

Analisis Risiko Paparan Gas Nitrogen Dioksida pada Petugas Parkir di Pasar Kapasan Surabaya

Risk Analysis of Nitrogen Dioxide Gas Exposure to Parking Attendant at Kapasan Market Surabaya

Mardhatillah Intan Shafarina¹, Rachmaniyah², Ernita Sari³

¹⁻³ Poltekkes Kemenkes Surabaya, Indonesia.

Corresponding Author : ernita@poltekkesdepkes-sby.ac.id

Info Artikel : Diterima bulan Juli 2023; Disetujui bulan Agustus 2023; Publikasi bulan September 2023

ABSTRAK

Kegiatan masuk dan keluarnya kendaraan bermotor di dalam area parkir menghasilkan emisi berupa gas nitrogen dioksida (NO₂) yang dapat berisiko terhadap kesehatan petugas parkir. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui tingkat risiko gas NO₂ terhadap kesehatan petugas parkir di Pasar Kapasan Surabaya. Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif dengan desain *cross sectional* dan menggunakan pendekatan Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL). Teknik pengambilan sampel yang digunakan adalah *total sampling* sebanyak 14 orang. Pengambilan sampel udara dilakukan di 4 lantai area parkir Pasar Kapasan Surabaya. Analisis risiko digunakan untuk menghitung *intake* NO₂ dan menetapkan karakterisasi risiko pada responden. Hasil pengukuran rata-rata konsentrasi NO₂ pada keempat lantai area parkir ditemukan kisaran 0,047 ppm-0,053 ppm. Hasil penelitian menunjukkan kadar NO₂ tidak melebihi baku mutu dalam Permenaker No. 5 Tahun 2018. Nilai *intake* tertinggi yang diperoleh untuk NO₂ yaitu 0,0032 mg/kg/hari dan tingkat risiko paling tinggi sebesar 0,162 (RQ_≤1). Hasil penelitian menyimpulkan bahwa paparan NO₂ tidak berisiko terhadap kesehatan petugas parkir di Pasar Kapasan Surabaya. Sebagai tindakan pencegahan, peneliti menyarankan penggunaan respirator untuk mengurangi paparan terhadap polutan dan pemasangan *exhaust fan* di area parkir untuk meningkatkan sirkulasi udara.

Kata Kunci: ARKL, NO₂, Petugas parkir

ABSTRACT

The activity of entering and exiting motorized vehicles within the parking area resulted in emissions in the form of nitrogen dioxide (NO₂) gas, which posed a risk to the health of parking attendants. The research aimed to determine the level of NO₂ gas risk to the health of parking attendants at Pasar Kapasan Surabaya. This study is quantitative study with cross sectional design and the Environmental Health Risk Analysis (EHRA) approach. Air sampling was carried out on four floors of the Pasar Kapasan Surabaya parking garage. The four floors of the parking area were found to have an average NO₂ content that varied from 0,047 ppm to 0,053 ppm. The study's findings showed that the NO₂ levels were within the quality limits established by Permenaker No. 5 Tahun 2018. The greatest risk level measured was 0.162 (RQ_≤1) and the highest daily consumption of NO₂ gas was 0.0032 mg/kg/day. The study's conclusions state that exposure to NO₂ did not put the parking attendants at Pasar Kapasan Surabaya at danger of developing health issues. The researchers recommended installing exhaust fans in the parking area to increase air circulation and using respirators to lessen exposure to pollution as a preventative strategy.

Keywords: EHRA, NO₂, Parking attendant

PENDAHULUAN

Kendaraan bermotor diidentifikasi sebagai sumber utama pencemaran udara di Indonesia dengan kontribusi mencapai 70%.¹ Kendaraan bermotor juga menyumbang sekitar 93% gas CO, 57% gas NO_x dan 46% PM 2,5.²

Kualitas udara Indonesia seringkali lebih buruk dari biasanya, terutama di wilayah metropolitan seperti Surabaya akibat gas buang dari kegiatan industri maupun kendaraan bermotor.³ Surabaya merupakan kota metropolitan dengan lalu lintas sangat padat. Menurut data dari BPS Provinsi Jawa Timur, terdapat sebanyak 1.855.253 kendaraan bermotor yang digunakan di Kota Surabaya pada tahun 2021. Meningkatnya jumlah penduduk, kendaraan bermotor dan industri menyebabkan kualitas udara semakin memburuk dan meningkatkan konsentrasi polutan di udara yang akan berdampak pada kesehatan, salah satunya adalah gas Nitrogen dioksida (NO₂).⁴

NO₂ adalah gas yang paling berbahaya dibandingkan kelompok nitrogen oksida lainnya yang ada di atmosfer. NO₂ memiliki kelarutan yang rendah terhadap air, sehingga mampu menyusup lebih dalam ke saluran pernapasan. Paru-paru merupakan bagian tubuh yang paling rentan terkena efek negatif polusi gas NO₂. Paru-paru yang terpapar gas NO₂ akan meradang dan bengkak, menyebabkan kesulitan bernapas, dan bahkan dalam kasus yang parah menyebabkan kematian.⁵ Paparan personal jangka pendek terhadap gas NO₂ dikaitkan dengan radang pernapasan dan gangguan fungsi paru.⁶ Paparan NO₂ dapat mengiritasi mata, hidung, tenggorokan, dan saluran pernapasan. Orang yang memiliki riwayat asma, anak-anak dan orang tua umumnya berisiko lebih besar untuk mengalami gangguan kesehatan akibat paparan gas NO₂.⁷

Kota Surabaya juga merupakan pusat kegiatan komersial. Salah satu tempat yang digunakan masyarakat dalam melakukan perdagangan adalah pasar. Semakin banyaknya pengunjung maka semakin banyak kebutuhan akan lahan parkir. Adanya keterbatasan lahan membuat pengelola gedung menggunakan *basement* sebagai alternatif.

