

## Uji Coba Metode Alternatif Pengujian H<sub>2</sub>S dan CS<sub>2</sub> dalam Emisi Sumber Tidak Bergerak Industri Rayon

### *Trial on Alternative Method of H<sub>2</sub>S and CS<sub>2</sub> in Stationary Emission of Rayon Industry*

Retno Puji Lestari, Ricky Nelson, dan Resi Gifrianto

P3KLL-KLHK, Kawasan PUSPIPTEK, Serpong 15310, T/F 021-7560981, emc\_acdep@yahoo.com

(Diterima tanggal 18 Oktober 2018, Disetujui tanggal 27 Mei 2019)

#### ABSTRAK

Hidrogen sulfida (H<sub>2</sub>S) dan Karbon disulfida (CS<sub>2</sub>) merupakan salah satu pencemar yang diemisikan dari kegiatan industri rayon. H<sub>2</sub>S dan CS<sub>2</sub> merupakan senyawa yang menimbulkan bau tidak menyenangkan dan berdampak pada sistem syaraf. Studi ini bertujuan untuk membandingkan dua metode, yaitu hasil pengujian H<sub>2</sub>S dan CS<sub>2</sub> secara titrimetri menggunakan metode *Indian Standard (IS) 11255 (part 4) (2006, Reaffirmed 2006): Methods for Measurement of Emission From Stationary Sources, Part 4: Hydrogen Sulfide and Carbon Disulfide (First Revision)* dengan metode *Deutsche Industrie Norm (DIN) 51855-4:1995-06* yang telah dimodifikasi. Laboratorium P3KLL melakukan uji coba pengujian H<sub>2</sub>S dan CS<sub>2</sub> di industri rayon di provinsi Jawa Barat. Hasil pengujian menunjukkan bahwa konsentrasi H<sub>2</sub>S dan CS<sub>2</sub> adalah 2414 dan 2239 ppmv. Hasil perhitungan beban emisi H<sub>2</sub>S dan CS<sub>2</sub> masing-masing sebesar 5,74 dan 10,25 kg/Ton fiber. Nilai tersebut masih berada di bawah baku mutu berdasarkan PerMenLH No 7 Tahun 2012 tentang pengelolaan emisi sumber tidak bergerak bagi usaha dan/atau kegiatan industri rayon, dimana baku mutu H<sub>2</sub>S adalah 38 kg/Ton fiber dan CS<sub>2</sub> adalah 115 kg/Ton fiber. Dalam uji coba ini, metode pengambilan contoh uji H<sub>2</sub>S dimodifikasi menggunakan seng asetat (Zn(O<sub>2</sub>CCH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>) yang lebih ramah lingkungan dibanding kadmium klorida alkalin (CdCl<sub>2</sub>). Pada pengujian CS<sub>2</sub> dilakukan modifikasi dengan penambahan CaCO<sub>3</sub> untuk mempermudah penentuan titik akhir titrasi. Hasil pengujian menunjukkan tidak terdapat beda nyata antara kedua metode pengujian tersebut.

**Kata kunci:** H<sub>2</sub>S, CS<sub>2</sub>, emisi, sumber tidak bergerak, seng asetat, kadmium klorida

#### ABSTRACT

*Hydrogen sulfide (H<sub>2</sub>S) and Carbon disulfide (CS<sub>2</sub>) are pollutants emitted from viscose industrial activity. H<sub>2</sub>S and CS<sub>2</sub> compound release unpleasant odor and it affects the nervous system. This study aimed to compare two methods, which is the measurement of H<sub>2</sub>S and CS<sub>2</sub> by titrametric were referred to Indian Standard (IS) 11255 (part 4) (2006, Reaffirmed 2006): Methods for Measurement of Emission from Stationary Sources, Part 4: Hydrogen Sulfide and Carbon Disulfide (First Revision) and the modified of Deutsche Industrie Norm DIN 51855-4: 1995-06 method. P3KLL conducted the trial of H<sub>2</sub>S dan CS<sub>2</sub> testing at a rayon industry in West Java province. The result showed that concentration of H<sub>2</sub>S and CS<sub>2</sub> were 2414 and 2239 ppmv, respectively. The calculation of emission load of H<sub>2</sub>S and CS<sub>2</sub> were 5,74 and 10,25 kg/Tonnes, respectively. Those values were below the regulatory limit based on the government regulation of PerMenLH No 7 Year 2012 about the regulation on stationary source emission for rayon industrial activity, in which the quality standard of H<sub>2</sub>S and CS<sub>2</sub> were 38 kg/Ton fiber and 115 kg/Ton fiber, respectively. In this trial, the sampling method is modified using zinc acetate (Zn(O<sub>2</sub>CCH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>) which is considered environmental friendly than alkaline cadmium chloride (CdCl<sub>2</sub>). CS<sub>2</sub> testing was modified by adding CaCO<sub>3</sub> to determine the end-point of titration easier. The result of trial showed no significance difference between two testing method.*

