

# Interferensi Metabisulfit Pada Pengukuran Kadar Sulfur Dioksida (SO<sub>2</sub>) di Udara Menggunakan Metode Tetrachloromercurat/Parasosanilin

Sudalma<sup>1</sup>, Sri Sumarni<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia Provinsi Jawa Tengah

<sup>2</sup>Balai Keselamatan Kerja Provinsi Jawa Tengah

Corresponding Author: [dalma.chem.gm88@gmail.com](mailto:dalma.chem.gm88@gmail.com)

Received: 14<sup>th</sup> April 2021; Revised: 5<sup>th</sup> January 2022; Accepted: 19<sup>th</sup> January 2022;

Available online: 20<sup>th</sup> January 2022; Published regularly: January 2022

## Abstract

Sulfur dioxide (SO<sub>2</sub>) is an irritant gas at concentrations above 250 g/m<sup>3</sup> which can cause respiratory problems. Sources of SO<sub>2</sub> come from burning fuel containing sulfur. Measurement of SO<sub>2</sub> levels in the air using the Tetrachloromercurate (TCM)/Parasosanilin method. PT "B" is a processed wood product company with production using sodium metabisulfite as a mixture for making glue for one type of process product. The purpose of this study was to study the interference of sodium metabisulfite in the measurement of SO<sub>2</sub> in the air using the Tetrachloromercurate (TCM)/Parasosanilin method. This research is descriptive observational to explain the phenomena found in monitoring the concentration of SO<sub>2</sub> based on SNI 7119-7:2017. The SO<sub>2</sub> concentration in the 2017 – 2019 RKL-RPL monitoring results at the glue mixing location was 7-191 g/m<sup>3</sup>. In the second semester of 2020 measurement, the SO<sub>2</sub> concentration was measured at the glue mixing location when the product used sodium metabisulfite as an additive. The activation of SO<sub>2</sub> is as follows: activation of the mixer after the process is 646 g/m<sup>3</sup>, filling the glue mixer is 291 - 314 g/m<sup>3</sup>, the activity without the use of sodium metabisulfite is 11 - 13 g/m<sup>3</sup>. The results showed that the concentration of SO<sub>2</sub> when the product used a mixture of sodium metabisulfite was higher than the concentration of SO<sub>2</sub> when the product did not use sodium metabisulfite. Based on the results and analysis, it can be said that there is an interference of metabisulfite compounds in SO<sub>2</sub> measurement due to the absorption of sodium metabisulfite by TCM. This research is helpful for contamination parameters in the workplace and the threshold determination and reducing the accident and occupational illness caused by exposure to chemicals through controlling and controlling potential hazards.

**Kata Kunci :** SO<sub>2</sub>, parasosaniline. Interference

## Abstrak

Sulfur dioksida (SO<sub>2</sub>) adalah gas bersifat iritan pada konsentrasi di atas 250 µg/m<sup>3</sup> dapat menyebabkan gangguan pernapasan dapat menyebabkan gangguan pernapasan. Sumber SO<sub>2</sub> berasal dari pembakaran bahan bakar mengandung sulfur. Pengukuran kadar SO<sub>2</sub> di udara menggunakan metode Tetrachloromercurat (TCM)/Parasosanilin. PT "B" merupakan perusahaan produk kayu olahan dengan proses produksi menggunakan natrium metabisulfit sebagai bahan campuran pembuatan lem untuk salah satu jenis produknya. Tujuan penelitian untuk mengkaji interferensi natrium metabisulfit dalam pengukuran SO<sub>2</sub> di udara menggunakan metode Tetrachloromercurat (TCM)/Parasosanilin. Penelitian bersifat deskriptif observasional untuk menjelaskan fenomena yang ditemukan dalam pemantauan konsentrasi SO<sub>2</sub> berdasarkan SNI 7119-7:2017. Konsentrasi SO<sub>2</sub> tahun hasil pemantauan RKL-RPL tahun 2017 – 2019 pada lokasi pencampuran lem sebesar 7-191 µg/m<sup>3</sup>. Pada pengukuran Semester II tahun 2020 dilakukan pengukuran konsentrasi SO<sub>2</sub> pada lokasi pencampuran lem pada saat produk menggunakan bahan tambahan natrium metabisulfit. Konsentrasi SO<sub>2</sub> sebagai berikut: kegiatan pembersihan mixer lem setelah proses sebesar 646 µg/m<sup>3</sup>, proses pengisian mixer lem 291 - 314 µg/m<sup>3</sup>, kegiatan