Tempat parkir dengan sistem tertutup merupakan salah satu tempat dimana polusi udara dapat menjadi masalah, yaitu berasal dari asap kendaraan bermotor yang masuk dan keluar area parkir serta sistem ventilasi yang kerap kali tidak memadai, sehingga menyebabkan sirkulasi udara tidak lancar dan polutan terakumulasi di dalam ruangan. Perparkiran tidak dapat dipisahkan dengan pekerjaan juru parkir. Juru parkir merupakan masyarakat yang berisiko tinggi untuk terpapar gas NO₂ dari aktivitas kendaraan bermotor selama bekerja dan menurunkan fungsi pernapasan.⁸

Berdasarkan hasil survei pendahuluan yang dilakukan peneliti, Pasar Kapasan Surabaya merupakan pusat grosir pakaian terlengkap, terbesar dan tertua di Kota Surabaya dengan luas 6.500 m². Tempat parkir Pasar Kapasan Surabaya berupa bangunan spiral dengan sistem tertutup. Jumlah rata-rata kendaraan yang parkir per hari adalah 1.107 kendaraan, 1.002 diantaranya adalah sepeda motor dan 105 mobil. Hasil observasi menunjukkan 90% petugas parkir di Pasar Kapasan Surabaya tidak menggunakan masker, sehingga potensi risiko akibat terpapar gas NO₂ dari aktivitas kendaraan bermotor sangat tinggi.⁹ Terdapat 7 petugas parkir (70%) mengalami keluhan kesehatan seperti sesak napas, nyeri dada, batuk, sakit tenggorokan, mata perih dan berair. Hasil pengukuran di ruang parkir menunjukkan adanya kadar NO₂ rata-rata sebesar 0,048 ppm dan kualitas fisik udara di ruang parkir belum memenuhi standar dalam Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 1077 Tahun 2011, yakni rata-rata suhu sebesar 31°C, kelembaban 71,7% dan kecepatan angin 1,6 m/s. Suhu dan kelembaban yang lebih tinggi menyebabkan peningkatan kadar NO₂. Hal ini karena suhu yang tinggi menyebabkan kerapatan udara berkurang, yang berarti polutan lebih mudah terdistribusi dan tinggal di udara lebih lama dan tingkat kelembaban yang tinggi menghambat aliran udara, karena adanya uap air sehingga meningkatkan konsentrasi NO₂.¹⁰

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif dengan desain *cross sectional* dan menggunakan pendekatan Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL). Lokasi penelitian adalah area parkir Pasar Kapasan Surabaya. Teknik pengambilan sampel yang digunakan yaitu *total sampling* sebanyak 14 responden.

Berdasarkan SNI 2730:2009 tentang Teknik Penentuan Titik *Sampling* Udara di Tempat Kerja, maka jumlah titik pengambilan sampel gas NO₂ di area parkir Pasar Kapasan Surabaya per lantainya diambil 3 titik yakni pintu masuk, bagian tengah dan pintu keluar.

Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini yaitu wawancara, pengukuran dan observasi. Wawancara dilakukan untuk memperoleh data umum, lama paparan dan keluhan kesehatan. Pengukuran dilakukan untuk memperoleh data konsentrasi gas NO₂, suhu, kelembaban, kecepatan angin, dan berat badan. Observasi dilakukan untuk mengidentifikasi bahaya paparan gas NO₂ dan kondisi area parkir.

Data dianalisis menggunakan analisis risiko untuk mengetahui tingkat risiko paparan gas NO₂ pada petugas parkir Pasar Kapasan Surabaya. Jika RQ >1 didefinisikan sebagai berbahaya dan berisiko. Jika RQ ≤ 1 dianggap aman atau tidak berisiko kesehatan. Rumus yang digunakan untuk menentukan asupan non-karsinogenik pada jalur inhalasi adalah sebagai berikut :

$$Ink = \frac{C \times R \times T_e \times f_E \times Dt}{W_b \times T_{avg}}$$

- I : Asupan /intake (mg/kg/hari).
 C : Konsentrasi agen risiko (mg/m³ untuk medium udara)
 R : Laju asupan atau konsumsi (m³ /jam untuk inhalasi)
 t_e : Waktu paparan (jam/hari)
 f_E : Frekuensi paparan (hari/tahun)
 Dt : Durasi paparan (tahun)

- W_b : Berat badan (kg).
 T_{avg} : Periode waktu rata-rata (30 tahun x 365 hari/tahun = 10.500 hari/tahun untuk zat non karsinogenik).

Nilai *intake* yang diperoleh kemudian dihitung tingkat risikonya (*Risk Quotient/RQ*) menggunakan rumus sebagai berikut untuk paparan jalur inhalasi (terhirup) :

$$RQ = \frac{I}{RfC}$$

- I : Nilai *intake* atau asupan non karsinogenik
 RfC : Nilai referensi agen risiko paparan inhalasi

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Karakteristik Antropometri dan Pola Aktivitas Responden

Berdasarkan tabel 1 mayoritas petugas parkir di Pasar Kapasan Surabaya adalah laki-laki. Terdapat perbedaan volume paru-paru antara pria dan wanita, yang dapat dikaitkan dengan perbedaan kekuatan otot, luas permukaan tubuh, dan kapasitas paru-paru maksimum. Kapasitas paru pada wanita ± 20-25% lebih kecil daripada pria, sehingga pria cenderung menghirup lebih banyak udara yang mengandung gas NO₂ daripada wanita yang kemudian dapat menurunkan fungsi paru.¹¹

Faktor usia adalah karakteristik yang menentukan. Petugas parkir yang berusia >40 tahun sebanyak 7 orang (50%). Studi menunjukkan bahwa individu antara usia 20 dan 40 tahun mengalami penurunan yang signifikan hingga 20% dalam kekuatan otot maksimal mereka setelah mencapai usia 40 tahun. Seiring bertambahnya usia, fungsi tubuh melemah, termasuk paru-paru, jantung, dan pembuluh darah. Hilangnya elastisitas pada alveoli khususnya berkaitan erat dengan usia, dan hal ini pada akhirnya dapat berdampak pada hasil tes fungsi paru.¹¹

