

ANALISIS RISIKO KESEHATAN LINGKUNGAN KADAR NO₂ SERTA KELUHAN KESEHATAN PETUGAS PEMUNGUT KARCIS TOL

Environmental Health Risk Assessment of NO₂ Ambient Level and Toll Collectors Officer's Health Complaints

Romi Darmawan

Departemen Kesehatan Lingkungan Fakultas Kesehatan Masyarakat
Universitas Airlangga
romiedprivat@gmail.com

Abstrak: Saat ini kadar NO₂ udara ambien semakin meningkat setiap tahunnya. Kadar NO₂ yang melebihi standar baku mutu akan memberikan dampak buruk bagi lingkungan maupun kesehatan manusia. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kadar NO₂ serta keluhan kesehatan petugas pemungut karcis tol Gerbang Tol Dupak 1, Kota Surabaya dengan pendekatan analisis risiko kesehatan lingkungan (ARKL). Penelitian ini bersifat deskriptif dengan *design* penelitian *cross sectional*. Wawancara dilakukan dengan menggunakan kuesioner kepada 17 responden yang sesuai dengan kriteria inklusi untuk mengetahui keluhan kesehatan responden. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah kadar NO₂, jenis kelamin, umur, berat badan, lama bertugas per hari dan masa kerja. Sedangkan variabel terikat dalam penelitian ini adalah keluhan kesehatan petugas pemungut karcis tol Gerbang Tol Dupak 1 Surabaya yaitu, pusing, perih pada mata, mata merah, sesak nafas dan batuk. Hasil ARKL menunjukkan bahwa petugas pemungut karcis tol dengan rata-rata berat badan 62 kg tidak aman bekerja di Gerbang Tol Dupak 1 Surabaya jika laju asupan udara sebesar 0,83 m³/jam, bekerja 8 jam/hari dalam 350 hari/tahun selama 30 tahun ke depan jika nilai konsentrasi NO₂ maksimal 0,1183 ppm (RQ > 1). Keluhan kesehatan yang terjadi pada responden adalah batuk 82,3%, mata merah 70,5%, perih pada mata 64,7%, pusing 53% serta sesak nafas 47%. Berdasarkan hasil di atas, dapat disimpulkan bahwa tingkat risiko paparan NO₂ bagi responden tidak aman dan hendaknya melakukan upaya preventif seperti konsumsi kaya vitamin C dan E, dan memakai masker N95. Penerapan peraturan untuk pemakaian masker dan kawasan tanpa rokok harus diterapkan secara tegas.

Kata kunci: kadar NO₂, Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan, keluhan kesehatan, petugas pemungut karcis Tol

Abstract: Nowadays NO₂ ambient level has been increasing in year to year. Pollutant level which has over level from the threshold limit will give some of bad effects to environment and human health. The aim of this study was to measure the environmental health risk assessment of NO₂ ambient level and toll collectors officer's health complaints at Toll gate of Dupak 1, Surabaya. This was descriptive study with cross sectional design. Interview was done to 17 respondents who met the conclusion criteria to know respondent's health complaints. Independent variables were NO₂ level, sex, age, weight, length of work in a day and work period. Where as dependent variabel was toll collectors officer's of Toll gate of Dupak 1 Surabaya health complaints, such as: headache, eyes irritation, red eyes, hard to breath and cough. Result shown that respondent with 62 weight average were not safe work in Toll gate of Dupak 1 if the air velocity was 0.83 m³/hour, in 8 hour/day, average of time in 350 days/year for next 30 years if NO₂ level had maximal concentration 0.1183 ppm (RQ > 1). The majority of health complaints were cough 82.3%, red eyes 70.5%, eyes irritation 64.7%, headache 53%, and hard to breath 47%. However risk quotient of NO₂ exposure was not safe for respondent with pollutants level appropriate to the measurement result and should have preventive action like as consume vitamin C and E and use N95 and regulations for using masker and not smoking while work have to applied strictly.

Keywords: NO₂ level, Environmental Health Risk Assessment (EHRA), health complaints, Toll collectors officer

PENDAHULUAN

Perwujudan kualitas lingkungan yang sehat merupakan bagian pokok di bidang kesehatan. Udara sebagai komponen lingkungan yang penting dalam kehidupan perlu dipelihara dan ditingkatkan kualitasnya sehingga dapat memberikan daya dukung bagi makhluk hidup untuk hidup secara optimal (Depkes RI, 2004).

Berdasarkan hasil pemantauan Kementerian Lingkungan Hidup melalui *Air Quality Monitoring Station* (AQMS), enam dari sepuluh kota besar di Indonesia yaitu Jakarta, Surabaya, Medan, Bandung, Jambi, dan Pekanbaru memiliki kualitas udara berkategori baik hanya selama 22 hingga 62 hari dalam setahun.

Udara merupakan campuran beberapa macam gas yang perbandingannya tidak tetap, tergantung pada suhu udara, tekanan udara, dan lingkungan sekitarnya. Apabila susunan udara mengalami perubahan dari susunan keadaan normal dan mengganggu kehidupan manusia, hewan, dan tumbuhan maka berarti udara telah tercemar. Salah satu teknologi yang menyebabkan pencemaran udara adalah kendaraan bermotor. Sebagian besar polusi udara (70%) disebabkan oleh kegiatan transportasi (Arifin dan Sukoco, 2009).

Laju pertumbuhan kendaraan bermotor memberi kontribusi besar terhadap pencemaran udara. Zat pencemar udara utama di dunia adalah gas buang dari sisa hasil pembakaran bahan bakar fosil dari kendaraan bermotor. Berbagai hasil penelitian menunjukkan bahwa kendaraan bermotor merupakan kendaraan yang berkontribusi besar dalam pencemaran udara (Budiyono, 2011).

Dari lima kelompok polutan yaitu karbon monoksida, nitrogen dioksida, hidrokarbon, sulfur oksida, dan partikel, yang tingkat toksisitasnya paling tinggi adalah partikulat atau debu disusul nitrogen dioksida (Ferdiaz, 1992). Nitrogen dioksida (NO₂) termasuk polutan yang diemisikan dari berbagai sumber di suatu kawasan terutama sektor transportasi. Sebagai gambaran umum, sektor transportasi menyumbang pencemar NO₂ sebesar 69% di perkotaan, diikuti industri dan rumah tangga (Mukono a, 2006).

Kadar NO₂ di udara jika terlalu tinggi diatas Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU) 100 akan mengakibatkan dampak negatif, yaitu: terjadinya hujan asam, menyebabkan kesulitan bernafas bagi penderita asma, menyebabkan batuk untuk anak-anak dan orang tua, menurunkan visibilitas dan berbagai gangguan pernafasan, serta dapat menyebabkan kematian. Selain itu, masyarakat perlu mengetahui kadar nitrogen dioksida (NO₂) yang aman bagi kesehatan (Prayudi dkk, 2010)

Petugas pemungut karcis tol adalah salah satu kelompok masyarakat yang berisiko terpapar NO₂. Selain lingkungan kerja mereka yang berada di jalan raya, juga ruang kerja mereka yang sering kali masih terbuka (ukuran jendela luas) sehingga gas pencemar udara termasuk NO₂ mudah memapar mereka. Masyarakat yang memiliki risiko tinggi adalah mereka yang memiliki aktivitas tinggi di sekitar jalan (pedagang kaki lima, polisi,

pemukim di sekitar jalan, petugas pemungut karcis tol dan sopir) (Layalia, 2009).

