

Analisis Risiko Paparan Karbon Monoksida Terhadap Anak Sekolah (Studi Kasus : SDN 94, SDN 64, SDN 201 dan SDN 13)

Risk Analysis of Carbon Monoxide Exposure to School Children (Case Study: SDN 94, SDN 64, SDN 201 and SDN 13)

Dimas Syailendra Sumarsono¹, Febri Juita Anggraini^{2*}, Zuli Rodhiyah³, Dinna Warisha⁴

^{1,2,3} Universitas Jambi, Kota Jambi, Indonesia

⁴ CV Bina Lestari Konsultan, Pekanbaru, Indonesia

Email: ¹dimassumarsono2001@gmail.com, ²febri_juita@unja.ac.id, ³zuli.rodhiyah@unja.ac.id,

⁴dinna_warisha@yahoo.com

Article history: Received 17-07-2024, Accepted 20-08-2024, Published 16-09-2024

Abstrak

Anak-anak merupakan objek yang lemah terhadap paparan pencemaran udara. Hal ini disebabkan oleh paru-paru mereka yang sedang berkembang, rentan terhadap peradangan akibat pencemaran udara. Paparan karbon monoksida (CO) terhadap anak sekolah yang sedang menunggu jemputan ketika pulang sekolah adalah sebuah kondisi yang tidak terhindarkan yang disebabkan oleh aktivitas dari kendaraan bermotor yang melewati kawasan sekolah tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis apakah paparan CO beresiko aman atau tidak aman terhadap kesehatan anak-anak SD pada saat mereka menunggu jemputan pulang sekolah dengan metode Analisis Risiko Kesehatan (ARK). Konsentrasi karbon monoksida mencapai angka tertinggi 18,67 mg/m³ yang berlokasi pada SDN 64 Kota Jambi dan untuk yang terendah yaitu 0,57 mg/m³ yang berlokasi pada SDN 201 Kota Jambi. Berdasarkan pengambilan data konsentrasi CO dan didukung dengan data lain seperti berat badan siswa, lama terpapar CO dalam sehari, frekuensi paparan dalam setahun, durasi waktu paparan dalam setahun maka didapatkan hasil *intake*, *intake* adalah perhitungan yang nantinya digunakan untuk penentuan nilai RQ dimana jika hasil $RQ \geq 1$ maka tidak aman bagi kesehatan siswa, nilai *intake* tertinggi yaitu 0,093 mg/kg/hari dan nilai *intake* terendah yaitu 0,00020 mg/kg/hari dari kedua nilai *intake* ini didapatkan hasil nilai RQ tertinggi dan terendah yaitu 0,0677 dan 0,000149 hasil ini didapatkan setelah *intake* dibagi dengan nilai RfC sendiri bernilai konstan maka dapat ditarik kesimpulan bahwa nilai $RQ \leq 1$ dimana berarti paparan CO masih tergolong aman bagi kesehatan siswa.

Kata kunci: Karbon Monoksida ; Anak Sekolah ; Analisis Risiko Kesehatan

Abstract :

Exposure to carbon monoxide (CO) that exposes elementary school children who are waiting for pick-up when returning home from school is an inevitable condition caused by the activities of motorized vehicles passing through the front area of the elementary school so that after data collection the concentration of carbon monoxide pollution reached the highest number of 18,67 mg / m³ which was located SDN 64 Jambi City and for the lowest of 0,57 mg / m³ which was located SDN 201 Jambi City based on CO concentration data collection and supported by other data such as weight student body, length of exposure to CO in a day, frequency of exposure in a year, duration of exposure time in a year then found intake results, intake is a calculation that will be used to determine the RQ value where if the results of $RQ \geq 1$ then adversely affect student health, the highest intake value is 0.093 mg / kg / day and the lowest intake value is 0.00020 mg / kg / day of these two intake values found the highest and lowest RQ values of 0.0677 and 0.000149 this result was found after the intake was divided by the RfC value itself which is constant, so it can be concluded that the RQ value ≤ 1 means that CO exposure is still considered safe for students' health.

Keywords: Carbon Monoxide; School children ; Health Risk Assessment

1. Pendahuluan

Gas karbon monoksida (CO) merupakan gas yang tidak memiliki bau, warna dan juga rasa sehingga indra manusia kesulitan untuk merasakannya [1] dan karbon monoksida (CO) memiliki sifat yang beracun ditambah dengan karakteristik CO yang tidak memiliki bau dan juga warna maka CO dijuluki dengan *silent killer* dimana proses CO untuk merusak fungsi tubuh adalah dengan mengikat Hb pada darah, kemampuan CO di dalam mengikat Hb lebih kuat 240 kali lipat ketimbang O₂. Jika CO mengikat Hb sebanyak 10% maka orang tersebut akan pusing, apabila 20% dapat menyebabkan sesak napas dan jika terus berlanjut sampai dengan lebih dari 40-50% maka dapat menyebabkan koma hingga kematian [2].

Anak-anak termasuk objek yang rentan terhadap kualitas udara yang buruk disebabkan karena paru-paru mereka yang masih berkembang dan saluran udara paru-paru mereka yang kecil jika terjadi peradangan yang disebabkan oleh pencemaran udara maka saluran itu akan lebih menyempit ketimbang paru-paru milik orang dewasa [3]. Pemilihan tempat sekolah merupakan hal yang penting sekolah yang berada pada kawasan dengan lalu lintas yang ramai terlebih lagi ketika jam pulang sekolah dimana bertepatan dengan jam istirahat kerja maka dapat dipastikan kawasan sekolah tersebut akan menjadi sumber pencemaran CO yang berbahaya bagi anak sekolah yang menunggu jemputan.