**Keywords:** H<sub>2</sub>S, CS<sub>2</sub>, emission, stationary source, zinc acetate, cadmium chloride

#### PENDAHULUAN

H<sub>2</sub>S dan CS<sub>2</sub> merupakan senyawa odor yang menimbulkan bau tidak menyenangkan (1-3). Odor merupakan sensasi yang dihasilkan

dari penerimaan stimulus oleh sistem sensorik penciuman (*olfactory*) (1-3). Indera penciuman manusia sensitif terhadap berbagai

komponen senyawa odor. Intensitas, deteksi, konsentrasi dan karakter senyawa odor dapat mempengaruhi kesehatan manusia (4). Senyawa odor di udara ambien, selain berasal dari proses pengolahan limbah domestik akibat dekomposisi anaerobik senyawa organik (5), juga berasal dari emisi industri rayon.

CS<sub>2</sub> merupakan senyawa berbahaya tidak berwarna dan berbau seperti kol busuk (6, 7), bersifat toksik pada sistem syaraf dan kardiovaskuler (8, 9). CS<sub>2</sub> bersifat mudah menguap dan mudah terbakar, dengan kelarutan yang tinggi dalam darah dan lemak (10). CS<sub>2</sub> digunakan sebagai pereaksi dalam industri rayon viskos sebesar 65% dan selofan (*cellophane*) sebesar 10-12% (10, 11). Sejak tahun 1892, CS<sub>2</sub> digunakan sebagai bahan proses *xanthation* dalam produksi serat viskos pada industri rayon (8, 12). Dalam produksi serat viskos dan film selofan, CS<sub>2</sub> tidak terikat dengan produk akhir (12). Sesaat setelah diemisikan CS<sub>2</sub> akan berubah menjadi Carbonyl Sulfides (OCS atau COS) dan SO<sub>2</sub> pada troposfer (13, 14). Kegiatan industri rayon juga mengemisikan H<sub>2</sub>S (15). Hampir seluruh CS<sub>2</sub> yang digunakan dalam proses industri akan berakhir di atmosfer, kecuali bila ada tindakan pengendalian. Apabila 75% dari seluruh produksi di dunia sebesar 1 juta ton, maka sekitar 700 kilo ton akan dilepaskan setiap tahunnya (11). Emisi antropogenik mendominasi jumlah emisi CS<sub>2</sub> di atmosfer (16).

CS<sub>2</sub> diproduksi secara industrial melalui proses pemanasan karbon seperti arang atau gas alam dengan sulfur sejak abad ke 19 (17). Saat itu efek merugikan pada pekerja yang terpajan di industri rayon viskos mulai teridentifikasi (17). Batas pajanan kerja (*occupational exposure*

*limits*) untuk konsentrasi CS<sub>2</sub> bervariasi antara 1-10 ppm, umumnya diperoleh berdasarkan studi dampak kesehatan para pekerja industri rayon viskos (18).

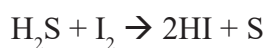
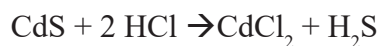
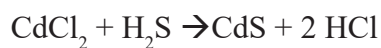
Paparan CS<sub>2</sub> pada manusia dapat diketahui melalui deteksi biomarker spesifik dari contoh uji urine berupa *urinary metabolite 2-thiothiazolidine-4-carboxylic acid (TTCA)* menggunakan metode HPLC (17). TTCA tidak akan terdeteksi pada orang-orang yang tidak pernah terpapar CS<sub>2</sub> (19). Studi epidemiologi di Jerman terhadap para pekerja industri rayon menunjukkan bahwa CS<sub>2</sub> dapat menyebabkan penyakit jantung koroner (20), efek syaraf perifer dan *central nervous system (CNS)* (21, 22), psikofisiologi, hormonal (10), dan retinal angiopathy (18). Sementara itu, keracunan H<sub>2</sub>S secara akut berpotensi menyebabkan efek iritasi dan *asphyxiant* (sesak nafas). Pada konsentrasi <50 ppm menyebabkan iritasi pada membran *mucoous* (lendir) pada saluran pernafasan, paru-paru, mata, organ pencernaan (23). Pada konsentrasi lebih tinggi berpotensi menyebabkan kerusakan pada sistem pernafasan, CNS, dan membran mukosa (23, 24).

Berdasarkan kajian toksikologi, CS<sub>2</sub> diketahui sangat mudah diserap melalui jalur pernafasan, oral, atau melalui kulit, dan dapat terdistribusi ke seluruh tubuh karena sifat afinitasnya dalam jaringan lemak (10). Hasil riset neurotoksisitas pada tikus menunjukkan bahwa CS<sub>2</sub> mempengaruhi alur sistem pendengaran pada otak (25). CS<sub>2</sub> pada mencit menyebabkan kerusakan DNA akibat terjadinya proses *oxidative stress* pada sel endometrium (26).

