

ANALISIS RISIKO KESEHATAN AKIBAT PAPARAN BENZENE MELALUI INHALASI PADA PETUGAS STASIUN PENGISIAN BAHAN BAKAR UMUM (SPBU) DI SEKITAR KAWASAN UNIVERSITAS DIPONEGORO SEMARANG

Dimas Triyadi, Nurjazuli, Hanan Lanang Dangiran

Bagian Kesehatan Lingkungan Fakultas Kesehatan Masyarakat
Universitas Diponegoro

Email: dimastriyadi@gmail.com

Abstract: *The use of motor vehicles increased from year to year due to seasonal residents come around Undip and area, it is impacting on the use of fuel gas stations around the area of Undip as a provider of fuel on average extension day, fill with 24,000 litres. fuel known to contain organic compounds, namely benzene that is dangerous on gas station attendant. This research aims to know the level of health risk due to exposure to benzene through inhalation on the gas station in the area around the Diponegoro University of Semarang. This research population is 78 people from 4 gas station. The number of samples obtained with the formula slovin of 28 people. This research is descriptive research that uses a risk assessment approach to environmental health. Data obtained from the measurement of the concentration of benzene inhaled aerial, weight measurements, interviews, and the study of literature. The results of measurement of concentrations of benzene aerial is of 28 respondents, respondents 1 threshold value exceeds 0,5 ppm specified Permenakertrans RI No.13 Tahun 2011 of 2,0791 ppm. The analysis to the data by doing the calculations benzene intake. The resulting intake values are then compared to the Reference Concentration (RfC) for non carcinogens effects and Cancer Slope Factor (CSF) for the effects of carcinogens. Analysis of the result obtained for the effects of non carcinogens realtime, namely $RQ \leq 1$ is 71,4%, $RQ > 1$ is 28,6%, and effect of non carcinogens lifetime, namely $RQ \leq 1$ is 10,7%, $RQ > 1$ is 89,3%. While the effects of carcinogens realtime, namely on $ECR \leq 10^{-4}$ is 39,3%, on $ECR > 10^{-4}$ is 60,7% and effects of carcinogens, namely $ECR > 10^{-4}$ is 100%. In conclusion, the level of non carcinogens health risks mostly secured or not yet at risk and the level of carcinogens health risk mostly unsafe or risky.*

Keywords : benzene, level of health risk, gas station

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Pertumbuhan penduduk di Kota Semarang mengalami peningkatan sesuai dengan data Badan Pusat Statistik (BPS) tahun 2013 sebesar 1.672.999 jiwa.⁽¹⁾ Hal tersebut juga disebabkan adanya pertumbuhan penduduk di tiap

kecamatan di Kota Semarang, terutama Kecamatan Tembalang dan Banyumanik. Dimana kedua kecamatan tersebut terdapat beberapa perguruan tinggi, salah satunya adalah Universitas Diponegoro. Hal tersebut membuat daya tarik pendatang dari berbagai daerah untuk datang ke kedua

kecamatan tersebut. Sebagaimana data Badan Pusat Statistik (BPS) tahun 2013 jumlah penduduk di Kecamatan Tembalang dan Banyumanik sebesar 147.564 jiwa dan 130.494 jiwa.⁽¹⁾ Jumlah penduduk tersebut berdampak pada penggunaan kendaraan bermotor, dimana jumlah kendaraan bermotor di Kecamatan Tembalang dan Banyumanik adalah 16.221 unit dan 5.707 unit.⁽²⁾

Penggunaan kendaraan tersebut tentunya membutuhkan bahan bakar dalam menjalankan aktivitas sehari-hari. Salah satu upaya untuk memenuhi kebutuhan bahan bakar tersebut adalah dengan memanfaatkan fasilitas Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU) yang ada di sekitar kawasan Universitas Diponegoro. Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU) yang ada di sekitar kawasan Universitas Diponegoro menyediakan berbagai jenis bahan bakar, seperti premium, pertalite, pertamax, solar, dan biosolar.

Setiap harinya Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU) di sekitar kawasan Universitas Diponegoro melakukan pengisian 24.000 liter bahan bakar. Bahan bakar yang ada di Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU) menimbulkan bau yang cukup menyengat yang dapat terhirup dan masuk ke dalam tubuh manusia, salah satunya petugas Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU) yang menjaga instalasi bahan bakar. Bau bahan bakar tersebut mengandung senyawa organik *benzene*.

