KIMIA PADJADJARAN
Juni 2024
Vol. 2 No. 2: 65-75
ISSN 3026-1619

Pembuatan dan Stabilitas Larutan Baku Sulfida dalam Analisis Kadar Sulfida Secara Spektrofotometri

Shelyna Dwi Anjani[1,*], Ahmad Sjahriza[1,2], Muhammad Farid[1,2]

[1]Departemen Kimia Institut Pertanian Bogor, Gedung Kimia, Jalan Tanjung Kampus IPB, Dramaga, Babakan, Kec, Dramaga, Bogor 16680, Indonesia
[2]Unit Laboratorium Terpadu, Wing Kimia, Lantai Dasar, Kampus IPB Baranangsiang, Jl. Pajajaran, Bogor, 16129
*Alamat email penulis koresponden: shelydwi@apps.ipb.ac.id

Abstrak

Larutan sulfida dapat dibuat dengan mereaksikan hidrogen sulfida dan natrium hidroksida menggunakan generator sederhana. Natrium sulfida bentuk teknisnya tidak murni, sehingga perlu dibuat agar diperoleh natrium sulfida dengan kemurnian yang baik. Penelitian ini bertujuan memperoleh cara pembuatan larutan sulfida yang sederhana, degradasi pereaksi sulfida dan menentukan faktor-faktor yang mempengaruhi kestabilannya dalam analisis secara spektofotometri. Uji stabilitas larutan sulfida menggunakan metode iodometri dan spektrofotometri. Parameter yang digunakan, yaitu wadah penyimpanan, suhu penyimpanan, dan tempat penyimpanan. Larutan sulfida yang memiliki stabilitas tertinggi adalah larutan yang disimpan pada tempat gelap, suhu rendah, dan botol kaca gelap. Pengunaan berbagai jenis botol penyimpanan yang berbeda, yaitu botol plastik putih (HDPE), botol kaca transparan, dan botol kaca gelap memberikan pengaruh tidak berbeda nyata terhadap kualitas larutan sulfida. Berdasarkan ketiga hasil uji menunjukkan larutan sulfida mudahmengalami oksidasi yang disebabkan oleh beberapa faktor seperti cahaya matahari, tempat penyimpanan, dan suhu penyimpanan.

Kata kunci: hidrogen sulfida, iodometri, spektrofotometri, stabilitas

PENDAHULUAN

Indonesia memiliki banyak sumber belerang atau sulfur. Bentuk asli sulfur adalah kristal padat berwarna kuning, namun keberadaannya di alam dapat berupa elemen murni atau sebagai sulfida dan mineral sulfat (Pogoa & Tahril, 2021). Hidrogen sulfida adalah senyawa kimia dengan rumus H_2S yang tidak berwarna, beracun, korosif dan mudah terbakar dengan bau telur busuk (Cao *et al.*, 2019). Sumber penghasil gas hidrogen sulfida antara lain adalah dari kegiatan kilang minyak, gas alam, batubara dan biogas (Munir dkk., 2010). Selain itu, sumber paparan gas ini berasal dari gudang penyimpanan pupuk, pabrik kertas, industri tekstil, gunung berapi, pengolahan limbah cair, tempat pembuangan akhir sampah dan peternakan (Pakpahan dkk., 2014). Hidrogen sulfida memiliki sifat toksik sehingga perlu adanya regulasi yang mengatur mengenai baku mutukadar sulfur di lingkungan. Regulasi yang mengatur baku mutu kadar sulfur, yaitu Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang penyelenggaraan perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup. Peraturan tersebut menetapkan baku mutu sulfur sebagai hidrogen sulfida pada air sungai dan sejenisnya untuk kelas 1, 2, dan 3 adalah 0,002 mg/L.

Natrium sulfida atau lebih umum dikenal dalam bentuk hidratnya, yaitu $Na_2S \cdot 9H_2O$ merupakan garam anhidrat yang berbentuk kristal murni dan tidak berwarna. Natrium sulfida adalah garam larut air yang tidak berwarna yang memberikan larutan basa. Natrium sulfida merupakan salah satu sumber belerang yang paling banyak digunakan dalam berbagai proses larutan karena tidak beracun, mobilitas ion natrium tinggi, dan biaya yang rendah (Hwang *et al*., 2021). Natrium sulfida dibuat karena bentuk teknisnya tidak murni, sehingga perlu dibuat agar diperoleh natrium sulfida dengan kemurnian yang baik. Natrium sulfida teknis umumnya berwarna kuning hingga merah bata karena adanya polisulfida dan umumnya bentuk serpihan atau sebagai padatan.