Jalan tol merupakan salah satu jalur umum yang manfaatnya untuk bebas dari kepadatan di jalan raya. Di Surabaya ada banyak titik gerbang tol salah satunya adalah Gerbang Tol Dupak. Gerbang Tol Dupak merupakan salah satu gerbang tol dari dua gerbang tol kawasan Surabaya dengan kuantitas kendaraan beroda empat yang cukup tinggi. Gerbang tol biasanya terdiri dari beberapa gardu dengan petugas pemungut karcis tol 3 shift dalam sehari. Petugas pemungut karcis tol yang bekerja 8 jam per hari di gardu tol, memiliki risiko yang membahayakan kesehatannya akibat paparan polutan udara di sekitar gerbang tol, akibat kendaraan bermotor yang melintas, apalagi jika tol tersebut termasuk loket dengan kuantitas kendaraan yang cukup tinggi.

Dampak negatif yang ditimbulkan oleh gas pencemar udara seperti NO₂ dapat diperkirakan besar risiko kesehatannya. Untuk mengetahui seberapa besar risiko kesehatan yang ditimbulkan oleh gas pencemar udara tersebut, maka penelitian ini menggunakan suatu pendekatan yang disebut Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL). Pendekatan ini digunakan untuk memprediksi besarnya risiko di masa yang akan datang (BBTKL PP, 2012).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Gerbang Tol Dupak 1 Surabaya dan merupakan jenis penelitian deskriptif dengan rancang bangun *cross sectional*. Pada penelitian ini hanya mengobservasi fenomena pada satu titik pada waktu tertentu (Notoatmodjo, 2010). Populasi pada penelitian ini adalah semua petugas pemungut karcis tol Gerbang Tol Dupak 1 Kota Surabaya. Sampel penelitian ini ada dua jenis; sampel lingkungan yaitu kadar NO₂ yang terdapat di Gerbang Tol Dupak 1 Kota Surabaya yang diukur sebanyak 3 kali pada hari jumat; pengukuran pertama pada pukul 08.20–08.50 WIB, pengukuran kedua pada pukul 11.00–11.30 WIB dan pengukuran ketiga pada pukul 14.00–14.30 WIB dan sampel manusia yaitu petugas pemungut karcis tol Gerbang Tol Dupak 1 Kota Surabaya yang memenuhi adalah inklusi. Adapun kriteria inklusinya responden bukan perokok aktif, responden berada di tempat tersebut selama 8 jam per hari atau lebih, bekerja sebagai petugas pemungut karcis tol selama lebih dari 1

tahun di daerah tersebut dan bersedia bekerja sama dalam penelitian.

Cara pengambilan sampel lingkungan yaitu pengambilan sampel udara parameter NO₂ yaitu pertama mengisi botol impinger dengan larutan penyerap Griess Saltzman 10 ml, kemudian impinger dan erlenmeyer dengan tutup asah dihubungkan dengan selang silikon yang terdapat pada alat yang tersambung dengan flow meter dan pompa vakum dengan kecepatan aliran 0,4 liter/menit kemudian proses pemompaan dilakukan selama 1 jam, setelah proses pemompaan, larutan penyerap didiamkan selama 15 menit untuk diukur absorpsi pada panjang gelombang 500 nm. Pada pembuatan kurva kalibrasi dilakukan dengan memasukkan masing-masing 0,0 ml; 0,1 ml; 0,2 ml; 0,4 ml; 0,6 ml; 0,8 ml; 1 ml larutan standar natrium nitrit 0,0164 gr/liter pada tabung uji 25 ml dengan menggunakan pipet volumetrik, kemudian larutan tersebut ditambahkan larutan penyerap sampai tanda batas pada tabung uji, tabung uji dikocok kemudian didiamkan 15 menit untuk memperoleh perubahan warna, masing-masing campuran diukur absorbansinya dengan alat spektrofotometer pada panjang gelombang 550 nm (Dirjen PP PL, 2011). Sampel NO₂ diukur di laboratorium Hyperkes Kota Surabaya.

Sedangkan cara pengambilan sampel manusia pada petugas pemungut karcis tol menggunakan *purposive sampling*. Pengambilan sampel dengan cara *purposive* didasarkan pada suatu pertimbangan tertentu yang dibuat oleh peneliti sendiri berdasarkan ciri atau sifat populasi. Berdasarkan kriteria inklusi terdapat 17 responden dari 30 calon responden.

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah kadar NO₂, jenis kelamin, umur, berat badan, lama bertugas per hari dan masa kerja. Sedangkan variabel terikat dalam penelitian ini adalah keluhan kesehatan petugas pemungut karcis tol diantaranya, pusing, perih pada mata, mata merah, sesak nafas dan batuk.

Pengumpulan data dalam penelitian ini menggunakan data primer dan data sekunder. Untuk pengumpulan data primer; pertama melakukan wawancara dengan menggunakan kuesioner. Kuesioner ditujukan kepada responden yang berisi beberapa pertanyaan yang sesuai variabel penelitian meliputi karakteristik individu, dan gangguan kesehatan yang dialami oleh responden. Kedua, dengan melakukan penimbangan berat badan responden. Ketiga berupa hasil uji laboratorium udara ambien

yaitu hasil uji kadar NO₂. Keempat menghitung kepadatan kendaraan yaitu dengan cara menghitung jumlah kendaraan yang melintas di Gerbang Tol Dupak 1 Surabaya selama satu jam di setiap pengukuran. Untuk pengambilan data sekunder yaitu mengambil data kualitas udara lingkungan kerja di Gerbang Tol Dupak 1 Kota Surabaya dan data kepadatan kendaraan yang melintasi Gerbang Tol Dupak 1 Kota Surabaya.

Pengolahan data ARKL untuk memperkirakan tingkat risiko kesehatan akibat paparan udara emisi yang mengandung NO₂ dari populasi berisiko. Kadar tersebut kemudian dinyatakan sebagai konsentrasi *risk agent* yang masuk ke tubuh manusia melalui inhalasi. Pengolahan data menggunakan perhitungan analisis risiko yaitu dengan menghitung asupan (*intake*), untuk mengetahui tingkat risiko *risk agent* (RQ) terhadap responden. Perhitungan asupan (*intake*) diperoleh berdasarkan data konsentrasi NO₂ sebagai *risk agent* dalam udara (mg/m³), laju asupan paparan (m³/hari), frekuensi paparan tahunan (hari/tahun), durasi paparan (*real time*) dalam tahun, berat badan (kg), periode waktu rata-rata (30 tahun × 365 hari/tahun untuk nonkarsinogen) (Rahman, 2007). Data asupan konsentrasi NO₂ dalam udara diperoleh dengan menggunakan persamaan berikut (Rahman, 2007).