Paparan CO terhadap siswa ketika menunggu jemputan sekolah dapat berisiko aman atau tidak aman bagi kesehatan siswa tersebut dapat dianalisis menggunakan metode ARKL, ARKL sendiri didefinisikan sebagai suatu metode untuk mengamati atau mencermati daripada potensi besarnya resiko kesehatan dengan cara mendeskripsikan masalah lingkungan yang telah diketahui setelah itu menetapkan risiko pada kesehatan manusia di lingkungan tersebut [4]. Berdasarkan penjelasan sebelumnya maka perlu adanya pemilihan lokasi sekolah yang tepat. dilakukan pra penelitian dengan mengambil sampel dari 4 sekolah dimana 2 sekolah mewakili kriteria lalu lintas yang terbilang cukup ramai yaitu SDN 64 Kota Jambi dan SDN 13 Kota Jambi sedangkan 2 lagi mengambil kawasan sekolah dengan keadaan lalu lintas nya tidak terlalu ramai yaitu SDN 94 Kota Jambi dan SDN 201 Kota Jambi. Berdasarkan Penelitian sebelumnya, didapati hasil bahwa CO yang memapar anak sekolah dasar adalah sebanyak 1-2 ppm dan dengan waktu selama 8 jam keadaan ini berlangsung selama 4-6 tahun dari data ini didapati hasil nilai $RQ < 1$ dimana ini menandakan bahwasanya anak-anak murid SD di sekolah SD Makassar tidak terkena dampak buruk dari paparan CO oleh kendaraan [5]. Dilakukan pra penelitian dimana pada sekolah yang di survei nilai konsentrasi CO pada kawasan area siswa menunggu jemputan sekolah sampai dengan 40 ppm dengan waktu tunggu yang lumayan cukup singkat maka dari itu peneliti ingin melihat apakah paparan CO berpengaruh terhadap kesehatan anak sekolah di SD tersebut.

2. Metode Penelitian

a) Waktu dan Tempat Penelitian

Lokasi penelitian diambil dari 4 Sekolah Dasar dimana peneliti menentukan lokasi sekolah dasar yang nantinya dijadikan tempat penelitian adalah 2 sekolah dasar dengan tingkat kepadatan lalu lintas di saat jam pulang sekolah terutama pada saat tengah hari dimana situasi dan kondisi lalu lintas nya terbilang cukup ramai yaitu SDN 64 Kota Jambi dan SDN 13 Kota Jambi. 2 sekolah dasar berikutnya kondisi lokasi sekolah tersebut terbilang cukup sepi dimana ketika jam pulang sekolah datang maka tingkat kepadatan lalu lintas nya pun tergolong sepi kendaraan yaitu SDN 94 dan SDN 201 Kota Jambi

Penelitian dilakukan pada saat hari sekolah yaitu dari hari senin sampai dengan hari jum'at dengan waktu yang direncanakan ketika pulang sekolah, kisaran waktunya adalah dari jam 13:00-14:00 WIB sesuai dengan anjuran peraturan pemerintah dinyatakan bahwa pengukuran Karbon Monoksida (CO) setidaknya dilakukan selama 1 jam dengan sistem pengukuran aktif kontinu [6]. Penyebab pengambilan data dilakukan pada waktu tersebut karna warga sekolah atau siswa sekolah sedang beraktivitas disaat itulah peneliti ingin melihat konsentrasi pencemaran udara CO di kawasan ketiga SDN tersebut apakah melebihi baku mutu yaitu 10000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ atau tidak melebihi baku mutu akan tetapi masih berpotensi untuk berdampak buruk bagi kesehatan

b) Populasi dan Sampel

Populasi di dalam penelitian kali ini adalah udara ambien dan warga sekolah atau seluruh siswa yang berada di SD 94, SDN 64, SDN 13 dan SDN 201. Sampel yang diambil untuk penelitian ini adalah gas karbon monoksida dan siswa dari kelas 4, 5 dan 6. Pemilihan siswa kelas 4,5 dan 6 didasari oleh paparan CO yang masuk ke dalam tubuh mereka minimal sudah hampir 4 tahun disamping itu dilakukan pengisian kuisisioner siswa kelas 4, 5 dan 6 dan terlebih lagi ada beberapa syarat yang harus dipenuhi untuk terpilih menjadi sampel. Hasil dari pengisian kuisisioner tersebut pada SDN 64 sampel yang terpilih untuk kelas 6 sebanyak 20 siswa, kelas 5 sebanyak 23 siswa dan kelas 4 sebanyak 15, untuk SDN 13 sendiri didapati sampel siswa pada kelas 6 sebanyak 46 siswa, kelas 5 sebanyak 39 siswa dan kelas 4 sebanyak 27 siswa, SDN 94 banyak sampel yang didapati untuk kelas 6 yaitu 11 siswa, kelas 5 dengan 11 siswa dan kelas 4 sebanyak 6 siswa, dan SDN 201 sampel yang didapatkan untuk kelas 6 yaitu 13 siswa, kelas 5 dengan 16 siswa dan kelas 4 sebanyak 10 siswa.

c) Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data terbagi atas 2 yaitu data primer dan data sekunder, data primer adalah data yang diambil secara langsung di lapangan sedangkan data sekunder yaitu data penopang yang diambil melalui literasi atau diperoleh dari sekolah yang telah ditetapkan. Berikut adalah tabel korelasi jenis data dan teknik pengambilan data dari masing-masing data primer dan sekunder seperti pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Data Primer

Jenis Data	Sumber
Konsentrasi CO di kawasan SDN 94, SDN 64, SDN 13 dan SDN 201 Kota Jambi	CO Meter
Volume kendaraan bermotor di kawasan SDN 94, SDN 64, SDN 13 dan SDN 201 Kota Jambi	<i>Hand Tally Counter</i>
Kondisi meteorologi dari kecepatan angin dan kelembaban udara pada kawasan SD 94, SDN 64, SDN 13 dan SDN 201 Kota Jambi	<i>Anemometer dan Hygrometer</i>
Kuisioner untuk murid-murid SD 94, SDN 64, SDN 13 dan SDN 201 Kota Jambi	Wawancara Langsung

d) Analisis Risiko Terhadap Siswa

Analisis risiko terhadap murid SD 94, SDN 64, SDN 13 dan SDN 201 Kota Jambi menggunakan analisis Resiko Kesehatan Lingkungan (ARKL) dimana ada 2 tahap [2], sebagai berikut :

1. Perhitungan *Intake*

Rumus perhitungan *intake* non-karsinogenik, sebagai berikut :

$$Ink = \frac{C \times R \times tE \times fE \times Dt}{Wb \times tavg} \dots \dots \dots (1)$$

keterangan :

- I_{nk} : *Intake* (mg/kg x hari)
- C : Konsentrasi agen risiko karbon monoksida (CO) (mg/m³)
- R : Laju inhalasi (m³/jam) (Anak- anak : 0,5 m³/jam)
- t_E : Lama paparan tiap harinya (jam/hari)

- f_E : Lama paparan tiap tahunnya (hari/tahun)
- D_t : Lamanya atau jumlah tahun terjadinya pajanan (tahun)
- W_b : Berat badan manusia (kg)
- t_{avg} : Periode waktu rata-rata (hari) (30 tahun x 365 hari/tahun)

2. Perhitungan Risiko Non Karsinogenik

Rumus untuk menentukan RQ, sebagai berikut:

$$RQ = \frac{I_{nk}}{R_{fc}} \dots \dots \dots (2)$$

keterangan :

- RQ : *Risk Quotien*
- I_{nk} : *Intake* (mg/kg x hari)
- R_{fc} : Nilai agen pajanan inhalasi

Tingkat resiko dinyatakan dalam angka dan tanpa satuan, jika $RQ > 1$ maka paparan CO yang diterima dinyatakan tidak aman akan tetapi jika $RQ \leq 1$ maka paparan CO yang masuk ke sistem inhalasi masih dinyatakan aman [7]. dapat ditarik kesimpulan jika ingin melihat apakah keadaan siswa sekolah kelas 4, 5 dan 6 berdampak negatif atau tidak terhadap paparan CO ketika jam pulang sekolah maka kita bisa melihat nilai RQ nya setelah dilakukan analisis risiko kesehatan.

3. Hasil Penelitian dan Pembahasan

a. Gambaran Umum

Sekolah dasar yang dijadikan objek oleh peneliti merupakan sekolah dasar yang memiliki kategori yaitu 2 sekolah dasar dengan kawasan kendaraan lalu lintas yang ramai dan 2 lagi sekolah dasar dengan kawasan dimana kendaraan lalu lintas jarang melewati area sekolah tersebut. Kawasan yang ramai dilewati oleh kendaraan yaitu SDN 64 Kota Jambi yang berada di Jalan Ir. H. Juanda, Simpang III Sipin, Kec. Kota Baru, Kota Jambi. Lokasi sekolah yang berada di pinggir jalan dan merupakan kawasan dimana sering dilewati kendaraan bermotor karena pada daerah tersebut merupakan kawasan tempat kuliner. Faktor lainnya adalah ± 50 m dari SDN 64 terdapat Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas (APILL) sehingga kendaraan berhenti di APILL dan kendaraan orang tua yang menjemput pulang siswa juga berhenti di depan SDN 64 keadaan seperti ini yang menjadi penyebab kemacetan. Untuk SDN 13 Kota Jambi lokasinya berada di Jalan Taruma Negara No 82, Tanjung Pinang, Kec. Jambi Timur, Kota Jambi. SDN 13 berada di pinggir jalan dengan kondisi jalan yang lebarnya hanya ± 6 meter dan kondisi lalu lintas yang tergolong ramai pada jam-jam tertentu seperti siang hari ketika jam istirahat kerja sehingga bertepatan dengan jadwal anak sekolah pulang kondisi seperti ini penyebab kawasan SDN 13 macet.