Gambar 1. Generator hidrogen sulfida

Gambar 1 menunjukkan generator hidrogen sullfida sederhana untuk membuat larutan sulfida. Larutan sulfida dibuat dengan mereaksikan hidrogen sulfida dengan natrium hidroksida yang akan membentuk natrium sulfida. Larutan sulfida dapat mengalami degradasi karena bersifat tidak stabil. Proses degradasi pada larutan sulfida dapat terjadi ketika senyawa sulfida mengalami perubahan kimia atau fisika yang mengakibatkan penurunan kuantitas atau karakteristik larutan. Degradasi ini dapat disebabkan oleh berbagai faktor, seperti kondisi lingkungan sekitar, paparan cahaya, tempat penyimpanan, dan lama penyimpanannya. Oleh karena itu, penelitian mengenai pembuatan dan stabilitas larutan baku sulfida perlu dilakukan untuk melihat faktor-faktor yang mempengaruhi ketidakstabilan larutan dan pengaruhnya terhadap kurva standar saat pengujian kadar sulfida. Penentuan sulfida umumnya dilakukan dengan menggunakan metode iodometri dan spektrofotometri. Metode iodometri digunakan dalam uji stabilitas larutan sulfida, sedangkan untuk penentuan *slope* dilakukan dengan metode spektrofotometer UV-Vis.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Bahan-bahan yang digunakan, yaitu FeS (chemical pure), HCl pekat (Merck), NaOH (Merck), $Na_2S_2O_3.5H_2O$ (chemical pure), KI (chemical pure), kristal I_2 (chemical pure), pati (Merck), akuades, $K_2Cr_2O_7$ (chemical pure), H_2SO_4 (Merck), $FeCl_3.6H_2O$ (Merck), dan $(NH)_4HPO_4$ (Merck).

Preparasi dan Standardisasi Larutan Standar Natrium Tiosulfat 0,1 N

Sebanyak 62,05 g $Na_2S_2O_3.5H_2O$ dilarutkan dengan 2,5 L akuades, lalu larutan dipanaskan selama 5 menit dan dipindahkan ke dalam botol, kemudian larutan disimpan dalam botol gelap dan di tempat gelap. Standardisasi larutan natrium tiosulfat dilakukan dengan menyiapkan sebanyak 0,20-0,23 g $K_2Cr_2O_7$ dimasukkan ke dalam Erlenmeyer dan ditambahkan larutan KI (sebanyak 2 g KI dilarutkan ke dalam 80 mL air). Lalu ditambahkan HCl 1 M sebanyak 20 mL dan diaduk, kemudian disimpan ditempat gelap selama 10 menit. Larutan dititrasi dengan larutan natrium tiosulfat sampai warna larutan kuning muda dan ditambahkan 1 mL larutan pati. Titrasi dilanjutkan sampai akhir titik titrasi (warna biru tepat hilang), kemudian volume dicatat dan dihitung.

Preparasi Larutan Sulfida

Sebanyak 3 g FeS dimasukan ke dalam pipet plastik 5 mL dan ditambahkan 3 mL HCl pekat secara perlahan. Pipet plastik yang berisi FeS disambungkan dengan selang ke Erlenmeyer yang berisi 200 mL NaOH 0,1 N sebagai penampung Na_2S hasil reaksi. Sebanyak 5 mL larutan natrium sulfida dipipet ke dalam Erlenmeyer 250 mL dan ditambahkan 12,5 mL larutan iodin 0,1 N. Selanjutnya larutan disimpan ditempat gelap selama 10 menit. Larutan dititrasi dengan larutan natrium tiosulfat 0,1 N sampai warna larutan kuning muda, lalu ditambahkan 1 mL larutan pati 1%. Titrasi dilanjutkan sampai titik akhir titrasi (warna biru tepat hilang), kemudian volume dicatat. Lakukan hal yang sama dengan menggunakan 5 mL akuades sebagai blanko. Volume larutan H_2S 25 ppm dibuat dengan dipipet sejumLah tertentu larutan ke dalam labu ukur 500 mL dan ditambahkan akuades sampai tera lalu dikocok hingga homogen dan dimasukkan ke dalam botol.