$$I = \frac{C \times R \times tE \times fE \times Dt}{Wb \times t \text{ avg}}$$

- I = Intake (asupan), jumlah *risk agent* yang masuk, (mg/kg/hr)
 C = Konsentrasi *risk agent*, mg/m³ untuk medium udara, mg/L untuk air minum, mg/kg untuk makanan atau pangan
 R = Laju (*rate*) asupan, 20 m³/hr atau 0.83 m³/jam (udara), 2 L/hr (air minum)
 tE = Waktu pajanan harian, 24 jam/hari (hanya untuk pajanan inhalasi)
 fE = Frekuensi pajanan tahunan, 350 hari/tahun
 Dt = Durasi pajanan, *real time* atau 30 tahun proyeksi
 Wb = Berat badan, 70 kg atau 55 kg (70 kg dari US-EPA, 1990)
 tavg = Periode waktu rata-rata, 30 tahun × 365 har/tahun (non karsinogenik) atau 70 tahun × 365 hari/tahun (karsinogenik)

Karakterisasi risiko kesehatan dinyatakan sebagai *Risk Quotient* (RQ, tingkat risiko) untuk efek non karsinogenik dan *Excess Cancer Risk* (ECR) untuk efek karsinogenik. Dihitung dengan rumus:

$$RQ = Ink / RfC$$

RQ : *Risk Quotient*

Ink : *Intake* (asupan) non karsinogenik

RfC : *Reference Concentration* (untuk pajanan melalui inhalasi)

Risk agent dari udara belum memiliki *Cancer Slope Factor* (CSF), oleh karena itu hanya bisa dihitung risiko nonkarsinogeniknya saja (RQ). RQ < 1 berarti pajanan *risk agent* masih relatif aman bagi kesehatan tetapi jika RQ > 1, maka pajanan *risk agent* bisa menimbulkan dampak berbahaya atau gangguan kesehatan bagi kesehatan petugas pemungut karcis tol yang terpajan. Sedangkan analisis statistik dilakukan dengan cara deskriptif yaitu dengan menggambarkan besar risiko gangguan kesehatan yang akan dialami oleh petugas pemungut karcis tol Gerbang Tol Dupak 1 Kota Surabaya akibat adanya NO₂ di udara.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Responden

Berdasarkan hasil analisis, didapatkan beberapa hasil mengenai karakteristik 17 individu yang bertugas di Gerbang Tol Dupak 1 Kota Surabaya. Karakteristik responden dalam penelitian antara lain: umur, jenis kelamin, berat badan, lama bertugas per hari atau lamanya responden bertugas di lokasi penelitian per hari dan masa kerja atau berapa lama responden di lokasi tersebut dalam hitungan tahun.

Sebagian besar petugas pemungut karcis tol di Gerbang Tol Dupak 1, Kota Surabaya adalah perempuan. Menurut penelitian Raharjo (2009), banyaknya pekerja perempuan dipengaruhi oleh faktor kebutuhan akan biaya hidup yang secara langsung dirasakan oleh perempuan sehingga mereka lebih termotivasi bekerja untuk kebutuhan hidup mereka.

Umur responden dibagi ke dalam 2 kategori yakni usia 21–40 tahun dan 41–60 tahun. Sebagian besar responden adalah petugas dengan umur 41–60 tahun (82,3%). Distribusi responden berdasarkan umur dapat dilihat pada Tabel 1.

Berdasarkan hasil pengukuran didapatkan berat badan dari 17 responden dan sesuai dengan penelitian Nurbiantara (2010) dikategorikan dalam 3 kategori, yaitu 51–60 kg, 61–70 kg dan 71–80 kg. Mayoritas responden memiliki berat badan antara 51 kg–60 kg (52,9%).

Tabel 1.

Distribusi Karakteristik Responden di Gerbang Tol Dupak 1 Kota Surabaya Tahun 2014

Karakteristik Responden	Jumlah (orang)	Persentase (%)
Jenis Kelamin		
Laki-laki	5	29,4
Perempuan	12	70,6
Umur (tahun)		
21–40	3	17,7
41–60	14	82,3
Berat Badan (Kg)		
51–60	9	52,9
61–70	6	35,3
71–80	2	11,8
Lama Bertugas (Jam)		
8	17	100
Masa Kerja (tahun)		
≤ 10	2	11,7
> 10	15	88,3

Semua responden dalam penelitian ini bertugas di lokasi penelitian selama 8 jam per hari sesuai peraturan yang ditetapkan oleh perusahaan yang berada dalam pengawasan Dinas Tenaga Kerja, Transmigrasi dan Kependudukan yang mengatur jam kerja pekerja adalah 8 jam per hari.

Berdasarkan Tabel 1 dapat diketahui bahwa masa kerja responden terbagi dalam 2 kategori yaitu kurang dari atau sama dengan 10 tahun dan lebih dari 10 tahun. Hasil menunjukkan bahwa sebagian besar responden sudah bekerja selama lebih dari 10 tahun. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Pamungkas (2012), jika semakin lama seseorang bekerja maka semakin banyak orang tersebut terpapar bahaya yang ditimbulkan oleh lingkungan kerja tersebut.

Jumlah Kendaraan, Kadar NO₂ dan Pengukuran Meteorologi di Gerbang Tol Dupak 1 Surabaya

Berikut tabel yang menunjukkan hasil besar kadar NO₂, jumlah kendaraan pada saat pengukuran kadar NO₂, dan parameter meteorologi pada saat pengukuran kadar NO₂.

Berdasarkan Tabel 2 terlihat bahwa terjadi pengurangan jumlah kendaraan pada pengukuran kedua dan terjadi penambahan jumlah kendaraan 2,5 kali pada pengukuran ketiga jika dibandingkan dengan jumlah kendaraan pada pengukuran pertama yaitu sebesar 1230 kendaraan per jam.

Tabel 2.
Jumlah kendaraan, Kadar NO₂ dan Pengukuran Meteorologi di Gerbang Tol Dupak 1 Kota Surabaya Tahun 2014

	Pengukuran ke-		
	1	2	3
Kadar NO ₂ (ppm)	0,0084	0,0080	0,1183
Konversi NO ₂ (mg/m ³)	0,0160	0,0150	0,2224
Jumlah Kendaraan (Kend/Jam)	480	420	1230
Parameter Meteorologi			
Suhu Udara (°C)	30,8	32,1	33,2
Kelembapan Nisbi (%)	78	59	48
Kecepatan Angin (m/dt)	2–2,6	2–2,4	1,5–2,2
Arah Angin	Utara	Utara	Utara
Cuaca	Berawan	Cerah	Cerah

Bertambahnya jumlah kendaraan sebanding dengan naiknya kadar NO₂ yang terukur, karena berdasarkan Tabel 2, kadar NO₂ mengalami peningkatan pada waktu pengukuran ketiga dimana pada pengukuran Berdasarkan Tabel 2 terlihat bahwa terjadi pengurangan jumlah kendaraan pada pengukuran kedua dan terjadi penambahan jumlah kendaraan 2,5 kali pada pengukuran ketiga jika dibandingkan dengan jumlah kendaraan pada pengukuran pertama yaitu sebesar 1230 kendaraan per jam.

ketiga juga terjadi penambahan jumlah kendaraan. Hal ini dikarenakan pengukuran dilakukan pada hari jumat yang umumnya pegawai pulang kerja lebih awal dan bersamaan selesainya jam bongkar muat barang truk di pelabuhan.

