

PEMERIKSAAN TOKSIKOLOGI FORENSIK DALAM KASUS KERACUNAN GAS HIDROGEN SULFIDA ; STUDI PUSTAKA

FORENSIC TOXICOLOGY EXAMINATION IN CASES OF HYDROGEN SULFIDE GAS POISONING ; LITERATURE REVIEW

Edwin Tambunan^{1*}), Ahmad Yudianto²

*Catatan: Berikan tanda *) setelah nama, jika merupakan penulis korespondensi*

¹Residen Program Studi Ilmu Kedokteran Forensik dan Studi Medikolegal Fakultas Kedokteran Universitas
Airlangga

²Departemen Ilmu Kedokteran Forensik dan Studi Medikolegal Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga

ABSTRAK

Toksikologi merupakan cabang ilmu yang mempelajari tentang racun, yang semakin maju seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi. Kasus keracunan memang jarang terjadi, namun perlu mendapat perhatian khususnya oleh dokter forensik. Keracunan yang jarang terjadi dalam praktek forensik diantaranya adalah keracunan gas hidrogen sulfida (H_2S). H_2S adalah gas yang tidak berwarna, bau menyengat seperti telur busuk, mudah terbakar dan bersifat eksplosif. H_2S banyak ditemukan di peternakan dan pabrik. Pernah dilaporkan peningkatan kasus bunuh diri menggunakan gas H_2S terjadi di Amerika Serikat. Pada tingkat rendah gas H_2S hanya mengiritasi konjungtiva, sklera dan saluran nafas bagian atas, sedangkan pada tingkat yang lebih tinggi (1000-2000 ppm) dapat menyebabkan kematian yang cepat. Studi tinjauan pustaka ini menunjukkan temuan yang tidak spesifik dari otopsi kasus keracunan H_2S , diantaranya perubahan warna menjadi kehijauan pada *gray matter* otak. Dari hasil uji toksikologi pada keracunan gas H_2S , didapatkan kadar tiosulfat yang tinggi dalam darah.

Kata kunci: hidrogen sulfida, laboratorium forensik, thiosulfate, toksikologi

ABSTRACT

Toxicology is a branch of science that studies poison, which is increasingly advancing along with the development of science and technology. Poisoning cases are rare but need special attention from forensic doctors. Poisoning cases that rarely occur in forensic practice include hydrogen sulfide (H_2S) gas poisoning. H_2S is a colourless gas with a pungent odour like rotten eggs, flammable and explosive. H_2S is commonly found in farms and factories. It has been reported that an increase in suicide cases using H_2S gas has occurred in the United States. At low levels, H_2S gas only irritates the conjunctiva, sclera and upper respiratory tract, while at higher levels (1000-2000 ppm) can cause rapid death. This literature review study showed non-specific findings from autopsy cases of H_2S poisoning, including a greenish discolouration of the gray matter of the brain. From the results of toxicological tests on H_2S gas poisoning, it was found that high levels of thiosulfate in the blood.

Keywords: *forensic laboratory, hydrogen sulfide, thiosulfate, toxicology*

Penulis Korespondensi

Edwin Tambunan

Departemen Ilmu Kedokteran Forensik dan Studi Medikolegal Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga

Jl. Mayjen Prof. Dr. Moestopo No 6-8 Surabaya

Email : edwintambunan24@gmail.com

PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi di bidang industri, pertanian, rumah tangga serta medis berperan dalam meningkatnya kasus keracunan baik yang disengaja atau kecelakaan, sehingga membawa akibat yang juga banyak merugikan manusia. Perlunya dilakukan analisa toksikologi terhadap kematian korban yang terjadi akibat keracunan untuk menentukan sebab kematian. Hal ini merupakan tantangan tersendiri bagi dokter forensik dalam menangani kasus keracunan.