tanpa penggunaan natrium metabisulfit 11 - 13  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi  $\text{SO}_2$  pada saat produk menggunakan bahan campuran natrium metabisulfit lebih tinggi dibandingkan konsentrasi  $\text{SO}_2$  pada saat jenis produk tidak menggunakan natrium metabisulfit. Berdasarkan hasil dan analisis dapat disimpulkan bahwa terjadi interferensi senyawa metabisulfit pada pengukuran  $\text{SO}_2$  karena absorpsi natrium metabisulfit oleh TCM. Penelitian bermanfaat untuk penentuan parameter bahan pencemaran di udara lingkungan kerja, penentuan NAB dan mengurangi resiko bahaya Keselamatan dan Kesehatan Kerja (resiko K3) dari paparan bahan kimia melalui identifikasi, penilaian dan pengendalian potensi bahaya.

**Keywords:**  $\text{SO}_2$ , pararosanilin, interferensi

## PENDAHULUAN

Sulfur dioksida adalah gas bersifat iritan dapat menyebabkan gangguan pernapasan. Kadar tertinggi yang diperkenankan  $\text{SO}_2$  di udara lingkungan kerja adalah 0,25  $\text{mg}/\text{m}^3$  (Permenaker No. 5 Tahun 2018), sedangkan baku mutu  $\text{SO}_2$  di udara ambien untuk pengukuran selama 1 jam adalah 150  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (Lampiran 7 PP 22 tahun 2021).  $\text{SO}_2$  di atmosfer berperan dalam pembentukan hujan asam (Xue, 2015; Walcek, 1984). Kandungan asam dalam air hujan menyebabkan kerusakan tumbuhan (Cunningham, 2004), peningkatan pencemaran logam di perairan (Manahan, 2000; Cunningham, 2004) dan gangguan kehidupan biota di perairan (Tietnberg, 2003).  $\text{SO}_2$  merupakan oksida sulfur terbentuk dari proses pembakaran bahan bakar yang mengandung sulfur seperti bahan bakar fosil (Manahan, 2000). Sumber  $\text{SO}_2$  di udara dari kegiatan transportasi pada kendaraan berbahan bakar solar dan emisi sumber tidak bergerak dengan bahan bakar batu bara, residu minyak bumi maupun cangkang kelapa sawit. Pada kawasan industri, sumber emisi dominan  $\text{SO}_2$  berasal dari emisi sumber tidak bergerak (Sudalma dkk, 2018). Sulfur dioksida dari sumber emisi mengalami transport dan transformasi (Kim *et al*, 2012; Bishop, 2000). Transport  $\text{SO}_2$  dipengaruhi oleh stabilitas atmosfer, arah adanya kecepatan angin. Sulfur dioksida merupakan senyawa dengan life time panjang sehingga  $\text{SO}_2$  tidak mudah mengalami transformasi bereaksi dengan senyawa lain di atmosfer membentuk polutan sekunder.  $\text{SO}_2$  termasuk salah satu polutan yang mampu menyebar lintas benua sering disebut sebagai global transport polutan (Moussiopolos *et al*, 1996; Sudalma dkk, 2018; Manahan, 2000).

