipanaskan perlahan-lahan sampai volumenya 15-20 mL. Setelah itu, diencerkan dengan aqua DM dalam labu ukur 50 mL dan dianalisis menggunakan instrumen SSA.

Pembuatan Larutan Baku Fe (II) 10 mg/L

Sebanyak 0,4979 g FeSO₄ ditimbang dengan teliti menggunakan neraca analitik. Selanjutnya dilarutkan dengan sedikit aqua DM, dipindahkan dalam labu ukur 100 mL. Setelah itu, larutan tersebut diencerkan dengan aqua DM sampai tanda batas, sehingga diperoleh larutan baku Fe(II) 1000 mg/L. Kemudian dilakukan pengenceran untuk memperoleh konsentrasi larutan baku 100 mg/L dengan memipet larutan 1000 mg/L sebanyak 10 mL pada labu 100 mL. Sedangkan untuk memperoleh konsentrasi larutan baku 10 mg/L yaitu dengan memipet larutan 100 mg/L sebanyak 5 mL dalam labu 50 mL.

Pembuatan Deret Standar Fe(II)

Larutan deret standar Fe(II) yaitu dengan membuat rentang konsentrasi 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0 mg/L dari larutan baku 10 mg/L dalam labu ukur 10 mL. Masing-masing larutan deret standar ditambahkan 1,5 mL 1,10 fenantrolin dan 1,5 mL buffer asetat pH 4,5. Kemudian diencerkan dengan aqua dm sampai tanda batas dan didiamkan selama 15 menit. Selanjutnya masing-masing larutan deret standar diukur menggunakan Spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 509 nm. Hasil pengukuran diperoleh kurva kalibrasi dimana $R^2 \leq 0,995$ dilakukan pengukuran ulang sampai memperoleh nilai $R^2 \geq 0,995$.

Pengukuran Fe(II) dalam Sampel Air Hujan

Sebanyak 2 mL sampel air hujan yang turun sekitar industri, pegunungan dan pemukiman dipipet kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 10 mL. Selanjutnya masing-masing sampel air hujan berdasarkan lokasi penampungan air hujan ditambahkan 1,5 mL 1,10 fenantrolin, 1,5 mL buffer asetat pH 4,5 dan diencerkan dengan aqua dm sampai tanda batas. Setelah itu didiamkan selama 15 menit dan dianalisis menggunakan instrumen Spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 509 nm.

Pembuatan Larutan Baku Fe(III) 10 mg/L

Sebanyak 0,0290 g FeCl₃ ditimbang dengan teliti menggunakan neraca analitik. Selanjutnya

dilarutkan dengan aqua DM, dipindahkan dalam labu ukur 100 mL diencerkan dengan aqua DM sampai tanda batas, sehingga diperoleh larutan baku Fe(III) 100 mg/L. Kemudian dilakukan pengenceran untuk memperoleh konsentrasi larutan baku 10 mg/L dengan mengambil 5 mL dari larutan baku Fe(III) 100 mg/L dalam labu ukur 50 mL.

Pembuatan Deret Larutan Standar Fe(III)

Deret larutan standar Fe(III) yaitu dengan membuat konsentrasi 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0 mg/L dari larutan baku 10 mg/L dalam labu ukur 25 mL. Masing-masing larutan deret standar ditambahkan 2 mL HCl 4 M dan 5 mL KSCN 2 M. Kemudian diencerkan dengan aqua DM sampai tanda batas, didiamkan selama 15 menit dan dianalisis menggunakan Spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 483 nm. Hasil pengukuran diperoleh kurva kalibrasi dimana $R^2 \leq 0,995$ dilakukan pengukuran ulang sampai memperoleh nilai $R^2 \geq 0,995$.