Kawasan sekolah dengan kondisi yang sepi kendaraan terbagi 2 yaitu SDN 201 dan SDN 94, pada SDN 201 Kota Jambi lokasinya berada di jalan Pakis III, Pematang Sulur, Kec. Telanaipura, Kota Jambi. Keadaan lokasi di SDN 201 terbilang sangat sepi karna terletak di dalam gang dimana gang tersebut tidak terhubung dengan jalan utama yang ramai kendaraan melintas sehingga lalu lintas yang berada di area sekitar SDN 201 tergolong sangat sepi. Untuk SDN 94 Kota Jambi berada di Jalan Asparagus IV, Beliung, Kec. Kota Baru, Kota Jambi. Keadaan lokasi di SDN 94 tergolong sepi dengan kendaraan yang melintas tidak begitu banyak akan tetapi sedikit lebih ramai ketimbang SDN 201 sebab area kawasan SDN 94 sendiri masih terhubung dengan jalan yang ramai kendaraan yaitu Jln. Ir.H.Juanda.

b. Hasil Pengukuran Kondisi Meteorologi

Parameter meteorologi yang diukur pada penelitian kali ini meliputi suhu, kecepatan angin, kelembaban udara dan juga arah angin. Berdasarkan penelitian sebelumnya dinyatakan, kondisi meteorologi yang meliputi kecepatan angin, arah angin, suhu dan kelembaban udara sangat berkontribusi untuk pencemaran udara dan dalam kondisi tertentu dapat meningkatkan konsentrasi polutan pada suatu area perkotaan [8].

Pengukuran kondisi meteorologi dilakukan bersamaan dengan pengukuran pencemaran udara Karbon Monoksida (CO) yaitu pada jam pulang sekolah ditempat anak sekolah menunggu jemputan pulang sekolah, Hasil dari pengukuran kondisi meteorologi seperti pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Rata-Rata Kondisi Meteorologi Tiap SDN Selama 5 Hari

Sekolah Dasar	Suhu (°C)	Kecepatan Angin (m/s)	Kelembaban Udara (%RH)	Arah Angin
SDN 64	32,26	1,13	30,4	S-U
SDN 13	31,22	1,04	32,1	T-B
SDN 201	30,14	0,81	32,3	S-U
SDN 94	28,67	1,5	37,7	S-U

Berdasarkan Tabel 2 diatas dapat dilihat hasil pengukuran rata-rata kondisi meteorologi selama 5 hari dimana suhu tertinggi terdapat pada SDN 64 dengan nilai 32,26° C dan untuk yang terendah pada SDN 94 yaitu 28,67° C. Penyebab pengukuran suhu pada SDN 64 tertinggi yaitu kondisi cuaca pada saat pengukuran pada hari tertentu lebih cerah dan terik sehingga suhu menjadi lebih meningkat dan penyebab rendahnya suhu pada SDN 94 sebab cuaca lebih dominan mendung pada saat pengukuran dilakukan sehingga berdampak terhadap rendahnya hasil pengukuran suhu. Hasil pengukuran kondisi suhu jika dibandingkan dengan Data yang didapatkan dari BPS Kota Jambi untuk suhu rata-rata selama kurang lebih 3 tahun terakhir adalah tahun 2020 sebesar 29,4 °C, tahun 2021 sebesar 29,2 °C dan tahun 2022 sebesar 29,3 °C [9]. Suhu udara berbanding lurus dengan konsentrasi pencemaran udara gas yaitu semakin tinggi suhu udara maka semakin tinggi pula konsentrasi pencemar udara dalam udara ambien tersebut [10].

Kecepatan angin rata-rata yang telah diukur selama pengambilan data, nilai tertinggi terdapat pada SDN 94 yaitu kecepatan angin mencapai 1,5 m/s dan nilai terendah pada SDN 201 yaitu hanya 0,81 m/s. Rata-rata kecepatan angin di kota Jambi di dalam 3 tahun terakhir yaitu pada tahun 2020 1,97 m/s, tahun 2021 2 m/s dan tahun 2022 yaitu 1,85 m/s [9].

Kelembaban udara rata-rata yang telah diukur selama pengambilan data, nilai tertinggi terdapat pada SDN 94 yaitu mencapai 37,7 % RH dan nilai terendah pada SDN 64 yaitu 30,4 % RH. Hasil pengukuran Rata-rata nilai kelembaban udara untuk Kota Jambi selama 3 tahun terakhir ini yaitu pada tahun 2020 dengan nilai 82,25% RH, tahun 2021 sebesar 82,59% RH, dan tahun 2022 sebesar 83,9% RH [9]. Kelembaban udara berbanding terbalik dengan konsentrasi pencemaran udara gas yaitu semakin rendah kelembaban udara maka semakin tinggi pula konsentrasi pencemar udara dalam udara ambien tersebut [10].

c. Hasil Pengukuran Jumlah Kendaraan

Pengukuran jumlah kendaraan bermotor menggunakan aplikasi *tally counter* dan pengukuran berlangsung selama 5 hari ketika jam pulang sekolah pada masing-masing sekolah. Teknis pengambilan data berlangsung selama ± 30 menit dimana setiap kelipatan 5 menit perhitungan jumlah kendaraan dicatat. Peningkatan jumlah kendaraan bermotor merupakan salah satu apek yang membuat tingginya zat pencemar udara akibat gas buang [11]. Hasil pengukuran yang telah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Rata-rata Jumlah Kendaraan Selama 5 hari