Pengukuran konsentrasi  $\text{SO}_2$  di udara menggunakan metoda SNI 7119-7:2017 berbasis metoda West-Gaeke dengan larutan penjerap tetra chloromercurat (TCM) dan analisis menggunakan pararosanilin. Methoda ini dapat digunakan untuk menentukan konsentrasi  $\text{SO}_2$  di udara pada konsentrasi 0,005 – 5 ppm (ASTM D2914-15; Lodge 1988, SNI 7119-7:2017; MacKenzie, 1964). Analisis kandungan  $\text{SO}_2$  yang terjerap dalam larutan TCM dilakukan 2 (dua) tahap. Tahap pertama dengan penambahan pararosanilin pada larutan penjerap yang telah mengandung  $\text{SO}_2$  membentuk senyawa kompleks diklorosulfonatomercurate yang tak berwarna. Penambahan larutan pararosanilin dan formaldehid ke dalam senyawa diklorosulfonatomercurat membentuk senyawa pararosanilin metil sulfonat berwarna ungu. Tahap kedua dengan penambahan garam Ethylenediamine-tetraacetic acid disodium (EDTA) menghasilkan senyawa kompleks monochlorosulfonatomercurate (II) yang stabil terhadap oksidan di udara. Interferensi dapat terjadi oleh oksida nitrogen, ozon dan logam transisi (misalnya besi, mangan dan crom). Untuk menghindari interferensi dari ozon, dilakukan delay time untuk menghilangkan ozon yang terjebak dalam larutan absorben. Penghilangan oksida nitrogen menggunakan Asam Sulfamat. Penambahan EDTA untuk menghilangkan logam transisi (Lodge, 1988; MacKenzie, 1964).

Senyawa kompleks monochlorosulfonatomercurate (II) selain dibentuk oleh kompleks diklorosulfonatomercurate dapat juga dibentuk oleh sulfit. Keberadaan senyawa sulfit membentuk senyawa asam pararosanilinmetylsufonic yang berwarna, sehingga metode ini menggunakan natrium sulfite ( $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ) atau natrium metabisulfit ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ ) sebagai larutan standar dalam penentuan konsentrasi  $\text{SO}_2$  (Lodge, 1988). Standarisasi/penentuan konsentrasi  $\text{SO}_2$  menggunakan senyawa natrium sulfit atau menggunakan senyawa natrium metabisulfit yang ditambahkan ke dalam larutan penjerap. Hal ini menunjukkan bahwa larutan penjerap TCM juga dapat mengikat / bereaksi dengan sulfit / metabisulfit yang

terdapat di udara. Bila konsentrasi sulfit lebih dari 500 µg/mL, akan terjadi reaksi redoks dengan cepat antara sulfit dengan Hg (Lodge, 1988). Hal ini menyebabkan terjadinya reaksi kompetisi antara absorben (Hg) dengan sulfit dan SO<sub>2</sub>. Dalam keadaan kadar sulfit di udara tinggi, absorben lebih cenderung mengikat sulfit daripada SO<sub>2</sub>.

PT. "B" merupakan perusahaan manufaktur menggunakan peralatan utilitas berupa boiler, genset dan dryer. Dalam operasinya, peralatan utilitas tersebut mengemisikan SO<sub>2</sub> dari pembakaran bahan bakar. Dalam proses produksi, perusahaan menggunakan bahan perekat (lem) sebagai bahan pendukung. Perusahaan memproduksi 2 (dua) jenis lem yaitu lem dengan bahan tambahan natrium metabisulfit dan lem tanpa natrium metabisulfit. Penggunaan kedua jenis lem pada proses produksi sesuai dengan jenis produk yang dihasilkan. Proses pencampuran lem dilakukan dalam alat *mixer* dengan sistem tertutup untuk menghindari penggumpalan akibat kontak dengan udara. *Mixer* lem dibuka ketika pengisian bahan dan pembersihan pada saat selesai proses pencampuran lem.

Pemantauan SO<sub>2</sub> dilakukan tiap semester untuk mengetahui konsentrasi SO<sub>2</sub> pada sumber emisi sumber tidak bergerak dan konsentrasi SO<sub>2</sub> di udara ambien maupun di udara lingkungan kerja bertujuan untuk memantau persebaran SO<sub>2</sub> dari sumber emisi ke lingkungan sekitarnya dalam upaya pengendalian pencemaran udara dan upaya pencegahan gangguan kesehatan yang ditimbulkan oleh paparan SO<sub>2</sub>. Pemantauan kualitas udara lingkungan kerja bertujuan untuk pencegahan paparan bahan kimia berbahaya melalui pernapasan dilakukan dengan monitoring konsentrasi bahan kimia di udara tempat kerja. Di Jawa Tengah pada tahun 2018, penyebab kecelakaan akutan kerja (KAK) dan penyakit akibat kerja (PAK) disebabkan oleh paparan bahan kimia sebesar 0,52% (Sudalma, 2020).