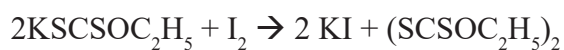
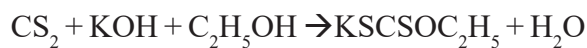
Industri rayon yang ada di Indonesia menggunakan bahan baku pulp kayu untuk menghasilkan serat rayon (*rayon fiber*).

Baku mutu emisi H<sub>2</sub>S dan CS<sub>2</sub> di Indonesia dihitung melalui perhitungan beban emisi masing-masing pencemar yang mengacu pada Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Republik Indonesia (PerMenLH) Nomor 7 Tahun 2012 tentang pengelolaan emisi sumber tidak bergerak bagi usaha dan/atau kegiatan industri rayon (27). Pengukuran dan perhitungan beban emisi H<sub>2</sub>S dan CS<sub>2</sub> dari sumber industri menjadi hal yang penting untuk dilakukan karena polutan tersebut memiliki dampak negatif bagi kesehatan mahluk hidup.

Uji coba ini mencakup pengujian menggunakan modifikasi dua metode yaitu Indian Standard (IS) dan Deutsche Industrie Norm (DIN). Dalam metode IS 11255, prinsip pengujian H<sub>2</sub>S dan CS<sub>2</sub> adalah pengujian secara iodimetri (28), dimana H<sub>2</sub>S diabsorpsi dalam larutan alkalin kadmium klorida (CdCl<sub>2</sub>) sehingga membentuk kadmium sulfida (CdS) sebagaimana reaksi:



CS<sub>2</sub> diabsorpsi dalam larutan KOH-alkohol membentuk kalium etilxantat (KSCSOC<sub>2</sub>H<sub>5</sub>) sebagaimana reaksi:



Dalam metode DIN 51855-4: 1995-06 hanya terdapat pengujian secara titrimetri untuk parameter H<sub>2</sub>S saja. Larutan penyerap yang semula digunakan adalah kadmium asetat, Cd(O<sub>2</sub>CCH<sub>3</sub>)<sub>2</sub> kemudian diganti menjadi seng asetat, Zn (O<sub>2</sub>CCH<sub>3</sub>)<sub>2</sub> (29). Penggantian ini mempertimbangkan toksisitas Zn(O<sub>2</sub>CCH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>

yang lebih rendah dibanding senyawa Cd (30, 31)

## METODOLOGI

### Lokasi Pemantauan

Sampling dilakukan di fasilitas cerobong (*chimney*) dengan ketinggian 50 m di industri rayon, PT. South Pacific Viscose, Purwakarta -Jawa Barat .

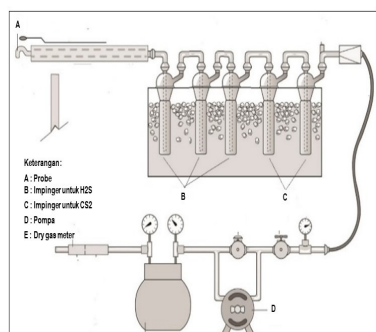
### Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan adalah *impinger* 250 ml, labu Erlenmeyer 500 ml, buret 50 ml, gelas ukur, labu semprot, pompa vakum, *probe*, selang, serta gas meter - tipe *dry, stopwatch*, dan buret terkalibrasi.

Bahan yang digunakan adalah campuran Zn(O<sub>2</sub>CCH<sub>3</sub>)<sub>2</sub> dan asam asetat (CH<sub>3</sub>COOH) sebagai larutan penyerap sesuai metode DIN 51855-4:1995-06, larutan KOH-alkohol, kalsium karbonat (CaCO<sub>3</sub>). Untuk titrasi dibutuhkan larutan Iod (I<sub>2</sub>) 0,1 N, larutan Natrium tiosulfat (Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 0,1 N, larutan asam klorida (HCl), larutan indikator kanji, larutan kalium iodat (KIO<sub>3</sub>), dan indikator *phenol pthalein* (PP) 1%.

### Metode

Rangkaian pengambilan contoh uji H<sub>2</sub>S dan CS<sub>2</sub> terdiri dari lima *impinger* yang dipasang secara seri mengacu pada metode IS 11255. Tiga *impinger* (larutan *impinger* bagian pertama) diisi dengan 30 ml Zn(O<sub>2</sub>CCH<sub>3</sub>)<sub>2</sub> untuk mengukur H<sub>2</sub>S dan dua *impinger* (larutan *impinger* bagian kedua) diisi dengan 30 ml KOH-alkohol untuk mengukur CS<sub>2</sub>. Rangkaian alat dihubungkan dengan gas meter. Sampling dilakukan dengan kecepatan alir 0,5 L/menit selama 16 menit sehingga total volume mencapai 8 L.