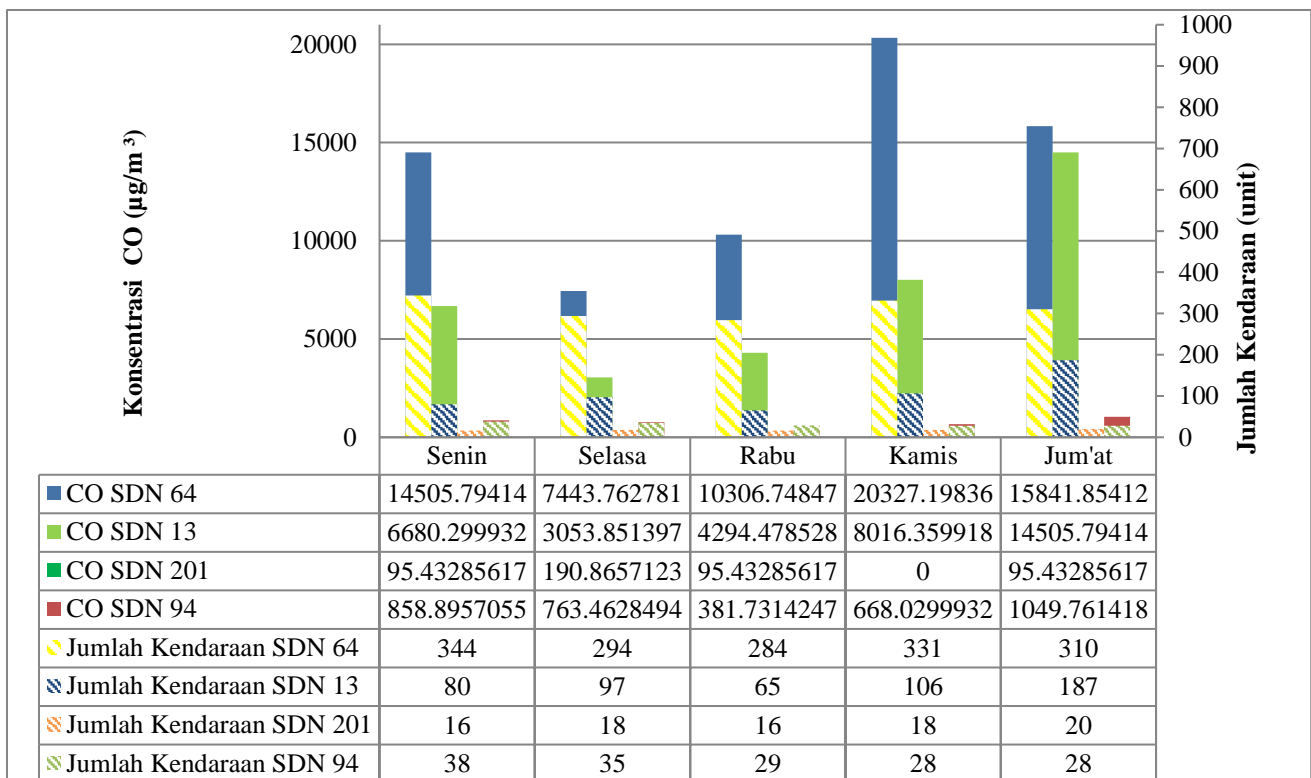
Sekolah Dasar	Waktu pengukuran/jumlah kendaraan					
	5 menit	10 menit	15 menit	20 menit	25 menit	30 menit
Jumlah kendaraan (unit)						
SDN 64	325	343	322	308	290	286
SDN 13	118	118	110	128	107	61
SDN 201	21	19	21	18	17	12
SDN 94	33	36	33	30	30	29

Berdasarkan Tabel 3 diatas dapat dilihat rata-rata jumlah kendaraan terbanyak berada di SDN 64 dan SDN 13. Penyebab tingginya jumlah kendaraan pada SDN 64 adalah karna lokasinya berada di pinggir jalan utama dan juga berdekatan dengan alat pemberi isyarat lalu lintas menjadi faktor terbesar tingginya jumlah kendaraan yang melintas pada kawasan SDN 94. Momen ketika jam pulang sekolah masih berlalu 5-10 menit awal penjemputan pulang sekolah kendaraan bermotor cukup tinggi karna masih banyaknya siswa yang menunggu jemputan pada area kawasan sekolah dan bertepatan dengan jam istirahat kerja. Pada SDN 13 faktor utama tingginya jumlah kendaraan bermotor yang tercatat pada saat pengukuran ketika jam pulang sekolah yaitu lebar jalan yang hanya ± 6 meter dan kawasan SDN 13 menjadi tempat para pekerja yang lewat untuk mencari makan ketika jam istirahat kerja. Pada hari tertentu seperti ketika hari jum'at jumlah kendaraan yang melintas akan lebih banyak sebab kawasan SDN 13 dekat dengan masjid untuk shalat jum'at.