Natrium metabisulfit (Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) merupakan senyawa iritan terhadap saluran pernapasan. NAB Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>5</sub> dalam Permenaker Nomor 05 tahun 2018 sebesar 5 mg/m<sup>3</sup>. Senyawa Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>5</sub> digunakan sebagai pengawet makanan anorganik, berbentuk kristal putih, mudah larut dalam air dan sedikit larut dalam alkohol. Stabilitas Natrium metabisulfit: terurai di udara lembab dengan hilangnya kandungan sulfur dioksida dan dengan oksidasi menjadi natrium sulfat, bereaksi dengan air pada suhu rendah membentuk hidrat. Natrium metabisulfit dapat membentuk sulfur dioksida (SO<sub>2</sub>) bila bercampur dengan air dan asam.

Agusta Kurniawan (2017) melakukan pengukuran parameter kualitas udara (CO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> dan PM<sub>10</sub>) di Bukit Kototaban berbasis ISPU. Ria Dwi Yunita dkk (2017) melakukan penelitian konsentrasi SO<sub>2</sub> dengan basis ISPU di kota Bandar Lampung. Ani Masito (2018) melakukan kajian konsentrasi NO<sub>2</sub> dan SO<sub>2</sub> dari emisi kendaraan bermotor (emisi sumber bergerak) terhadap risiko gangguan pernapasan. Gisela dkk (2020) melakukan analisis kadar SO<sub>2</sub> di Terminal Malalayang Kota Manado. Sudalma (2020) melakukan pemetaan konsentrasi SO<sub>2</sub> di Kota Semarang. Pengukuran SO<sub>2</sub> di udara bertujuan untuk mengetahui konsentrasi polutan di udara disebabkan oleh kegiatan manusia terutama pemakaian bahan bakar fosil.

Penelitian-penelitian terdahulu pada pengukuran SO<sub>2</sub> di udara baik di udara ambien maupun lingkungan kerja bertujuan untuk mengukur konsentrasi SO<sub>2</sub> sebagai dampak sebaran polutan dari pembakaran bahan bakar pada sumber emisi. Belum ditemukan kajian yang membahas pengaruh bahan kimia lain yang dapat memengaruhi hasil pengukuran (konsentrasi) SO<sub>2</sub> terutama pada tempat yang terdapat paparan natrium bisulfit sehingga perlu dilakukan kajian adanya interferensi natrium bisulfit pada pengukuran SO<sub>2</sub>. Kajian dilakukan untuk mengidentifikasi potensi bahaya di lingkungan kerja dan menentukan parameter kimia di udara lingkungan kerja. Kesalahan dalam mengidentifikasi parameter sangat berpengaruh terhadap penetapan kelayakan K3 lingkungan kerja, metode pengendalian yang diperlukan.

## **BAHAN DAN METODE**

Penelitian ini bersifat diskriptif observasional. Berdasarkan analisis merupakan penelitian diskriptif untuk memperoleh gambaran pengaruh bahan kimia lain pada pengukuran kadar sulfur di udara. Berdasarkan ruang lingkup penelitian merupakan penelitian observasi di lapangan dan peneliti tidak mempunyai control langsung terhadap variabel pada fenomena yang terjadi. Pengukuran konsentrasi

senyawa sulfur di udara menggunakan metode SNI 7119-7:2017, Cara uji kadar sulfur dioksida (SO<sub>2</sub>) dengan metode TCM / Pararosanilin. Pengukuran SO<sub>2</sub> dilakukan dengan mengalirkan sejumlah volume udara melalui larutan penjerap tetrachloromercurate (TCM) dalam botol impinger. Pengambilan sample udara dapat dilakukan dalam 60 menit.

Untuk menentukan pengaruh natrium metabisulfit dalam pengukuran SO<sub>2</sub>, dilakukan pengukuran pada perbedaan produk lem kemudian dibandingkan konsentrasi SO<sub>2</sub> antara proses dengan menggunakan natrium metabisulfit dan tanpa natrium metabisulfit.