Keracunan H₂S jarang terjadi dalam praktek forensik. Setelah karbon monoksida, gas hidrogen sulfida merupakan penyebab paling umum kematian pada pekerja yang terpapar gas tersebut terutama pekerja industri minyak, gas, sanitasi, perikanan dan pertanian (Guidotti, 2015; Ng *et al.*, 2019) Salah satu kasus yang terjadi pada awal tahun 2021, insiden keracunan gas H₂S yang terjadi di PLTP Sorik Marapi, Sumatera Utara. 5 orang dilaporkan meninggal dan 46 orang menjalani perawatan di rumah sakit (*Soal Insiden Paparan H₂S di PLTP Sorik Marapi*, no date).

Dilaporkan juga bunuh diri dengan menggunakan hidrogen sulfida pun menjadi semakin sering terjadi di Jepang. Pelaku meninggalkan “*suicide note*” yang berisikan peringatan akan bahan berbahaya. Di dalam mobil yang digunakan pelaku, ditemukan *lime sulfur tree spray* (mengandung 30% calcium polysulfide) dan pembersih toilet (mengandung 20% hydrogen chloride). (Maebashi *et al.*, 2011) Untuk kasus keracunan seperti ini, sangat dibutuhkan peran forensik dalam menentukan penyebab, cara dan mekanisme kematian. Tujuan dibuatnya manuskrip ini adalah mengetahui bagaimana patofisiologi gas hidrogen sulfida mampu menyebabkan kerusakan di dalam tubuh hingga menyebabkan kematian dan analisis toksikologi forensik pada kasus keracunan gas H₂S

METODE

Dalam pembuatan manuskrip ini, kami melakukan tinjauan pustaka jurnal-jurnal di internet, buku ajar toksikologi yang berkaitan dengan toksikologi forensik dan gas hidrogen sulfida.

PEMBAHASAN

H₂S adalah gas tidak berwarna yang memiliki bau menyengat seperti telur busuk, tidak mudah larut dalam air, mudah terbakar dan bersifat eksplosif. Dalam tubuh kita sendiri pun, sulfida diproduksi oleh bakteri komensal di usus sehingga memberi aroma pada flatus. Nafas manusia ketika bangun pagi dan flatus dilaporkan mengandung gas H₂S dalam konsentrasi yang rendah.(Guidotti, 2015; Ng *et al.*, 2019) Pada konsentrasi 0,3 ppm gas H₂S sudah dapat tercium. *The Occupational Safety and Health Administration* membatasi pekerja pabrik hanya boleh terpapar gas H₂S pada konsentrasi 20 ppm dengan batas tertinggi 50 ppm selama 10 menit dalam satu shift kerja 8 jam. Kelumpuhan saraf penciuman terjadi pada konsentrasi 150 ppm. Pada konsentrasi 700 hingga 900 ppm menyebabkan kelumpuhan pusat pernafasan dan pada konsentrasi 1000 ppm akan menyebabkan *knockdown* (kehilangan kesadaran) kelumpuhan sistem pernafasan dan koma(Maebashi *et al.*, 2011)

Kalangan generasi muda di Jepang memilih hidrogen sulfida sebagai instrument untuk melakukan bunuh diri. Media sosial memberikan tutorial bagaimana membuat hidrogen sulfida dari bahan-bahan kimia rumah tangga. Cara bunuh diri ini sangat efektif dengan tingkat kematian 95%, karena kebanyakan kasus terjadi di ruang tertutup tanpa regulasi udara yang baik dan paling sering adalah di dalam mobil.(Sams *et al.*, 2013; Guidotti, 2015)

Karena sifatnya yang tidak larut dalam air, potensi gas untuk mencapai paru-paru sangat cepat, sehingga konsentrasinya relatif lebih tinggi di dalam alveolus dibandingkan gas yang larut dalam air (misalnya sianida). Saat diabsorpsi, H₂S akan dipecah menjadi ion hidrosulfida dan HS. Kemudian secara spontan berubah menjadi sulfida (S⁼) dan dioksidasi secara enzimatis menjadi tiosulfat (S₂O₃) lalu dioksidasi menjadi sulfat (SO₄) kemudian masuk dalam metabolisme tubuh. Sulfat kemudian diekskresikan oleh ginjal.(Guidotti, 2015)

