

## **SYSTEMATIC REVIEW : PAPARAN KARBON MONOKSIDA DAN GANGGUAN TEKANAN DARAH PADA DEWASA DAN LANSIA**

**Humaira Rofidah Zahra, Budiyo, Nurjazuli**

Mahasiswa Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Diponegoro  
Staf Pengajar Bagian Kesehatan Lingkungan, Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. Soedarto No.1269, Tembalang, Kec. Tembalang, Kota Semarang, Jawa Tengah 50275

### **Abstract: Carbon Monoxide Exposure and Blood Pressure Disorder in Adult and Elderly.**

*The most common blood pressure disorders are high blood pressure and low blood pressure. One of the risk factors that is assumed to affect blood pressure is carbon monoxide exposure. This study aims to collect information about the association between carbon monoxide exposure and blood pressure disorders in adults and the elderly. Articles were collected through national journals database namely Portal Garuda and Google Scholar, and international journals through Pubmed, Scopus, and PROQUEST. The keyword combinations used are 'karbon monoksida', 'tekanan darah', 'COHb', 'polusi udara', 'tekanan darah sistolik', 'tekanan darah diastolik', 'carbon monoxide', 'blood pressures', 'systolic blood pressure', and 'diastolic blood pressure'. The article search found out 20 articles eligible for inclusion criteria. The literature review shows the relationship between CO exposure and blood pressure. CO exposure can be at risk increased systolic blood pressure from 0.43 mmHg to 15 mmHg, as well as an increase in diastolic blood pressure from 0.39 mmHg to 9 mmHg. Acute or chronic carbon monoxide exposure has been shown to affect disorders on blood pressure characterized by an increase in both systolic and diastolic blood pressure.*

**Keywords:** air pollution; carbon monoxide; blood pressure; COHb

### **Abstrak: Paparan Karbon Monoksida dan Gangguan Tekanan Darah pada Dewasa dan Lansia.**

Gangguan tekanan darah yang paling umum terjadi adalah tekanan darah tinggi dan tekanan darah rendah. Salah satu faktor resiko yang diduga dapat mempengaruhi tekanan darah adalah paparan karbon monoksida. Penelitian ini bertujuan untuk mengumpulkan informasi terkait dengan hubungan keberadaan CO dalam darah dengan gangguan tekanan darah pada dewasa dan lansia dengan menggunakan metode systematic review. Pencarian artikel dilakukan dengan penelusuran pada database online yaitu melalui Portal Garuda, Google Scholar, Pubmed, Scopus, dan PROQUEST. Kombinasi kata kunci yang digunakan yaitu 'karbon monoksida', 'tekanan darah', 'COHb', 'polusi udara', 'tekanan darah sistolik', 'tekanan darah diastolik', 'carbon monoxide', 'blood pressures', 'systolic blood pressure', dan 'diastolic blood pressure'. Pencarian artikel menemukan sebanyak 20 artikel yang telah memenuhi kriteria inklusi. Hasil telaah pustaka menunjukkan adanya hubungan antara paparan CO dengan tekanan darah. Paparan CO dapat beresiko meningkatkan tekanan darah sistolik dari 0.43 mmHg hingga 15 mmHg, serta peningkatan tekanan darah diastolik dari 0.39 mmHg hingga 9 mmHg. Paparan karbon monoksida secara akut maupun kronis terbukti dapat mempengaruhi terjadinya gangguan pada tekanan darah yang ditandai dengan terjadinya peningkatan tekanan darah sistolik maupun tekanan darah diastolik.

**Kata Kunci:** polusi udara; karbon monoksida; tekanan darah; COHb

## **PENDAHULUAN**

Tekanan darah merupakan gaya yang dihasilkan oleh darah terhadap dinding pembuluh.<sup>1</sup> Peningkatan tekanan darah dapat disebabkan oleh meningkatnya volume darah atau menurunnya elastisitas pembuluh darah. Sebaliknya, penurunan

volume darah dapat menurunkan tekanan darah.<sup>2</sup> Gangguan tekanan darah yang paling umum terjadi adalah tekanan darah tinggi (hipertensi) dan tekanan darah rendah (hipotensi).<sup>3</sup>

Salah satu faktor resiko yang diduga dapat mempengaruhi tekanan darah

adalah paparan karbon monoksida. Karbon monoksida merupakan senyawa yang tidak berbau, berasa, dan tidak berwarna yang dihasilkan dari proses pembakaran tidak sempurna dari bahan bakar yang mengandung karbon seperti pembakaran minyak, batu bara, kayu, atau minyak tanah.<sup>4,5</sup> Ketika CO terhirup dan diserap paru-paru, CO dapat mengikat hemoglobin sehingga membentuk karboksihemoglobin (COHb) yang dapat mengganggu penyerapan oksigen di dalam darah. Afinitas CO terhadap Hb kira-kira 240 kali lebih besar dibandingkan afinitas oksigen terhadap Hb.<sup>5</sup>

Keberadaan CO dalam darah menyebabkan berkurangnya kapasitas pengangkutan oksigen, sehingga mengurangi ketersediaan oksigen ke jaringan tubuh dan mengakibatkan hipoksia.<sup>6</sup> Jaringan dengan metabolisme oksigen yang sangat aktif seperti jantung, otak, hati, ginjal, dan otot, dimungkinkan sangat sensitif terhadap keracunan karbon monoksida.<sup>7</sup> Paparan pada tingkat rendah yang terjadi secara akut dapat menimbulkan gejala seperti sakit kepala, pusing, nyeri otot, kelelahan, mual, muntah, sulit bernafas, gangguan mental, detak jantung cepat, gangguan penglihatan, dan otot berkedut. Gejala cenderung menjadi lebih parah ketika paparan dan konsentrasi CO meningkat.<sup>8</sup>

