

Gambaran Kasus Kematian akibat Keracunan Karbon Monoksida Description of Death Cases due to Carbon Monoxide Poisoning

Muhamad R. Jehian,¹ James F. Siwu,² Nola T.S. Mallo²

¹Program Studi Pendidikan Dokter Fakultas Kedokteran Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia

²Bagian Ilmu Kedokteran Forensik dan Medikolegal Fakultas Kedokteran Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia

E-mail: rafivjehan3@gmail.com

Received: January 9, 2023; Accepted: June 25, 2023; Published online: June 28, 2023

Abstract: Carbon monoxide (CO) is a toxic, odorless and colorless gas produced by incomplete combustion of carbon fuels such as wood, charcoal, and also gasoline products. Sources of carbon monoxide in the home environment include heating systems, cooking utensils, and fireplaces. Many of domestic and occupational poisoning cases were caused by exposure to carbon monoxide due to damaged or defective home appliances. This study aimed to obtain the description of death cases due to CO poisoning. This was a literature review study using three databases namely ClinicalKey, Pubmed, and Google Scholar. The results obtained 11 articles to be reviewed. Postmortem changes were CoHB in the blood, non-specific changes such as cherry red patches or bruises in the skin surface, nails, brain, internal organs and mucous membranes, and changes in the lung namely hypoxia, sub-pleural petechiae, lung edema, and lung stasis. In conclusion, specific postmortem change in CO poisoning is CoHb in the victim blood, meanwhile the non-specific changes are cherry red appearances in the skin and internal organs.

Keywords: carbon monoxide poisoning; COHb; death cases; postmortem changes

Abstrak: Karbon monoksida (CO) adalah gas beracun, tidak berbau, dan tidak berwarna yang dihasilkan melalui pembakaran tidak sempurna bahan bakar karbon seperti kayu, arang, dan juga produk bensin. Sumber-sumber karbon monoksida di lingkungan rumah meliputi sistem pemanas ruangan, alat masak, serta perapian. Banyak kasus keracunan domestik dan pekerjaan diakibatkan paparan karbon monoksida karena alat-alat rumah tersebut yang mengalami kerusakan atau cacat produk. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui gambaran kasus kematian akibat keracunan CO. Metode penelitian yang digunakan ialah *literature review* dengan pencarian melalui tiga *database* yaitu *ClinicalKey*, *Pubmed*, dan *Google Scholar*. Hasil penelitian mendapatkan 11 artikel untuk dilakukan analisis. Gambaran *postmortem* yang dapat muncul ialah kadar CoHB pada kandungan darah korban, dan gambaran nonspesifik berupa bercak atau lebam berwarna merah terang (*cherry red*) pada permukaan kulit, kuku, otak, organ dalam, dan membran mukus dari korban, serta hipoksia pada paru, petekia sub-pleural, edema paru, dan stasis paru. Simpulan penelitian ini ialah gambaran *postmortem* spesifik pada keracunan karbonmonoksida meliputi kadar CoHB pada kandungan darah korban sedangkan tanda fisik non spesifik berupa gambaran *cherry red* pada permukaan kulit dan organ dalam.

Kata kunci: keracunan karbon monoksida; COHb; kasus kematian; perubahan *postmortem*

PENDAHULUAN

Karbon monoksida (CO) adalah gas beracun, tidak berbau, dan tidak berwarna yang dihasilkan melalui pembakaran tidak sempurna dari bahan bakar karbon seperti kayu, arang, dan juga produk bensin. Sumber-sumber karbon monoksida di lingkungan rumah meliputi sistem pemanas ruangan, alat masak, serta perapian.^{1,2} Sebagian besar kasus keracunan domestik dan keracunan saat bekerja disebabkan oleh paparan gas karbon monoksida karena alat-alat rumah dan peralatan pekerjaan yang mengalami kerusakan atau cacat produk.² Karbon monoksida dapat juga dihasilkan oleh knalpot dari alat transportasi, terutama alat transportasi darat. Kendaraan bermotor merupakan salah satu jenis transportasi yang sering digunakan masyarakat dan angka kepemilikannya semakin meningkat, sehingga tingkat pencemaran udara terutama oleh karbon monoksida akan semakin meningkat.³