Hasil pengukuran terendah terdapat pada SDN 201 dan SDN 94, penyebab rendahnya jumlah kendaraan yang melintas pada SDN tersebut adalah lokasi sekolah berada pada kawasan sepi yaitu didalam gang menjadi penyebab kendaraan bermotor yang melintas pada kawasan tersebut ketika jam pulang sekolah didominasi oleh kendaraan bermotor orang tua siswa yang sedang menjemput anaknya.

d. Hasil Pengukuran Konsentrasi Karbon Monoksida

Pengukuran konsentrasi Karbon Monoksida (CO) dilakukan menggunakan alat yaitu CO meter pada SDN 64, SDN 13, SDN 201 dan SDN 94 Kota Jambi. Pengukuran tiap sekolah dilakukan selama 5 hari dalam 1 minggu yaitu mulai dari hari senin hingga hari jum'at. Untuk titik pengukuran sendiri tergantung dimana murid SDN pada sekolah tersebut menunggu jemputan pulang sekolah. Sumber emisi terbesar Karbon Monoksida adalah kendaraan bermotor yang melintas di depan sekolah tersebut. Berikut adalah grafik hubungan antara jumlah kendaraan terhadap konsentrasi CO seperti pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Grafik Hubungan Konsentrasi CO dan Jumlah Kendaraan

Berdasarkan Gambar 1 pada grafik diatas dapat dilihat hubungan antara konsentrasi CO dan jumlah kendaraan semakin besar konsentrasi CO yang didapatkan maka semakin banyak pula jumlah kendaraan motor yang melintas pada area tersebut, begitupun sebaliknya semakin rendah konsentrasi CO maka semakin sedikit jumlah kendaraan bermotor yang melintas pada area kawasan SDN tersebut. Dapat kita lihat pada CO

di SDN 64 hari Kamis dengan konsentrasi CO tertinggi yaitu 20.327,19 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ jumlah kendaraan yang melintas pada area tersebut sebanyak 331 unit kendaraan bermotor merupakan jumlah kendaraan bermotor terbanyak ke-2 setelah hari Senin. Kondisi meteorologi pada saat pengukuran di SDN 64 juga mendukung sehingga konsentrasi CO tidak terganggu. Konsentrasi CO pada SDN 13 tertinggi terjadi pada hari Jumat yaitu sebesar 14.505,79 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ diikuti dengan jumlah kendaraan yang melintas sebanyak 187 kendaraan bermotor merupakan jumlah kendaraan tertinggi selama pengukuran di SDN 13 hasil pengukuran menunjukkan bahwa tingginya konsentrasi CO berbanding lurus dengan jumlah kendaraan yang melintas.

Berdasarkan hasil konsentrasi CO pada SDN 201 dapat dilihat semakin sedikit jumlah kendaraan yang melintas maka konsentrasi CO pada kawasan tersebut semakin rendah. Konsentrasi CO tertinggi pada SDN 201 yaitu 190,86 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dan konsentrasi terendah yaitu 0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ diikuti dengan jumlah kendaraan tertinggi 20 unit dan terendah 16 unit. Faktor penyebab konsentrasi CO sangat kecil yaitu jarak antara alat CO meter dan kendaraan bermotor mencapai ± 10 meter karena siswa sekolah menunggu jemputan di dalam sekolah kondisi ini menjadi penyebab konsentrasi CO sangat rendah. Pada SDN 94 konsentrasi CO juga terbilang kecil dimana penyebab konsentrasi kecil adalah jumlah kendaraan yang melintas juga sangat rendah, akan tetapi konsentrasi CO pada SDN 94 sedikit lebih besar dibandingkan dengan SDN 201. Penyebab konsentrasi CO pada SDN 94 lebih besar yaitu jarak kendaraan bermotor dengan alat CO meter ± 5 meter, jika dibandingkan dengan jarak alat CO meter terhadap kendaraan di SDN 201 kondisi peletakkan alat CO meter tersebut lebih dekat terhadap kendaraan bermotor dan faktor yang lain yaitu ada beberapa kendaraan orang tua yang masuk ke dalam kawasan sekolah dan langsung menjemput siswa. Kondisi seperti ini yang menjadi penyebab adanya paparan CO terhadap alat CO meter.

e. Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL) Paparan Karbon Monoksida (CO) Pada Siswa SDN 64, SDN 13, SDN 201 dan SDN 94

Berdasarkan Direktorat Jenderal Pengendalian Penyakit dan Penyehatan Lingkungan Kementerian Kesehatan Tahun 2012, Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan terdiri dari empat langkah yaitu identifikasi bahaya, analisis dosis responden, analisis pajanan, dan karakteristik risiko. Analisis Risiko paparan CO pada siswa SDN 64, SDN 13, SDN 201 dan SDN 94 dilakukan dengan beberapa tahapan berikut :

1. Identifikasi Bahaya

Pada penelitian kali ini fokus utama yang mengganggu kesehatan siswa SDN 64, SDN 13, SDN 201 dan SDN 94 adalah paparan CO yang masuk ke dalam tubuh siswa SD tersebut dan fokus pada penelitian kali ini adalah siswa kelas 4, 5 dan 6. Karbon monoksida (CO) adalah gas yang tidak memiliki bau, warna dan juga rasa sehingga indera manusia kesulitan untuk merasakannya [1]. CO ketika berada di udara ambien sangat cepat untuk terhirup dengan manusia dan selanjutnya CO menuju darah, otak bahkan otot. Ketika CO masuk melalui paru-paru maka CO akan keluar melalui jalur paru-paru juga akan tetapi CO memendap di tubuh selama 1 hari penuh setelah itu CO baru bisa keluar menuju jalur paru-paru [12]. Bahaya yang dapat ditimbulkan CO melalui proses dimana CO merusak fungsi tubuh adalah dengan mengikat Hb pada darah, kemampuan CO di dalam mengikat Hb lebih kuat 240 kali lipat ketimbang O_2 . Jika CO mengikat Hb sebanyak 10% maka orang tersebut akan pusing, apabila 20% dapat menyebabkan sesak napas dan jika terus berlanjut sampai dengan lebih dari 40-50% maka dapat menyebabkan koma hingga kematian [1].