**Gambar 2. Skema sampling H<sub>2</sub>S dan CS<sub>2</sub>**  
 Sumber: Ilustrasi dimodifikasi dari USEPA

**a. Pengujian H<sub>2</sub>S**

Sampel pada rangkaian impinger bagian pertama dipindahkan ke dalam labu Erlenmeyer 500 ml, dan dibilas dengan sedikit air suling (±10ml). Air bilasan dikumpulkan dalam labu yang sama, ditambahkan 25 ml larutan I<sub>2</sub> terstandarisasi dan 5 ml HCl pekat kemudian ditunggu 10 menit. Kelebihan I<sub>2</sub> dititrasi dengan Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> menggunakan indikator kanji. Pengujian blanko yang terdiri dari 90 ml larutan Zn(O<sub>2</sub>CCH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, 25 ml larutan I<sub>2</sub> terstandarisasi dan 5 ml HCl pekat, diperlakukan sama dengan sampel.

Perhitungan konsentrasi H<sub>2</sub>S:

$$\frac{17}{1000} \times A_1 \times B_1 \times \frac{24450}{34} \times \frac{1}{1000} \times \frac{10^6}{V}$$

- C: konsentrasi H<sub>2</sub>S (ppm)
- A<sub>1</sub>: volume larutan I<sub>2</sub> sampel – blanko (ml)
- B<sub>1</sub>: normalitas larutan I<sub>2</sub> (N)
- V: volume sampel udara (L)
- 34: BM H<sub>2</sub>S

**b. Pengujian CS<sub>2</sub>**

Sampel pada rangkaian impinger bagian pertama dipindahkan ke dalam labu Erlenmeyer 500 ml, dan dibilas dengan sedikit alkohol (±10ml). Labu direndam dalam es selama proses netralisasi sampel dengan

CH<sub>3</sub>COOH 5% menggunakan indikator PP secara perlahan-lahan. Larutan sampel yang sudah dinetralkan ditambah indikator kanji dan 1 sendok sudip CaCO<sub>3</sub> powder, kemudian ditirasi dengan I<sub>2</sub> 0,1 N. Pengujian yang sama juga dilakukan untuk blanko berisi 60 ml KOH-alkohol.

Perhitungan konsentrasi CS<sub>2</sub>:

$$C_{CS_2} = (76/1000) \times A_1 \times B_1 (24450/76) \times (1/1000) \times (10^6/V)$$

Keterangan:

- C: konsentrasi CS<sub>2</sub> (ppm)
- A<sub>1</sub>: volume larutan I<sub>2</sub> sampel – blanko (ml)
- B<sub>1</sub>: normalitas larutan I<sub>2</sub> (N)
- V: volume sampel udara (L)
- 76: BM CS<sub>2</sub>

**c. Perhitungan beban emisi sumber tidak bergerak bagi usaha dan/atau kegiatan industri rayon.**

$$\text{Emisi H}_2\text{S (Kg/Ton fiber)} = \frac{\text{Laju Masa H}_2\text{S} (\frac{\text{Kg}}{30} \text{Menit)}}{\text{Laju Produksi} (\text{Ton} \frac{\text{Fiber}}{30} \text{Menit})}$$

$$\text{Emisi CS}_2 \text{ (Kg/Ton fiber)} = \frac{\text{Laju Masa CS}_2 (\frac{\text{Kg}}{30} \text{Menit)}}{\text{Laju Produksi} (\text{Ton} \frac{\text{Fiber}}{30} \text{Menit})}$$

Keterangan:

Penentuan laju masa dihitung melalui persamaan sebagai berikut:

- a) Laju masa H<sub>2</sub>S = Konsentrasi H<sub>2</sub>S (ppm) x debit gas (L/detik)
- b) Laju masa CS<sub>2</sub> = Konsentrasi CS<sub>2</sub> (ppm) x debit gas (L/detik)

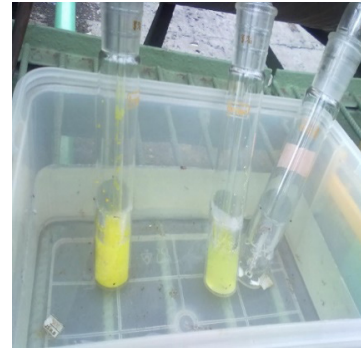
Pengukuran laju produksi dilakukan secara simultan dengan pengukuran gas di cerobong. Laju produksi tiap line harus diukur minimum selama 30 menit. Seluruh unit yang terlibat dalam produksi harus beroperasi secara stabil selama pengukuran berlangsung. Unit

pengukuran yang diperoleh dinyatakan dalam ton produk per 30 menit (27).