Berdasarkan data yang diambil dari Global Health Data Exchange (GHDx), jumlah insidens dan mortalitas keracunan karbon monoksida di dunia pada tahun 2017 terhitung ada 137 kasus/juta penduduk dan ada 4,6 kematian/juta penduduk.⁴ Beberapa kasus kematian akibat karbon monoksida merupakan akibat kecelakaan dan juga bunuh diri, biasanya ditemukan di dalam atau di luar garasi rumah dengan kondisi mesin mobil dalam keadaan hidup, atau beberapa kasus dengan korban ditemukan dalam kamar tertutup dengan sumber karbon monoksida di dalam seperti penghangat air atau perapian.⁵

Pada kasus kematian akibat keracunan karbon monoksida, didapatkan kadar konsentrasi CO-Hb melebihi 30% dengan gambaran khas berupa warna merah *cherry-red* pada permukaan tubuh. Gambaran khas lain yang didapatkan yaitu nekrosis pada globus pallidus di otak yang diduga disebabkan oleh hipoksia dan apoptosis jaringan otak. Pada beberapa kasus juga ditemukan kongesti dan edema viseral, dan tanda pada mukosa esofageal berupa jejak asap hitam.⁶

HASIL PENELITIAN

Dari tiga *database* yang digunakan didapatkan 11 artikel yang memaparkan gambaran kematian akibat keracunan karbon monoksida yang dipublikasi pada tahun 2012 sampai 2022. Tabel 1 memperlihatkan hasil analisis studi literatur.

BAHASAN

Mengenai kadar CoHB dalam darah, Al-Asmari et al⁷ mendapatkan dari 170 sampel kasus kematian akibat keracunan CO, 74 kasus memiliki gambaran kadar COHb dengan median 56%, 61 kasus dengan kadar COHb lebih dari 50%, dan 35 kasus memiliki rentang 26% sampai 49%. Pada penelitian Nielsen et al,⁸ dari 19 sampel kasus kematian, didapatkan 16 kasus memiliki kadar COHb di atas 50% dan pada satu kasus dengan kadar 37%. Pada dua kasus, kadar COHb diukur pada jaringan otot karena pembusukan yang sudah berlanjut. Tabasum et al¹⁰ melaporkan hasil otopsi yaitu pada pemeriksaan organ dalam, kedua korban memiliki gambaran paru dengan darah berwarna merah terang mengalir keluar; hal ini dikarenakan konsentrasi COHb yang terbentuk dalam darah korban. Pada penelitian Valente-Aguiar et al¹¹ didapatkan juga hasil otopsi yang menunjukkan organ paru mengeluarkan cairan darah berwarna merah terang yang menunjukkan kadar COHb yang berada dalam darah. Li et al¹² meneliti hasil otopsi pada semua keempat korban dari tiga kasus pembunuhan, COHb juga diperiksa pada keempat korban, dengan kadar rerata 44,8%. Pada satu kasus pembunuhan dengan tiga korban meninggal, kadar COHb juga didapatkan dengan rerata 55,3%. Aldossary et al¹³ meneliti hasil otopsi 78 kasus dan melaporkan hasil tes darah dengan kadar COHb berkisar antara 15% dan 77%. Pada penelitian Ruas et al¹⁴ didapatkan dua kasus keracunan CO yang memiliki gambaran lebam kebiruan dengan kadar COHb 82%. Costa et al⁵ melaporkan dari seluruh sampel hasil otopsi, terdapat permintaan analisis COHb yang menunjukkan hasil kadar COHb dengan konsentrasi minimal 15% dan maksimal 94%. Pada laporan toksikologi kasus oleh Galante et al¹⁵ didapatkan kadar COHb pada korban laki-laki ialah 62% sedangkan untuk korban perempuan sebesar 55%. Penelitian Sato et al¹⁶ menyatakan dalam laporan kasus yang mengalami keracunan CO akut dengan kadar COHb

pada korban sebesar 30,8%, tetapi pada hasil otopsi tidak ditemukan kadar COHb dalam darah.

Berdasarkan paparan hasil penelitian-penelitian dapat dinyatakan bahwa keracunan CO akan menunjukkan kadar COHb dalam darah, namun berdasarkan penelitian Sato et al¹⁶ dari hasil otopsi tidak ditemukan kadar COHb dalam darah. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh korban yang memasuki keadaan koma sehingga rumah sakit tetap mengurus dan mengawasi kondisi korban sampai korban meninggal dunia satu setengah tahun kemudian yang menyebabkan gambaran COHb tidak muncul karena kemungkinan korban telah pulih dari keracunan CO akut tersebut.