2. Analisis Dosis Respon

Analisis dosis responden dilakukan dengan cara mengetahui nilai RfC . RfC adalah nilai dimana dosis/konsentrasi dari pajanan harian agen risiko non karsinogenik yang diestimasi tidak menimbulkan efek yang mengganggu walaupun pajanan terjadi sepanjang hayat [13]. Dosis acuan untuk parameter CO belum tersedia dalam daftar *Integrated Risk Information System (IRIS)* EPA, untuk itu nilai RfC disesuaikan berdasarkan konsentrasi CO yang didapat dari PP RI No. 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup yaitu $10.000\mu\text{g}/\text{m}^3$ kemudian dikonversi menjadi $10\text{mg}/\text{m}^3$ dan didistribusikan ke nilai *default* Direktur Jenderal Pengendalian Penyakit dan Penyehatan Lingkungan Kemenkes Tahun 2012, $R : 0,53\text{ m}^3/\text{jam}$, $W_b : 15\text{ kg}$, $t_E : 6\text{ jam}/\text{hari}$, $f_E : 250\text{ hari}/\text{tahun}$ $D_t : 30\text{ tahun}$, $t_{avg} : 6 \times 365\text{ hari}/\text{tahun}$ atau 10.950 hari

$$RfC = \frac{C \times R \times tE \times fE \times Dt}{Wb \times tavg}$$

$$RfC = \frac{10 \times 0,5 \times 6 \times 250 \times 30}{15 \times 10.950}$$

$$RfC = 1.369863014 \text{ mg/kg/hari}$$

3. Analisis Paparan dan Karakteristik Risiko Kesehatan

Intake atau laju asupan merupakan proses masuknya suatu pencemar atau agen resiko yang dapat menimbulkan efek kesehatan untuk tubuh manusia dan dinyatakan dalam satuan mg/kg/hari. Dalam perhitungannya *intake* membutuhkan data primer baik itu berupa pengukuran langsung ataupun perhitungan sistematis dan juga data sekunder yang diperoleh dari penelitian.

Karakteristik risiko merupakan tahapan akhir dari Analisis Risiko Kesehatan dimana *outputnya* nanti akan disimpulkan apakah paparan CO yang memapari siswa tersebut aman atau tidak aman kesehatannya. Karakteristik risiko dilakukan dengan membandingkan antara nilai *RfC* dengan nilai *intake* yang telah dihitung sebelumnya. Karakteristik risiko dilambangkan dengan RQ apabila nilai $RQ \leq 1$ maka kesehatan siswa yang terpapar CO tergolong aman akan tetapi jika $RQ > 1$ maka kesehatan siswa dinyatakan tidak aman, berikut adalah Tabel 4 untuk melihat korelasi antara analisis paparan dan karakteristik risiko kesehatan pada tiap-tiap sekolah dasar :

Tabel 4. Korelasi Antara Analisis Paparan dan Karakteristik Risiko Kesehatan

Sekolah	Keterangan pembagian nilai	C (CO) (mg/m ³)	I (mg/kg/hari)	RQ	RQ>1
SDN 64	Maksimal	13,685	$9,2734 \times 10^{-2}$	$6,7695 \times 10^{-2}$	Tidak tercapai
	Minimal	18,67	$1,234 \times 10^{-2}$	$9,009 \times 10^{-3}$	Tidak tercapai
	Modus	18,67	$1,23 \times 10^{-2} - 2,24 \times 10^{-2}$	$1,23 \times 10^{-2} - 2,24 \times 10^{-2}$	Tidak tercapai
SDN 13	Maksimal	7,873	$4,925 \times 10^{-2}$	$3,595 \times 10^{-2}$	Tidak tercapai
	Minimal	10,8793	$6,02 \times 10^{-3}$	$4,39 \times 10^{-3}$	Tidak tercapai
	Modus	10,8793	$6,02 \times 10^{-3} - 1,34 \times 10^{-2}$	$4,39 \times 10^{-3} - 7,55 \times 10^{-3}$	Tidak tercapai
SDN 201	Maksimal	0,5726	$7,3906 \times 10^{-4}$	$5,4 \times 10^{-4}$	Tidak tercapai
	Minimal	0,5726	$2,04214 \times 10^{-4}$	$1,49 \times 10^{-4}$	Tidak tercapai
	Modus	0,286	$2,81 \times 10^{-4} - 3,57 \times 10^{-4}$	$2,05 \times 10^{-3} - 2,61 \times 10^{-4}$	Tidak tercapai
SDN 94	Maksimal	0,7635	$4,77 \times 10^{-3}$	$3,486 \times 10^{-3}$	Tidak tercapai
	Minimal	2,405	$1,330 \times 10^{-3}$	$9,71 \times 10^{-4}$	Tidak tercapai
	Modus	2,40	$2,48 \times 10^{-3} - 3,05 \times 10^{-3}$	$1,809 \times 10^{-3} - 2,229 \times 10^{-3}$	Tidak tercapai