Di luar ruangan, paparan karbon monoksida dengan konsentrasi paling tinggi ditemukan di persimpangan jalan, serta dalam lalu lintas yang padat, dekat gas buang dari mesin pembakaran internal, pembakaran industri, dan di area dengan ventilasi buruk seperti garasi, parkir, dan terowongan. Di dalam ruangan, konsentrasi CO ditemukan di tempat kerja dan di rumah dengan peralatan rumah tangga berbahan bakar kayu, gas atau minyak dengan ventilasi yang rusak atau tidak adanya ventilasi.<sup>5</sup>

Masyarakat pengguna jalan raya, masyarakat yang tinggal di tepi jalan raya, maupun masyarakat yang bekerja di ataupun dekat dengan jalan raya seperti polisi lalu lintas, kru perbaikan jalan kota, petugas kebersihan jalan, pedagang kaki lima, pengantar barang, sopir taksi dan bus menghadapi risiko yang jauh lebih besar

untuk terpapar CO di luar ruangan.<sup>9,10</sup> Selain paparan dari polusi kendaraan bermotor, polusi udara rumah tangga (*Household Air Pollution*) dari memasak menggunakan bahan bakar biomassa juga menjadi sumber paparan CO.<sup>11</sup> Dimana separuh populasi dunia dengan mayoritas tinggal di daerah pedesaan di negara berpenghasilan rendah, menggunakan bahan bakar padat seperti kayu, batu bara, arang, dan kotoran hewan untuk memasak.<sup>12</sup>

Beberapa penelitian sejauh ini telah dilakukan untuk menilai hubungan antara CO dan tekanan darah. Akan tetapi belum banyak penelitian yang mengkaji mengenai dampak paparan CO dengan terjadinya gangguan tekanan darah. Berdasarkan fakta yang telah diuraikan di atas, maka penelitian ini bertujuan mengumpulkan informasi terkait dengan hubungan keberadaan CO dalam darah dengan gangguan tekanan darah berdasarkan penelitian yang pernah dilakukan atau dipublikasi sebelumnya, termasuk kondisi lain atau hal-hal lain yang terkait dengan tekanan darah menggunakan metode *systematic review*.

## **BAHAN DAN CARA PENELITIAN**

Jenis metode yang digunakan pada penelitian ini adalah *systematic review* dengan sumber data sekunder dari penelitian sebelumnya yang diperoleh melalui jurnal nasional dan internasional. Pencarian artikel dilakukan dengan penelusuran pada *database online* jurnal nasional yaitu melalui Portal Garuda dan Google Scholar yang telah terindeks di SINTA, serta jurnal internasional melalui Pubmed, Scopus, dan PROQUEST. Pencarian literatur terkait topik penelitian melalui jurnal nasional menggunakan kombinasi kata kunci "karbon monoksida", "tekanan darah", "COHb", "polusi udara", "tekanan darah sistolik", "tekanan darah diastolik". Serta pencarian melalui *database online* jurnal internasional menggunakan kata kunci "*carbon monoxide*", "*blood pressures*", "*systolic blood pressure*", "*diastolic blood pressure*". Penelusuran sumber pustaka secara manual pada daftar referensi artikel yang

ditelaah juga dilakukan untuk referensi tambahan.

Studi dimasukkan jika memenuhi kriteria yaitu artikel membahas hubungan paparan CO dengan tekanan darah pada dewasa dan lansia, jurnal nasional yang terindeks minimal SINTA 4, artikel dapat diakses dengan teks penuh, dalam bahasa Indonesia dan atau bahasa Inggris yang telah dipublikasi dalam kurun waktu 10 tahun terakhir (2010-2020) dengan subjek penelitian usia >15 tahun.

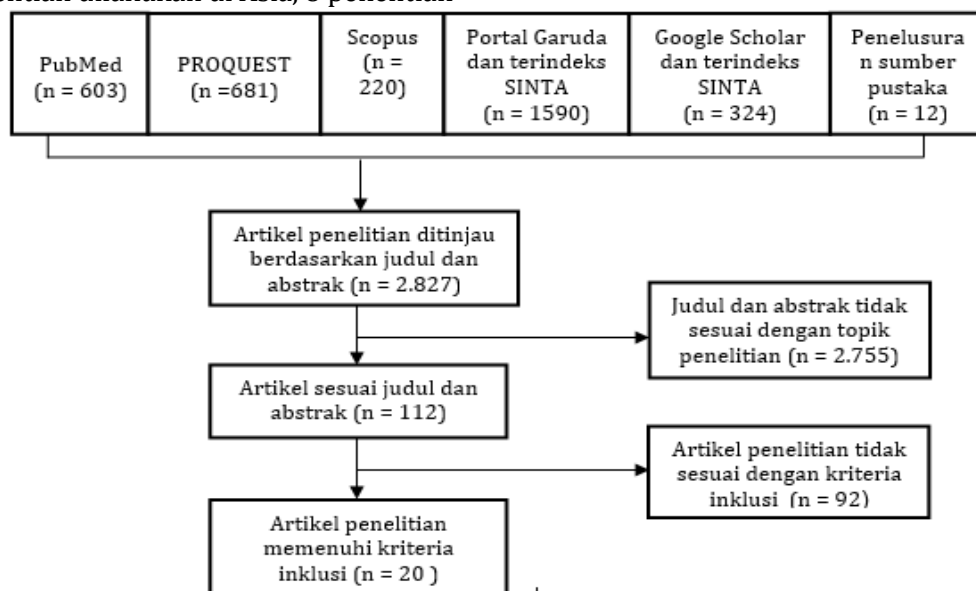
Alur penelusuran artikel melalui empat tahapan, yaitu tahap pertama berdasarkan kata kunci ditemukan sebanyak 3.430 artikel. Tahap kedua artikel penelitian ditinjau berdasarkan judul dan abstrak diperoleh 2.827 artikel.

**HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

Berdasarkan penelusuran literatur terkait dengan paparan CO dan tekanan darah, didapatkan 20 artikel yang sesuai dengan kriteria inklusi. 5 artikel menyatakan bahwa terdapat hubungan signifikan antara paparan CO dengan tekanan darah, 6 artikel menyatakan terjadi peningkatan tekanan darah sistolik dan diastolik setelah terpapar CO, dan 4 artikel menyatakan terjadinya penurunan tekanan darah sistolik ataupun diastolik. Serta 7 artikel terkait dengan dampak paparan CO terhadap kehamilan. Sebanyak 9 penelitian dilakukan di Asia, 8 penelitian

Tahap ketiga artikel diseleksi berdasarkan judul dan abstrak diperoleh 112 artikel. Tahap keempat yaitu seleksi berdasarkan kriteria inklusi didapatkan sebanyak 20 artikel. Selanjutnya, artikel yang telah memenuhi kriteria inklusi, dilakukan telaah kritis untuk menilai kualitas metodologi sebuah studi dan untuk menentukan sejauh mana sebuah studi telah menangani kemungkinan bias dalam desain penelitian, pelaksanaan, dan analisisnya. Kualitas setiap artikel dinilai menggunakan *Critical Appraisal Tools dari Joanna Briggs Institute (JBI)* pada tahap telaah kritis berdasarkan desain studi yang digunakan pada setiap artikel yang akan dianalisis.

di Amerika, 2 penelitian di Afrika, dan 1 penelitian di Britania Raya. Desain studi yang digunakan adalah *cross sectional* sebanyak 9 artikel, 5 artikel dengan metode *case control*, 4 artikel dengan *cohort*, dan 2 artikel dengan *quasi experimental*. Besar sampel penelitian beragam, berkisar antara 10 sampai 138,802. Usia subjek penelitian yaitu antara usia 18 hingga 65 tahun ke atas. Hasil pengukuran CO menghasilkan kadar yang beragam di seluruh penelitian mulai dari 0,1 ppm hingga 374.58 ppm.



Gambar 1. Alur Penelusuran Artikel

### **Hubungan Paparan CO dengan Tekanan darah**

Karbon monoksida merupakan hasil pembakaran tidak sempurna dari senyawa organik yang dapat ditemui di dalam ruangan maupun di luar ruangan serta berasal dari berbagai macam sumber yang dapat ditemui dalam kegiatan sehari-hari. CO memiliki sifat mengikat Hb 245 kali lebih kuat dibandingkan dengan oksigen. Karbon monoksida bersaing dengan oksigen untuk mengikat Hb, sehingga dapat mengurangi daya dukung pengikatan oksigen.<sup>14</sup>

Karakteristik dari tiap individu memiliki pengaruh terhadap efek yang akan dihasilkan dari paparan CO. Penelitian oleh Khairina (2019) pada pekerja basement menemukan bahwa pekerja dengan masa kerja >6 tahun memiliki kadar COHb >5% yang juga memiliki tekanan darah yang tinggi dibandingkan dengan pekerja dengan masa kerja <6 tahun.<sup>15</sup> Penelitian terhadap penduduk di sekitar Terminal Tirtanadi Surakarta dengan lama tinggal >3 tahun juga menemukan terdapat hubungan antara kadar COHb dengan tekanan darah sistol ( $p=0.027$ ) dan tekanan darah diastol ( $p=0.011$ ). Hasil kadar COHb seluruh responden melebihi batas normal yaitu 3,5%. Rata-rata kadar COHb meningkat sebesar 77,63%. sebanyak 4 dari 10 responden memiliki tekanan darah dalam kategori prehipertensi.<sup>4</sup> Konsentrasi CO dalam darah pada keadaan normal berkisar antara 0,2%-1,0% dan rata-rata sekitar 0,5%.<sup>16</sup> COHb merupakan hasil ikatan antara CO dengan hemoglobin, sehingga dapat dijadikan sebagai indikator untuk mengetahui adanya keracunan CO dalam tubuh.<sup>17</sup>

Penelitian yang dilakukan Sujarwo (2019) pada pekerja juru parkir menemukan bahwa terdapat hubungan positif antara kadar CO udara dengan tekanan diastolik ( $p<0,001$ ). Setengah dari populasi sampel memiliki masa kerja >10 tahun. Penelitian ini juga menyatakan bahwa lama kerja per minggu, dan shift

kerja berhubungan dengan tekanan darah.<sup>18</sup> Hal ini dikarenakan semakin lama masa kerja seseorang, maka semakin tinggi pula risiko untuk terpapar CO selama masa kerjanya.<sup>19</sup> Selain itu penelitian longitudinal yang dilakukan oleh Paoin et al (2020) yang menyatakan terdapat hubungan positif antara paparan CO jangka panjang dengan terjadinya tekanan darah tinggi (HR (Hazard Ratio)=1.07; 95%CI=1.00, 1.15) pada penduduk di Thailand yang sebagian besar anggota kelompok masih relatif muda (usia 20-39 tahun) dan tidak memiliki riwayat penyakit kardiovaskular.<sup>20</sup> Sehingga dapat diketahui bahwa masa kerja serta lamanya paparan CO yang dialami seseorang baik di tempat kerja maupun tempat tinggal, dapat mempengaruhi status kesehatan terutama terkait tekanan darah.

Riwayat penyakit kardiovaskular dan obesitas dapat berpengaruh terhadap perubahan tekanan darah. Seperti yang telah diketahui bahwa tekanan darah merupakan salah satu faktor resiko penyakit kardiovaskular.<sup>11</sup> Penelitian longitudinal oleh Huang et al (2011) terkait dengan efek polusi udara pada penderita kardiovaskular di China dengan usia responden rata-rata 65 tahun menyatakan terdapat peningkatan tekanan darah sistolik yang signifikan hingga 6,7 mmHg setelah paparan CO selama 12 jam. Hubungan terkait polusi udara pada pasien kardiovaskular ditemukan lebih kuat pada wanita, orang dengan obesitas, dan yang mengalami peningkatan peradangan sistemik.<sup>21</sup> Penelitian serupa oleh Delfino et al (2010) terkait polusi udara lalu lintas pada lansia dengan penyakit arteri koroner di Los Angeles menunjukkan hasil terdapat hubungan positif antara paparan CO dengan tekanan darah sistolik. Peningkatan tekanan darah diastolik 2.08 mmHg terjadi setelah paparan CO. Hubungan terkait CO dengan tekanan darah lebih kuat diantara subjek obesitas (BMI 30).