Penelitian lain mengungkapkan bahwa sebanyak 77,8% juru parkir berusia antara 18-34 tahun mengalami gangguan fungsi paru, hal ini juga menunjukkan adanya korelasi antara usia dengan gangguan fungsi paru.¹²

Petugas parkir di Pasar Kapasan Surabaya sebanyak 9 orang (64%) dari total petugas parkir memiliki berat badan >55 kg. Nilai tersebut lebih rendah dari berat rata-rata orang dewasa, yaitu 70 kg menurut US EPA, namun ini lebih tinggi dari rata-rata berat badan orang dewasa Asia, yakni 55 kg.¹³ Berat badan juga dapat memengaruhi nilai *intake* atau jumlah asupan, artinya individu dengan nilai berat badan yang besar akan menerima nilai asupan yang kecil. Individu dengan berat badan lebih rendah mempunyai risiko lebih tinggi, sedangkan individu yang berbobot lebih berat memiliki risiko lebih rendah.¹⁴ Berat badan individu juga memengaruhi laju metabolisme bahan kimia yang masuk ke dalam tubuh, semakin besar berat badan seseorang maka laju inhalasi akan meningkat.¹⁵

Laju inhalasi digunakan untuk menghitung jumlah udara yang dihirup petugas parkir setiap jamnya di area parkir Pasar Kapasan Surabaya. Hasil perhitungan nilai laju inhalasi petugas parkir di Pasar Kapasan Surabaya, diketahui bahwa 9 orang (64%) memiliki laju inhalasi $\leq 0,63$ m³/jam, sedangkan 5 orang (36%) memiliki laju inhalasi yang melebihi 0,63 m³/jam. Laju inhalasi seseorang dipengaruhi oleh laju metabolismenya, dan karena metabolisme terkait dengan kebutuhan energi tubuh, perbedaan berat badan memengaruhi berapa banyak oksigen yang harus dihirup.¹⁶ Hal tersebut sejalan dengan hasil penelitian saat ini, yaitu berat badan terbesar petugas parkir Pasar Kapasan Surabaya adalah 110 kg memiliki nilai laju inhalasi tertinggi dibandingkan semua responden yaitu sebesar 0,76 m³/jam.

Waktu paparan juga memainkan peran penting dalam menentukan jumlah asupan yang diterima seseorang. Petugas parkir di

Pasar Kapasan Surabaya terpapar polutan NO₂ ≤ 8 jam per hari sebanyak 6 orang (43%), sedangkan 8 orang (57%) terpajan > 8 jam per hari. Hal tersebut melebihi jam kerja yang diatur dalam UU No. 13 Tahun 2003 tentang Ketenagakerjaan, yang menetapkan maksimal 7 jam per hari atau 40 jam per minggu. Petugas parkir dapat terkena dampak negatif dari paparan polutan NO₂. Durasi jam kerja berkorelasi langsung dengan jumlah paparan yang diterima dan tingkat risiko kesehatan.¹⁷ Kontaminan kimia dapat memiliki efek yang berbeda-beda terhadap kesehatan, tergantung pada waktu dan konsentrasi paparan.⁶

Frekuensi paparan yang diterima oleh petugas parkir di Pasar Kapasan Surabaya dalam 1 tahun terdapat 2 orang (14%) yang memiliki frekuensi paparan ≤ 286 hari. Sementara itu 12 orang (86%) memiliki frekuensi paparan melebihi 286 hari. Petugas parkir terpapar lebih sering daripada nilai default 250 hari/tahun yang ditetapkan oleh US EPA untuk lingkungan kerja. Setiap frekuensi pemaparan yang melampaui nilai default ini akan meningkatkan nilai asupan, dan risiko kesehatan. Risiko kesehatan yang terkait dengan paparan berbanding lurus dengan frekuensi paparan pada tahun tertentu.¹⁸

Jumlah polutan NO₂ yang dihirup oleh petugas parkir selama satu tahun disebut sebagai durasi paparan. Durasi paparan merupakan pertimbangan penting karena secara signifikan memengaruhi jumlah paparan dan jumlah asupan yang dapat diperoleh. Petugas parkir di Pasar Kapasan Surabaya yang memiliki durasi paparan ≤ 10 tahun sebanyak 8 orang (57%), sedangkan 6 orang (43%) memiliki durasi paparan > 10 tahun. Durasi waktu seseorang bekerja terkait erat dengan jumlah paparan polutan NO₂ yang mereka alami. Masa kerja yang lama dapat menyebabkan risiko kesehatan, dan semakin tinggi tingkat paparan, semakin besar kemungkinan terpapar polutan NO₂.¹⁸

Tabel 1. Karakteristik Antropometri dan Pola Aktivitas Responden

| Karakteristik | Jumlah | Persentase (%) |
|---------------------------|---------------|-----------------------|
| Jenis Kelamin | | |
| Laki-laki | 13 | 92,9 |
| Perempuan | 1 | 7,1 |
| Total | 14 | 100 |
| Umur | | |
| ≤40 tahun | 7 | 50 |
| >40 tahun | 7 | 50 |
| Total | 14 | 100 |
| Berat badan | | |
| ≤55 kg | 5 | 36 |
| >55 kg | 9 | 64 |
| Total | 14 | 100 |
| Durasi pajanan | | |
| ≤ 10 tahun | 8 | 57 |
| > 10 tahun | 6 | 43 |
| Total | 14 | 100 |
| Frekuensi pajanan | | |
| ≤286 hari/tahun | 2 | 14 |
| >286 hari/tahun | 12 | 86 |
| Total | 14 | 100 |
| Waktu pajanan | | |
| ≤8 jam | 6 | 43 |
| >8 jam | 8 | 57 |
| Total | 14 | 100 |
| Laju inhalasi | | |
| ≤0,63 m ³ /jam | 9 | 64 |
| >0,63 m ³ /jam | 5 | 36 |
| Total | 14 | 100 |