Uji Stabilitas Larutan Sulfida

Uji stabilitas larutan sulfida disimpan di dalam botol plastik putih (BPP) jenis HDPE, botol kaca gelap (BKG), dan botol kaca transparan (BKT) berukuran 500 mL. Botol-botol tersebut kemudian disimpan pada kondisi yang berbeda seperti Tabel 1. Percobaan dilakukan sebanyak tiga kali pengulangan dan dievaluasi setiap seminggu tiga kali berupa penentuan kadar sulfida dengan metode iodometri selama 2 bulan.

Tabel 1. Pembagian uji stabilitas larutan sulfida

Jenis botol penyimpanan	Suhu (℃)	Tempat penyimpanan
BPP	24	Terang
BPP	24	Terang
BPP	24	Terang
BPP	24	Gelap
BPP	24	Gelap
BPP	24	Gelap
BPP	10	Gelap
BPP	10	Gelap
BPP	10	Gelap
BKG	24	Terang
BKG	24	Terang
BKG	24	Terang
BKG	24	Gelap
BKG	24	Gelap
BKG	24	Gelap
BKG	10	Gelap
BKG	10	Gelap
BKG	10	Gelap
BKT	24	Terang
BKT	24	Terang
BKT	24	Terang
BKT	24	Gelap
BKT	24	Gelap
BKT	24	Gelap
BKT	10	Gelap
BKT	10	Gelap
BKT	10	Gelap

Keterangan: BPP=botol plastik putih, BKG=botol kaca gelap, BKT=botol kaca transparan

Pembuatan Kurva Kalibrasi

Sebanyak 5 buah labu ukur 25 mL disiapkan, lalu dibuat 5 deret standar dengan konsentrasi 0,1;0,2;0,5;1,0; dan 2,0 ppm. Sampel sulfida sebanyak 7,5 mL dari setiap konsentrasi dimasukkan ke dalam tabung reaksi. Sampel sulfida yang telah dimasukkan ke tabung reaksi ditambahkan 0,5 mL H_2SO_4 (1+1) dan 3 tetes larutan Fe(III). Lalu ditunggu selama 3-5 menit dan ditambahkan 1,6 mL ammonium fosfat disetiap tabung dan ditunggu Kembali selama 3-15 menit. Masing-masing absorbansi larutan diukur dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 664 nm dan buat kurva kalibrasi antara absorbansi dengan sejumLah sulfida. Hal yang sama dilakukan untuk pengujian setiap sampel sulfida lainnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

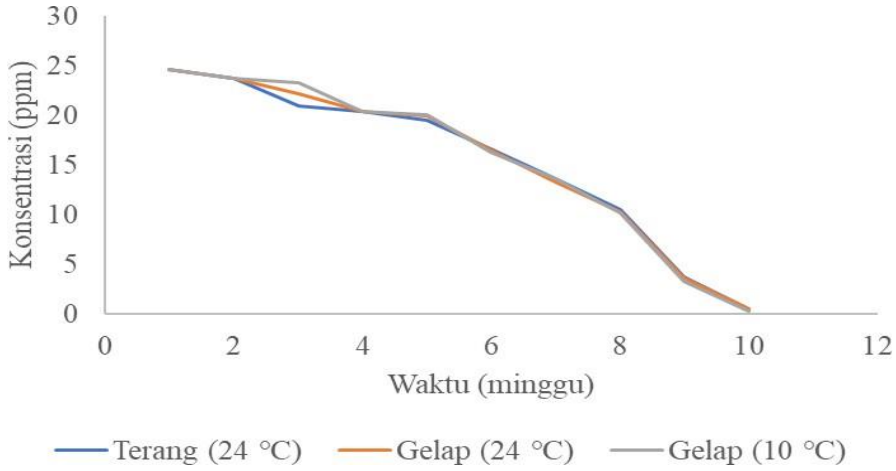
Uji Stabilitas Larutan Sulfida Secara Iodometri

Uji stabilitas larutan sulfida dilakukan dengan metode iodometri. Prinsip dasar dari metode titrasi iodometri adalah penambahan berlebih ion iodida ke dalam larutan kromium. Ion kromium yang ada dalam larutan akan mengoksidasi ion iodida menjadi iod. Ion yang bebas kemudian dapat dititrasi dengan natrium tiosulfat (Feladita dkk. 2018). Volume natrium tiosulfat yang digunakan sebagai titran sesuai dengan iodium yang dihasilkan sebagai titran dan jumLah sampel. Pada titrasi iodometri, indikator yang digunakan untuk menentukan kadar sulfida adalah indikator pati. Penggunaan indikator pati dapat menghasilkan warna biru tua dari kompleks iodin-pati, sehingga indikator ini berfungsi sebagai uji yang sangat sensitif terhadap iodin. Standardisasi larutan natrium tiosulfat dengan larutan kalium dikromat dan kalium iodida untuk menentukan normalitas natrium tiosulfat. Selama titrasi berlangsung, kalium dikromat dan kalium iodida bereaksi dalam suasana asam membentuk iodin dan melepaskan iod, sehingga asam klorida ditambahkan untuk mengontrol keasaman larutan (Asip & Okta, 2013). Standardisasi iodin dengan natrium tiosulfat dilakukan untuk mengetahui konsentrasi iodin yang digunakan sebagai larutan baku penentuan kadar sulfida. Reaksi yang terjadi antara iodin dan natrium tiosulfat, yaitu natrium tiosulfat dioksidasi menjadi tetrationat oleh iodin dan iodin direduksi menjadi iodida.