Pengukuran Fe(III) pada Sampel Air Hujan

Sebanyak 25 mL masing-masing sampel air hujan (industri, pegunungan dan pemukiman) yang telah dikocok dimasukkan dalam gelas kimia 100 mL. Dipanaskan perlahan-lahan sampai volumenya 10-15 mL kemudian dimasukkan dalam labu ukur 25 mL. Corong yang telah digunakan dibilas dan dimasukkan air bilasannya ke dalam labu ukur 25 mL. Setelah itu, ditambahkan 2 mL HCl 4 M, 5 mL KSCN 2 M diencerkan dengan aqua dm dan ditanda bataskan. Kemudian didiamkan selama 15 menit. Selanjutnya diukur kandungan Fe(III) dalam masing-masing sampel air hujan berbagai lokasi menggunakan instrumen SSA pada panjang gelombang 483 nm.

Pemindaian Panjang Gelombang Absorpsi Fe(II)

Sebanyak 0,0498 g serbuk FeSO₄·7H₂O ditimbang secara teliti menggunakan neraca analitik. Selanjutnya dilarutkan dengan masing-masing sampel air hujan (industri, pegunungan dan pemukiman) dan aqua dm. Kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL, ditambahkan 1,5 mL fenantrolin dan ditanda bataskan sehingga diperoleh larutan 100 mg/L. Selanjutnya dilakukan pemindaian menggunakan Spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 400-800 nm sehingga menghasilkan kurva antara panjang gelombang dan absorbansi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran Fe Total dalam Air Hujan

Analisis logam Fe total dalam air hujan menggunakan metode Spektrofotometer Serapan Atom (SSA). Penentuan kandungan logam Fe dalam sampel air hujan dilakukan pada panjang gelombang 248,3 nm. Panjang gelombang ini merupakan panjang gelombang optimum untuk logam Fe dengan metode Spektrofotometer Serapan Atom (SSA). Metode ini merupakan metode yang menggunakan mekanisme atomisasi dengan proses perubahan sampel dalam bentuk larutan menjadi spesies atom dalam nyala. Larutan sampel diubah menjadi uap atom sehingga nyala mengandung atom unsur-unsur yang dianalisis. Beberapa atom akan tereksitasi secara termal oleh nyala, tetapi kebanyakan atom akan tetap tinggal sebagai atom netral dalam keadaan dasar.

Pada analisis kandungan Fe total dalam sampel air hujan, digunakan larutan HNO₃ pekat yang bertindak sebagai asam pengoksidasi kuat sehingga sampel air hujan akan teroksidasi sempurna dengan meninggalkan elemen-elemen pada larutan asam dalam bentuk senyawa anorganik yang sesuai untuk dianalisis. **Tabel.1** merupakan hasil pengukuran kandungan Fe total dalam air hujan di berbagai lokasi yaitu sebagai berikut:

Tabel 1. Hasil Pengukuran Fe total dalam air hujan

Lokasi Sampling	Kandungan Fe total (mg/L)
Industri	0,5655
Pegunungan	1,6854
Pemukiman	2,4232

Hasil pengukuran kandungan Fe total dalam sampel air hujan yaitu pada rentang antara 0,5655-2,4232 mg/L. Perbedaan kandungan Fe total dalam air hujan dikarenakan berbedanya lokasi penampungan air hujan sehingga dapat mempengaruhi hasil kandungan Fe totalnya. Kandungan Fe total terdiri dari kandungan Fe(II) dan Fe(III).

Kandungan Fe total tertinggi yaitu di sekitar penampungan air hujan yang turun sekitar pemukiman. Hal ini dapat dilihat dari hasil pengukuran kandungan Fe(III) dan Fe(II) yang menunjukkan bahwa kandungan Fe(III) lebih tinggi dibandingkan kandungan Fe(II) dalam air hujan. Begitu pun untuk kandungan Fe total hasil penampungan air hujan yang turun sekitar pegunungan dan industri yang dipengaruhi oleh tingginya kandungan Fe(III) dibandingkan kandungan Fe(II). Sehingga Fe total yang

dihasilkan dalam air hujan sebagian besar adalah sebagai Fe(III) karena Fe(III) keberadaannya lebih stabil dibandingkan Fe(II). Perbedaan tingginya kandungan Fe total di setiap kawasan dipengaruhi oleh partikulat yang terdapat di masing-masing kawasan tidak bertahan lama di atmosfer sehingga turun kembali ke permukaan melalui air hujan. Kandungan Fe total terendah berada di kawasan industri karena partikulat yang dihasilkan di kawasan ini akan berefek ke kawasan yang jaraknya jauh dari kawasan industri.