2. Pengukuran Kualitas Fisik Udara (Suhu, Kelembaban dan Kecepatan Angin)

Pengukuran dilakukan pada waktu yang berbeda di tiap lantainya, karena adanya keterbatasan alat, sehingga menghasilkan perbedaan kadar gas NO₂. Hasil pengukuran kualitas fisik udara dalam ruang area parkir Pasar Kapasan Surabaya memiliki suhu rata-rata 31°C kelembaban 82,5% dan kecepatan angin rata-rata 1,6 m/s. Hasil pengukuran suhu di area parkir Pasar Kapasan Surabaya pada lantai II, III dan IV melebihi standar dalam Permenkes Nomor 1077 Tahun 2011, yakni

18-30°C, dan kelembaban di semua lantai area parkir melebihi standar (40-60%). Kemudian untuk hasil pengukuran kecepatan angin hanya pada lantai I yang belum memenuhi syarat yaitu 0,15-0,25 m/s. Kecepatan angin yang rendah atau kurang dari 0,1 m/s membuat ruangan tidak nyaman karena tidak adanya pergerakan udara.¹⁹ Hal ini dikarenakan sistem ventilasi alami pada lantai I menggunakan satu sisi (*single sided ventilation*) yang mana sisi kanan gedung parkir terdapat ruko penjual, sehingga angin yang masuk dari luar lebih kecil dibandingkan pada lantai III dan IV yang memiliki sistem

ventilasi *cross* yang bukaan anginnya cukup besar. Bukaan ventilasi hanya pada satu sisi tidak seefektif ventilasi *cross*²⁰. Ventilasi sendiri berfungsi untuk pertukaran udara, sehingga apabila nilai kecepatan pertukaran udara di dalam ruang rendah maka polutan akan terakumulasi.

Perbedaan suhu pada tiap lantainya dikarenakan pengukuran dilakukan di jam yang berbeda. Pengukuran pada pagi hari menghasilkan suhu rendah dengan kelembaban tinggi, sementara pada siang hari pukul 11.00-12.00 WIB mencatat suhu tinggi dengan kelembaban rendah. Pada pagi hari udara cenderung lebih sejuk dibandingkan siang hari. Suhu yang tinggi pada ruang parkir

disebabkan karena panas kendaraan yang padat saat berada di parkir. Suhu yang tinggi juga menyebabkan meningkatnya konsentrasi NO₂ di udara. Hal ini karena saat suhu tinggi, kerapatan udara berkurang, yang berarti polutan lebih mudah terdistribusi dan tinggal di udara lebih lama.²¹ Terdapat korelasi juga antara kelembaban dan kadar gas NO₂ di udara. Jika kelembaban tinggi maka konsentrasi gas NO₂ akan rendah dan sebaliknya.²² Kecepatan angin yang tinggi dapat menggerakkan udara lebih cepat dan dapat menyebabkan konsentrasi NO₂ menjadi lebih rendah akibat persebaran NO₂ yang cepat.¹⁸

Tabel 2. Hasil Pengukuran Kualitas Fisik Udara

| No. | Lantai | Titik | Waktu Pengukuran | Suhu (°C) | Kelembaban (%) | Kecepatan Angin (m/s) |
|------------------------------|------------|---------|------------------|-------------|----------------|-----------------------|
| 1. | Lantai I | Titik 1 | 08.00-09.00 WIB | 29,9 | 76,8 | 0 |
| | | Titik 2 | | 30,1 | 76 | 0 |
| | | Titik 3 | | 30,2 | 76,5 | 0 |
| Rata-rata | | | | 30 | 76,43 | 0 |
| 2. | Lantai II | Titik 1 | 09.00-10.00 WIB | 30,8 | 82,5 | 1,5 |
| | | Titik 2 | | 31 | 72 | 0 |
| | | Titik 3 | | 31 | 72,5 | 1,0 |
| Rata-rata | | | | 30,9 | 75,6 | 0,83 |
| 3. | Lantai III | Titik 1 | 10.00-11.00 WIB | 30,9 | 72,4 | 2,5 |
| | | Titik 2 | | 31,5 | 69,4 | 0,9 |
| | | Titik 3 | | 30,9 | 69,4 | 3,7 |
| Rata-rata | | | | 31,1 | 70,4 | 2,3 |
| 4. | Lantai IV | Titik 1 | 11.00-12.00 WIB | 32,3 | 62,5 | 3,5 |
| | | Titik 2 | | 31,8 | 66,6 | 3,5 |
| | | Titik 3 | | 32,0 | 64,1 | 3,4 |
| Rata-rata | | | | 32 | 64,4 | 3,4 |
| Rata-rata keseluruhan | | | | 31 | 71,7 | 1,6 |
| Minimum | | | | 29,9 | 62,5 | 0 |
| Maksimum | | | | 32,3 | 82,5 | 3,5 |

3. Pengukuran Konsentrasi Gas NO₂

Rata-rata hasil pengukuran konsentrasi NO₂ di area Parkir Pasar Kapasan Surabaya pada lantai I pukul 08.00-09.00 WIB dan lantai II pukul 09.00-10.00 WIB sebesar 0,047 ppm (0,088 mg/m³) dengan jumlah kendaraan yang melintas sebanyak 70 kendaraan pada lantai 1 dan lantai 2 sebanyak 44 kendaraan. Kemudian untuk hasil pengukuran gas NO₂ di lantai III memiliki

rata-rata sebesar 0,048 ppm (0,090 mg/m³) dengan jumlah kendaraan yang lewat 15. Konsentrasi NO₂ yang terukur di lantai IV mendapatkan hasil rata-rata sebesar 0,053 ppm (0,100 mg/m³) dengan jumlah kendaraan sebanyak 13. Hasil pengukuran rata-rata konsentrasi NO₂ tertinggi yakni 0,053 ppm di lantai IV pukul 11.00-12.00 WIB dengan suhu tertinggi 32°C dan kelembaban terendah 64,4 %. Konsentrasi gas NO₂ secara keseluruhan di area parkir Pasar Kapasan

Surabaya menurut Permenaker Nomor 5 Tahun 2018 masih berada di bawah baku mutu yaitu 0,2 ppm. Selaras dengan penelitian²³ menunjukkan kadar gas NO₂ di *basement* berkisar 1,25-2,7 µg/m³ (0,001 ppm) yang berarti tidak melebihi NAB. Nilai konsentrasi yang berada di bawah NAB tidak menjamin keamanan bagi kesehatan masyarakat. Analisis potensi risiko juga memperhitungkan berat badan, tingkat asupan, durasi, dan frekuensi paparan.²⁴