Penelitian ini terbatas pada ruang lingkup pengukuran senyawa sulfur dengan metode SNI 7119-7:2017, Cara uji kadar sulfur dioksida (SO<sub>2</sub>) dengan metode pararosanilin menggunakan spektrofotometer pada lokasi yang menggunakan natrium metabisulfit sebagai bahan pendukung dalam proses produksi.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Emisi total SO<sub>2</sub> dari sumber-sumber emisi tidak bergerak peralatan utilitas berupa boiler, genset dan dryer dari kegiatan pemantauan RKL-RPL disajikan dalam Tabel 1. SO<sub>2</sub> terbentuk dari pembakaran bahan bakar pada tungku boiler, dryer maupun ruang bakar pada genset diemisikan ke udara ambien melalui cerobong. Sebaran SO<sub>2</sub> dari sumber emisi dipengaruhi oleh arah dan kecepatan angin serta stabilitas atmosfer. Kondisi atmosfer di wilayah Kota Semarang dan di pesisir pantai utara Jawa yang memiliki karakter seperti Kota Semarang adalah: stabilitas atmosfer klas AB – A, arah angin dominan dari utara hingga barat daya (Sudalma, 2021). Dengan stabilitas atmosfer rendah (klas AB – A) menyebabkan sebaran SO<sub>2</sub> cenderung dekat dengan sumber emisi.

Tabel 1. Total Emisi SO<sub>2</sub>

Periode Pengukuran	Total Emisi (gr/jam)
Semester I 2017	175,1
Semester II 2017	162,8
Semester I 2018	137,0
Semester II 2018	120,2
Semester I 2019	221,8
Semester II 2019	163,9
Semester II 2020	204,4

Pengukuran bahan kimia di udara lingkungan kerja termasuk SO<sub>2</sub> di PT. “B” dilakukan secara rutin tiap semester dalam kegiatan RKL-RPL bertujuan untuk memantau persebaran SO<sub>2</sub> dari sumber emisi ke lingkungan sekitarnya. Lokasi pengukuran di ruang produksi, pencampuran lem, bengkel dan halaman perusahaan. Hasil pengukuran SO<sub>2</sub> di udara dalam kegiatan RKL-RPL disajikan dalam Tabel 2. Konsentrasi SO<sub>2</sub> pada lokasi pengukuran berasal dari multi sumber yaitu: sebaran SO<sub>2</sub> dari sumber-sumber emisi operasionalnya peralatan utilitas (Tabel 1), aktifitas transportasi jalan raya, proses produksi dan dampak transport global SO<sub>2</sub> (Gisela dkk, 2020; Sudalma, 2021).

Konsentrasi SO<sub>2</sub> pada lokasi pengukuran (Tabel 2) menunjukkan adanya fluktuasi konsentrasi pada periode pengukuran Semester II tahun 2020. Dibandingkan dengan pengukuran sebelumnya pada lokasi-lokasi pengukuran, konsentrasi SO<sub>2</sub> di lokasi pencampuran lem pada Semester II tahun Oktober 2020 melonjak secara signifikan. Hasil identifikasi kegiatan pada saat pengukuran dilakukan menunjukkan bahwa terdapat proses pembersihan alat mixer lem setelah digunakan untuk proses pencampuran lem dengan menggunakan bahan tambahan natrium metabisulfit. Untuk mengetahui pengaruh penambahan bahan natrium metabisulfit terhadap hasil pengukuran SO<sub>2</sub>, dilakukan pengukuran ulang dengan hasil disajikan dalam Tabel 3. Hasil pengukuran SO<sub>2</sub> di lokasi pencampuran lem pada proses dengan menggunakan bahan metabisulfit dan tanpa bahan metabisulfit disajikan dalam Tabel 3.