Pengukuran Fe(II) dalam Air Hujan

Pengukuran Fe(II) dalam sampel air hujan bertujuan untuk mengetahui kandungan Fe(II) dalam air hujan di beberapa lokasi penampungan air hujan diantaranya sekitar industri, pegunungan dan pemukiman. Lokasi penampungan sampel air hujan diambil dari berbeda lokasi, hal ini dilakukan untuk mengetahui perbedaan kandungan Fe(II) antar lokasi tersebut. Penentuan kadar Fe(II) menggunakan Spektrofotometer UV-Vis dapat dilakukan dengan mereaksikan sampel dengan agen pengkompleks sehingga akan menghasilkan warna yang spesifik sesuai dengan pengkompleks yang digunakan.

Pengkompleks yang digunakan adalah ligan fenantrolin. Fenantrolin menyumbangkan dua atom donor dalam pembentukan ikatan kovalen koordinat. Ketika Fe(II) direaksikan dengan ligan fenantrolin dapat membentuk senyawa kompleks yang menghasilkan warna merah jingga dengan menyerap daerah sinar tampak pada panjang gelombang 509 nm. Reaksi yang terjadi yaitu:



(Hijau muda) (Tak berwarna) (Merah jingga)

Kandungan Fe(II) dalam air hujan di sekitar industri, pegunungan dan pemukiman dapat dilihat pada **Tabel 2.**

Tabel 2. Hasil Pengukuran Fe(II) dalam Sampel Air Hujan

Lokasi Sampling	Kandungan Fe(II) (mg/L)	Fe(II) (%)
Industri	0,0867	14,29
Pegunungan	0,2232	30,89
Pemukiman	0,0731	11,42

Kandungan Fe(II) dalam air hujan daerah pegunungan lebih tinggi dibandingkan di daerah hasil penampungan air hujan sekitar industri dan pemukiman. Hal ini terjadi karena daerah

pegunungan mayoritas tumbuhan yang hidup cenderung lebih tumbuh dengan baik dibandingkan dengan pemukiman dan industri. Salah satu penyebabnya yaitu adanya besi. Besi merupakan mikronutrien penting untuk hampir semua organisme hidup. Karena besi memainkan peran penting dalam proses metabolisme seperti sintesis DNA, respirasi dan fotosintesis. Meskipun besi terdapat dalam bentuk besi(II) dan besi(III) tetapi hanya diambil atau diserap oleh tumbuhan dalam bentuk besi(II). Dalam tumbuhan besi(II) berfungsi untuk penyerapan atau transportasi ke dalam akar [7]. Selain itu, besi(II) memiliki pengaruh pada kesuburan tanah untuk tumbuhan. Berdasarkan penelitian dari Alaa Idris Badawy Abou-Sreea dkk pada tahun 2017 bahwa kombinasi antara FeSO₄ dan kalium humat merupakan pupuk yang sempurna untuk pertumbuhan. Kombinasi ini dapat mempengaruhi terhadap pertumbuhan tanaman seperti tinggi tanaman, jumlah cabang, biji dan yang lainnya [10].

Kandungan Fe(II) tertinggi kedua yaitu hasil penampungan air hujan di sekitar industri, hal ini disebabkan karena adanya pengaruh dari aktivitas industri sehingga menyebabkan tingginya kandungan Fe(II) dalam air hujan. Tumbuhan yang tumbuh di sekitar industri dapat tumbuh namun tidak tumbuh seperti tumbuhan yang tumbuh di sekitar pegunungan dan pemukiman. Berdasarkan hasil yang diperoleh bahwa kandungan Fe(II) dalam air hujan menghasilkan kandungan yang lebih rendah dibandingkan kandungan Fe(III) dalam air hujan. Hal ini terjadi karena Fe(II) keadaannya lebih tidak stabil dibandingkan Fe(III) sehingga Fe(II) lebih mudah teroksidasi menjadi Fe(III).