Konsentrasi NO₂ yang tinggi sesuai dengan tingkat kelembaban yang lebih rendah, sementara suhu yang tinggi terkait dengan peningkatan konsentrasi NO₂ di udara. Gerakan udara melambat ketika kelembaban cukup tinggi, yang terjadi karena uap air di udara. Hal ini dapat mengakibatkan peningkatan konsentrasi NO₂ karena aliran udara diperlambat secara horizontal dan vertikal, namun sebaliknya, kelembaban yang rendah menyebabkan penurunan konsentrasi NO₂ di udara.²⁵ Konsentrasi NO₂ tertinggi di area parkir Pasar Kapasan Surabaya terjadi saat kecepatan angin tinggi yaitu pada lantai IV, karena di area parkir lantai IV memiliki sistem ventilasi *cross* yang bukaan anginnya cukup besar dibandingkan

lantai lainnya. Udara segar yang masuk melalui ventilasi adalah cara efektif untuk mengurangi polusi dalam ruangan. Namun, metode ini juga dapat memiliki efek sebaliknya dan memasukkan lebih banyak polutan ke udara dalam ruangan dari polutan yang ada di luar. Ini terjadi ketika polutan luar ruangan menyusup ke udara dalam ruangan melalui jendela dan pintu yang terbuka, dan mungkin tidak langsung terlihat. Hal tersebut sesuai dengan kondisi di luar Pasar Kapasan Surabaya yakni sangat ramai dan macet. Hasil penelitian ini berlawanan dengan temuan²¹ yang menemukan bahwa konsentrasi NO₂ akan berkurang seiring dengan meningkatnya kecepatan angin. Selain itu sebagian besar hasil pengukuran NO₂ tertinggi pada masing-masing lantai area parkir berada di titik pertama yang merupakan pintu masuk kendaraan. Konsentrasi gas NO₂ tertinggi di area parkir terutama ditemukan di titik masuk dan keluar yang sesuai dengan area dengan jumlah kendaraan terbanyak. Konsentrasi NO₂ berkaitan erat dengan jumlah kendaraan bermotor yang ada di setiap titik pengukuran, dengan jumlah kendaraan yang lebih banyak menyebabkan peningkatan kadar NO₂.²⁶

Tabel 3. Hasil Pengukuran Konsentrasi Gas NO₂ di Area Parkir Pasar Kapasan Surabaya Tahun 2023

| No | Lantai | Titik | Waktu | Jumlah kendaraan | Kadar NO ₂ (ppm) | Kadar NO ₂ (mg/m ³) |
|------------------|------------|---------|-----------------|------------------|-----------------------------|--|
| 1. | Lantai I | Titik 1 | 08.00-09.00 WIB | 70 | 0,048 | 0,090 |
| | | Titik 2 | | 43 | 0,047 | 0,088 |
| | | Titik 3 | | 40 | 0,046 | 0,086 |
| Rata-rata | | | | 153 | 0,047 | 0,088 |
| 2. | Lantai II | Titik 1 | 09.00-10.00 | 20 | 0,046 | 0,086 |
| | | Titik 2 | 10.00 | 44 | 0,048 | 0,09 |
| | | Titik 3 | WIB | 33 | 0,047 | 0,088 |
| Rata-rata | | | | 97 | 0,047 | 0,088 |
| 3. | Lantai III | Titik 1 | 10.00-11.00 | 15 | 0,051 | 0,096 |
| | | Titik 2 | 11.00 | 12 | 0,046 | 0,086 |
| | | Titik 3 | WIB | 11 | 0,047 | 0,088 |

| No | Lantai | Titik | Waktu | Jumlah kendaraan | Kadar NO ₂ (ppm) | Kadar NO ₂ (mg/m ³) |
|------------------|-----------|---------|--------|------------------|-----------------------------|--|
| Rata-rata | | | | 38 | 0,048 | 0,090 |
| 4. | Lantai IV | Titik 1 | 11.00- | 13 | 0,062 | 0,117 |
| | | Titik 2 | 12.00 | 9 | 0,047 | 0,088 |
| | | Titik 3 | WIB | 12 | 0,051 | 0,096 |
| Rata-rata | | | | 34 | 0,053 | 0,100 |

4. Identifikasi Bahaya

Fokus utama penelitian ini adalah mengidentifikasi bahaya yang ditimbulkan dari emisi nitrogen dioksida (NO₂) akibat pergerakan kendaraan di tempat parkir. Kadar konsentrasi NO₂ pada tiap lantai area parkir tidak melebihi NAB dalam Permenaker Nomor 5 Tahun 2018 yaitu 0,2 ppm (0,376 mg/m³), namun keberadaan gas NO₂ tetap menjadi ancaman bagi kesehatan seseorang. Besaran dampaknya bervariasi tergantung pada durasi dan tingkat keterpaparan. Kadar gas NO₂ dapat menyebabkan iritasi pada mata, hidung, dan tenggorokan, batuk, penurunan fungsi paru-paru, kesulitan bernapas, nyeri dada, edema paru, laju pernapasan dan kondisi jantung berdetak lebih cepat, serta jari tangan, kuku dan bibir tampak biru karena kurangnya oksigen dalam darah.²⁷ Paparan NO₂ juga berdampak pada penurunan kapasitas fungsi paru.²⁸

Hasil wawancara dengan 14 responden, tercatat 3 orang (21%) mengalami sesak napas, 3 orang (21%) menderita nyeri dada, 11 orang (79%) mengalami batuk, sakit tenggorokan sebanyak 8 orang (57%), mata perih dan berair sebanyak 10 orang (71%), dan yang memiliki riwayat gangguan pernapasan (asma) sebanyak 2 orang (14%). Petugas parkir selama jam kerja di Kota Parepare juga mengalami keluhan kesehatan seperti gangguan pernapasan dan iritasi mata.²⁹ Penelitian lain juga mengungkapkan bahwa penyapu jalan di Kota Jambi mengalami keluhan pernapasan akibat paparan gas NO₂ yakni rasa gatal, kemerahan dan nyeri pada kulit, pandangan kabur, nyeri di sekitar mata, sakit kepala, sesak napas, batuk-batuk, dan nyeri dada pada malam hari.