Terkait tanda non-spesifik, pada penelitian Nielsen et al⁸ terhadap 19 kasus keracunan CO, 14 dari 19 kasus didapatkan gambaran *cherry red livor mortis*. Pada tujuh dari 19 kasus ditemukan gambaran *cherry red* pada bagian organ dalam, selain itu pada enam dari tujuh kasus tersebut memiliki gambaran *cherry red livor mortis*. Mureşan et al⁹ meneliti kasus keracunan CO yang diakibatkan oleh kebakaran dan mendapatkan gambaran jelaga pada saluran pernapasan atas dan bawah, hipoksia paru, petekia sub-pleural, edema paru, dan stasis paru. Pada penelitian Tabasum et al¹⁰ didapatkan tanda *cherry-red* pada kulit, kuku, membran mukus, dan area hipostasis pada kedua korban, busa kemerahan muncul keluar dari hidung dan mulut dari korban laki-laki. Pada pemeriksaan organ dalam, kedua korban memiliki paru-paru yang memperlihatkan warna *cherry-red* yang menunjukkan darah berwarna merah terang mengalir keluar. Pada pemeriksaan di bagian tengkorak, meningen dan korteks menunjukkan perdarahan yang terlihat pada substansia alba dengan penyebaran edema pada otak. Pada jantung juga ditemukan warna *cherry red*. Penelitian Valente-Aguiar et al¹¹ melaporkan warna *cherry red* yang muncul pada punggung dan ekstremitas bawah. Pada organ dalam, ditemukan otak dengan bercak merah terang, paru-paru berwarna merah terang dan cairan darah berwarna merah terang yang diakibatkan pembentukan COHb. Pada otot juga ditemukan warna merah terang akibat pembentukan karboksimioglobin. Li et al¹² mendapatkan gambaran *cherry red livor mortis* pada otopsi terhadap dua sampel korban yang hangus. Pada penelitian Ruas et al¹⁴ dilaporkan lebam berwarna *cherry red* dan juga lebam kebiruan, tetapi beberapa sampel menunjukkan lebam dengan warna yang tidak dideskripsikan. Galante et al¹⁵ mendapatkan pada hasil otopsi kedua korban memiliki lebam berwarna merah terang pada tubuh. Pada penelitian Costa et al⁵ didapatkan warna lebam berwarna merah terang (*cherry red*) dan tanda nonspesifik seperti kongesti dan edema organ dalam. Jejak asap hitam pada saluran pernapasan atau mukosa esofageal juga ditemukan pada korban terbakar. Sato et al¹⁶ mendapatkan hasil otopsi yang tidak menunjukkan warna merah terang (*cherry red*) pada permukaan kulit, otot, dan organ dalam. Otak pasien melunak karena edema tetapi tidak ditemukan pewarnaan apapun.

Berdasarkan paparan hasil penelitian-penelitian dapat dinyatakan bahwa gambaran nonspesifik yang akan muncul pada kasus kematian akibat keracunan CO ialah bercak atau lebam berwarna merah terang (*cherry red*) yang muncul pada permukaan kulit, kuku, otak, organ dalam, dan membran mukosa, kemudian hipoksia pada paru, petekia sub-pleural, edema paru, dan stasis paru. Tanda lain yang dapat terdeteksi ialah jelaga dan jejak asap yang muncul pada saluran pernapasan atas tetapi hanya pada korban dengan keracunan CO akibat kebakaran. Di sisi lain, pada penelitian Sato et al¹⁶ dilaporkan hasil otopsi tidak menunjukkan tanda-tanda keracunan CO meskipun korban didiagnosis dengan kondisi tersebut. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh korban yang telah pulih dari kondisi keracunan CO tetapi kemudian masuk dalam koma sampai meninggal satu setengah tahun kemudian yang menyebabkan gambaran keracunan CO tidak muncul.