Tabel 2. Konsentrasi sulfida dalam larutan (ppm) pada masa simpan selama 90 hari sebagai data uji stabilitas

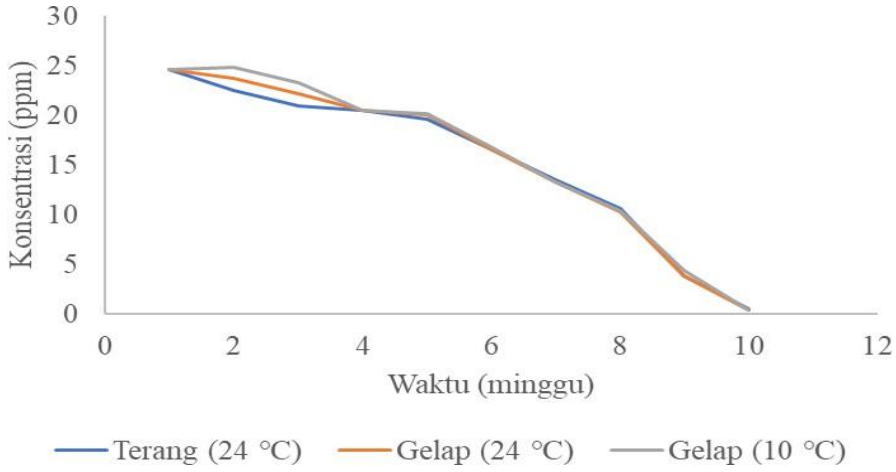
Tempat Penyimpanan		Tanggal/konsentrasi (ppm)									
		12/05	17/05	19/05	22/05	24/05	26/05	29/05	31/05	14/06	10/08
BPP	Terang (24°C)	25,7	23,72	20,40	19,38	19,84	16,60	13,61	10,54	3,733	0,49
	Gelap (24°C)	26,97	23,72	20,40	19,94	21,01	16,49	13,27	10,30	3,61	0,48
	Gelap (10°C)	29,32	27,28	20,40	20,06	23,34	16,26	13,61	10,30	3,26	0,31
BKT	Terang (24°C)	25,7	22,53	19,81	19,15	18,67	15,92	12,69	9,95	3,15	0,56
	Gelap (24°C)	25,80	22,54	19,93	19,49	19,84	16,38	12,92	10,19	3,61	0,44
	Gelap (10°C)	26,97	26,09	20,17	19,94	23,34	16,49	13,38	10,30	3,5	0,38
BKG	Terang (24°C)	25,7	23,72	20,52	20,17	19,84	16,60	13,50	10,65	3,85	0,32
	Gelap (24°C)	25,80	26,09	20,52	19,60	22,17	16,60	13,27	10,30	3,85	0,36
	Gelap (10°C)	30,49	26,09	20,52	19,94	23,34	16,83	13,27	10,42	4,43	0,33

Uji stabilitas larutan sulfida dilakukan dengan metode iodometri dengan total 27 sampel dan dilakukan selama 90 hari. Gambar 2 menunjukkan hubungan antara konsentrasi dengan waktu yang menginterpretasikan hasil uji stabilitas larutan sulfida pada botol plastik putih (BPP) berdasarkan data pada Tabel 2. Kadar sulfida pada sampel BPP ulangan ke 3 di suhu ruang dan di tempat terang menunjukkan hasil penurunan tertinggi dan sampelBPP penurunan terendah pada ulangan ke 2 di suhu dingin dan di tempat gelap.