Hasil pengukuran kadar NO₂ baik pada pengukuran pertama, kedua maupun ketiga tidak melebihi baku mutu yang ditetapkan yaitu sebesar 3 ppm berdasarkan Permenakertrans nomor 10 Tahun 2011 tentang nilai ambang batas faktor fisika dan faktor kimia di lingkungan kerja.

Pada data meteorologi dapat dilihat jika terjadi peningkatan suhu udara, berdasarkan penelitian Adi dkk (2011), pada saat suhu udara tinggi, gas dan partikel udara di permukaan naik akibat pemanasan.

Sehingga ada kecenderungan jika suhu udara meningkat maka akan menaikkan kadar gas dan partikel yang ada termasuk kadar NO₂. Bila kelembapan udara meningkat, suhu udara menurun juga berdampak pada besar kadar NO₂ yang terukur.

Kondisi cuaca pada saat pengukuran pertama adalah berawan dan pada saat pengukuran kedua

dan ketiga cuaca cerah dengan arah angin ke utara. Kecepatan angin mempunyai korelasi yang bersifat negatif. Bila kecepatan angin tinggi maka kadar NO₂ yang terukur rendah.

Keberadaan Tanaman, Ventilasi, APD dan Peraturan Kawasan Tanpa Rokok di Gerbang Tol Dupak 1

Selain aspek meteorologis juga ada aspek lain yang juga berpengaruh pada besar kecilnya kadar polutan udara. Dalam penelitian ini diobservasi 4 aspek yaitu ada tidaknya tanaman di lokasi lingkungan kerja, ada tidaknya ventilasi berupa AC ataupun jendela, ada tidaknya peraturan tentang kawasan tanpa rokok dan peraturan penggunaan masker sebagai APD petugas.

Adanya tanaman bisa menjadi pencegah alami petugas dari paparan polutan udara. Tanaman mampu menyerap bahan kimia di udara maupun tanah melalui akar. Tanaman juga menghalangi pergerakan angin sehingga hal ini juga berdampak pada paparan gas pencemar.

Adanya AC di dalam suatu ruangan adalah satu cara pencegahan dengan menggunakan ventilasi buatan, yang cukup efektif dalam mengupayakan kondisi ruangan tetap memiliki kualitas udara yang aman bagi manusia. Pada penelitian ini, petugas pemungut karcis tol bekerja di ruangan kecil di mana terdapat ventilasi buatan berupa AC namun juga ada jendela yang cukup besar yang digunakan oleh petugas untuk memungut karcis tol bagi pengguna jalan tol. Sehingga ventilasi buatan seperti jendela yang terbuka juga dapat mempengaruhi besar kadar polutan udara yang akan memapar petugas. Jendela yang terbuka di ruangan petugas pemungut karcis tol akan memungkinkan masuknya polutan udara ke tubuh meskipun di dalam ruangan sudah ada AC. Kondisi AC juga perlu untuk diperhatikan, kondisi AC yang tidak rutin dibersihkan juga akan mengurangi keefektifan dalam mencegah paparan polutan udara.

Adanya asap rokok juga bisa menjadi variabel pengganggu dalam penelitian ini sehingga ada tidaknya peraturan kawasan tanpa rokok juga perlu diperhatikan. Juga APD berupa masker juga sangat perlu dalam hal pencegahan paparan polutan udara yang melewati jendela ruangan responden.

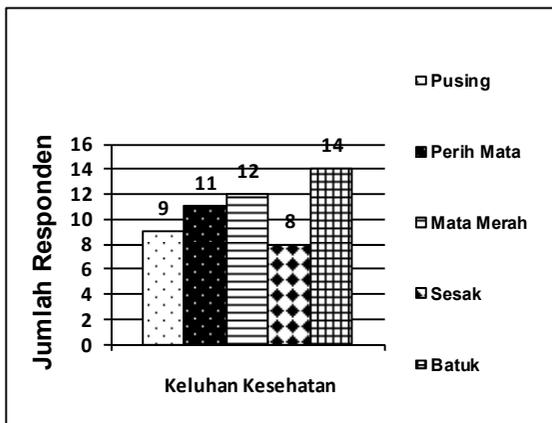
Dari hasil observasi menunjukkan keempat aspek ini sudah ada di Gerbang Tol Dupak 1 Kota Surabaya, namun berdasarkan survey

pendahuluan menunjukkan bahwa pengadaan masker baru diterapkan tahun lalu 2013 dan ketika observasi juga beberapa responden tidak memakai masker meskipun sudah ada peraturan pemakaian masker ketika bertugas di Gerbang tol Dupak 1 Kota Surabaya. Selain itu masker yang digunakan hanya masker biasa bukan masker dengan pori-pori sangat kecil khusus mencegah paparan gas seperti masker N95.

Pengadaan tanaman dan ruangan ber-AC juga baru diterapkan berdasarkan wawancara dengan kepala gerbang tol termasuk peraturan kawasan tanpa rokok sudah diterapkan sejak tahun 2010. Jadi bisa disimpulkan bahwa keempat aspek ini sudah diterapkan di Gerbang Tol Dupak 1 meskipun belum lama, sedangkan masa kerja petugas yang bekerja di gerbang tol ini sebagian besar lebih dari 10 tahun, hal ini juga akan mempengaruhi hubungan keluhan kesehatan dengan besarnya kadar polutan udara yang diukur di lokasi.

Keempat aspek ini bisa mengurangi kadar polutan udara yang terukur namun pelaksanaan keempat aspek ini yang baru saja dilaksanakan juga akan mempengaruhi hubungan keluhan kesehatan yang dialami petugas pemungut karcis tol dengan besar kadar NO₂ yang terukur.

Keluhan Kesehatan Petugas Pemungut Karcis Tol di Gerbang Tol Dupak 1 Surabaya



Gambar 1.

Diagram Keluhan Kesehatan yang Dialami oleh Petugas Pemungut Karcis Tol di Gerbang Tol Dupak 1 Surabaya Tahun 2014

Pencemaran udara berdampak sangat luas bagi kehidupan makhluk hidup terutama manusia. Pencemaran udara menimbulkan dampak contohnya pemanasan global pada planet bumi yang mengakibatkan mencairnya

es di daerah kutub. Udara yang tercemar dapat meningkatkan berbagai jenis penyakit seperti ISPA (Infeksi Saluran Pernapasan Atas). Untuk jangka waktu yang panjang penurunan kualitas udara dapat menyebabkan kematian, penyakit kanker yang disebabkan oleh emisi kendaraan bermotor, asap kebakaran hutan dan emisi kegiatan industri maupun rumah tangga.

Keluhan kesehatan yang ditanyakan ketika wawancara berhubungan dengan paparan gas NO₂. Berikut diagram hasil wawancara mengenai keluhan kesehatan yang dialami petugas.