Benzene merupakan senyawa organik yang ada di bensin dan telah digunakan secara luas di industri kimia dan obat. *Benzene* adalah cairan tidak berwarna dengan bau manis, menguap sangat

cepat di udara dan sukar larut dalam air.⁽³⁾

Menurut WHO, sumber *benzene* di udara ambien salah satunya berasal dari penguapan *benzene* di stasiun pengisian bahan bakar. Konsentrasi *benzene* di udara ambien diperkirakan dapat dihirup dan terpapar pada pekerja stasiun pengisian bahan bakar sebesar 0,12 ppm.⁽³⁾ Penelitian lainnya menunjukkan hasil paparan *benzene* di udara pada petugas stasiun pengisian bahan bakar sebesar 0,23 ppm atau 0,73 mg/m³.⁽⁴⁾

Paparan *benzene* dilingkungan kerja telah diatur nilai ambang batasnya. Di Indonesia Nilai Ambang Batas (NAB) dari *benzene* sebesar 0,5 ppm. Sesuai dengan Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia nomor PER/13/MEN/X/2011 tentang Nilai Ambang Batas Faktor Fisika dan Kimia di Tempat Kerja dan menurut NIOSH, Nilai Ambang Batas dari *benzene* adalah 0,1 ppm.⁽⁵⁾

Paparan *benzene* pada manusia dapat memberikan efek kesehatan terutama mengganggu sistem saraf pusat, sistem hematopoietik, dan sistem kekebalan tubuh. Efek secara akut dapat berupa iritasi laring, pusing, pucat, sesak napas, sakit kepala, kelelahan, mengantuk, dan pingsan. Sedangkan efek secara kronis dapat berupa kanker.⁽³⁾

Penelitian yang dilakukan oleh Pudyoko (2010) mengenai hubungan pajanan *benzene* dengan kadar fenol urin dan gangguan sistem hematopoietik pada pekerja instalasi BBM di Semarang mendapatkan hasil dari 46 orang pekerja, 8 orang memiliki kadar eosinofil tidak normal atau lebih tinggi dari kadar normal (1-6%) dan padapenelitian Ramon (2007)

didapatkan hubungan yang signifikan antara paparan *benzene* dengan profil darah, seperti *red blood cel*, hemoglobin, dan *mean cospulat hemoglobin*, hal tersebut dimaknai bahwa paparan *benzene* memiliki pengaruh yang dominan terhadap perubahan profil darah.⁽⁶⁾⁽⁷⁾

Berdasarkan pengamatan yang dilakukan pada Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU) di sekitar kawasan Universitas Diponegoro diketahui bahwa seluruh petugas tidak memakai masker untuk melindungi diri dari *benzene* yang menguap di udara ambien. Jalur masuk yang dominan pada petugas Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU) yang terpapar *benzene* adalah melalui jalur inhalasi atau saluran pernapasan. Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui tingkat risiko kesehatan akibat paparan *benzene* melalui inhalasi pada petugas Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU) di sekitar kawasan Universitas Diponegoro Semarang.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif yang menggunakan pendekatan analisis risiko kesehatan lingkungan dengan tujuan untuk menilai dan melakukan prediksi yang akan terjadi akibat paparan *benzene* pada petugas Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU) di sekitar kawasan Universitas Diponegoro Semarang. Pendekatan Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL) terdiri dari beberapa langkah, yaitu identifikasi bahaya, analisis dosis respon, analisis pemajanan, dan karakteristik risiko.⁽⁶⁾

Populasi dari penelitian ini adalah seluruh petugas di empat Stasiun Pengisian Bahan Bakar

Umum (SPBU) di sekitar kawasan Universitas Diponegoro. Jumlah petugas di empat Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU) di sekitar kawasan Universitas Diponegoro adalah 78 orang dan sampel penelitian ini dihitung dengan menggunakan rumus slovin,

$$n = \frac{N}{1 + Ne^2}$$

Keterangan :

n= *number of sample* (jumlah sampel)

N= *total population* (jumlah seluruh anggota populasi)

e= *error tolerance* (toleransi terjadinya galat; taraf signifikansi)

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{78}{1 + 78(0,15)^2} \\
 &= \frac{78}{2,755} \\
 &= 28,3 \\
 &= 28
 \end{aligned}$$