Gambar 2. Konsentrasi sulfida dalam larutan yang disimpan selama 90 hari dan disimpan dalam botol plastik putih

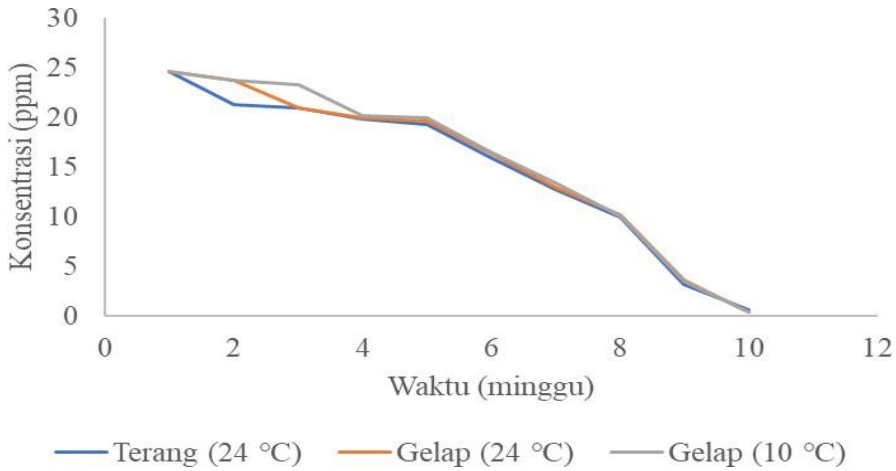
Gambar 3 menunjukkan grafik uji stabilitas larutan sulfida pada botol kaca transparan (BKT). Kadar sulfida pada sampel BKT ulangan ke 3 di suhu ruang dan di tempat terang menunjukkan hasil penurunan tertinggi dan sampel BKT ulangan ke 1 di suhu dingin dan di tempat gelap menunjukkan hasil penurunan terendah.



Gambar 3. Konsentrasi sulfida dalam larutan yang disimpan selama 90 hari dan disimpan dalam botol kaca transparan

Gambar 4 menunjukkan grafik uji stabilitas larutan sulfida pada botol kaca gelap (BKG). Kadar sulfida pada sampel BKG ulangan ke 2 di suhu ruang dan di tempat terang menunjukkan hasil penurunan tertinggi dan sampel BKG ulangan ke 3 di suhu dingin dan di tempat gelap menunjukkan hasil penurunan terendah. Sumber larutan sulfida yang digunakan berasal dari natrium sulfida. Natrium sulfida mengalami degradasi akibat pengaruh lingkungan dari Na_2S menjadi $2Na^+$ dan S^{2-}. Berdasarkan hasil kadar sulfida pada ketiga botol penyimpanan dapat dilihat bahwa penururan kadar sulfida tertinggi jika

botol kaca terang disimpan di suhu ruang dan di tempat terang, sedangkan penurunan terendah jika botol kaca gelap disimpan pada suhu dingin di tempat gelap.



Gambar 4. Konsentrasi sulfida dalam larutan yang disimpan selama 90 hari dan disimpan dalam botol kaca gelap

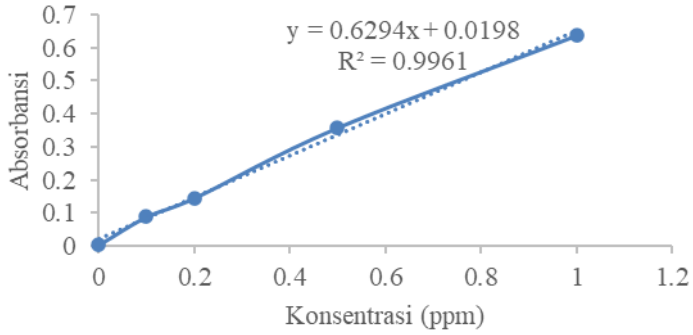
Penentuan *Slope* Larutan Sulfida Secara Spektrofotometri

Penentuan slope larutan sulfida dilakukan dengan metode spektrofotometri menggunakan Spektrofotometer UV-Vis yang mengacu pada SNI 19-7117.7-2005. Prinsip dari metode ini adalah hidrogen sulfida direaksikan dengan N,N-dimetil-*p*-fenilenediamin dan Fe(III) dalam suasana asam yang akan membentuk senyawa metilen biru dan diukur serapannya pada panjang gelombang 664 nm menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Sulfida yang bereaksi dengan reagen N,N-dimetil-*p*-fenilenediamin dan Fe(III) akan membentuk metilen biru. Fe(III) mengoksidasi terlebih dahulu reagen N,N-dimetil-*p*-fenilindiamin untuk membentuk senyawa intermediet, kemudian mereduksi senyawa intermediet tersebut untuk membentuk zat warna metilen biru (Amelia, 2021). Selanjutnya, dibuat kurva kalibrasi hubungan antara konsentrasi sulfida dengan absorbansi larutan standar dengan variasi konsentrasi 0; 0,1; 0,2; 0,5; 1; dan 2 ppm.