Tabel 1. Karakteristik Artikel

Penulis dan tahun	Lokasi	Metode	Sampel	Hasil	Keunikan
Khairina et al (2019) <sup>15</sup>	Malang	<i>Cross sectional</i>	14 (27-55 tahun)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rata-rata kadar CO pada area kerja di <i>basement</i> sebesar 23,93 ppm</li> <li>- Sebanyak 13 pekerja memiliki kadar COHb tinggi yakni &gt;5%.</li> <li>- Sebanyak 9 dari 13 pekerja dengan kadar COHb darah tinggi memiliki tekanan darah tinggi.</li> <li>- Pekerja usia 47-55 tahun, masa kerja &gt;6 tahun, serta memiliki kebiasaan merokok cenderung memiliki kadar COHb darah yang tinggi dan tekanan darah tinggi</li> </ul>	Dilakukan analisis karakteristik individu berupa usia, masa kerja, dan kebiasaan merokok.
Sujarwo, (2014) <sup>18</sup>	Yogyakarta	<i>Cross sectional</i>	64 (15-64 tahun)	Terdapat hubungan antara paparan CO dengan tekanan darah diastolik ( $p < 0,001$ ), sedangkan dengan tekanan darah sistolik tidak terdapat hubungan ( $p = 0,130$ ).	Variabel bebas selain kadar CO yaitu lama kerja tiap minggu, shift kerja dan kebiasaan merokok
Wimpy (2019) <sup>4</sup>	Surakarta	<i>Cross sectional</i>	10 (15-64 tahun)	Terdapat hubungan antara kadar COHb dalam darah dengan tekanan darah sistolik ( $p = 0,027$ ) dan tekanan darah diastolik ( $p = 0,011$ )	Sampel penelitian merupakan penduduk yang tinggal >3 tahun di sekitar lokasi penelitian, tidak merokok aktif, mengkonsumsi garam dengan jumlah maksimal 5g/hari, dan mempunyai waktu istirahat yang cukup (6-8 jam/hari).
Quinn et al (2016) <sup>11</sup>	Ghana	<i>Cross sectional</i>	817 wanita hamil	Terdapat hubungan signifikan antara paparan CO dengan tekanan darah diastolik pada ibu hamil. Setiap peningkatan 1 ppm CO berhubungan dengan kenaikan 0.43 mmHg tekanan darah diastolik (95% CI= 0.01, 0.86) dan kenaikan 0.39 mmHg tekanan darah sistolik (95% CI= -0.12, 0.90).	Di wilayah studi, hipertensi merupakan salah satu penyebab utama kunjungan orang dewasa ke fasilitas kesehatan
Kadhum et al (2014) <sup>23</sup>	London, UK	<i>Cross sectional</i>	61 perokok shisha	- Setelah merokok dengan shisha, karbon monoksida meningkat dari rata-rata 3 ppm menjadi 35 ppm ( $p < 0,001$ ), tekanan darah	Sampel penelitian hanya dilakukan pada perokok shisha

				<p>rata-rata meningkat secara signifikan dari 129/81mmHg hingga 144/90mmHg menunjukkan peningkatan keseluruhan sebesar 15/9mmHg (<math>p &lt; 0,001</math>).</p> <p>- Analisis korelasi menunjukkan tidak ada hubungan antara CO dan tekanan darah.</p>	
Kephart et al (2020) <sup>24</sup>	Peru	<i>Cross sectional</i>	617 rumah tangga ( $\geq 35$ tahun)	Peningkatan paparan CO menyebabkan penurunan tekanan darah sistolik 0,17 mmHg (95% CI=-2.38, 2.03)	Metode penilaian lingkungan dan klinis dilakukan untuk mengamati peserta di 4 pengaturan berbeda di negara berpenghasilan menengah, dari pusat kota besar hingga daerah pertanian pedesaan.
Chen et al (2012) <sup>25</sup>	Taiwan	<i>Cross sectional</i>	9.238 orang dewasa tidak merokok	Paparan CO menyebabkan penurunan tekanan darah sistolik (OR=-0.88; 95% CI=-1.36,-0.41) dan tekanan darah diastolik (OR=0.13; 95%CI= 0.19,0.46)	Perokok dan mantan perokok tidak termasuk dalam subjek penelitian
Choi et al (2019) <sup>26</sup>	Seoul, Korea Selatan	<i>Cross sectional</i>	98,577 (>18 tahun)	Peningkatan paparan CO selama 3-5 jam menyebabkan penurunan tekanan darah sistolik 0,26 mmHg untuk rentang interkuartil.	Pengukuran tekanan darah individu dilakukan setelah paparan tingkat polutan udara per jam
Delfino et al (2010) <sup>22</sup>	Los Angeles	<i>Cross sectional</i>	64 lansia ( $\geq 65$ tahun)	Terdapat hubungan positif antara paparan CO dengan tekanan darah diastolik. Peningkatan interkuartil CO rata-rata 5 hari dikaitkan dengan peningkatan tekanan darah diastolik 2.08 mmHg (95% CI= 0.12, 4.04). Hubungan lebih kuat diantara subjek obesitas (BMI 30 kg/m <sup>2</sup> )	Menggunakan pemantauan tekanan darah ambulatori, pemantauan paparan secara <i>real-time</i> , pemantauan aktifitas fisik, dan pengukuran polusi di dekat tempat tinggal subjek.
Quinn et al (2017) <sup>27</sup>	Ghana	<i>Randomized Controlled Trials</i>	44 wanita hamil	Pemantauan tekanan darah ambulatori 24 jam dengan puncak paparan CO $\geq 4.1$ ppm menunjukkan hasil pada 2 jam sebelum pengukuran tekanan darah berhubungan dengan peningkatan 4.3 mmHg tekanan darah sistolik (95% CI=1.1, 7.4) dan 4.5 mmHg tekanan darah diastolik (95% CI=1.9, 7.2).	Menyediakan informasi pola harian tekanan darah yang dapat dikaitkan dengan status kesehatan kardiovaskular untuk menyelidiki efek dari intervensi kompor di negara berpenghasilan rendah dan menengah.