Berdasarkan sampel tersebut ddapatkan sampel sebesar 28 orang. agar sampel representatif maka dihitung kembali menggunakan rumus *proporsional random sampling*,

$$n = \frac{Ni}{N} \times ni$$

Keterangan :

n= jumlah sampel yang diteliti

N= jumlah total populasi

ni= sub sampel

Ni= jumlah populasi sub sampel

Tabel 1 Perhitungan Sampel Tiap SPBU di

Sekitar Kawasan Universitas Diponegoro

| No | Nama SPBU | $\frac{Ni}{N} \times ni$ | Sampel Tiap SPBU |
|----|-----------|--------------------------|------------------|
| 1 | AA | 7,89 | 8 orang |
| 2 | BB | 5,38 | 6 orang |
| 3 | CC | 6,46 | 6 orang |
| 4 | DD | 8,25 | 8 orang |

Teknik pengambilan sampel menggunakan *purposive sampling* yang berdasarkan dari pertimbangan tertentu yang dibuat oleh peneliti

dengan kriteria inklusi adalah petugas yang kontak langsung dengan sumber *benzene*, berjenis kelamin laki-laki dan/atau perempuan, bekerja pada *shift* pagi dan siang, serta bekerja ≥ 1 tahun.

Sumber data penelitian berasal dari data primer, yaitu yang didapatkan secara langsung saat proses penelitian seperti pengisian kuesioner, penimbangan berat badan, pengukuran konsentrasi *benzene* di udara ambien yang dihirup langsung oleh petugas Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU) dengan menggunakan alat *personal dust sampler* dan *cococnut shell charcoal*. Data sekunder didapatkan dari data administrasi tempat kerja, seperti jumlah pekerja, masa kerja, jenis BBM, jadwal *shift* kerja. Studi literatur mengenai rumus perhitungan *intake*, risiko non karsinogenik, karsinogenik, nilai dosis respon, dan metode teknis Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL).

Pengolahan data penelitian ini dilakukan dengan *editing*, *koding*, *entry data*, dan tabulasi hasil dari kuesioner dan uji laboratorium untuk konsentrasi *benzene*. Sedangkan analisis data dengan menggunakan perhitungan nilai *intake* agen risiko *benzene* baik secara non karsinogenik dan karsinogenik,⁽⁸⁾

$$I = \frac{C \times R \times t_E \times f_E \times D_t}{W_b \times t_{avg}}$$

Keterangan :

I : *intake*(mg/kg/hari)
C : konsentrasi agen risiko, yaitu *benzene*(mg/ m³)
R : *rate* (laju) asupan (m³/jam)
t_E : waktu pajanan per hari (jam/hari)
f_E : frekuensi pajanan tahunan (hari/tahun)
D_t : durasi pajanan, *real time* atau 30 tahun proyeksi

W_b : berat badan (kg)
t_{avg} : periode waktu rata-rata, 30 tahun x 365 hari/tahun (non karsinogenik) atau 70 tahun x 365 hari/tahun (karsinogenik)

Perhitungan tingkat risiko non karsinogenik,⁽⁸⁾

$$RQ = \frac{I_{nk}}{RfC}$$

Keterangan :

I_{nk} : *intake* non-kanker dari hasil perhitungan pajanan (mg/kgxhari)
RfC : dosis atau konsentrasi referensi (mg/m³) dan karena pajanan melalui inhalasi, maka digunakan *RfC*

Hasil perhitungan tingkat risiko non karsinogenik dimasukkan pada persamaan $RQ > 1$, maka konsentrasi agen berisiko dapat menimbulkan efek merugikan bagi kesehatan dan jika $RQ \leq 1$, maka konsentrasi agen belum berisiko menimbulkan efek kesehatan.

Perhitungan tingkat risiko karsinogenik,⁽⁸⁾

$$ECR = CSF \times I_{nk}$$

Keterangan :

I_{nk} : *intake* non-kanker dari hasil perhitungan pajanan (mg/kg/hari)
CSF : dosis atau konsentrasi referensi (mg/kg/hari)
Jika $ECR \leq 10^{-4}$, maka konsentrasi *benzene* belum berisiko menimbulkan efek kesehatan karsinogenik dan $ECR > 10^{-4}$ maka konsentrasi *benzene* berisiko menimbulkan efek kesehatan karsinogenik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukuran konsentrasi *benzene* di udara ambien yang dihirup langsung oleh 28 responden sebagai berikut:

Tabel 2 Hasil Pengukuran Konsentrasi *Benzene*

| NAB 0,5 ppm | Frekuensi (orang) | Persentase (%) |
|----------------|----------------------|-------------------|
| < 0,5 ppm | 27 | 96,4% |
| > 0,5 ppm | 1 | 3,6% |
| Total | 28 | 100% |

Tabel 2 menunjukkan yang melebihi NAB 0,5 ppm agen risiko *benzene* di udara ambien yang dihirup langsung oleh responden adalah 3,6% dari 28 responden.