Tabel 3 menunjukkan nilai absorbansi larutan sulfida dengan 5 konsentrasi. Berdasarkan tabel tersebut semakin tinggi konsentrasi sulfida maka semakin tinggi nilai absorbansi yang dihasilkan. Nilai absorbansi yang diperoleh memiliki korelasi yang nyata terhadap konsentrasi, yaitu terjadi peningkatan pada konsentrasi akan diikuti dengan peningkatan dari nilai absorbansi (Ilahi dkk., 2021). Hubungan antara konsentrasi dan absorbansi dinyatakan dengan kurva kalibrasi.

Tabel 3. Nilai absorbansi larutan sulfida secara spektrofotometer

Konsentrasi (ppm)	Absorbansi
0,1	0,089
0,2	0,145
0,5	0,358
1	0,637
2	1,293



Gambar 5. Kurva kalibrasi kadar sulfida

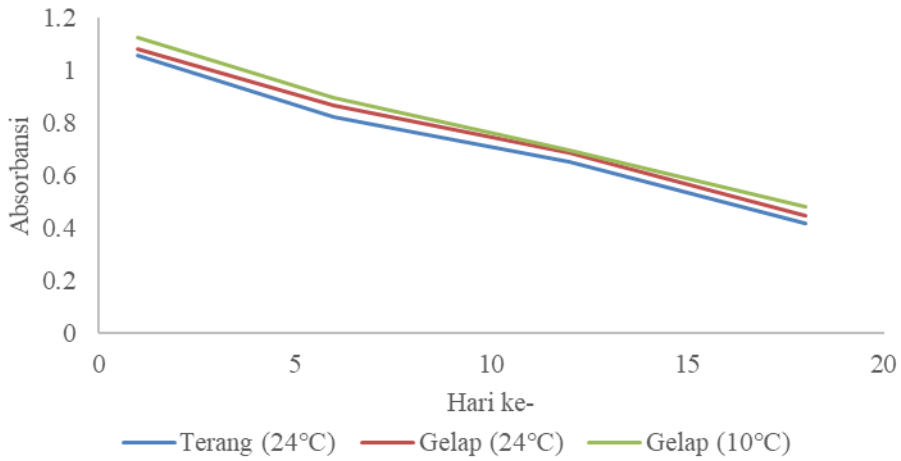
Berdasarkan hasil kurva kalibrasi pada Gambar 5 diperoleh persamaan regresi linier y = 0,6294x + 0,0198 dengan koefisien korelasi (R^2) sebesar 0,9961. Kurva kalibrasi menunjukkan hubungan yang linier antara konsentrasi dengan absorbansi, yang menunjukkan peningkatan linearitas. Nilai ini menunjukkan bahwa kurva kalibrasi larutan standar memenuhi persyaratan linieritas karena berada pada rentang 0,9 – 1 (Ngibad & Herawati, 2019).

Tabel 4. Data absorbansi larutan sulfida

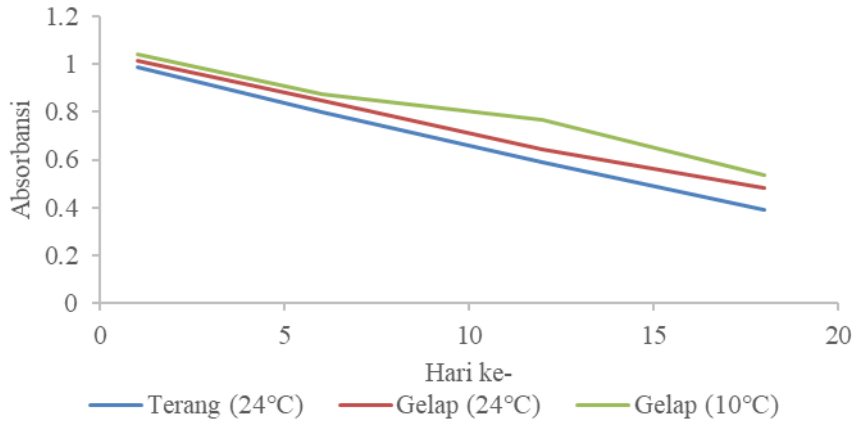
Tempat Penyimpanan		Hari ke-			
		1	6	12	18
BPP	Terang (24°C)	1,004	0,804	0,604	0,403
	Gelap (24°C)	1,036	0,878	0,677	0,412
	Gelap (10°C)	1,110	0,906	0,727	0,510
BKT	Terang (24°C)	0,989	0,798	0,591	0,393
	Gelap (24°C)	1,014	0,847	0,642	0,484
	Gelap (10°C)	1,042	0,875	0,764	0,533
BKG	Terang (24°C)	1,058	0,823	0,652	0,415
	Gelap (24°C)	1,079	0,867	0,685	0,448
	Gelap (10°C)	1,124	0,896	0,697	0,481