Dari diagram di atas dapat diketahui bahwa keluhan kesehatan yang paling banyak dialami responden adalah batuk sebanyak 14 responden (82,3%), kemudian yang paling banyak kedua adalah mata merah sebanyak 12 responden (70,5%) sedangkan yang keluhan terbanyak ketiga adalah perih pada mata sebanyak 11 responden (64,7%). Sedangkan keluhan pusing di alami sebanyak 9 responden (53%). Keluhan paling sedikit yaitu sesak nafas, sebanyak 8 responden (47%).

Berdasarkan hasil wawancara, Sebanyak 10 responden perempuan sering mengalami batuk, 9 responden perempuan mengalami mata merah dan 8 responden perempuan mengalami perih pada mata. Sedangkan sebanyak 6 responden perempuan sering mengalami pusing dan sesak nafas. Sedangkan untuk responden laki-laki, sebanyak 4 responden mengalami sesak batuk dan sebanyak 3 responden mengalami pusing, perih pada mata dan mata merah dan 2 responden mengalami pusing. Menurut Madina (2007), daya tahan perempuan dan laki-laki tidak berbeda, tetapi setelah usia 21 tahun lebih rendah 15–25% dari pria. Perbedaan ini antara lain disebabkan oleh perbedaan kekuatan otot maksimal, luas permukaan tubuh, komposisi tubuh, kekuatan otot, jumlah hemoglobin dan kapasitas paru.

Sebagian besar responden yang berumur 41–60 tahun mengalami keluhan kesehatan. Banyak dari responden tersebut sering mengalami keluhan iritasi mata (perih pada mata dan mata merah) dan batuk. Hal ini didukung pula dengan pendapat Sutiastuti (2011), yaitu dengan bertambahnya usia lanjut seseorang akan diikuti penurunan semua fungsi organ tubuh sehingga pada masa lanjut usia akan terjadi penurunan daya tahan tubuh atau dengan kata lain rentan terhadap penyakit.

Berdasarkan hasil wawancara yang dilakukan, diketahui jika sebagian besar responden yang

mengalami keluhan pusing, perih pada mata, mata merah, sesak nafas dan batuk adalah yang memiliki berat badan 51–60 kg. Menurut penelitian Yulaekha (2007), menyatakan bahwa berat badan berlebih dapat mengurangi umur seseorang. Bahkan orang yang memiliki berat badan berlebih yang tidak merokok berarti hidupnya lebih sehat, memiliki risiko kematian dini yang lebih tinggi dibanding orang yang lebih kurus. Namun dalam hal intake polutan udara terhadap tubuh, berat badan berbanding terbalik dengan besarnya *intake*, semakin berat badan seseorang juga semakin aman orang tersebut dari paparan polutan udara. Dari informasi ini jelas terlihat bahwa besar berat badan juga berpengaruh pada besarnya *intake* seseorang atas polutan udara. Dari hasil kuesioner menunjukkan bahwa sebagian besar responden dengan berat badan 51–60 Kg lebih tidak aman berada di lokasi dibandingkan dengan responden dengan berat badan 61–70 Kg

Menurut penelitian Sandra (2008), menyatakan bahwa pekerja yang berada di lapangan tidak lebih dari 10 tahun, apabila lebih dari 10 tahun, maka sudah seharusnya dipindahkan untuk bekerja di dalam ruangan. Namun, dalam prakteknya, petugas pemungut karcis tol memang berada di dalam ruangan dengan ventilasi yang tetap terbuka meskipun sudah terdapat AC di dalam ruangan. Hal ini sesuai dengan hasil analisis wawancara responden yang menyatakan jika sebagian besar responden telah bertugas selama lebih dari 10 tahun. Mayoritas responden yang telah bertugas selama lebih dari 10 tahun, mengalami iritasi mata (perih pada mata dan mata merah) dan batuk. Sehingga dapat disimpulkan jika, semakin lama seseorang bekerja di ruangan di lapangan terbuka jika ruangan tersebut tidak diperhatikan aspek kesehatan lingkungannya maka semakin rentan pula untuk mengalami keluhan kesehatan akibat paparan polusi udara di sekitar tempat bekerja.

Di samping itu, ada tidaknya tanaman, ada tidaknya ventilasi, ada tidaknya masker sebagai APD petugas pemungut karcis tol dan ada tidaknya peraturan kawasan tanpa rokok juga mempengaruhi keluhan kesehatan yang dialami responden. Karena dari hasil yang didapat keempat aspek ini sudah ada dan sudah diterapkan di Gerbang Tol Dupak 1 Surabaya meskipun tergolong baru dan belum maksimal. Adanya keempat aspek ini bisa mengurangi kadar polutan udara yang terukur, namun hasil

wawancara menunjukkan keluhan kesehatan petugas juga sudah ada. Ini juga bisa disebabkan oleh paparan polutan udara terhadap petugas terjadi sebelum diterapkannya keempat aspek ini. Hal ini bersesuaian dengan hasil penelitian ini di mana kadar NO_2 yang terukur kecil sehingga cukup aman bagi pekerja namun dari hasil wawancara mengenai keluhan kesehatan terhadap responden menunjukkan bahwa sebagian besar responden pernah mengalami keluhan kesehatan yang berkaitan dengan paparan NO_2 .

Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan Petugas Pemungut Karcis Tol terhadap Paparan NO_2 Di Gerbang Tol Dupak 1 Surabaya

Identifikasi Bahaya

Gerbang Tol Dupak 1 adalah salah satu gerbang tol yang padat di Surabaya. Padatnya kendaraan bisa meningkatkan polusi di lokasi tersebut termasuk kadar NO_2 . Tingginya kadar NO_2 dapat membahayakan kesehatan responden dalam hal ini petugas pemungut karcis tol.

Nitrogen dioksida (NO_2) adalah salah satu pencemar yang timbul akibat proses pembakaran. Kapanpun NO muncul, NO_2 juga selalu ditemukan, karena NO yang diemisikan pada proses pembakaran, akan segera bereaksi dengan oksigen di udara untuk membentuk Nitrogen Dioksida (NO_2) sebagai senyawa oksidasi nitrogen yang lebih stabil.

Gas NO_2 dapat merusak tubuh manusia dan lingkungannya. Jika NO_2 bertemu dengan uap air di udara atau dalam tubuh manusia akan terbentuk segera HNO_3 yang amat merusak tubuh. Karena itulah NO_2 terasa pedih jika mengenai mata, hidung, saluran pernapasan dan jantung. Konsentrasi yang tinggi dapat menyebabkan kematian (Sandra, 2008).

Konsentrasi NO_2 yang tinggi dapat mempengaruhi pernafasan. NO_2 merupakan gas berbahaya yang dapat mengganggu sistem pernafasan dengan menurunkan fungsi paru, serta melemahkan sistem pernafasan paru (Handayani dkk, 2003). Jumlah kendaraan bermotor yang meningkat setiap tahun juga sangat berpengaruh terhadap pengeluaran emisi gas buang kendaraan ke udara. Semakin banyak emisi gas buang, maka akan semakin tercemarlah udara jika tidak diiringi dengan upaya penurunan polutan. Peningkatan kendaraan bermotor diproyeksikan akan terus terjadi seiring meningkatnya mobilitas manusia

yang membutuhkan kendaraan (Pamungkas, 2012).