Analisis dosis respon dilakukan dengan melihat nilai dosis respon non karsinogenik (RfC) dan karsinogenik (CSF) yang telah ditetapkan *IRIS US-EPA*, sebesar 3×10^{-2} mg/m³ yang dikonversi menjadi 0,0086 mg/kg/hari untuk non karsinogenik dan $2,2 \times 10^{-6}$ - $7,8 \times 10^{-6}$ yang dikonversi menjadi 0,1-0,34 mg/kg/hari.⁽⁹⁾

Analisis pemajanan paparan *benzene* dilakukan dengan melihat hasil dari karakteristik antropometri, laju inhalasi, dan pola pajanan dari responden pada saat bekerja di SPBU sekitar kawasan Universitas Diponegoro.

Tabel 3 Karakteristik Antropometri Berat

| Badan (Wb) Responden | | |
|----------------------|-------------------|----------------|
| Berat badan (kg) | Frekuensi (orang) | Persentase (%) |
| ≤ 42 | 1 | 3,6% |
| 43-53 | 10 | 35,7% |
| > 53 | 17 | 60,7% |
| Total | 28 | 100% |

Proporsi berat badan tertinggi adalah 60,7% dengan responden yang memiliki > 53 kg dan laju inhalasi (R) responden menggunakan nilai *default* yang sudah ditetapkan sebesar 0,83 m³/jam.⁽⁸⁾

Pola pajanan dari 28 responden dilihat berdasarkan lama kerja dalam jam/hari, frekuensi kerja dalam hari/tahun, dan dursai kerja dalam tahun.

Tabel 4 Pola Pajanan Responden

| Waktu (jam/hari) | Frekuensi (orang) | Persentase (%) |
|------------------|-------------------|----------------|
| 6 | 14 | 50 |
| 7 | 14 | 50 |
| Total | 28 | 100 |

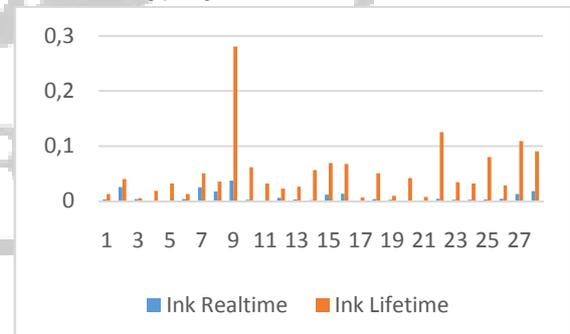
| Frekuensi (hari/tahun) | Frekuensi (orang) | Persentase (%) |
|------------------------|-------------------|----------------|
| 192 | 6 | 21,4 |
| 288 | 22 | 78,6 |
| Total | 28 | 100 |

| Durasi (tahun) | Frekuensi (orang) | Persentase (%) |
|----------------|-------------------|----------------|
| 1 | 8 | 28,6 |
| 2-10 | 16 | 57,1 |
| > 10 | 4 | 14,3 |
| Total | 28 | 100 |

Perhitungan nilai *intake* non karsinogenik dan karsinogenik baik secara *realtime* yang merupakan waktu sebenarnya responden bekerja dan *lifetime* yang merupakan proyeksi waktu pajanan seumur hidup, yaitu 30 tahun.

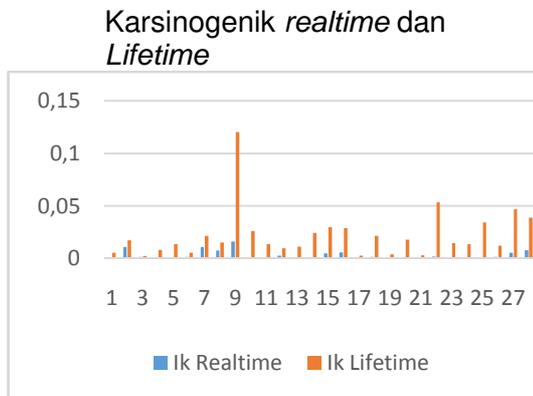
Gambar 1 Diagram Batang Nilai *intake* Non

Karsinogenik *Realtime* dan *Lifetime*



Dari hasil gambar 1 didapatkan nilai *intake* non karsinogenik *realtime* dan *lifetime* yang tertinggi pada responden

dengan nomor urut 9, yaitu 0,03 mg/kg/hari dan 0,28 mg/kg/hari. Gambar 2 Diagram Batang Nilai Intake



Dari hasil gambar 2 didapatkan nilai *intake* karsinogenik *realtime* dan *lifetime* pada nomor urut responden 9, yaitu 0,00027 mg/kg/hari dan 0,12 mg/kg/hari.