Pengukuran Fe(III) dalam Air Hujan

Pengukuran kandungan Fe(III) dalam air hujan menggunakan metode analisa spektrofotometer UV-Vis dimana metode ini dilakukan dengan mengkomplekskan zat yang akan dianalisa dengan pengkompleks besi yang akan membentuk suatu warna yang spesifik. Fe(III) direaksikan dengan ligan SCN⁻ akan membentuk senyawa kompleks [Fe(SCN)₆]³⁻. Senyawa kompleks ini dapat menyerap daerah sinar tampak pada panjang gelombang 483 nm. Reaksi yang terjadi yaitu:



(Kuning kecoklatan) (Tak berwarna) (Merah Tua)

Dalam reaksi pengkompleksan antara Fe(III) dengan ligan SCN⁻ ditambahkan larutan HCl 4M. Penambahan ini bertujuan untuk membuat suasana asam karena Fe(III) dalam suasana asam dapat membentuk kompleks dengan ion SCN⁻ menjadi [Fe(SCN)₆]³⁻. Kandungan Fe(III) dalam air hujan di sekitar industri, pegunungan dan pemukiman dapat dilihat pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Hasil Pengukuran Fe(III) dalam Sampel Air Hujan

Lokasi Sampling	Kandungan Fe(III) (mg/L)	Fe(III) (%)
Industri	0,5198	85,70
Pegunungan	0,4994	69,11
Pemukiman	0,5672	88,58

Berdasarkan hasil pengukuran, kandungan Fe(III) tertinggi dihasilkan pada lokasi hasil penampungan air hujan sekitar pemukiman. Kandungan Fe(III) tertinggi dalam air hujan selanjutnya yaitu pada industri sedangkan yang terkecil yaitu pada daerah pegunungan. Tingginya kandungan Fe(III) di berbagai lokasi hasil penampungan air hujan yang turun di sekitar industri, pegunungan dan pemukiman karena Fe(III) merupakan logam yang lebih stabil dibandingkan Fe(II) sehingga Fe(II) dalam air hujan akan teroksidasi menjadi Fe(III). Perbedaan kandungan Fe(III) pada air hujan disetiap kawasan dikarenakan adanya partikulat yang tidak bertahan lama di atmosfer sehingga turun kembali ke permukaan melalui air hujan. Partikulat ini yang menyebabkan tingginya kandungan Fe(III) dalam air hujan di berbagai kawasan penampungan air hujan.

pH Air Hujan

pH air hujan yang dihasilkan dari berbagai kawasan penampungan air hujan dapat dilihat pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Hasil Pengukuran pH dalam air hujan

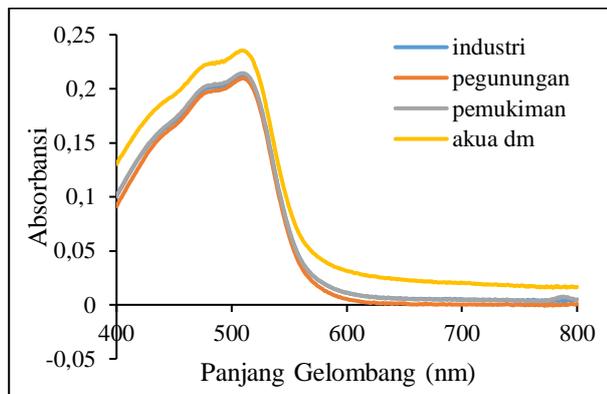
Lokasi Sampling	pH
Industri	5,67
Pegunungan	5,93
Pemukiman	5,92