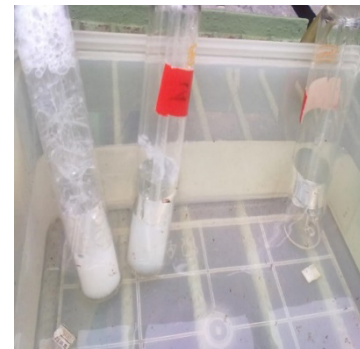
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam menjalankan fungsinya sebagai laboratorium lingkungan, P3KLL melakukan uji coba pengujian H<sub>2</sub>S dan CS<sub>2</sub> dari sumber emisi tidak bergerak. Laboratorium harus mampu melakukan verifikasi pengujian dengan menggunakan metode yang mudah diaplikasikan dan ramah lingkungan. Pengujian ini berbeda dengan pengujian H<sub>2</sub>S pada sumber emisi tidak bergerak secara spektrofotometri (metode biru metilen) yang memiliki rentang pengujian 5-1000 ppm (7-1390 mg/NM<sup>3</sup>) dan umumnya diaplikasikan untuk fasilitas insinerator (32). H<sub>2</sub>S dan CS<sub>2</sub> merupakan polutan spesifik yang diemisikan dari suatu kegiatan. Analisis H<sub>2</sub>S dan CS<sub>2</sub> dari sumber tidak bergerak industri rayon dilakukan secara titrimetri, dimana konsentrasi polutan dari sumber emisi relatif tinggi. Uji coba ini dilakukan di cerobong industri yang mengemisikan H<sub>2</sub>S dan CS<sub>2</sub>.

Proses pengambilan contoh uji H<sub>2</sub>S dan CS<sub>2</sub> dilakukan secara simultan dalam rangkaian impinger berisi larutan penyerap. Analisis dilakukan secara langsung di lapangan guna mencegah terjadinya dekomposisi senyawa akibat reaktivitas H<sub>2</sub>S dan CS<sub>2</sub>. Adanya kelebihan I<sub>2</sub> dapat diketahui dari warna kuning atau coklat pada larutan. Bila tidak muncul warna, maka contoh uji harus dibuang dan dilakukan pengulangan pengambilan contoh.



(a) H<sub>2</sub>S



(b) CS<sub>2</sub>

Gambar 3. Impinger berisi contoh uji H<sub>2</sub>S dan CS<sub>2</sub>

Hasil pengujian H<sub>2</sub>S dan CS<sub>2</sub> dari sumber tidak bergerak dilakukan secara titrimetri, dimana konsentrasi polutan dari sumber emisi relatif tinggi. Hasil pengukuran dan perhitungan beban emisi ditampilkan dalam tabel berikut;

**Tabel 1. Hasil pengujian H<sub>2</sub>S dan CS<sub>2</sub>**

No	H <sub>2</sub> S	CS <sub>2</sub>
	(ppm, v/v)	
1	2294	1686
2	2373	1750
3	2432	1892
4	2438	1805
5	2452	2011
6	2509	2114
7	2409	2239
Rerata	2414	1928
Sd	67.6	202
%RSD	2,80	10,48

Emisi  $H_2S$  dan  $CS_2$  dikalkulasi dengan memperhitungkan data operasional saat pengujian yaitu laju produksi sebesar 10,8 Ton/menit, kecepatan alir 6,7 m/detik, serta diameter cerobong sebesar 1,4 m, sehingga luas area dan debit gas dapat dihitung. Berdasarkan hasil pengujian di industri rayon, diperoleh beban emisi  $H_2S$  sebesar 5,74 Kg/Ton dan  $CS_2$  sebesar 10,25 Kg/Ton. Nilai tersebut masih berada di bawah baku mutu berdasarkan PP MenLH No 7 Tahun 2012, dimana masing-masing baku mutu emisi  $H_2S$  adalah 38 kg/Ton Fiber dan  $CS_2$  adalah 115 kg/Ton Fiber (27).

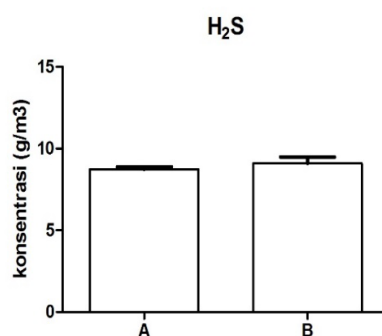
**Tabel 2. Perhitungan beban emisi  $H_2S$  dan  $CS_2$**

No	$H_2S$	$CS_2$
	(Kg/Ton)	
1	5,39	8,85
2	5,66	9,32
3	5,77	10,07
4	5,81	9,61
5	5,84	10,7
6	5,97	11,26
7	5,75	11,92
Rerata	5,74	10,25
Sd	0,18	1,10
%RSD	3,16	10,75

Nilai baku mutu di Indonesia tersebut hampir setara dengan baku mutu negara lain seperti India. Baku mutu emisi untuk  $H_2S$  dan  $CS_2$  di India dibedakan sesuai klasifikasi industri fiber buatan, dimana untuk *Viscose Staple Fibre (VSF) Plant* untuk parameter  $H_2S$  adalah 30 kg/ton dan  $CS_2$  sebesar 95 kg/Ton, *Viscose Filament Yarn (VFY) Plant* untuk parameter  $H_2S$  adalah 30 kg/ton dan  $CS_2$  sebesar 200 kg/Ton, *rayon, polyester and nylon fabric*