Konsentrasi H₂S yang terhirup jauh lebih penting daripada durasi terpapar gas tersebut. Mekanisme utama toksisitas H₂S adalah menghambat sitokrom c-oksidadase dengan menghentikan proses fosforilasi oksidatif sehingga pasokan energi ke sel juga terganggu. H₂S berinteraksi dengan sejumlah enzim dan makro molekul lainnya, terutama hemoglobin dan myoglobin. Namun, afinitas hidrogen sulfida terhadap hemoglobin lemah, dibandingkan karbon monoksida terhadap hemoglobin. H₂S lebih kuat afinitasnya terhadap sitokrom c-oksidadase, walaupun tidak sekuat sianida.(Sams *et al.*, 2013; Guidotti, 2015)

Tabel I. Efek Hidrogen Sulfida Pada Berbagai Tingkat Konsentrasi

| Konsentrasi (ppm) | Efek |
|--------------------|--|
| 0.01-03 | Bau yang masih bisa diterima (odor threshold) |
| 1-5 | Mual, mata berair, sakit kepala, susah tidur |
| 5 | Metabolisme aerobik terhambat di otot rangka, batas paparan 8 jam kerja (OSHA) |
| 10 | Metabolisme anaerobik terhambat , iritasi mata |
| 20 | Konjungtivitis mungkin terjadi |
| 20 – 50 | Konjungtivitis, iritasi paru-paru, kerusakan matas setelah beberapa hari terpapar, gangguan pencernaan, kehilangan nafsu makan. Batas tertinggi 50 ppm |
| 100 | Konjungtivitis, iritasi paru-paru, <i>olfactory paralysis</i> , sensasi bau menghilang |
| 150-200 | <i>Olfactory paralysis</i> , iritasi mata, kerusakan paru-paru yang parah |
| 250-500 | Edema paru mungkin terjadi, terutama jika durasi paparan berkepanjangan |
| 500 | Kerusakan serius pada mata dalam waktu 30 menit, iritasi paru-paru yang parah, <i>knockdown</i> (penurunan kesadaran tiba-tiba) amnesia dan kematian |
| 1000 | Pernafasan terhenti, seketika kolaps |

Pada kasus bunuh diri menggunakan hidrogen sulfida yang dilaporkan oleh Sams , pemeriksaan yang harus dilakukan saat otopsi adalah adanya konjungtivitis dan skleritis. Edema paru juga dapat terjadi pada tingkat konsentrasi 300 ppm dan paparan terhadap gas H₂S yang berkepanjangan. Karena sifat gas tersebut yang tidak larut dalam air, ketika dihirup, gas akan masuk ke dalam paru-paru, kerusakan alveolus yang bersifat difus. Temuan tidak spesifik lainnya adalah perubahan warna pada “gray matter” otak menjadi kehijauan, kongesti visceral dan petechiae yang tersebar di semua organ. Pentingnya olah TKP yang baik, karena temuan tidak spesifik tersebut. Dalam analisis toksikologi, pengujian sulfida dan tiosulfat memang tidak bisa dilakukan secara tepat waktu di tempat kejadian, karena sulfida sangat cepat dimetabolisme tubuh, sehingga kadar sulfida harus diperoleh selambat-lambat 2 jam setelah terpapar. Darah dimasukkan kedalam wadah tanpa heparin dibekukan untuk dianalisis. (Sams *et al.*, 2013; Guidotti, 2015; Ng *et al.*, 2019)