Tabel 4 dapat dilihat pada bahwa rata-rata hasil pengukuran yaitu diantara 5,67-5,93. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pH air hujan dari tiga lokasi ini termasuk ke dalam air hujan alami. Karena pH air hujan alami yaitu sekitar 5,56. Namun terdapat perbedaan pH hasil pengukuran antar lokasi. Pada lokasi industri menunjukkan pH

yang lebih asam diantara pegunungan dengan pemukiman. Hal ini disebabkan karena di industri mengeluarkan gas seperti karbondioksia (CO_2), sulfur dioksida (SO_2) dan nitrogen oksida (NO_x) sehingga akan bereaksi dengan air hujan yang dapat menyebabkan air hujan menjadi sedikit asam. Sedangkan untuk pH air hujan sekitar pegunungan dan pemukiman menunjukkan pH yang lebih tinggi dibandingkan dengan pH air hujan di sekitar industri hal ini disebabkan karena daerah pegunungan dan pemukiman tidak terlalu dipengaruhi oleh gas seperti karbondioksia (CO_2), sulfur dioksida (SO_2) dan nitrogen oksida (NO_x).

Pemindaian Fe(II)

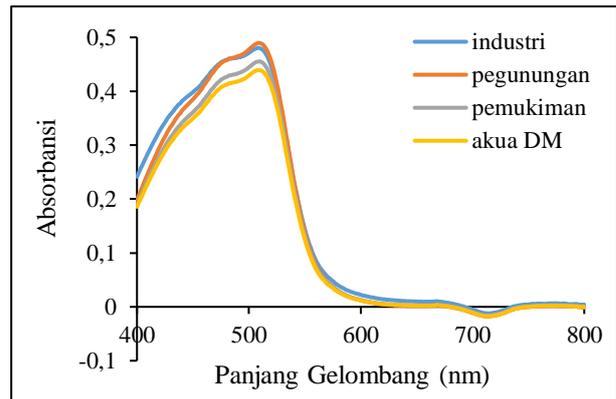
Pemindaian Fe(II) menggunakan senyawa $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ dimana senyawa tersebut digunakan sebagai sumber Fe(II) dan ligan yang digunakan yaitu fenantrolina sehingga menghasilkan senyawa kompleks $[\text{Fe}(\text{phen})_3]^{+2}$. **Gambar 1** dan **Gambar 2** merupakan hasil dari pemindaian Fe(II) pada panjang gelombang 400-800 nm. Panjang gelombang 400-800 nm merupakan panjang gelombang sinar tampak (*visible*) untuk mengukur larutan berwarna.



Gambar 1. Hasil Pemindaian Panjang Gelombang Fe(II) ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ Pro Analisis)

Gambar 1 menunjukkan bahwa kandungan Fe(II) tertinggi dihasilkan dari pelarutan dengan aqua dm karena dalam aqua dm tidak adanya pengaruh dari oksidator maupun reduktor selain itu karena kandungan Fe(II) dalam $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ pro analisis terjamin kualitasnya sehingga sebagian besar tetap sebagai Fe(II). Kandungan Fe(II) dengan pelarutan air hujan lebih rendah dibandingkan dengan pelarutan menggunakan aqua dm hal ini terjadi karena adanya efek oksidasi dari air hujan sehingga sebagian Fe(II) teroksidasi menjadi Fe(III) karena Fe(II) keadaannya lebih tidak stabil dibandingkan Fe(III) dan mudah untuk teroksidasi menjadi Fe(III). Sehingga kandungan Fe(II) pada **Gambar 1** lebih

sedikit dibandingkan kandungan Fe(II) dalam **Gambar 2**. Untuk hasil pemindaian panjang gelombang Fe(II) dalam $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ teknis dapat dilihat pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Hasil Pemindaian panjang gelombang Fe(II) ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ teknis)