Gambar 6 menunjukkan kurva peluruhan hubungan antara waktu dengan absorbansi pada botol plastik putih (BPP) berdasarkan data pada Tabel 4. Penururan tertinggi terlihat pada perlakuan BPP ditempat terang dengan suhu ruang, penururan relatif stabil. Sedangkan penurunan terendah pada perlakuan BPP ditempat gelap dan suhu dingin dengan penurunan yang kurang stabil.

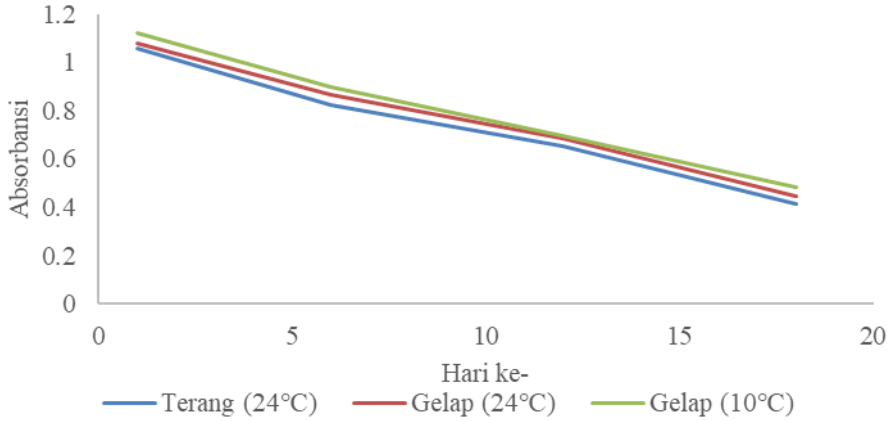
Gambar 7 merupakan kurva peluruhan dari botol kaca transparan (BKT). Penururan tertinggi terlihat pada perlakuan BKT ditempat terang di suhu ruang dengan penurunan yang stabil. Sedangkan penurunan terendah pada perlakuan BKT ditempat gelap di suhu dingin dengan penurunan yang kurang stabil.



Gambar 6. Kurva peluruhan larutan sulfida yang disimpan dalam botol plastik putih



Gambar 7. Kurva peluruhan larutan sulfida yang disimpan dalam botol kaca transparan



Gambar 8. Kurva peluruhan larutan sulfida yang disimpan dalam botol kaca gelap

Gambar 8 menunjukkan penururan tertinggi terlihat pada perlakuan BKG di tempat terang di suhu ruang dengan penurunan yang kurang stabil. Sedangkan penurunan terendah pada perlakuan BKG di tempat gelap di suhu dingin dengan penurunan yang cukup stabil. Pada ketiga tempat penyimpanan dan tiga botol yang berbeda, penurunan tertinggi jika disimpan pada tempat terang dengan suhu ruang, sedangkan penurunan terendah jika disimpan pada tempat gelap dengan suhu rendah. Semakin lama waktu penyimpanan, maka akan semakin rendah konsentrasi sulfida dan absorbansinya juga menurun. Hal ini disebabkan karena senyawa sulfidamengalami oksidasi menjadi sulfur, oksidasi terjadi ketika larutan bercampur dengan oksigen. Menurut Putri dkk. (2014), beberapa faktor lain yang mempengaruhi kecepatan oksidasi adalah keberadaan oksigen, suhu dan cahaya. Semakin banyak oksigen pada lingkungan di sekitar produk maka produk akan lebih cepat teroksidasi. Suhu penyimpanan juga mempengaruhi tingkat oksidasi, dimana produk yang disimpan pada suhu ruang lebih mudah teroksidasi dibandingkan produk yang disimpan pada suhu dingin. Semakin tinggi intensitas cahaya yangberkontak dengan larutan juga dapat mempercepat proses oksidasi.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, larutan sulfida dapat dibuat dengan mereaksikan hidrogensulfida dan natrium hidroksida menggunakan generator sederhana. Pengunaan berbagai jenis botol penyimpananyang berbeda, yaitu botol plastik putih (HDPE), botol kaca transparan, dan botol kaca gelap tidak memberikan pengaruh nyata terhadap kuantitas larutan sulfida. Kurva kalibrasi sulfida menunjukkan hasil yang baik dengan R^2 sebesar 0,9961. Berdasarkan ketiga hasil uji menunjukkan larutan sulfida mudah mengalami oksidasi yang dapat disebabkan oleh beberapa faktor seperti cahaya matahari, tempat penyimpanan, dan suhu penyimpanan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Dr. Mohammad Khotib, MSi. atas dukungan bahan dan fasilitas penelitian dari Laboratorium Terpadu, Kampus IPB Baranangsiang.