(*dipping process plant only*) untuk parameter  $H_2S$  sebesar 30 kg/Ton (33). Namun demikian, regulasi di India mempersyaratkan industri untuk melakukan pemantauan kualitas udara ambien untuk memonitor konsentrasi  $H_2S$  dan  $CS_2$  di udara ambien. Batas konsentrasi  $H_2S$  dan  $CS_2$  selama 24 jam rerata harian masing-masing tidak boleh melebihi 150  $\mu g/M^3$  dan 100  $\mu g/M^3$  (33). Sementara itu di Indonesia, baku mutu udara kebauan hanya mengatur parameter  $H_2S$  saja.

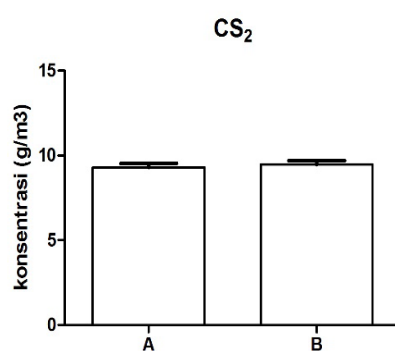
Dalam uji coba ini, pengambilan contoh uji  $H_2S$  dilakukan menggunakan dua larutan penyerap yang berbeda yaitu larutan alkalin  $CdCl_2$  sesuai IS 11255 dan larutan  $Zn(O_2CCH_3)_2$  sesuai DIN 51855-4:1995-06 dalam waktu relatif bersamaan. Konsentrasi  $H_2S$  yang dihasilkan relatif sama. Melalui uji t, modifikasi penggunaan larutan penyerap  $CdCl_2$  dengan larutan penyerap  $(Zn(O_2CCH_3)_2)$  sebagai media untuk mengabsorpsi gas  $H_2S$  tidak berbeda nyata ( $p>0,05$ ). Dengan demikian, larutan penyerap  $(Zn(O_2CCH_3)_2)$  dapat digunakan untuk menggantikan  $CdCl_2$  untuk parameter  $H_2S$ .



**Gambar 4.** Konsentrasi  $H_2S$  menggunakan larutan penyerap berbeda

A =  $CdCl_2$       B =  $Zn(O_2CCH_3)_2$

Pengujian CS<sub>2</sub> pada sumber emisi tidak bergerak di Indonesia menggunakan metode titrimetri, mengacu pada Indian Standard IS 11255. Dalam metode ini tidak terdapat penambahan CaCO<sub>3</sub>. Titrasi CS<sub>2</sub> dalam larutan penyerap KOH-alkohol dengan I<sub>2</sub> akan menghasilkan kalium etilxantat yang membentuk endapan putih. Dengan penambahan indikator kanji, kelebihan I<sub>2</sub> akan menimbulkan warna biru pada titik akhir. Dari hasil pengujian di lapangan, diketahui bahwa tanpa penambahan CaCO<sub>3</sub> proses penentuan titik akhir relatif lebih sulit, karena perubahan pada larutan tidak terlihat dengan jelas. Senyawa xantat (ROCS) mengalami hidrolisis dalam suasana asam membentuk ROH dan CS<sub>2</sub> (34), dalam pengujian ini terlihat bahwa CaCO<sub>3</sub> tidak bereaksi dengan kalium etilxantat. Untuk mengetahui efek CaCO<sub>3</sub> terhadap reaksi yang terjadi, dilakukan pengujian dalam waktu yang relatif bersamaan. Hasil titrasi baik dengan maupun tanpa penambahan CaCO<sub>3</sub> dibandingkan. Melalui uji t, diperoleh hasil tidak berbeda nyata ( $p > 0,05$ ).



**Gambar 5.** Konsentrasi CS<sub>2</sub> dengan perlakuan berbeda

A = tanpa CaCO<sub>3</sub>      B = dengan CaCO<sub>3</sub>

Di negara maju, pemantauan di industri rayon dilakukan dengan menggunakan metode spektroskopi. *Photoionization detector* (PID) digunakan untuk mengidentifikasi CS<sub>2</sub> setelah melalui proses *pre-treatment*, dimana sampel dilewatkan pada larutan Zn-asetat untuk menghilangkan H<sub>2</sub>S (35). Sebuah studi di Austria telah menghasilkan suatu perangkat canggih yang digunakan untuk mendeteksi CS<sub>2</sub> dalam level konsentrasi ppm volume (ppmv) dan diaplikasikan di industri rayon (35). Suatu sistem sensor gas berdasarkan *quartz-enhanced photoacoustic spectroscopy* (QEPAS) menggunakan gelombang kontinu *distributed feedback quantum cascade laser* (DFB-QCL) yang mengemisikan radiasi *mid-IR* pada  $\alpha$  4,59  $\mu$ m diujicoba untuk mendeteksi CS<sub>2</sub> dari sumber emisi (35).