SIMPULAN

Gambaran kematian yang dapat muncul pada kasus keracunan karbon monoksida (CO) ialah gambaran pada fisik seperti bercak atau lebam berwarna merah terang (*cherry red*) pada permukaan kulit, kuku, otak, organ dalam, dan membran mukosa korban, pada pemeriksaan kadar gas dalam darah didapatkan COHb, dan gambaran lain seperti petekia sub-pleural, edema paru, dan stasis paru. Pada korban dengan keracunan CO akibat kebakaran didapatkan jelaga dan jejak asap yang muncul pada saluran pernapasan atas.

Konflik Kepentingan

Penulis menyatakan tidak terdapat konflik kepentingan dalam studi ini.

DAFTAR PUSTAKA

1. Chenoweth JA, Albertson TE, Greer MR. Carbon monoxide poisoning. *Crit Care Clin.* 2021;37(3):657–72. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S074907042100021X>
2. Kinoshita H, Türkan H, Vucinic S, Naqvi S, Bedair R, Rezaee R, et al. Carbon monoxide poisoning. *Toxicol Reports [Internet].* 2020;7:169–73. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2214750019305864>
3. Raming V V, Umboh JML, Warouw F. Gambaran risiko kesehatan pada masyarakat akibat paparan gas karbon monoksida (CO). *KESMAS.* 2022;11(4):95–101.
4. Mattiuzzi C, Lippi G. Worldwide epidemiology of carbon monoxide poisoning. *Hum Exp Toxicol [Internet].* 2020;39(4):387–92. Available from: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0960327119891214>
5. Costa M, Silva BS, Real FC, Teixeira HM. Epidemiology and forensic aspects of carbon monoxide intoxication in Portugal: A three years' analysis. *Forensic Sci Int [Internet].* 2019;299:1–5. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2019.03.016>
6. Liu Z, Meng H, Huang J, Kwangwari P, Ma K, Xiao B, et al. Acute carbon monoxide poisoning with low saturation of carboxyhaemoglobin: a forensic retrospective study in Shanghai, China. *Sci Rep [Internet].* 2021;11(1):1–12. Available from: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-97436-8>
7. Al-Asmari AI, Al-Zahrani AE, Halwani MA. Carbon monoxide related deaths in Jeddah, Saudi Arabia: A forensic carboxyhemoglobin autopsy-based study. *Forensic Sci Int Reports [Internet].* 2021;4:100232. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.fsir.2021.100232>
8. Nielsen PR, Gheorghe A, Lynnerup N. Forensic aspects of carbon monoxide poisoning by charcoal burning in Denmark, 2008-2012: An autopsy based study. *Forensic Sci Med Pathol.* 2014;10(3):390–4.
9. Mureşan CO, Zăvoi RE, Dumache RO, Precup CV, Ciocan V, Bulzan OŞ, et al. Co-morbidities in the multiple victims of the silent killer in carbon monoxide poisoning. *Rom J Morphol Embryol.* 2019;60(1):125–31.
10. Tabasum H, Neelagund SE, Harsha Raj G, Kotresh KR, Avinash B, Gowtham MD, et al. Double deaths due to domestic carbon monoxide poisoning correlated with medicolegal autopsy and laboratory studies. *Biomed.* 2022;42(2):405–9.
11. Valente-Aguiar MS, Magalhães T, Dinis-Oliveira RJ. Suicide by Inhalation of Carbon Monoxide of Car Exhausts Fumes. *Curr Drug Res Rev.* 2019;11(2):145–7.
12. Li F, Chan HCO, Liu S, Jia H, Li H, Hu Y, et al. Carbon monoxide poisoning as a cause of death in Wuhan, China: A retrospective six-year epidemiological study (2009-2014). *Forensic Sci Int [Internet].* 2015;253:112–8. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.forsciint.2015.06.007>
13. Aldossary M, Almadni O, Kharoshah M, Alsaif D, Alsowayigh K, Alfaraidy M. Carbon monoxide toxicity in Dammam, KSA: Retrospective study. *Egypt J Forensic Sci [Internet].* 2015;5(1):36–8. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejfs.2014.10.002>
14. Ruas F, Mendonça MC, Real FC, Vieira DN, Teixeira HM. Carbon monoxide poisoning as a cause of death and differential diagnosis in the forensic practice: A retrospective study, 2000-2010. *J Forensic Leg Med [Internet].* 2014;24:1–6. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jflm.2014.02.002>
15. Galante N, Gentile G, Tambuzzi S, Zoja R. Suicide pacts in the Milan district (Italy): A retrospective autopsy-based study with literature review: Forensic investigations in suicide pacts. *J Forensic Leg Med.* 2022;86(January):102319. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jflm.2022.102319>
16. Sato H, Tanaka T, Kasai K, Tanaka N. An autopsy case of acute carbon monoxide poisoning after a long-term vegetative state. *Am J Forensic Med Pathol.* 2012;33(4):341–3.