30

5. Analisis Dosis Respon

Analisis dosis respon adalah langkah yang sangat penting dalam mengevaluasi potensi efek merugikan dari agen risiko dalam populasi yang terpapar. Pada dasarnya, ini membantu menentukan seberapa beracun agen risiko tertentu untuk spesies kimia yang berbeda. Studi khusus ini menggunakan nomor RfC 2E-2 atau 0,02 mg/kg/hari, yang merupakan dosis referensi untuk paparan inhalasi yang dapat memberikan efek non-karsinogenik yaitu berupa gangguan saluran pernapasan, seperti yang didefinisikan oleh IRIS US EPA untuk NO₂.

6. Analisis Paparan

Analisis paparan yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan perhitungan asupan non karsinogenik pada jalur paparan inhalasi. Kelarutan nitrogen oksida dalam air yang rendah mampu menembus bronkiolus distal dan alveoli yang berdekatan. Nitrogen dioksida dan oksida nitrogen lainnya merusak jaringan paru-paru melalui pembentukan radikal bebas reaktif turunan nitrogen. Selanjutnya setelah kontak dengan air, oksida nitrogen menghasilkan asam nitrat (NH₃O) yang dapat mengiritasi atau merusak jaringan paru-paru.³¹

Tabel 4 menunjukkan hasil perhitungan intake NO₂ terhadap petugas Parkir Pasar Kapasan Surabaya terbesar 0,0032 mg/kg/hari, sedangkan terkecil 0,0002 mg/kg/hari. Semua responden memiliki nilai asupan yang tidak melampaui nilai *Reference Concentration* (RfC) untuk NO₂ yaitu 0,02 mg/kg/hari, yang menyiratkan bahwa dosis paparan harian yang diterima oleh petugas parkir saat ini belum berdampak pada kesehatan mereka. Nilai asupan berkorelasi langsung dengan konsentrasi bahan kimia,

tingkat asupan, frekuensi dan durasi paparan, dan waktu paparan, sedangkan asupan berkorelasi terbalik dengan nilai bobot badan

dan rata-rata jangka waktu. Semakin besar berat badan, semakin kecil risiko kesehatannya.³²

Tabel 4. Nilai *Intake Realtime* Gas NO₂ pada Petugas Parkir di Pasar Kapasan Surabaya Tahun 2023

| Lokasi | Minimum | Maksimum |
|------------|---------|----------|
| Lantai I | 0,0002 | 0,0032 |
| Lantai II | 0,0002 | 0,0032 |
| Lantai III | 0,0023 | 0,0026 |
| Lantai IV | 0,0013 | 0,0015 |

7. Karakteristik Risiko

Berdasarkan tabel 5 menunjukkan Petugas parkir di Pasar Kapasan Surabaya memiliki nilai RQ NO₂ terendah 0,008 dan terbesar 0,162. Nilai RQ secara *realtime* masih berada di bawah 1, sehingga tingkat risiko petugas parkir dengan berat badan 44 hingga 110 kg, laju asupan 0,54-0,76 m³/jam

dikatakan aman atau tidak berisiko terhadap kesehatan petugas parkir di Pasar Kapasan Surabaya, jika selama 283-288 hari/tahun dalam jangka waktu 1-20 tahun serta konsentrasi gas NO₂ tidak melebihi baku mutu. Petugas parkir di Kota Parepare juga memiliki nilai RQ ≤ 1 yang menunjukkan bahwa mereka aman dari risiko non karsinogenik terkait paparan gas NO₂.²⁹

Tabel 5. Nilai Tingkat Risiko *Realtime* pada Petugas Parkir di Pasar Kapasan Surabaya

| Lokasi | Minimum | Maksimum |
|------------|---------|----------|
| Lantai I | 0,008 | 0,162 |
| Lantai II | 0,009 | 0,159 |
| Lantai III | 0,116 | 0,131 |
| Lantai IV | 0,067 | 0,065 |

Besarnya nilai *intake* menentukan seberapa besar tingkat risiko yang akan dialami oleh responden. Semakin besar nilai *intake*, maka meningkat pula risiko tidak aman terhadap paparan agen risiko tersebut.⁴

Hasil perhitungan tingkat risiko yang rendah dipengaruhi oleh nilai *intake* yang diterima petugas parkir masih kecil serta konsentrasi gas NO₂ yang berada dibawah Nilai Ambang Batas (NAB). Peningkatan tingkat risiko tidak aman dapat terjadi jika semakin lama pola aktivitasnya, konsentrasi gas NO₂ yang melebihi NAB mutu dan berat badan yang rendah, sehingga semakin besar

pula risiko kesehatan yang didapatkan dari bahan pencemar NO₂. Selain itu perilaku merokok suatu individu dapat menambah efek kesehatan yang ditimbulkan. Petugas parkir di Pasar Kapasan Surabaya yang memiliki kebiasaan merokok yaitu sebanyak 11 orang (75,58%). Rata-rata petugas parkir menghabiskan 12 batang rokok per harinya. Asap rokok mengandung bahan kimia beracun, salah satunya adalah NOx. Kadar NOx yang terdapat pada asap rokok kretek sebesar 106,5 mg/m³, sedangkan untuk rokok filter sebesar 76,5 mg/m³.³³

Kandungan NOx dalam asap rokok dapat

menambah nilai *intake* yang diterima responden. Kebiasaan responden seperti merokok saat bekerja dapat meningkatkan jumlah zat berbahaya yang terhirup sehingga meningkatkan risiko mengalami gangguan kesehatan.¹⁴ Kebiasaan merokok juga dapat merusak struktur dan jaringan paru-paru sehingga mempercepat penurunan fungsi paru-paru.³⁴

Kebiasaan memakai masker dapat memengaruhi risiko kesehatan. Petugas yang tidak terbiasa memakai masker berisiko lebih besar mengalami gangguan pernapasan dibandingkan mereka yang terbiasa memakai masker.⁹ Hasil observasi menunjukkan semua petugas parkir selama bekerja tidak menggunakan APD berupa respirator.