Tiosulfat dalam darah dan cairan serebrospinal bertahan lebih lama dan stabil pasca kematian, dan sangat berfungsi sebagai penanda terpaparnya gas hidrogen sulfida. Interpretasi hasil dengan membandingkan nilai rujukan , karena tidak ada ambang batas yang jelas untuk kadar gas dalam darah atau jaringan. Referensi kadar tiosulfat agak tinggi dalam jaringan normal, sekitar 0,3 µg/mL. Pada dua kasus bunuh diri yang dilaporkan di Jepang didapatkan kadar tiosulfat yang tinggi dalam darah yaitu 12 µg/mL dan 16 µg/mL. Kadar tiosulfat urin meningkat pada subjek yang hidup cukup lama. Oleh karena itu, adanya tiosulfat dalam urin dapat digunakan sebagai indikasi seseorang terbunuh langsung atau bertahan beberapa saat setelah *knockdown*. Dalam kasus kematian di akibat gas beracun yang tidak dapat dibuktikan dengan prosedur standar toksikologi, sangat perlu kordinasi yang baik dengan ahli lainnya seperti pemadam kebakaran, ahli pertambangan agar kombinasi dari semua temuan di TKP memungkinkan interpretasi yang baik tentang cara dan penyebab kematian. (Maebashi *et al.*, 2011; Guidotti, 2015; Handlos *et al.*, 2018; Haouzi, Sonobe and Judenherc-Haouzi, 2020)

KESIMPULAN

Intoksikasi gas hydrogen sulfida memang sangat jarang terjadi dalam praktek forensik. Dalam praktek forensik, perlunya olah TKP yang baik karena temuan pada otopsi kasus keracunan hydrogen sulfida tidak spesifik, diantaranya konjungtivitis, skleritis, edema paru, perubahan warna pada kulit dan otak, serta petechiae pada semua organ. Penyebab kematian akibat keracunan gas hidrogen sulfida dapat ditegakkan dengan pemeriksaan kadar sulfida dan tiosulfat dalam darah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kepada DR. dr. H. Ahmad Yudianto, Sp.FM (K), SH.,M.Kes. atas bimbingan dan arahan dalam penulisan manuskrip ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Guidotti, T. L. (2015) *Hydrogen sulfide intoxication*. 1st edn, *Handbook of Clinical Neurology*. 1st edn. Elsevier B.V. doi: 10.1016/B978-0-444-62627-1.00008-1.
- Handlos, P. *et al.* (2018) 'A Fatal Case of Gas Intoxication in Silage Pit', *Journal of Forensic Sciences*, 63(6), pp. 1904–1907. doi: 10.1111/1556-4029.13791.
- Haouzi, P., Sonobe, T. and Judenherc-Haouzi, A. (2020) 'Hydrogen sulfide intoxication induced brain injury and methylene blue', *Neurobiology of Disease*. Elsevier, 133(December 2018), p. 104474. doi: 10.1016/j.nbd.2019.05.013.
- Maebashi, K. *et al.* (2011) 'Toxicological analysis of 17 autopsy cases of hydrogen sulfide poisoning resulting from the inhalation of intentionally generated hydrogen sulfide gas', *Forensic Science International*. Elsevier Ireland Ltd, 207(1–3), pp. 91–95. doi: 10.1016/j.forsciint.2010.09.008.
- Ng, P. C. *et al.* (2019) 'Hydrogen Sulfide Toxicity: Mechanism of Action, Clinical Presentation, and Countermeasure Development', *Journal of Medical Toxicology*. *Journal of Medical Toxicology*, 15(4), pp. 287–294. doi: 10.1007/s13181-019-00710-5.
- Sams, R. N. *et al.* (2013) 'Suicide with hydrogen sulfide', *American Journal of Forensic Medicine and Pathology*, 34(2), pp. 81–82. doi: 10.1097/PAF.0b013e3182886d35.
- Soal Insiden Paparan H2S di PLTP Sorik Marapi* (no date). Available at: <https://industri.kontan.co.id/news/soal-insiden-paparan-h2s-di-pltp-sorik-marapi-berikut-kronologinya>.