Tabel 1. Hasil analisis studi literatur

No	Nama penulis dan tahun	Judul	Metode penelitian	Sampel	Hasil penelitian
1.	Al-Asmari et al, 2021 ⁷	<i>Carbon monoxide related deaths in Jeddah, Saudi Arabia: a forensic carboxy hemoglobin autopsy-based study</i>	<i>Retrospective Study</i>	Semua laporan kasus <i>post-mortem</i> dari <i>Jeddah Poison Control and Forensic Medical Chemistry Center (JPCC)</i> pada tahun 2009-2020 dengan positif kadar CO _{Hb} . (n= 170)	Dari kasus kematian dengan positif COHb (n=170), lebih dari setengah kasus (58%) memiliki karakteristik keracunan CO dengan median COHb 56%; 61 kasus memiliki kadar COHb lebih dari >50%, dengan 35 kasus memiliki <i>range</i> kadar 26% sampai 49%.
2.	Nielsen et al, 2014 ⁸	<i>Forensic aspects of carbon monoxide poisoning by charcoal burning in Denmark, 2008–2012: an autopsy based study</i>	<i>Retrospective Study</i>	Semua kasus keracunan CO yang diotopsi di tiga departemen <i>Forensic Medicine</i> Denmark (Copenhagen, Odense, dan Aarhus) periode 2008-2012. (n=19)	Pada 14 dari 19 kasus, ditemukan gambaran <i>cherry red livor mortis</i> . Pada 7 dari 19 kasus ditemukan <i>cherry red</i> pada bagian organ dalam; 6 dari 7 kasus tersebut memiliki gambaran <i>cherry red livor mortis</i> . Pada 16 kasus memiliki kadar COHb di atas 50% dan pada 1 kasus 37%. Pada 2 kasus kadar COHb diukur pada jaringan otot karena pembusukan berlanjut. Median konsentrasi COHb dengan <i>cherry red livor mortis</i> (n=12) ialah 67%, dan median konsentrasi COHb pada kasus tanpa <i>cherry red livor mortis</i> (n=5) ialah 61%.
3.	Mureşan et al, 2019 ⁹	<i>Co-morbidities in the multiple victims of the silent killer in carbon monoxide poisoning</i>	<i>Retrospective Study</i>	Berkas otopsi dari <i>Institute of Forensic Medicine, Timișoara, Romania</i> periode 2000 – 2018 (n=199)	Dari 63 korban kebakaran yang meninggal karena keracunan CO, 31 kasus didapati jelaga pada saluran pernapasan atas dan bawah. Pada 11,26% kasus terdapat karakteristik hipoksia paru dan pada 25% kasus terdapat petekia sub-pleural, 38,18% kasus terdapat edema paru dan 50% kasus terdapat stasis paru.
4.	Tabasum et al, 2022 ¹⁰	<i>Double deaths due to domestic carbon monoxide poisoning correlated with medicolegal autopsy and laboratory studies</i>	<i>Case Study</i>	Laki-laki dan perempuan, keduanya berumur 23 tahun, ditemukan meninggal didalam kamar mandi pada hari setelah hari <i>Valentine</i> 2021. Kedua korban berada dalam hubungan dan memutuskan bertemu di kediaman laki-laki tersebut sebelum hari <i>Valentine</i> . Kedua korban ditemukan oleh kerabat dan teman-teman sang laki-laki di kamar mandi yang dipasang <i>gas-geyser</i> .	Kedua korban ditemukan dengan <i>rigor mortis</i> di seluruh tubuh dengan lebam di area dada untuk laki-laki dan lebam di area punggung untuk perempuan. Ditemukan tanda <i>cherry-red</i> pada kulit, kuku, membran mukus, dan area hipostasis pada kedua korban, tetapi lebih terlihat pada korban laki-laki karena korban berkulit terang. Busa kemerahan muncul keluar dari hidung dan mulut dari korban laki-laki. Pada pemeriksaan organ dalam, kedua korban memiliki paru-paru yang menunjukkan warna <i>cherry-red</i> dan darah berwarna merah terang mengalir keluar. Pada pemeriksaan di bagian tengkorak, meningen, dan korteks menunjukkan perdarahan yang terlihat pada substansia alba dengan penyebaran edema pada otak. Pada jantung juga ditemukan berwarna <i>cherry red</i> .
5.	Valente-Aguiar et al, 2019 ¹¹	<i>Suicide by inhalation of carbon monoxide of car exhausts fumes</i>	<i>Case Study</i>	Laki-laki berumur 26 tahun melakukan bunuh diri dengan menghirup CO. Kerabat melapor-kan bangun pagi dan menemukan mbil korban terparkir di garasi dengan mesin dalam keadaan	Otopsi pada korban dilakukan 9 jam setelah kematian. <i>Rigor mortis</i> sudah muncul dan pewamaan <i>cherry red</i> muncul pada punggung dan ekstremitas bawah. Pada organ dalam, ditemukan otak dengan bercak merah terang, paru-paru merah