KESIMPULAN

Hasil pengukuran kualitas fisik udara dalam ruang parkir Pasar Kapasan Surabaya diperoleh suhu rata-rata sebesar 31°C, kelembaban 71,7% dan kecepatan angin 1,6 m/s. Kadar NO₂ pada keempat lantai area parkir Pasar Kapasan Surabaya berada di bawah Nilai Ambang Batas (NAB) dalam Permenaker No. 5 Tahun 2018 tentang Keselamatan dan Kesehatan Lingkungan Kerja yakni 0,2 ppm. Aktivitas kendaraan bermotor di Pasar Kapasan Surabaya menghasilkan emisi berupa gas NO₂ di udara. Gas NO₂ yang terhirup oleh petugas parkir menyebabkan sesak napas, nyeri dada, batuk, sakit tenggorokan, mata perih dan berair. Nilai dosis referensi (RfC) untuk gas NO₂ sebesar 0,02 mg/kg/hari dengan efek kritis gangguan pernapasan. Nilai *intake* tertinggi akibat paparan gas NO₂ di area Parkir Pasar Kapasan Surabaya sebesar 0,0032 mg/kg/hari dan terendah 0,0002 mg/kg/hari. Tingkat risiko (RQ) paparan gas NO₂ pada petugas parkir di Pasar Kapasan Surabaya pada konsentrasi minimal maupun maksimal termasuk dalam kategori aman dan tidak berisiko terhadap kesehatan dengan nilai $RQ \leq 1$.

Saran yang dapat peneliti berikan yakni memasang alat *exhaust fan* terutama pada lantai I dikarenakan kecepatan angin belum memenuhi standar Permenkes No. 1077 Tahun 2011, sehingga diharapkan sirkulasi udara di

dalam ruang parkir dapat berjalan lancar serta polutan bisa keluar ke udara bebas. Serta bagi petugas parkir sebaiknya menggunakan respirator dan tidak merokok saat bekerja untuk mengurangi risiko terpapar gas NO₂.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis dalam kesempatan ini menyampaikan ucapan terima kasih kepada Direktur Poltekkes Surabaya, seluruh dosen dan staf Jurusan Kesehatan Lingkungan, Direktur PD Pasar Surya, petugas parkir di Pasar Kapasan Surabaya, serta seluruh pihak yang telah membantu penulis dan berpartisipasi dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

1. Kementerian lingkungan Hidup & Kehutanan RI. Uji Emisi Kendaraan Sebagai Bentuk Kontribusi Masyarakat Terhadap Pengendalian Pencemaran Udara. Peraturan. 2021; https://www.menlhk.go.id/site/single_post/4078.
2. Lestari P, Damayanti S, Arrohman MK. Emission Inventory of Pollutants (CO, SO₂, PM_{2.5}, and NO_X) in Jakarta Indonesia. In: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Publishing; 2020. p. 12014.
3. Hasan N, Ibrahim Fattah R. Analisis Pencemaran Udara Akibat Pabrik Aspal Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 41 Tahun 1999 Tentang Pengendalian Pencemaran Udara. Madani Leg Rev. 2020;4(2):108–23.
4. Misi V. Provinsi Jawa Timur Dalam Angka 2022 Program dan FORM berikut , atau telpon ke 0821 62 900 900 pada jam kerja || Nikmati pengalaman Facebook Instagram Twitter Youtube Berita Resmi Statistik Program dan FORM berikut , atau telpon ke 0821 62 900 900 pada ja. 2022;1–2.
5. Faiz SA, Firdani F, Rahmah SP. Analisis Risiko Paparan Gas Karbon Monoksida (CO) pada Pedagang di Sepanjang Jalan Depan Pasar Bandar Buat Kota Padang Tahun 2021. J Keselam Kesehat Kerja dan Lingkung. 2021;2(2):71–82.