Pada Tabel 4 diatas dapat dilihat *intake* tertinggi didapat pada SDN 64 yaitu $9,2734 \times 10^{-2}$ nilai ini didapat sebab konsentrasi CO merupakan yang tertinggi yaitu $13,685 \text{ mg/m}^3$ dan nilai RQ didapatkan melalui pembagian antara nilai *intake* dan nilai *RfC*, berdasarkan rumus tersebut maka didapati nilai RQ tertinggi yaitu $6,7695 \times 10^{-2}$ dimana nilai $RQ \leq 1$ artinya jika RQ kurang dari 1 maka paparan CO terhadap siswa tersebut masih aman bagi kesehatan. Hasil *intake* terkecil didapat pada SDN 201 sebab konsentrasi CO

termasuk yang terkecil yaitu $0,5726 \text{ mg/m}^3$ dan nilai RQ merupakan yang terkecil karna sesuai rumus *intake* dibagi dengan *Rf/C* sehingga hasilnya nilai RQ yaitu $1,49 \times 10^{-4}$ dimana nilai ini jauh dari angka 1 yang berarti paparan CO terhadap siswa dinyatakan aman terhadap kesehatan siswa tersebut. Dari tabel diatas memperlihatkan bahwa nilai $RQ \leq 1$ pada semua keterangan pembagian nilai mulai dari modus, minimal bahkan maksimal yang mana berarti paparan CO terhadap siswa SDN 64, SDN 13, SDN 201 dan SDN 94 Kota Jambi tergolong sangat aman sebab nilai RQ jauh dari nilai 1.

Kesimpulan

Perhitungan tingkat risiko (RQ) yang dilakukan di SDN 64, SDN 13, SDN 201 dan SDN 94 memiliki $RQ \leq 1$ untuk seluruh siswa yang menjadi responden. Hal ini dapat diartikan bahwa paparan CO ketika siswa menunggu jemputan sekolah dengan waktu maksimal 30 menit masih dalam katagori aman sebab nilai $RQ \leq 1$. Perhitungan tingkat risiko RQ pada SDN 64 menghasilkan nilai tertinggi yaitu 0,012 dan nilai terendah 0,0013, Pada SDN 13 nilai tertinggi yaitu 0,0078 dan nilai terendah 0,0010, pada SDN 201 nilai tertinggi yaitu 0,000091 dan nilai 0,000019 Pada SDN 94 nilai tertinggi yaitu 0,00064 dan nilai terendah 0,00015.

Daftar Pustaka

- [1] Bachtiar, V, B. & Alfima, V. 2017. Studi Konsentrasi CO Akibat Kendaraan Bermotor Di Kawasan Pasar Tradisional Kota Padang. Padang. *Jurnal Teknik Lingkungan UNAND* 14(2):114-121
- [2] Maryanto, D., Mlasari, S, A., & Suryani, D. 2009. Penurunan Kadar Emisi Gas Buang Karbon Monoksida (CO) Dengan Penambahan Arang Aktif Pada Kendaraan Bermotor Di Yogyakarta. Yogyakarta. *Jurnal KESMAS* 3(3) ISSN : 1978-0575.:199-205
- [3] Bahri, Raharjo, M., & Suhartono. 2021. Dampak Polusi Udara Dalam Ruangan Pada Kejadian Kasus Pneumonia : Sebuah Review. Semarang, *Jurnal LINK* 17(2):102-104
- [4] Direktorat Jenderal Pengendalian Penyakit dan Penyehatan Lingkungan Kementerian Kesehatan Tahun 2012 Tentang Pedoman Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL).
- [5] Wahyuni, S. Dkk. 2019. Analisis Risiko Paparan Karbon Monoksida (CO) Terhadap Anak Sekolah Di SD Negeri Kakatua Kota Makassar Tahun 2017. Makassar. *Jurnal Higiene* 5(1):48-51
- [6] Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup
- [7] USEPA. (1989). *Risk Assesment Guidance For Superfund Volume 1 Human Health Evaluation Manual (Part A)*, Wahington DC, USEPA
- [8] Varduolakis, S, Dkk. 2002. Modelling Air Quality in Street Canyons: A Review. *Jurnal Atmospheric Environment*. 1(1):3-34
- [9] Badan Pusat Statistiik. 2023. Kota Jambi Dalam Angka 2022, Badan Pusat Statistik Kota Jambi, Jambi.
- [10] Istantinova Dea Budi. Dkk. 2013. Pengaruh Kecepatan Angin, Kelembaban Dan Suhu Udara Terhadap Konsentrasi Gas Pencemar Sulfur Dioksida (SO_2) Dalam Udara Ambien Di Sekitar PT. Inti General Yaja Steel Semarang. Semarang.:10
- [11] Nurmaningsih, D, R. 2018. Analisis Kualitas Udara Ambien Akibat Lalu Lintas Kendaraan Bermotor Di Kawasan Coyudan. Surakarta. *Jurnal Teknik Lingkungan* 3(2):47-53
- [12] Pamungkas, R.E., Dkk. 2017. Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (Arkl) Akibat Paparan Karbon Monoksida (CO) Melalui Inhalasi Pada Pedagang Di Sepanjang Jalan Depan Pasar Projo Ambarawa Kabupaten Semarang. Semarang. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*. 5(5):825-831
- [13] Mukono. 2011. Aspek Kesehatan Pencemaran Udara. Airlangga University Press Cetakan Pertama