Lee et al (2017) <sup>28</sup>	Seoul, Korea Selatan	Quasi Experimental Studies	29 (usia rata-rata 40 tahun)	Paparan CO 72.4 ppm pada tes pertama dan 48.8 ppm pada tes kedua menyebabkan peningkatan COHb 2% (p< 0.05). Tekanan darah diastolik menurun seiring dengan peningkatan konsentrasi paparan CO (p<0,005)	Mobil sebagai tempat paparan CO ditempatkan di dalam ruangan untuk mengontrol lingkungan luar
Badigannav et al (2017) <sup>29</sup>	Dharwad, India	Experimental	90 wanita (20-50 tahun)	- Terdapat hubungan positif antara paparan CO berasal dari kompor biomassa dengan tekanan darah sistolik saat sebelum memasak (p=0.512), dan terdapat hubungan negatif antara CO dengan tekanan darah sistolik setelah 30 menit memasak (p=0.064) dan setelah selesai memasak (p=0.095). - CO dan tekanan darah diastolik berhubungan positif sebelum memasak (p=0.813), dan berhubungan signifikan saat setelah 30 menit memasak (p=0.036)	Menggambarkan masalah kesehatan yang dihadapi oleh wanita pedesaan akibat polusi udara dalam ruangan
Mannisto, et al (2015) <sup>30</sup>	Amerika Serikat	Case control	138,802 wanita	Peningkatan paparan CO 10 ppb selama kehamilan dapat meningkatkan risiko tekanan darah tinggi saat masuk waktu persalinan atau saat persalinan pada wanita normotensi (OR=1.000; 95% CI=1.000-1.001)	Ukuran sampel besar, data polusi udara menyertakan wanita di area tanpa monitor udara.
Mobashert al (2013) <sup>31</sup>	California	Case control	298 wanita hamil	Peningkatan paparan CO (1 ppm) pada trimester pertama berhubungan dengan gangguan hipertensi pada kehamilan berdasarkan kategori BMI pada wanita non-obesitas (BMI <30) (OR=4.68; 95% CI= 1.69, 12.99)	Efek polusi udara ambien dilakukan pada trimester 1-3 kehamilan
Xu et al (2014) <sup>32</sup>	Florida	Case control	22,041 wanita hamil	Terdapat hubungan antara paparan CO selama kehamilan dengan prevalensi terjadinya gangguan hipertensi kehamilan ( <i>Hypertensive Disorders of Pregnancy</i> ) (OR=1.12; 95% CI= 1.03, 1.22)	Menggunakan model yang berbeda untuk menguji hubungan antara polusi udara dan gangguan hipertensi kehamilan (HDP)
Wu et al (2011) <sup>33</sup>	California	Case control	81,186 persalinan	Terdapat peningkatan risiko preeklamsia selama kehamilan setelah terpapar	Lokasi penelitian merupakan area padat lalu lintas yang

				CO pada ibu hamil yang tinggal di wilayah studi Los Angeles (OR=1.11; 95% CI= 1.03, 1.19) dan Orange Country (OR=0.97; 95% CI= 0.87, 1.09)	dipengaruhi oleh jalan raya komuter dan rute angkutan truk
Nobles et al (2019) <sup>34</sup>	Utah	<i>Retrospective Cohort</i>	50,005 ibu hamil	Terdapat hubungan paparan CO pada trimester pertama dengan risiko preeklamsia (RR=0.88; 95% CI= 0.81, 0.95) dan risiko hipertensi pada kehamilan trimester kedua (RR= 1.14; 95% CI= 1.07, 1.22)	Populasi penelitian besar dan pengukuran dilakukan berulang untuk sebagian besar peserta
Rundra et al (2011) <sup>35</sup>	Washington	<i>Cohort</i>	3,509 wanita hamil (>18 tahun)	Terdapat hubungan secara signifikan antara paparan CO dengan risiko preeklamsia (OR=1.07; 95% CI=1.02, 1.13).	Menggunakan 2 model regresi linier multivariabel untuk memperkirakan ambien bulanan paparan CO dan PM 2.5
Huang et al (2012) <sup>21</sup>	China	<i>Cohort</i>	40 (usia rata-rata 65 tahun)	Terdapat peningkatan tekanan darah sistolik yang signifikan hingga 6,7 mmHg setelah paparan CO selama 12 jam	Periode penelitian selama 2 tahun memungkinkan untuk menilai efek akut polusi udara.
Paoin et al (2020) <sup>20</sup>	Thailand	<i>Cohort</i>	25,532	Terdapat hubungan positif antara CO dengan tekanan darah tinggi yang dilaporkan sendiri ( <i>self-reported</i> ) ( <i>Hazard ratio</i> (HR)=1.07; 95%CI=1.00, 1.15)	Angka morbiditas yang dilaporkan sendiri ( <i>self reported</i> ) meliputi tekanan darah tinggi, kolesterol, dan diabetes.

Tabel 2. Matriks Sintesis

No	Ide pokok	Kesamaan temuan	Sumber
1.	Kadar COHb dalam darah	Kadar COHb yang tinggi (>5%) dalam darah menyebabkan terjadinya tekanan darah tinggi	1, 3
2.	Pengaruh paparan CO terhadap tekanan darah	Terdapat hubungan antara paparan CO dengan tekanan darah	2, 4, 9, 12, 20
		Peningkatan tekanan darah sistolik	4, 5, 10, 12, 19
		Peningkatan tekanan darah diastolik	4, 5, 9, 10, 12
		Penurunan tekanan darah sistolik	6, 7, 8
		Penurunan tekanan darah diastolik	7, 11
3.	Pengaruh paparan CO terhadap kehamilan	Paparan CO menyebabkan tekanan darah tinggi selama kehamilan	4, 10, 13, 14, 15, 17
		Paparan CO meningkatkan risiko preeklamsia selama kehamilan	16, 17, 18