6. Arsyad G, Fuadi MF, Herdhianta D, Faradinah ED, Dewi NU, Wardani RWK, et al. Dasar Kesehatan Lingkungan [Internet]. Pradina Pustaka; 2022. Available from: <https://books.google.co.id/books?id=YiugEAAAQBAJ>
7. Jiang Y, Niu Y, Xia Y, Liu C, Lin Z, Wang W, et al. Effects of personal nitrogen dioxide exposure on airway inflammation and lung function. *Environ Res.* 2019;177(April):1–7.
8. USEPA. Basic Information about NO₂ Nitrogen Dioxide (NO₂) Pollution. Usepa [Internet]. 2021;(2):1–5. Available from: <https://www.epa.gov/no2-pollution/basic-information-about-no2>
9. Wong LL, Lontoh SO. Gambaran fungsi paru juru parkir yang bertugas di Universitas Tarumanagara. *Tarumanagara Med J.* 2020;3(1):139–49.
10. Irwan I, Nakoe MR, Musa N. Factors That Influence Complaints Of Respiratory Disorders On Parking Officers In Urban, Gorontalo City. *J Heal Sci Gorontalo J Heal Sci Community.* 2022;5(3):131–40.
11. Agustina DP, Annisa N, Riduan R, Prasetya H. Konsentrasi Karbon Monoksida Dan Nitrogen Dioksida Pada Ruas Jalan Kuin Utara Dan Kuin Selatan Kota Banjarmasin. *Jernih J Tugas Akhir Mhs.* 2021;4(1):21–32.
12. Pd IBWM. Teori dan Aplikasi Latihan Kondisi Fisik - Rajawali Pers [Internet]. PT. RajaGrafindo Persada; 2021. Available from: <https://books.google.co.id/books?id=9vodEAAAQBAJ>
13. Purba NH, Nurmaini N, Marsaulina I. Faktor-Faktor Yang Memengaruhi Gangguan Fungsi Paru Pada Petugas Parkir Di Kota Medan. *J Heal Sains.* 2021;2(3):343–9.
14. Kementerian Kesehatan RI. Direktorat Jenderal PP dan PL Kementerian Kesehatan tahun. 2012.
15. Simbolon VA, Nurmaini N, Hasan W. Pengaruh Paparan Gas Hidrogen Sulfida (H₂S) terhadap Keluhan Saluran Pernafasan pada Pemulung di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Ganet Kota Tanjungpinang Tahun 2018. *J Kesehat Lingkung Indones.* 2019;18(1):42.
16. Faisyah AF, Ardillah Y, Putri DA. Ammonia Exposure Among Citizen Living Surrounding Fertilizer Factory. In: 2nd Sriwijaya International Conference of Public Health (SICPH 2019). Atlantis Press; 2020. p. 155–8.
17. Amaliana A, Darundiati Y, Dewanti N. Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan Paparan Nitrogen Dioksida (NO₂) Pada Pedagang Kaki Lima Di Terminal Pulogadung Jakarta Timur. *J Kesehat Masy Univ Diponegoro.* 2016;4(4):801–9.
18. Sabrina AP, Ridho Pratama. Gambaran Kualitas Udara serta Analisis Risiko Nitrogen Dioksida (NO₂) dan Sulfur Dioksida (SO₂) di Kabupaten Bekasi. *J Eng Environmental Energy Sci.* 2022;1(2):63–70.
19. Alchamdani A. NO₂ and SO₂ Exposure to Gas Station Workers Health Risk in Kendari City. *J Kesehat Lingkung.* 2019;11(4):319.
20. Aprilliani C, Fatma F, Syaputri D, Manalu SMH, Handoko L, Tanjung R, et al. Kesehatan dan Keselamatan Kerja [Internet]. Get Press; 2022. Available from: <https://books.google.co.id/books?id=k0VKEAAAQBAJ>
21. Hanggara AB, Purnomo AB, Walaretina R. Penerapan Ventilasi Silang Pada Ruang Unit Kegiatan Mahasiswa di Gedung Pusgiwa, Univ Indonesia. In: Prosiding Seminar Intelektual Muda. 2021.
22. Rosyid MAA, Hidayah EN, Pulansari F. Pengaruh Jenis Kendaraan Bermotor Terhadap Peningkatan Konsentrasi Nitrogen Dioksida (NO₂) Di Sekitar Bundaran Dolog. *J Envirotek.* 2021;13(1):73–7.

23. Sugiarto S, Herawati P, Riyanti A. Analisis Konsentrasi SO₂, NO₂ dan Partikulat pada Sumber Emisi Tidak Bergerak (Cerobong) Berbahan Bakar Batubara dan Cangkang (Studi Kasus di Kabupaten Muaro Jambi). *J Daur Lingkungan*. 2019;2(1):21–8.
24. Hasanah U, Kesehatan Lingkungan Poltekkes Kemenkes Makassar J. Analisa Kadar CO₂ Dan NO Di Basement Trans Studio Makassar. 2020;20(2):2020.
25. Hardiyanti NHN. Studi Volume Jumlah Kendaraan Terhadap Kandungan NO₂ Di Udara Pada Basement Trans Studio Makassar. *Sulolipu Media Komun Sivitas Akad dan Masy*. 2020;20(2):247–52.
26. Syech R. Faktor-Faktor Fisis Yang Mempengaruhi Akumulasi Nitrogen Monoksida Dan Nitrogen Dioksida Di Udara Pekanbaru. *Komun Fis Indones*. 2014;10(7):516–23.
27. Angelia GC, Akili RH, Maddusa SS. Analisis Kualitas Udara Ambien Karbon Monoksida (CO) Dan Nitrogen Dioksida (NO₂) Dibeberapa Titik Kemacetan Di Kota Manado. *KESMAS*. 2019;8(6).
28. Lucas JB. The National Institute for Occupational Safety and Health. *Contact Dermatitis*. 1977;3(6):321–6.
29. Sunarsih E, Alrasid H, Gernauli Purba I, Trisnaini I. Health Risks of Nitrogen Dioxide Exposure Among Primary School Children in Ogan Ilir, South Sumatra, Indonesia: Effect on Lung Function. *J Ilmu Kesehat Masy*. 2020;11(01):31–42.
30. Nurfadila E, Nuddin A, Majid M, Nurlinda N, Usman U, Sudarman D. Analisis Dampak Paparan Nitrogen Dioksida terhadap Kejadian Penyakit pada Petugas Parkir di Kota Parepare. *J Ilm Mns Dan Kesehat*. 2023;6(2):348–57.
31. Izzati C, Noerjoedianto D, Siregar SA. Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan Paparan Nitrogen Dioksida (NO₂) Pada Penyapu Jalan di Kota Jambi Tahun 2021. *J Kesmas Jambi*. 2021;5(2):45–54.
32. McKay CA. Toxin-induced Respiratory Distress. *Emerg Med Clin North Am* [Internet]. 2014;32(1):127–47. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0733862713000837>
33. Rauf R, Amraeni Y, Ali L. PM 2.5 Exposure Risk Analysis Around Mining Area Wolo District. *Miracle J Public Heal*. 2021;4(2):144–51.
34. Darmawan R. Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan Kadar NO₂ Serta keluhan kesehatan petugas Pemungut Karcis Tol. *J Kesehat Lingkungan*. 2018;10(1):116–26.
35. Alfaro SY, Huboyo HS, Muhlisin Z. Studi Penyisihan Emisi Nitrogen Oksida (NO_x) Pada Asap Rokok Filter Dan Kretek Dengan Variasi Tegangan Listrik Menggunakan Teknologi Plasma. *J Tek Lingkungan*. 2014;3(4):1–8.
36. Eviansa AZ, Abbas HH, Fachrin SA, Sani A. Analisis Faktor Determinan Terhadap Gangguan Fungsi Paru Pada Pekerja SPBU Makassar. *Wind Public Heal J*. 2022;3(3):2077–85.