Sementara untuk konsentrasi yang lebih rendah di udara ambien, sampling CS<sub>2</sub> dilakukan menggunakan metode *active air sampling* dengan tabung *sorbent*, kemudian dianalisis menggunakan *Gas Chromatography Flame Photometric Detector* (GC-FPD) (36). Selain itu terdapat pula metode sampling dengan menggunakan *solid phase microextraction* (SPME) *sampler* secara pasif (9).

Pemantauan H<sub>2</sub>S dan CS<sub>2</sub> dari sumber spesifik menjadi sangat penting untuk dilakukan mengingat adanya dampak negatif terhadap kesehatan manusia. Meskipun CS<sub>2</sub> dikategorikan sebagai senyawa pencemar lingkungan, namun secara alami juga dihasilkan dari aktivitas mikroorganisme dalam tanah, kebakaran hutan, dan aktivitas gunung api. Sumber alami CS<sub>2</sub> yang dirilis ke

atmosfer berkisar 40-50% dan sisanya berasal dari sumber antropogenik (37).

## SIMPULAN

Laboratorium mampu membuktikan bahwa pengambilan contoh uji dan analisis H<sub>2</sub>S menggunakan metode IS 11255 (2006) dengan modifikasi larutan penyerap dapat digunakan sebagai alternatif metode yang lebih ramah lingkungan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa larutan penyerap Zn(O<sub>2</sub>CCH<sub>3</sub>)<sub>2</sub> dapat menggantikan CdCl<sub>2</sub> untuk parameter H<sub>2</sub>S. Pengambilan contoh uji dan analisis CS<sub>2</sub> dilakukan menggunakan metode IS 11255 dengan modifikasi penambahan CaCO<sub>3</sub> dalam proses titrasi.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada tim P3KLL sebagai pelaksana sampling udara emisi sumber tidak bergerak dan pihak industri PT South Pacific Viscose - Purwakarta yang menyediakan fasilitas pengujian.

## DAFTAR PUSTAKA

1. ATSDR. Toxicological Profile for Hydrogen Sulfide / Carbonyl Sulfide. Agency for Toxic Substances & Disease Registry.
2. ATSDR. Toxicological Profile for Carbon Disulfide. Agency for Toxic Substances & Disease Registry; 1996.
3. Du Z, Li J, Cao X, Gao H, Ma Y. High-sensitive carbon disulfide sensor using wavelength modulation spectroscopy in the mid-infrared fingerprint region. *Sensors and Actuators B: Chemical*. 2017;247:384-91.
4. Muezzinoglu A. A study of volatile organic sulfur emissions causing urban odors. *Chemosphere*. 2003;51(4):245-52.
5. Jeon E-C, Son H-K, Sa J-H. Emission Characteristics and Factors of Selected Odorous Compounds at a Wastewater Treatment Plant. *Sensors*. 2009;9(1):311.
6. Rosner D. Fake Silk: The Lethal History of Viscose Rayon by Paul David Blanc. *Bulletin of the History of Medicine*. 2018;92(2):387-9.
7. Marichalar P. Why do we keep forgetting about occupational hazards? Fake silk: The lethal history of viscose rayon. Springer; 2017.
8. Kilo S, Zonnur N, Uter W, Gönen T, Drexler H. Effect of Skin Protection and Skin Irritation on the Internal Exposure to Carbon Disulfide in Employees of the Viscose Industry. *The Annals of Occupational Hygiene*. 2015;59(8):972-81.
9. Bahrami A, Ghorbani F, Baiati H, Zare-Sakhvidi M. Application of Solid Phase Microextraction (SPME) Sampler for Determination of Carbon Disulfide in Air. *International Journal of Occupational Hygiene*. 2015;6(3):149-55.
10. Sieja K, von Mach-Szczyński J, von Mach-Szczyński J. Health effect of chronic exposure to carbon disulfide (CS<sub>2</sub>). *Medycyna pracy*. 2018;69(3):317-23.
11. Newhook R, Meek ME. Carbon disulfide: Concise International Chemical Assessment Document 46. Canada: WHO, 2002.
12. Tian C, Zheng L, Miao Q, Nash C, Cao C, Ni Y. Improvement in the Fock test for determining the reactivity of dissolving pulp. *Tappi J*. 2013;12(11):21-6.