Asap rokok merupakan salah satu sumber utama paparan CO yang dapat ditemui di kehidupan sehari-hari. Selain rokok tembakau, penggunaan rokok shisha meningkat terutama di antara perokok muda.<sup>36</sup> Penelitian oleh Kadhum et al (2014) terkait efek kardiovaskular akut pada perokok shisha menemukan terjadi peningkatan signifikan tekanan darah sebanyak 15/9 mmHg serta peningkatan kadar CO rata-rata 36 ppm setelah merokok shisha selama 90 menit. Hasil ini menunjukkan bahwa merokok shisha secara akut mengubah fisiologi kardiovaskular yang dapat meningkatkan tekanan darah. Akan tetapi tidak terdapat korelasi signifikan pada uji statistik. Sehingga perubahan kardiovaskular yang terjadi pada penelitian ini dimungkinkan disebabkan oleh bahan kimia lain yang ditemukan dalam tembakau shisha.<sup>23</sup> Hasil penelitian oleh Khairina (2019) didapatkan bahwa pekerja yang memiliki kebiasaan merokok juga memiliki kadar COHb yang tinggi dibandingkan dengan pekerja yang tidak merokok, karena selain mendapat paparan CO dari asap kendaraan pekerja juga mendapatkan paparan gas CO dari asap rokok.<sup>15</sup>

Bahan bakar biomassa merupakan salah satu sumber utama polutan udara dalam ruangan terutama pada negara berkembang. Pembakaran tidak sempurna bahan bakar biomassa melepaskan produk sampingan yang diketahui dapat menyebabkan efek merugikan pada kesehatan.<sup>29</sup> Penelitian oleh Badigannav et al (2017) pada wanita di desa India yang memasak menggunakan kompor biomassa menunjukkan hasil rata-rata kadar CO setelah 30 menit memasak adalah 374,58 ppm serta terdapat hubungan signifikan antara paparan CO dengan tekanan darah diastolik setelah 30 menit memasak.<sup>29</sup> Sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Quinn et al (2016) dan Quinn et al (2017) terkait polusi udara rumah tangga (*Household Air Pollution*) di Ghana dimana terjadi peningkatan tekanan darah sistolik dan diastolik pada ibu hamil yang memasak menggunakan kompor biomassa. Bahan bakar memasak yang dominan digunakan adalah kayu (96%)

dengan arang digunakan sebagai bahan bakar sekunder.<sup>11,27</sup> Intervensi pada kompor biomassa yang dilakukan pada penelitian Quinn et al (2017) menunjukkan terjadinya penurunan tekanan darah pada wanita hamil yang menggunakan kompor LPG. Paparan polutan dapat menyebabkan terjadinya hipertensi kronis pada individu yang rentan jika paparan terjadi secara berulang.<sup>27</sup>

Selain peningkatan tekanan darah, hasil sebaliknya dilaporkan oleh Chen et al (2012) dimana terjadinya penurunan tekanan darah sistolik dan tekanan darah diastolik setelah terpapar CO dalam jangka pendek.<sup>25</sup> Penelitian oleh Kephart et al (2020) mengukur paparan CO dalam ruangan di 4 wilayah berbeda di Peru menyatakan bahwa peningkatan paparan CO menyebabkan penurunan tekanan darah sistolik.<sup>24</sup> Selain itu hasil penelitian Choi et al (2019) juga menunjukkan hasil penurunan tekanan darah sistolik setelah paparan CO jangka pendek selama 3-5 jam<sup>26</sup>, sedangkan penelitian oleh Lee et al (2017) menunjukkan terjadinya penurunan tekanan darah diastolik secara signifikan terjadi pada responden setelah paparan CO 48.8 ppm dan 72.4 ppm yang berada di dalam mobil dibandingkan dengan responden yang terpapar CO 0 ppm.<sup>28</sup>

### **Hubungan Paparan CO dengan Kehamilan**

Ibu hamil merupakan salah satu kelompok populasi yang sangat rentan terhadap efek buruk yang ditimbulkan akibat paparan karbon monoksida yang beresiko tinggi membahayakan ibu serta janin.<sup>5</sup> Hal ini dapat terjadi karena adanya perubahan pada sistem kardiovaskular dan peningkatan konsumsi oksigen sebagai hal yang normal selama kehamilan.<sup>30</sup> Seorang ibu yang terpapar CO selama masa kehamilannya, maka kapasitas oksigen yang dibawa dapat berkurang karena terjadinya peningkatan produksi CO endogen dan tambahan dari janin yang sedang berkembang, sehingga kondisi ini dapat meningkatkan konsentrasi COHb dalam darah.<sup>37</sup> Wanita rentan mengalami hipertensi selama

kehamilan termasuk hipertensi gestasional, preeklamsia dan eklamsia karena adanya perubahan selama kehamilan menyebabkan tekanan darah yang lebih tinggi.<sup>38</sup>

Penyebab utama terjadinya morbiditas dan mortalitas ibu dan bayi di Amerika Serikat merupakan gangguan hipertensi selama kehamilan.<sup>3</sup> Penelitian yang dilakukan Männistö et al (2015) menemukan wanita hamil di Amerika Serikat memiliki tekanan darah tinggi saat masuk waktu persalinan atau melahirkan pada kelompok wanita normotensi setelah terpapar CO.<sup>30</sup> Selain itu penelitian oleh Mobasher et al (2013) di California, Amerika Serikat menyatakan bahwa peningkatan paparan CO sebanyak 1 ppm pada trimester pertama kehamilan berhubungan dengan terjadinya gangguan hipertensi pada kehamilan pada wanita tidak obesitas (BMI<30) (OR=4.68; 95% CI= 1.69, 12.99).<sup>31</sup> Adapun penelitian yang dilakukan oleh Xu et al (2014) pada ibu hamil di Florida, Amerika Serikat menemukan hasil terdapat hubungan adanya paparan CO selama kehamilan dengan prevalensi terjadinya gangguan hipertensi selama kehamilan (*Hypertensive Disorders of Pregnancy*) dengan nilai OR=1,12 yang artinya ibu hamil yang terpapar CO selama kehamilan memiliki risiko 1,12 kali mengalami hipertensi saat hamil dibandingkan

dengan ibu hamil yang tidak terpapar CO (OR=1.12; 95% CI= 1.03, 1.22).<sup>32</sup>