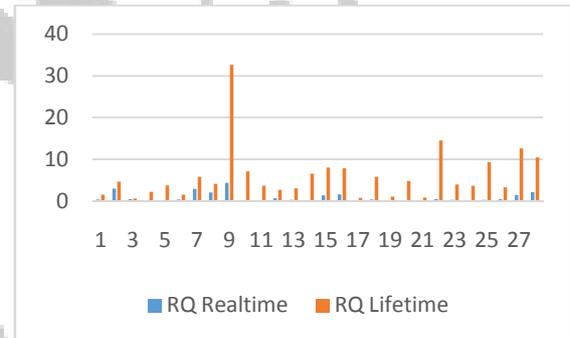
Perhitungan nilai *intake* non karsinogenik dan karsinogenik yang keduanya didapatkan nilai tertinggi pada responden nomor urut 9, diketahui responden nomor urut 9 merupakan responden yang memiliki nilai konsentrasi *benzene* tertinggi, yaitu 2,0791 ppm dari 28 responden lainnya dan juga melebihi Nilai Ambang Batas (NAB) yang telah ditetapkan 0,5 ppm.

Besarnya nilai *intake* pada 28 responden, terutama responden nomor urut 9 dipengaruhi dari nilai konsentrasi *benzene* di udara ambien yang dihirup langsung oleh responden. Selain itu, pola pajanan juga mempengaruhi. Kedua hal tersebut sesuai dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan nilai konsentrasi dan pola pajanan berbanding lurus dengan nilai *intake*, yang diartikan semakin besar nilai-nilai tersebut, semakin besar pula nilai *intake*-nya.⁽⁴⁾

Karakteristik risiko bertujuan untuk mengetahui tingkat risiko suatu agen risiko yang dalam hal ini adalah *benzene* yang ada di udara ambien yang dihirup langsung oleh

petugas SPBU. Karakteristik risiko non karsinogenik dan karsinogenik dapat diketahui tingkat risiko aman atau belum berisiko dan tidak aman atau berisiko dengan menghitung nilai *Risk Quotion* untuk non karsinogenik yang kemudian disesuaikan dengan persamaan $RQ \leq 1$ dan $RQ > 1$ serta *Excess Cancer Risk* (ECR) untuk karsinogenik yang kemudian disesuaikan dengan persamaan $ECR \leq 10^{-4}$ dan $ECR > 10^{-4}$.

Gambar 3 Diagram Batang Nilai *Risk Quotion* *Realtime* dan *Lifetime*



Dari hasil gambar 3 diketahui bahwa nilai *Risk Quotion* yang tertinggi adalah responden dengan nomor urut 9, yaitu sebesar 4,35 untuk *realtime* dan 32,6 untuk *lifetime*.

Tabel 5 Distribusi RQ *Realtime* dan *Lifetime* 28 Responden

| <i>Risk Quotion</i> (<i>realtime</i>) | Frekuensi (orang) | Persentase (%) |
|---|-------------------|----------------|
| $RQ > 1$ | 8 | 28,6 |
| $RQ \leq 1$ | 22 | 71,4 |
| Total | 28 | 100 |

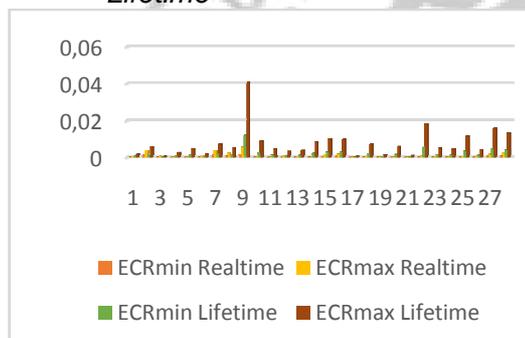
| <i>Risk Quotion</i> (<i>lifetime</i>) | Frekuensi (orang) | Persentase (%) |
|---|-------------------|----------------|
| $RQ > 1$ | 25 | 89,3 |
| $RQ \leq 1$ | 3 | 10,7 |
| Total | 28 | 100 |