- | | | | | | |
|----|-------------------------------------|--|----------------------------|---|--|
| 6. | Li et al, 2015 ¹² | <i>Carbon monoxide poisoning as a cause of death in Wuhan, China: a retrospective six-year epidemiological study (2009–2014)</i> | <i>Retrospective Study</i> | <p>menyala. Kerabat tersebut melihat korban seperti tertidur dan mencoba membangunkan korban, dan menyadari bahwa mobil terkunci dan terdapat selang yang dimasukkan ke dalam knalpot mobil dan ditutupi sekelilingnya oleh kaus, ujung lainnya dimasukkan ke dalam melalui jendela mobil. Keluarga akhirnya memecahkan kaca dan mengeluarkan korban serta memanggil polisi.</p> <p>Data kematian akibat keracunan CO diambil dari dokter-dokter legal yang bekerja dengan polisi di 9 distrik Wuhan (Jiang'an, Jiangnan, Qiaokou, Wuchang, Hongshan, Qingshan, Hanyang, Jiangxia, dan Huangpi) (n=156)</p> | <p>terang dan cairan darah berwarna merah terang ditemukan akibat pembentukan COHb. Pada otot ditemukan warna merah terang akibat pembentukan <i>carboxymyoglobin</i>.</p> <p>Dilakukan otopsi pada semua keempat korban dari 3 kasus pembunuhan, <i>cherry red livor mortis</i> ditemukan pada 2 korban dengan 2 korban lainnya dalam keadaan hangus. COHb juga diperiksa pada keempat korban, dengan mean data 44,8%. Pada 1 kasus pembunuhan dengan 3 korban meninggal, <i>cherry red</i> ditemukan pada ketiga korban, tetapi tidak dilakukan otopsi, kadar COHb mean 55,3%</p> <p>Pada 51 korban bunuh diri di 49 kasus, <i>cherry red livor</i> ditemukan pada 44 korban, 1 korban tidak ada <i>cherry red</i>, 2 korban hangus, dan 4 korban tidak dapat dideskripsikan warna bercak yang muncul. Otopsi hanya dilakukan pada 2 korban hangus. Kadar COHb ditemukan pada 23 korban dengan <i>range</i> antara 13,7% sampai 95,6% (mean 57,4%)</p> |
| 7. | Aldossary et al, 2014 ¹³ | <i>Carbon monoxide toxicity in Dammam, KSA: Retrospective study</i> | <i>Retrospective Study</i> | <p>Data diambil dengan meninjau seluruh grafik kematian di <i>Forensic Medicine Center</i> di Dammam periode 2004 sampai 2013. Data yang diambil ialah kematian akibat keracunan karbon monoksida yang dikenali dari laporan polisi, TKP, laporan otopsi, dan laporan toksikologi. Kasus yang memiliki kadar COHb kurang dari 25% dieksklusi dan dianggap tidak berhubungan dengan kematian (n=984)</p> | <p>Dari periode 2004 sampai 2013, terdapat 984 grafik kematian. Grafik yang berhubungan dengan karbon monoksida ditinjau dan dalam 78 grafik, terdapat hasil tes darah dengan kadar COHb berkisar antara 15% dan 77%. 10 kasus di eksklusi karena memiliki tes darah dengan kadar COHb dibawah 25% sehingga dianggap non-fatal, menjadikan kasus kematian yang dikumpulkan menjadi 68 kasus.</p> |
| 8. | Ruas et al, 2014 ¹⁴ | <i>Carbon monoxide poisoning as a cause of death and differential diagnosis in the forensic practice: A retrospective study, 2000-2010</i> | <i>Retrospective Study</i> | <p>Data diambil dari <i>Forensic Pathology Department of the Centre Branch of the National Institute of Legal Medicine and Forensic Sciences of Portugal (INMLCF)</i> periode Januari 2000 sampai Desember 2010 yang memiliki permintaan pemeriksaan kadar COHb <i>postmortem</i> (n=69)</p> | <p>Pada 9 kasus ditemukan positif <i>cherry red lividity</i>, pada 2 kasus lebam berwarna kebiruan, dan pada 13 kasus lebam dapat dideskripsikan. Pada 15 kasus menunjukkan <i>cherry-red</i> pada darah dan organ dalam. 15 kasus dengan <i>cherry red</i> tersebut memiliki kadar COHb yang tinggi. Untuk kasus dengan lebam kebiruan memiliki kadar COHb 82%.</p> |
| 9. | Costa et al, 2019 ⁵ | <i>Epidemiology and forensic aspects of carbon monoxide intoxication in Portugal: A three years' analysis</i> | <i>Retrospective Study</i> | <p>Data diambil dari <i>Forensic Pathology Department of the Centre Branch of the National Institute of Legal Medicine and Forensic Sciences of Portugal (INMLCF)</i>, dari otopsi yang dilakukan di periode</p> | <p>Lebam <i>cherry red</i> ditemukan pada 42 kasus dan 27,3% korban menunjukkan derajat luka bakar berbeda, pada 23 kasus tidak terdapat tanda keracunan CO.</p> <p>Tanda nonspesifik seperti kongesti dan edema organ dalam</p> |