Hipertensi gestasional dan preeklamsia diindikasikan oleh peningkatan tekanan darah (140/90 mmHg) yang baru terjadi pada setengah masa kehamilan pada wanita tanpa riwayat diagnosis hipertensi secara klinis sebelumnya.<sup>39</sup> Preeklamsia merupakan kelainan yang mempengaruhi 2-8% wanita hamil ditandai dengan terjadinya peningkatan tekanan darah, edema, dan adanya protein dalam urin.<sup>33</sup> Wu et al (2011) dalam penelitiannya terkait dengan efek polusi udara akibat kendaraan terhadap kehamilan mendapatkan hasil terdapat peningkatan risiko preeklamsia selama kehamilan setelah terpapar CO pada ibu hamil yang tinggal di wilayah studi Los Angeles (OR=1.11; 95% CI= 1.03, 1.19) dan Orange Country (OR=0.97; 95% CI= 0.87, 1.09).<sup>33</sup> Penelitian lain oleh Nobles et al (2019) menyatakan bahwa terdapat hubungan antara paparan CO pada trimester pertama kehamilan dengan risiko terjadinya preeklamsia (OR=0.88; 95% CI= 0.81, 0.95) dan risiko terjadinya hipertensi pada kehamilan trimester kedua (OR= 1.14; 95% CI= 1.07, 1.22).<sup>34</sup> Penelitian lain oleh Rudra et al (2011) menunjukkan hasil yang sama yaitu terdapat hubungan yang signifikan antara paparan CO dengan risiko preeklamsia (OR=1.07; 95% CI=1.02, 1.13).<sup>35</sup>

## KESIMPULAN DAN SARAN

Paparan karbon monoksida secara akut maupun kronis terbukti dapat mempengaruhi terjadinya gangguan pada tekanan darah yang ditandai dengan terjadinya peningkatan tekanan darah sistolik dan tekanan darah diastolik. Selain itu, paparan CO selama masa kehamilan dapat mempengaruhi terjadinya gangguan hipertensi pada kehamilan serta meningkatkan resiko terjadinya preeklamsia. Faktor yang dapat mempengaruhi efek dari paparan CO terhadap tekanan darah adalah masa kerja, lama paparan, adanya riwayat penyakit kardiovaskular, kebiasaan merokok dan obesitas.

Penelitian selanjutnya dapat melakukan analisis lebih lanjut terkait efek dari interaksi polutan lain yang berasal dari sumber yang sama dengan CO serta menyelidiki efek dari faktor pengganggu yang dapat mempengaruhi hubungan antara CO dengan tekanan darah. Perlu ditetapkannya peraturan terkait penanganan polusi udara akibat CO khususnya pada negara berkembang dengan mayoritas penduduknya masih menggunakan kompor bahan bakar biomassa untuk memasak sehari-hari. Serta penanganan polusi udara yang diakibatkan oleh kendaraan bermotor sebagai sumber utama paparan CO.

## KEPUSTAKAAN

1. Sherwood L. Fisiologi Manusia dari Sel ke Sistem. 6th ed. Vol. 6. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC; 2011. 1-999 p.
2. Fatimah R; S; S. Fisiologi Kardiovaskular : Berbasis Masalah Keperawatan. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC; 2008.
3. Porth CM. Disorders of Blood Pressure Regulation. *Cardiovasc Diabetol.* 2017;1-27.
4. Wimpy, Harningsih T. Korelasi Kadar Karboksihemoglobin terhadap Tekanan Darah Penduduk di Sekitar Terminal Bus Tirtonadi Surakarta. *ALCHEMY J Chem.* 2019;4(1):0-4.
5. World Health Organization. Environmental Health Criteria for Carbon Monoxide (Second Edition). Geneva; 1999.
6. Raub JA, Mathieu-Nolf M, Hampson NB, Thom SR. Carbon monoxide poisoning - A public health perspective. *Toxicology.* 2000;145(1):1-14.
7. National Center for Biotechnology Information. Carbon Monoxide. 2012;17245(June):1-26. Available from: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Carbon-monoxide>
8. New Hampshire Department of Environmental Services. Carbon Monoxide : Health Information Summary. New Hampsh Dep Environ Serv [Internet]. 2007;20:1-3. Available from: [www.des.nh.gov](http://www.des.nh.gov)
9. Sandra C. Pengaruh Penurunan Kualitas Udara Terhadap Fungsi Paru dan Keluhan Pernafasan pada Polisi Lalu Lintas Polwiltabes Surabaya. *J IKESMA.* 2013;9(1):1-8.
10. Shephard RJ, Wright GR, Jewczyk S, Onrot J, Tomlinson P. Carbon monoxide in the urban atmosphere: Hazards to the pedestrian and the street-worker. *Arch Environ Health.* 1975;30(3):123-9.
11. Quinn AK, Ae-Ngibise KA, Jack DW, Boamah EA, Enuameh Y, Mujtaba MN, et al. Association of Carbon Monoxide exposure with blood pressure among pregnant women in rural Ghana: Evidence from GRAPHS. *Int J Hyg Environ Health* [Internet]. 2016;219(2):176-83. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijheh.2015.10.004>
12. Speaks JT, Thomas EC, Thompson LM. Household Air Pollution From Cooking Fires: A Challenge for Nurses Globally and a Call to Action. *J Community Health Nurs.* 2012;29(4):236-44.
13. The Joanna Briggs Institute. Critical Appraisal Checklist for Systematic Reviews. 2017.
14. World Health Organization. WHO guidelines for indoor air quality : Selected Pollutants. Copenhagen Ø, Denmark; 2010. 55-101 p.
15. Khairina M. The Description of CO Levels, COHb Levels, And Blood Pressure of Basement Workers X Shopping Centre, Malang. *J Kesehatan Lingkungan.* 2019;11(2):150.
16. Mukono H. Aspek Kesehatan Pencemaran Udara. In Surabaya: Pusat Penerbitan dan Percetakan Unair; 2011. p. 159.
17. Oliverio S, Varlet V. New strategy for carbon monoxide poisoning diagnosis: Carboxyhemoglobin (COHb) vs Total Blood Carbon Monoxide (TBCO). *Forensic Sci Int* [Internet]. 2020;306:110063. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2019.110063>
18. Sujarwo YE, Kasjono HS, Muryani S. Hubungan Kadar Karbon Monoksida (CO) dan Beberapa Faktor Risiko Tenaga Kerja dengan Tekanan Darah Juru Parkir. Sanitasi, *J Kesehat Lingkungan.* 2014;6(1):31-8.
19. Ahirawati DA. Hubungan Masa Kerja dengan Kandungan Karboksihemoglobin (COHb) dalam Darah Polisi Lalulintas di Jalan Slamet Riyadi Surakarta. Vol. 1, *Jurnal Kedokteran Indonesia.* 2009.