13. Campbell J, Whelan M, Seibt U, Smith SJ, Berry J, Hilton TW. Atmospheric carbonyl sulfide sources from anthropogenic activity: Implications for carbon cycle constraints. *Geophysical Research Letters*. 2015;42(8):3004-10.
14. Zumkehr A, Hilton TW, Whelan M, Smith S, Kuai L, Worden J, et al. Global gridded anthropogenic emissions inventory of carbonyl sulfide. *Atmospheric Environment*. 2018;183:11-9.
15. Chigurupati S, Mohammad JI, Krishnan K. Focus on Environment. *Focus on Environment*. 2016;1:74-88.
16. Lee C-L, Brimblecombe P. Anthropogenic contributions to global carbonyl sulfide, carbon disulfide and organosulfides fluxes. *Earth-science reviews*. 2016;160:1-18.
17. DeMartino AW, Zigler DF, Fukuto JM, Ford PC. Carbon disulfide. Just toxic or also bioregulatory and/or therapeutic? *Chemical Society Reviews*. 2017;46(1):21-39.
18. Gelbke H-P, Göen T, Mäurer M, Sulsky SI. A review of health effects of carbon disulfide in viscose industry and a proposal for an occupational exposure limit. *Critical reviews in toxicology*. 2009;39(sup2):1-126.
19. Eben A, Freudlsperger FP. 2-Thioxothiazolidine-4-carboxylic acid (TTCA) 1990 [cited 2018 August 27]. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/3527600418.bi2093367e0004>.
20. Chung H, Youn K, Kim K, Park K. Carbon disulfide exposure estimate and prevalence of chronic diseases after carbon disulfide poisoning-related occupational diseases. *Annals of occupational and environmental medicine*. 2017;29(1):52.
21. Venet T, Carreres-Pons M, Chalansonnet M, Thomas A, Merlen L, Nunge H, et al. Continuous exposure to low-frequency noise and carbon disulfide: combined effects on hearing. *Neurotoxicology*. 2017;62:151-61.
22. Price DJ. Carbon Disulfide. *Hamilton & Hardy's Industrial Toxicology: John Wiley & Sons, Inc. Hoboken, New Jersey*; 2015. p. 317-24.
23. Harbison SC, Bourgeois JR. Hydrogen Sulfide. *Hamilton & Hardy's Industrial Toxicology: John Wiley & Sons, Inc. Hoboken, New Jersey*; 2015. p. 325-30.
24. Malone SR, Pearce LL, Peterson J. Environmental toxicology of hydrogen sulfide. *Nitric oxide: biology and chemistry*. 2017;71:1-13.
25. Sills RC, Harry GJ, Valentine WM, Morgan DL. Interdisciplinary neurotoxicity inhalation studies: carbon disulfide and carbonyl sulfide research in F344 rats. *Toxicology and applied pharmacology*. 2005;207(2):245-50.
26. Yang L, Zhang B, Yuan Y, Li C, Wang Z. Oxidative stress and DNA damage in utero and embryo implantation of mice exposed to carbon disulfide at peri-implantation. *Human & experimental toxicology*. 2014;33(4):424-34.
27. KLH. Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 7 Tahun 2012 Tentang pengelolaan emisi sumber tidak bergerak bagi usaha dan/atau kegiatan industri rayon. 2012.
28. IS. ICS 13.040.40 Methods for measurement of emission from stationary sources, part 4 : Hydrogen sulphide and Carbon disulphide (first revision). IS 11255 (part 4) (2006, Reaffirmed 2006). New Delhi 2006.

29. DIN. Testing of gaseous fuels and other gases - Determination of sulphur compounds content - content of Hydrogen Sulfide, Zinc Acetate Method. DIN 51855-4 1995.
30. Zinc acetate (T3D0720) [Internet]. The Toxin and Toxin Target Database. 2014. Available from: <http://www.t3db.ca/toxins/T3D0720>.
31. ATSDR. Cadmium Toxicity. Agency for Toxic Substances & Disease Registry; 2011.
32. SNI. SNI 19-7117.7-2005. Emisi gas buang – Sumber tidak bergerak- Bagian 7: Cara uji kadar hidrogen sulfida (H<sub>2</sub>S) dengan metode biru metilen menggunakan spektrofotometer Jakarta: BSN; 2005.
33. CPCB. Schedule-I: Standards for Emission or Discharge of Environmental Pollutants from various Industries. Man-made fibres (synthetic). Delhi: central Pollution Control Board; 2018.
34. Chen X-h, Hu Y-h, Peng H, Cao X-f. Degradation of ethyl xanthate in flotation residues by hydrogen peroxide. *Journal of Central South University*. 2015;22(2):495-501.
35. Waclawek JP, Schmuck R, Kroismayr R, Röder T, Lendl B. A new sensor system employing a mid-infrared quantum cascade laser for direct carbon disulfide measurement in an industrial environment. *Lenzinger Berichte*. 2015;92:1-5.
36. NIOSH. Method 1600 in NIOSH Manual of Analytical Methods. National Institute for occupational Safety and Health; 1994.
37. Watts SF. The mass budgets of carbonyl sulfide, dimethyl sulfide, carbon disulfide and hydrogen sulfide. *Atmospheric Environment*. 2000;34(5):761-79.