Dari tabel 5 didapatkan proporsi tertinggi untuk RQ secara *realtime* adalah 71,4% atau $RQ \leq 1$ yang

artinya responden memiliki tingkat risiko aman atau belum berisiko menimbulkan efek kesehatan non karsinogenik dan secara *lifetime* didapatkan proporsi tertinggi sebesar 89,3% $RQ > 1$, yang artinya responden memiliki tingkat risiko tidak aman atau berisiko menimbulkan efek kesehatan non karsinogenik.

Karakteristik risiko karsinogenik ditentukan dengan melihat nilai *Excess Cancer Risk*. Gambar 4 Diagram Batang Nilai *Excess*

Cancer Risk Realtime dan *Lifetime*



Dari gambar 4 diketahui bahwa nilai ECR tertinggi ada pada responden dengan nomor urut 9 baik secara *realtime* dan *lifetime*, yaitu $1,6 \times 10^{-3}$ - $5,45 \times 10^{-3}$ dan $1,2 \times 10^{-2}$ - $4,8 \times 10^{-2}$.

Tabel 6 Distribusi ECR *Realtime* dan *Lifetime* 28 Responden

| <i>Excess Cancer Risk (realtime)</i> | Frekuensi (orang) | Persentase (%) |
|--------------------------------------|-------------------|----------------|
| ECR > 1 | 17 | 60,7 |
| ECR ≤ 1 | 11 | 39,3 |
| Total | 28 | 100 |
| <i>Excess Cancer Risk (lifetime)</i> | Frekuensi (orang) | Persentase (%) |
| ECR > 1 | 28 | 100 |
| Total | 28 | 100 |

Dari tabel 6 didapatkan proporsi nilai ECR > 1 *realtime* tertinggi sebesar

60,7%, yang diartikan responden memiliki tingkat risiko tidak aman atau berisiko menimbulkan efek kesehatan karsinogenik dan proporsi nilai ECR *lifetime* dengan ECR > 1 sebesar 100%, yang artinya seluruh responden memiliki tingkat risiko tidak aman atau berisiko menimbulkan efek kesehatan karsinogenik.

Karakteristik risiko nonkarsinogenik dengan tingkat risiko tidak aman atau berisiko secara *realtime* dan *lifetime* mengalami peningkatan dari 28,6% menjadi 89,3%. Sedangkan karakteristik risiko karsinogenik dengan tingkat risiko tidak aman atau berisiko secara *realtime* dan *lifetime* mengalami peningkatan pula dari 60,7% menjadi 100%.

Peningkatan tingkat risiko tidak aman tersebut dipengaruhi dari pola pajanan yang ada, semakin lama durasi bekerja, semakin besar pula risiko kesehatan akibat paparan *benzene*. Selain itu, paparan *benzene* dapat terjadi pula pada orang yang memiliki kebiasaan merokok dan terhirupnya asap rokok, seperti pada 28 responden didapatkan 46,5% memiliki kebiasaan merokok dengan jumlah konsumsi rokok 3-10 batang/hari bahkan ada yang > 10 batang.

Penelitian yang dilakukan pada petugas tol memperlihatkan hasil 60% responden petugas tol yang tidak merokok memberikan dampak positif bagi pajanan *benzene* dengan ECR ≤ 10^{-4} sebesar $2,5 \times 10^{-6}$ dan $4,4 \times 10^{-7}$ yang artinya memiliki tingkat risiko aman dari gangguan kesehatan karsinogenik.⁽¹⁰⁾ Asap rokok juga dapat menghasilkan paparan *benzene* dari penelitian yang dilakukan pada 14,2 batang rokok per hari didapatkan 362,1-904,4 µg benzeneper batang.⁽¹¹⁾

Setelah mengetahui bahwa ada tingkat risiko yang tidak aman maka tindak lanjut dari hal tersebut adalah melakukan manajemen atau pengelolaan risiko. Manajemen risiko dilakukan dengan cara dan strategi. Caranya adalah dengan menentukan batas aman dari agen risiko, baik dari nilai konsentrasi, waktu, frekuensi, dan durasi paparan. Jika dikaitkan dengan penelitian ini maka perlu dilakukan penentuan batas aman agen risiko *benzene* yang menjadi sebab terpaparnya petugas SPBU di sekitar kawasan Universitas Diponegoro.