Tabel 2. Konsentrasi SO<sub>2</sub> Di Udara

Lokasi	Konsentrasi SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )						
	Semester I 2017	Semester II 2017	Semester I 2018	Semester II 2018	Semester I 2019	Semester II 2019	Semester II 2020
Pencampuran Lem	123	85	191	9	7	46	646
Produksi Bengkel	7	2	49	2	2	2	20
Halaman	30	2	2	4	9	2	2
	45	2	2	65	34	2	2

Tabel 3. Konsentrasi SO<sub>2</sub> Pada Pencampuran Lem

Kegiatan Proses Pencampuran Lem Pada Proses menggunakan Metabisulfit	Konsentrasi Konsentrasi SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	
	Pengukuran I	Pengukuran II
Pembersihan Alat Mixer Lem	646	Tdk dilakukan
Pengisian Bahan	291	314
Tidak Menggunakan Metabisulfit	11	13

Tabel 3 menunjukkan adanya perbedaan signifikan konsentrasi SO<sub>2</sub> pada perbedaan proses. Konsentrasi SO<sub>2</sub> pada kegiatan pembersihan alat mixer lem setelah digunakan untuk memproses lem dengan bahan pendukung metabisulfit dan kegiatan pengisian bahan pada proses pencampuran lem menggunakan bahan pendukung metabisulfit berbeda secara nyata dibandingkan dengan kegiatan tanpa menggunakan bahan pendukung metabisulfit.

Pada dasarnya, sulfur yang terjerap oleh TCM tidak bisa dibedakan apakah SO<sub>2</sub> atau metabisulfit. Hal ini disebabkan penggunaan instrumen spektrofotometer bekerja berdasarkan pembentukan senyawa kompleks berwarna. Warna yang terbentuk oleh SO<sub>2</sub> dan metabisulfit dengan penjerap TCM adalah sama. Metabisulfit dalam metode TCM/Pararosanilin digunakan sebagai standar untuk menentukan konsentrasi SO<sub>2</sub> dalam melakukan pengukuran SO<sub>2</sub> di udara (Lodge, 1988; MacKenzie, 1964). Berdasarkan konsentrasi kandungan sulfur yang disajikan dalam Tabel 2 dan Tabel 3 serta sifat metode TCM, maka dapat di tentukan bahwa yang terukur di lokasi formulasi bahan perekat pada saat produk menggunakan lem dengan bahan pendukung metabisulfit adalah senyawa metabisulfite.

Penentuan parameter bahan kimia di udara lingkungan kerja merupakan faktor penting dalam pencegahan terjadinya kecelakaan kerja dan penyakit akibat kerja. Pencegahan paparan bahan kimia berbahaya dilakukan dengan pemantauan konsentrasi bahan kimia di udara tempat kerja (Sudalma, 2020).

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengukuran konsentrasi SO<sub>2</sub> di PT "B" serta analisis yang dilakukan, dapat diambil kesimpulan bahwa terjadi inferensi metabisulfit dalam pengukuran konsentrasi SO<sub>2</sub> pada lokasi lokasi pencampuran pada saat yang menggunakan bahan campuran natrium bisulfit dalam proses produksinya. Parameter kimia di udara pada lokasi pencampuran lem pada saat menggunakan bahan campuran natrium bisulfit adalah Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

Hasil penelitian ini dapat digunakan untuk penentuan parameter dan standar nilai ambang batas (NAB) faktor kimia dalam evaluasi dan pengendalian potensi bahaya bahan kimia serta pencegahan penyakit akibat kerja.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Disampaikan ucapan terima kasih kepada Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia Daerah Provinsi Jawa Tengah dan Balai Keselamatan Kerja Provisi Jawa Tengah dalam mendukung penelitian dan penulisan karya tulis ilmiah (KTI) guna mendukung kompetensi penulis sebagai Widyaiswara