DAFTAR PUSTAKA

Amelia. (2021). Validasi metode penentuan sulfida pada air tawar dengan methylene blue menggunakan spektrofotometer sinar tampak. Skripsi. Institut Pertanian Bogor. Bogor.

Asip, F. & Okta, T. 2013. Adsorbsi H_2S pada gas alam menggunakan membran keramik dengan metode titrasi iodometri. *Jurnal Teknik Kimia*. 19(4): 22-28.

Cao, X., Ding, L., Xie, Z.Z., Yang, Y., Whiteman, M., Moore, P.K. & Bian, J.S. 2019. A review of hydrogen sulfide synthesis, metabolism, and measurement: is modulation of hydrogen sulfide a novel therapeutic for cancer?. *Antioxidants & Redox Signaling*. 31(1): 1-38.

Feladita, N., Primadiamanti, A. & Antika, D.Y. 2018. Pengaruh suhu penyimpanan terhadap kadar vitamin C buah semangka (*Citrullus vullgaris* Schand) daging buah berwarna merah dan daging buah berwarna kuning secara iodimetri. *Jurnal Analis Farmasi*. 3(4): 286-293.

Hwang, E., Park, Y., Kim, J., Paik, T. & Ha, D.H. 2021. Facile sulfurization under ambient condition with Na_2S to fabricate nanostructured copper sulfide. *Nanomaterials*. 11(9): 2317.

Ilahi, R.A., Firdaus, M.L. & Amir, H. 2021. Pemanfaatan nanopartikel emas (NPE) sebagai pendeteksi kadar asam urat pada urine dengan metode citra digital. *Alotrop*. 5(2): 135-140.

Munir, M., Haryanto, K., Novarina, I.H., Mariena, B. & Indrati, S. 2010. Pemulihan sulfur dari gas buang yang mengandung hidrogen sulfida dari kegiatan PLTP dengan proses bio disulfurisasi. *Jurnal Riset Industri*. 4(3): 1-10.

Ngibad, K. & Herawati, D. 2019. Comparison of measurement the vitamin C level using UV-Vis spetrophotometry at UV and visible wavelength. *Borneo Journal Of Medical Laboratory Technology*. 1(2): 77-81.

Pakpahan, J.E.S., Hasan, W. & Chahaya, I. 2014. Analisa kadar H_2S (hidrogen sulfida) dan keluhan kesehatan saluran pernapasan serta keluhan iritasi mata pada masyarakat di Kawasan PT. Allegrindi Nusantara Desa Urung Panei Kecamatan Purba Kabupaten Simalungun tahun 2013. *Jurnal Lingkuhan dan Kesehatan Kerja*. 3(2): 1-9.

Pogoa, M.K. & Tahril, T., 2021. Analisis kandungan sulfur pada air panas di kaki gunung Desa Sedoa Kecamatan Lore Utara Kabupaten Poso. *Media Eksakta*. 17(2): 98-101.

Putri, A.G.S., Agustini, T.W. & Rianingsih, L., 2014. Pengaruh ekstrak lidah buaya (*Aloe vera*) sebagai antioksidan terhadap oksidasi lemak fillet ikan bandeng (*Chanos chanos* Forsk) segar selama penyimpanan dingin. *Jurnal Pengolahan dan Bioteknologi Hasil Perikanan*. 3(2): 11-16.

SNI 19-7117.7-2005. Emisi gas buang – Sumber tidak bergerak- Bagian 7: Cara uji kadar hidrogen sulfida (H_2S) dengan metode biru metilen menggunakan spektrofotometer. BSN. Jakarta.