Penentuan batas aman konsentrasi *benzene* non karsinogenik dan karsinogenik secara *realtime* dan *lifetime* dilakukan dengan melakukan perhitungan,

$$C_{nk(aman)} = \frac{RfC \times Wb \times tavg}{R \times tE \times fE \times Dt}$$

$$C_{k(aman)} = \frac{\frac{0,0001}{CSF} \times Wb \times tavg}{R \times tE \times fE \times Dt}$$

Penentuan batas waktu paparan aman *benzene* non karsinogenik dan karsinogenik secara *realtime* dan *lifetime* dilakukan dengan melakukan perhitungan,

$$t_{Enk(aman)} = \frac{RfC \times Wb \times tavg}{C \times R \times fE \times Dt}$$

$$t_{Ek(aman)} = \frac{\frac{0,0001}{CSF} \times Wb \times tavg}{C \times R \times fE \times Dt}$$

Penentuan batas frekuensi paparan aman *benzene* non karsinogenik dan karsinogenik secara *realtime* dan *lifetime* dilakukan dengan melakukan perhitungan,

$$f_{Enk(aman)} = \frac{RfC \times Wb \times tavg}{C \times R \times tE \times Dt}$$

$$f_{Ek(aman)} = \frac{\frac{0,0001}{CSF} \times Wb \times tavg}{C \times R \times tE \times Dt}$$

Penentuan batas durasi paparan aman *benzene* non karsinogenik dan karsinogenik secara *realtime* dan

lifetime dilakukan dengan melakukan perhitungan,

$$D_{tnk(aman)} = \frac{RfC \times Wb \times tavg}{C \times R \times tE \times fE}$$

$$D_{tk(aman)} = \frac{\frac{0,0001}{CSF} \times Wb \times tavg}{C \times R \times tE \times fE}$$

Perhitungan konsentrasi aman non karsinogenik dan karsinogenik dilakukan secara keseluruhan dengan nilai rata-rata dari 28 responden dengan data sebagai berikut:

| | |
|------------|----------------------------|
| RfC | : 0,0086 mg/kg/hari |
| C | : 0,82 mg/m ³ |
| Wb | : 58,57 kg |
| tE | : 6,5 jam/hari |
| fE | : 267,43 hari/tahun |
| Dt | : 5,5 tahun |
| Dlifetime | : 30 tahun |
| R | : 0,83 m ³ /jam |
| CSF | : 0,0003 – 0,001 |
| mg/kg/hari | |
| tavg(nk) | : 30 tahun x 365 |
| hari/tahun | = 10.950 hari |
| tavg(k) | : 70 tahun x 365 |
| hari/tahun | = 25.550 hari |

Tabel 7 Manajemen Risiko Paparan *Benzene*

| Variabel batas aman | Non karsinogenik | | Karsinogenik | |
|----------------------------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | <i>realtime</i> | <i>Lifetime</i> | <i>Realtime</i> | <i>lifetime</i> |
| Konsentrasi (mg/m ³) | 0,69 | 0,12 | 0,05 – 0,18 | 0,01 – 0,03 |
| Lama Papanan (jam/hari) | 5,43 | 1 | 0,44 – 1,47 | - 0,27 |
| Frekuensi Papanan (hari/tahun) | 223,84 | 41 | 18,21- 60,73 | 3,34 -11,16 |
| Durasi Papanan (tahun) | 4,6 | 4,6 | 0,375 - 1,25 | 0,375 - 1,25 |

Dari hasil tabel 7 dapat diketahui batas aman dari paparan *benzene* pada petugas SPBU di sekitar kawasan Universitas Diponegoro adalah batas aman konsentrasi *benzene* non karsinogenik *realtime*

dan *lifetime* sebesar 0,69 mg/m³ dan 0,12 mg/m³. batas aman konsentrasi *benzene* karsinogenik *realtime* dan *lifetime* sebesar 0,05-0,18 mg/m³ dan 0,01-0,03 mg/m³. Batas aman lama pajanan *benzene* non karsinogenik dan karsinogenik secara *realtime* dan *lifetime* adalah 5,43 jam/hari dan 1 jam/hari serta 0,044-1,47 jam/hari dan 0,08-0,27 jam/hari. Batas aman frekuensi pajanan *benzene* non karsinogenik dan karsinogenik secara *realtime* dan *lifetime* adalah 223,84 hari/tahun dan 41 hari/tahun serta 18,21-60,73 hari/tahun dan 3,34-11,16 hari/tahun. Batas aman durasi pajanan *benzene* non karsinogenik dan karsinogenik secara *realtime* dan *lifetime* adalah 4,6 tahun dan 0,375-1,25 tahun.