Berdasarkan Permenakertrans nomor 10 tahun 2011 tentang nilai ambang batas faktor fisika dan faktor kimia, kadar NO₂ adalah 3 ppm. Sehingga kadar NO₂ yang terukur pada penelitian ini masih jauh dari nilai ambang batas tersebut.

Analisis Dosis Respons

Tahapan selanjutnya adalah menganalisis dosis respons. Analisis dosis respons merupakan tahapan untuk menetapkan kuantitas toksisitas *risk agent* untuk setiap spesi kimia. Toksisitas dinyatakan sebagai dosis referensi, yaitu menggunakan RfC (*Reference Concentration*) untuk pajanan melalui inhalasi. RfC dari NO₂ ditetapkan dalam tabel EPA (*Environment Protecting Agent*) tahun 2012. Besar RfC untuk kadar NO₂ sebesar 0,02.

Analisis Pemajanan

Menurut Pamungkas (2012), nilai *intake* adalah nilai yang menunjukkan dosis sebenarnya yang diterima oleh pekerja setiap hari per kilogram berat badan. Dalam penelitian ini, perhitungan *intake* atau asupan dilakukan dengan menggunakan durasi pajanan *lifetime*. Pajanan *lifetime* yaitu durasi pajanan seumur hidup. Pada pajanan non karsinogenik periode waktu rata-rata selama 30 tahun untuk orang dewasa.

Besarnya nilai *intake* atau asupan berbanding lurus dengan nilai konsentrasi bahan kimia, laju asupan, frekuensi pajanan dan durasi pajanan yang artinya, semakin besar nilai tersebut maka akan semakin besar asupan seseorang (Pamungkas, 2012).

Berdasarkan hasil perhitungan, dapat dilihat bahwa durasi pajanan sangat berpengaruh terhadap hasil *intake* atau asupan. Semakin lama petugas bekerja maka hasil *intake* akan semakin tinggi dan risiko terkena efek kesehatan yang merugikan akan semakin tinggi pula.

Apabila melihat hasil *intake* sebelumnya didapatkan hasil bahwa dosis yang diterima oleh petugas telah melebihi RfC untuk kadar NO₂. Hal itu akan mempengaruhi tingkat risiko kesehatan yang diterima untuk masing-masing waktu pemajanan.

Karakteristik Risiko

Karakteristik risiko kesehatan didapatkan dari hasil perbandingan nilai *intake* atau asupan dengan nilai referensi bahan kimia yang

diperbolehkan. Hubungan antara nilai *intake* dengan risiko kesehatan adalah berbanding lurus. Apabila nilai *intake* semakin besar maka semakin besar pula risiko kesehatan yang diterima manusia.

Pada penelitian ini dalam perhitungan RQ dilakukan dua kali yaitu perhitungan nilai RQ dengan angka *default* yaitu angka standar yang sudah ada (laju asupan 0,83 m³/jam, waktu pajanan harian 24 jam per hari, frekuensi pajanan tahunan 350 hari per tahun, durasi pajanan 30 tahun, dan berat badan orang dewasa 70 kg) dan perhitungan RQ dengan data primer yaitu data dari hasil pengukuran di lokasi penelitian.

Tabel 3.

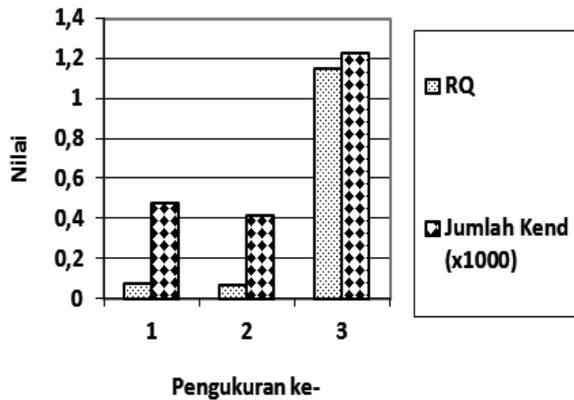
Nilai Kadar NO₂ Serta Perhitungan Nilai RQ Dengan Angka *Default* dan Data Primer di Gerbang Tol Dupak 1 Surabaya Tahun 2014

Pengukuran Ke-	NO ₂ dengan Angka Default		
	C	Ink	RQ
1	0,016	0,0014	0,072
2	0,015	0,0013	0,069
3	0,2224	0,0198	1,001
Pengukuran Ke-	NO ₂ dengan data primer		
	C	Ink	RQ
1	0,016	0,0016	0,08
2	0,015	0,0015	0,077
3	0,2224	0,0230	1,15

Perhitungan RQ dengan angka *default* menunjukkan nilai RQ pada ketiga pengukuran untuk kadar NO₂ hanya pada pengukuran ketiga yang memiliki RQ > 1 selain itu RQ < 1. Nilai RQ < 1, bermakna bahwa petugas pemungut karcis tol dengan berat badan 70 kg aman berada di daerah tersebut dari paparan NO₂ jika laju asupan 0,83 m³/jam, dengan jam kerja 8 jam perhari dalam 350 hari/tahun untuk jangka waktu 30 tahun ke depan. Untuk RQ > 1 yang artinya responden dengan berat 70 kg dengan laju asupan 0,83 mg/m³ dengan jam kerja 8 jam sehari tidak aman berada di daerah tersebut dari paparan NO₂ dalam jangka waktu 30 tahun kedepan.

Berdasarkan perhitungan RQ pada ke-17 responden di Gerbang Tol Dupak 1 Kota Surabaya didapatkan nilai RQ untuk kadar NO₂ terendah adalah 0,08 dan tertinggi adalah 1,15 dan RQ > 1 sebanyak 15 petugas. Nilai rata-rata RQ kadar NO₂ seluruh responden adalah 0,08 (pengukuran pertama), 0,077 (pengukuran

kedua) dan 1,15 (pengukuran ketiga). Besar kadar pencemar udara juga mempengaruhi nilai RQ dan besar kadar udara juga berhubungan langsung dengan banyaknya sumber pencemar udara (Mukono b, 2006). Berikut diagram perbandingan besar jumlah kendaraan dan nilai RQ (*risk quotient*) di Gerbang Tol Dupak 1 Surabaya.



Gambar 2.

Nilai RQ berdasarkan jumlah kendaraan per jam di Gerbang Tol Dupak 1 Kota Surabaya Tahun 2014

Berdasarkan Gambar 2 terlihat adanya pola yang sama antara besar nilai RQ dengan jumlah kendaraan. Jika terjadi penurunan jumlah kendaraan, hal ini juga diikuti dengan turunnya nilai RQ. Pengukuran ketiga menunjukkan adanya peningkatan jumlah kendaraan, hal ini juga mengakibatkan meningkatnya nilai RQ kadar.

Berikut tabel distribusi RQ menurut berat badan, lama bertugas dan masa kerja responden.

Perhitungan *intake* berdasarkan rumus *intake* ARKL menunjukkan bahwa semakin berat seseorang maka semakin kecil efek dari suatu paparan.