Gambar 2 diperoleh pelarutan menggunakan air hujan menghasilkan kandungan Fe(II) lebih tinggi dibandingkan hasil pelarutan dengan menggunakan aqua Dm. Hal ini terjadi karena adanya pengaruh reduktor dalam air hujan dari Fe(III) menjadi Fe(II) dapat dilihat pada **Gambar 2** yang menghasilkan kandungan Fe(II) yang meningkat dibandingkan **Gambar 1**. Kandungan Fe(II) yang dihasilkan pada **Gambar 1** berbanding terbalik dengan kandungan Fe(II) pada **Gambar 2**. Hal ini terjadi karena senyawa $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ yang digunakan teknis sehingga tidak terjamin kestabilannya dan mudah teroksidasi menjadi Fe(III). Berdasarkan hasil pemindaian pada **Gambar 1** dan **Gambar 2** mengalami reaksi oksidasi maupun reduksi dalam air hujan. Air hujan selain mengandung besi total, besi(II) dan besi(III) mengandung juga hidrogen peroksida (H_2O_2). Hidrogen peroksida bertindak sebagai oksidator [9] maupun reduktor yang mempengaruhi potensi redoks dalam air hujan [8].

SIMPULAN

Hasil penelitian ini dapat ditarik kesimpulan bahwa kandungan Fe total, Fe(II) dan Fe(III) dalam air hujan yang turun di kawasan industri, pegunungan dan pemukiman yaitu Fe total 0,5655; 1,6854; dan 2,4232 mg/L, Fe(II) 0,0867; 0,2232; 0,0731 mg/L dan Fe(III) 0,5198; 0,4994; dan 0,5672 mg/L serta perbandingannya dalam air hujan bahwa persentase kandungan Fe(III) lebih besar dibandingkan persentase kandungan Fe(II). Perbandingan geseran panjang gelombang maksimum sinar tampak larutan $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ teknis dan pro analisis dengan pengompleks

fenantrolin diperoleh bahwa air hujan memiliki daya reduksi terhadap ion Fe^{3+} .

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Yusuf Rohmatulloh, S.Si. atas bantuan teknis dan diskusi analisis spektroskopi serapan atom untuk besi.

REFERENSI

- [1] Tukidi, *Karakter Curah Hujan di Indonesia*. Unnes, 2010.
- [2] B.C. Mathelumual, "Potensi Terjadinya Hujan Asam di Kota Bandung", *Lingkungan dan Bencana Geologi*, vol. 1, pp. 59-70, 2009.
- [3] K. Takeda dan S. Sosrodarsono, *Hidrologi untuk Pengairan*. Jakarta: PT Pradnya Paramita, 2003.
- [4] N. Bouchard, K. Harmon, H. Markham, dan S. Vandefifer, "Effect of Various Types of Water on the Growth of Radishes (*Raphanus sativus*)," 2007.
- [5] Hefni Effendi, *Telaah Kualitas Air*. Yogyakarta: Kanisius, 2003.
- [6] J.D. Willey dan R.J. Kieber, "The Role of Fossil Combustion on The Stability of Dissolved Iron in Rainwater," *Atmospheric Environment*, vol. 107, pp. 187-193, 2015.
- [7] G.R. Rout dan S. Sahoo, "Role of Iron in Plant Growth and Metabolism," *Agricultural Science*, vol. 3, pp. 1-24, 2015.
- [8] J.D. Willey, K.M. Mullaugh, R.J. Kieber, G.B.A. Jr, dan R.N. Mead, "Controls on the Redox Potential of Rainwater," *Environmental Science and Technology*, vol. 45, pp. 13103-13111, 2012.
- [9] R.J. Kieber, B. Peake, J.D. Willey, dan B. Jacob, "Iron Specation and Hydrogen Peroxide Concentrations in New Zealand Rainwater," *Atmospheric Invorenment*, 2001.
- [10] A.I.A.B. Sreea, A.A.A.A. Yassen, dan A.A. El Kazzaz, "Effect of Iron(II) Sulfate and Potassium Humate on Growth and Chemical Composition of *Coriandum sativum* L," *Agricultural Research*, vol. 04, pp. 136-145, 2017.