				Januari 2012 dan Desember 2014 yang memiliki permintaan analisis kadar COHb (n=347)	terdapat pada 82 kasus. Tanda korban terbakar sebelum meninggal seperti jejak asap hitam pada saluran pernapasan atau mukosa esofageal ditemukan pada 25% kasus, pemeriksa hanya dapat menemukan tanda lebam <i>cherry red</i> atau bercak merah terang pada 17 kasus. Pada seluruh otopsi terdapat permintaan analisis COHb, dan menunjukkan hasil kadar COHb dengan konsentrasi minimal 15% dan maksimal 94%
10.	Galante et al, 2022 ¹⁵	<i>Suicide pacts in the Milan district (Italy): A retrospective autopsy-based study with literature review</i>	<i>Retrospective Study</i>	Laki-laki 43 tahun dan pasangannya perempuan berumur 40 tahun ditemukan meninggal di dalam mobil dalam keadaan menyala dan berada di dalam garasi rumah. Pintu garasi dalam keadaan tertutup dengan jendela mobil diturunkan. Laporan polisi menyatakan kedua korban mengalami gangguan depresi.	Pada otopsi ditemukan lebam merah terang pada kedua korban, pada laporan toksikologi didapatkan konsentrasi COHb yang tinggi, pada korban laki-laki 62% dan korban perempuan 55%, kedua korban dinyatakan meninggal akibat keracunan CO akut dikarenakan bunuh diri yang direncanakan.
11.	Sato et al, 2012 ¹⁶	<i>An autopsy case of acute carbon monoxide poisoning after a long-term vegetative state</i>	<i>Case Report</i>	Perempuan berusia 23 tahun ditemukan dalam keadaan tidak sadar dan mengalami serangan jantung di sekitar kejadian kebakaran rumah, korban segera dibawa ke rumah sakit dan menerima resusitasi jantung paru di perjalanan. Korban didiagnosis mengalami keracunan CO akut dengan kadar COHb dalam darah 30,8%, kondisi pasien membaik tetapi masuk kedalam keadaan koma, pasien tetap dirawat hingga meninggal 1 setengah tahun kemudian tanpa sadar dari komanya.	Kulit, otot, dan organ dalam pasien tidak terdapat warna merah terang dan kadar COHb tidak ditemukan di dalam darah. Otak pasien melunak karena edema tetapi tidak ditemukan pewarnaan.