- p. 76–82.
20. Paoin K, Ueda K, Ingviya T, Buya S, Phosri A, Seposo XT, et al. Long-term air pollution exposure and self-reported morbidity: A longitudinal analysis from the Thai cohort study (TCS). *Environ Res.* 2020;192(October).
  21. Huang W, Zhu T, Pan X, Hu M, Lu SE, Lin Y, et al. Air pollution and autonomic and vascular dysfunction in patients with cardiovascular disease: interactions of systemic inflammation, overweight, and gender. *Am J Epidemiol.* 2012;176(2):117–26.
  22. Delfino, R. J., Tjoa, T., Gillen, D. L., Staimer, N., Polidori, A., Arhami, M., Jamner, L., Sioutas, C., & Longhurst J. Traffic-related Air Pollution and Blood Pressure in Elderly Subjects With Coronary Artery Disease. *Epidemiology.* 2010;21(3):396–404.
  23. Kadhum M, Jaffery A, Haq A, Bacon J, Madden B. Measuring the acute cardiovascular effects of shisha smoking: a cross-sectional study. *JRSM Open.* 2014;5(6):205427041453112.
  24. Kephart JL, Fandiño-Del-Rio M, Koehler K, Bernabe-Ortiz A, Miranda JJ, Gilman RH, et al. Indoor air pollution concentrations and cardiometabolic health across four diverse settings in Peru: A cross-sectional study. *Environ Heal A Glob Access Sci Source.* 2020;19(1):1–13.
  25. Chen SY, Su TC, Lin YL, Chan CC. Short-term effects of air pollution on pulse pressure among nonsmoking adults. *Epidemiology.* 2012;23(2):341–8.
  26. Choi YJ, Kim SH, Kang SH, Kim SY, Kim OJ, Yoon CH, et al. Short-term effects of air pollution on blood pressure. *Sci Rep.* 2019;9(1):1–9.
  27. Quinn AK, Ae-Ngibise KA, Kinney PL, Kaali S, Wylie BJ, Boamah E, et al. Ambulatory monitoring demonstrates an acute association between cookstove-related carbon monoxide and blood pressure in a Ghanaian cohort. *Environ Heal A Glob Access Sci Source.* 2017;16(1):1–14.
  28. Lee GW, Bae MJ, Yang JY, Son JW, Cho JL, Lee SG, et al. Decreased blood pressure associated with in-vehicle exposure to carbon monoxide in Korean volunteers. *Environ Health Prev Med.* 2017;22(1):1–8.
  29. BADIGANAVAR R, HASALKAR S. Indoor air pollution from biomass combustion and its adverse effect on health of rural women while cooking. *J FARM Sci.* 2017;30(1):113–6.
  30. Männistö T, Mendola P, Liu D, Leishear K, Sherman S, Laughon SK. Acute air pollution exposure and blood pressure at delivery among women with and without hypertension. *Am J Hypertens.* 2015;28(1):58–72.
  31. Mobasher Z, Salam MT, Goodwin TM, Lurmann F, Ingles SA, Wilson ML. Associations between ambient air pollution and Hypertensive Disorders of Pregnancy. *Environ Res [Internet].* 2013;123(1):9–16. Available from: file:///C:/Users/micae/Dropbox/Paper final seminario materia (2020)/Papers discusión/nihms966785.pdf
  32. Xu, X., Hu, H., Ha, S., & Roth J. Ambient air pollution and hypertensive disorder of pregnancy. *J Epidemiol Community Health.* 2014;68(1):13–20.
  33. Wu, J., Wilhelm, M., Chung, J., & Ritz B. Comparing exposure assessment methods for traffic-related air pollution in an adverse pregnancy outcome study. *Environ Res.* 2011;111(5):685–92.
  34. Nobles, C. J., Williams, A., Ouidir, M., Sherman, S., Mendola P. Differential effect of ambient air pollution exposure on risk of gestational hypertension and preeclampsia. *Hypertension.* 2019;74(2):384–90.
  35. Rudra CB, Williams MA, Sheppard L, Koenig JQ, Schiff MA. Ambient

- carbon monoxide and fine particulate matter in relation to preeclampsia and preterm delivery in western Washington state. *Environ Health Perspect.* 2011;119(6):889-92.
36. Kleinman MT. Carbon monoxide. In: Leikauf. ML and GD, editor. *Environmental toxicants, human exposures and their health effects.* New Jersey: John Wiley and Sons; 2009. p. 499-528.
37. Olson K, Smollin C. Carbon monoxide poisoning (acute). *BMJ Clin Evid.* 2008;2008(March 2007):1-12.
38. Yoder SR, Thornburg LL BJ. Hypertension in Pregnancy and Women of Childbearing Age. *Am J Med.* 2009;122(10):890-895.
39. Hypertension in pregnancy. Report of the american college of obstetricians and gynecologists' task force on hypertension in pregnancy. *Obstet Gynecol.* 2013;122(5):1122-31.