Setelah melakukan cara penentuan batas aman sebagai cara dari manajemen risiko, selanjutnya adalah dengan strategi manajemen risiko, yaitu melakukan pendekatan-pendekatan sebagai upaya pengendalian risiko, seperti pendekatan teknologi dan pendekatan administratif atau institusional.

KESIMPULAN

1. Hasil pengukuran konsentrasi *benzene* di udara ambien Stasiun Pengisian bahan Bakar (SPBU) yang dihirup langsung oleh 28 responden, hanya 1 responden yang melebihi NAB 0,5 ppm PerMenakertrans Nomor 13 Tahun 2011.

2. Hasil *intake* non karsinogenik dan karsinogenik secara *realtime* dan *lifetime* mengalami peningkatan yang dipengaruhi oleh faktor nilai konsentrasidan pola pajanan *benzene*.
3. Tingkat risiko tidak aman atau berisiko secara *realtime* dan *lifetime* mengalami peningkatan dari 28,6% menjadi 89,3%. Tingkat risiko tidak aman atau berisiko secara *realtime* dan *lifetime* mengalami peningkatan pula dari 60,7% menjadi 100%.
4. Karakteristik risiko nonkarsinogenik secara *realtime* masih aman namun tidak aman secara *lifetime* dan karakteristik risiko karsinogenik secara *realtime* dan *lifetime* tidak aman yang artinya berisiko menimbulkan gangguan kesehatan karsinogenik.

DAFTAR PUSTAKA

1. Badan Pusat Statistik Kota Semarang. *Kepadatan Penduduk di Kota Semarang Tahun 2013* [Internet]. Badan Pusat Statistik Kota Semarang. 2013 [cited 2016 Mar 15]. Available from: <http://semarangkota.bps.go.id/linkTableDinamis/view/id/23>
2. Badan Pusat Statistik Kota Semarang. *Banyaknya Kendaraan Bermotor dirinci menurut Jenis Kendaraan 2013* [Internet]. Badan Pusat Statistik Kota Semarang. 2013 [cited 2016 Mar 15]. Available from: <http://semarangkota.bps.go.id/linkTableDinamis/view/id/23>
3. ATSDR. *Toxicological Profile For Benzene*. Atlanta, Georgia: ATSDR; 2007.

4. Hayat I. *Analisis Besaran Risiko Kesehatan Papparan Benzene pada Petugas Operator SPBU di Wilayah Ciputat Tahun 2012*. Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta; 2013.
5. Kementerian Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia. *Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Nomor PER.13/MEN/X/2011 Tahun 2011 Tentang Nilai Ambang Batas Faktor Fisika dan Faktor Kimia di Tempat Kerja*. Indonesia; 2011.
6. Pudyoko S. *Hubungan Paparan Benzene dengan Kadar Fenol dalam Urine dan Gangguan Sistem Hematopoietic pada Pekerja Instalasi BBM*. Universitas Diponegoro; 2010.
7. Ramon A. *Analisis Paparan Benzene terhadap Profil Darah pada Pekerja Industri Pengolahan Minyak Bumi*. Universitas Diponegoro; 2007.
8. Direktorat Jenderal PP dan PL Kementerian Kesehatan Tahun 2012. *PEDOMAN ANALISIS RISIKO KESEHATAN LINGKUNGAN (ARKL)*. Jakarta: Direktorat Jenderal PP dan PL Kementerian Kesehatan Tahun 2012; 2012.
9. Integrated Risk Information System (IRIS). *Benzene*; CASRN 71-43-2. U.S EPA. EPA; 2003. 1-43 p.
10. Handoyo E, Wispriyono B. Risiko Kesehatan Paparan Benzene, Toluena, dab Xylena Petugas Pintu Tol. *J Kesehat Masy*. 2016;11(2).
11. Kusuma AA, Setiani O, Joko T. Analisis Pemajanan Benzena terhadap Kadar Fenol dalam Urin dan Status Anemia pada Pekerja Sektor Industri Pengolahan Petroleum. *Kesehat Lingkung Indones*. 2006;5(2):65–8.