Dari Tabel 4, terdapat 15 responden dengan berat < 70 kg yang memiliki RQ > 1 dan hanya 2 responden dengan berat > 70 kg yang memiliki RQ < 1, hal ini menunjukkan bahwa semakin berat seseorang maka nilai RQ kurang dari satu dari pada berat badan yang lebih ringan. Sehingga responden dengan berat badan > 70 kg lebih aman di lokasi penelitian daripada responden dengan berat badan < 70 kg.

Menurut Nukman dkk (2005), berat badan adalah salah satu faktor penentu yang mempengaruhi jumlah asupan yang masuk ke dalam tubuh melalui inhalasi. Besarnya nilai *intake* berbanding lurus dengan nilai konsentrasi bahan kimia, laju asupan, frekuensi paparan dan durasi

Tabel 4.

Distribusi Nilai RQ Responden Menurut Berat Badan, Lama Bertugas dan Masa Kerja Responden di Gerbang Tol Dupak 1 Kota Surabaya Tahun 2014

RQ NO ₂	Berat Badan (Kg)			Total	%
	51 – 60	61 – 70	71– 80		
< 1	0	0	2	2	11,8
> 1	9	6	0	15	88,2

RQ NO ₂	Lama bertugas per hari (Jam)		Total	%
	8	> 8		
< 1	2	0	2	11,8
> 1	15	0	15	88,2

RQ NO ₂	Masa kerja (Tahun)		Total	%
	≤ 10	> 10		
< 1	0	2	2	11,8
> 1	2	13	15	88,2

pajanan. Sedangkan asupan berbanding terbalik dengan nilai berat badan dan periode waktu rata-rata. Sehingga semakin besar berat badan maka akan semakin kecil risiko kesehatannya.

Berat badan berimplikasi pada nilai *numeric* standar atau baku mutu sebagai salah satu bentuk pengendalian risiko. Temuan survey lainnya yang penting adalah frekuensi paparan atau paparan tahunan. Lama paparan didefinisikan sebagai banyaknya jumlah jam kerja yang dilakukan pekerja setiap hari di lingkungan kerja.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa semua petugas pemungut karcis tol bertugas selama 8 jam/hari. Lama paparan pada petugas pemungut karcis tol ini berkaitan langsung dengan banyaknya NO₂ yang memapar mereka selama bertugas di gerbang tol. Walaupun jumlah *intake* kadar NO₂ yang dihirup setiap hari masih kecil dan berada di bawah baku mutu udara ambien, namun apabila kadar NO₂ ini dihirup setiap hari dalam waktu yang lama maka akan mempengaruhi jumlah asupan dari NO₂ itu sendiri.

Sedangkan hubungan masa kerja dengan nilai RQ menunjukkan bahwa sebanyak 15 responden berisiko oleh paparan NO₂ atau bernilai RQ > 1 dengan rincian 2 responden dengan masa kerja ≤ 10 tahun dan 13 responden yang sudah memiliki masa kerja > 10 tahun.

Berdasarkan penelitian Lovita dkk (2001), menyatakan bahwa masa kerja menentukan lama paparan seseorang terhadap faktor risiko. Lama masa kerja seseorang meningkatkan risiko terkena penyakit pernafasan. Hal ini menunjukkan bahwa

semakin lama kerja seseorang akan semakin lama pula waktu terjadi paparan terhadap gas pencemar. Inhalasi benda asing ke dalam saluran pernafasan dapat menyebabkan peradangan di saluran nafas yang menimbulkan adanya manifestasi klinis.

Walaupun kadar NO₂ yang terukur di bawah baku mutu, namun untuk perhitungan nilai RQ menunjukkan kadar NO₂ belum aman bagi sebagian besar responden. Hal ini dilihat dari perbedaan masing-masing berat badan, masa kerja dan frekuensi paparan pertahun. Sebanyak 15 responden (88,2%) dari 17 responden yang memiliki nilai RQ > 1 untuk kadar NO₂.

Meskipun kini berbagai upaya pencegahan sudah dilakukan seperti adanya tanaman, AC, peraturan kawasan tanpa rokok serta pemakaian APD berupa masker namun keluhan kesehatan juga masih tinggi. Jadi tingginya keluhan kesehatan bisa disebabkan oleh paparan polutan udara sebelum diterapkannya semua upaya pencegahan. Sedangkan kecilnya NO₂ yang terukur bisa disebabkan oleh pengambilan kadar NO₂ dilakukan pada saat sudah diterapkannya berbagai pencegahan dari paparan polutan udara di Gerbang Tol Dupak 1 Kota Surabaya.

Pengelolaan Risiko

Hasil perhitungan analisis risiko didapatkan kadar NO₂ pada pengukuran sore bernilai RQ lebih dari satu, ini artinya perlu adanya pengelolaan risiko untuk mengurangi besarnya dampak serta memperpanjang durasi pajanan yang akan berdampak pada responden (Nukman dkk, 2005).

Berikut pengelolaan risiko yang disarankan antara lain: Pertama, melakukan berbagai upaya preventif mandiri atau proteksi diri untuk menjaga daya tahan tubuh. Misalnya dengan mengonsumsi asupan makanan yang mengandung vitamin (vitamin A untuk menjaga kesehatan mata dan imunitas yang bersumber dari sayuran yang berwarna hijau tua dan buah-buahan yang berwarna kuning atau jingga, vitamin E untuk memelihara fungsi paru yang bersumber dari bahan pangan kacang-kacangan dan sayur berwarna hijau, dan vitamin C untuk mencegah adanya benda asing yang masuk ke tubuh yang bersumber dari jambu biji dan jeruk) dan menyediakan air hangat sebagai upaya pertolongan apabila mata terasa pedih atau mata berwarna merah.

Kedua, perlu memaksimalkan upaya pencegahan yang sudah diterapkan selama ini seperti pemakaian masker sebagai APD bagi petugas, peraturan kawasan tanpa rokok, pengadaan ventilasi berupa AC dan pengadaan tanaman. Pihak PT Jasamarga baiknya memberi ketegasan dalam pemakaian APD serta penertiban pemakaian APD berupa masker N95 oleh petugas pemungut karcis tol dengan sanksi dan kamera pengontrol, dilakukan pembersihan AC secara berkala dan memperkecil ukuran jendela ruangan petugas pemungut karcis tol serta upaya untuk mengurangi polutan udara dengan merawat dan menambah tanaman yang sudah ada di sekitar gerbang tol. Beberapa tanaman penyerap NO₂ yang bisa ditanam seperti lidah mertua, dadap kuning dan cemara. Ketiga, sebaiknya Badan Lingkungan Hidup Kota Surabaya dan Balai Besar Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pengendalian Penyakit Surabaya serta Dinas Tenaga Kerja, Transmigrasi dan Kependudukan Bagian Teknik Lingkungan perlu menyampaikan informasi mengenai hasil pengawasan dan pemantauan udara secara berkala. Keempat, pihak yang berwenang dalam penetapan baku mutu NO₂ hendaknya meninjau kembali nilai baku mutu NO₂ yang sudah ditetapkan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan penelitian ini yaitu responden sebagian besar adalah wanita dengan usia 41-60 tahun. Berat badan sebagian besar responden adalah 51-60 kg dengan jam kerja selama 8 jam per hari. Parameter pencemar udara yang diukur adalah NO₂, pengukuran NO₂ dilakukan sebanyak 3 kali yaitu pengukuran pertama pada pukul 08.20-08.50 WIB, pengukuran kedua pada pukul 11.00-11.30 WIB dan pengukuran ketiga pada pukul 14.00-14.30 WIB. Sedangkan jumlah kendaraan terpadat adalah pada pengukuran ketiga sebesar 1230 kendaraan perjam. Keluhan kesehatan yang paling banyak dialami petugas pemungut karcis tol Gerbang Tol Dupak 1 Kota Surabaya yaitu batuk, mata merah dan perih pada mata. Hasil perhitungan ARKL menunjukkan sebanyak 2 responden memiliki nilai RQ < 1 dan 15 responden yang memiliki RQ > 1 yang berada di Gerbang Tol Dupak 1 Kota Surabaya untuk kadar NO₂.