## DAFTAR PUSTAKA

- Agusta Kurnawan, 2017, Pengukuran parameter kualitas udara (CO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> dan PM<sub>10</sub>) di Bukit Kototaban berbasis ISPU, Jurnal Teknosains, Volume 7 No. 1 Desember 2017: 1-13.
- Ani Masito, 2018, Analisis Risiko Kualitas Udara Ambien (NO<sub>2</sub> dan SO<sub>2</sub>), Jurnal Kesehatan Lingkungan, Vol 10. No.4 Oktober 2018: 394-401.
- ASTM D2914-15, Standard Test Methods for Sulfur Dioxide Content of the Atmosphere (West-Gaeke Method), ASTM International, West Conshohocken, PA, 2015, www.astm.org.
- Bishop P.L. 2000, Pollution Prevention, Boston, USA: McGraw Hill.
- Cunningham W.P. and Cunningham M.A. 2004. Principles of Environmental Science, 2 th edition. Boston: McGraw Hill.
- Gisela M. Tampa, Sri Seprianto dan Odi Roni Pinontoan, 2020, Analisis Kadar Sulfur Dioksida (SO<sub>2</sub>) Udara di Terminal Malalayang Kota Manado Tahun 2019, Indonesian Journal of Public Helth and Community Medicine, Volume 1 Nomor 3, Juli 2020: 87-92.
- Kim C. Park S. Kim Y. Chang L. Song S. Moon Y. and Song C. 2012. A Numerical Study On Indicator Of Long-Rang Transport Potential For Antropogenic Particulate Matters Over Northest Asia. *Atmospheric Environment*; 56: 35-44.
- Lodge JP. 1988. Methods of Air Sampling and Analysis. Third Edition. Lewis Publishers, Inc, Boca Rica, Florida. p. 493-499.
- MacKenzie VG. 1964. Methode of measuring and monitoring atmospheric sulfur dioxide. U.D Departement of Health, Education and Welfare. Cincinnati Ohio.
- Manaman SE. 2000. Environmental Chemistry. 7 th edition. CRC Press LLC. Boca Raton Florid.,
- Moussiopoulos N., Berge E., Bøhler T., de Leeuw F., Grønskei KE., Mylona S. and Tombrou M., 1996, Ambient air quality, pollutant dispersion and transport models, European Environment Agency, Copenhagen K Denmark.
- Peraturan Menteri Ketenagakerjaan Nomor 5 Tahun 2018 Tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja Lingkungan Kerja.
- Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan Dan Pengelolaan Lingkungan Hidup: Lampiran VII Tentang Baku Mutu Udara Ambien.
- Ria Dwi Yunita, Agung Abadi Kiswandono, 2017, Kajian Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) Sulfur Dioksida (SO<sub>2</sub>) Sebagai Polutan Udara Pada Tiga Lokasi Di Kota Bandar Lampung, Jurnal Analytical and Environmental Chemistry, E-ISS 2540-8267, Volume 2, No. 01, April 2017: 1-11.
- SNI 19-7119-7:2017. Cara uji kadar sulfur dioksida (SO<sub>2</sub>) dengan metode pararosanilin menggunakan spektrofotometer.
- Sudalma 2021. Pengaruh Lorong Topografi Terhadap Pola Pencemaran Udara di Kota Semarang, Jurnal Kewidyaiswaraan Widyaprana Volume 3 Nomor 4 Desember 2021: 187-205.
- Sudalma S. Purwanto P. Santosa L. W. 2018. Model Sebaran SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> dan NO<sub>3</sub><sup>-</sup> Dalam Air Hujan Di Kota Semarang. Sekolah Pasca Sarjana UNDIP. Semarang.
- Sudalma dan Rosnaini, 2020, K3 di Jawa Tengah: Analisis Tren Kecelakaan Kerja Tahun 2018, Jurnal Keselamatan dan Kesehatan Kerja Indonesia, Vol. V No.1, 2020, 41-47.
- Titenberg. 2003. Environmental and Natural Resource Economi. 6 edition. Boston. New York: Addison Wesley.
- Walcek C.J. and Pruppacher H.R. 1984. On the scavengin of SO<sub>2</sub> by cloud and raindrop I. A theoretical study of SO<sub>2</sub>, absorpoin and desorption for water drop in air. *Journal of Atmospheric Chemistry*. I: 269:324.
- Xue Q.X. Jaffe D. Kota S.H. Ying Q. and Tang Y. 2015. Atmospheric Wet Deposition Of Sulphur And Nitrogen In Jiuzhaigou National Reserve, Sichuan Province, China, *Science of Total Environment*. 511:38-46.