Dari kesimpulan ini maka disarankan bagi petugas pemungut karcis tol dan instansi untuk

melakukan berbagai upaya preventif. Misalnya, bagi petugas pemungut karcis tol mengonsumsi makanan yang kaya vitamin A, C dan E. Di samping itu peraturan yang sudah ada seperti pemakaian masker sebagai APD petugas pemungut karcis tol, pelaksanaan peraturan kawasan tanpa rokok perlu dilaksanakan dengan tegas. Pemakaian masker juga disarankan menggunakan masker N95. Perawatan ventilasi berupa AC dan pengadaan tanaman penyerap polutan seperti lidah mertua, dadap kuning dan cemara juga perlu dimaksimalkan. Pengawasan dan pemantauan udara secara berkala di beberapa titik gerbang tol serta penertiban pemakaian APD pada petugas pemungut karcis tol perlu dilakukan instansi luar di bidang lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adi K, Bimo, Saraswati, Nadira., S.P, Nurfiena, Ricardo L.G, Rico. 2011. Simulasi Penyebaran NO₂ dan Emisi Kendaraan Bermotor di Bandung dengan Menggunakan TAQM. *Makalah*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Arifin, Z.M.T, dan Sukoco. 2009. *Pengendalian Polusi Kendaraan*. Bandung: Alfabeta.
- BBTKLPP. 2012. *Laporan Monitoring dan Evaluation Pencemaran Udara dan Endemis Penyakit di Kawasan Padat Lalu Lintas*. Surabaya.
- Budiyono, A. 2001. Pencemaran Udara: Dampak Pencemaran Udara Pada Lingkungan. *Jurnal Berita Dirgantara* Vol. 2 No. 1, Mei 2001: 15–17.
- Depkes RI. 2004. Parameter Pencemaran Udara dan Dampaknya Terhadap Kesehatan. *Artikel*. <http://www.depkes.go.id/downloads/Udara.PDF>. Disitasi 18 Mei 2014.
- Ferdiaz, S. 1992. *Polusi Air dan Udara*. Yogyakarta: Kanisius.
- Handayani, D., F. Yunus, dan W.H. Wiyono. 2003. Pola Penyebaran Gas NO₂ di Udara Ambien Kawasan Utara Kota Semarang pada Musim Kemarau Menggunakan Program ISCST3. *Jurnal Presipitasi*. Vol. 1 No. 1, Agustus 2003: 8–9.
- Kementrian Kesehatan RI. 2011. *Pedoman Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL)*. Jakarta: Direktorat Jenderal PP PL.
- Layalia, A. 2009. Kajian Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL) Kualitas Udara Ambien dan Hubungannya dengan Gangguan Pernafasan Pedagang Kaki Lima di Sekitar Perempatan Jl. Demak dan Perempatan PT. Sier Kota Surabaya. *Skripsi*. Surabaya: Universitas Airlangga.
- Lovita, D., dan A.A. Miftah. 2001. Gambaran Nilai Peak Expiratory Flow Rate (PEFR) dan Keluhan Respirasi Pada Petugas Kebersihan Dinas Kota Pekanbaru. *Laporan Penelitian*. Riau: Universitas Riau.
- Madina, D.S. 2007. Nilai Kapasitas Vital Paru dan Hubungannya dengan Karakteristik Fisik pada Atlet Berbagai Cabang Olahraga. *Skripsi*. Bandung: Universitas Padjajaran.
- Mukono, H.J. 2006.a. *Pencemaran Udara dan Pengaruhnya terhadap Gangguan Saluran Pernafasan*. Surabaya: Airlangga University Press.
- Mukono, H.J. 2006.b. *Prinsip Dasar Kesehatan Lingkungan Edisi Kedua*. Surabaya: Airlangga University Press.
- Notoatmodjo, S. 2010. *Metode Penelitian Kesehatan*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Nukman, Atrisman, Rahman. Abdur, Warouw, Sonny, Setiadi. Moh Ichsan. 2005. Analisis dan Manajemen Risiko Kesehatan Pencemaran Udara: Studi Kasus di Sembilan Kota Besar Padat Transportasi. *Jurnal Ekologi Kesehatan*. Vol. 4 No. 2, Agustus 2005: 270–289.
- Nurbiantara, S. 2010. Pengaruh Polusi Udara terhadap Fungsi Paru pada Polisi Lalu Lintas di Surakarta. *Skripsi*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Pamungkas, R.K. 2012. Kadar NO₂ di Udara Ambien Hubungannya dengan Keluhan Pernafasan Penduduk Berdasarkan Kajian Arkl dan Sebaran Tanaman (Studi di Jalan Raya Greges Kelurahan Greges Kecamatan Asemrowo Kota Surabaya). *Skripsi*. Fakultas Kesehatan Masyarakat. Universitas Airlangga. Surabaya.
- Permenakertrans. 2011. *Permenakertrans nomor 10 tahun 2011 tentang Nilai Ambang Batas Faktor Fisika dan Faktor Kimia di Lingkungan Kerja*.
- Prayudi, T. dan J. P. Susanto. 2001. Kualitas Debu dalam Udara Sebagai Dampak Industri Pengecoran Logam Ceper. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, Vol. 2, No. 2, Mei 2001: 168–174.
- Rahardjo, K. 1988. *Pertimbangan Anastasia untuk Usia Lanjut*. Cermin Dunia Kedokteran.
- Raharjo, M. 2009. Dampak Pencemaran Udara pada Lingkungan dan Kesehatan Manusia. *Skripsi*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Rahman, 2007. *Pelatihan Analsis Risiko Kesehatan Lingkungan*. Bahan Ajar. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Sandra, C. 2008. Pengaruh Penurunan Kualitas Udara Ambien Terhadap Fungsi Paru dan Keluhan Pernafasan Pada Polisi Lalu Lintas Polwiltabes Surabaya. *Tesis*. Surabaya: Universitas Airlangga.
- Sutiastuti. 2011. *Faktor yang Memengaruhi Penurunan Fungsi Organ Tubuh Manusia*. Semarang: Tirta Mulya.
- Yulaekha. 2007. Pengaruh Gizi Seimbang Pada Manusia. *Laporan Penelitian*. Semarang: Universitas Negeri Semarang.